

## 異種材料接合のための新型プラズマ照射装置の開発（第5報）

— プラズマ照射における接着力向上効果と表面自由エネルギー変化との相関評価 —

機械電子科 井出達樹 高木 誠 稲葉彩乃 真野 毅

Development of new-style plasma irradiation equipment for bonding dissimilar materials  
(5th Report)— Investigation of correlation between the improvement of adhesive strength  
and change of surface free energy for plasma irradiation —

Tatsuki IDE, Makoto TAKAGI, Ayano INABA and Tsuyoshi MANO

Keywords : plasma, adhesive, contact angle, surface free energy, dissimilar materials

キーワード：プラズマ、接着、接触角、表面自由エネルギー、異種材料

## 1 はじめに

現在、導入した新型プラズマ照射装置のプラズマ照射による接着力向上の評価法として、引張せん断試験を用いている。接着力の評価を確実にできる反面、未知材料を用いた際の適切なプラズマ照射条件、適した接着剤を想定することは難しい。そこで、表面自由エネルギーをプラズマ照射効果の評価法として用いることを検討した。表面自由エネルギーと類似するハンセン溶解度パラメータの理論<sup>1-3)</sup>では、物質毎に溶解度パラメータを水素結合、極性、分散の3成分に分類し、成分間距離が近い物質ほど親和性が高いとしている<sup>1)</sup>。この理論を接着性評価に適用し、被着材と接着剤の表面自由エネルギーの成分間距離と接着力に相関性があれば、適切な接着条件が予想できると推察した(図1)。接着条件の予想が可能となれば、引張せん断試験の回数が削減でき、異種材料接合のためのデータベース構築の効率化が期待できる。

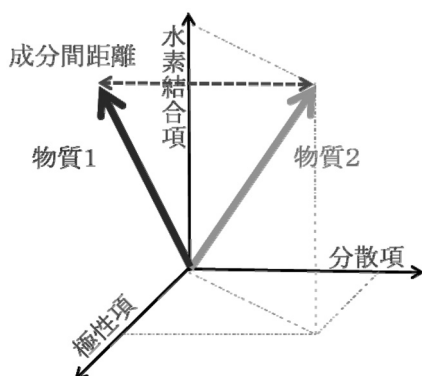


図1 ハンセン溶解度パラメータの模式図

成分間距離が近い物質ほど親和性が高いといわれている<sup>1)</sup>。

## 2 方法

接触角の測定には接触角計（協和界面科学㈱製 PCA-11）を使用した（写真1、2）。ゲル状の接着剤は測定が困難なため、固化後、液体に対する接触角を計測することとし、PP試験片上全体に薄く塗布し、3日間放置して固化させ、はく離したものをを用いた。被着材は、ポリプロピレン（PP）、塩化ビニル（PVC）等、2×25×100mmの引張せん断試験片を用いた。



写真1 接触角計(協和界面科学㈱ PCA-11)

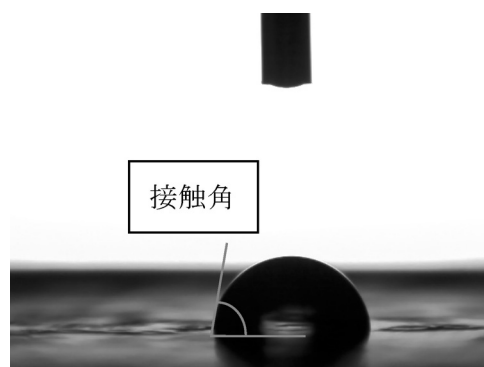


写真2 接触角測定の様子

滴下する液体として水、ジオードメタン、*n*-ヘキサデカンを2.0 μl 用い、各3回ずつ測定し、平均値を求めた。表面自由エネルギーは上記3種類の液体の接触角データを用いて、北崎・畑の理論式<sup>4)</sup>より算出し、表面自由エネルギーを水素結合、誘電、分散の3項に分類した。

### 3 結果と考察

各材料の表面自由エネルギー値を表1に示す。表からは、エネルギー値の近いPP-エポキシ系接着剤の組合せの方が、エネルギー値が離れたPVC-エポキシ系接着剤よりも接着性が高いと予測される。しかし、引張せん断試験では、前者が1.0Mpa、後者が3.1Mpaの重ね合わせせん断接着強さを示し、予測の反対の結果となった。

続いて、プラズマ照射時間による表面自由エネルギーと接着力の変化を確認した(図2)。被着材としてPPを用いた。プラズマ照射時間によって表面自由エネルギー

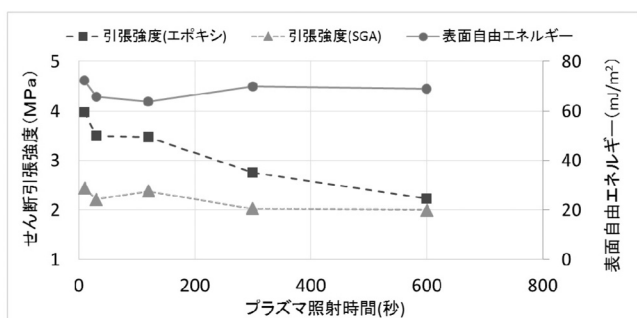


図2 プラズマ照射時間による表面自由エネルギーと接着力の変化

被着剤: PP 接着剤:エポキシ系、第二世代アクリル系(SGA)

プラズマ照射条件

ガス種: N<sub>2</sub> チャンバー内気圧: 40Pa

高周波発振器電圧: 70V 直流印加電圧: -600V

表1 各材料の表面自由エネルギー値

	PP	PVC	エポキシ系 接着剤
表面自由エネルギー (mJ/m <sup>2</sup> )	32.3	69.6	35.5
┆水素結合項 (mJ/m <sup>2</sup> )	0.0	5.1	1.1
┆分散項 (mJ/m <sup>2</sup> )	26.8	27.5	23.4
┆誘電項 (mJ/m <sup>2</sup> )	5.5	37.0	11.0

ギーが大きく変化しない一方、接着力は照射時間が長いほど低下する傾向が見られた。結果として、表面自由エネルギーは接着力と明確な相関性が見られなかった。これにより、引張せん断試験による接着強度確認の重要性が示された。

### 4 まとめ

今回の実験結果からは、表面自由エネルギー、接触角は接着力と明確な相関性が見られず、指標として用いることはできなかった。実際に接着物の重ね合わせせん断接着強さを測定し、異種材料接合のデータベースを構築することが必須である。

### 参考文献

- 1) Charles M. Hansen, Doctoral Thesis "The three solubility parameter and solvent diffusion coefficient: Their importance insurface coating formation", (1967).
- 2) 山本博志 ハンセン溶解度パラメータ (HSP) の基礎と応用 (第1回). 化学工業, 61 (3), 235-239 (2010).
- 3) 豊増孝之 溶解パラメータ (SP値) を用いた材料の耐溶剤性評価. The TRC News, No.120 (2015)
- 4) 北崎寧昭 他: Forkes式の拡張と高分子固体の表面張力の評価. 日本接着協会誌, 8 (3), 131-141 (1972).