

●高耐久性接着剤の特性

四日市研究所 機能高分子G 竹本 有光
 四日市研究所 企画開発G 新美 佳治
 四日市研究所 機能高分子G 森 勝朗

1. はじめに

太陽電池はクリーンエネルギーの1つとして注目を集めているが、更なる普及には発電効率の向上だけでなく、信頼性向上や長寿命化が重要と考えられている¹⁾。

広く普及している結晶シリコン系太陽電池モジュールは、**図1**のように結晶シリコンセルを樹脂封止し、表面をガラス、裏面をバックシートで挟んだ構造が一般的である。バックシートは、太陽電池セルを保護する役割を担い、信頼性や寿命を左右する重要な部材の1つである。

バックシートには、電気絶縁性、防湿性、耐候性が要求され、これら多岐にわたる要求を満たすため、PETフィルムやフッ素系フィルム等を貼り合せた様々な層構成が提案されており、各フィルムの貼り合せには接着剤が用いられている(**図2**)²⁾。バックシートは、20年以上の耐久性が必要とされ、汎用の接着剤を用いてバックシートを貼り合せると経時で接着強度が低下するという問題があり^{3) 4)}、高度な耐久性を有する接着剤が切望されている。

2. 高耐久性に向けたアプローチ

[1] 従来技術

バックシートの各フィルムの貼り合せには、一般的にエステル系ウレタン接着剤が用いられてきた⁵⁾。エステル系ウレタン接着剤は、主鎖中のエステル結合により基材との高い接着性が発現する一方で、高温・高湿下で加水分解が生じ、接着性が低下するといった課題があり、高温・高湿下でも安定な高耐久性接着剤が必要とされていた。

[2] 当社のアプローチ

エステル系ウレタン接着剤はポリマーの主鎖中のエステル結合が高温・高湿下において、加水分解することにより、接着強度の低下を招くと考えられている。

そこで我々は、主鎖に安定な骨格を有し、側鎖に接着性に優れた極性基を有する極性ポリオレフィンを

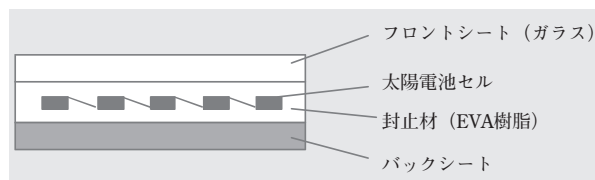


図1 太陽電池モジュールの代表的構成

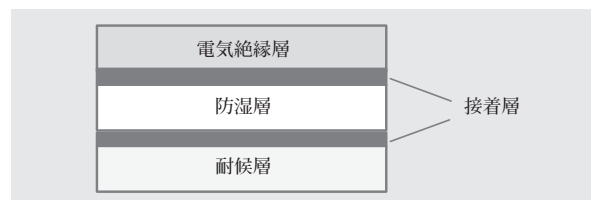


図2 バックシートの代表的構成

ベースとすることにより、高温・高湿下でも安定な耐久性を有し、各種基材との接着性に優れた高耐久性接着剤を開発した(**図3**)。加えて、従来の接着剤はオリゴマーをベースとしたものが主流であるが、本接着剤は高耐久性に優れた高分子量のポリマーをベースとし、ベースポリマー、硬化剤及び触媒の配合を最適化することにより、常温エージング性とポットライフを両立させることに成功した。

3. 高耐久性接着剤の特性

[1] 性状

高耐久性を有する新規接着剤の性状を表1に示す。新規接着剤は主剤と硬化剤からなる2液型接着剤であり、主剤は、トルエンを溶媒とした透明液体である。また、新規接着剤は、一般的な2液型接着剤と同様にドライラミネーション加工が可能である。

表1 新規接着剤の性状

	主剤	硬化剤
溶剤	トルエン	—
外観	透明液体	淡黄色液体
固形分 [wt%]	15	100
粘度 [mPa・s, 25℃]	約 50	約 2,000

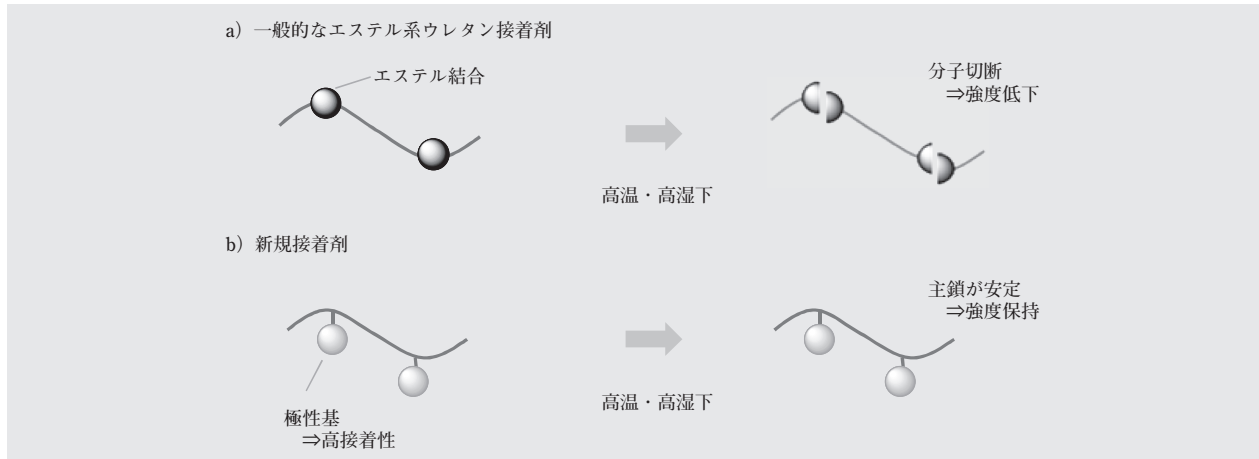


図3 高耐久化に向けたアプローチ

[2] 接着性

新規接着剤のPETフィルム及びアルミニウムシートに対する接着強度を測定した結果を表2にまとめた。PETフィルムには、太陽電池バックシートに用いられている高い耐久性を有するPETフィルム（高耐久PETフィルム）を使用し、アルミニウムシートには汎用のシートを使用した。

新規接着剤は、耐久PETフィルム及びアルミニウムシートの両方に対して高い接着性を示し、一般的なエステル系ウレタン接着剤よりも高い接着強度を示した。

[3] 耐久性

(1) ダンプヒート試験 (DHT)

太陽電池モジュールの耐久性は、様々な方法により試験され⁶⁾、国際規格 (IEC) や日本工業規格 (JIS) で規格化されている^{7) 8)}。耐久性試験の1つにダンプヒート試験 (DHT, Damp Heat Test) があり、通常85°C、85%RH、1000時間の条件で促進試験が行われる。

表2 各接着剤の接着性

接着剤	接着強度 [N / 25mm]	
	PET フィルム	アルミニウム シート
新規接着剤	16	30
エステル系ウレタン接着剤	7	16

剥離方法：T型剥離 (PETフィルム)
180° 剥離 (アルミニウムシート)
剥離速度：100mm/min

新規接着剤及び一般的なエステル系ウレタン接着剤を用いてPETフィルム及びアルミニウムシートを貼り合せ、貼り合せたサンプルのDHTを行い、4,000時間後までの接着強度を評価した (図4)。

一般的なエステル系ウレタン接着剤は、試験開始500時間で接着強度が低下し、試験片表面にべたつき成分が析出し、接着剤の加水分解の進行が示唆された。一方、新規接着剤は試験開始4,000時間後でも高い接着強度を保持しており、試験片の外観変化もなく耐久性に優れた。

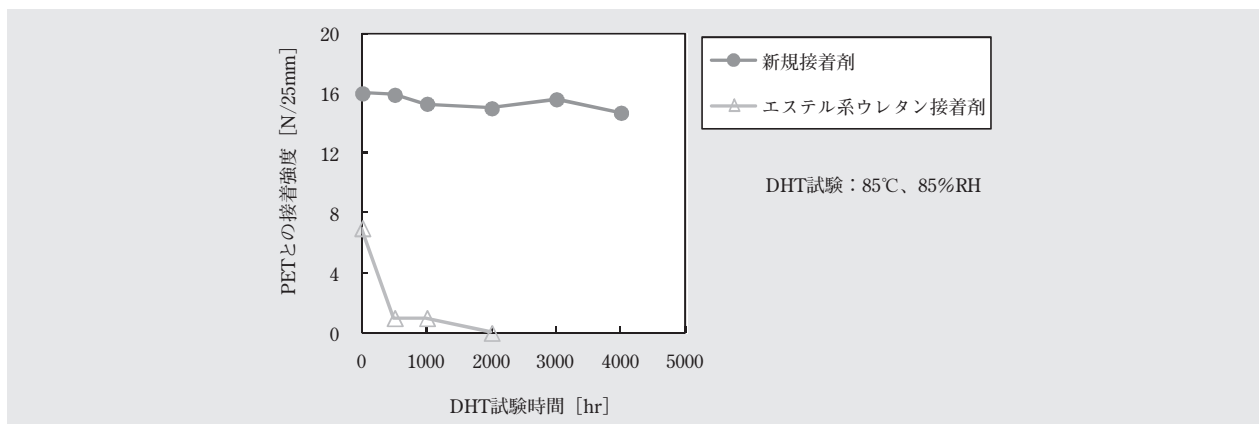


図4 PETフィルムに対する接着強度とDHT試験時間の関係

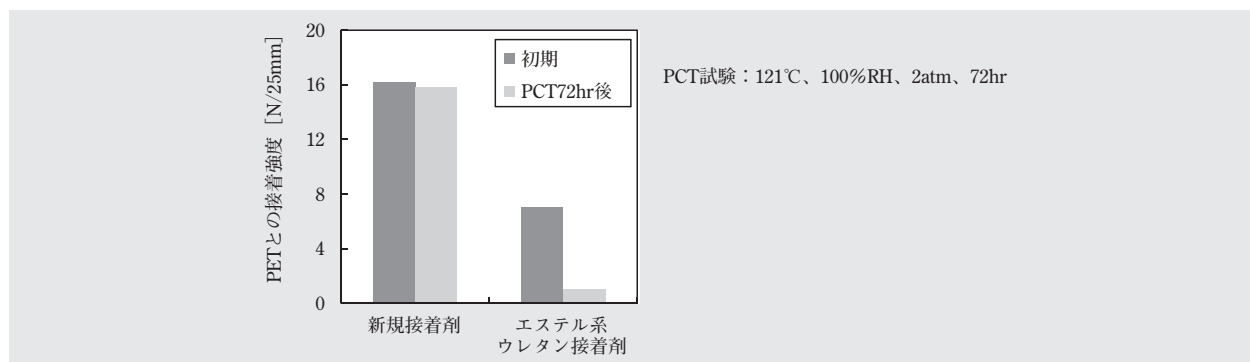


図5 PCT試験前後でのPETフィルムに対する接着性

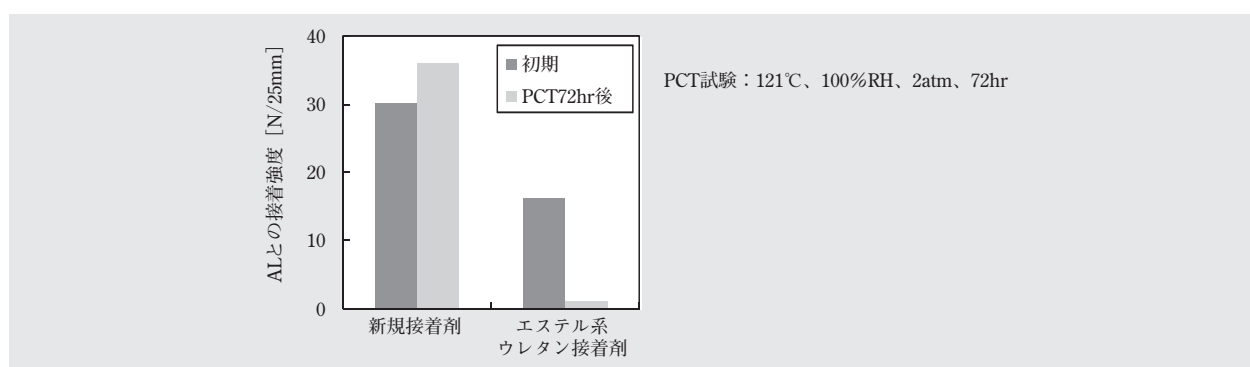


図6 PCT試験前後でのアルミニウムシートに対する接着性

(2) プレッシャークッカー試験 (PCT)

接着剤の耐久性を更に評価するため、一般に半導体封止樹脂の耐久性評価に用いられる促進試験であるプレッシャークッカー試験 (PCT, Pressure Cooker Test) により、121°C、100%RH、72 時間での促進試験を行った。

新規接着剤及び一般的なエステル系ウレタン接着剤を用いて PET フィルム及びアルミニウムシートを貼り合せ、貼り合せたサンプルの PCT 前後の接着強度を測定した (図 5、6)。一般的なエステル系ウレタン接着剤は、PCT 後に著しく接着強度が低下したのに対し、新規接着剤は、PCT 後でも高い接着強度を保持しており、接着強度の変化はほとんどなく耐久性に優れた。

接着剤の耐久性を評価するため、接着剤のゲル分率を測定した結果、新規接着剤は PCT 後でもゲル分率は変化しなかった。このことより、新規接着剤は耐久試験後でも加水分解による分子切断がなく、架橋構造が保持されていることが強く示唆され、接着強度が保持された要因になっていると考えられる。

[4] エージング特性

新規接着剤は、一般的なエージング温度である 40°C で 4 日以内にエージングを完了させることが可能である。また、新規接着剤は低温エージング性にも優れ、常温でのエージングも可能である。図 7 に新規接着剤を用いて貼り合せたサンプルを、23°C でエージングを行い、硬化剤の残存率の経時変化を評価した結果を示す。FT-IR 測定により硬化剤の残存率を算出した結果、23°C × 4 日で硬化剤はほぼ消費されており、エージングは完了していると考えられる。新規接着剤

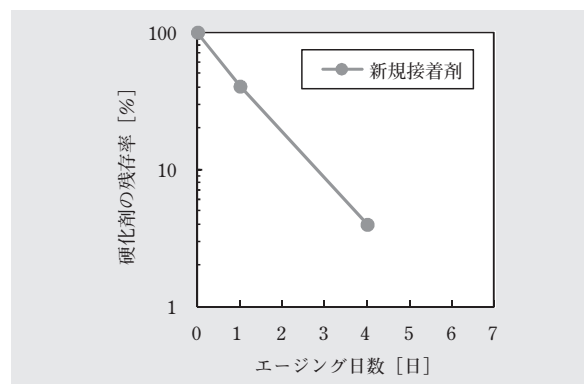


図7 硬化剤の残存率とエージング日数の関係

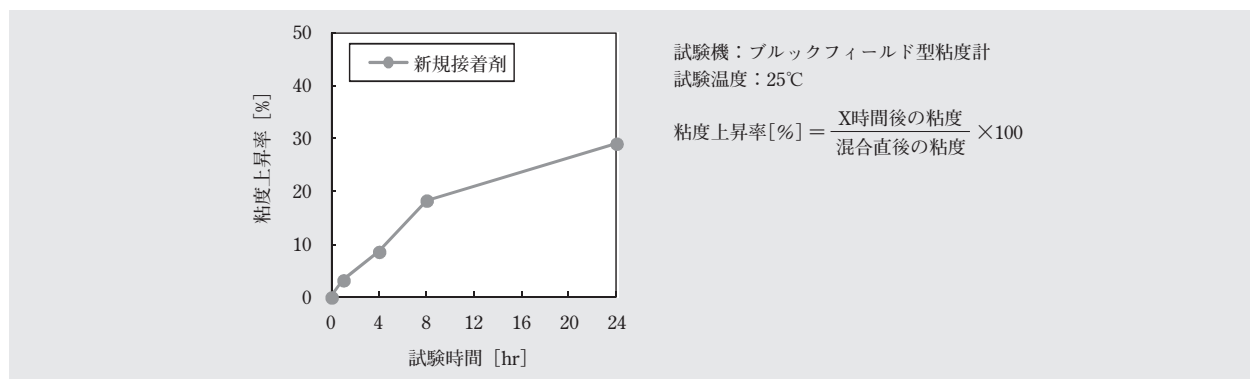


図8 粘度上昇率と試験時間の関係

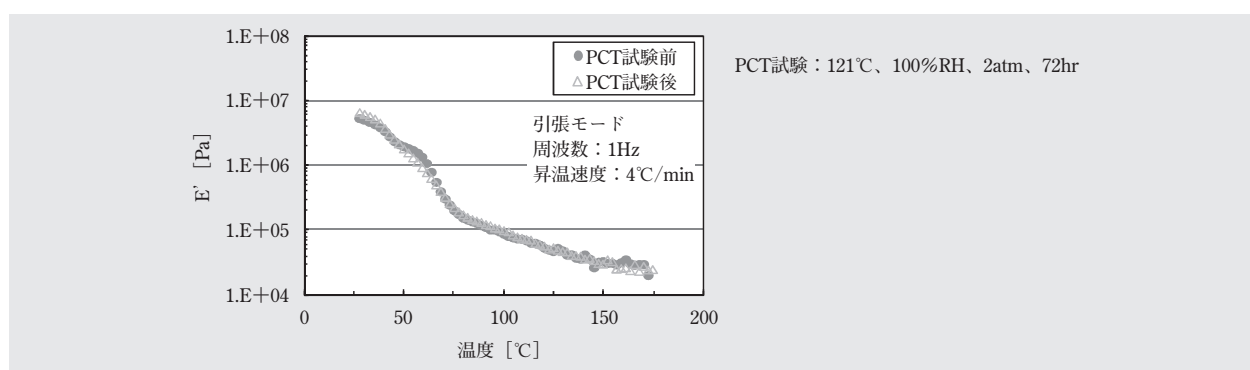


図9 新規接着剤の貯蔵弾性率 (E') の温度依存性

のエイジングは、23℃という温和な条件で短時間に完了することが可能であり、高温エイジングのための設備等が不要で、生産性に優れるという特長を有する。

[5] ポットライフ

新規接着剤のポットライフ（可使時間）を、主剤と硬化剤を混合した後の粘度上昇率をもとに評価した（図8）。新規接着剤は、経時で粘度が上昇する傾向にあるものの、24時間経過後でも、粘度上昇率は30%以下に留まり、ポットライフが長いという特長を有する。新規接着剤は、常温でエイジングが可能でありながら、ポットライフが長いという2つの相反した性能を両立させたハンドリング性に優れた設計となっている。

[6] 耐熱性

通常、バックシートは約150℃の条件下で、EVA封止膜と真空ラミネートしモジュール化されるため、150℃の耐熱性が必要とされる。そのため、動的粘弾性測定により、新規接着剤の弾性率の温度依存性を評

価した（図9）。

新規接着剤は、150℃以上でも流動せず、真空ラミネートによるモジュール化に対応可能な耐熱性を有していた。さらに、PCT前後で弾性率にほとんど変化がなく、PCT後でも架橋構造が保持されていると考えられる。

また、必要に応じて、主剤や硬化剤の配合を変更することにより、用途に見合った弾性率、耐熱温度を選択することも可能である。

4. おわりに

本報で紹介した新規接着剤は、その優れた耐久性が注目され、太陽電池バックシート用接着剤や電子部品用接着剤をはじめとする高度な耐久性の求められる用途への展開が期待されている。

エネルギー分野、電子デバイス分野、航空分野、自動車分野、建材分野等の信頼性が求められる分野では、高耐久性接着剤が求められており、これらの分野への用途展開を図る所存である。

参考文献

- 1) シーエムシー出版、機能材料、**33**、3、58-66
(2013)
- 2) 株式会社東レリサーチセンター、透明封止材、
125-144 (2011)
- 3) 杉本榮一、MATERIAL STAGE、**9**、1、95-100 (2009)
- 4) Namsu Kim, *Conf Rec IEEE Photovoltaic Spec
Conf*, **37**, 5, 3166-3169 (2011)
- 5) 内藤真人、接着の技術、**32**、1、37-42 (2012)
- 6) 川島康司、MATERIAL STAGE、**13**、3、50-53
(2013)
- 7) IEC61215
- 8) JIS C 8917