

電気集塵装置の低電力化に対する帯電部の電極構造の効果

片谷 篤史^{*1}, 水野 彰^{**}

(2011年8月27日受付; 2011年12月15日受理)

The Effect of Ionizer's-Pole-Structure for the ESP with Less Power Consumption

Atsushi KATATANI^{*1} and Akira MIZUNO^{**}

(Received August 27, 2011; Accepted December 15, 2011)

Two-stage-type ESPs (electrostatic precipitators), which can cope with the fast gas stream like 9 m/s, are composed of ionizers and collectors. DC high voltage is applied to the discharge poles in the front stage ionizers. Particles passing through positive or negative corona are charged. The rear stage collectors capture the particles. Since the current in the ionizers is greater than that of the collectors, the power consumption of the ESPs is governed by ionizers. Although spike-type dischargers are widely adopted in ionizers having parallel flat-plate structure, the relation between geometrical location of the spikes, power consumption and collection efficiency has not been clarified yet. In this study, the effect of the gap distance and the position of the spike tips have been evaluated by comparing the collection efficiency at the same power consumption. The result implies the conditions to realize efficient ESPs with less power consumption.

1. はじめに

日本の道路トンネルにおける排気浄化用電気集塵装置の基本仕様は、帯電部と集塵部から構成される二段式である。処理風速は9 m/s¹⁾程度と高く、圧力損失を抑制するために、帯電部も集塵部も平行平板により構成されている。帯電部にはトゲ形状の突起を有するコロナ放電極が採用されている。

高風速条件下で良好な集塵効率を得る手段のひとつとして、帯電部の荷電能力を増強することが挙げられる。このことは消費電力の増大を意味するが、低い消費電力でも十分な集塵効率を得るための探求は重要である。この観点から、放電極を鋸刃形の突起にするなどして、対向する接地板との距離および印加電圧が集じん性能に及ぼす影響^{2,4)}について複数の報告がある。しかし、これら報告において、突起電極先端位置の影響に関しては明言されていない。他方で、接地板に投影される突起電極先端の位置が、突起電極でのコロナ放電により発生するイオン風の風速に影響を与える報告⁵⁾があるが、これは、突起電極先端位置が集塵効率に影響する可能性を示唆している。よって今回、帯電部の電極間距離ならびに

突起電極先端位置が集塵効率に与える影響を調べた。このとき、集塵部の条件は不変とし、帯電部の消費電力が常に一定となるように印加電圧・放電電流を調整し、集塵効率を比較した。これにより、同一消費電力でできるだけ高い集塵効率を得るための条件を見出すことで、電気集塵装置の低電力化を目指した。

2. 実験手順

図1は、実験で用いる帯電部の構造である。図中上段(a)には、接地極板(左側)と端部に突起を有する放電極板(右側)の外形を示す。突起の先端角度は30度で、突起の高さは10 mm、片側に3個の突起を配列し、突起の間隔は12 mmである。両極板の材質はSUS304、板厚は0.4 mmである。この突起の先端が風上を向く場合を図中(b1)に示す。(b1)を下から見た図を(b2)に示す。突起付放電極板と接地極板の間隔をギャップG [mm]で示す。また、接地極板の風上端から二重丸で示される突起電極先端までの距離をX [mm]とする。突起電極が風下を向く場合を図中(c1)に示し、これを底部から見た図を(c2)に示す。

図2は、帯電部の構成の異なる実験条件を示す。図中上段の(d1), (d2), (d3)は突起が風上向きであり、(d1)はギャップGが20 mmを示し(d2)と(d3)はGが15 mmと10 mmを示す。

(以降これをG20, G15, G10と記述することにする。)図中下段の(e1), (e2), (e3)は突起が風下向きであり、(e1), (e2), (e3)はG20, G15, G10を示す。いずれの実験条件においても突起付放電極板の枚数は、接地極板より1枚少ない。また全ての条件で帯電部の幅(両端の接地極板間の距離)は120 mmである。

キーワード: 電気集塵, 直流コロナ, トゲ突起, 放電極板

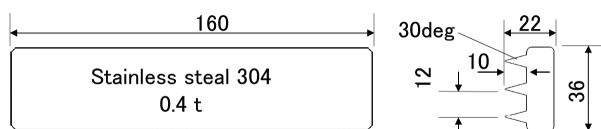
* パナソニックエコシステムズ株式会社 (486-8522 愛知県春日井市鷹来町字下仲田 4017 番)

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)

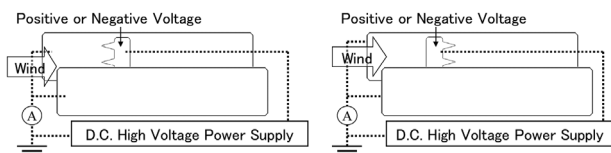
Toyohashi University of Technology, 1-1, Hibarigaoka, Tenpaku-ku, Toyohashi-city, Aich-pref., 441-8580, Japan

¹ katatani.atsushi@jp.panasonic.com



(a) 電極の寸法

(a) Dimensions of poles.

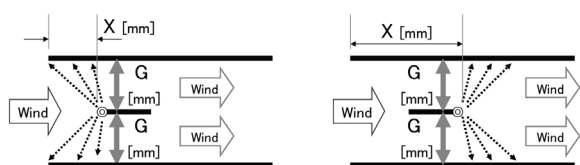


(b) 突起が風上向きの場合

(c) 突起が風下向きの場合

(b) Spike tip to windward.

(c) Spike tip to leeward.



(b2) 風上向き突起の平面図

(c2) 風下向き突起の平面図

(b2) Bottom-view of spike tip

(c2) Bottom-view of spike tip

to windward.

to leeward.

図1 帯電部の基本構造

Fig. 1 Basic structure of ionizers.

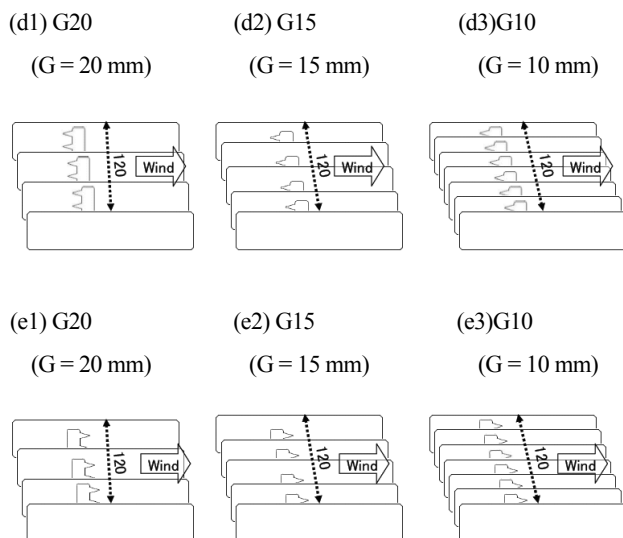


図2 帯電部の構成の異なる実験ケース

Fig. 2 Test cases for ionizers with different composition.

(d1), (d2), (d3)の各3ケースについて、それぞれ先端距離 X を 40, 75, 110 mm と変化させた。(以降これを X40, X75, X110

表1 実験装置の仕様

Table 1 Specification of test equipment.

Items	Details
Duct(#1,2,4,5,7,8)	W 121, H 140, L 200 mm (Inside)
Ionizer (#3)	Duct ; W 121, H 32, L 180 mm (Inside) 5 mm-pitch slits on ceiling and floor part. Type ; Parallel-flat-plates type Wind velocity rate ; 9 m/s In case of G20; 3 spike-plates & 4 earth-plates. In case of G15; 4 spike-plates & 5 earth-plates. In case of G10; 6 spike-plates & 7 earth-plates.
Collector (#6)	Duct ; W 111, H 120, L 200 mm (Inside) Plate ; Thickness 0.4, H 124, L 200 mm 10mm-pitch slits on ceiling and floor part. Type ; Parallel-flat-plates type Wind velocity rate ; 2.6 m/s Amount of high-voltage-applied plates ; 6 Amount of earth-plates ; 6 Gap between adjacent two plates ; 10 mm
Fan (#9)	MU1238A-11B (Oriental Motor Co., Ltd.) Quantity ; 2 (tandem coupled) With a variable frequency controller
High voltage power supply (#10)	Model-502 (Pulse Electric Engineering) Max. output ; DC +25 kV , 25 mA Stability 0.01%
High voltage power supply (#11)	MODEL-600F (Pulse Electric Engineering) Max. output ; DC -15 kV , 30 mA Stability 0.005%
High voltage power supply (#12)	APH-10K5N (Maxelec Co., Ltd.) Adjusted output voltage ; DC -9 kV (constant) Max current ; 30mA Ripple ; 0.02%
Particle counter (#13)	KC-01C (RION) , Light scattering method Range ; 0.3, 0.5, 1, 2, 5 over μm Sampling volume ; 0.01 CF (approx. 34 s)
Wind velocity Meter (#14)	Climomaster MODEL6531 (Kanomax) Mode; 1 s measuring & 10 times ave.
Voltage meter & Probe (#15)	Digital multi meter type73303 (Yokogawa) Ratio; 1/1000 (FLUKE), For high voltage
Current meter (#16)	Type 201133 (Yokogawa) Range; 0.1, 0.3, 1, 3 mA
Digital camera	DMC-FX01 Lumix (Panasonic) Mode; starry sky exposure; 60 s

と呼ぶ。) また、(e1), (e2), (e3)の各3ケースについては、それぞれ X50, X85, X120 と変化させた。全ての実験ケースについて、突起付放電極板には正および負の直流高電圧を印加し、消費電力が 1 W になるように印加電圧および放電電流を調整した (0.97 W から 1.03 W になるように調整した)。

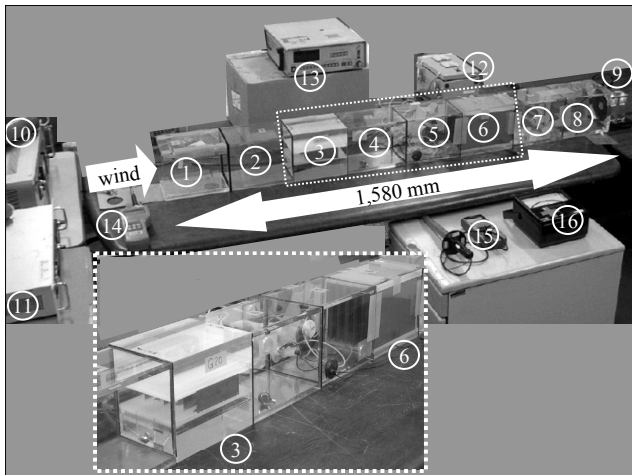


図3 実験装置の外観

Fig. 3 Appearance of test equipment.

実験装置の外観を図3に、また実験装置の仕様を表1に示す。#1から#9は通風ダクト系で、アクリル製である。#1は吸い込み部分、#3は帯電部、#6は集塵部、#9は軸流ファン付の吐出部分である。帯電部の印加電圧は正負合せて可変としたが、集塵部の極板間隔は10 mm、印加電圧-9 kV一定とし、帯電部の条件変化が集塵効率にどのように影響するのかを把握することにした。#9のファンは周波数制御により回転数を可変できる。#14は熱線風速計であり、吸い込み部#1での風速測定に用いられた。

帯電部#3は内部の開口面積が狭められており、この帯電部内での風速が、9 m/s一定になるようにファンの周波数を微調整した。帯電部用#3に、負高圧電源#10と、正高圧電源#11を切り替えて使用した。集塵部用#6に負高圧電源#12を使用した。集塵部#6において、電圧が印加される極板と接地される極板については、形状・使用枚数ともに同一とした。また、集塵部#6内部の通過風速が2.6 m/sの時に、相応の集塵効率が期待できるように、集塵部#6の各極板の面積を0.0248 m² (片面)とした。#15は高電圧測定用のプローブと電圧計であり、#16は電流計である。#13は粉塵の濃度測定用のパーティクルカウンターであり、帯電部の風上側と集塵部の風下側をサンプル場所とし、交互に切り替えて、集塵効率測定を行った。

0.3 μm以上の粒径の粉塵濃度を用いて、集塵効率を算出した。除去対象の粉塵は、室内空気中の浮遊大気塵である。室内の浮遊大気塵濃度は、道路トンネルの空気濃度より遥かに低く、また性状も異なる。しかし、室内大気塵という環境下で、種々の条件変化に対する集塵効率を比較検討することは可能と考えた。

3. 結果と考察

図4は突起先端距離 X と集塵効率ηの特性を示す。上段(a)はギャップ G が20 mm (G20)の場合、中段(b)は G15 の場合、下段(c)は G10 の場合である。(a)から(c)に共通して、実線と白丸○は突起付放電極板に正電圧が印加され突起が風上に向けた場合(Positive voltage applied and spike tip toward Windward)、破線と黒丸●は正電圧印加・突起風下(Positive and Leeward)の場合、実線と白三角△は負電圧印加・突起風上(Negative and

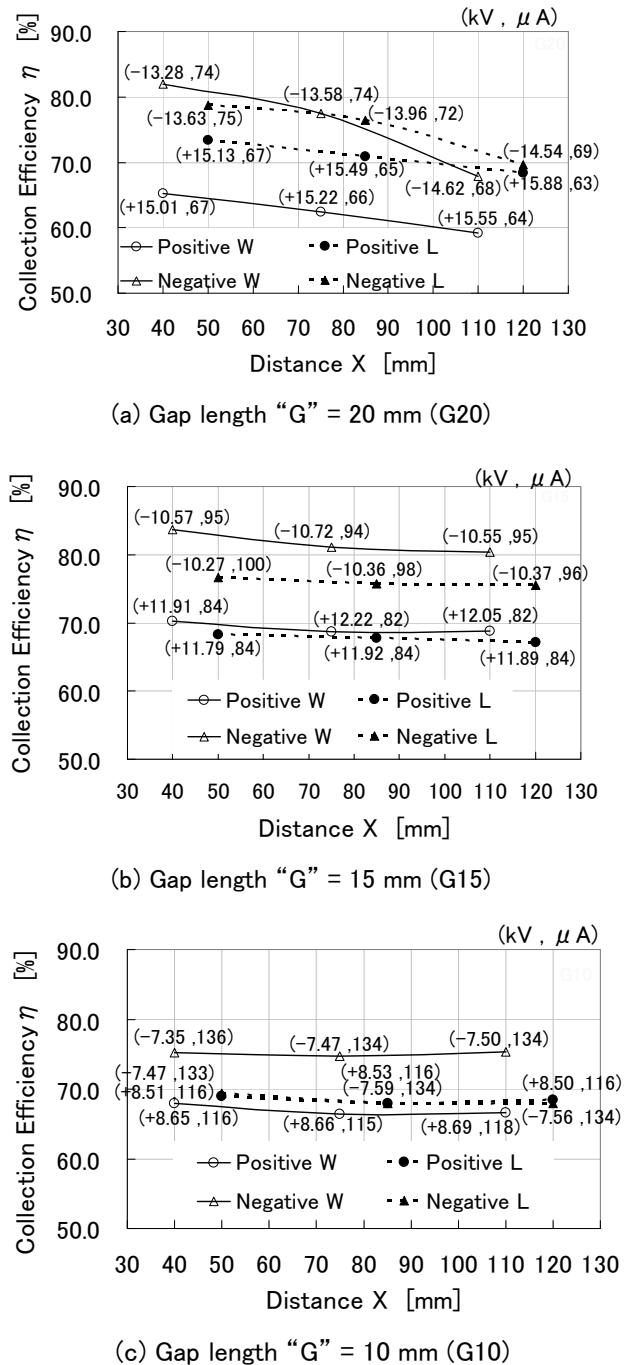


図4 各ギャップ G における先端距離 X と集塵効率 η
Fig. 4 Tip distance "X" versus collection efficiency "η" in each gap distance "G".

Windward)の場合、破線と黒三角▲は負電圧印加・突起風下 (Negative and Leeward)の場合を示す。全ての丸と三角のドットに括弧書きの数値があるが、これは「(印加電圧 kV, 放電電流 μA)」を示し、その両者の積 (電力) は 1W 一定である。

図 4(a)の G20 では、消費電力 1W を維持しつつ X を増すと (即ち突起先端が風下側に移動すると)、全ての特性において、集塵効率は低下した。正荷電の場合、突起先端が風下 (●) に向いたほうが、風上 (○) に向くよりも η は大きくなった。負荷電の場合、突起先端の向きによる差異は、正荷電に比べて小さいが、突起先端が風上 (Δ) を向いても風下 (\blacktriangle) を向いても、X の増加とともに集塵効率の低下が顕著であった。

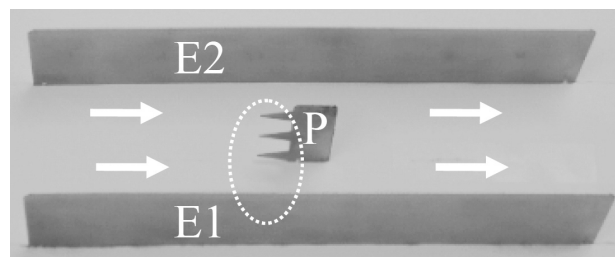
図 4(b)の G15 では、消費電力 1W を維持しつつ X を増すと、全ての特性において、集塵効率は低下したが、低下の度合いは G20 に比べて小さかった。正荷電の場合、突起先端が風下 (●) に向いても、風上 (○) に向いても集塵効率の差は小さかった。負荷電の場合、突起先端が風上 (Δ) を向いた方が、風下 (\blacktriangle) を向くよりも、集塵効率は高かった。

図 4(c)の G10 でも、X を増すと集塵効率が低下する傾向にあるが、「負電圧印加・突起風上向き (Δ)」については、先端距離 X の増加に対して集塵効率はほぼ一定であった。正荷電の場合、突起先端が風下 (●) に向いても、風上 (○) に向いても集塵効率の差は小さかったこと、および負荷電の場合、突起先端が風上 (Δ) を向いた方が、風下 (\blacktriangle) を向くよりも、集塵効率が高くなったことについては G15 と同様であった。

図 4 の(a)から(c)の結果より、突起先端の向きによらず、突起先端位置が風下側に移動し増加すると、集塵効率が低下する。この理由を考える。図 5 に帯電部における正放電の様子を(b)から(e)の写真で示す。また、図 5(a)には、帯電部における 1 枚の突起付放電極板(P)とその両側の 2 枚の接地極板(E1, E2)が、G20・X65 で配置されている様子を示す。突起付放電極板(P)には正電圧が印加され、接地極板(E1, E2)は接地されている。矢印は通風の方向であり、突起先端は風上方向 (左手) を向いている。

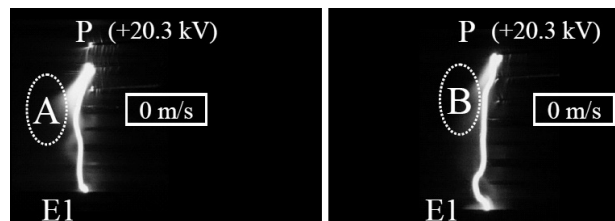
図 5(b)から(e)に正放電の様子を示す。突起付放電極板(P)と接地極板(E1)の間で発生した火花の写真である。写真は全て暗闇の中で、露出時間 60 秒にて撮影した。(b)と(c)は無風条件下での火花であり、(d)と(e)は有風条件下 (9 m/s) での火花である。

無風の(b)(c)と、有風の(d)(e)を比べると、有風(d)の“C 部分と D 部分”および有風(e)の“E 部分と F 部分”において、火花時の電離発光部分が 9 m/s という風速によって風下に流されていることが分かる。一方、無風(b)の“A 部分”および無風(c)の“B 部分”においては、火花時の電離発光部分が流れていないことが分かる。このことは、イオンも気体分子と同じく、



(a) 電極の配置

(a) Layout of poles.

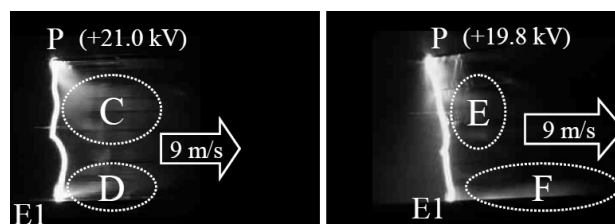


(b) 印加電圧+20.3 kV
無風するとき

(c) 印加電圧+20.3 kV
無風するとき

(b) Applied voltage+20.3 kV
in no-wind.

(c) Applied voltage+20.3 kV
in no-wind.



(d) 印加電圧+21.0 kV
風速 9 m/s のとき

(e) 印加電圧+19.8 kV
風速 9 m/s のとき

(d) Applied voltage+21.0 kV
at wind-velocity 9 m/s.

(e) Applied voltage+19.8 kV
at wind-velocity 9 m/s.

図 5 正放電の様子 (G20, X65)

Fig. 5 Aspects of positive discharge. (G20, X65).

通風によって流されることを示している。

図 5(d)と(e)を、一連の実験結果に照らし合わせると、「9 m/s という高風速条件下では、コロナ放電する突起近傍の電離により発生した気体イオンは風下に流されるので、大気塵を荷電するのに効果的な荷電空間は、突起の風上側よりも風下側に存在する。」とすることができる。図 4 では、X が増加すると (即ち帯電部における突起先端から風下までの空間が減少すると)、集塵効率が減少する特性があることも、荷電空間が風下側に存在することを示唆している。

ここで、測定に使用した室内大気塵の粒径について触れる。例えば、突起が風上向きで G15・X40・正荷電条件での測定時の粒径分布と粒径別の集塵効率は表 2 の通りであった。

0.3 から 0.5 μm の小粒径のものが全粒径の 95% を占めた。粒径が大きくなるほど集塵効率が高くなっている。このとき

表2 粒径分布と粒径別の集塵効率 (G15, X40, 正荷電)

Table 2 Particle diameter distribution and collection efficiency for each particle diameter. (G15, X40 and positive voltage).

Diameter (μm)	Count/ m^3	Collection efficiency (%)
5.0 over	3,532	100
From 2.0 to 5.0	35,320	100
From 1.0 to 2.0	190,728	87.0
From 0.5 to 1.0	5,605,284	78.3
From 0.3 to 0.5	113,631,504	69.9
All (0.3 over)	119,466,368	70.3

表3 帯電部のみでの粒径別集塵効率の一例

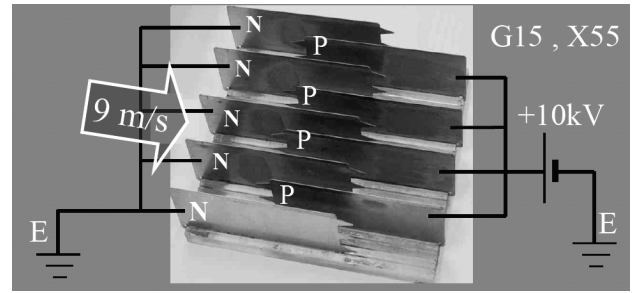
(G15, X40, 帯電部電圧+11.95 kV, 集塵部電圧 0 kV)

Table 3 An example of collection efficiency by ionizer only. (G15, X40, ionizer voltage; +11.95 kV, collector voltage; 0 kV).

Diameter (μm)	Collection efficiency by ionizer only (%)
5.0 over	100
From 2.0 to 5.0	86.1
From 1.0 to 2.0	48.1
From 0.5 to 1.0	23.6
From 0.3 to 0.5	20.4
All (0.3 over)	20.8

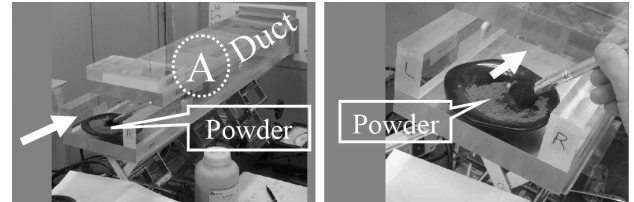
のパーティクルカウンターによる、室内大気塵の粒子濃度は 119,466,368 個/ m^3 (全粒径) であったが、測定日時の変化に対して 1/10~2 倍程度の濃度変動であった。しかし、その濃度の変動は集塵効率に影響を与えなかった。

また、集塵部への電圧印加を 0 kV とし、帯電部だけに電圧+11.95 kV を印加したときの粒径別集塵効率を表3に示す。帯電部の突起配置は G15・X40 である。0.3 から 0.5 μm の粒径の集塵効率が 20.4% と低いので、全粒径の集塵効率も 20.8% と低くなっている。ここで注目すべきは 2.0 μm 以上の粒径においては、集塵部を稼動させたときの集塵効率 (表2 参照) と大きな差がないことである。帯電部単体は、2.0 μm 以上の大粒径の塵埃に対して、9 m/s という高風速条件下でもある程度高い集塵性能を発揮することが明らかになった。前述の「気体イオンが高風速で風下に流されるので、荷電に有効な空間は、突起の風上側よりも風下側である。」という結論に立ち返る。風上と風下でのコロナ放電の痕跡を視覚化するために、粒径の大きな JIS 試験用粉体を高濃度で空気に混合し、これを 9 m/s で通風し、帯電部の極板上に捕集するという追加実験を行った。



(a) 電極の配置 (G15, X55)

(a) Layout of poles. (G15, X55)

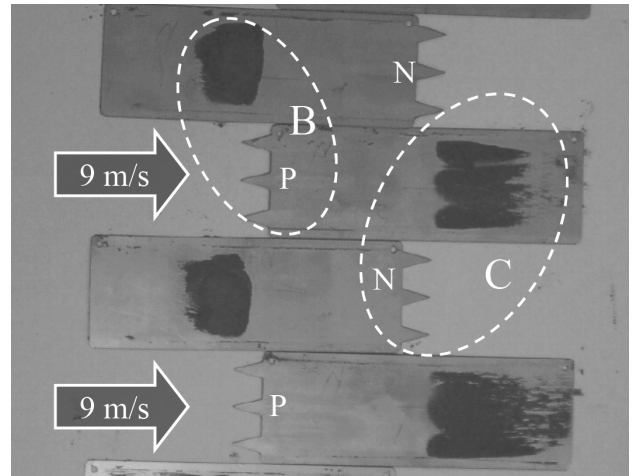


(b) ダクトの外観

(c) JIS 粉体の散布部

(b) Appearance of the duct

(c) Part for dispersing JIS-powder



(d) 帯電部電極上に捕集された JIS 粉体の様子

(d) Aspect of collected JIS-powder on ionizer-poles

図6 風上と風下での集塵されたダストの痕跡

Fig. 6 Traces of collected dust at windward and leeward

用いた粉体は JIS Z8901 に規定される JIS 試験粉体 1,8 種 (関東ローム) 日本粉体工業技術協会製 Lot No.P098003 である。粒径 5 μm 以上の粒子が重量比で 6 割強を占め、成分として SiO_2 約 4 割、 Fe_2O_3 約 2 割、 Al_2O_3 約 3 割を含むものである。JIS 試験粉体 1,8 種の粒径は、その粒径分布から言って、道路トンネル空気中の粉塵の粒径より大きい。表3から、大粒径の粉塵については、帯電部での高い集塵効率を期待できることが判明した。よって、帯電部におけるコロナ放電の痕跡を、確認しやすくするために、大粒径の JIS 試験粉体を用いることとした。

図6(a)に示される SUS304 製極板 (0.4t) を 9 枚用意した。極板のサイズは全て同一で 100 × 36 mm の長方形の片端部に、

高さ 10 mm, 突起間隔 12 mm, 突起先端角 30 度の突起 3 個が設けてある。図 6(a)に示すように、この極板を先端が風上と風下に向くように交互に配置した。突起付放電極板を風上向きに 4 枚配置し正電圧を印加する。風下向きの 5 枚の極板は接地する。極間 G15 先端距離 X55 である。図 6(a)に示す帯電部を、図 6(b)に示すアクリルダクトの A 部分に収納し、風速 9 m/s で通風した。図 6(b)と(c)には、JIS 粉体が表示されるが、これを約 200 mg/m³ の濃度になるようにダクトの風上側から絵筆を用いて徐々に散布した。帯電部には+10 kV を約 20 分間印加し、帯電部極板上への粒子の捕集を試みた。

図 6(d)は、帯電部極板上に捕集された JIS 粉体の様子である。正電圧が印加された風上向きの突起には P の記号を付す。この突起からは正コロナ放電が発生する。一方、接地された風下向きの突起には N の記号を付す。この突起からは負コロナ放電が発生する。風上向きの突起の放電による痕跡は B 部分にあり、風下向きの痕跡は C 部分にある。即ち、両者とも突起に隣接する板に、JIS 粉体が厚く付着している。風上向きの突起の痕跡 (B 部) は、放電空間が 9 m/s の通風のために圧縮されたように見える。また、風下向きの突起の痕跡 (C 部) は、逆に通風に助けられて伸長したように見える。

突起を設けた平行平板によるイオン風発生装置の研究報告が片谷らによってなされた⁵⁾。ファンによる強制通風が無い状態でイオン風の発生を確認した内容で、この報告には、イオン風により全体として風が流れる方向は、正荷電でも負荷電でも突起の先端が向いている方向であると記述されている。

B 部分は突起先端が通風の向きに対向しているの、イオン風がファンによる風とぶつかり合い、放電空間が圧縮されたものと推察する。また、C 部分は突起先端の向きが通風の向きと同じなので、イオン風がファンによる風により流れやすくなり、放電空間が伸長したといえる。放電極の風上側と風下側におけるイオン風変化を、3D-PIV 手法やシュリーレン手法などを用いて解析した文献⁶⁻¹¹⁾が複数あり、同様に報告されている。

表 4 は、X が最大の時 (突起が風上向きならば X110, 風下向きならば X120) の集塵効率と印加電圧に対する、X が最小の時 (突起が風上向きならば X40, 風下向きならば X50) の集塵効率と印加電圧差をまとめたものである。

X が増えると集塵効率 η は減少する傾向があるが、G15 と G10 の集塵効率の減少の最大値 $\Delta\eta$ は-3.3%である。これに対し、G20 における最大値 $\Delta\eta$ は-5.0 から-14.1%と大きい。X が増えた時の印加電圧の上昇幅 ΔV を見ると、G15 と G10 において最大 150 V であるのに対し、G20 では 540 から 1,340 V と大きい。これは、X が大きくなると 1W を保つために、印加電圧を上昇させる必要があることを示している。同電圧で X を大きくすると放電電流が減る理由を考える。図 1 から明

表 4 最長 X-最短 X 間の効率の差異と電圧の差異

Table 4 $\Delta\eta$ and ΔV Voltage between max. X & min. X.

G (mm)	Voltage polarity & Tip direction	$\Delta\eta$ (%)	ΔV (V)
20	Positive Windward	- 6.1	540
20	Positive Leeward	- 5.0	750
20	Negative Windward	- 14.1	1,340
20	Negative Leeward	- 9.1	910
15	Positive Windward	- 1.5	140
15	Positive Leeward	- 1.1	100
15	Negative Windward	- 3.3	- 20
15	Negative Leeward	- 1.2	100
10	Positive Windward	- 1.4	40
10	Positive Leeward	- 0.5	- 10
10	Negative Windward	0.1	150
10	Negative Leeward	- 1.5	90

らかなように、X を大きくすると、突起先端から接地極板の風下端までの距離 (以降、この距離を Y とする。Y = 160 mm - X の関係となる) が短くなる。Y が短いので、コロナ放電で発生した気体イオンが接地極板に到達しないで、風下に流されてゆく割合が増え、その結果、放電電流が減少するものと考えられる。この同電圧で X が大きくなると (即ち Y が短くなると) 放電電流が減るという現象が、G20 で最も顕著に現われたため、G20 での印加電圧の上昇幅 ΔV が大きくなった。G20 では印加電圧が大きく増えたが、電力は 1W 一定としたために放電電流は大きく減り、荷電能力も低下し集塵効率の減少幅が大きくなったものとする。

ではなぜ G20 での変化幅が大きいかについて考える。G20 は G15 や G10 に比べて極間 (ギャップ) が広い。極間が広いとコロナ放電で発生した気体イオンが塵埃粒子に衝突して荷電する前に、高風速により風下の非荷電領域に流されてしまう割合が増えると考えられる。言いかえると、G20 の場合には、トゲ先端よりも風下の帯電部領域が不足したからであろう。気体イオンが風下の非荷電領域に流されてしまう割合が増えると帯電部の接地ラインに設けた電流計 (図 1 参照) で検出される放電電流が減ることを意味する。よって消費電力を一定にするためには、電圧を上昇しなければならない。しかし、この状態は無理に電圧を上げて、コロナ放電の消費電力を維持することを意味し、粉塵への荷電効率が低いコロナ放電空間を形成していることになる。よって、G20 の場合、電圧の上昇幅も、集塵効率の減少幅も大きくなるものと考えられる。風下の帯電部領域を、さらに風の流れ方向に長く伸ばせば、集塵効率と電圧の変化幅はともに小さくなるものと推察する。

4. 結論

高処理風速 9 m/s の二段式電気集塵機において、集塵部の条件を変えずに、帯電部におけるトゲ突起付放電極の位置、風の流れ方向に変化させて集塵効率を計測した。帯電部の極間は 20, 15, 10 mm の 3 種類とし、各ケースにおいて突起を風上に向けた場合と風下に向けた場合の両者について実験を行った。帯電部の消費電力が常に 1W になるように、突起に直流高電圧を印加した。正荷電と負荷電の両者について行った。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 突起先端位置が帯電部内の風上側から風下側に移動するのに伴い、集塵効率は低下するという傾向がほぼ全ての実験ケースで確認された。また、この時、消費電力を一定に保つために、印加電圧は上昇する傾向にあった。本傾向は測定を行った条件の範囲では、極間が 20 mm の時に最も顕著に現われた。
- (2) 突起先端位置が風下側に移動するのに伴って集塵効率が低下する理由として、高風速条件下ではコロナ放電で発生した気体イオンが風下に流されるので、突起よりも風下側の荷電空間が減少すると塵埃に対する荷電能力が低下することが考える。

今後は、気体イオンが帯電部の風下に流される割合を定量的に把握し、電極構造と集塵特性の関係を、より詳細に把握する計画である。さらに今後は、風の流れ方向の線上において、突起同士が対向する場合、突起と平板のエッジが対向する場合など、帯電部の条件を変えて、電気集塵装置の低消費電力化をさらに進める所存である。また、流体力学的な相似則をさらに考慮し、実機により近い条件の実験装置として、長時間の集塵効率特性などを含めて評価を進める所存である。

参考文献

- 1) 片谷篤史, 細野 洋, 村田 光, 水野 彰: 電気集塵装置からのオゾン発生の抑制技術, 静電気学会誌, **32**, 5 (2008) 222
- 2) 荒生靖史: 特許公開 2000-126647
- 3) 片谷篤史, 細野 洋, 村田 光: 特許公開 WO2006

/009187

- 4) H. Fujishima, Y. Morita, M. Okubo, T. Yamamoto: Numerical simulation of three-dimensional electrohydrodynamics of spiked-electrode electrostatic precipitators, *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, **13**, Issue 1 (2006) 160
- 5) 片谷篤史, 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
- 6) J. Podlinski, A. Niewullis and J. Mizeraczyk: Electrohydrodynamics flow and particle collection efficiency of a spike-plate type electrostatic precipitator, *J. Electrostat.*, **67** (2009) 99
- 7) T. Yamamoto and H.R. Velkoff: Electrohydrodynamics in an electrostatic precipitator, *J. Fluid Mechanics*, **108** (1981) 1
- 8) T. Yamamoto, M. Okuda and M. Okubo: Three-dimensional ionic wind and electrohydrodynamics of tuft/point corona electrostatic precipitator, *IEEE Trans. Ind. Appl.*, **39** (2003) 1602
- 9) T. Yamamoto, Y. Morita, H. Fujishima and M. Okubo: Three-dimensional EHD simulation for point corona electrostatic precipitator based on laminar and turbulent models. *J. Electrostat.*, **64** (2006) 628
- 10) Y.N. Chun, J.S. Chang, A.A. Berezin and J. Mizeraczyk: Numerical modeling of near corona wire electrohydrodynamic flow in a wire-plate electrostatic precipitator. *IEEE Trans. Dielect. Elect. Insul.*, **14** (2007) 119
- 11) A. Niewulis, J. Podlinski, M. Kocik, R. BBarbucha, J. Mizeraczyk and A. Mizuno: EHD flow measured by 3D PIV in a narrow electrostatic precipitator with longitudinal-to-flow wire electrode and smooth or flocking grounded plane electrode. *J. Electrostat.*, **65** (2007) 728