ヒト体表におけるバイオフォトン発光と遅延発光の分光的比較

Spectral Comparison of Biophoton Emission and Delayed Luminescence of Human Skin

東北工業大学[1] ○(B) 岩佐 琥偉, 小林 正樹
○Torai Iwasa, Masaki Kobayashi (Tohoku Institute of Technology)
E-mail: s1311209@st.tohtech.ac.jp

1.はじめに

生命活動に伴って生体から自発的に放射されるバイオフォトン発光は、10^{-16}W/cm^2 程度以下の極微弱な発光である。生体内での生化学反応過程において、化学的に励起された生体物質に由来する発光である。活性酸素種が関与していることから, 生体の酸化ストレス状態の指標となりうる。しかし、その発光メカニズムや発光分子種は複雑かつ多岐にわたるため、不明な点も多い。発光分子種を同定しメカニズムを推定するためには、分光分析が必要であるが、その発光強度が微弱であるため、従来は光学フィルターによる分光手法が専ら用いられてきた。経時変化を伴う発光を分光分析するためには、同時多波長分光が必要であるため、われわれはバイオフォトン分析のための高感度ポリクロメータを開発した[1, 2)]。これを用い、前報ではヒト指皮膚からのバイオフォトン発光を分光分析し、その主要な発光領域が 600nm 付近にあることを明らかにした[1)]。また、皮膚は、太陽光や室内光などの環境光の影響により、極微弱な遅延発光を示すことが知られており、酸化ストレスとの関連も議論されている。本報では、両者の発光スペクトルを計測し、そのパターンの相違について検討したので報告する。

2.高感度ポリクロメータ

高感度ポリクロメータは、透過型回折格子、およびこの目的で試作した F/1.0 レンズ系、超高感度冷型 CCD 検出系からなる。バイオフォトン発光は、可視波長域全域にわたりブロードなスペクトル分布を示すことから、波長分解能よりも明るさを重視し、スペクトルパターンとして特徴抽出することを目的として開発した。分光計測領域は 450~750nm である。

3.実験方法

バイオフォトンの計測は、右手人差指先端の腹側で行った。被験者は、分光計測システム暗箱に腕を挿入し、入射スリット直下に指を保持したまま、CCD 蓄積時間 20 分で計測を行った。測定に際しては、照明などの環境光による遅延発光の影響を排除するため 20 分間暗室に待機してから計測を行った。その後、遅延発光の分光計測を行った。青色 LED (波長 467nm、光強度 13mW/cm^2) を 3 分間照射 (2.3J/cm^2) し、照射終了後 10 秒から CCD 蓄積時間 5 分で計測を行った。被験者は喫煙歴や皮膚疾患のない 20 代の男性 2 名とした。

4.実験結果と考察

光照射による遅延発光強度を、照射エネルギーの違いにより比較した結果を Fig. 1 に示す。遅延発光は約 15 分で減衰し、照射前の発光レベルとなったが、ここでは 5 分間の積算値で発光強度を比較した。2.3J/cm^2 照射時の遅延発光は、非照射時のバイオフォトン発光に比較して約 5 倍の発光強度となった。計測された発光スペクトルを発光ピーク値で正規化して比較した結果を Fig. 2 に示す。両者の発光波長は 450~750nm に分布しているが、バイオフォトン (LED 光照射前) と遅延発光 (LED 照射後) では発光スペクトル分布に相違が認められる。バイオフォトン発光の主要な波長領域は 550~650nm にあり、遅延発光の主要波長領域は 600~700nm である。皮膚への光照射は、皮膚に内在する蛍光性色素の光増感反応を誘導し、活性酸素種の産生を促す。これが遅延発光の一因となっているとも考えられている。一方、光照射によらない自発的なバイオフォトン発光では、生化学反応過程で生じた活性酸素種による脂質過酸化過程などを経て生成される励起分子種や、そのエネルギー移行を受けて励起状態となる蛍光性色素が発光種として想定されている。ヒト皮膚は、表皮と真皮に大別されるが、表皮基底層は色素細胞により生成されるメラニン、真皮はコラーゲンやエラスチンなどが内在しており、またそれ以外にも表皮を構成する各層に主要に内在する蛍光性物質が異なる。ここで得られた両者のスペクトルパターンの差異は、それぞれの発光に寄与する蛍光性色素の分布やその深度の違いを反映したものと推察され、皮膚酸化ストレス診断への応用の可能性を示唆するものといえる。

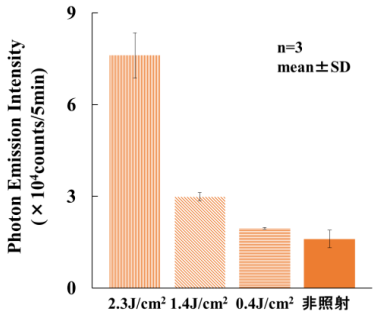

Fig. 1 青色 LED 光照射後 5 分間の極微弱発光強度の照射エネルギーの違いによる比較

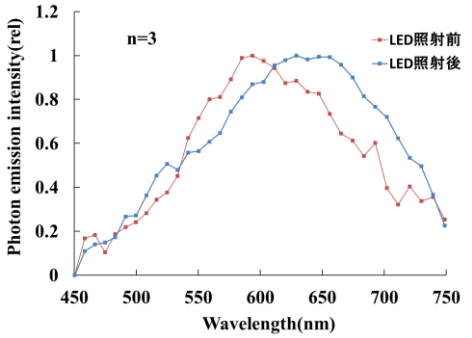

Fig.2 バイオフォトン発光(LED 照射前)と遅延発光(照射後)の発光スペクトル分布の比較

参考文献：1) 岩佐, 佐藤, 及川, 小林, 第 63 回応物春季学術講演会, 21p-s422-5 (2016)
2) M. Kobayashi, T. Iwasa, M. Tada, *J. Photochem. Photobol. B:***159**, 186-190 (2016)

© 2017年 応用物理学会