

## 常温硬化型2液アクリル弾性接着剤

### はじめに

一般にSGA (Second Generation Acrylic adhesive) と称される、2液混合型のアクリル接着剤は室温においても硬化が速く、生産性に優れていると言われています。また紫外線照射装置や熱風乾燥炉などの硬化設備が必要ないため、作業の効率化や省エネルギー化を実現できるという利点があります。

本稿では、常温速硬化に加え、耐久性を向上し、また硬化物が弾性体となる2液混合型アクリル接着剤をご紹介します。

目	次
はじめに.....	1
1.背景.....	2
1-1.環境対応.....	2
1-2.接着剤への要求特性.....	2
1-3.シール接着剤硬化形態.....	2
2.アクリル接着剤の開発.....	3
3.アクリル系弾性接着剤.....	4
4.用途.....	4
4-1.異材質接着.....	4
4-2.面接着.....	5
4-3.ポッティング.....	5
5.材料特性.....	6
5-1.硬化性.....	6
5-2.硬化物物性.....	6
5-3.使用方法.....	7
おわりに.....	8

# 1.背景

## 1-1 環境対応

近年、自動車産業、電気電子産業をはじめとした製造業においては、地球温暖化対策に配慮したもののづくりが求められています。省資源・省エネルギー化に対応した製品の技術開発が積極的に行われ、地球環境の保全に配慮した製品開発が広がっています。自動車産業界においては、二酸化炭素排出量の削減や石油代替エネルギーへの変換を目的とした環境対応車;ハイブリッド車(HV・PHV)、電気自動車(EV・FCV)の開発が進んできました。環境対応車が市場に投入された当初は、これまでの自動車と比較し車両価格が高額なイメージがありましたが、自動車メーカーの低価格化への取り組みや、経済産業省による環境対応車の需要促進を目的とした補助金制度の導入といった国の政策により、環境対応車のシェアは拡大を続けています。この需要の増加に対応するため自動車メーカーでは、生産性向上と車両性能向上、両側面に対する開発が必要となっています。さらに、生産工程においても熱源廃止を含めた省資源、省エネルギー化など環境へ配慮した取り組みが行われています。

こうした市場要求に対応する製品として、スリーボンドでは常温硬化型2液アクリル弾性接着剤を上市しました。本剤と硬化剤を混合することで常温速硬化し、硬化設備を必要としません。

## 1-2 接着剤への要求特性

自動車車両・部品の製造においてはガラス周りやヘッドランプ、シート内装などから、エンジンやトランスミッションなどの駆動部や冷却装置まで、様々な

接着剤・シール剤が使用されています。その中でも特にエンジンやトランスミッションなどの内燃機関周辺に使用される材料・部品には150℃の高い耐熱性が求められます。この要求に対応するため、これらの部品の接着シール剤として1液性の湿気硬化型シリコーンシール剤が広く採用されてきました。

シリコーンシール剤は150℃の耐熱性を持つだけでなく、広い温度範囲でゴム状弾性体を維持するため、自動車の走行時に発生する振動への追従性、耐衝撃性、応力緩和などにも優れています。しかしながら、このような優れた性能を持つ一方で、硬化速度には課題があります。1液性湿気硬化型シリコーンシール剤は完全硬化までに23℃,50%RH環境下で数日間を要するため、生産性が良いとはいえません。こうした背景から、電装部品など、高い生産性が求められる製造ラインにおいては常温硬化が可能な上、短時間で実用強度を発揮する2液混合型の接着剤が注目されています。

## 1-3 シール接着剤硬化形態

接着剤の硬化形態は湿気硬化型・加熱硬化型・紫外線硬化型・嫌気硬化型、そして2液混合型に分類されます。各硬化形態にはメリット・デメリットがあり、用途によって適切な硬化形態の接着剤・シール剤が選択されています(表-1)。

紫外線硬化型、加熱硬化型の接着剤は硬化させたいタイミングで必要なエネルギーを与えることで、反応が開始します。よって、可使時間による作業時間の制約がなく、また硬化性に優れることから、工程時間を短縮することが可能です。ただし、硬化設備が必要となるため、初期の設備投資と硬化時のエネルギー

表-1 硬化形態比較

種別	湿気硬化型	加熱硬化型	紫外線硬化型	嫌気硬化型	2液混合型
硬化速度	×	△	◎	△	○
ラインの設備投資	○~△	×	×	◎	◎
エネルギー消費	○~△	×	×	◎	◎
被着体の制限	○	×	×	×	◎
硬化阻害	○	×	○~△	○~△	○~△
環境条件の影響	×	○	○	△	○
大面積接着	×	○	○~△	○	◎

◎:優 ○:良 △:可 ×:不適

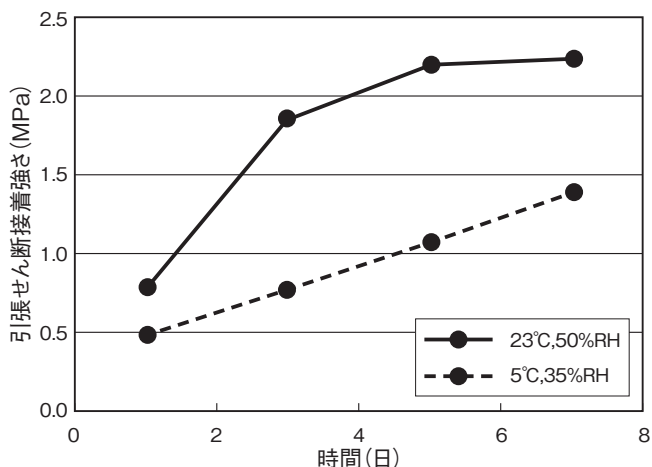


図-1 湿気硬化型シール剤の環境別接着発現性比較

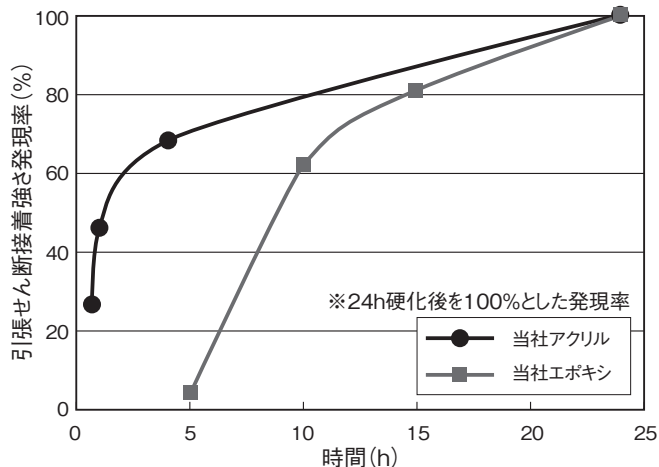


図-2 2液混合型エポキシ系樹脂とアクリル系樹脂の硬化速度

ギー消費が高くなります。一方、湿気硬化型シール接着剤は常温硬化が可能のため硬化設備を必要としないことから、自動車部品をはじめとした大型部品や公共工材、建築関連に広く採用されています。ただし、硬化に時間を要する上、温度や湿度などの使用環境に硬化性が左右されます。低温低湿度の環境下では、高温多湿の環境と比較すると硬化速度が低下するため使用時には注意が必要です(図-1)。そこで硬化設備を使わず、且つ速硬化が必要な場合には2液混合型の接着剤が使用されています。

2液混合型の接着剤は本剤と硬化剤を規定の比率で混合することで硬化反応が開始し、性能を発揮します。ベースとなる樹脂の種類としては、エポキシ系、シリコン系、アクリル系に大別され、各ベース樹脂によって性状と物性に特徴があります(表-2)。構造用接着や弾性シールなど用途に合わせて選定されますが、硬化速度の観点からするとアクリル系樹脂が最も優れていることが分かります(図-2)。

表-2 2液混合型ベース樹脂別特性比較

種別	アクリル系		エポキシ系	シリコン系
	TB3955	従来品		
硬化速度	○	○	○	△
接着強度	○	◎	◎	△
柔軟性	◎	△	×	◎
耐熱性	○	△	○	◎
耐湿性	○	△	○	○
耐薬品性	○	△	○	○

## 2.アクリル系接着剤の開発

アクリル系接着剤とは図-3-aに示されるような化学構造を持つ(メタ)アクリル酸及びその誘導体である種々のアクリレートの単量体(モノマー)と重合体(ポリマー)を利用した接着剤の総称であり、ラジカル重合反応により硬化が進みます(図-3-b)。モノマーとポリマーの組合せによって様々な物性の硬化物を得ることが可能です。

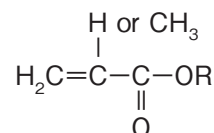


図-3-a アクリル構造式

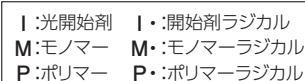
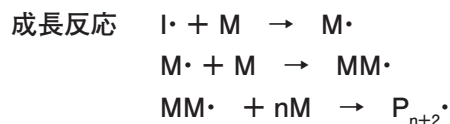
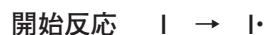


図-3-b ラジカル重合の反応機構

アクリル系接着剤は反応形態により分類されます。第一世代アクリル系接着剤(FGA)\*<sup>1</sup>は組成成分と

してアクリルモノマー、触媒、エラストマーで構成されますが硬化過程においてモノマーとエラストマーとの間での化学反応は起こりません。一方、組成はほぼ変わらないもののモノマーとポリマー間での化学反応を伴う接着剤を第二世代アクリル接着剤(SGA)<sup>\*2</sup>といい、接着性、耐久性などの諸性能がFGAよりも優れています。そして、紫外線、電磁波、電子線などのエネルギーを照射して重合反応(図-3-b)を開始するアクリル系接着剤は第三世代アクリル系接着剤に分類され、スリーボンド製品においてはThreeBond3000シリーズでラインアップ化されています。その他のアクリル系接着剤としては嫌気性接着剤、瞬間接着剤などがあり、それぞれThreeBond1300シリーズ、ThreeBond1700・7700シリーズとして製品化されています。

### 3.アクリル系弾性接着剤

これまでアクリル系接着剤は用途に合わせ、多種多様な製品が開発されてきました。そして現在も広く使用されており、その需要は更に広がっています。しかし、これまでの製品は車両の内燃機関周辺など高い耐熱性と追従性が求められる環境では使用することが出来ませんでした。

そこで近年、スリーボンドでは120℃以上の高温耐久性を持つアクリル系弾性接着剤の開発に取り組んできました。これらの製品は、アクリルゴムポリマーを主成分としています。よって、硬化物は高い耐熱性・耐油性を持つだけでなく、ガラス転移点が低く、広い温度範囲でシリコンのようなゴム弾性を保ちます。これまでに紫外線硬化型樹脂、加熱硬化型樹脂並びに湿気硬化型樹脂を製品化し、特に輸送市場関連の耐熱性や耐油性が要求される電装部品

において採用頂いています(表-3)。

そして今回、常温2液混合型タイプとしてThee Bond3955(以下、TB3955と略す)を製品化しました(表-2、表-4)。

#### 【TB3955の特徴】

- ・常温で速硬化が可能です。
- ・ガラス転移点がマイナス側にあり、広い温度域でゴム弾性を保ちます。
- ・高温(150℃)、高温高湿(85℃,85%RH)耐久性を有します。

### 4.用途

常温硬化型2液アクリル弾性接着剤の使用用途について、ご紹介します。

#### 4-1 異材質接着

自動車部品に使われる素材開発の進歩は、自動車の性能向上を可能にした技術革新の一つです。各部品性能に最適な素材が採用され、それらを組み合わせた製品を設計することで高性能化と小型・軽量化が進んでいます。これに伴い接着剤に対しては、性質の異なる素材の接着が要求されるようになりました。このような異種材質、特に線膨張率の異なる素材においては、使用環境の温度変化による素材自体の膨張や収縮率が異なります。そのため、それらを固定する接着剤へ働く歪みが大きくなり、その結果、はく離や割れが生じます。このような現象は、硬化温度からの温度変化や耐久環境下で想定され、特にヒートサイクル時には繰り返し生じます。この際、接着剤に求められる特性としては各素材への接着性並びにその膨張差に追従することができる弾性です。

この異種材の接着の例としてモータ磁石の固定が挙げられます。HV(PHV)・EVなどの環境対応車に

表-3 アクリル系弾性接着剤の商品ラインナップ

硬化形態			湿気硬化型	加熱硬化型	紫外線硬化型	備考
硬化条件			(23℃,55%RH)×7日	150℃, 90min	45kJ/m <sup>2</sup>	
製品名			TB1158	TB1156B	TB3013Q	
試験項目	単位	試験方法	特性値			
硬さ	—	3TS-2B00-004	A20	A6	A32	デュロメータA
伸び率	%	3TS-4190-001	300	275	195	—
引張強さ	MPa	3TS-4190-001	1.8	1.2	2.7	—
引張せん断接着強さ	MPa	3TS-4100-013*,023**	1.8(Al/Al)**	1.5(Al/Al)**	4.1(Fe/ガラス)*	—
ガラス転移点	℃	3TS-4730-001	-40.0	-40.5	-31.0	DMA法1Hz E''ピーク



使われている同期モータのほとんどはPM<sup>\*3</sup>モータで、回転子に永久磁石が用いられています。永久磁石の中でもネオジウム磁石は最大エネルギー積が大きく、高い磁石特性をもつことから、これを採用することでモータの大容量小型化が可能になりました。電気自動車やハイブリッドカー用駆動モータのみならず、EPS<sup>\*4</sup>モータなど小型モータにもPMモータが主に使われるようになってきました。この永久磁石のステータへの固定にはエポキシ系、嫌気性、2液常温硬化型（アクリル）接着剤が使用されています。その中でも大きなトルクを発生する中型・大型駆動モータなど、回転中に高温になる場合にはガラス転移点が高く、耐熱性の良好な1液加熱硬化型エポキシ系接着剤が広く採用されています。ただし、その問題点として硬化後の冷却過程やヒートサイクルなどの温度変化下では、樹脂の収縮やステータと永久磁石の線膨張率の違いから、はく離や磁石の割れなどが発生することが挙げられます。また小型モータの生産においては加熱硬化設備・工程の削減とともに、大量生産へ対応するため、生産性の向上に寄与する常温速硬化性も求められます。

TB3955は硬化後、ガラス転移点の低い弾性体を形成することから、このように膨張や収縮が大きく、応力緩和が必要な箇所への適用が可能です。また常温で速硬化させることが可能であり、硬化設備を必要とせず生産性も良好というメリットを合わせ持つことから、モータ磁石の固定に適しています。

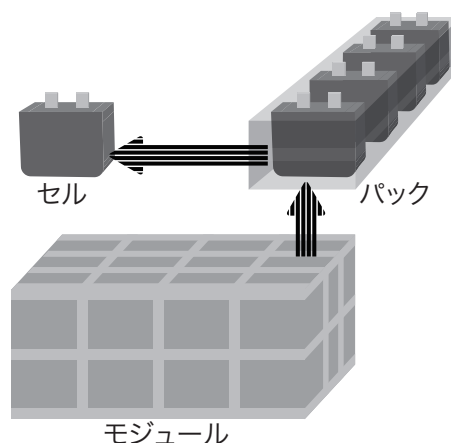
#### 4-2 面接着

大面積の接着においては、2液混合型の接着剤の適用が有効です。一般的には紫外線を透過しない場合や被着体に熱を加えることが出来ない場合などは常温硬化型の接着剤を選定しますが、湿気硬化型は空気と接触する表面から硬化するため、広い面積の接着においては中心部までの硬化が難しく、信頼性並びに生産性が悪いという課題があります。そこで接着面を均一に速硬化させることが可能な2液混合型の接着剤が使用されます。

電気自動車に搭載される部品を例にとると、セルの積層が必要なバッテリーが挙げられます。バッテリーのセル形状は主に2種類あり、円筒形と長方形のセルが各メーカーで開発されています。どちらの形状でも、一般的にバッテリーは自動車に搭載される際に、セル単体を数個合わせてパックにし、それをまとめてモ

ジュールとし組立てられています（図-4）。

図-4 バッテリーイメージ



セルを積層しパックする際には、セル間の固定に接着剤が使用されています。広い面積の接着には加熱硬化型の接着剤も有効ですが、セルに熱を加えることは出来ないため、この用途に加熱硬化型の接着剤を使用することは出来ません。このことから、セルの面接着には2液混合硬化型が採用されます。また搭載後は振動がかかるため追従性の良い弾性接着剤が必要となることから、バッテリーの組み立てにおける各種部品の接着に、2液混合型アクリル弾性接着剤は最適な材料であるといえます。

#### 4-3 ポッティング

ポッティングによる電子基板への部品固定・保護には弾性接着剤が使われます。基板部品の保護の他、基板が搭載された部品が衝撃を受けた場合も、ポッティングしたゴム弾性を持つ接着剤が衝撃を吸収することで、部品自体が外れて製品の故障に繋がるリスクを低減しています。そのため、この用途の多くは低分子シロキサンをカットした1液性もしくは2液性の湿気硬化型シリコーンや変成シリコーンなどの弾性接着剤が採用されています。これらは良好なゴム状硬化物となる他、常温で硬化が可能であるため組立後の基板を硬化炉に入れる工程が必要ありません。しかしながら、先述の通り2液混合型であってもシリコーン・変成シリコーン樹脂の場合は完全硬化までに時間を要するため、硬化時間の短縮が求められます。2液混合型のアクリル樹脂は常温での硬化速度が速く、生産性向上に寄与することが可能です。またポッティング剤への要求特性として、電気電子部品に要求され

\*3 Permanent Magnet 永久磁石

\*4 Electronic Power Steering 電動式パワーステアリング

る耐湿性がありますが、TB3955は耐湿性も良好な弾性硬化物を形成することから基板部品の固定・保護に最適な接着剤だといえます(図-7)。

## 5.材料特性

常温硬化型2液アクリル弾性接着剤 TB3955の諸物性について紹介します。

### 5-1 硬化性

これまでの2液常温硬化型の接着剤は反応性に優れる反面、混合後の可使用時間が短く作業性に難点がありました。そこでTB3955の開発においては、作業性と生産性を考慮し適切な可使用時間を設定しました(図-5)。しかも一度反応が開始すると急速に硬化が促進され、実用強度に達する特徴を持っています。25℃常温下で硬化させた場合、5分程度の可使用時間後、60分で2MPa以上の強度を発現し、12時間後にはほぼ完全に硬化します(図-6)。

### 5-2 硬化物物性

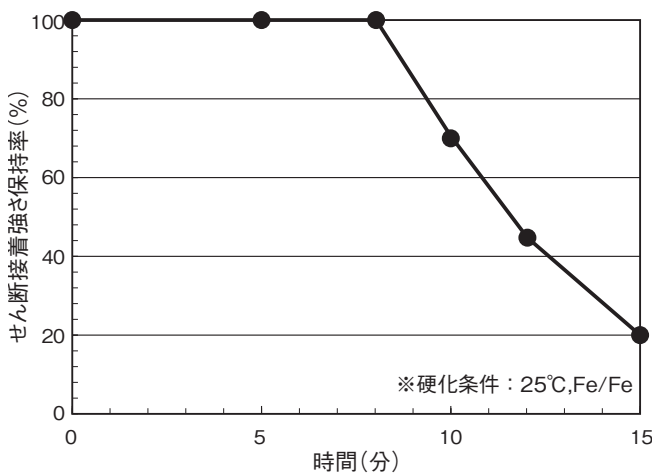


図-5 TB3955 接着可使用時間

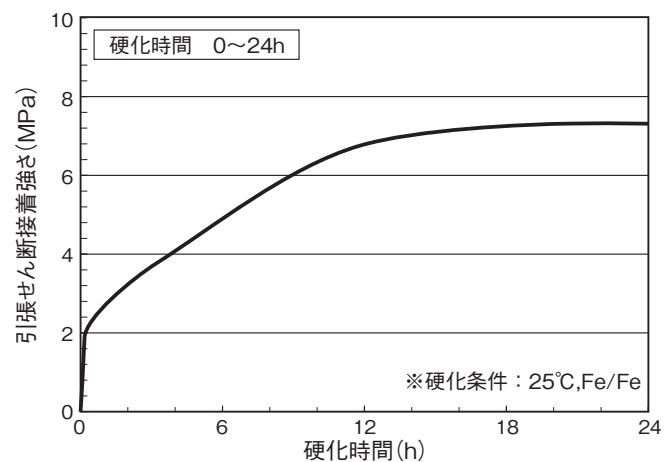
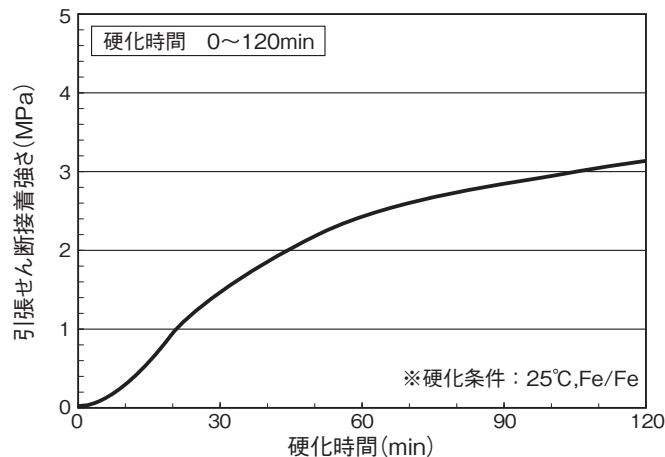


図-6 TB3955 接着発現性

TB3955の硬化物はガラス転移点が低いことから広範囲な温度領域でゴム弾性を有しています(表-4)。

また、その硬化物は150℃の高温耐久後でも物性が低下せず、85℃85%RHの高温高湿耐久後も十分に性能を維持します(図-7)。

### 5-3 使用方法

表-4 TB3955の硬化物物性

試験項目	単位	特性値	試験方法	備考
硬さ	—	A65	3TS-2B00-004	デュロメータA
伸び率	%	130	3TS-4190-001	3号ダンベル
引張強度	MPa	5.2	3TS-4190-001	3号ダンベル
引張せん断接着強度	MPa	6.6	3TS-4100-013	Fe / Fe (SPCC,SD)
		6.2		SUS/ SUS (SUS-304)
硬化収縮率	%	0.9	3TS-Z365-001	φ20
ガラス転移点	℃	-45	3TS-4730-001	DMA法 1Hz E''ピーク
線膨張率	$\alpha_1$	ppm/℃	3TS-4740-001	-100~-70℃
	$\alpha_2$			0~50℃

硬化条件:25℃×24h

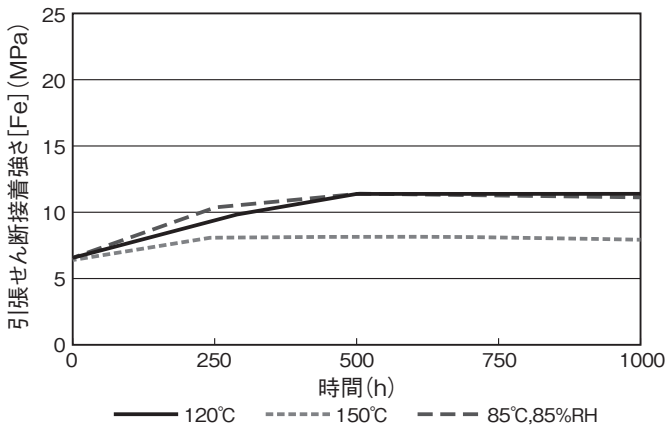
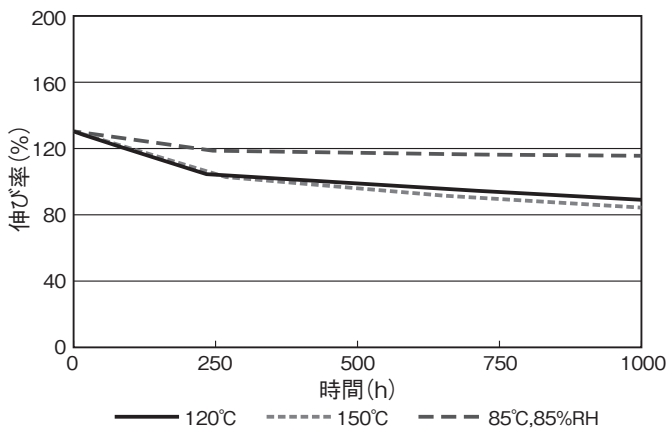
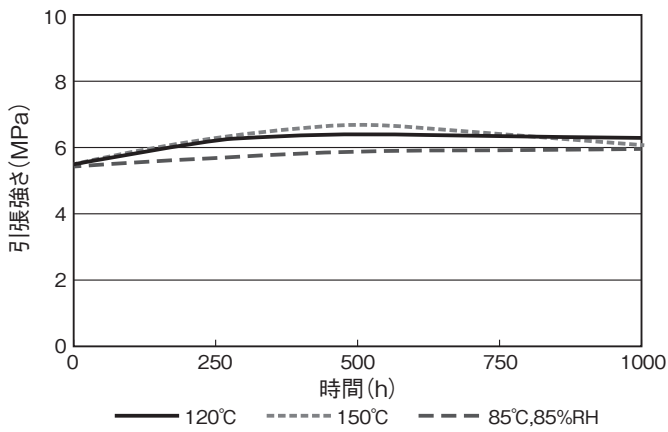
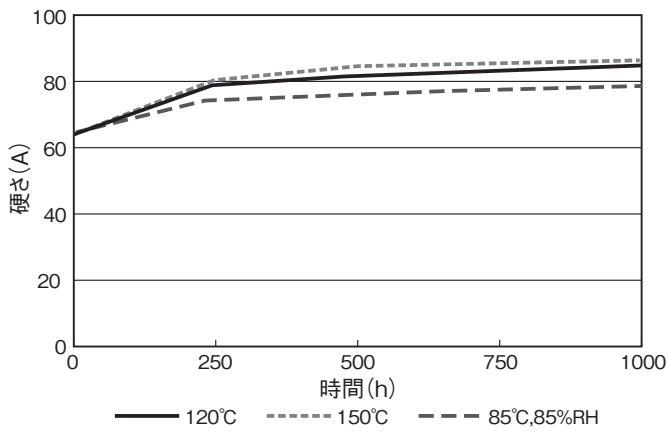


図-7 TB3955の耐久性

TB3955は本剤と硬化剤を1：1の比率で混合することにより硬化反応が開始します。ツインカートリッジ仕様で商品化していますので、スタティックミキサーで混合し、被着体へ直接塗布することができます(図-8)。計量せずに適正な比率で必要な量の混合が可能であり、作業性が良好です。

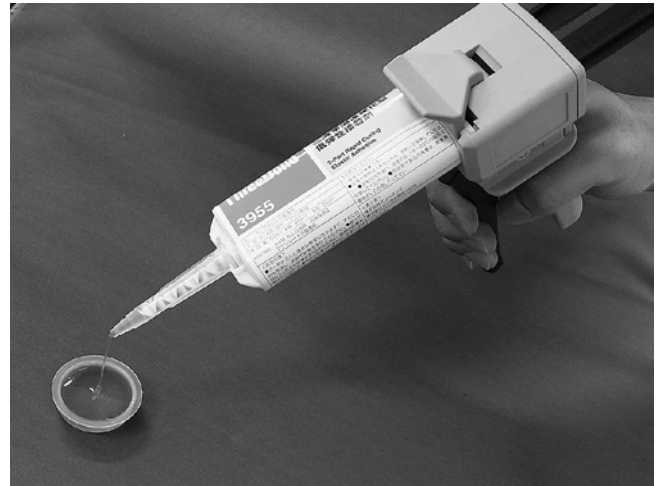


図-8 TB3955の仕様

## おわりに

今回ご紹介した常温硬化型2液アクリル弾性接着剤 TB3955はこれまでの2液混合型の接着剤にない耐久性、弾性、速硬化性を合わせもつ製品です。輸送市場のみならず電気市場、公共工材市場など幅広い分野、用途展開の可能性があると考えられます。

スリーボンドでは更なる技術開発に努め、多様化するニーズに対応した製品の開発に継続して取り組んで参ります。

### <参考文献>

「スリーボンドテクニカルニュース No.44、No.72」

株式会社スリーボンド

研究開発本部

開発部 輸送開発課 高橋 健二  
井上 正雄  
有田 奈央



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  
東京都八王子市狭間町1456  
電話 042(661)1333(代)