

小論文

払子コロナ発生点の顕微鏡観察

大倉 昇*, 綱島 功典*, 吉沢 達夫*

(1989年10月14日受理)

Observation of the Points of Streamer Corona Generation
by the Microscopes

N. OHKURA*, K. TUNASHIMA* and T. YOSHIZAWA*

(Received October 14, 1989)

This paper summarizes the results of a research involving observation of the points of streamer corona generation on a carbon-treated tungsten wire which is used in a charging unit of an electrostatic copying machine. The authors made an optical-microscopic observation of the points on the wire when the streamer corona was generated, and found that the points appeared to be many white spots. Through a SEM observation the white spots looked like the craters with a diameter between 1 and 2 μm from which lava was bursting out to the surround area.

1. まえがき

電子写真用帶電器は、コロナ放電現象を利用して感光体表面に電荷をできるだけ均一に与える機能をもっている。しかし、一般にワイヤ方向のコロナ放電電流分布のばらつきは、初期には数%以下と比較的秀れた均一性をもつにもかかわらず、10万枚以上のコピー後は20~50%の値を示す。これは、コロナワイヤ表面への白色生成物の付着、表面の劣化などによるものであり、コロナワイヤ特性として長期安定性の面からみるとまだ問題が残されている。特に、この白色付着物はワイヤ表面をアルコール等でクリーニングすることによって簡単に除去し再使用できるが、一方、払子コロナは、これの発生によってコロナワイヤの寿命と言われている¹⁻³⁾。

そこで、今回我々は、特に正帯電器でしばしば発生する払子コロナについて、発生点の光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡による観察を行い、さらにその発生原因の考察を行ったので報告する。

2. 実験方法および結果

2.1 実験方法

2.1.1 コロナワイヤ材料

用いたコロナワイヤは、市販のカーボン処理タングステンワイヤと呼ばれるもので、タングステン焼結体を還

キーワード：電子写真、帶電、放電、放電細線

* 株式会社リコー (143 東京都大田区中馬込 1-3-6)
Ricoh Co. Ltd., 3-6, Naka-magome 1-chome, Ohta-ku, Tokyo, 143 Japan

元霧囲気で所定の太さにまで次第に線引されたのち、最終的には表面層が高温で酸化処理されている。ワイヤの外径は $89 \mu\text{m}\phi$ 、表面酸化層は WO_x で、酸化層の厚みは重量比にして 1~2 wt.% である。なお、表面酸化層が主として WO_3 から成ると仮定すると 1 wt.% は約 $0.6 \mu\text{m}$ に相当するが、これは酸化の状態によって変わることが知られている。

2.1.2 扉子コロナの発生

上記コロナワイヤをリコー乾式複写機 FT-6080 用コロトロン型帶電器に取り付け、払子コロナが発生したワイヤを顕微鏡で観察した。観察時は付着物を除くために表面をアルコールでクリーニングした。この機械のコロナ放電条件は、定格電圧： $+7.3 \text{kV}$ 、定格電流： $+2 \mu\text{A}/\text{mm}$ であり、ケーシング電極(陰極)およびセレン感光体との間隔はいずれも 10 mm である。

2.1.3 観察霧囲気

上記のように、払子コロナの発生は普通の事務所の中で使用された実機の中である。しかし、一度発生した払子コロナは、一般に低温・低湿環境の方が再発生させやすいため以下の測定は、 10°C 、 $10 \text{RH}\%$ の霧囲気の中で行った。

2.2 実験結果

2.2.1 光学顕微鏡観察

払子コロナの発生状況を観察するために、光学顕微鏡は特に倒立型金属顕微鏡(オリンパス製 PMG-3)を用いた。図 1 および図 2 にコロナワイヤの表面写真と払子コロナの発光写真を、それぞれ対応させて示した。この

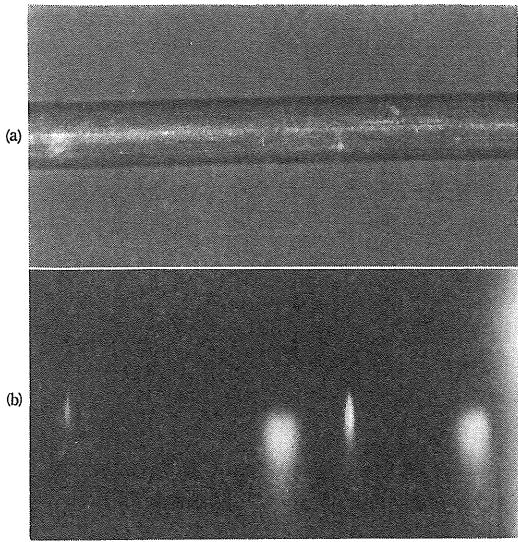


図1 タングステンワイヤの光学顕微鏡写真 点A(×180)

(a) ワイヤ表面, (b) 払子コロナの発光

Fig. 1 Optical-microscopic photographies of the point of streamer corona generation on a tungsten wire, points' A ($\times 180$)
 (a) wire surface, (b) streamer corona

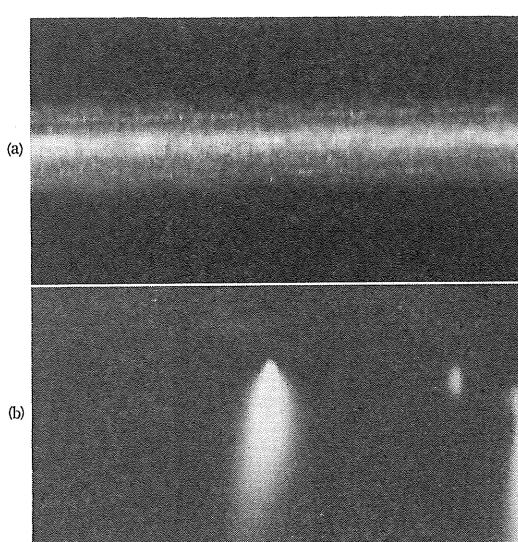


図2 タングステンワイヤの光学顕微鏡写真 点B(×320)

(a) ワイヤ表面(電圧印加のためわずかに振動),
 (b) 払子コロナの発光

Fig. 2 Optical-microscopic photographies of the point of streamer corona generation on a tungsten wire, points' B ($\times 320$)
 (a) wire surface, (b) streamer corona

図からは分かりにくいか、ワイヤ表面近傍の膜状として映する程度のコロナ放電ではなく、対向電極側へ払子状に伸びていることから明らかに払子コロナと見てよい。

さて、この図からいざれもワイヤ表面の小さな白点状部分からケーシング(陰極)側に向かってロケットの噴射状に光っているのが分かる。これらの状況は、発光が紫外線のために写真では暗く見え、また図2(a)はコロナ電圧印加状態の写真のためワイヤの振動があり多少見にくいか、光学顕微鏡を通して観察しているとはっきりと見られる。さらに、払子コロナは常に同一の点で光っているのではなく、高電圧印加の度に近くの類似の白点間を移動していることも分かった。なお、図1(b)でプロードに見える放電の光はワイヤの裏側からのものである。

2.2.2 走査型電子顕微鏡観察

光学顕微鏡で確認した払子コロナ発生点を走査型電子顕微鏡(日本電子製 JFC-35 型、以下 SEM)で観察した結果、いざれも図3および図4に示したように $1\sim2\mu\text{m}\phi$ の小さなクレータ状になっていることが分かった。また、このクレータは噴火口から熔岩が噴出した跡のように見えるとともに、クレータによっては小さなクラックが発生していることが特に図3から分かる。

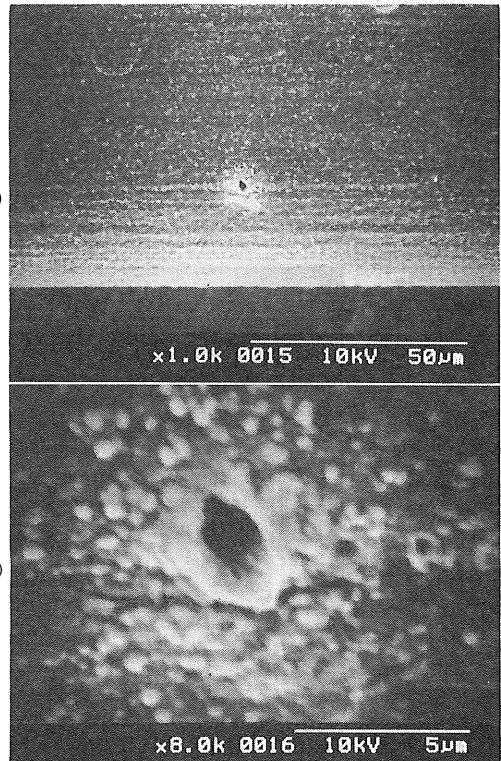


図3 払子コロナ発生点のSEM写真 点A

(a) $\times 1000$, (b) $\times 8000$

Fig. 3 SEM-photographies of the point of streamer corona generation, point A.
 (a) $\times 1000$, (b) $\times 8000$

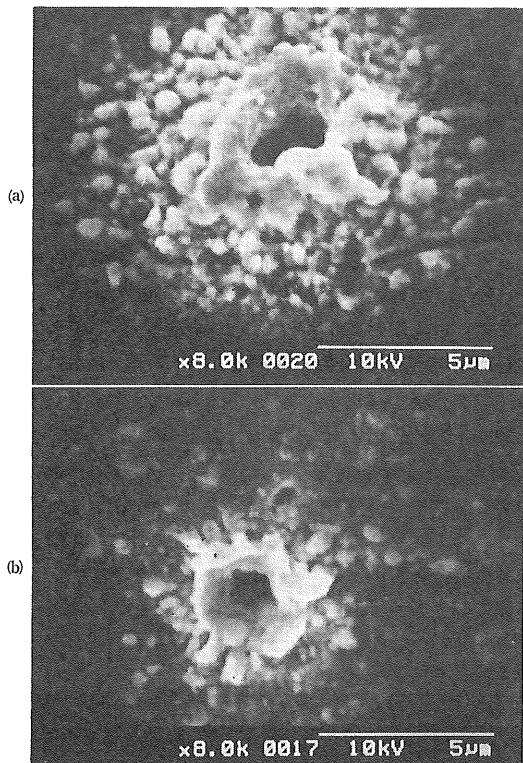


図4 扱子コロナ発生点のSEM写真

(a) 点B, (b) 点C

Fig. 4 SEM-photographies of the points of streamer corona generation.

(a) point B ($\times 8000$), (b) point C ($\times 8000$)

2.2.3 EPMAによるクレータ部分の成分分析

クレータ部分を電子線マイクロアナライザ（本体は日本電子製 SEM を利用、以下 EPMA）で成分分析した結果を図5に示した。図5(b)は酸化処理されたタンゲステンワイヤの表面を分析したもので、 WO_x が検出された。しかし、クレータ部は図5(a)に示したように酸素の成分ピークが極めて小さく、ほぼタンゲステンの下地が露出していることが分かった。

3. 考 察

1) 扱子コロナが発生するためには、コロナワイヤ近傍に局所的高電界の発生が必要であることは良く知られている⁴⁾。すなわち、一次電子なだれの成長に伴って発生した正イオン空間電荷による局所的高電界が、扱子コロナの形成条件であるなだれの先端に含まれる電子数が 10^8 個を満たせば、扱子コロナが発生し陰極へ向かって進展する。

今回の我々の実験結果からも、 $1\sim2 \mu m\phi$ の小さなクレータが局所的高電界を作り、明らかに扱子コロナの発生点になっていると見てよい。

2) 次に、タンゲステンワイヤ表面のクレータの生因については、ワイヤ線引工程で潤滑剤として用いられるカーボン粉末の粒径に近いことから、これが原因と考えられる。しかし、扱子コロナは新しいワイヤでは発生せず少なくとも 10~20 万枚近いコピーを行うことによって次第に発生することから、初期状態ではワイヤ表面は

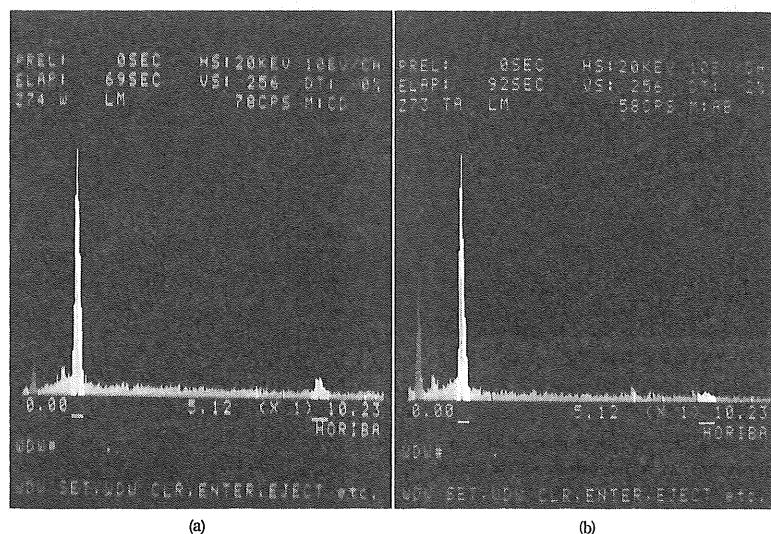


図5 扱子コロナ発生点近傍のEPMA分析

(a) クレータの部分, (b) クレータの周辺部分

Fig. 5 EPMA analysis of the point of streamer corona generation.

(a) crater point, (b) neighbourhood of the crater

欠陥部分も含めて一様に酸化処理されているとみてよい。ところが、コロナ放電を長時間くり返して行くと、当然欠陥部に高電界が集中するために、

- (a) コロナ放電中の電子、負イオン等の衝撃により、表面酸化層である WO_x の分解、蒸発、
 - (b) コロナ放電で発生した原子酸素、オゾン、硝酸などによる化学的侵食、
 - (c) 局部的温度上昇、
- などにより欠陥周辺が徐々に破壊され、ついにはタングステンの下地が露出されるとみてよい⁵⁾。特に、図3および図4の結果をみると、(a)の電子、負イオンの衝撃あるいはその結果として局部的温度上昇による生因を考えやすい。
- 3) 一方、タングステンワイヤ表面には線引工程時のダイスのキズによる比較的大きな欠陥や、時には表面酸化膜の付着力が弱いために酸化膜のはがれなどが見られる。しかし、こうした比較的大きな欠陥は横方向への高電界の広がりのために、いわゆる局所的高電界にならずグローコロナになる。

4) さらに、複写機の中にはトナー定着のためにシリコンオイルが使われており、定着時には約180°Cに加熱される。このため、コロナ放電中にプラズマ酸化反応によって SiO_2 の膜状および針状結晶が付着することは良く知られている²⁾。また、一方でこの SiO_2 の供給源は大気中の粉塵であろうとも言われている⁶⁾。いずれにしろ、こうした生成物の付着により払子コロナの発生が促進されることから、何らかの理由でクレータの発生が早められることは我々のその後の実験でも確かめられている。しかし、詳細なメカニズムについては、今後さらに実験を重ね明確にして行きたい。

参考文献

- 1) 山崎憲明：静電気学会誌，12 (1988) 418
- 2) 梨本恵一：電子写真学会誌，25 (1986) 12
- 3) 小暮雅明：電子写真学会誌，26 (1987) 55
- 4) 細川辰三：電子写真学会誌，27 (1988) 561
- 5) 電気絶縁材料便覧編集委員会編：電気絶縁材料便覧，p. 106, 日刊工業新聞社 (1965)
- 6) 奥山文雄：静電気学会誌，9 (1985) 156