

バイオマス関連商品のご紹介

はじめに

近年、地球温暖化が世界的な環境問題となっている中、温室効果の高いCO₂の排出量削減が課題とされています。とりわけプラスチック商品に関しては、商品の産業廃棄物処理の問題が年々クローズアップされています。これらの現状を「カーボンニュートラル」の概念より考えれば、「バイオマス由来」の原料は、廃棄時などの際環境へ負荷が少なく、たとえ商品を熱焼却処分しCO₂を発生させたとしても、その炭素原子は光合成前のCO₂に含有される炭素原子であり、大気中のCO₂の増減には影響を与えないとされています¹⁾。したがって、「バイオマス由来」の原料を用いた商品は環境に優しい素材と考えることができます。

弊社では、このような背景を受け、様々なバイオマス原料を使用した商品を開発・上市しています。本稿では、環境側面に配慮したバイオマス関連商品について紹介します。

以下、ThreeBondをTBと略します

目	次
はじめに.....	1
1. バイオマス関連商品について.....	2
2. 弾性接着剤「TB1539シリーズ」.....	2
2-1. ヒマシ油について.....	2
2-2. 硬化条件.....	2
2-3. 性状・特性.....	3
3. 一液性低温硬化型エポキシ樹脂「TB2209」...	4
3-1. ホタテの貝殻について.....	4
3-2. 硬化条件.....	4
3-3. 性状・特性.....	4
4. 紫外線硬化性樹脂「TB3049」.....	5
4-1. 松脂、大豆について.....	5
4-2. 硬化条件.....	5
4-3. 性状・特性.....	6
4-4. TB3049の接着強度.....	6
4-5. 環境に対する負荷低減に関して 期待される効果.....	6
おわりに.....	8

1. バイオマス関連商品について

一般的に接着剤・シール剤は主に樹脂成分、充填剤成分、添加剤などから構成されています。弊社ではこれらの成分にバイオマス由来の原料を採用することでバイオマス関連商品の開発を行っています。

一般社団法人 日本有機資源協会（JORA）ではバイオマス関連商品について以下の様に定められています²⁾。

①バイオマス（再生可能な生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの。ただし、生物が直接生産する貝殻等の無機性資源は含む）を含む商品であること。

②商品中のバイオマス度が10%以上であること。

上記定義では既存品の配合の一部をバイオマス原料に置き換える事でもバイオマス関連商品の開発は可能です。しかし弊社では単純なバイオマス品の開発ではなく、バイオマス由来の原料の使用割合を可能な限り高め、その特徴を活かすことで既存品よりも優れた性能を有する商品を目指して開発を進めています。

具体的には弾性接着剤「TB1539シリーズ」、一液性低温硬化型エポキシ樹脂「TB2209」、紫外線硬化性樹脂「TB3049」を代表グレードとして商品化を実現しました。次項以降ではそれぞれの商品についてどのようなバイオマス原料を使用し、どの程度のバイオマス度を有しているか、更にどのような性能を有しているかについて詳細をご紹介します。

2. 弾性接着剤「TB1539シリーズ」

TB1539シリーズは、主成分に植物由来の原料を使用した一液性の低温加熱速硬化可能な弾性接着剤です。本シリーズではバイオマス原料として、ヒマ（トウゴマ）から搾られる「ヒマシ油」を化学的に変性したヒマシ油変性ポリマーを使用しています。

表-1 TB1539シリーズのバイオマス度

商品	TB1539	TB1539B	TB1539K
バイオマス度 (%)	40	40	35

このヒマシ油変性ポリマーを主成分として使用することでバイオマス度35%以上を達成しています（表-1）。

外観が異なるTB1539、TB1539Bに加え、ポリカーボネート（PC）への接着力を向上させたTB1539Kを開発しTB1539シリーズのラインナップを取り揃えています。バイオマス度が高いことに加え、TB1539シリーズは環境負荷物質とされるハロゲン化合物、有機スズ化合物を使用しません（REACH規制対応品）。

2-1. ヒマシ油について

ヒマシ油はヒマ（トウゴマ）を搾り、精製することで得られる天然植物油の一種です³⁾。様々な地域で栽培され、主要な生産国としては、インド、中国、ブラジルなどが知られています。カーボンニュートラルの観点から、植物由来のバイオマス原料を使用することで、CO₂吸収による地球温暖化対策効果が期待できます。また、ヒマシ油はリシノール酸を主成分とし、可撓性、低温特性、化学的安定性、電気的特性などの性質を有しているため、接着剤の主成分として使用した場合、様々な機能性を付与することが可能です。

2-2. 硬化条件

TB1539シリーズは、約60℃という比較的低温下で、短時間（1min～）加熱することにより硬化可能な一液性弾性接着剤であり、一液性弾性接着剤の弱点である長時間硬化を改善した弾性接着剤です。このような特徴から、熱源の省エネルギー化、省コスト化、ラインタクトの短縮が可能です。低温下での硬化を実現するために、約60℃で活性となる熱潜在性硬化剤を配合しています。

硬化挙動の例として、TB1539をレオメーターの粘度測定にて、5℃/minの昇温速度で加熱した際の粘度変化の挙動を図-1に示します。

反応開始温度である約60℃付近になると、粘度が急激に上昇し、短時間（1min）で挙動が安定していくことが分かります。なお、図-1はあくまで硬化挙動の一例であり、被着体の熱容量により硬化時間は異なります。

2-3. 性状・特性

環境対応弾性接着剤TB1539シリーズの各性状及び基本性能について示します(表-2)。

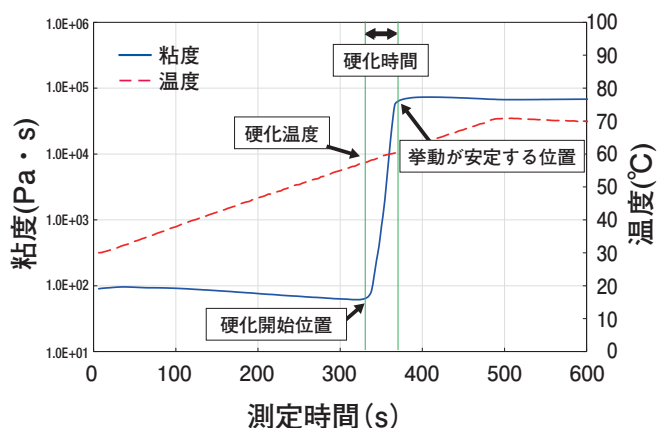


図-1 TB1539の加熱時の粘度変化の挙動

表-2 TB1539 シリーズ 各性状および基本性能

試験項目	単位	試験方法	TB1539	TB1539B	TB1539K	備考
外 観	—	3TS-2100-002	黒色	白色	黒色	目視
粘 度	Pa・s	3TS-2F00-007	100	100	160	25°C せん断速度5s ⁻¹
比 重	—	3TS-2500-002	1.34	1.34	1.39	25°C
硬 さ	—	3TS-2B00-004	A70	A70	A74	※
引 張 強 さ	MPa	3TS-4190-001	3.5	3.5	4.8	※
伸 び 率	%		120	140	230	※
硬化収縮率	%	3TS-2600-001	0.02	0.02	0.02	※
体積抵抗率	Ω・m	3TS-5200-001	2.4×10 ¹¹	6.5×10 ¹⁰	2.3×10 ¹³	※
表面抵抗率	Ω	3TS-5200-002	7.8×10 ¹⁴	1.9×10 ¹⁴	5.1×10 ¹⁴	※
誘 電 率	1kHz	3TS-5220-001	6.1	5.8	5.5	※
	1MHz		4.9	5.0	4.4	※
誘電正接	1kHz		0.035	0.034	0.036	※
	1MHz		0.057	0.055	0.062	※
絶縁破壊強さ	kV/mm	3TS-5230-002	19	22	19	※
引張せん断接着強さ	MPa	3TS-4100-013	4.3 (CF)	4.1 (CF)	4.0 (CF)	※ アルミニウム
	MPa		1.5 (AF)	1.4 (AF)	2.3 (CF)	※ PC

※硬化条件 (60°C×1.5h)+(23°C, 50%RH)×3days

AF: 界面破壊 CF: 凝集破壊

3. 一液性低温硬化型エポキシ樹脂 「TB2209」

TB2209は配合中に貝殻粉を利用した一液性の低温硬化可能なエポキシ樹脂です。本商品ではバイオマス原料として、ホタテの貝殻を利用することでバイオマス度40%以上を達成しています。弊社の低温硬化型エポキシ樹脂のスタンダード品であるTB2202と同等以上の接着強度を有しつつ環境側面に配慮した商品です。

3-1. ホタテの貝殻について

ホタテは、海洋植物を主食としていますが、その海洋植物は光合成により大気中のCO₂を吸収します。そのため、ホタテが海洋植物を食べて成長することは、海洋植物からホタテへも炭素が移動・固定化される事に繋がります。

※海藻や海草、植物プランクトンなどが主に光合成によって、大気中から炭素(CO₂)を取り入れ海洋生態系に吸収され固定される炭素はブルーカーボンと呼ばれています⁴⁾。

殻を燃焼するとCO₂は放出されますが、このCO₂は貝類が成長過程で大気中から吸収したものと考えられるため、カーボンニュートラルの観点では新たなCO₂を排出させたことにはなりません。

3-2. 硬化条件

図-2にTB2209の温度別硬化条件毎の硬化時間と引張せん断接着強さの関係を示します。

低温では80℃×60minから、高温では100℃×30min、120℃×10minで硬化可能です。被着体が加熱に弱い部材であっても80℃で短時間硬化が可能です。

3-3. 性状・特性

表-3に各種被着材質の引張せん断接着強さを示します。各性状および基本性能は表-4に記載します。

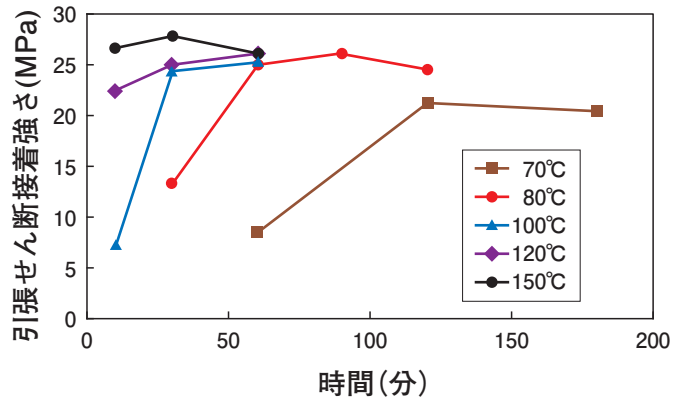


図-2 TB2209の温度別硬化条件毎の硬化時間と引張せん断接着強さの関係

表-3 TB2209 および TB2202 各種被着材質への接着性

被着材質	引張せん断接着強さ	
	TB2209	TB2202
鉄	25.0	13.0
SUS304	23.3	12.6
SUS430	23.8	11.9
アルミニウム	14.3	7.8
ニッケル	23.4	10.8
P B T	3.4	3.7
L C P	8.6(※)	5.0
P C	1.8	1.1
P P S	3.5	3.3
A B S	5.7	7.3
ガラスエポキシ	10.3	22.6
アクリル	3.7(※)	1.0
6-ナイロン	1.7	1.2
6,6-ナイロン	2.7	1.3

硬化条件 TB2209：80℃×60min、TB2202：70℃×50min

試験方法 3TS-4100-011

※材料破壊

表-4 TB2209 および TB2202 各性状及び基本性能

試験項目		単位	試験方法	TB2209	TB2202	備考
外 観		—	3TS-2100-020	黒色	黒色	目視
粘 度		Pa・s	3TS-2F00-007	17.4	13.0	25°C せん断速度20.0s ⁻¹
比 重		—	3TS-2500-002	1.44	1.14	25°C
硬 さ		—	3TS-2B00-004	D88	D88	※
硬化収縮率		%	3TS-2600-001	2.3	2.5	※
体積抵抗率		Ω・m	3TS-5200-001	2.2×10 ¹³	1.3×10 ¹⁵	※
表面抵抗率		Ω	3TS-5200-002	3.5×10 ¹⁵	1.5×10 ¹⁷	※
誘電率	1kHz	—	3TS-5220-001	4.8	—	※
	1MHz	—		4.5	3.7	※
誘電正接	1kHz	—		0.008	—	※
	1MHz	—		0.016	0.017	※
絶縁破壊強さ		kV/mm	3TS-5230-001	24	23	※
引張せん断接着強さ		MPa	3TS-4100-011	25.0	13.0	※、鉄
T型はく離接着強さ		kN/m	3TS-4130-021	1.8	0.2	※、鉄

※硬化条件 TB2209：80°C×60min、TB2202：70°C×50min

4. 紫外線硬化性樹脂「TB3049」

TB3049は主成分に植物由来の原料を使用した紫外線硬化性樹脂です。本商品ではバイオマス原料として、松脂や大豆由来の原料を使用することでバイオマス度45%以上を達成しています。

4-1. 松脂、大豆について

松脂は、マツ科マツ属の木から分泌される天然樹脂を指します。主成分はテレピン油とロジンから構成されます。

大豆油は、大豆の種子から採取される油脂で、最も代表的な植物油です。

これらの原料を由来として精製された化合物に、紫外線硬化性を有するアクリル酸を付加することで原料が完成します。

4-2. 硬化条件

TB3049はUV-LEDでの硬化が可能です。一般に紫外線硬化性樹脂の硬化方法として、高圧水銀灯による硬化とUV-LEDによる硬化に大別されます。弊社の紫外線硬化性樹脂は全般的に高圧水銀灯による硬化が可能な設計となっていますが、UV-LEDによる硬化の可否は商品によるところがあります。そうした中で、近年では省エネルギー化やランニングコスト抑制の観点からUV-LEDによる硬化を求められることが多く、TB3049も環境対応の製品設計となっています。UV-LEDでの硬化が可能となることで、高圧水銀灯を使用した時よりも電力消費を抑えることが出来るため、お客様が使用される工程としても環境へ配慮することができます。

表-5 TB3049 および TB3042B 各性状及び基本性能

試験項目		単位	試験方法	TB3049	TB3042B	備考
外 観		—	3TS-2100-020	淡黄色	無色透明	目視
粘 度		Pa・s	3TS-2F00-007	500	500	25°C せん断速度192s ⁻¹
比 重		—	3TS-2500-002	1.02	1.10	25°C
硬 さ		—	3TS-2B00-004	D78	D80	※1
厚膜硬化性		mm	3TS-3160-001	3.3	12.5	※2
				2.2	非対応	※3
引張強さ		MPa	3TS-4190-001	32	72	※1
伸 び 率		%		4.3	4.9	※1
硬化収縮率		%	3TS-2600-001	7.0	8.4	Φ32、1.5g、※2
体積抵抗率		Ω・m	3TS-5200-001	2.0×10 ¹³	9.9×10 ¹²	※2
表面抵抗率		Ω	3TS-5200-002	1.6×10 ¹⁵	2.9×10 ¹⁵	※2
誘電率	1kHz	—	3TS-5220-001	3.4	4.7	※2
	1MHz	—		3.3	4.7	※2
誘電正接	1kHz	—		0.008	0.008	※2
	1MHz	—		0.011	0.031	※2
絶縁破壊強さ		kV/mm	3TS-5230-002	31	33	※2
引張せん断接着強さ		MPa	3TS-4100-013	7.9	7.4	※2、ガラス
				8.0	非対応	※3、ガラス

※1 硬化条件 高圧水銀灯 30kJ/m² × 2回

※2 硬化条件 高圧水銀灯 30kJ/m²

※3 硬化条件 UV-LED(365nm) 500mW/cm² × 6sec

4-3. 性状・特性

表-5にTB3049の性状および物性を示します。比較として弊社の汎用的な紫外線硬化性樹脂TB3042Bのデータを併記します。TB3049はTB3042Bの性状・物性を目標に開発した商品です。そのため、TB3049もまた汎用的に使用できる樹脂となっています。加えて、TB3042BはUV-LEDでの硬化に対応していませんが、TB3049はUV-LEDでの硬化で2mm以上硬化することが可能です。

4-4. TB3049の接着強度

図-3および図-4にTB3049の高圧水銀灯またはUV-LEDで硬化させたときの各種被着材質に対する接着強度を示します。高圧水銀灯で硬化させた場合においては、比較としてTB3042Bの接着

強度も示します。TB3049、TB3042B共に各種材質に対して良好な接着強度を示します。また、一部材質に対してはTB3042Bよりも高い接着強度を示します。TB3049はUV-LEDで硬化させた場合においても、高圧水銀灯で硬化させた場合と同程度の接着強度を示します。

用途に関わらず、幅広い箇所への使用が可能です。

4-5. 環境に対する負荷低減に関して期待される効果

TB3049を使用することで、期待される効果としてCO₂の排出量削減が挙げられます。焼却時に排出されるCO₂量に着目すると、石油由来原料のみを使用した場合と比較して、バイオマス原料を使用した場合、実質的なCO₂排出量は削減されます(図-5)。TB3049のバイオマス度は45%、すなわ

ち45%は自然由来の原料で構成されているため、この考え方に基づくとおよそ45%の削減が期待できると言うこととなります⁵⁾。また、本商品はUV-LEDでの硬化にも対応しています。高圧水銀灯とUV-LEDの消費電力量から排出されるCO₂量を計算するとおよそ1/10程度となることが算出され

ました(図-6)。以上より、地球環境への負荷の低減に寄与することが期待されると言えます⁶⁾。

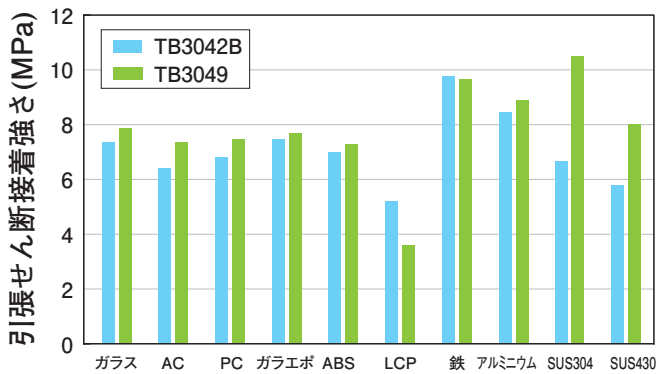


図-3 TB3049及びTB3042Bの各種被着材質に対する接着強度 (高圧水銀灯による硬化時)

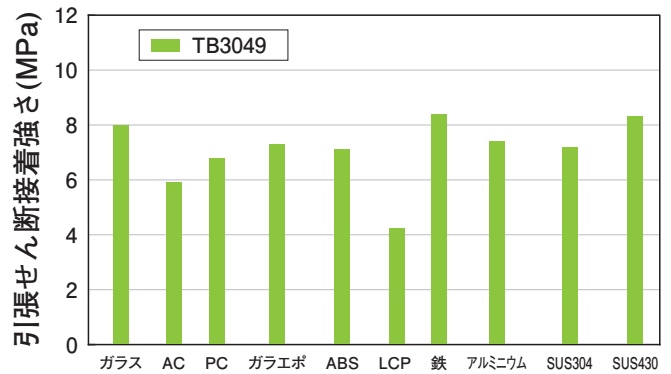


図-4 TB3049の各種被着材質に対する接着強度 (UV-LEDによる硬化時)

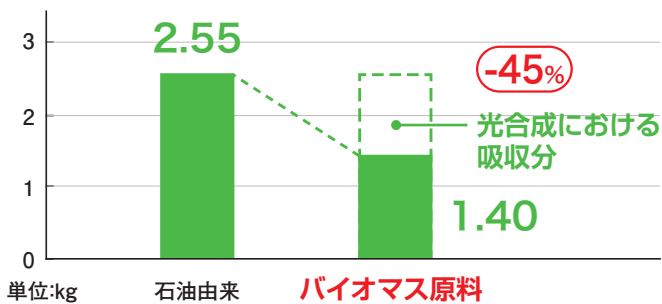


図-5 石油由来プラスチックのみを使用した商品およびTB3049 1kgを燃焼させた際の実質的なCO₂排出量

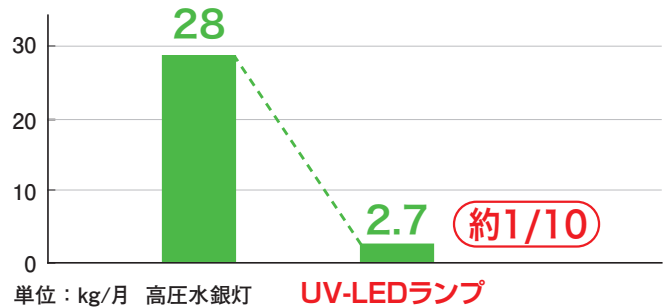


図-6 高圧水銀灯 (250W) 及びUV-LEDランプ (24W) を1日あたり8時間使用した際のCO₂排出量

おわりに

今回は、バイオマス関連商品の弊社取り組みについてご紹介しました。このほか、弊社では既存商品に使われている原料のバイオマス度を再調査して環境への貢献度を確認する作業や、容器についてもバイオマス対応品の採用を検討しています。

弊社では今後も市場動向に合わせた商品開発、技術開発に注力し、世界の産業界の技術革新と地球環境の保全に貢献する事を目指します。また、皆様に安全と安心をお届けすることを必須要件として活動を継続していきます。

<参考文献>

- 1) 一般財団法人日本有機資源協会ウェブサイト <https://www.jora.jp/faq/questions/bioplastic-plastic/>
- 2) 一般財団法人日本有機資源協会ウェブサイト https://www.jora.jp/wp-content/uploads/2022/05/mark_youryou.pdf
- 3) 阿部芳郎 監修, 油脂・油糧ハンドブック, p.290, 幸書房
- 4) 国土交通省 ブルーカーボンとは https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk6_000069.html
- 5) 環境省ウェブサイト https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2020_rev.pdf
- 6) 高精度計算サイト <https://keisan.casio.jp>

株式会社スリーボンド 研究開発本部

開発二部	電気開発課	眞埜将太郎
		三橋 向輝
		金田 光浩
開発三部	工材開発課	羽後 治佳
		浅井 邦康

●ThreeBond、スリーボンド、は株式会社スリーボンドの商標または登録商標です。

