

紫外線とプラズマの完全同時照射による大面積殺菌処理 Large Area Sterilization Treatment by Simultaneous UV and Plasma Irradiation

劉智志¹⁾, 大澤泰樹¹⁾, 松村有里子²⁾, 岩澤篤郎²⁾, 沖野晃俊¹⁾

(1) 東工大・未来研, (2) 東京医保大・大学院

Zhizhi Liu¹⁾, Taiki Osawa¹⁾, Yuriko Matsumura²⁾, Atsuo Iwasawa²⁾ and Akitoshi Okino¹⁾

(1) FIRST, Tokyo Institute of Technology, (2) Tokyo Healthcare University

背景と目的

近年、大気圧下で室温から100℃程度の低温プラズマを利用できるようになったため、接着強度向上などの工業分野だけでなく、殺菌、止血、細胞活性化といった生命科学分野にも応用され始めている。大気圧下で大面積なプラズマを生成する方法として、誘電体バリア放電(Dielectric Barrier Discharge: DBD)が広く用いられている。DBDでは、対向する電極板の片側または両側の表面にガラスなどの誘電体を配置して電極間に交流の高電圧を印加することで、平面状のプラズマを生成する。大気圧下で、数10 cm角、厚さ数mmのプラズマを形成できるため、紙幣などの殺菌処理に有利な方法として使用されている。しかし、誘電体によって放電電流を制限するDBDでは、高密度のプラズマを生成する事は原理的に困難であるため、殺菌処理に寄与する活性種の濃度が低く、高速の殺菌処理を実現できなかった。そこで我々は、プラズマと紫外線を完全に同時照射できる装置を開発した。深紫外線はプラズマと類似に、殺菌効果が得られるため、同時照射によって処理速度の向上が期待できる。また、LEDの入手できる280 nm程度の紫外線では基底状態の気体を励起・イオン化する事は困難であるが、プラズマ中で励起された原子や分子であれば、この紫外線照射によって上位準位への励起やイオン化を促進することでプラズマをより高エネルギー状態にできると考えられる。本研究では、この装置を用いた大面積殺菌処理の効果検証を行った。

完全同時照射装置

試作した紫外線とプラズマの完全同時照射装置の概略を図1に示す。この装置では、DBD装置の上部電極を、金属板ではなく塩化ナトリウム水溶液を用いた透明電極にした。これにより、プラズマと処理対象に光を照射する事が可能にした(特許申請中)。また、プラズマを上方から観察や分光測定することもできる。

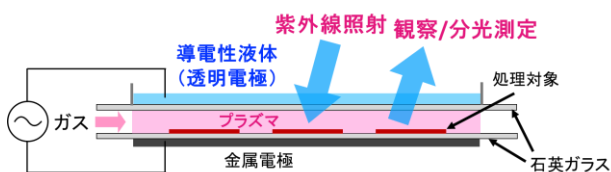


図1 紫外線とプラズマの完全同時照射装置の概略

上部のガラスは石英ガラスとしたため、280 nmの紫外線を透過することができる。試作した装置のプラズマの生成領域は120×120 mmであり、ガラス間の距離は3 mmとした。

紙幣への大面積殺菌処理

紫外線に照射されたプラズマの分光特性変化の一例は図2に示す。酸素プラズマの場合、紫外線の同時照射によるO (I) 777.194 nmの発光強度が約16%低下した。これは紫外線照射によって電子遷移が発生したと考えられる。その他、空気プラズマにも分光特性の変化が確認された。そこで、酸素または空気プラズマと紫外線の同時処理効果を調査した。

プラズマ照射のみ、紫外線照射のみと同時照射による殺菌効果をそれぞれ調べた。100 μL黄色ブドウ球菌(約10⁸ CPU/ml)の菌液を30 cm×30 cmの模擬紙幣に塗布して、紙幣は透明電極の下側に配置された。プラズマ生成部には5 L/minの酸素ガスを流し、約22 kV、50 Hzの交流高電圧を印加してプラズマを生成した。紫外線光源には、出力3.3W、中心波長282 nmのLEDを使用した。紫外線の照射距離を60 mmとし、紙幣及びプラズマの全域に照射した。処理後の紙幣を10 mL回収液に投入し、ボルテックスの振動により紙幣上の付着菌を回収した。その後、回収液を100 μL採取し、100 μLのLB培地と混合したのち段階希釈を行い、コロニーカウントにより生存菌数を評価した。

発表では、紫外線と空気プラズマの同時照射による殺菌効果についても報告する。

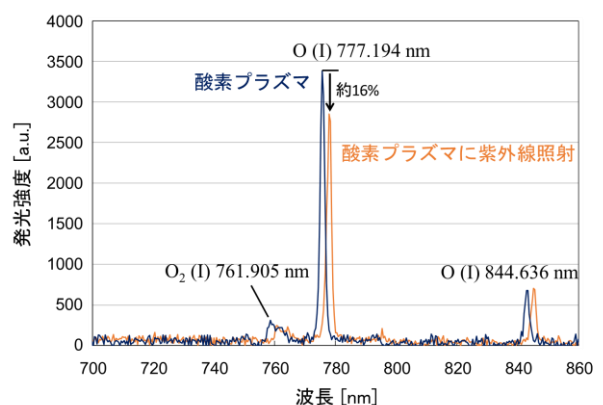


図2 紫外線に照射された酸素プラズマの分光特性変化