

キュウリにおける極微弱生物光の発光機構

Research on Emission Mechanisms of Biophotons from Cucumber

小久保秀之^{1,2}、山本幹男^{1,2}

Hideyuki KOKUBO and Mikio YAMAMOTO

¹ 国際総合研究機構 生体計測研究所 (日本、千葉)

² 東邦大学理学部 心と生命の環境学研究センター (日本、船橋)

¹ Institute for Living Body Measurements, International Research Institute (Chiba, Japan)

² Center for the Environmental Study of Life and Mind, Faculty of Science, Toho University (Funabashi, Japan)

要旨: キュウリなどの植物体に傷をつけると、その傷口から通常よりも非常に強いバイオフィトン(極微弱生物光)が発せられる。切断したキュウリの自然発光には複数のメカニズムの存在することが想定された。本研究では、キュウリの生物光の発光機序を検討し、1) アスコルビン酸の酸化反応、2) スミレ葉アルデヒドなどの緑の香りの生合成反応、3) 緑の香りの生合成反応に誘発される別種の生体防御反応の3種を主な発光起源と推定した。キュウリ切片に、 α -リノレン酸、リノール酸、アスコルビン酸オキシダーゼ、脂質過酸化酵素を添加すると発光強度が増したことから、1), 2)の反応系の発光が確認された。3)の反応の発光の確認と、1), 2)の発光が自然発光に占める割合の同定が、今後の課題として残った。

Keywords: バイオフィトン、白いぼキュウリ、発光機構、ヒーリング、緑の香、ビタミンC

1. はじめに

ダイズ種子などの植物体に傷をつけると、その傷口から通常よりも非常に強いバイオフィトン(極微弱生物光)が発せられることが知られている。筆者らは、切断したキュウリ切片から発せられる生物光を使って、いわゆる手かざしと呼ばれる非接触ヒーリングの効果を定量測定する標準測定法を開発してきた¹⁻⁶⁾。

Fig. 1 は、これまでに報告した非接触ヒーリングのデータのうち、加算可能な102データを使って示した発光強度の時間推移である⁵⁾。切断したキュウリの発光強度は、最初の4時間(Phase I)の立ち上がり部と、5時間目以降(Phase II)とで様相が異なっている。特に、Phase Iでは実験試料と対照試料の発光強度にほとんど差がないのに対し、Phase IIになると顕著な差が生じる。これは、Phase IとPhase IIが別種の反応系であること、また、非接触ヒーリングはPhase Iの反応には影響せず、Phase IIの反応に直接または間接的に影響することを示している。なお、Phase IIも、時

間経過とともに、さらに異なる反応が生じている可能性があるため、便宜的に10時間目以降をPhase IIIとして分けて考えることができよう。

本研究は、切断したキュウリから自然に発せられる生物光がどのような反応から生じているかを検討し、それを同定することを目的に行った⁷⁾。

2. 反応系の候補

筆者らの使用する極微弱光計測装置 C2400-47(浜松ホトニクス)の測定波長は280-650nm(感度: 60mA/W at 400nm)であり、近赤外領域を測定できない。また、測定試料とレンズとの距離が250mmと離れているため、非常に強い発光のみが観測される。この2点を考慮の上、検討した結果、次の反応系が有力候補として考えられた。

2-1 ビタミンCの酸化

キュウリ100g中にアスコルビン酸(ビタミンC)が14mg存在する(五訂食品成分表)。キュウリにはアスコルビン酸の酸化酵素であるアスコルビン酸オキシダーゼ(ASOD)も含まれており、キュウリの切断によって空気中の酸素が細胞質に触れると、ASODが活発化し、アスコルビン酸を酸化させる。この過程で強い発光が起こると考えられる。

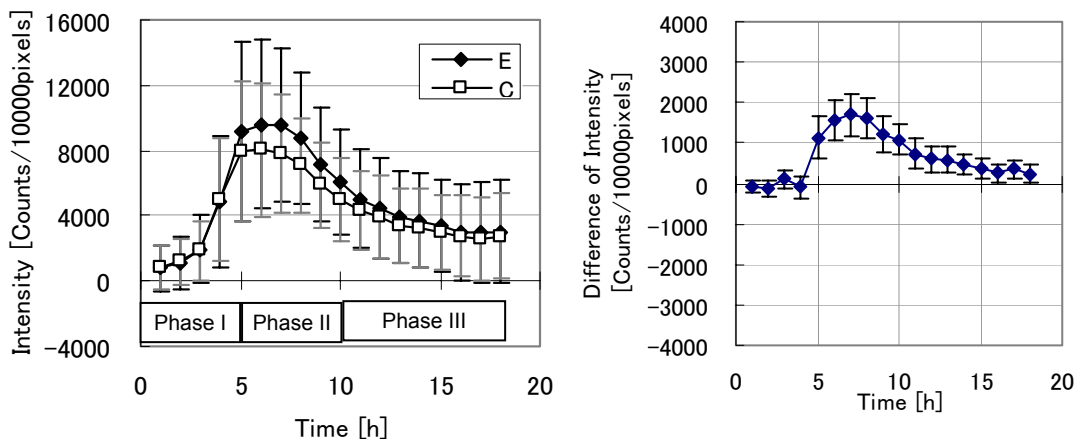


Fig. 1 左：ヒーリング処理試料 (E) と対照試料 (C) の発光強度変化と標準偏差
 右：発光強度の差 (E-C) と 95%信頼区間 (小久保&山本、文献5より)

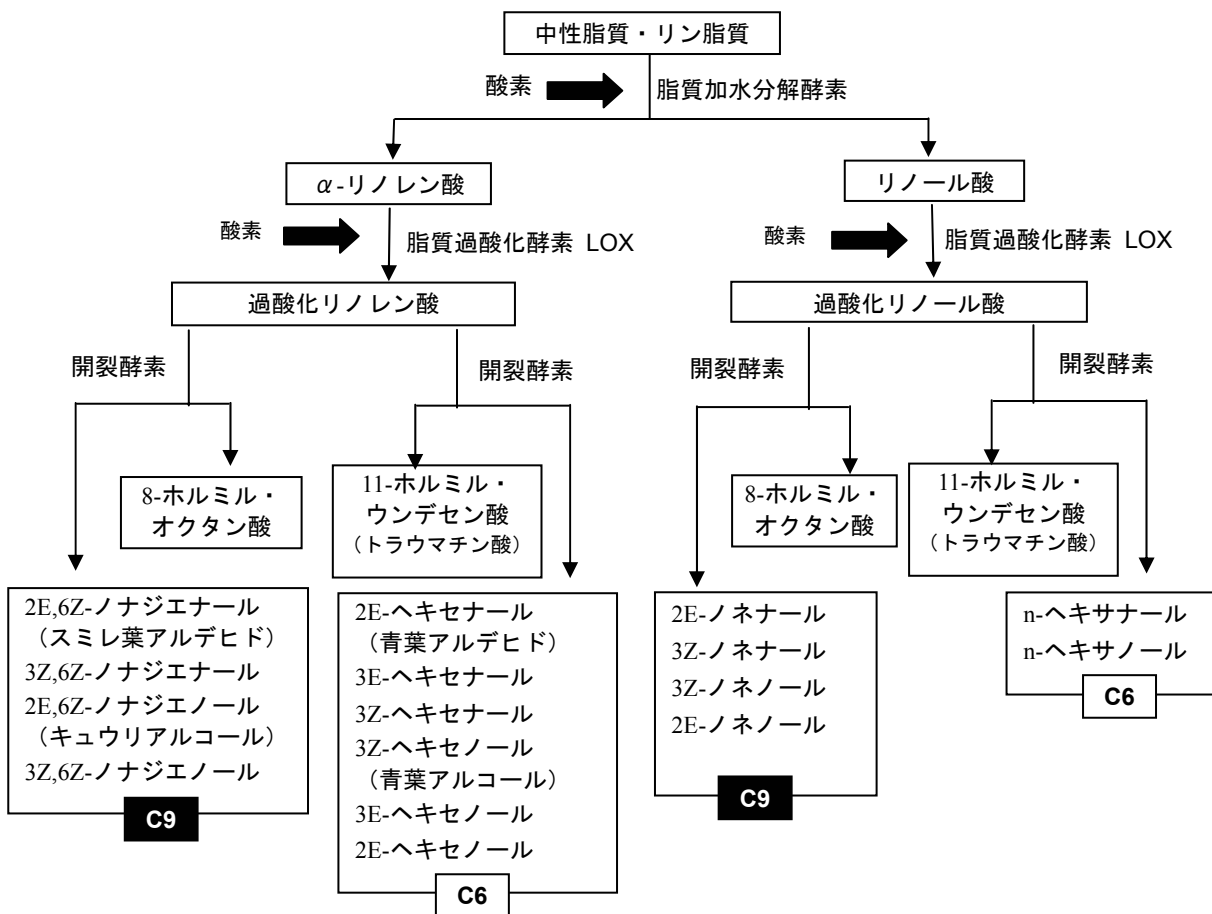


Fig. 2 キュウリの C9, C6 物質の生合成反応

2-2 緑の香りの生合成反応

キュウリの香りを初めとする緑の香りの生合成反応は、すでに多くの研究者によって詳細に調べられている。ここでは、畑中の成書⁸⁾を基に検討する。

キュウリを切断して空気中の酸素が細胞質に触れると、脂質加水分解酵素（リパーゼ）が働いて中性脂質・リン脂質が分解され、 α -リノレン酸とリノール酸が遊離する α -リノレン酸、リノール酸に、直ちに脂質過酸化酵素（リボキシゲナーゼ：LOX）が作用して過酸化リノレン酸、過酸化リノール酸となる。キュウリの LOX は、細胞内に溶けている。さらに開裂酵素（脂肪酸ヒドロペルオキシドラーゼ：Fatty acid hydroperoxidelyase, HPOL）が作用して過酸化リノレン酸、過酸化リノール酸から主として揮発性の C9 アルデヒドとアルコール、C6 アルデヒドとアルコールが生成される（Fig. 2）。キュウリの香りの主成分は、C9 アルデヒドのノナジエンアル（スミレ葉アルデヒド、52.6%）である。

この緑の香りの生合成反応は、植物体が昆虫の食害を受けたり、病気に犯されたときに、最初に起こる生体防御反応であり、キュウリだけでなく他の多くの植物でも広く見られる反応である。また、スミレ葉アルデヒドや青葉アルデヒドは強力な殺菌物質であると同時に、病害・食害が起こったことを他の個体に知らせる情報伝達物質でもある。

2-3 緑の香りの反応に誘導される生合成反応

緑の香りの反応によって生成された物質は、植物のもつ他の防御反応系を誘発する。たとえば除虫菊では、青葉アルコール、青葉アルデヒド、3Z-ヘキサナール、青葉アルコールのアセテートがテルペン生合成を誘発し、ピレトリン（除虫菊の殺虫成分）が合成される⁸⁾。キュウリにおいても、同様に、緑の香りの反応とは別種の生体防御反応が誘発されると推測され、そこからの発光も捕らえている可能性がある。

ただし、キュウリにおいては、この種の反応系の研究が、まだあまり進んでいないようである。このため、本稿では詳しい検討を割愛する。

3 加熱実験

実験は、まず、酵素反応であることを確認するために、キュウリを加熱して酵素を失活させる加熱処理を行った。キュウリ試料の切り出し方、試料の配置法、バイオフィオンの測定手順などは、筆者らの開発した標準測定法に従った^{2,5)}。キュウリ

個体は、電子レンジ（大宇電子ジャパン、DMW-95D2）で、81 秒、60 秒、30 秒間加熱した。

Fig. 3 は、加熱後に作成したキュウリ試料（n=8）の 18 時間の発光強度変化である。加熱時間 30 と 60 秒では、測定時間 10 時間以降で、非加熱処理群より発光強度が高くなった。ただし、発光強度の増大は果肉部では起こらず、胎座部（中心部）で起こった。

Fig. 4 に、30 秒加熱した場合の前半 9 時間と後半 9 時間の累積画像と、果肉部、中心部（胎座部）の発光強度推移を示す。中心部の発光は時間と共に強くなることから、電子レンジの加熱効果が集中する中心部で組織損傷が大きくなり、空気中の酸素が内部に浸透しやすくなったためと考えられる。

加熱時間 81 秒では発光が起こらなくなった。

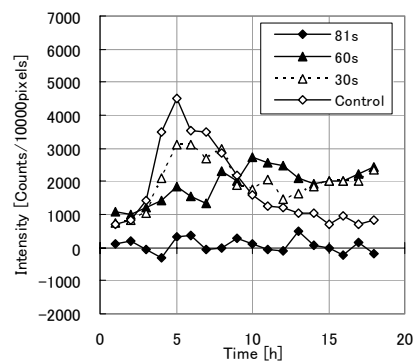
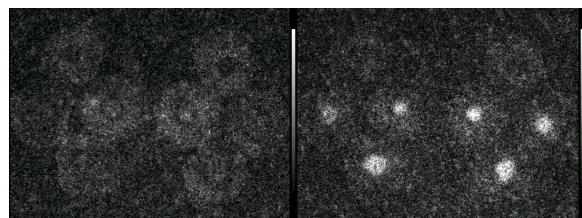
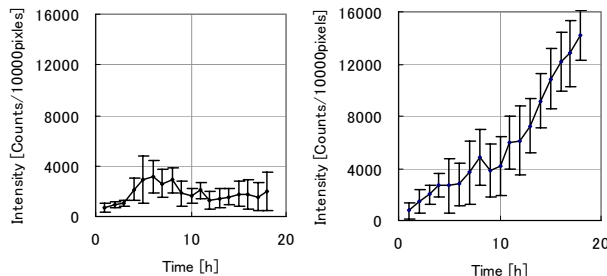


Fig. 3 加熱処理および無処理（対照）の発光強度の時間推移



a) 前半 9 時間 b) 後半 9 時間



c) 果肉部の発光変化 d) 中心部の発光変化

Fig. 4 加熱 30s の場合

4 添加実験

加熱実験によって、筆者らの測定系で観測している生物光が、酵素反応に起源をもつことが確認できたことため、次に、キュウリ切片にリノール酸、または α -リノレン酸を与えた場合、アスコルビン酸の酸化酵素（アスコルビン酸オキシダーゼ：ASOD）を与えた場合、および、脂質過酸化酵素（リポキシゲナーゼ：LOX）を与えた場合を調べた。

実験は2007年9月下旬から11月下旬にかけて行った。キュウリ試料の切り出し方、試料の配置法、バイオフィotonの測定手順などは、筆者らの開発した標準測定法に従った。

4-1 α -リノレン酸・リノール酸

ポリエチレン製の使い捨て丸スポイト（容量1ml）を用いて、 α -リノレン酸（ナカライテスク、化学用）の原液をキュウリ切片に各1滴ずつ滴下し（各0.05ml）、スプーンの皿の底で試料表面に塗り広げた。また、 α -リノレン酸と空気中の酸素の直接反応による発光の可能性を調べるために、 α -リノレン酸の原液を小ペトリ皿に10滴ほど入れ、キュウリ試料と同時に測定した。同様の手順で、リノール酸（和光純薬、化学用）の測定も行った。

4-2 アスコルビン酸オキシダーゼ（ASOD）

キュウリ由来のASOD（オリエンタル酵母工業、ASOD-03、800units/3.7mg）に蒸留水1mlを加え、振盪し、数分間静置した後、水溶液0.5mlを実験4試料にスポイトで滴下し、スプーンの皿の底で試料表面に塗り広げた（100units/sample）。対照4試料には蒸留水0.5mlを滴下し、スプーンの皿の底で試料表面に塗り広げた。また、残りのASOD水溶液に蒸留水0.5mlを加えて、濃度50units/sampleの条件でも測定した。

4-3 脂質過酸化酵素（LOX）

キュウリ由来のLOXが入手できなかったため、キュウリのLOXと同じ ω 6位特異性をもつ（ ω 6位の炭素に酸素を付加する）大豆由来のLOX（Cayman Chemical、15-Lipoxygenase, soybean P1, 26.9M units/ml）を使用した。最初に、LOXを室温で解凍した後、蒸留水で希釈し、6500 units/sampleで実験したが、キュウリそのものの発光が非常に弱く、測定に失敗した。冬場のキュウリは夏場のキュウリに比べて発光強度が頂点に達するまでの時間がやや長いだけでなく、発光強度そのものも夏場よりやや弱い。このため、 -20°C で保存しておいた残りのLOXを50時間後に室温で再び解凍して再実験を行った。LOXの活性保持

時間は -8°C で12時間であり、活性がかなり低下していると考えられたため、原液をキュウリ試料に各2滴ずつ（各1ml）スポイトで滴下し、スプーンの皿の底で試料表面に塗り広げて測定した（2.4 Munits/sample）。他の実験と時間を調整する必要があったため、LOXのみ、生物光の測定時間を12時間に短縮した。

4-4 結果

α -リノレン酸、リノール酸の原液からの発光は、背景雑音以下であった。したがって、リノレン酸・リノール酸の添加によって起こる発光強度の増大は、これらの酸が空気中の酸素と直接結合して起こるのではなく、キュウリ中の酵素反応によって生じる現象である。

Fig. 5に、 α -リノレン酸とリノール酸の場合の発光強度の時間推移を示す。いずれの場合も発光強度が著しく増し、緑の香りの生合成系の発光が確認された。

リノレン酸では6時間目以降、リノール酸では12時間以降に発光強度が直線的に増加した。これは、キュウリ試料の発光部位によって、発光の時間推移が異なるためで、中心部（胎座部）の発光強度は、酸の添加後、時間とともに強くなった。中心部の発光強度の増大は、リノール酸、リノレン酸が胎座部の柔組織や師管を通じて時間とともに試料の内部に徐々に浸透していったためと思われる。特にリノール酸では、18時間の測定終了後、試料全体が油漬けになったような状態で、全体に収縮し、また切断面のところどころに陥没が生じていた。

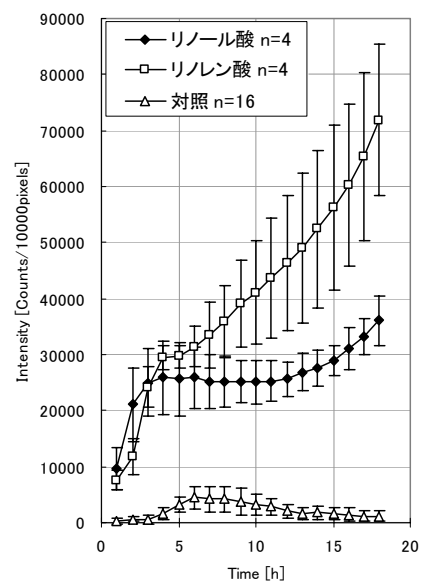


Fig. 5 α -リノレン酸、リノール酸の添加後の発光

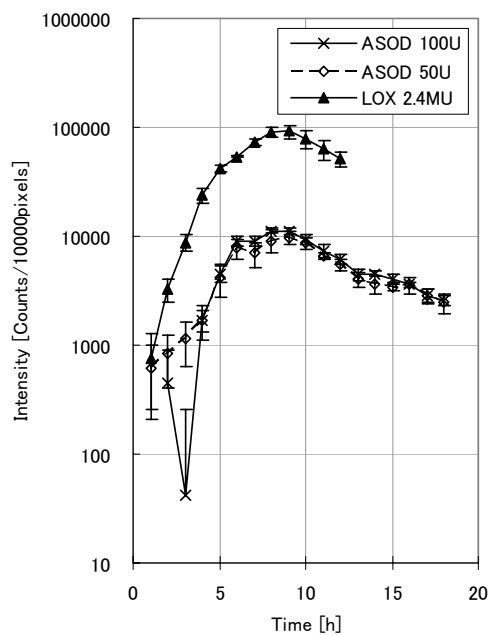


Fig. 6 ASOD、LOX の添加後の発光

Fig. 6 に、ASOD と LOX の結果を示す。試料に与えた酵素の量が著しく異なるため、発光強度に大きな開きがあるが、いずれの場合も最初の5,6 時間とそれ以降とで発光強度の増加割合が変化し、9 時間目に発光が頂点に達した後、徐々に低下した。

Fig. 7 に ASOD、LOX での発光輝度分布（相対強度）を示す。ASOD、LOX のいずれも、対照試料の輝度分布とよく似た分布を示しており、アスコルビン酸の酸化反応と緑の香りの生合成反応が、キュウリの自然発光の起源であることを裏付けると考えられた。

5 考察と結論

以上の結果から、切断したキュウリから自然に発せられる生物光の発光反応として、アスコルビン酸の酸化反応と緑の香りの生合成反応が存在することを確認した。しかし、緑の香りに誘発される別系統の防御反応が発光するかどうかは、この実験では調べることができなかったため、依然、不明である。

また、本実験によって、Phase I と Phase II に対応する反応系を同定できるのではないかと期待していたが、同定には至らなかった。今後、スペクトル分析や反応阻害剤の導入など、他の手法も使って研究する必要がある。

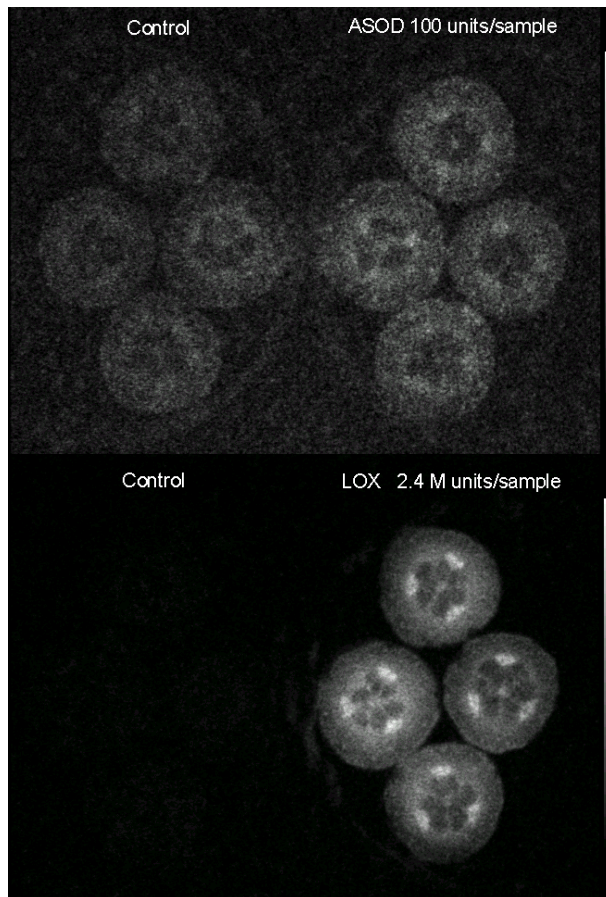


Fig. 7 ASOD（上）と LOX（下）添加後の発光輝度分布（相対強度表示）

謝 辞

本研究の一部は、(財)MOA 健康科学センター平成 19 年度研究助成「磁場刺激が生体試料（植物切片）に及ぼす作用を極微弱生物光を測定し、その効果をヒトによる非接触ヒーリング（手かざし）の効果と比較・検討する」（研究代表者：小久保秀之）として行われました。

文 献

- 1) 小久保秀之、山本幹男、河野貴美子: バイオフィトン（極微弱生物光）による非接触ヒーリングの研究. *超心理学研究*, 11(1&2):21-28, 2006.
- 2) Kokubo H, Yamamoto M and Kawano K: Standard evaluation method of non-contact healing using biophotons (小久保秀之、山本幹男、河野貴美子: 極微弱生物光による非接触ヒーリング作

- 用の評価法の研究) . *Journal of International Society of Life Information Science*, 25, 30-39, 2007.
- 3) Kokubo H, Yamamoto M and Kawano K: Aging develops a person's spiritual healing ability for pain - Application of standard evaluation method of non-contact healing using biophotons (小久保秀之、山本幹男、河野貴美子：加齢によって向上する痛み抑制のスピリチュアルヒーリング能力ー極微弱生物光による非接触ヒーリング標準評価法の応用ー) . *Journal of International Society of Life Information Science*, 25, 40-62, 2007.
 - 4) 小久保秀之、山本幹男：非接触ヒーリング効果と熱・遮光効果の比較. *世界気功フォーラム論文集*, pp.24-27, 2007.
 - 5) Kokubo H and Yamamoto M: Discussion on standard evaluation method of non-contact healing using biophotons -Normality of J value, and comparing non-contact healing with thermal/lighting conditions- (小久保秀之、山本幹男：極微弱生物光による非接触ヒーリング標準評価法の基礎的検討ーJ値の正規性、およびヒーリング効果と熱・遮光効果ー) . *Journal of International Society of Life Information Science*, 25, 219-232, 2007.
 - 6) 小久保秀之、山本幹男：ヒーラー特性およびヒーリング手法の検討ーバイオフィトンによる非接触ヒーリングの研究. *超心理学研究*, Vol.12, No.1&2, 32-39, 2007.
 - 7) 小久保秀之、山本幹男：キュウリのバイオフィトンの発光機構の検討ーバイオフィトンによる非接触ヒーリングの研究. *超心理学研究*, Vol.12, No.1&2, 40-47, 2007.
 - 8) 畑中顯和：みどりの香り 植物の偉大なる知恵. 東京：丸善, 2005.
 - 9) Adachi Y and Aoki T: Photon counting study of reactive oxygen scavenging ability of foods. *Journal of International Society of Life Information Science*, 21, 285-289, 2003.