

## HDD用シール・接着剤の開発

## はじめに

IT化、デジタル化が進む現代に、欠かせないデバイスの一つにハードディスクドライブ(HDD)があります。HDDは、パソコンや大型コンピューターの記録装置として年間2億台を越す生産量があります。その特徴は、高容量であり、アクセススピードが速く、コストパフォーマンスに優れていることが挙げられます。スリーボンドは、このHDD用シール・接着剤として、低アウトガスの特徴とした嫌気性封着剤・エポキシ樹脂・紫外線硬化性樹脂・導電性樹脂を開発しています。今回は、これらのシール・接着剤の低アウトガス化技術やその性能、また、アウトガス測定方法等をご紹介します。

HDDは、密閉された記録装置です。そのため装置内部で腐食性のある揮発性ガスが発生してしまうと、装置に大きな影響を与えてしまいます。HDDは、磁気ヘッドを用いて平滑なアルミ盤やガラス盤上の記録膜(メディア)に、信号を記録していく磁気記録装置であり、磁気ヘッドは、一分間に5千~1万回転するメディアに信号を送り、読み書きを行ないます。その時の磁気ヘッドとメディアの距離は、ほんの数nm程度しかありません。ゆえに、このメディアと磁気ヘッドの間に異物が付着してしまうと、装置に大きなダメージを与えてしまいます。そのため、HDDは外部からの小さな埃や、塵、湿度の侵入を防ぎ、装置に使用する部品や接着剤から発生する揮発性ガスを限りなく少なくすることを追究しています。また、使用される接着剤には、低アウトガス化以外にも、特殊機能、作業性、生産性、品質管理・商品の供給体制等多くの要求があります。スリーボンドはこれらの要求に応えるべく、国内外の開発・営業・生産工場が一体となって、タイムリーな商品開発、安定な商品供給に努めています。

以下、Three BondをTBと略します。

目次	次
はじめに..... 1	3, 嫌気性封着剤・紫外線硬化性樹脂..... 4
1, HDDに使用される各種シール・接着剤..... 2	3-1, HDD用嫌気性封着剤・紫外線硬化性樹脂..... 4
1-1, 各種シール・接着剤..... 2	3-2, 新しい嫌気性封着剤 TB1360D..... 5
1-2, シール・接着剤のアウトガスとは..... 3	3-3, 紫外線硬化性樹脂 TB3061H..... 5
1-3, アウトガスの成分..... 3	4, エポキシ樹脂..... 6
2, アウトガス測定方法..... 3	4-1, 二液性エポキシ樹脂 TB2087F,87G..... 6
2-1, 定性と定量..... 3	4-2, 一液性エポキシ樹脂 TB2270C..... 6
2-2, TGAを用いた熱質量減少の測定..... 3	5, 導電性樹脂..... 7
2-3, GC-MSを用いた定性と定量..... 4	5-1, 二液無溶剤型導電性樹脂 TB3380B..... 7
2-4, 測定値の評価..... 4	5-2, 紫外線硬化型導電性樹脂 TB3305B..... 7
	6, おわりに..... 8

## 1, HDDに使用される各種シール・接着剤

はじめに、図-1にHDDの分解図とそこに使用されているスリーボンドのシール・接着剤を示します。スリーボンドは、各種シール・接着剤をHDD用途に提供しています。

### 1-1, HDD用各種シール・接着剤

HDDには数多くのスリーボンド商品が使われています。HDDの蓋にあたるカバーには紫外線硬化性のシール剤が使用されています。

スピンドルモータには、ベアリングとシャフトの固定や、マグネットの固定に嫌気性樹脂やエポキシ樹脂が使用されています。磁気ヘッドやサスペンションには紫外線硬化性樹脂や導電性樹脂が使用されています。ボイスコイルモータ (VCM) にはコイルの固定や、マグネットの固定にエポキシ樹脂が使用されています。

スリーボンドは、HDD内部に発生するシール・接着剤所以のアウトガス総発生量の低減を目的として、HDDの各部位に適合した各種シール・接着剤を開発し、提供しています。

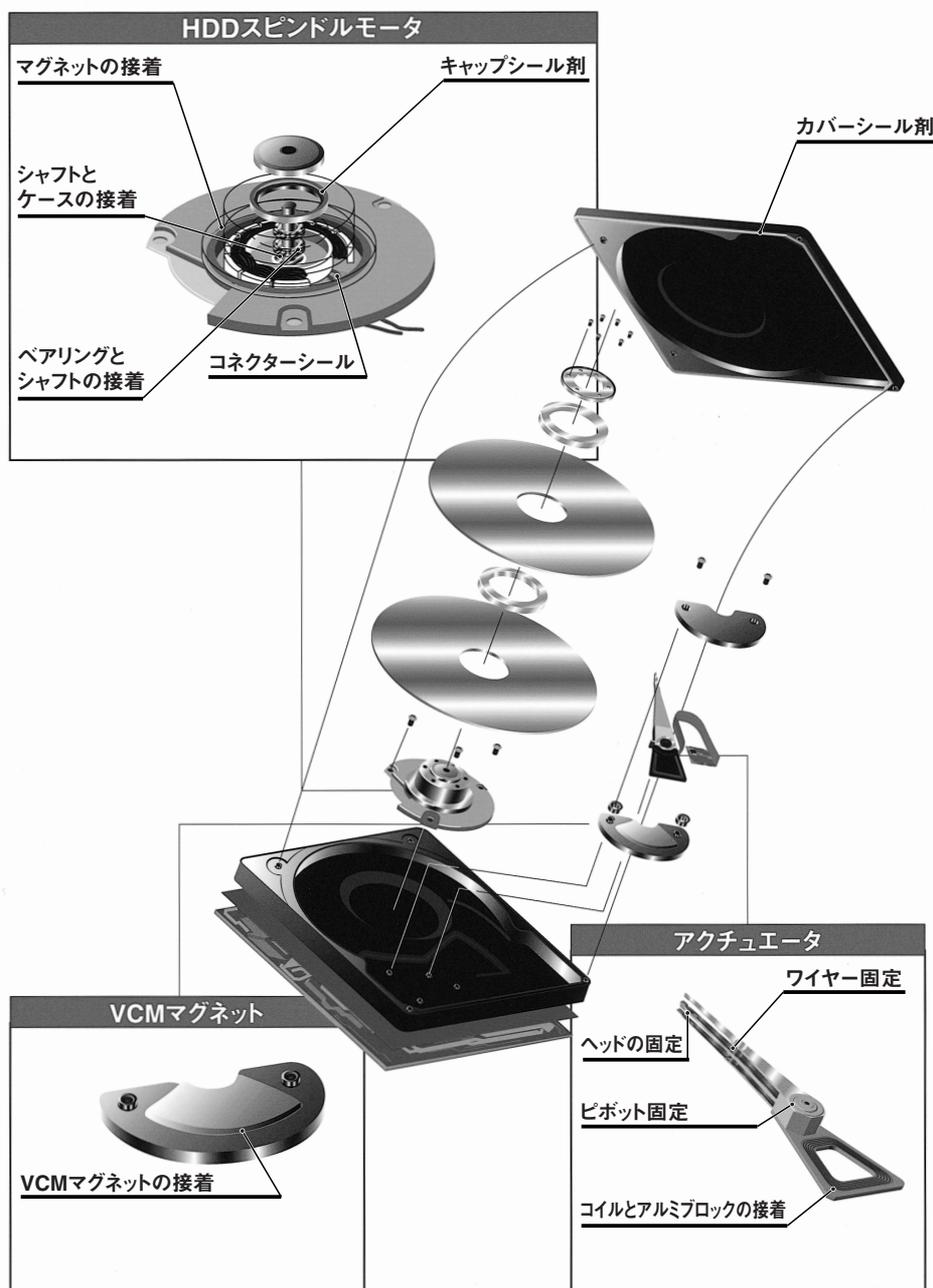


図-1. HDD 分解図とシール・接着剤

## 1-2, シール・接着剤のアウトガスとは<sup>1)</sup>

シール・接着剤から発生するアウトガスとは、硬化時や硬化後の硬化物から発生する分子量300程度までの低分子量の揮発性有機ガスや無機ガスをいいます。特に、HDDでは、シール・接着剤の硬化物のアウトガス低減が求められています。

図-2に紫外線硬化性樹脂TB3057Hの硬化物を500℃までの昇温加熱した際の熱質量変化を示します。温度上昇により徐々に質量が減少していきます。300℃付近から硬化物の熱分解が始まります。HDDの内部温度は、100℃程度まで上昇します。すなわち、熱分解が始まる前までの熱質量減少量がアウトガスとなります。

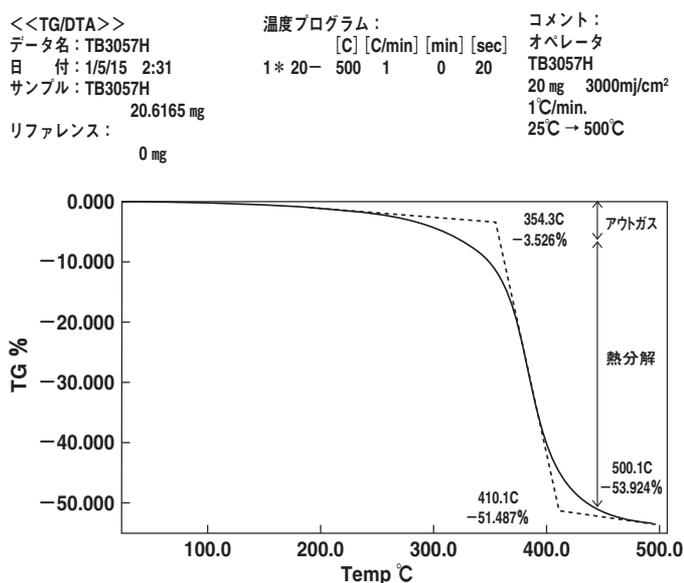


図-2. TB3057H 昇温時熱質量変化率

## 1-3, アウトガスの成分

アウトガスの成分は、各接着剤により発生量、発生成分ともに異なります。主なアウトガス成分は、シール・接着剤に含まれる水分、硬化剤分解物、重合禁止剤、未反応モノマー、有機金属触媒や、有機酸、有機溶剤等の素原料に含まれる不純物です。アウトガス成分の中でも、HDDに影響が有るとされるものは、付着力が強く腐食性のある成分です。

## 2, アウトガス測定方法

接着剤の硬化物から発生するアウトガス測定方法は、GC-MS、TGAなどの化学分析装置が利用されています。中でもガスクロマトグラフィーとマススペクトルを組み合わせたGC-MSは、アウトガスの定性・定量分析の

標準装置として多くの業界で利用されています。最近では、クリーンルーム内の汚染物質の分析や環境ホルモンの検出に利用されています。

## 2-1, 定量と定性

シール・接着剤のアウトガス成分は、発生量の測定(定量)と発生成分の特定(定性)が行なわれます。シール・接着剤として、まず、発生ガス量が多いか少ないか、次に発生しているガス成分がどのようなものか把握する必要があります。また、発生するガス成分が腐食性のあるものか、どうか吟味する必要があります。

## 2-2, TGAを用いた熱質量減少の測定

熱分析装置(TGA)を用い、シール・接着剤の加熱時の質量変化を測定することができます。この測定は、ある加熱条件下のシール剤、接着剤から発生する水分、無機及び有機発生ガスの絶対量を測定することができます。質量変化と温度・時間の関係がわかります。しかし、発生ガスの成分の特定はできません。また、それぞれの成分の発生比もわかりません。図-3にTB3057Hの80、120℃連続加熱時の熱質量変化を示します。通常、アウトガス量の評価には、80℃から150℃の任意の温度下での連続測定を行ないます。その熱質量変化を測定し、アウトガス量とします。

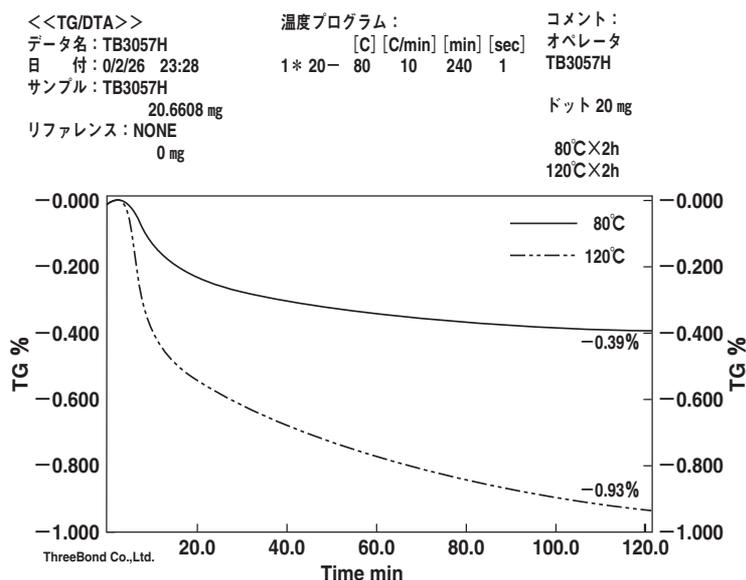


図-3. TB3057H 80、120℃連続加熱時熱質量変化率

## 2-3, GC-MSを用いた定性と定量<sup>2)</sup>

分子量30~500程度の有機発生ガスの定性と定量が可能です。また、この装置には、発生ガスの抽出方法として、ヘッドスペース法、ダイナミックヘッドスペース法(DHS)などがあります。DHS法は、試料室に一定流量の不活性ガスを流し、吸着物質に発生したアウトガスを吸着させるため、高感度な分析が可能です。図-4にスリーボンドが所有しているGC-MSの模式図を示します。表-1にTB3061HのGC-MS測定結果を示します。

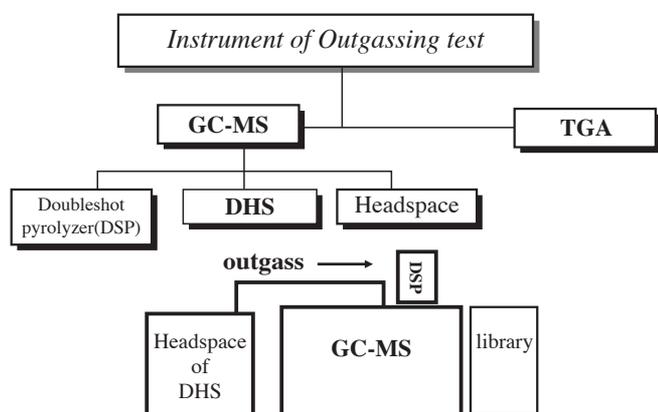


図-4. アウトガス測定装置模式図

## 3, 嫌気性封着剤・紫外線硬化性樹脂

### 3-1, HDD用嫌気性封着剤・紫外線硬化性樹脂<sup>3)</sup>

嫌気性封着剤は、一液性、無溶剤であり、金属の狭い隙間で室温反応する特徴を持っています。そのため、シャフトとベアリングの固定等の嵌合接着、面接着用途に大変適した接着剤です。紫外線硬化性樹脂も一液性・無溶剤であり、紫外線の照射により短時間に硬化する特徴があります。

## 2-4, 測定値の評価

測定された定量値や定性成分は、測定装置、硬化条件、硬化物の形状、硬化物の表面積などで異なります。また、接着剤単体の測定と接着剤を実際の部品に使用した場合でも異なります。測定値を評価するにあっては、前述の条件を考慮する必要があります。また、多角的な測定により、評価を確かなものにします。

表-1. TB3061HのGC-MS測定結果

Outgassing of ThreeBond 3061H (Curing condition 3000 mJ/cm <sup>2</sup> ) GC-MS/DHS	%
Acetone	2.36
d-Glycero-d-ido-heptose	4.65
butanoic acid, 2-hydroxyethyl ester	10.92
Benzene, (1-methylethyl)	10.72
2-propenoic acid, 2-hydroxyethyl ester	5.5
Benzaldehyde	0.93
Alpha-methylstyrene	1.03
Acetophenone	9.00
Benzenmethanol alpha, alpha, -dimethyl	22.85
2-Furanmethanol, tetrahydro-, acetate	12.07
benzene, 1,4-bis(1-methylethenyl)-	10.59
propandioic acid, (benzoylhydrazino)hydroxyl-, dimethyl ester	5.34
other	4.13

部品の固定や接着または、オイルやダストのシール用途に適しています。また、主成分は、アクリル系とエポキシ系に大別されます。嫌気性封着剤、紫外線硬化性樹脂ともに、硬化時に硬化触媒が分解して、硬化反応が開始します。そのため、分解物の一部が硬化物から揮発し、アウトガスとなります。表-2にHDD用嫌気性封着剤・紫外線硬化性樹脂の一覧表を記します。

表-2. HDD用嫌気性封着剤・紫外線硬化性樹脂

商品名		スリーボンド1360D 嫌気性封着剤	スリーボンド1372D 嫌気性封着剤 UV硬化付与	スリーボンド3057H 紫外線硬化性樹脂 UV+加熱硬化	スリーボンド3059D 紫外線硬化性樹脂 UV硬化のみ	スリーボンド3061H 紫外線硬化性樹脂 UV+嫌気硬化
外観			緑色	青色	乳白色	濃青色
粘度	Pa·s(cP)	0.90(900)	0.11(110)	12(12000)	76(76000)	8(8000)
比重		-	-	1.14	1.18	1.14
硬度		-	-	D 85	D 88	D 65
圧縮せん断強さ	鉄 MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	37.1(371)	33(336)	-	-	-
	ステンレス MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	20.7(207)	31(305)	-	-	-
	アルミニウム MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	28.1(281)	27(275)	-	-	-
せん断接着強さ	ガラス/ガラス MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	-	-	20.5(205)SUS/SUS※3	8.0(80)	8.8(88)
	アクリル/アクリル MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	-	-	5.2(52)SUS/アクリル	3.0(30)	7.0(70)
ガラス転移点(DMA tan δ)	°C	165	147	85.8	82	35
熱質量変化率	%	-3※1	-35※1	-0.6※2	-0.6※2	-0.9※2
線膨張係数	×10 <sup>-6</sup> /°C	81.9	80.5	46.8	-	210
用途		スピンドルモータシャフトの固定プライマー-TB1390K	スピンドルモータシャフトの固定プライマー-TB1390E,F	スピンドルモータキャップシール剤同質材質のシール	ワイヤー固定高粘度	スピンドルモータキャップシール剤異種材質のシール

※1 未硬化樹脂 80°C×16時間後

※2 硬化樹脂 120°C×2時間後

※3 硬化条件 100°C×0.5時間

### 3-2, 新しい嫌気性封着剤 TB1360D

嫌気性封着剤TB1360Dはスピンドルモータのシャフトとベアリングの嵌合接着用途に開発しました。特徴は、ガラス転移点温度が165℃と高いこと、未硬化物（液状）の揮発成分が少ないことです。スピンドルモータの軸接着において、回転時の熱対策は重要で、接着剤によって接着されている軸が熱によりほんの少し（たとえばサブミクロンオーダー）でもずれると、当然ながらその先のディスク（特に外周）は大きく（ミクロンオーダー）ずれることになってしまいます。よって、その部位に使用する樹脂は当然ながら耐熱タイプすなわちガラス転移点温度を高くする必要があります。図-5にTB1360Dの熱間強度を示します。また、図-6にTB1360Dと従来品TB1373Bの熱劣化強度を示します。TB1360Dが優れていることがわかります。また、塗布時に、嵌合接着部分からはみ出した嫌気性封着剤は、酸素阻害で硬化しません。そのため、はみ出し部の嫌気封着剤が多量にアウトガス化してしまいます。TB1360Dは、このはみ出し部から揮発するアウトガスを従来品と比較して大幅に低減しています。また、HDDへの影響を考え、TB1360Dでは、有機イオウ化合物を使用せず、専用プライマーTB1390Kとの組み合わせで、従来商品並みの嫌気硬化性を実現しています。

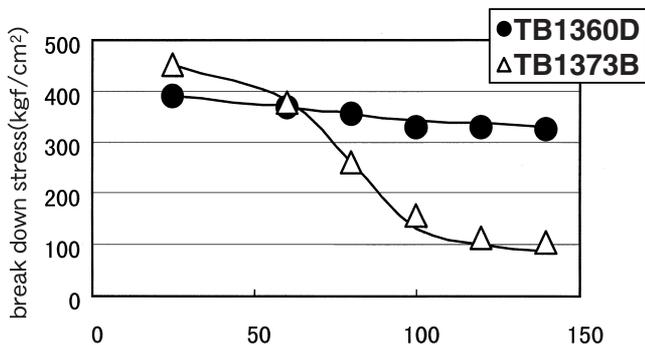


図-5. TB1360D と TB1373B の熱間強度比較

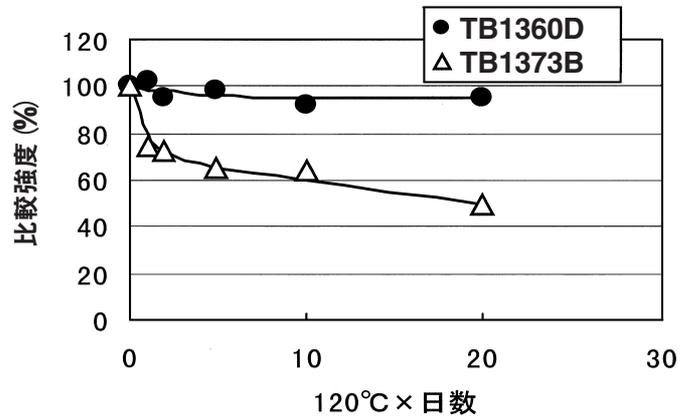


図-6. TB1360D と TB1373B の熱劣化強度比較

### 3-3, 紫外線硬化性樹脂 TB3061H

紫外線硬化性樹脂TB3061Hは、嫌気硬化性を付与した一液性無溶剤のアクリル系接着剤です。スピンドルモータのキャップシール剤として開発しました。TB3061Hの特徴は、紫外線硬化性が非常によいこと、金属、プラスチックに接着力があることです。また、TB1360D同様に有機イオウ化合物、有機錫化合物を使用していません。図-7にTB3061Hと従来品の紫外線硬化性の比較を示します。アクリロイル基の反応率をリアルタイムFT-IRで測定しました。TB3061Hは短い時間で反応が終了していることがわかります。

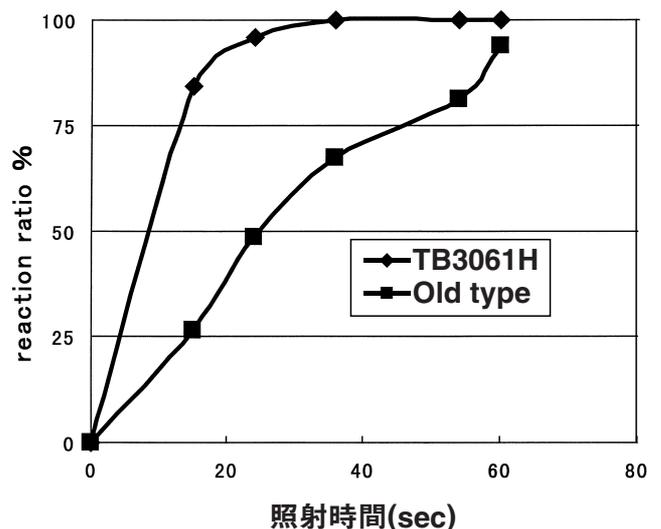


図-7. TB3061H と従来品の紫外線照射時間と反応率

## 4, エポキシ樹脂

HDD用エポキシ樹脂には、一液性、二液性があります。エポキシ樹脂の特徴として、嫌気性封着剤や紫外線硬化性樹脂と比較してアウトガスが少ないことが挙げられます。これは、エポキシ樹脂の硬化機構では、

分解生成物が発生しないためです。また、エポキシ樹脂の硬化物は硬く（三次元網目構造により）、硬化物中の低分子量ガス化成分の揮発を抑える力があります。表-3にHDD用エポキシ樹脂の一覧表を示します。

表-3. HDD用エポキシ樹脂一覧

商品名		スリーボンド2202	スリーボンド2270C	スリーボンド2087F		スリーボンド2087G		開発品	
				本剤 桃色	硬化剤 青色	本剤 水色	硬化剤 赤色	本剤 黄色透明	硬化剤 濃緑青色透明
外観		黒色	黒色	桃色	青色	水色	赤色	黄色透明	濃緑青色透明
粘度	Pa·s(P)	13(130)	70(700)	13(130)	4.4(44)	13(130)	5(50)	2.5(25)	3(30)
比重		1.14	1.95	1.17	1.10	1.20	1.25	1.19	1.00
標準硬化条件		80°C×20分	100°C×40分 120°C×30分、150°C×20分	60°C×3時間 80°C×1時間		60°C×30分 70°C×20分、80°C×10分		90°C×1時間	
可使用時間	分			25~30(100g混合時)		80(100g混合時)		240(100g混合時)	
せん断接着強さ	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	10.0(102)	21.6(220)	28.4(290)		11.8(120)		12.9(131)	
はく離接着強さ	N/m (kgf/25mm)	160(0.4)	2100(5.4)	589(1.5)					
ガラス転移点	°C	105	140	85		145		130	
熱質量変化率	%			0.001以下		0.001以下		0.001以下	
線膨張係数	×10 <sup>-6</sup> /°C	74	41	72		60		60	
用途		スピンドルモータータマグネットの接着 HDD部品全般接着	VCM(コイルとアーム)接着	スピンドルモータータマグネットの接着 HDD部品全般接着		スピンドルモータータマグネットの接着 HDD部品全般接着		FDBオイルシール用	

### 4-1, 二液性エポキシ樹脂 TB2087F,87G

二液性エポキシ樹脂は、本剤と硬化剤とからなり、適切な配合比で混合し、加熱硬化させます。TB2087F、TB2087Gは、スピンドルモーターのマグネット接着等に開発した商品です。

従来品よりも、室温での混合後の粘度変化が少なく(ポットライフが長い)、しかも、低温加熱硬化が可能です。図-8にレオメーターを用いた、TB2087Gの硬化挙動の結果を示します。室温付近では粘度変化が少なく、加熱により短時間で反応が始まるのがわかります。

これとは別に、流体軸受けモーター(FDB)のオイルシール目的に耐オイル性のある二液性エポキシ樹脂の商品化も検討しています。二液性エポキシ樹脂は、本剤、硬化剤の計量と混合が重要なポイントになります。計量、混合のミスは、未硬化を招きます。スリーボンドのエポキシ樹脂は、この点を考慮し、本剤、硬化剤の色を変え、混合状態が目視でわかるようになっています。

### 4-2, 一液性エポキシ樹脂 TB2270C

一液性エポキシ樹脂は、粉体の硬化剤が本剤に分散されています。一液性・無溶剤です。二液性のエポキシ樹脂のようなポットライフはありません。TB2270Cは、VCMのコイルとアームの接着に使用されます。TB2270Cの特徴は、熱伝導性が高く、金

属に対する接着力が非常に優れています。また、硬化物が硬く、強じんでVCMの動作に影響を与えません。表-4に、PCT後の接着力試験結果を示します。一液性エポキシ樹脂は、硬化剤が粉体のため、シャフトとベアリングの固定のような嵌合接着には不向きです。シャフト挿入時に硬化剤がこされしまい、本剤と硬化剤が分離して未硬化となってしまいます。

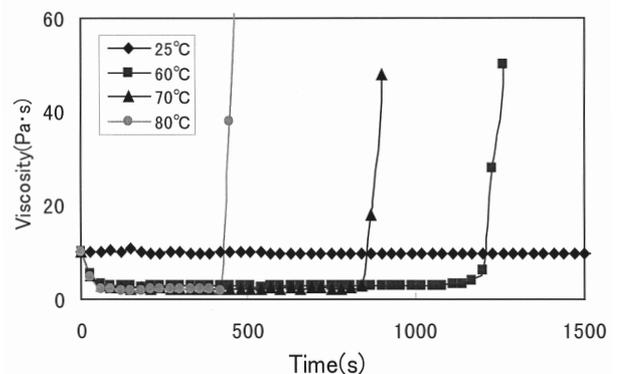


図-8. TB2087G レオメーターによる各温度の粘度経時変化

表-4. TB2270C の PTC 後の接着力

項目	スリーボンド2270C			他社品
硬化条件	120°C× 40min	140°C× 30min	160°C× 20min	130°C×50min +155°C×120min
ブランク	41MPa	39MPa	44MPa	40MPa
PCT後	21MPa	21MPa	23MPa	PCT直後剥離

※PCT条件：121°C・2気圧×12時間後

## 5、導電性樹脂

導電性樹脂は、エポキシ樹脂などの接着剤（バインダー）と銀粉などの導電性のある粉体（導電性フィラー）から構成されています。バインダーに導電性フィラーを80～90重量%分散させています。バインダーが硬化する時に発生する体積収縮により導電性フィラーがお互いに接近し、硬化物が導電性を持つよう設計されています。HDDは、高速回転により静電気を発生させます。この静電気は磁気ヘッドやメディアに大きなダメージを与えてしまいます。この静電気除去に導電性樹脂が利用されています。表-5にHDD用導電性樹脂の性状及び物性を示します。

に使用されています。従来この用途には、接着用の紫外線硬化性樹脂と静電気除去を目的とした導電性樹脂の二種類が使用されていましたが、TB3305Bだけで二種類の接着剤の役割を果たすため工程の簡略化が可能になりました。TB3305Bの特徴は、紫外線照射で仮固定ができ、影部は加熱により完全硬化させることができ、10ミクロン以下の狭い隙間で上下導通（静電気除去）を可能にします。また、硬化物に可とう性があり、硬化時の応力が少なく、磁気ヘッドに歪みを与えません。図-9に、TB3305Bの使用例を示します。

表-5. HDD用導電性樹脂一覧

商品名		スリーボンド3380E		スリーボンド3305B
		本剤	硬化剤	
外観		銀色	灰色	黒褐色
粘度	Pa·s(P)	31(310)	2.9(29)	22(220)
比重		3.7	3.2	1.8
標準硬化条件		60℃×3時間		120℃×30分
可使時間	分	240(注1)		—
せん断接着強さ	MPa (kgf/cm <sup>2</sup> )	19.5(198)(注2)		16.9(172)(注2)
はく離接着強さ	N/m (kgf/25mm)	—		2.7(6.7)
ガラス転移点	℃	—		17
熱質量変化率	%	0.09(注3)		0.10(注4)
線膨張係数	×10 <sup>-6</sup> /℃	—		—
用途		キャップシール		HDD用磁気ヘッドの組み立て用

注1：混合直後の粘度が二倍になるまでの時間

注2：2φセラミックチップ/ガラスの接着力

注3：120℃×1時間のエージング

注4：120℃×2時間のエージング

### 5-1、二液無溶剤型導電性樹脂 TB3380B

導電性樹脂TB3380Bは、バインダーに二液性エポキシ樹脂（無溶剤）を用いています。本剤、硬化剤両方に、導電性フィラーである銀粉を分散させています。スピンドルモータのシール及び静電気除去に使用されています。TB3380Bの特徴として、硬化物に可とう性があるのでヒートサイクルに強く、体積抵抗値が安定していることが挙げられます。

### 5-2、紫外線硬化型導電性樹脂 TB3305B

導電性樹脂TB3305Bは、バインダーに一液性の紫外線硬化性樹脂（無溶剤）を、導電性フィラーに銀粉（最大粒径10ミクロンの球状粉）を用いています。スライダとサスペンションの接着及び静電気除去

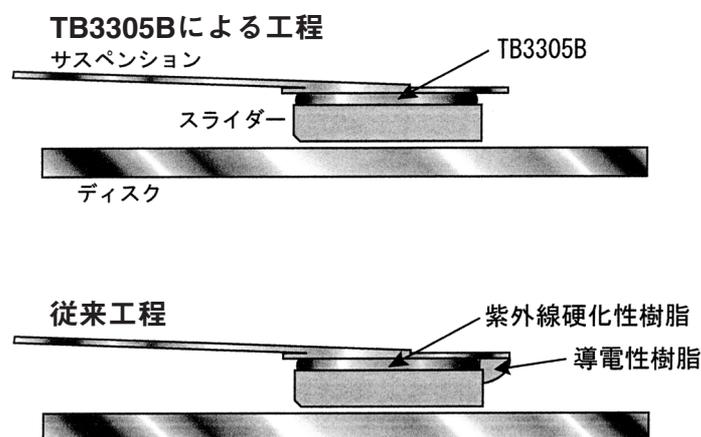


図-9. TB3305B 使用例

## 6, おわりに

今回ご紹介したシール・接着剤の低アウトガス化技術は、HDD以外の電気・電子デバイスにおいても欠かせない技術となっています。液晶やEL表示板のシール剤、水晶振動子の固定に用いられる導電性樹脂、光ピックアップ等のレンズ周りに用いられる接着剤等、低アウトガス化の要求はますます増えてくると考えます。更なる、低アウトガス化、機能付与の追究を行なっていきます。

株式会社スリーボンド 研究所

開発部 電気開発課 荒井 佳英  
井上 学  
楠山 亜紀  
鈴木 宏則  
伊藤 克憲

### 参考文献

- 1) ストレージ用語辞典 日経BP社
- 2) 日本工業出版「クリーンテクノロジー」第9巻第2号  
クリーンルーム構成材料等のアウトガス分析 (株)住化分析センター 野中 辰夫 他
- 3) 工業材料 Vol.49 No. 5 電気分野における嫌気性接着剤 (株)スリーボンド 楠山 亜紀



企画 株式会社 URC 編集室  
編集 東京都港区南青山5-12-3-903  
電話 03(3407)0333  
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 0426(61)1333代