

# コロナ放電下の接地電極表面における金属イオン移動

川田 吉弘<sup>\*,1</sup>, 溝口 朱莉<sup>\*</sup>

(2023年3月2日受付; 2023年3月16日受理)

## Metal Ion Migration on Grounded Electrode Surface under Corona Discharge

Yoshihiro KAWADA<sup>\*,1</sup> and Shuri MIZOGUCHI<sup>\*</sup>

(Received March 2, 2023; Accepted March 16, 2023)

It was researched whether the copper ion of collected particles can be condensed at the plate grounded electrode if an electrolyte was hold on the electrode surface of corona discharge such as an electrostatic precipitator. As results, the positive corona discharge did not change the copper concentration, however the negative corona discharge increased that. These results were considered as follows. The surface being dried by corona discharge and the solution moved up from the inside toward the surface layer of electrode. And then, the copper ion drifted due to electrophoresis.

### 1. はじめに

電気集塵装置はコロナ放電により浮遊粒子を帯電し、接地電極に粒子を捕集する装置である。放電電流は空間を移動後、捕集した粒子の層を通過する。高電気抵抗粒子では捕集した粒子堆積層が電離するバックコロナ現象が生じる。また低電気抵抗粒子では電荷の放出、誘導帯電による逆極性への帯電、集塵率の低下が生じる再飛散現象がある<sup>1)</sup>。

一方、集塵装置において回収する煤煙に、重金属が含まれている可能性がある。つまり地中から採掘した石炭の煤煙だけでなく、木質燃料の燃焼煤にも重金属を含むことがある<sup>2)</sup>。また防腐、防蟻処理した木材のリサイクルにおいて、重金属を含む場合がある<sup>3)</sup>。

煤煙中の重金属のうち水銀については、電気集塵装置に活性炭粉末を吹き込み低減する装置が研究されている<sup>4)</sup>。一方、捕集後の灰から重金属を取り除くためには、薬品に溶かすなど大掛かりな手法が必要となる。灰の再利用を考えると、重金属を取り除く方法があることが望ましい。

本研究は、電気集塵装置におけるコロナ放電を想定している。接地電極表面、すなわち捕集粒子層からコロナ放電電界もしくは放電電流により、重金属を集め、回収できないか検討を行った。ただし通常、接地平板電極に使われるアルミニウムやステンレス製平板であると、電解質の保持や電極の比表面積も限定的であるため、木炭を粉碎、フェノール樹脂と混合し、加圧成型、真空焼成したウッドセラ

ミックスを電極に使用した<sup>5)</sup>。重金属の対象は実験の安全から銅を用いた。捕集粒子層を濾紙で模擬し、それを放電処理、その後の銅残留量を原子吸光分析計で測定した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験方法および実験装置概略

電極構成を図1に示す。ステンレス製ワイヤ(直径0.28 mm)2本を高電圧線電極とし、空気間隙8 mmとした線対平板電極構造である<sup>5)</sup>。濾紙(Whatman クロマトグラフィーペーパー3001-845, 厚さ0.18 mm)を縦60 mm, 横50 mmに切断し、そこに硝酸銅水溶液(関東化学 銅標準液 Cu1000 から蒸留水(林純薬工業)で希釈, 濃度20 mg/l)を5 ml 含ませた。その濾紙を接地電極であるウッドセラミックス(1本平均32.6 gを2本使用)に対し、1 gあたり平均123 mg, 濾紙に含ませた水溶液と同濃度の硝酸銅水溶液を含浸させた。ワイヤ電極には、直流正極性+9 kVもしくは直流負極性-9 kVを印加した。いずれも放電電流0.07~0.08 mAで15分間、コロナ放電で処理した。正極性電圧印加時における放電電流特性を図2に示す。ウッドセラミックス電極に

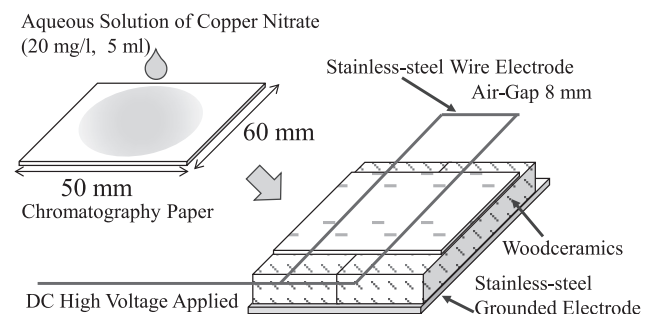


図1 コロナ放電電極の構造  
Fig.1 Electrode structure of corona discharge.

キーワード: 重金属除去, 電気集塵, コロナ放電, 電気泳動

<sup>\*</sup> 職業能力開発総合大学校

(〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1)

Polytechnic University of Japan, 2-32-1, Ogawa-nishimachi, Kodaira-shi, Tokyo, 187-0025, Japan

<sup>1</sup> kawada@uitech.ac.jp

DOI: <https://doi.org/10.34342/iesj.2023.47.3.127>

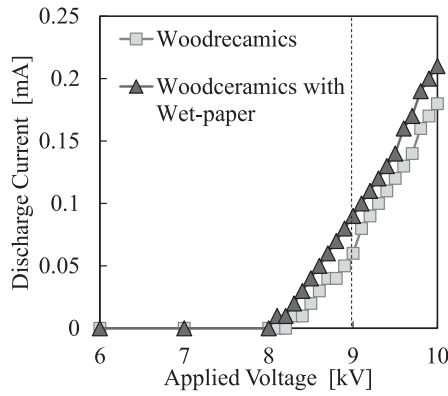


図2 放電電流の印加電圧特性  
Fig.2 Discharge current as a function of applied voltage.

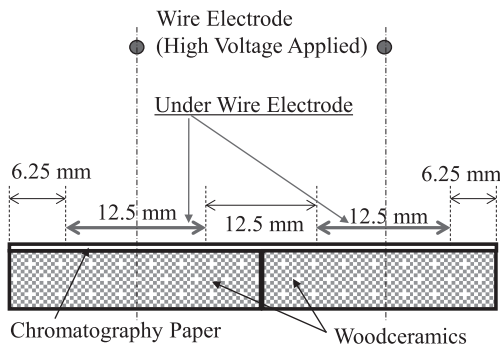


図3 電極上のクロマトグラフィーペーパーの分割  
Fig.3 Chromatography paper separation on the electrode surface after corona discharge treatment.

対し濾紙を配置することで、印加電圧+9 kVにおける放電電流は増加した。一方本実験は室内大気の大気下で実施した。放電処理の経過とともに濾紙の乾燥が進むことも目視にて確認された。実験後は濾紙を取り出し切断した。濾紙の領域について図3に示す。面積が同じようになるよう、ワイヤ直下とそれ以外の部分に濾紙を切り分けた。それぞれの試料を蒸留水 100 ml が入ったビーカーに入れた。

2.2 原子吸光分析計による測定

切り分けた濾紙の入った蒸留水 100 ml に硝酸（関東化学 1.38 JIS-K8541）5 ml を添加し、10分間煮沸した<sup>6)</sup>。その後蒸発した分だけ蒸留水を補い 100 ml とし攪拌後、原子吸光分析計（アナリティックイエナ contrAA-700）で濃度測定を行った。グラフアイトファーンズ法を用い、化学修飾剤は使用しなかった。80-110℃で乾燥後、350-900℃で灰化、2000℃で原子化し、キセノンランプの透過光の吸光度から濃度、そして銅含有量を算出した。試料濃度を高め、濾紙や試薬に含まれる銅の影響を小さくするため、第2波長である 327.396 nm を計測波長に用いた。

3. 実験結果および検討

放電処理後の銅含有量を図4に示す。最初に濾紙に添加

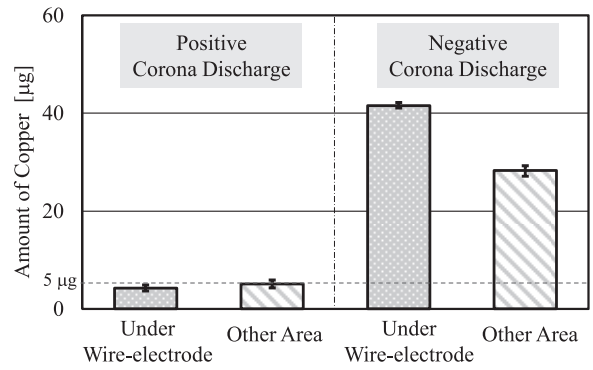


図4 コロナ放電処理後の銅含有量  
Fig.4 Amount of copper in chromatography paper after corona discharge treatment.

した銅の量は、濾紙を同面積になるよう切断していることから 5 µg である。正極性電圧印加時に比べ、負極性電圧印加時の銅残留量は高い値となった。また正極性ではワイヤ直下とそれ以外の部分で銅含有量の大小は実験により異なり、差が小さい。一方負極性電圧印加時は、いずれの実験においてもワイヤ直下に含まれる銅の値が高かった。

上記現象について考察する。コロナ放電により生じたコロナ風で濾紙表面は乾燥する。本実験においてもウッドセラミックスから濾紙に水を吸い上げたと考えられる。一方、銅イオンが陽イオンであることから、電気泳動により正極性電圧印加時は接地電極方向へ、負極性電圧印加時は高電圧電極方向、つまり濾紙表面へ移動したと考えられる。

4. おわりに

コロナ放電において、印加電圧の極性により金属イオンの移動に差が生じた。今後は濾紙表面からの水分蒸発を抑えることで表面への銅イオン移動を減らし、銅イオンが接地電極であるウッドセラミックスへ吸収、蓄積されるかを評価する。電極材に金属イオンを蓄積する、湿式電気集塵装置の開発につなげたい。

参考文献

- 1) 静電気学会編：静電気ハンドブック，オーム社（1980）
- 2) 日本エネルギー学会編：バイオマスハンドブック 第2版，p.89，オーム社（2009）
- 3) 貫上佳則，木本敦子，本田淳裕：防菌・防蟻処理木材からのクロム，銅，およびひ素の抽出処理に関する基礎研究，廃棄物学会論文誌，5 [5]（1994）185
- 4) H. L. Clack：Fast Simulation of Mercury Adsorption within Electrostatic Precipitators, XV International Conference on Electrostatic Precipitation, 36（2018）
- 5) 川田吉弘，清水洋隆，大川正洋，森 茂樹，柿下和彦：ウッドセラミックス集塵電極を用いた電気集塵装置に関する検討。静電気学会誌，42 [4]（2018）180
- 6) JIS K 0102-2016 工場排水試験方法（2016-03-22 改正）