双極コロナ放電を用いた電気集塵装置における粉塵の堆積状態

片谷 篤史*^{,1},村田 光*,細野 洋*,水野 彰** (2012年9月13日受付;2012年12月7日受理)

State of collected-particles in an ESP using bipolar corona discharge

Atsushi KATATANI^{*,1}, Hikaru MURATA^{*}, Hiroshi HOSONO^{*} and Akira MIZUNO^{**} (Received September 13, 2012; Accepted December 7, 2012)

The discharge spikes in the ionizer of the ESP (electrostatic precipitator) with bipolar corona-discharge are arranged not only in the energized-plates but also in the grounded-plates. The discharge from the spikes in the grounded-plates generates ions of opposite polarity to those from the energized-plates. A two-stage ESP with bipolar-corona discharge is composed of the ionizer and a collector to which DC high voltage is applied. In the previous test, this bipolar collection method, using positive and negative discharges simultaneously, has been proved to collect particles satisfactory. In this report, the vestiges formed by the collected-particles on the collector-plates have been discussed being in comparison with the case of an ESP with conventional mono-polar corona discharge.

1. はじめに

2 段式電気集塵装置は帯電部と集塵部から構成され,直流 高電圧がそれぞれに印加される.9 m/s 程度の比較的高風速で 集塵可能なことから,ディーゼル粉塵濃度が高い道路トンネ ルの排気浄化用に広く用いられている¹⁾.著者らは,この電 気集塵装置(ESP)の集塵性能を向上させるために,前段の帯電 部において,正コロナ放電と負コロナ放電を同時に発生させ, 粉塵を正と負の双極に帯電し,後段の集塵部で捕集するとい う双極コロナ放電の2段式 ESP を研究してきた²⁻⁵⁾.図1に その原理を示す.帯電部中の二重丸◎部分は,コロナ放電が 発生する電極のトゲ状の突起先端を表している.帯電部を通 過した粉塵が,双極に帯電され,集塵部の接地極板だけでな く,荷電極板にも粉塵が捕集されるイメージが示されている.

これら研究²⁻⁵⁾では,双極放電において,風上の突起電極から正コロナを発生させ,風下の突起から負コロナを発生させる場合の方が,風上で負コロナ,風下で正コロナを発生させる場合よりも集塵効率が高くなることが報告されている.その理由として,風上で発生した正イオンが風下の負の放電極

キーワード:電気集塵,双極コロナ,直流コロナ,突起

- * パナソニックエコシステムズ株式会社(486-8522 愛知県 春日井市鷹来町字下仲田 4017番)
 Panasonic Ecology Systems Co., Ltd
 4017, Takaki-cho Kasugai-city, Aichi-pref., 486-8522, Japan
- ** 国立大学法人 豊橋技術科学大学 (441-8580 愛知県豊橋 市天伯町雲雀ヶ丘 1-1) Toyohashi University of Technology, 1-1, Hibarigaoka, Tenpaku-ku, Toyohashi-city, Aich-pref., 441-8580, Japan
- ¹ katatani.atsushi@jp.panasonic.com

に衝突し、気体の電離を促進するというγ作用が存在する可 能性が示唆されているが、詳細は不明である.

また研究⁵⁾では,双極放電と単極放電の集塵効率が比較され,ある条件下で,双極放電の方が単極放電よりも集塵効率 が高くなることが報告されている.

しかしながら、これら一連の研究は、ディーゼル粉塵より も低濃度の大気塵を含有する空気に対して行われたもので、 集塵部の荷電極板にも粉塵が捕集されることが確認困難であ り、未確認であった.よって今回、次の点を明らかにするこ とを目的とした.

典型的なトンネル空気濃度である 0.5 mg/m³程度のディー ゼル粉塵空気の通風下で,双極放電 ESP と単極放電 ESP を並 列運転し,各集塵部の接地極板と荷電極板上の粉塵堆積状態 を観測し,比較検討すること.



図1 双極コロナ放電を用いた ESP の原理

Fig. 1 Principle of ESP with bipolar corona discharge.

2. 実験手順

図2は帯電部の極板を示す.(a)は放電用の突起付極板であり,双極放電の場合は,荷電極板及び接地極板として用いる. また,単極放電の場合は,荷電極板として使用する.(b)は突起が無い極板で,単極放電における接地極板として使用する.

図 3 は帯電部の構造を示す. (a)は双極放電の場合であり, (b)は単極放電の場合である. (a)の双極放電の場合,荷電極板 の突起先端は風上を向き,荷電極板には正の直流高電圧が印 加される.また,接地極板の突起先端は風下を向き,接地極 板は接地される.両極板は,突起部分と隣接する極板の平面 部が重なるように交互に平行に配置されている.隣接する極 板間隔(ギャップ)は15 mm であり,突起先端が,隣接する 極板端部から 60 mm 凹むように配置した.(b)の単極放電の場 合は,突起先端が風上を向く荷電極板と突起が無い接地極板 の間に,正の直流高電圧が印加される.その他の配置条件は, 双極放電の帯電部と同じである.

図4は集塵部の構造図である. 突起が無い荷電極板と接地 極板が交互に平行に、ギャップ間隔10mmで配置されている. 帯電部が双極放電の場合でも、単極放電の場合でも、この集 塵部を用いた.(同一の集塵部を用いた.)

図5は実験の系統図であり,表1は実験装置の仕様である. ①ディーゼルエンジンで発生した粉塵を, ③ファンにより通 風し, ③④⑤⑥⑦のダクト系で構成される双極放電 ESP と, ⑩⑪⑫⑬⑭のダクト系で構成される単極放電 ESP の2系統に 導き,同一のガス濃度条件で並列運転できる装置である.(② は粉塵の分岐ノズルを収納した接続ダクトであり, ⑧も接続 ダクトである.)

図 3(a)に示される双極放電の帯電部は、帯電部ダクト④に 収納され、図 3(b)に示される単極放電の帯電部は、帯電部ダ クト⑪に収納されている. ④双極放電の帯電部と⑪単極放電 の帯電部の消費電力が同一の 5.1 W になるように、両帯電部 の印加電圧と放電電流を設定した. ④双極放電の場合では、 dc +9.8 kV で 525 µA、⑪単極放電の場合は、dc +12.1 kV で 425 µA である.

図4に示される集塵部は、図5における集塵部ダクト⑥および⑬に収納されている. 両集塵部の印加電圧は dc +8.0 kV である.

両 ESP 内部の通風速度は 9 m/s であり,両 ESP に流入する 粉塵濃度は 0.5 mg/m³ である. 16 h 連続で両 ESP を並列運転 した.

このように、帯電部以外の両 ESP の仕様・条件は同一であり、違うのは帯電部の放電形態のみである.

双極放電 ESP と単極放電 ESP の各集塵部の電極上(接地極板と荷電極板上)における,粉塵の付着状態を,光学式顕微鏡で観察した.



(a) 双極放電型 (b) 単極放電型

(a)Bipolar discharge type. (b)Mono-polar discharge type. 図 3 帯電部の 2 ケース

Fig. 3 Two cases of ionizers.



図4 集塵部の構造

Fig. 4 Structure of collector.





Fig. 5 Schematic diagram of test equipment.

Items	Details
Diesel engine #1	ISUZU 4BD1-1, 1200 rpm, fuel: diesel oil
Connection	Total length; 4 m (approx.)
duct #2	Accessory; pipe with exhaust-distribution-nozzles
Connection duct	W 121, H 140, L 150 mm (Inside)
(#3,5,7,10,12,14)	Material; ABS resin
Bipolar ionizer	Duct ; W 121, H 120, L 300 mm (Inside)
duct #4	Material; ABS resin
Collector duct	Duct ; W 121, H 120, L 400 mm (Inside)
#6, #13	Material; ABS resin
Mono-polar	Duct ; W 121, H 120, L 300 mm (Inside)
ionizer duct #11	Material; ABS resin
Connection	Total length; 4 m (approx.)
duct #8	Taper shape
Fan #9	Axial flow fan with inverter-control
High voltage	Type-SWEP (Origin Electric)
power supply	Max. output; DC+11 kV, 500 mA
#15	Ripple; from -3 to +3 %
High voltage	Tunnel-ESP power supply (Origin Electric)
power supply	Max. output ; DC $+13$ kV , 150 mA and
#16, #17	Max. output ; DC $+9$ kV , 20 mA
	Ripple; 5 % or less
Microscope	Digital microscope VHX-100F (KEYENCE)
(Optical)	Lens; VH-Z25 (25-175 times)
Meters for	Model 2000 (Dylec, gravimetric with 10 µm cutter)
particle	for interval measurement.
concentration	AP632T (SHIBATA, light scattering)
	for continuous measurement.

表1 実験装置の仕様

Table 1 Specifications of test equipment.

3. 結果と考察

集塵部の極板の観測 3.1

16h連続運転後の,集塵部の各極板について,光学式顕微 鏡(50 倍)で観測した.まず観測結果のまとめ方について, 図6を例に挙げ説明する.

図 6(a)は双極 ESP の集塵部の接地極板の風下端部から 70 mm 風上寄りの中心軸上における顕微鏡写真である.黒色の 粉塵の塊の部分と、それらの間に色が薄く微細粉塵粒子が付 着した部分が見られる. この写真を二値画像化ソフト(Photo Filter) を用い, 白黒二値画像に変換したものが図 6(b)である.

256 階調中の110 階調を閾値とした.この処理を行うことで、 粉塵が多量に付着している黒色部と、そうではない白色部と を見分けやすくすることができる. さらに、この白黒二値画 像において, 粉塵付着部分に対応する黒色部分の面積の全面 積に対する比率を黒色部比率(Black-area-ratio)とし、これを二 値画像解析ソフト(Pixel Counter)により算出した. その結果の 数値が,図 6(b)の表題に示される黒色部比率 28.7% である.



(a)Microscope photo.

(b)Binalized-image (28.7%).

図6 光学式顕微鏡による極板観察の方法

Fig. 6 Method of observing electrode-plates by optical microscope.

図7から図10は、16h運転後の、双極 ESP と単極 ESP 両 集塵部各極板の観測結果である. 双極 ESP の集塵部の接地極 板の観測結果を図7に、荷電極板の観測結果を図8に示す. また、単極 ESP の集塵部の接地極板の観測結果を図9に、荷 電極板の観測結果を図10に示す.図7から図10の上半分に, 極板全体とその各部寸法が示してある. 通風方向は左から右 である.また,各図の極板において,水平中心軸上の5点に ついて、50mm間隔で顕微鏡観測を行い、各点の顕微鏡写真 を白黒の二値画像に変換した. これらを各図の下半分に示し た. 各二値画像の下部に示される%値は、その画像の黒色部 比率である. また各図中5点を平均した黒色部比率を, 各図 の表題中に括弧書きで示した.

図7「双極 ESP 集塵部の接地極板の観察」を見ると、極板 の左端部から 50 mm 程度までのエリアは、隣接する荷電極板 の左端部に接近する不平等電界エリアなので、粉塵付着の濃 淡が顕著に現れている. しかしそこから風下のエリアについ ては、風下にゆくに従って、概ね粉塵の付着が少なくなって いる. 各画像の(各点の)黒色部比率は,風上側から順に45.0%, 40.9%、37.5%、32.8%、28.7%となっており、風下にゆくにつれ て、極板に付着する粉塵が減っていることが、数値上からも 分かる.また全点の平均の黒色部比率は37.0%である.これ を図9「単極 ESP 集塵部の接地極板の観察」と見比べると、 その黒色部比率は順に 49.2%, 38.5%, 33.0%, 27.4%, 29.9%, 平 均の黒色部比率は35.6%であり、両者は概ね同様と言える. 正放電の単極 ESP 帯電部で帯電された粉塵粒子が、その集塵 部の接地極板に捕集された状態と、双極 ESP の集塵部の接地 極板の状態が同様であるということから、双極 ESP の集塵部 の接地極板に捕集される粉塵粒子は、双極 ESP 帯電部の風上 の正放電により帯電されたものが主であると考えられる.

図8「双極 ESP 集塵部の荷電極板の観察」を見ると、極板 の右端部から40mm 程度までのエリアは、隣接する接地極板 の右端部に接近する不平等電界エリアなので、粉塵付着の濃 淡にむらがある.しかしそこから風上のエリアについては、 概ね均等に粉塵が付着している.極板上5点の二値化画像か ら求めた黒色部比率は、風上側から順に35.5%、30.3%、33.7%、 27.9%、29.3%となっており、それらの平均値は31.3%である. 黒色部比率の最大値と最小値の差は7.6であり、接地極板の 16.3に比べて小さく、荷電極板上各点の黒色部比率間のバラ ツキは小さいと言える.これを図10「単極 ESP 集塵部の荷電 極板の観察」と見比べると、その黒色部比率は順に18.2%、 13.7%、9.4%、6.7%、3.6%、平均10.3%であり、両者は大きく異



Fig. 7 Observation for grounded-plate of collector in bipolar ESP. (Average of black area ratio; 37.0%)



図8 X極ESP 集壁部の何電極板の観察 (黒色部比率の平均値;31.3%)

Fig. 8 Observation for energized-plate of collector in bipolar ESP. (Average of black area ratio; 31.3%)

なり、単極 ESP 集塵部の荷電極板の方が粉塵粒子の付着が少 ない.これは従来の集塵理論通りである.単極 ESP の荷電極 板には、僅かではあるが粉塵が付着しており、その原因は、 接地極板に堆積した粉塵が再飛散したときに逆極性を帯びて 付着したことによるものと考えられる.一方、双極 ESP 集塵 部の荷電極板への粒子付着が多いのは、双極 ESP 帯電部の風 下の負放電により帯電された粒子によるものと考えられる.

以上により,双極放電 ESP の接地極板の黒色部比率(平均) は 37.0%,一方,荷電極板の黒色部比率(平均)は 31.3%で あり,両極板にはほぼ同程度,粉塵が付着していることが判 明した.尚,光学式顕微鏡では,特に1 µm クラス以下の細 かい粒子の観測が困難なので,今回の報告においては,この ような微細粒子の捕集にまで言及しない.



Fig. 9 Observation for grounded-plate of collector in mono-polar ESP. (Average of black area ratio: 35.6%)



図 10 単極 ESP 集塵部の荷電極板の観察 (黒色部比率の平均値; 10.3%)

Fig. 10 Observation for energized-plate of collector in mono-polar ESP. (Average of black area ratio: 10.3%)

3.2 双極コロナ放電の帯電部の観察

双極コロナ放電により,集塵部の接地極板だけでなく,荷 電極板でも粉塵捕集が可能であることが判った.この原因を 見極めるために,双極帯電部の接地極板および荷電極板につ いて,粉塵の付着状況を観察する.

図11は16h連続運転後の,双極帯電部の両極板の写真で ある.図11の(a)は帯電部の接地極板,(b)は荷電極板である. (a)(b)写真のいずれでも,各極板における各部で,粉塵付着の 様子が一様でないことが覗える.そこで各極板上に,複数の 観察点を定め,拡大写真により,各部分についてより詳しく 観察を行う.

図12は双極帯電部の接地極板に観察点A,B,CおよびD を定めたものである.参考のために隣接する荷電極板の突起 が接地極板上に投影される位置を,白色の実線でマーキング した.白色点線の楕円は,隣接する荷電極板の突起からの正 放電によるイオン風が直接当たる位置である.また,図13 は双極帯電部の荷電極板に観察点E,F,GおよびHを定め たものである.隣接する接地極板の突起が荷電極板上に投影 される位置を,白色の実線でマーキングした.白色点線の楕 円は,隣接する接地極板の突起からの負放電によるイオン風 が直接当たる位置である.X軸の20mm前後の部分に,破線 で囲われた弓なり状の色濃い痕跡が覗えるが,これは,隣接 する接地極板すなわち図12の極板におけるX軸の50から60 mmの位置に色濃く付着した粉塵(楕円部)が再飛散し,そ の粉塵粒子が,荷電極板上に付着した痕跡と思われる.

図 14 は、帯電部の接地極板上の観察点 A, B, C, D の拡 大画像であり、各点の顕微鏡写真を二値画像化したものであ る. (256 階調中の 60 階調を閾値とした.)

図 14 の B 点は,正放電のイオン風が接地極板に直接当た る部分である.正に帯電した粉塵粒子が,イオン風により, この位置近傍に衝突付着し,他の画像と比べて色濃い痕跡に なったものと思われる.

図 14 の A 点は、正放電のイオン風が B 点に当たり、極板 面上に沿って風上方向に流れた様子を想像させる. A 点の画 像に示されるように、風上側に向かって先細りながら、筋状 の痕跡を残している. 9 m/s の通風流(Primary wind) に対向 する方向にイオン風(Secondary wind)が流れたので、このよ うな痕跡になったものと思われる.

図 14 の C 点は、隣接する荷電極板の突起からの正放電に より帯電した粉塵が、接地極板の C 点一帯の広い面に集塵さ れた痕跡と考えられる.粉塵粒子は他の画像と比べて、比較 的小さな塊となって付着している.

図14のD点は,負放電が発生する接地極板の突起である. この突起には、多くの粉塵が付着している.風上の放電空間 で帯電した粉塵が,風下に位置する強電界の放電極突起に集 中して堆積したものと推察する.この堆積した粉塵は,他の 部分に付着した粉塵よりも,ぶ厚く,そして剥離し易かった.



図 11 16 h 運転後の双極帯電部極板の付着粉塵の痕跡 Fig. 11 Vestiges of bipolar-ionizer-plates after 16 h operation.







図 13 双極帯電部の荷電極板上の観察点位置 Fig. 13 Observation points on energized-plate in bipolar ionizer.



(c) C 点(二値画像) (d) D 点(二値画像)

(c) "C" of binalized image. (d) "D" of binalized image.

図14 双極帯電部の接地極板の各観察点

Fig. 14 Observation of each point in grounded-plate of bipolar ionizer.



(a) E 点 (写真画像)(a) "E" of photo image.

(c) G 点 (二値画像)

(b) "F" of binalized image.(d) H 点(二値画像)

(c) "G" of binalized image. (d) "H" of binalized image. 図 15 双極帯電部の荷電極板の各観察点

Fig. 15 Observation of each point in energized-plate of bipolar ionizer.

図 15 は,帯電部の荷電極板上の観察点 E, F, G, H の拡 大画像である.尚, F, G, H は二値画像であるが, E につい ては,より理解し易くするため,二値化処理を行っていない.

図15のE点は,正放電が発生する荷電極板の突起である. この突起に,粉塵は殆ど付着していない.極板材質のステン レスの地肌がよく覗える.

図15のF点には、比較的小さな粉塵の塊が付着している. 隣接する接地極板に付着した粉塵が再飛散しF点に付着した ものと思われる.

図 15 の G 点は、隣接する接地極板の突起からの負放電に よるイオン風が荷電極板に直接当たる部分である. 負に帯電 した粉塵粒子が、イオン風により、この位置近傍に衝突付着 し、この痕跡を残したものと考えられる.

図 15 の H 点は、粉塵粒子が大きな塊となって付着した痕跡である.この痕跡の形状は、どちらかと言うと、密集して塊となった粉塵と、糸状に細長くなった粉塵が共存する形状のように見える.負放電によるイオン風が直接当たった G 点よりも、色濃く大きな痕跡となっている.このように色濃く、大きな塊の痕跡になった理由は、接地極板の負放電突起 D 点に、多量の粉塵が堆積しており、これが再飛散し、その一部が荷電極板のH点に代表される面に広く付着したからと考える.

双極コロナ放電では、帯電部の接地極板風下側の突起に、 粉塵が堆積し、そして再飛散することを繰り返し、これが集 塵部の荷電極板上での粉塵捕集に影響したものと考えられる.

3.3 「弓なり状」になった痕跡とそうならない痕跡

帯電部の内部における粉塵付着と再飛散について,より深 い検討を試みる.

図13(荷電極板)のX軸における20mm前後の部分の破線で囲われた「弓なり状」の色濃い痕跡について、隣接する接地極板のX軸50から60mmの位置に付着した粉塵が再飛散し、その粉塵粒子が、後方に流されて、荷電極板上X軸20mm前後に付着したことに触れたが、図16を用いてこのことを考察する.

「弓なり状」になった理由は、通風流(Primary wind)は平均 風速9 m/s であるが、中央軸付近の風速が最大で、端部の風 速が最小となるという風速分布が存在することによる.中央 軸付近の風速は、約11 m/s、端部の風速は、約8 m/s である. また、中央軸付近の黒色化の開始点と端部の黒色化の開始点 の距離の差異は、約10 mm である.これは最大風速と最小風 速の差3 m/s によるものである. 荷電極板と接地極板のギャ ップが15 mm であることを考慮することにより、算術計算に より再飛散する粉塵の速度等の情報が得られる.極板と直交 する方向の粒子の再飛散速度は約4.5 m/s,接地極板上に付着 した粒子が再飛散して荷電極板に到達するのに要する時間 は約1/300 s である

一方,突起からの放電が直接当たる対向極板上のポイント を図12および図13中に点線の楕円の「列」で示したが、こ れら楕円の列は、弓なり状になっておらず、ほぼ縦一直線上 に並んでいる.これらは、通風速度分布の大小の差によって、 「弓なり状」にはならなかった.この違いを考察する.

これら楕円列の付着粉塵の痕跡が弓なり状にならない理由

は、二つ考えられる。一つ目は、コロナ放電空間内のイオン 風により、この放電空間中の粉塵粒子が移動しながら、帯電 されて極板に楕円状に付着した可能性が挙げられる。二つ目 は、コロナ放電が当たる対向極板の表面近くを流れてきた粉 塵粒子が、帯電されて付着した可能性が考えられる。いずれ の理由によるものかを以下に考察する。

文献^のには、電界強度3 kV/cm における粉塵粒子速度が粒 径ごとに示されており、粒径が大きいほど粒子速度が速いと されている.これを本実験における電界強度に換算して理解 すると、粒径 40 µm 程度の粉塵粒子の場合、数 m/s の速度で 極板間を移動することになる.これは、前述した弓なり状の 痕跡部分の粒子速度約 4.5 m/s と同程度なので、もし、一つ目 の理由によるのであれば、楕円列の痕跡も弓なり状になるは ずである.しかしながら、そうならずに縦一直線の楕円列の 痕跡を残していることから、図 15 および図 16 の楕円の各痕 跡は、二つ目の原因によるものと考えられる.即ち、コロナ 放電が当たる対向極板の表面近くを流れてきた粉塵粒子が帯 電され、イオン風にも影響されて直近の極板に付着した痕跡 と思われる.



図 16 双極帯電部の荷電極板に於ける「弓なり状」の 痕跡に関する詳細

Fig. 16 Detail of "arch" area on energized plate of bipolar ionizer.

3.4 正放電の濃い痕跡と負放電の淡い痕跡

ここで,正放電も負放電も同じ電位差 9.8 kV で発生してい るが, B点の正放電による痕跡の方が,G点の負放電による 痕跡よりも色濃いことに注目する.著者による別の研究^ので は,端部に突起を設けた荷電極板と突起のない接地極板を平 行に配置し,ギャップ間隔 10 から 20 mm の範囲で直流高電 圧を印加し,イオン風を発生させる内容が報告されている. この報告には,同電位差では,負放電の方が正放電よりも放 電電流が大きく,またイオン風速も速いことが示されている. 今回の実験で,正放電による痕跡の方が,負放電による痕跡 よりも色濃くなったことは,前記別途報告の内容と合致しな いように思われるので,この点を考察する.

図 17 に双極コロナ放電の帯電部内の粉塵粒子の様態のイ メージ図を示す.二重丸印は荷電極板と接地極板の突起先端 を示す.

今, Primary wind とともに, 粉塵粒子 1, 2 及び3 が帯電部 の入口の L0 ポイントに到達している. この3つの粒子はや がて正コロナ放電空間近傍の L1 ポイントに到達し, 各粒子 とも正に帯電する. この時, 接地板に最も近い粒子 1 は, Secondary wind 1 及びクーロン力により接地板側に押し寄せ られ, 接地板上に捕集される. 粒子 2 及び粒子 3 は風下に流 されるが, L2 ポイントを通過するころには, クーロン力によ り大分接地板側に移動している. 粒子 2 及び粒子 3 が負コロ ナ放電の突起近傍の L3 ポイントまで流されると, 帯電した 粒子の殆どが, 接地極板側に集中し,「密」になる. 負コロ ナ放電による Secondary wind 2 が到達する荷電極板上の到達 点 L4 ポイント近傍の空間 SP1 では, 粒子が「疎」になる. よって, 荷電極板に捕集されるべき粒子濃度が低いので, 負 放電の楕円痕跡の色が薄くなったものと考える.

以上から,双極コロナ放電の帯電部においては,前段のコ ロナ放電の影響により,前段の放電空間よりも風下側では, 接地極板に近づくほど粉塵濃度が増し,接地極板に粉塵の一 部が付着する.そして接地極板の各部の中でも,強電界でグ ラディエント力が強い後段の突起に粉塵が多く付着する.こ の後段の突起への粉塵付着は,前段の放電が存在する限り継 続的に行われ,後段の突起に過剰に付着した粉塵は継続的に 再飛散するものと考えられる.



図 17 双極コロナ放電帯電部における粉塵粒子の様態 Fig. 17 Mode of particles in the bipolar-ionizer.

この再飛散した粉塵は帯電しており,もともと付着していた 極板(接地極板)とは逆極性の極板側に付着する⁸⁾.即ち, 帯電部または集塵部の荷電極板に付着する.また,後段の放 電突起と隣接する荷電極板上の突起投影位置近傍に,負コロ ナ放電のイオン風が当たった痕跡(G点)が存在することか ら,後段の突起は,再飛散による荷電を助長するだけでなく, 本来のコロナ放電による帯電の機能も有しているものと考え また,以上図 17 の説明に関し,帯電部内の Primary wind が,あたかも層流であるかのように考察を進めたが,実際は, レイノルズ数 9,000 という乱流性が強い気流である.しかし ながら,このような乱流性気流においても,帯電部内の粉塵 粒子は,静電気力やグラディエント力により移動するので, 極板間に粉塵の濃度分布が存在しているものと考えられる.

4. 結論

帯電部の風上側で正コロナ放電を発生させ、風下側で負コ ロナ放電を発生させる双極コロナ放電の帯電部(ギャップ15 mm,印加電圧+9.8 kV)を用い、これと集塵部(ギャップ10 mm,印加電圧+8.0 kV)で構成される双極 ESP と従来型の単 極 ESP を並列運転した.濃度 0.5 mg/m³のディーゼル粉塵を 含む空気を通風し、16h運転した後、粉塵が堆積した各極板 面を光学式顕微鏡で観察した.その結果、以下のことが判明 した.

- (1) 双極コロナ放電の帯電部を用いると、集塵部の接地極板 と荷電極板に、ほぼ等量の粉塵が捕集される.
- (2) 双極コロナ放電の帯電部においては、風上側の放電突起 に粉塵は殆ど付着しないが、風下側の放電突起には、多 量の粉塵が付着する.この風下側の突起において、粉塵 は堆積と再飛散を繰り返す.

今後の課題

双極放電における電気的中和の実態および集塵部各極板の 粉塵付着比率の違いについては、今後の研究で明らかにして ゆく所存である.また,風上と風下の放電極性の順序により、 集塵効率に差異が生じる原因の究明についても、今後明らか にしてゆく.更に、大型化した実機大の双極 ESP を用い、デ ィーゼル粉塵に対する集塵効率特性を評価することも今後の 課題である.

参考文献

- 細野洋,片谷篤史:松下エコシステムズの空気浄化 装置.静電気学会誌,32,5(2008)203
- A. Katatani and A. Mizuno: An ESP using bipolar-discharge with DC high voltage for road tunnels, XIIth International Conference on Electrostatic Precipitation at Nuernberg (ICESP XII), session 9 (2011)
- 3) 片谷篤史,水野彰:直流コロナの双極放電を用いた 道路トンネル用電気集塵装置.第35回静電気学会 全国大会講演論文集(東京理大),12pB-6(2011)87
- 4) A. Katatani and A. Mizuno: An ESP using bipolar-discharge with DC high voltage for road tunnels, International Journal of Plasma Environmental Science & Technology, 5(2)(2011)146
- 5) 片谷篤史,水野彰: 直流コロナの双極放電を用いた2 段式電気集塵装置. 静電気学会誌, 36, 3(2012)138
- 6) 増田閃一:電気集塵に関連した粉体の電気的性質(I).粉体工学研究会誌, 5, 4(1968)1238
- 方谷篤史,水野彰:平行平板によるイオン風の発生 技術.静電気学会誌,34,4(2010)187
- 瑞慶覧章朝,安本浩二:富士電機システムズのトン ネル用電気集塵装置—再飛散防止とナノ粒子の集 塵性能.静電気学会誌,32,5(2008)192