

大気圧プラズマを照射した皮膚炎患部のバイオルミネセンスによる非接触診断 Noncontact Diagnosis by Bioluminescence of Dermatitis Diseased Part Where Atmospheric Pressure Plasma Was Irradiated

平田孝道¹, 神野綺羅¹, 小林千尋¹, 西寫暁生^{3,2,1}, 藤本幸弘^{2,1}

HIRATA Takamichi¹, JINNO Kira¹, KOBAYASHI Chihiro¹, NISHIJIMA Akio^{3,2,1}, FUJIMOTO Takahiro^{2,1}

¹東京都市大工、²クリニック F、³筑波大学形成外科

¹Tokyo City Univ., ²Clinic F, ³Tsukuba Univ.

我々は生体への熱的かつ電磁的ダメージが極めて低い大気圧プラズマ源を用いた生体組織・細胞への直接照射を行い、再生医療も視野に入れた“プラズマ医療”に関する基礎実験及び評価・分析を行っている。特に、熱傷、慢性皮膚炎などのプラズマ治療効果を検証するためには目視観察や生化学検査が主体となっているが、生体に対して非接触かつ非侵襲にて測定を行うことが極めて困難である。さらに、皮膚炎における酸化ストレスについては炎症由来のものと、プラズマ生成物由来の2種類が考えられるため、由来別の生化学的評価を行うことが重要である。

ただし、従来の造影剤による評価の場合でも試薬を添加（投与）する必要があるために注射針を刺す等の外的ストレスを与えずに正確な評価を行うことが困難になる場合もある。そこで物質もしくは生体から発せられる微弱発光（生体発光）に着目した。更に、多少の侵襲はあるが、有機・無機ポリマー及びナノ微粒子等を用いた多波長励起蛍光を組み合わせることにより、評価精度の更なる向上が可能であると考えている。

一方、人体及び植物体からは、生体反応に伴って非常に微弱な光：「極微弱発光」が放出されている。これは反応系の分子が励起状態から基底状態になる際に生じる微弱な光である。一方、食品分野においても魚、食肉、米、食用油などの劣化から自発的に発生する光、すなわち「極微弱発光現象」は一般的に化学発光（極微弱化学発光）の1種であり、脂質やタンパク質などの酸化や加熱酸化に伴う現象である。その中でも生物がその生命活動に伴って放射している自発的発光：「バイオフィトン」は紫外から可視、近赤外領域を含む360～850 nmの発光波長範囲を有するが、その発光強度は極めて微弱（ $\sim 10^3$ photon/sec $\cdot$ cm²）であり、ホタル、クラゲ、夜光虫等と比べて10万分の1以下である。

以上の背景から、我々は、近年注目されつつある光量子（フォトン）を含むバイオルミネセ

ンスを用いて、酸化反応に起因した皮膚炎患部の酸化ストレス状態を非接触で診断することにより、治療メカニズムの解明に直結させるための実験・評価を行っている。

一過性の皮膚炎症状態を再現するため、炎症部位形成にはレーザー光をドット形式で格子状に照射するフラクショナル方式炭酸ガス（CO₂）レーザーを用いた。このレーザーは、10～100 μ m程度の真皮に達する円柱状の立体的熱凝固を起こすため、非常に均一な炎症部位の形成が可能である。

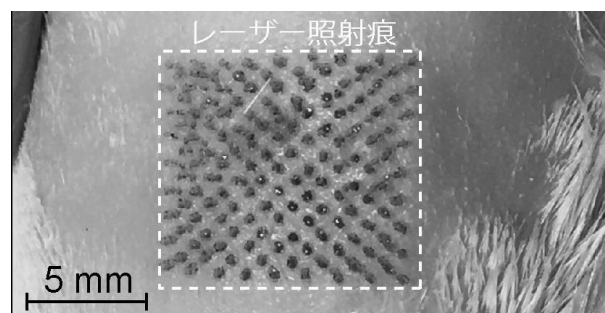


図1：ラット皮膚表層のレーザー照射痕

バイオルミネセンス計測の結果、炎症部位からは炎症における酸化ストレスに起因した放射輝度（光源から放射された皮膚表面における輝度）：600-1000 p/sec/cm²/srのバイオフィトンが観測された。

更に、血管造影による評価も行った結果、レーザー未処理の皮膚においては表層血管による蛍光が観測されたが、レーザー処理後の皮膚表層には血管は見られなかった。従って、今後のプラズマ照射による炎症治療過程において重要である血管新生の評価も行うことが可能であるといえる。

ラット及びマウスを用いた実験の詳細に関しては、講演にて述べる。

バイオフィトンに関してご助言を頂いた東北工業大学 電気電子工学科 小林正樹教授に深謝いたします。