

平成 31 年 4 月 25 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00803

研究課題名(和文) 静電場を利用して爽やかな風を取り込む窓「プラズマウインド」の開発

研究課題名(英文) Electrostatic plasma windows for managing biotic and abiotic nuisances in environments

研究代表者

松田 克礼 (Matsuda, Yoshinori)

近畿大学・農学部・教授

研究者番号：30268453

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：申請者は、静電場を利用し、風は通すが、花粉や煙などのPM2.5を遮蔽できる窓「プラズマウインド」の開発を試みた。この窓を家庭の窓枠に取り付けば、自然の爽やかな風をクリーンな状態で室内に取り込むことができる。さらに、プラズマウインドでは、プラズマやマイナスイオンが生成されることから、自然の風を用いた空気清浄機としても利用できる。今後、このプラズマウインドが実用化されれば、花粉の飛散時期やPM2.5の発生時期においても、窓を開けることが可能になり、エアコンの使用量の軽減にも貢献できる。本研究では、主にスギ花粉とタバコの煙の捕捉を目的として、ヒトに安全なプラズマウインドの開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

スギ花粉の飛散時期には、家庭の窓を閉め切り、エアコンの稼働が余儀なくされている。また、室内に設置する空気清浄機も日々改良されているが、季節や気候によって変化する自然の風には及ばないのが現状である。現在のところ、窓に機能を与えた前例はなく、このプラズマウインドが最初の適用例になる。また、このプラズマウインドは、十分な通気性を確保した状態で、静電場を利用して花粉やPM2.5を遮蔽できることが特徴である。この窓を家庭に設置することにより、付加価値の高い自然の爽やかな風を室内に導入できるとともに、ヒトに安全な空気を提供できると期待される。

研究成果の概要(英文)：The primary contribution of this work was the use of basic electrostatics for improving the human environment. The plasma window is a unique product developed for this purpose. The device can capture pollen grains and fine particles in tobacco smoke by attractive force in created plasma. Another advantageous characteristic of the device is its structural safety. An electric field was produced inside the device, and the outer surfaces of the spiked plate and grounded net possessed no charge, so the net surface could be safely touched. An additional safeguard was the current limiter (maximum limit, 10 mA) integrated into the electric circuit of the voltage generator, which automatically switched off the generator if excess current was generated by an unexpected event. This work demonstrates that the proposed device can easily eliminate pollen grains and fine PM from living spaces, to improve the comfort of occupants and minimise the likelihood of air quality-related health problems.

研究分野：環境工学

キーワード：花粉 PM2.5 静電気 プラズマウインドウ

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

空気中に静電場が存在すると、空気は電離した状態になる。空気が電離すると、そこにはプラスイオンとマイナスイオンが生成され、ウイルスや細菌、病原菌を不活化できることが知られている。申請者は、電離した領域のイオンがバランスを崩し、プラスイオン、または、マイナスイオンのどちらか一方が過剰に存在すると、その領域に入り込んだ小さな昆虫や病原菌の胞子がイオンに包まれて帯電し、対極の電極に捕捉される現象を見つけた。また、ある程度の電気伝導度をもつ絶縁体（軟質性塩化ビニルなど）を高電位に静電気帯電させると、マイナスに帯電させた場合にはマイナスイオンが、プラスに帯電させた場合にはプラスイオンが過剰に生成される現象を発見した。さらに、接地したアースを利用すれば、その現象が効果的に起こり、一方のイオンを安定した状態で存在させることに成功した。そこで、このような電離状態（プラズマ状態）を形成する窓、プラズマウインドを開発することとした。この窓は、絶縁体を静電気帯電させるので、電流が流れず電力をほとんど必要としないエコシステムである。さらに、静電気帯電させる絶縁体はアースに接地したネットで保護されているので人が接触しても危険性はない。

2. 研究の目的

スギやヒノキの花粉の飛散時期は3月から5月、PM2.5の発生時期のピークも3月から5月である。この時期は、窓を開けて自然な風を利用できる最も爽やかな季節である。しかしながら、花粉やPM2.5が問題となり、この時期には、家庭の窓を閉め切り、エアコンの稼働が余儀なくされている。また、室内に設置する空気清浄機も日々改良されているが、季節や気候によって変化する自然の風には及ばないのが現状である。

そこで、本研究では、スギやヒノキの花粉、PM2.5を通過させず、自然の風を自由に通過させる窓「プラズマウインド」を開発する。また、湿度に対して自然に反応し、自動でプラズマやマイナスイオンを生成できる能力を与え、梅雨時などの湿度が高い日には、室内へ取り込む風にマイナスイオンを含むように構築する。

現在のところ、窓に機能を与えた前例はなく、このプラズマウインドが最初の適用例になる。また、このプラズマウインドは、十分な通気性を確保した状態で、静電場を利用して花粉やPM2.5を遮蔽できることが特徴である。この窓を家庭に設置することにより、付加価値の高い自然の爽やかな風を室内に導入できるとともに、ヒトに安全な空気を提供できると期待される。

3. 研究の方法

プラズマウインドの構築

効率的に花粉・PM2.5を遮蔽できる装置を開発する。

花粉・PM2.5を効率的に捕捉する電極の配置方法を調査する。

電極の配置間隔について検討する。

花粉・PM2.5を捕捉するための絶縁被覆材質と電極間隔を調査し、最終的には電圧と風通しを考慮して電極の間隔を決定する。

電極の形状と捕捉効果について検討する。

花粉・PM2.5だけでなく、微小生物・煙なども効率的に捕捉するための電極の間隔と形状、並びに絶縁被覆材の材質を決定する。

電圧とプラズマ・マイナスイオンの生成効果について検討する。

プラズマ・マイナスイオン生成能力の高い電圧を決定し、必要最小限の電圧を求める。

プラズマウインドの設置方法と捕捉効果の検討

プラズマウインドのプロトタイプを製作し、モデルハウスへの設置を検討する。

プラズマウインドの設置方法・設置場所と捕捉効果を検討する。

モデル住宅におけるプラズマウインドの設置位置、場所等を検討する。

風速と捕捉効果の関係を検討する。

プラズマウインドの捕捉効果と風速・温度・湿度との関係の評価し、最終的にプラズマウインドを構成する電極間隔の適正化を行う。

捕捉できる生物・物体の種類と電極の形状、電圧の関係を検討する。

プラズマウインドの設置と対象とする生物・物体に対する効果を検討する。

プラズマウインドを設置したモデル住宅における長期間の稼働と問題点の発掘

プラズマウインド設置したモデルハウスと未設置のモデルハウスにおいて効果を比較する。

プラズマウインドの設置によるスギ花粉の屋内進入数を計測し、その効果を実証する。

気温、湿度、風、天候の変化が捕捉効果に及ぼす影響を検討する。

気温、湿度、風、天候の変化がプラズマ・マイナスイオン生成に及ぼす影響を調査する。

長期間の稼働によるデータ解析とメンテナンスの必要性を検討する。

モデルハウスにおけるプラズマウインドの効果を検討

モデル住宅へのプラズマウインドの設置と室内環境の改善効果を検討する。

現地のモデル住宅においてプラズマウインドを設置して屋内における環境を調査し、改善すべきポイントを調査する。
 プラズマウインドの設置による環境改善効果と節電効果を調査
 プラズマウインド設置住宅の状況および未設置住宅状況について、電力消費を比較し、最終的にその経済評価を行う。

4. 研究成果

花粉捕捉型およびPM2.5捕捉型のプラズマウインドのマイナスイオンおよびプラズマの生成能力を調査した。その結果、マイナスの電圧を与えるとマイナスイオンが生成され、プラスとマイナスの電圧を交互に与えるとプラズマが生成され、それらの生成量は電圧に比例して増加することが明らかとなった。

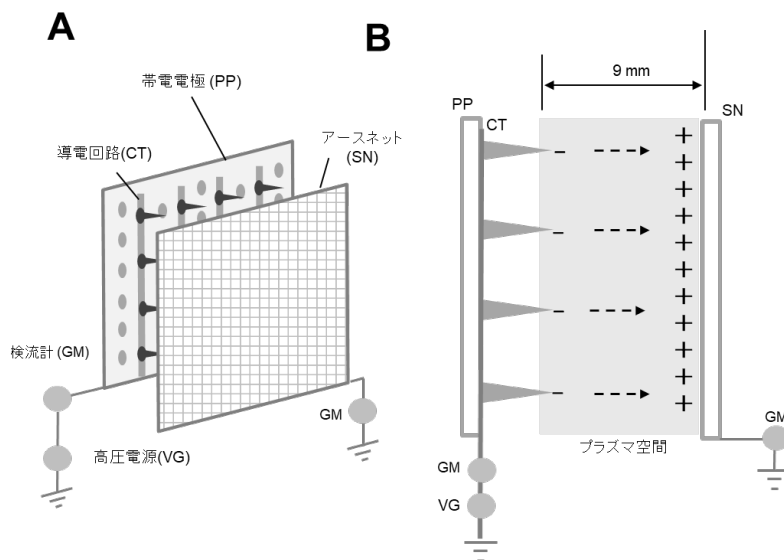


図1. 花粉及びPM2.5を遮蔽する装置の構造

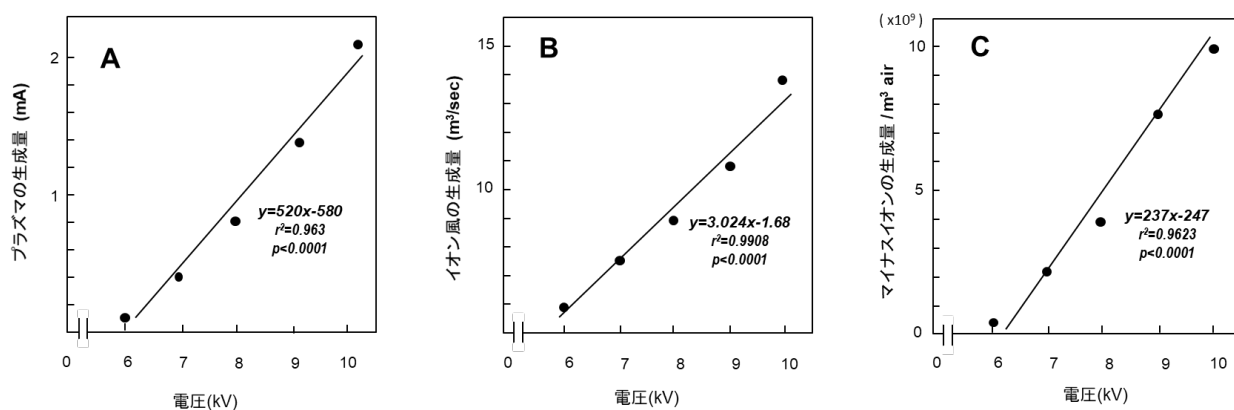


図2. 印加する電圧がプラズマウインドから生成されるプラズマ (A) イオン風 (B) マイナスイオン (C) の生成量に及ぼす効果

プラズマウインドを住宅の窓や換気口に設置を目的として、対応したサイズのプラズマウインドの製造にも取り組んだ。花粉遮蔽効果については、花粉モニターを室内に設置し、プラズマウインドを設置した場合と設置していない場合を比較することで効果の確認を行った。また、タバコの煙やPM2.5の遮蔽効果については、電極の材質と構造、電極の配置パターンを変更し、換気扇型として完成させた。さらに、同時に生成されるマイナスイオンやプラズマについてもイオンモニターを用いて確認した。

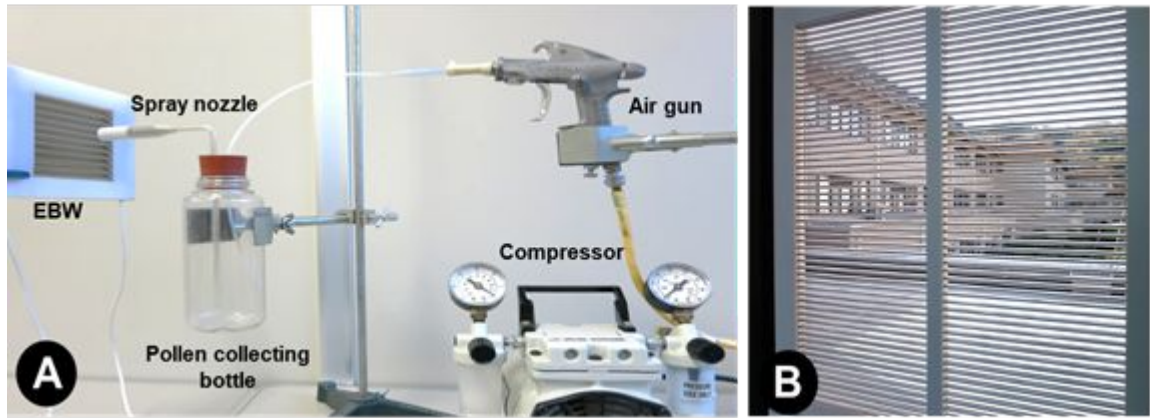


図3．花粉およびPM2.5の捕捉効果を検討する装置(A)と実験室の窓に取り付けたプラズマウインド(B)

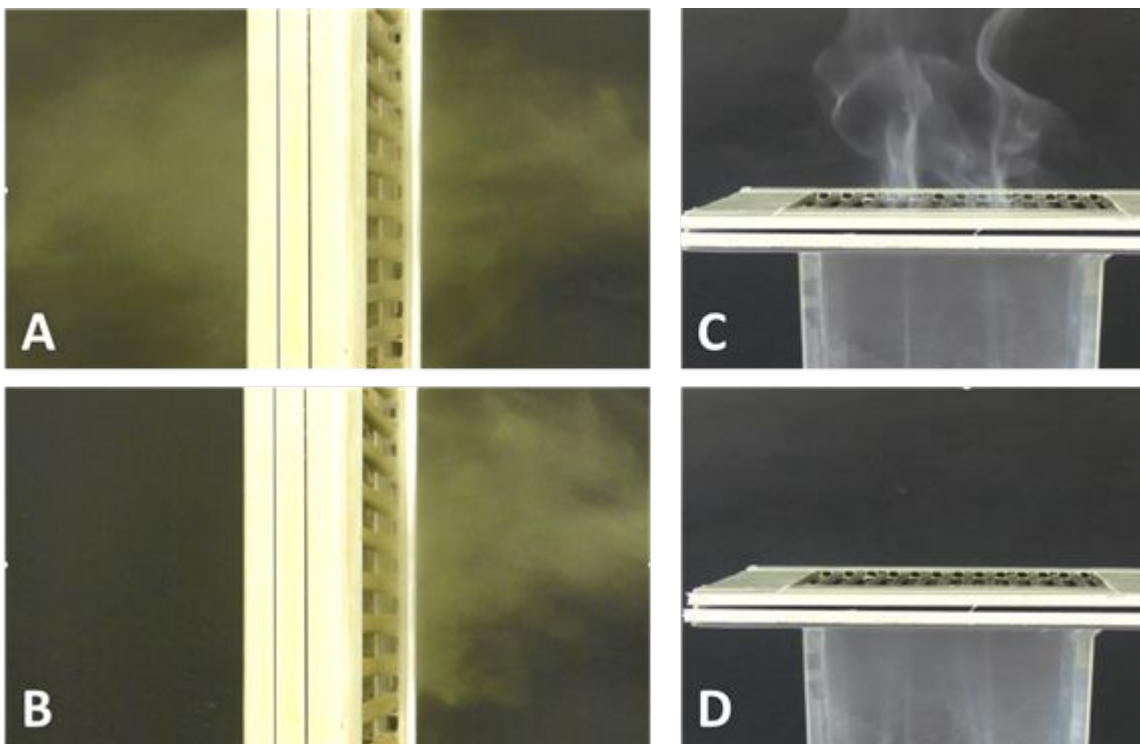


図4．プラズマウインドによる花粉の遮蔽効果試験(AとB)およびタバコの煙の遮蔽試験(CとD)

以上の結果は、International Journal of Environmental Research and Public Health (スギ花粉の捕捉) および Instruments (PM2.5の捕捉) に投稿し、公表されている。

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 9 件)

- 1) Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Takikawa Y, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. A Simple Electrostatic Device for Eliminating Tobacco Sidestream Smoke to Prevent Passive Smoking. Instruments. 2:13-22. 2018. 査読有
doi.org/10.3390/instruments2030013

- 2) Kakutani K, Matsuda Y, Nonomura T, Takikawa Y, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. Electrocuting of mosquitoes in a piggery by a novel electrostatic window screen to minimize mosquito transmission of Japanese encephalitis virus. 7:47-50. 2018. 査読有
<https://wwjournals.com/index.php/ijsr/article/view/4473>
- 3) Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Takikawa Y, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. Selective electrostatic eradication of *Sitophilus oryzae* nesting in stored rice. Journal of Food Technology and Preservation. 2:15-20. 2018. 査読有
<http://www.alliedacademies.org/articles/selective-electrostatic-eradication-of-sitophilus-oryzae-nesting-in-stored-rice-10076.html>
- 4) Matsuda Y, Toyoda H. Novel electrostatic devices for managing biotic and abiotic nuisances in environments. Open Access Journal of Science. 2:337-353. 2018. 査読有
<https://medcraveonline.com/OAJS/OAJS-02-00096.pdf>
- 5) Takikawa Y, Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. Elimination of whiteflies colonising greenhouse tomato plants using an electrostatic flying insect catcher. International Journal of Current Advanced Research. 6:5517-7721. 2017. 査読有
10.24327/ijcar.2017.5521.0742
- 6) Takikawa Y, Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. Successful single-truss cropping cultivation of healthy tomato seedlings raised in an electrostatically guarded nursery cabinet with non-chemical control of whiteflies. Global Journal of Pests, Diseases and Crop Protection. 5:269-275. 2017. 査読有
https://researchmap.jp/?action=cv_download_main&upload_id=138519
- 7) Takikawa Y, Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. Electrostatic Elimination of Fine Smoke Particles by a Newly Devised Air Purification Screen. International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences. 5:17-23. 2017. 査読有
<http://www.ijsrpub.com/ijres-archived-articles/2017/461-feb/600-ijres-16-111>
- 8) Takikawa Y, Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. An Electrostatic-Barrier-Forming Window that Captures Airborne Pollen Grains to Prevent Pollinosis. International Journal of Environmental Research and Public Health. 14:1-5. 2017. 査読有
10.3390/ijerph14010082
- 9) Kakutani K, Matsuda Y, Nonomura T, Takikawa Y, Okada K, Shibao M, Miyama K, Yokoo S, Kusakari S, Toyoda H. An Electrostatic Nursery Shelter for Raising Pest and Pathogen Free Tomato Seedlings in an Open-Window Greenhouse Environment. Journal of Agricultural Science. 8:13-25. 2016. 査読有
10.5539/jas.v8n4p13

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 1 件)

Matsuda Y, Kakutani K, Nonomura T, Takikawa Y, Xu. Ling, Kusakari S, Toyoda H.
An illustrated Manual of Electric Field Screens - Their Structures and Functions.
RAEFSS Publishing Department. 2019. pp112.

〔産業財産権〕

出願状況(計 4 件)

名称：微小粒子状物質捕捉装置

発明者：松田克礼・角谷晃司・野々村照雄・瀧川義浩、他

権利者：学校法人近畿大学・大阪府・アース環境サービス株式会社

種類：特願

番号：2017-135600

出願年：2017年7月11日

国内外の別：国内

名称：花粉粒捕捉装置

発明者：松田克礼・角谷晃司・野々村照雄・瀧川義浩、他

権利者：学校法人近畿大学・大阪府・アース環境サービス株式会社

種類：特願
番号：2017-135599
出願年：2017年7月11日
国内外の別：国内

名称：静電殺虫方法及び静電殺虫装置
発明者：松田克礼・角谷晃司・野々村照雄・瀧川義浩、他
権利者：学校法人近畿大学・大阪府・アース環境サービス株式会社
種類：特願
番号：2018-10186
出願年：2018年1月25日
国内外の別：国内

名称：害虫防除用静電場スクリーン
発明者：松田克礼・角谷晃司・野々村照雄・瀧川義浩、他
権利者：学校法人近畿大学・大阪府・アース環境サービス株式会社
種類：特願
番号：2018-10187
出願年：2018年1月25日
国内外の別：国内

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

静電場スクリーン研究会
<http://www.electric-field-screen.org/>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：
ローマ字氏名：
所属研究機関名：
部局名：
職名：
研究者番号（8桁）：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。