

●プラスチック板から発生するガスと粘着剤の発泡の関係

Effect of the Gas from the Plastic Sheet on the Blister Resistance

森 穂高、白崎 雅彦

Hodaka Mori, Masahiko Shirasaki

Key Word : Pressure sensitive adhesive, OCA, Blister resistance, Touch panel

1 緒言

現在、スマートフォンやタブレット端末のように、インターフェイスとしてタッチパネルを搭載した機器の普及が進んでいる。これらの機器は、**図1**に示したようにカバーパネルとタッチパネル、ディスプレイが粘着剤で積層された構成となっている。

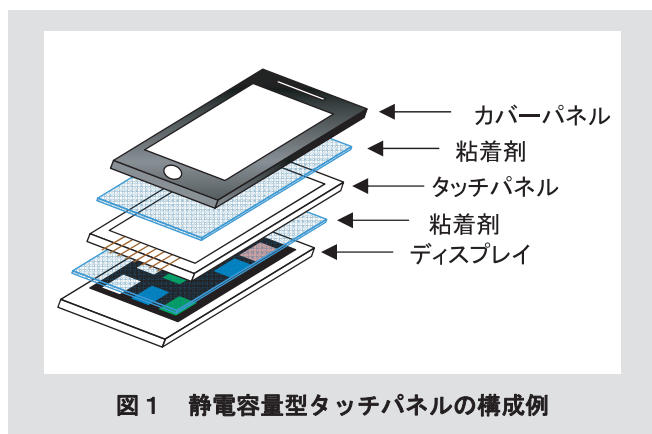


図1 静電容量型タッチパネルの構成例

粘着剤には透明性や各種材料に対する十分な粘着力のほかに、高温や高湿下でも貼合部に欠陥が生じないような高い耐久性が求められる。その他にも、カバーパネルの額縁印刷周辺に欠陥が生じないような追従性などが求められることもある¹⁾。

カバーパネルは、Corning社のGorilla[®]に代表されるような、操作時の傷つきに強い化学強化ガラスが主に用いられている。近年、さらなる軽量化や耐衝撃性向上のため、ポリカーボネート(PC)やポリメタクリル酸メチル(PMMA)のようなプラスチック板への置き換えが検討されている。しかし、これらのプラスチック板を使用すると、加熱・湿熱負荷によって粘着剤層に発泡を生じることが大きな課題になっている。

粘着剤の特性は、主成分である粘着剤ベースポリマー(BP)の構造設計だけでなく、タッキファイヤー(TF)の添加によっても調整できることが知られている²⁾。TFとは、

タッキネス(粘着性)を付与する添加剤のことを指し、一般に分子量が数百から数千程度のオリゴマーであり、ロジンやテルペン等の天然樹脂やスチレン系の合成樹脂が広く用いられている。一方、当社はTFに好適な低分子量のポリマーを安価に製造できる高温連続ラジカル重合技術を有している³⁾。このプロセスでは(メタ)アクリレート類やスチレンなど様々なビニル系モノマーが使用できるため、極性の制御や官能基の導入など多彩な組成のTFを製造することができる。この特長を生かし、当社では発泡を抑制するTFの検討を行い、発泡を抑制できるTFを見出し、その抑制機構も明らかにしてきた⁴⁾。

しかしながら、カバーパネルをガラスからプラスチック板に変えると何故発泡が生じるかという理由については、業界でも諸説あるもののあまり明確にはなっておらず、この機構を解明することができれば、TFの設計にも役立つと考えられる。そこで、我々は湿熱負荷による発泡の発生機構について、発泡現象の観察とプラスチック板から発生するガスの分析から解明を試みた。

2 発泡現象の観察

2.1 耐発泡試験方法

両面剥離フィルムで挟まれた厚み50 μm のアクリル系粘着シートを用意した。粘着シートの片側に易接着PETフィルム(100 μm)、もう一方にカバーパネルとしてアルカリガラス板(厚み1 mm)、PC板(厚み2 mm)のいずれかを貼り合せた積層体を試験片とした。この試験片に50 $^{\circ}\text{C}$ 、0.5 MPa、20分の条件でオートクレーブ処理を行い、85 $^{\circ}\text{C}$ /85%RHで24時間湿熱負荷を与えた後の外観を評価した。

2.2 観察結果

図2に湿熱負荷後の試験片外観を示した。カバーパネルにアルカリガラスを用いた場合は発泡せず、PCを用いた場合のみ発泡が観察された。この結果から、発泡の原因が粘着剤

自身によるものではないことがわかる。

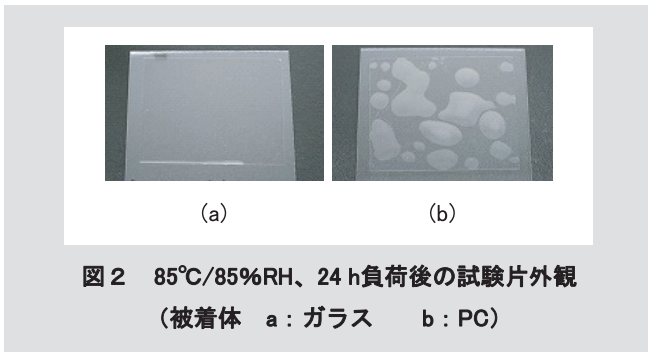


図2 85°C/85%RH、24 h 負荷後の試験片外観
(被着体 a: ガラス b: PC)

発泡が生じた部分をカッターナイフで切り開いたところ、PC側のみにタックがあったことから、発泡は図3のように粘着剤と易接着PETの界面で生じていることがわかった。また、易接着PETとPCに対する剥離強度を別途測定すると、易接着PETに対する剥離強度の方が低かったことから、剥離強度の低い面で発泡が生じていると考えられた。

以上の観察結果から、発泡のメカニズムは、湿熱負荷によってプラスチック板から何らかのガスが発生し、そのガスが粘着力の弱い部分に溜まり、剥離させると推定した。

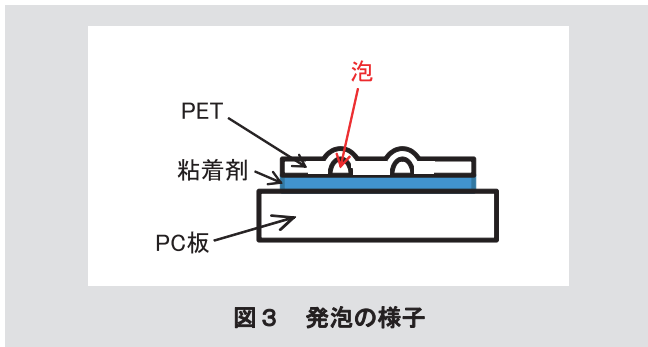


図3 発泡の様子

3 プラスチック板からのアウトガスの分析

3.1 アウトガスの分析

3.1.1 分析方法

<水、有機物の分析>

恒温室（23°C/50%RH）で長期保管したPC板を50×10×2（mm）に切断し、約6 gを22 mLのバイアルに恒温室内で封入した。バイアルを85°Cで15時間加熱した後、85°Cで気相部をガスタイトシリンジで1 mL採取し、ガスクロマトグラフィ（GC）分析を行った（図4）。水分の定量には熱伝導度検出器（TCD）、有機物の定量には質量分析計を使用した。また、ブランクとして恒温室の空気を測定した。アウトガスの発生量（ V_g ）は以下の式に従って計算し、気体の状態方程式を使用して、全て85°C、1 atmでの体積に換算した。

$$V_g = \frac{1}{P} \frac{M_g}{M} RT$$

P : 圧力 (1atm)

M_g : プラスチック板1gから発生したアウトガス量 (g)

M : 分子量

R : 気体定数

T : プラスチック板の重量 (g)

$$M_g = \frac{(C_p \times V_p - C_b \times V_b)}{M_p}$$

M_g : PC板1gから発生したアウトガス量 (g)

C_p : PC板入りバイアル中のガス濃度 (g/L)

C_b : ブランクバイアル中のガス濃度 (g/L)

$V_{p,b}$: バイアル体積 (L)

M_p : PC板の重量 (g)

<二酸化炭素の分析>

分析に供するPC板を約10 g、バイアルの容量を100 mLに変更し、前述と同様の手順で分析を行った。検出器にはTCD、ブランクとしてアルゴンを測定した。

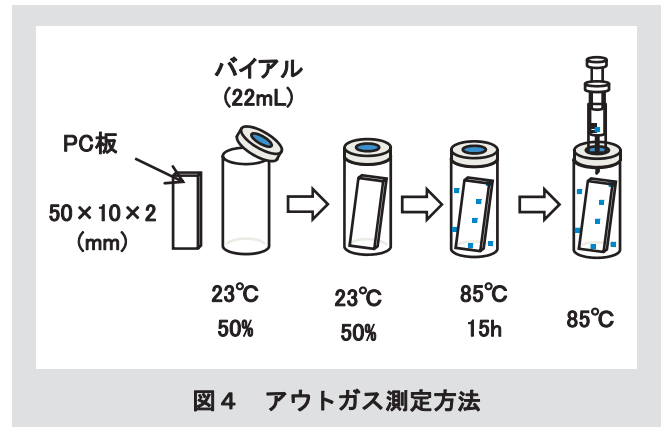


図4 アウトガス測定方法

3.1.2 アウトガスの種類と発生量

表1にPC板1 g当たりのガス発生量を示した。85°C、15時間の加熱でPC板1 g当たり、H₂Oが約348 μL、CO₂が約1~2 μLの発生量であり、その他の有機ガスは約10⁻² μL以下の発生量であることがわかった。この結果から、アウトガスの主成分はPC板に予め含まれる水分であると推定された。

表1 PC板から発生したガス

ガス種類	ガス量 (μL/g)
H ₂ O	348
CO ₂	1.7
アセトン	2.2 × 10 ⁻³
ヘプタン	2.1 × 10 ⁻²

n=3の平均値

3.2 水分放出量と発泡の関係

3.2.1 実験方法

アウトガスの主成分である水分の放出量と発泡の関係を調べるために、PCの加熱処理、及び恒温室での放置時間と水分放出量の関係を測定した。まず、23°C/50%の恒温室に長期保管したPC板を85°Cの送風乾燥機で48時間乾燥し、水分を除去した。その後、再び恒温室に0時間（乾燥直後）、2、6、20、27時間静置した。これらのPC板を使用し、3.1.1と同様の手順で発泡試験を行い、3.1.1と同様の手順で水分の放出量を分析した。

3.2.2 水分放出量と発泡の関係

加熱処理及び、恒温室での放置時間と水分放出量の関係を図5、及び発泡試験後の試験片の外観を図6に示した。PC板に対し予め85°C、48時間の加熱処理を行うことで図5に示すように水分放出量は大幅に低減され（348 μL/g → 65 μL/g）、それに伴い発泡もほとんど見られなくなった（図6 a→b）。また、図5に示すように放置時間が長くなるにつれ、水分放出量は増加し、20時間で加熱処理前と同じ水分放出量に戻った。水分放出量の増加に伴い、より多く発泡が生じており（図6 b→f）、水分放出量と発泡が相関した。これらの結果から、発泡の主な原因はPC板から放出される水分であることがわかった。

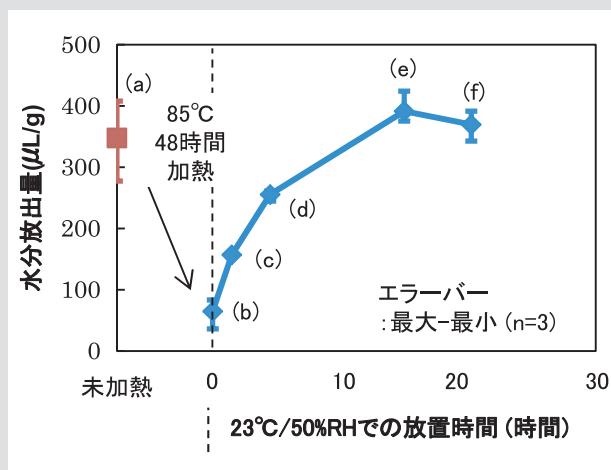


図5 加熱処理、及び23°C/50%RHの恒温室に放置したPC板の水分放出量

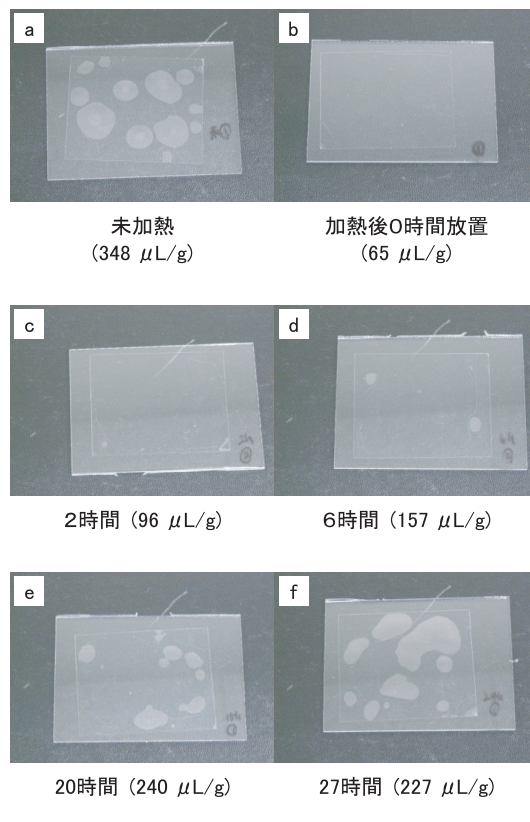


図6 発泡試験後の試験片外観（カッコ内水分放出量）

4 発泡を抑制するタッキファイヤー

以上の結果から、発泡は、被着体から発生した水蒸気の圧力によって粘着力の弱い面が剥離するというメカニズムであると考えられた。また、加熱によってPC板から水分を除去したとしても、約1日の放置で大気中の水分が再吸収され、加熱前と同じ水分放出量に戻ってしまうことが分かった。

我々はTFの添加により湿熱負荷時の粘着力を高めることで、発泡を抑制することを試みた。図7に当社で合成したTFを添加した粘着剤の試験片外観を示した。特定のTFを添加することで、85°Cにおける剥離強度を大幅に向上させ、写真のようにPC及びPMMA板を貼合した場合の発泡を大幅に抑制することができた。

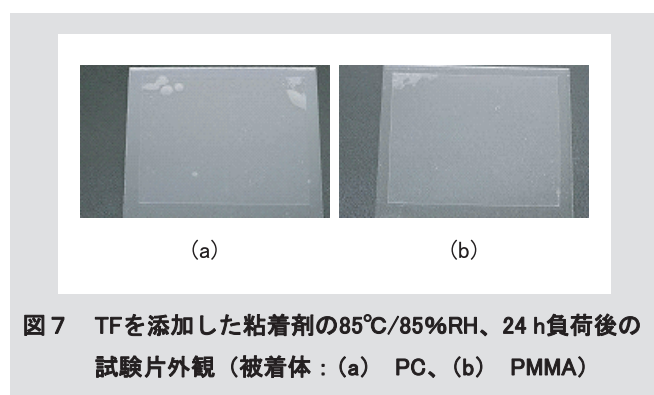


図7 TFを添加した粘着剤の85°C/85%RH、24 h負荷後の試験片外観（被着体：(a) PC、(b) PMMA）

5 まとめ

タッチパネルのカバーパネルをプラスチック化した場合に加熱、湿熱負荷時に発泡が起こることが問題となっている。我々はこのメカニズムを、発泡現象の観察、加熱によるPC板からのアウトガスの分析、及びアウトガス量と発泡の関係から発泡機構の解明を試みた。

その結果、PC板から発生する水蒸気の量と発泡性に相関がみられ、PC板から発生したガスの圧力によって粘着力の弱い面が剥離するというメカニズムであることがわかった。

引用文献

- 1) 越石健司，“タッチパネル 技術開発・市場・アプリケーションの動向”，オーム社（2012）pp.102～103.
- 2) 日本粘着テープ工業会編，“粘着ハンドブック第3版”，（2005）pp.54～65.
- 3) 木村次雄，犬飼宏，柏森聡，河合道弘，“東亜合成研究年報，6，32，（2003）.
- 4) 森穂高，中村賢一，“第51回日本接着学会年次大会講演要旨集”，pp.47～48.