

ノ ー ト

コロナ放電処理による低密度ポリエチレンの 帯電特性の変化と湿度依存性

阿部 将和*¹, 小野田 祐介*, 村田 雄司*

(2001年2月15日受付, 2001年3月15日受理)

Change in Charging Characteristics of Low Density Polyethylene by Corona Treatments and its Dependence on Humidity

Masakazu ABE,*¹ Yusuke ONODA,* and Yuji MURATA*

(Received February 15, 2001; Accepted March 15, 2001)

The effect of corona-treatment on charging characteristics of low density polyethylene is highly affected by relative humidity of ambient air during the treatment. When the corona power is constant, charge density on the sample surface obtained by contact and friction with copper beads was $-4.726 \mu\text{C}/\text{m}^2$ for sample treated at 90% RH, which is 11 times as large as that at 10%RH. The ratio of the number of oxygen to carbon atoms on the treated sample surface did not depend on relative humidity during the treatment. The dependence of characteristic change on relative humidity mentioned above is considered to be due to the change in corona voltage necessary to maintain discharge power to be constant.

1. はじめに

これまでに、プラズマ処理を行うと高分子材料の帯電特性が劇的に変化することがわかっている¹⁾。コロナ放電で処理しても、プラズマ処理に比べて少ないが、かなりの帯電特性の変化を認めることができる²⁾。

コロナ放電処理は大気中で行える利点があるが、このために処理特性が大気の湿度によって受ける影響を調べておかなければならない。本研究ではポリエチレンフィルムを用い、処理電力量を一定にした場合、湿度の変化で処理効果がどのように変化するかを調べその原因を考察した。

2. 実験方法

2.1 コロナ処理装置

本研究に用いた処理装置の概略を図1に示す。この装置の処理部は恒温恒湿槽内に設置され、コロナ放電電極、50Hz交流高圧電源、電流・電圧測定装置からなる。コロナ放電電極は高圧側にはステンレスワイヤー（直径 $40 \mu\text{m}$ ）を間隔 6mm で格子状に張り、接地側としてアルミ平板電極（ $140\text{mm} \times 140\text{mm}$ ）をワイヤーから 15mm 離して設置してある。

キーワード：コロナ放電処理, 帯電特性, LDPE, 湿度依存性
*東京理科大学理工学部 (278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

Faculty of Science and Technology, Science University of Tokyo,
Yamazaki 2641, Noda Chiba, Japan

lj7300601@ed.noda.sut.ac.jp

試料としてはフィルム状の試料 (LDPE: 三菱化学工業 (株), 厚さ $33 \mu\text{m}$) をアルミ平板電極と同一の寸法に切り用いた。

処理は試料を平板電極上に固定し、処理雰囲気湿度を設定した後に、高圧側ステンレスワイヤーに交流電圧を印加して行う。本実験では処理電力量を $200\text{kJ}/\text{m}^2$ 一定とした。

2.2 帯電特性測定方法

本実験では帯電特性の測定に、カスケード法^{3,4)}を応用した装置を用いた。試料を真空装置内に置き、乾燥空気に置換した後に、試料表面に銅ビーズ（平均粒径 $450 \mu\text{m}$ ） 10g を滑落させ、接触摩擦帯電させる。これによって発生した試料表面の帯電電位を測定し帯電量を求め、銅ビーズが試料表面を滑落した部分の面積で除し、帯電電荷密度 [$\mu\text{C}/\text{m}^2$] を求めた。

3. 実験結果及び考察

3.1 帯電特性の変化

試料フィルムに対してコロナ放電処理を行い、処理大気中の湿度の違いにより、帯電電荷密度がどのように変化してきたかを調べた。結果を図2に示す。接触摩擦帯電による帯電電荷密度は未処理時の試料 ($-0.238 \mu\text{C}/\text{m}^2$) に比べ、湿度 10% の時は約 1.8 倍、湿度 90% の時は約 20 倍までに増加しており、処理電力量一定にもかかわらず、湿度の増加と共に帯電電荷密度が大きく増加している。

過去の研究において乾燥空気中でのコロナ放電処理における低密度ポリエチレンの帯電特性の変化は、処理電力量によ

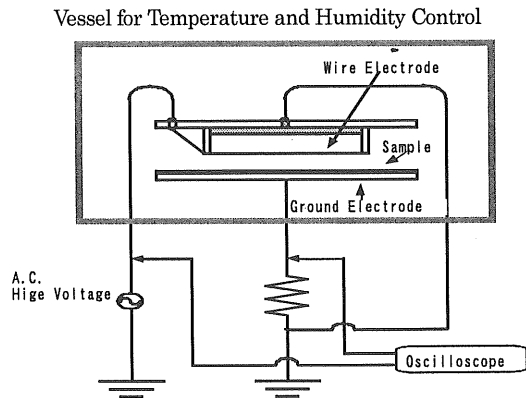


図1 コロナ放電処理装置

Fig.1 Corona treatment system.

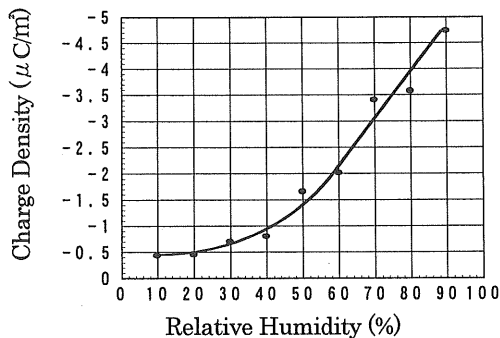


図2 処理大気中の相対湿度と電荷密度の関係

Fig.2 Relation between relative humidity and charge density.

って決まることがわかっている²⁾。処理電力量一定でなぜ湿度の違いにより帯電電荷密度が変化したかを調べるために、処理大気中の湿度変化に伴い、処理電力量を一定量にするために必要な印加電圧を調べた。結果を図3に示す。この結果より、必要な印加電圧は湿度が10%の時は約6.1kVだったのに対して90%の時は約8.0kVとなり、湿度の増加と共に印加電圧が高くなり、湿度90%時には10%時の約1.3倍の印加電圧を必要とすることがわかる。

これら二つの結果より、印加電圧の違いによる帯電電荷密度の変化を求めた。結果を図4に示す。この結果より、湿度が高くなるにつれ必要な印加電圧も高くなり、印加電圧の上昇と共に帯電電荷密度も高くなっていることがわかった。この原因の一つには、電圧が高くなると電極間の荷電粒子の動きが速くなり、試料表面への荷電粒子の及ぼす影響が大きくなったためと考えられる。

3.2 ESCA による分析結果

試料をコロナ放電処理した後、ESCAにより表面分析し、試料表面の炭素に対する酸素の割合 (O/C [%]) を求めた。この結果、O/C [%] は、未処理時にはほとんど0%であったものが、処理後は処理大気中の相対湿度が10%の時6.71%、50%の時7.12%、90%の時は6.57%であった。

3.3 帯電特性変化の機構

高湿度で接触摩擦帯電量が増加する原因として、表面分析の結果からは窒素についての測定データはないが、組成の変

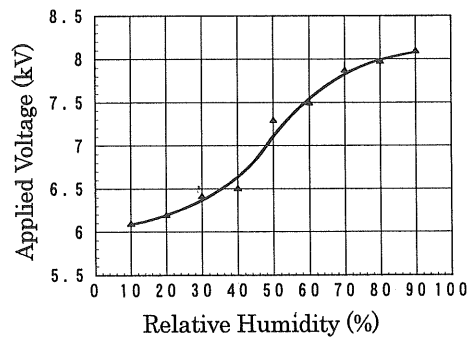


図3 相対湿度の違いによる印加電圧の変化

Fig.3 Relation between relative humidity and applied voltage.

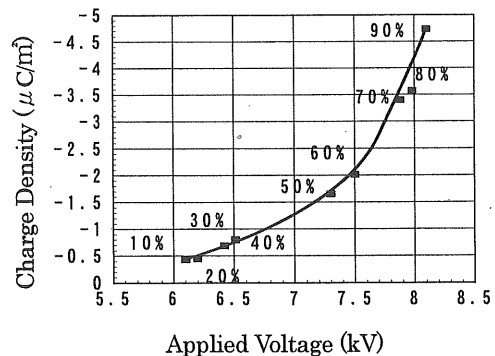


図4 印加電圧と電荷密度特性

Fig.4 Change density as a function of applied voltage. Corona power:200kJ/m²

化は考えにくい。高湿度になると、一定印加電圧ではコロナ電流が減少するため⁵⁾、同一のコロナ電力を維持するためには印加電圧を上昇させなければならない。この結果、処理されるサンプル表面に衝突するイオンの運動エネルギーが増加することになり、これが帯電特性が変化した原因と考えられるのではないかと。イオンの運動エネルギーの増加が試料表面にどんな変化を起こすかは、現段階では明確ではない。表面の励起や表面に与えるダメージなどが原因である可能性もある。

4. まとめ

低密度ポリエチレンを用いた実験では、大気中のコロナ放電処理で放電電力を一定にした場合、処理による帯電特性の変化は湿度が高くなるほど大きくなる。この現象は、湿度上昇に伴う必要な印加電圧の増加と関係があるものと考えられる。

参考文献

- 1) H.Takeda and Y.Murata : Jpn.J.Appl.Phys., 35 (1996) 4791
- 2) 江原史和, 村田雄司 : 静電気学会誌, 23 (1999) 33
- 3) H.W.Gibson : J.Am.Chem.Soc., 97 (1975) 3832
- 4) 小口寿彦 : 静電気学会誌, 15 (1991) 349
- 5) 本多侃士 : 気体放電現象, p.95, 東京電機大学出版局 (1964)