

超軟質UV-Cured-In-Place Gasket (超軟質紫外線硬化性現場成形ガスケット)

はじめに

スリーボンドは産業界の漏れを防ぐという使命をもって創業した会社であり、1955年に日本で最初の液状ガスケットを上市いたしました。

現在液状ガスケットは、自動車関連・電気電子関連・インフラ関連など広範囲な市場において、自動塗布設備とともにFIPG工法 (Formed-In-Place Gasket) として幅広くご採用いただいています。

またシール工法には、塗布・紫外線硬化後組みつけてシールするUV-CIPG工法 (UV-Cured-In-Place Gasket) もあり、スリーボンド・テクニカルニュースNo.72にて紹介しています。このUV-CIPG材料は圧縮率に制限があるため、寸法公差などの影響によるシール不良のリスクや、剛性の低い部材に対し圧縮できないといった課題がありました。

本稿では、ThreeBond従来品以上の軟質化により圧縮率を広く取ることで寸法公差によるリスクを低減させ、かつ耐久性・耐薬品性が良好な超軟質紫外線硬化性現場成形ガスケットThreeBond 3166について紹介いたします。

以下、ThreeBondをTBと略す

目	次
はじめに.....	1
1.ガスケットとは.....	2
2.各工法での工程比較.....	2
3.超軟質UV-CIPG開発経緯.....	3
4.推奨フランジ形状.....	3
5.TB3166の紹介.....	4
5-1.特徴.....	4
5-2.性状.....	4
5-3.特性値.....	4
5-4.圧縮率と面圧.....	4
5-5.圧縮率と耐圧性.....	5
5-6.耐久試験後の耐圧性.....	5
5-7.耐久試験後のゴム物性.....	7
5-8.耐薬品性.....	7
6.使用用途例.....	7
おわりに.....	8

1. ガasketとは

ガスケットとは、JISによれば「管または機器の接合面にさし挿み、ボルトその他の方法で締め付けることにより、接合部からの漏れを防止する目的に使用する諸物」と規定され、図-1に示すように使用されます。

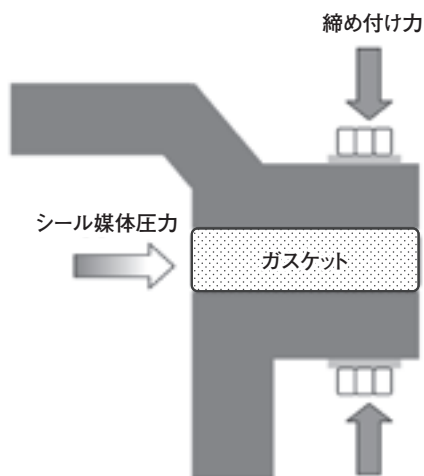


図-1 ガスケットの基本シール構造

ガスケットは、自動車のエンジンや、電子部品等の様々な市場で使用されており、シールする媒体も、潤滑油、作動油から水、ダスト等多岐にわたります。またガスケットは、その性状より固形ガスケットと液状ガスケットの2種類に大別されます。

過去には、フランジ面のシールには固形ガスケットが広く採用されていましたが、使いやすさから液状ガスケット（FIPG工法）が固形ガスケットに代わるシール工法として広く使用されるようになりました。しかし、一般的に使用されている湿気硬化型シリコン系のFIPG材料は、完全硬化まで時間を要するといった課題があります。

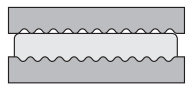
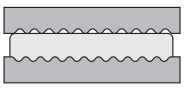
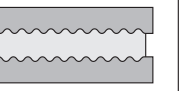
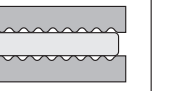
そこで、短時間で安定したシール機能が得られるよう液状ガスケットをフランジ面に塗布し、紫外線で硬化させてから組み付けるUV-CIPG工法が考案されました。

2. 各工法での工程比較

表-1に、各ガスケット工法の比較を示します。

UV-CIPGは、液状のシール剤をフランジ面に塗布

表-1 各ガスケット工法比較

		液状ガスケット			固形ガスケット
		超軟質UV-CIPG	UV-CIPG	FIPG	
手 法		紫外線硬化	紫外線硬化	湿気硬化	成型
シール		片面圧縮+密着シール 	片面圧縮シール 	接着シール 	両面圧縮シール 
工程速度	硬化速度	○	○	×	—
ライン構成	自動化	○	○	○	△
	在庫管理	○	○	○	×
設計自由度	形状変更	○	○	○	×
	取り外し性	○	○	×	○
	寸法管理	○	×	○	×

○:優れる △:やや劣る ×:劣る —:対象外

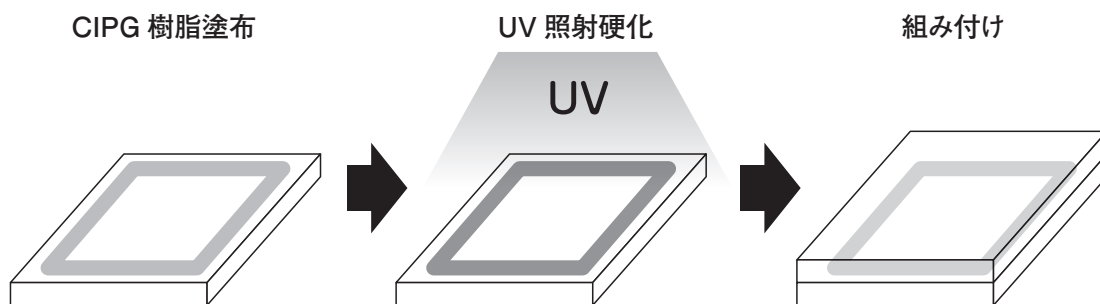


図-2 UV-CIPG工程イメージ図

し、紫外線照射し硬化させた後に組み付けます（図-2）。

湿気硬化型シリコン系のFIPGは、液状のシール剤をフランジ面に塗布し、未硬化の状態で作業を組み付けます。組み付け後はシール剤が硬化するまでの養生時間が必要です。

固形ガスケットは、あらかじめワーク形状に合わせて形成された固形ガスケットをはめ込み、組み付けます。

各工法ともそれぞれ長所と短所がありますが、UV-CIPGの他工法に対する大きなメリットは以下になります。

- ①短時間で硬化物を形成し組み付けられる為、すぐシール性を発揮することができる。
- ②自動化が可能。
- ③取り外しが可能。

一方、デメリットは、圧縮率に制限があり、部材の精密な寸法管理が必要になってくる点です。

3.超軟質UV-CIPG開発経緯

TB従来品のUV-CIPG材料は、圧縮率と耐圧性、圧縮率と圧縮永久歪みの両方の観点から適正圧縮範囲を算出すると、初期のビード高さに対し20～40%圧縮と狭い範囲でした。そのため、部材やビード形状の寸法公差が大きくなると、圧縮率が所定の範囲から外れてしまいシール不良のリスクが高くなる

といった課題がありました。

また、近年部材の軽量化などに伴い剛性の低いワークが用いられることが増えてきているため、弾性率が高い従来のCIPG材料は圧縮によりワーク自体が変形し、所定面圧がとれないことによるシール不良のリスクが高くなる課題もありました。

これらの課題改善のため、より軟質なUV-CIPG材料の開発が求められ、この度TB3166を上市しました。

4.推奨フランジ形状

UV-CIPGは、フランジ形状によりシール性や耐久性が異なるため、用途に合わせたフランジ設計が必要です。

UV-CIPG工法におけるフランジ形状への適合性について表-2に示します。

UV-CIPG工法では、シール性と耐久性を考慮し、片壁フランジ形状を推奨しています。

この構造は、壁部が相手フランジ面と接触するので安定した圧縮率が得られます。また、水、オイル、ダスト等からCIPGビードを保護する役割もはたします。TB従来品よりも軟質化したTB3166は寸法管理面や圧縮幅管理面で有利となり、展開できるフランジ形状の種類が広がります。

表-2 フランジ形状の UV-CIPG 適合性

フランジ	形状	片壁		フラット		凹凸	
	加工性	△		○		△	
	塗布性	○		○		△	
項目 \ UV-CIPG	TB3166	TB従来品	TB3166	TB従来品	TB3166	TB従来品	
ビード寸法管理	◎	○	◎	○	○	△	
圧縮管理幅	◎	○	○	△	◎	○	
耐圧性	○	◎	△	○	○	◎	
耐久性	◎	◎	◎	○	◎	○	

◎:非常に優れる ○:優れる △:やや劣る

5.TB3166の紹介

5-1.特徴

TB3166は、シリコンを主成分とした無溶剤タイプの紫外線硬化性樹脂で、以下のような特徴を有しています。

- ①紫外線を照射することにより短時間で硬化する。
- ②非常に軟質な硬化物を形成。
- ③従来のCIPG材料よりも面圧が小さく、剛性の低いワークでも組み付けが可能。
- ④広範囲な圧縮率で使用可能。
- ⑤シリコン特有の耐熱性、耐寒性を有する。
- ⑥耐薬品性が良好。

5-2.性状

TB3166の性状を表-3に示します。

TB3166は、青色で塗布確認が可能です。また、硬化後は青色が退色し淡黄色の硬化物を形成します。

5-3.特性値

TB3166の特性値を表-4に示します。

TB3166は、TB従来品と比べ硬さ、貯蔵弾性率の値が小さく、非常に柔らかい材料です。また、硬化収縮率も非常に小さいことから、UV硬化時の寸法への影響も少ない材料です。

5-4.圧縮率と面圧

TB従来品とTB3166の圧縮率別の面圧を測定し

表-3 TB3166の性状

試験項目	単位	特性値	試験方法	備考
外 観	—	青色	3TS-2100-020	—
粘 度	Pa·s	330	3TS-2F00-007	25℃ せん断速度:2.0(s ⁻¹)
構造粘性比	—	3.7	3TS-2F10-007	25℃ せん断速度:1.0(s ⁻¹)/5.0(s ⁻¹)
比 重	—	1.01	3TS-2500-002	25℃

表-4 TB3166とTB従来品硬化物特性比較

試験項目	単 位	TB3166	TB従来品	試験方法	備考
硬 さ	—	E15	E55(A27)	3TS-2B00-010	
引 張 強 さ	MPa	0.8	1.8	3TS-4190-001	3号ダンベル
伸 び 率	%	500	180	3TS-4190-001	3号ダンベル
厚 膜 硬 化 性	mm	6.0	3.6	3TS-3160-001	
硬 化 収 縮 率	%	0.7	3.1	3TS-2600-001	φ32、1.5g
貯蔵弾性率(E')	Pa	5.6×10 ⁵	2.1×10 ⁶	3TS-4730-001	25℃
損失弾性率(E'')	℃	-52	-47		1Hz、ピーク値
損失正接(tanδ)	℃	-40	-29		1Hz、ピーク値
圧縮永久歪み (CS) 120℃×72h	%	34	5.4	ビード高さ1.5mm 測定装置：三鷹光器製 非接触三次元測定装置	20%圧縮
		54	ビード割れ		50%圧縮
		60	ビード割れ		80%圧縮
十字はく離強さ 120℃×250h	MPa	0.16	—	※	PBT/アルミ 50%圧縮

硬化条件：積算光量 45kJ/m²

※ 試験方法：① PBT（ジュラネックス 2002）上に、10×25×1.0（厚み）mmの面積で塗布し紫外線を照射し硬化させる。

② アルミ（A1050P）を十字方向にかぶせ、一定の厚みになるようにスペーサーを挿み、圧縮治具を用いて所定の時間放置させる。

③ 常温に冷ました後、50mm/min速度で引張り試験（剥離）を行い最高強度を読み取る。

低 ←————— 面圧 —————→ 高

圧縮率	0%(未圧縮)	25%	40%	55%	70%
TB従来品					
TB3166					

【試験条件】 ビード高さ：1.5mm 面圧測定器：ニッタ株式会社製 I-SCAN 硬化条件：積算光量 45kJ/m²

図-3 圧縮率別面圧測定

た結果を図-3に示します。

TB従来品は、圧縮率55%以上で面圧が高くなりますが、TB3166はTB従来品に比べ圧縮率70%でも面圧が低いため、剛性の低いワークでも圧縮することが可能です。

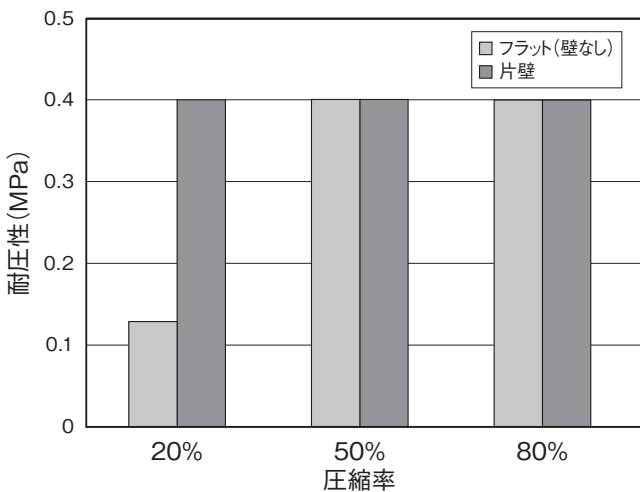
この結果から壁の有無によって耐圧性が変わることが分かります。フランジ形状を片壁構造にすると、壁部分がエアークに対するシール剤の移動を抑制し、20%の圧縮率でもシール性が向上したと考えられます。

5-5. 圧縮率と耐圧性

フランジ形状別の圧縮率と耐圧性の結果を図-4に示します。

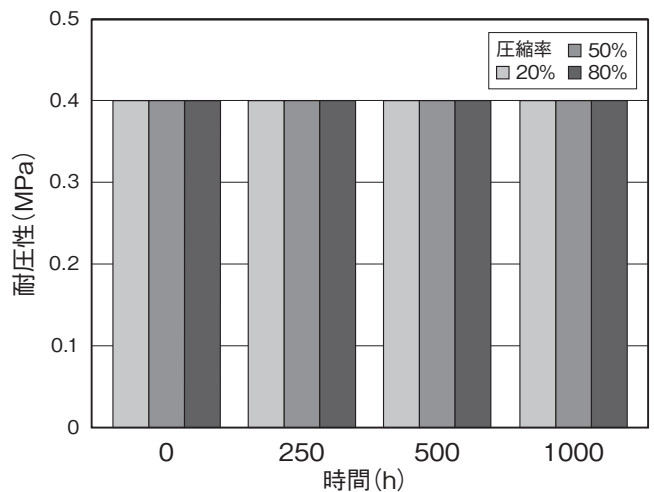
5-6. 耐久試験後の耐圧性

120℃の環境下に所定時間放置後の耐圧性を図-5に示します。



【試験条件】 ビード高さ：1.5mm
 フランジ形状：フラット、片壁構造
 硬化条件：積算光量 45kJ/m²
 加圧媒体：空気
 昇圧条件：0.01MPa/15sec にて昇圧
 ※ 最大圧力は0.4MPaまで

図-4 フランジ形状別圧縮率と耐圧性の関係



【試験条件】 ビード高さ：1.5mm
 フランジ形状：片壁構造
 硬化条件：積算光量 45kJ/m²
 加圧媒体：空気
 昇圧条件：0.01MPa/15sec にて昇圧
 ※ 最大圧力は0.4MPaまで

図-5 120℃耐久後の圧縮率と耐圧性

圧縮率が20～80%の範囲で、1000時間放置後も0.4MPaの圧力にも耐えることが確認されています。

この結果から、TB3166は広範囲な圧縮率で使用が可能で、耐久性に優れた材料であることが確認されました。

5-7.耐久試験後のゴム物性

各環境条件下に放置後のゴム物性の結果を図-6、7、8に示します。

120℃でゴム物性がやや低下傾向になるものの、各条件下において十分なゴム物性を維持します。

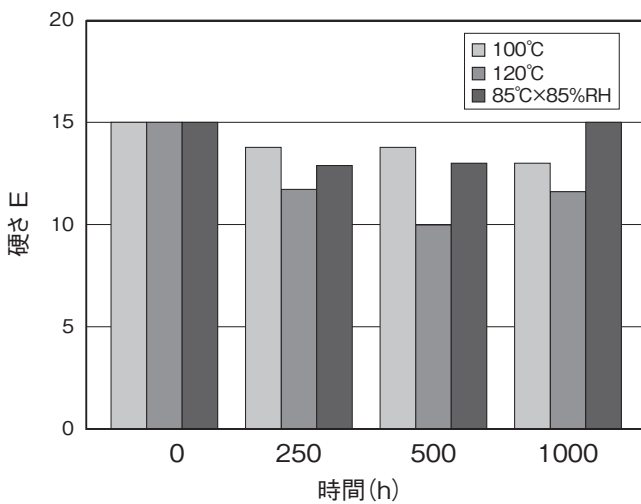


図-6 耐久試験後の硬さ

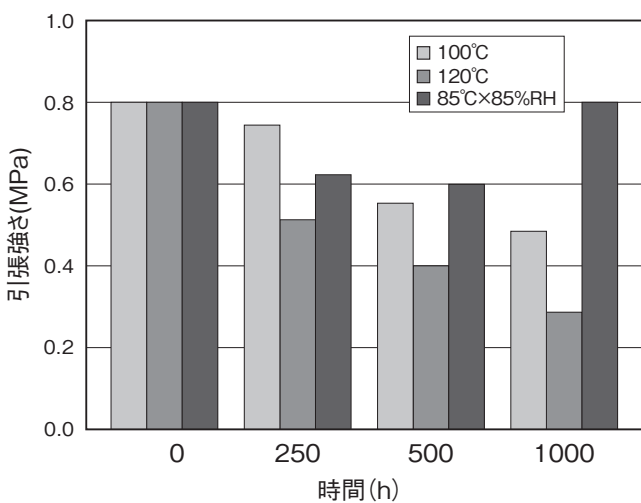
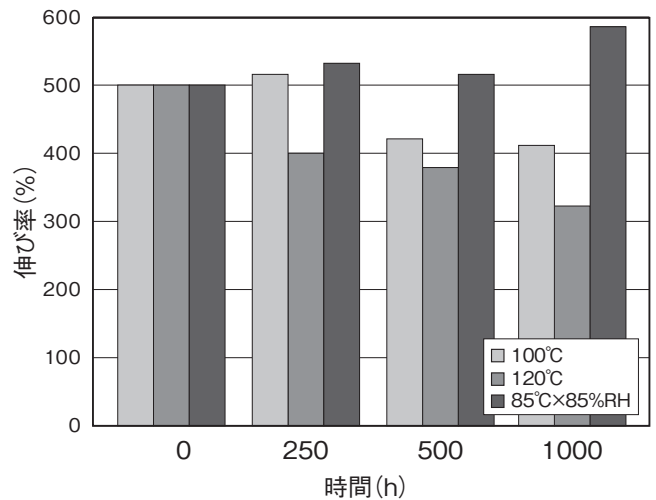


図-7 耐久試験後の引張強さ



【試験条件】 硬化物：3号ダンベル、厚み 2mm
 硬化条件：積算光量 45kJ/m²
 引張速度：500mm/min

図-8 耐久試験後の伸び率

5-8.耐薬品性

各薬品に浸漬後のゴム物性結果を図-9、10に示します。

輸送市場で想定される各薬品に対して、大きな劣化は見られず、耐薬品性が高いことがわかります。TB従来品のアクリル系UV-CIPG剤は、分子骨格中にエステル基を有するため特に水系の薬品（ブレーキフルード、不凍液等）に対する耐薬品性が低い傾向がございますが、TB3166は分子骨格中にエステル基を含まないため水系の薬品に対しても十分な耐久性を有します。

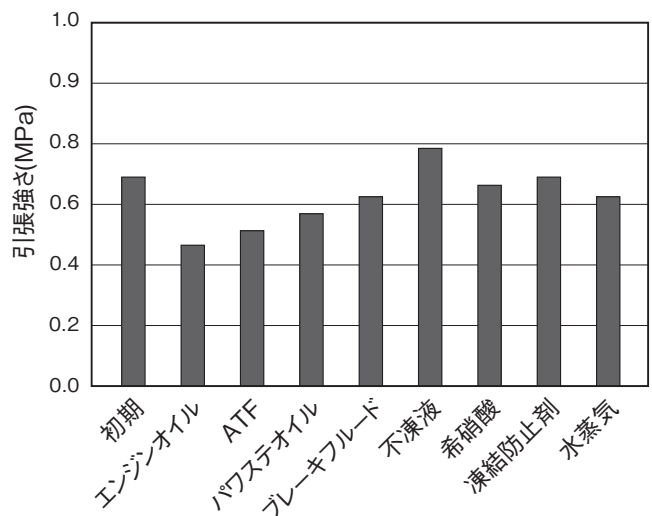
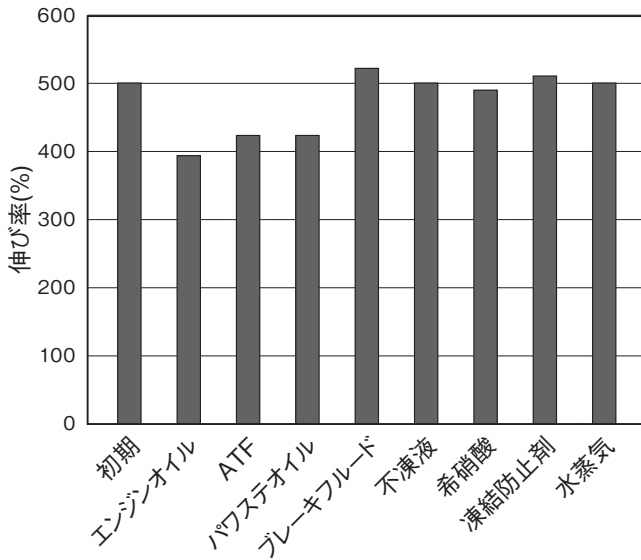


図-9 耐薬品試験後の引張強さ



【試験条件】 硬化物：3号ダンベル、厚み2mm
 硬化条件：積算光量 45kJ/m²
 引張速度：500mm/min

【浸漬条件】 120℃×72時間（希硫酸のみ常温）
 薬品：エンジンオイル、ATF、パワステオイル、ブレーキフルード、不凍液（50wt%）、希硫酸（40wt%）、凍結防止剤（50wt%）、水蒸気（120℃、100%飽和水蒸気、2気圧環境）

図-10 耐薬品試験後の伸び率

6.使用用途例

これまでに述べてきたように優れた耐久性や耐薬品性を有していることから、車載用の電装部品や各種電気・電子部品の防水、防塵シールなどに使用できます（図-11）。

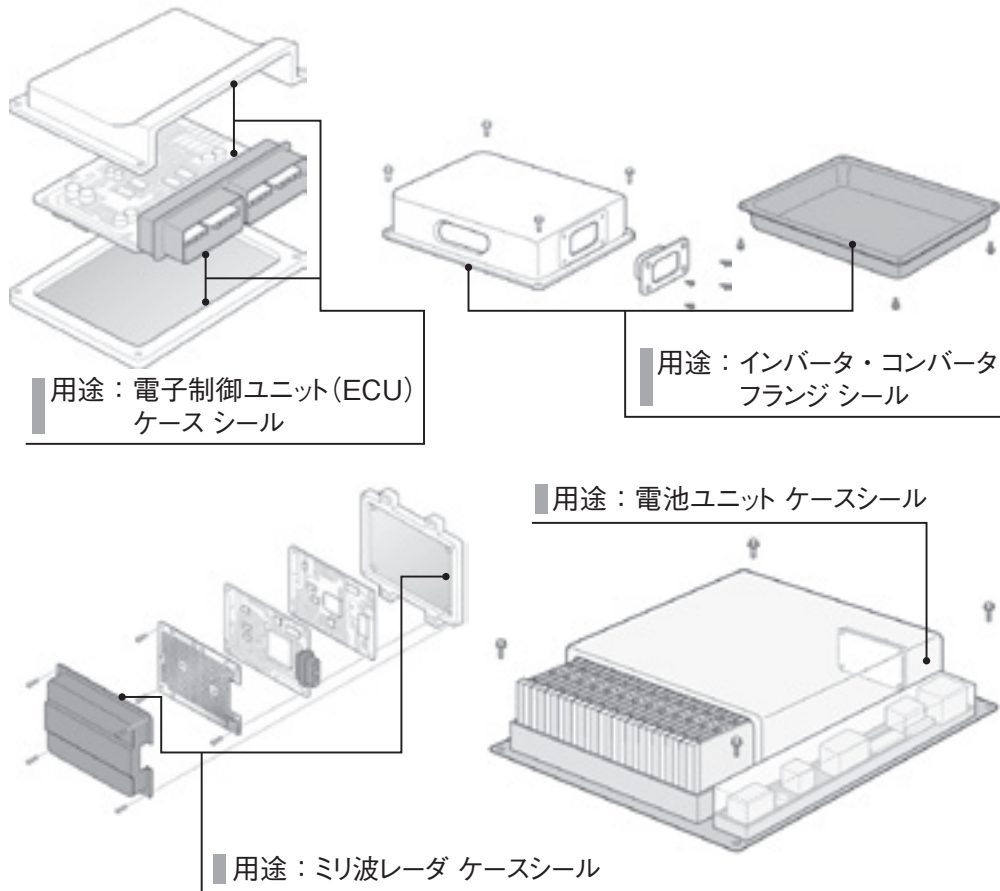


図-11 TB3166 使用用途例

おわりに

今回は、従来のUV-CIPG材料で課題となっていたケース寸法公差の管理幅を、軟質化により緩和できる製品の紹介をしました。TB3166は耐久性、耐薬品性にも優れることから、今後幅広い市場・分野において用途展開の可能性がります。

スリーボンド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、産業界に貢献する活動を継続して参ります。

<参考文献>

- 1) JIS B 0116
- 2) JIS K 6262
- 3) 「スリーボンド・テクニカルニュースNo.72」2009スリーボンド

株式会社スリーボンド 研究開発本部

開発二部 電気開発二課 和知 孝徳
伊藤 克憲



企画 株式会社 URC 編集室
編集 東京都渋谷区恵比寿1-18-15
スリーボンドビル2F
電話 03(5447)5333
発行 株式会社スリーボンド
東京都八王子市南大沢4-3-3
電話 042(670)5333 代