

## 低温大気圧ヘリウムプラズマジェットによる物質接着の研究 Improvement of material adhesion using low-temperature helium plasma jet at atmospheric pressure

野中 準也<sup>1,2</sup>, 清水 哲司<sup>1</sup>, 金 載浩<sup>1</sup>, 榊田 創<sup>1,2</sup>  
Junya Nonaka<sup>1,2</sup>, Tetsuji Shimizu<sup>1</sup>, Jaeho Kim<sup>1</sup> and Hajime Sakakita<sup>1,2</sup>

(1)産総研, (2)筑波大学  
(1) AIST, (2) The university of Tsukuba

### 1.背景及び目的

自動車業界では、エネルギーや原材料の高騰を抑えるために、軽量で剛性の高い材料の開発が求められている[1]。この要求を満たすために、異種材料を組み合わせたマルチマテリアルの実用化を目指して、様々な材料の接着技術が開発されている。この材料の高機能化に対して、環境負荷が少なく高速処理が可能な大気圧プラズマを用いた処理が提案されている[2]。しかし、接着性向上のメカニズムは十分に解明されていない。

本研究では、プラズマ処理による親水化の変化を調べるために、ポリエチレンテレフタレート (PET) を例として用いた。PETは、産業界で最も広く使用されているポリマーの一つであるため、今回選択した[3]。

### 2. 実験手法

図1は、プラズマ処理の概略を示したものである。本実験では、低温大気圧ヘリウムプラズマジェットを用いてプラズマ処理を行った[4]。ハンドピースの内部には、高圧電源とプラズマ源が設置されている。今回の実験条件として、ヘリウムガス流量を2 l/min、印加電圧を3.3 kV (実効値)、電源周波数を62 kHzとした時、消費電力は約1.0 Wであった。

厚さ2 mmのPETシートを15 mm×15 mmの大きさにカットし、プラズマ処理前に、エタノールと超音波槽で試料を洗浄した。試料は、ハンドピースのノズル出口から10 mm離れたところに置いた。プラズマ処理時間は1~60秒とした。

サンプルの親水性は、純水を用いた接触角の測定により評価した[5]。3.5  $\mu$ lの液滴を試料上に垂らし、液滴の接触角を測定した。プラズマ処理前の接触角は、79.4度であった。プラズマ処理時の室温は25  $^{\circ}$ C、相対湿度は58 %であった。

### 3.実験結果

最初に、プラズマ処理時間を変化させた時の各接触角を測定した。結果として、プラズマ処理時間1秒でも接触角が79度から44度に減少した。処理時間が長くなると接触角がより減少し、プラズマ処理時間60秒では接触角が36度まで減少した。

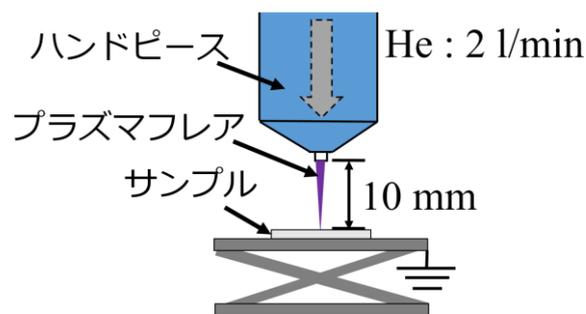


図1. プラズマ処理の概略図。

次に、プラズマ処理点付近の接触角分布を測定した。PETサンプルの中心部に対して対角線上に4 mm離れた位置にプラズマを照射し、処理点から4~5 mm毎に接触角を測定した。その結果、プラズマ処理点から5 mm離れた場所では、プラズマ処理を1秒間行っても、0 mm (照射部) の場合とほぼ同じ接触角になることが確認された。これは、5 mmでは接触角を低下させる原因となるラジカルが十分に供給されていることを意味していると考えられる。また、プラズマ処理点から10 mm、14 mmと離れた場所では、プラズマ処理時間が長い場合に接触角が小さくなったため、10 mm以上の距離ではラジカルが十分に供給されていないことを意味する。この結果は、比較的寿命の長いラジカルが接触角の減少に関与していることを示唆している。

今後、表面状態の組成計測などを行う予定である。

### 参考文献

- [1] Meschut G, Janzen V, Olfemann T, J. Mater. Eng. Perform. **23**, 1515-23 (2014).
- [2] Masaaki O, J. IEST. **44**, 101-105 (2020) in Japanese.
- [3] Norihiro I, Kazuo N, Norio T, Kohji M, J. Polym. Sci. B Polym. Phys. **42**, 3727-3740 (2004).
- [4] Yamada H, Sakakita H, Susumu K, Kim J, Satoru K, Masanori F, Hiromoto I, Toshiya O, Sanae I, Hayao N, J. Phys. D: Appl. Phys. **49**, 394001 (2016).
- [5] Lopes B B, Ayres A P A, Lopes L B, Negreiros W M, Giannini M, Appl. Adhes. Sci. **2**, 17 (2014).