



## 第1回「Biophoton 1987」シンポジウム報告

益子 信郎

新技術開発事業団稲場生物フォトンプロジェクト 〒982 仙台市八木山南 2-1-1

第1回「Biophoton 1987」シンポジウムが、1987年12月21日と22日の2日間にわたり仙台市の良陵会館において開催された。この会議は、新技術開発事業団の創造科学技術推進事業制度に基づく研究プロジェクトの一つである稲場生物フォトンプロジェクトが主催したものであって、今回がその第一回のシンポジウムであった。

この制度は、今後の科学技術の源流となる新しい思想を生み出すとともに、革新技術の芽を積極的に作り出すことを目的として、未開の新分野の基礎的概念を科学技術庁の予算により推進するものである。稲場生物フォトンプロジェクトは、東北大学電気通信研究所の稲場文男教授をプロジェクトリーダー（総括責任者）として大学、民間などをはじめ、外国からも広く研究員を募集して、1986年10月から仙台において発足した。このプロジェクトは、生命現象や生体作用に密接なかわりをもつ微弱な光としての「生物フォトン」に着目し、生体組織や生体細胞、生体関連物質と相互作用するフォトンの諸特性を精密に計測・分析する方法を開発し、それらを駆使して得られる生化学的ならびに生物物理的な情報の解析を行なうとともに、新しい生体計測技術の開拓の可能性を探ることを目指している。

今回のシンポジウムの出席者は、大学関係者が71名、民間企業関係者が63名、新技術開発事業団関係者が20名で合計154名で、企画から開催までの期間が一月余りであったにもかかわらず大盛況であった。大学関係の出席者の分野別は、工学11名、農学9名、医学43名、薬学5名、歯学3名であり、この生物フォトンプロジェクトの関連分野が多方面に及んでいることが理解される。なお、このなかには2名の招待講演者であるスウェーデンのLinkoping大学のE. Cadenase博士、アメリカのLouisville大学のM. Williams博士も含まれている。初日は、E. Cadenase博士のキノンと $H_2O_2$ の反応に伴う微弱な化学発光の分光的測定やESRを用いた反応機構解明の研究の講演から始まり、白血球、マクロファージなどの食作用における極微弱発光や植物種子の

発光現象等を中心とした講演が行なわれ、二日目は、低エネルギーレーザー光の生体への活性効果や創傷治癒・除痛作用に関する講演と生物フォトンを中心とする計測装置ならびに極微弱化学発光のメカニズムなどについての講演が行なわれた。以下ではこのシンポジウムでの報告の内容について、とくに印象に残った講演を主体として私見を述べることにする。（以下敬称略）

生体組織や細胞に由来する極微弱発光の一種として、好中球やマクロファージが異物を食食する際に生じる発光現象にはこれまでも広く関心もたれているが、このシンポジウムでは柿沼カツ子（東京都臨床医学総研）が「白血球の食殺菌に伴う $O_2$ 代謝と化学発光」、加藤泰三（東北大医）、馬島敏郎（同）および高野亮（同）がそれぞれ「好中球の化学発光—皮膚疾患への応用—」、「新しい $M\phi$ 機能検査法の提唱」、「化学発光によるマクロファージと食道癌との細胞間反応の検出」という演題で報告した。とくに、柿沼の講演の中で、白血球の食殺菌に伴う活性酸素種の産生は細胞質から細胞膜を透過して細胞外に向かって起こること、したがって細胞膜が細菌を取り込んで嵌入してできる食胞の内部で盛んな活性酸素種の放出が起きていることが示された。さらに、好中球の食殺菌時に放出される活性酸素種は、NADPHオキシターゼ反応に起因するスーパーオキシドアニオン( $O_2^{\cdot-}$ )であることが強く示唆されたことは、今後の研究の発展にとって非常に有意義な報告であると思われた。

生体極微弱発光を利用したユニークな研究例として、木村修一（東北大農）から、ラットの分離肝細胞に変異原性物質を作用させると極微弱発光現象を呈することから、変異原性物質のスクリーニングのために従来のエームテストなどは異なる新しい実用的方法となりうるのではないかという提案があった。また、ストレスを加えたラットの副腎から極微弱発光が観測され、さらにこの微弱発光はビタミンEやビタミンCを投与すると抑制されることが示された。この二つの研究例は、これまでの生体極微弱発光の研究とは着眼点が異なっており、この

分野の新たな発展性が期待される貴重な講演であると思われる。

また、宮沢陽夫(東北大農)は、脂質過酸化物を経口投与したラットの胸線・脾臓からの極微弱発光の特性およびその免疫傷害と発ガンプロモーターおよびイニシエーター添加条件下での極微弱発光現象について報告するとともに、極微弱発光計測法を応用した超微量過酸化脂質の定量法について発表を行なった。なかでも注目されたのは、これまでの液体クロマト法などの手法では十分に検出できなかった脂質ヒドロペルオキシドが、液体クロマト法と高感度の極微弱発光検出法を組み合わせることにより、ピコモルという超微量のオーダーまでも検出可能となったという成果である。この研究は単に生物フォトンに関連する生体極微弱発光現象の究明のみならず、極微弱発光検出・分析法自体の今後の発展性、有用性の一方向を明示したものとしてたいへんに興味深いものと思われる。

極微弱化学・生体発光の増感剤として、最近ウミホタルのルシフェリン誘導体が  $O_2^-$  や一重項酸素分子との選択的な反応を介して、比較的強い発光を生じるという点で注目を集めているが、この物質について後藤俊夫(名大農)、杉岡克昭(群馬大医療技短)がそれぞれ報告した。ウミホタルから単離されたルシフェリンは水系溶媒には難溶であるため、*in vitro* における化学発光による特定の化学種の検出試薬としては応用面が限られていたが、天然のウミホタル・ルシフェリンのインドフェニル基をフェニル基または *p*-メトキシフェニル基に置換した構造をもつ合成ルシフェリンは水溶性であるため、水系溶媒での化学発光プローブとしても今後のさまざまな応用が期待できるものである。それらのなかで、*p*-メトキシフェニル基置換体(MCLA)は活性酸素種の一つである一重項酸素分子と高い選択性で反応して化学発光を呈することが、NaOCl と  $H_2O_2$  の場合による一重項酸素分子の標準発生系において重水中の発光強度が軽水中の約4倍になる( $D_2O$ 効果)ことから確認された。また、この増感剤を応用した生体内の過酸化酵素反応における一重項酸素分子の生成の検出は、活性酸素種の発生に由来する生体極微弱発光のメカニズムを解明するうえでこの方法の有用性を示すもので、今後の研究の動向が注目される。

シンポジウム2日目には、田口喜雄(東北大医)、大城俊夫(日本医用レーザー研)、神川喜代男(明治鍼灸大)をはじめとして、低エネルギーレーザー光の生体系に及ぼす活性・刺激作用についての臨床的立場からの講

演が8件あった。その要点としては、難治性潰瘍、癌性疼痛、慢性関節リウマチ、歯痛などの患者に対して熱的損傷をまったく生じないくらいの低エネルギーレーザー光や偏光した近赤外光(発光ダイオード使用)を照射するとそれらの疾患が快方に向かい、患者の血流改善や皮膚の表面温度や免疫抑制効果などの変化が認められたということであった。このような研究は、光と生体とのかかわり合いという最も基礎的な問題を含んでおり、医学、生化学、生物物理学等の広範な分野の学際的な共同研究により、その作用機序や適用意義の解明が今後進められていくものと期待されている。

レーザーと光学顕微鏡を組み合わせた細胞レベルでの生体情報計測という観点から、佐藤俊一(東北大通研)、堀川嘉明(オリンパス光学工業)、池田照樹(日本分光工業)がそれぞれ「単一細胞用多元画像処理方式高感度レーザー光励起顕微鏡システム」、「走査型レーザー顕微鏡」、「顕微ラマンシステムによるガン細胞の極微弱光検出」という演題でそれぞれ報告を行なった。なかでも走査型レーザー顕微鏡は、共焦点光学系を用いて細胞核DNAの三次元蛍光像を従来に比べ驚くほど鮮明にとらえており、今後DNAの微細な構造を無侵襲でとらえる技術として注目される。また、高感度レーザー光励起蛍光顕微鏡システムは約30秒間で一個の細胞中の蛍光強度分布を定量的に表示する高性能を有しており、従来測定ができなかった癌細胞中抗癌剤の蛍光分布の計測をも可能にしている。

本シンポジウムの主催者である稲場生物フォトンプロジェクトからは、菱沼宏哉、R. Scott、宇佐史、筆者らの研究員の発表があったが、なかでもR. Scottの“Applications of ultra-low light imaging”の講演が注目されていた。大豆等の植物種子の発芽・成長時における極微弱発光(生物フォトン)を超高感度二次元画像計測装置によりイメージとして初めて検出したもので、発芽・成長に直接関係する細胞分裂の最も盛んな部位からの発光が他の部分より顕著であることが明確に示されていた。このような二次元的な極微弱光計測技術は、先に述べた白血球・マクロファージなどの貪食等の動的メカニズムの研究においても今後有力な手法を提供するものと考えられる。

今回のシンポジウムの講演内容としては、医学、生化学、生物科学等の分野からの講演が26件、光エレクトロニクス、計測関係からの講演が10件で総計36件であり、極微弱光の検出に基づく生体情報の分析や光の生体に対する作用等のソフトウェアの立場からの報告と極

微弱光の検出・分析技術やレーザーの生体計測への応用等のハードウェアの立場からの報告におおまかに大分される。それぞれ独自の立場からの問題提起と新しい要望が数多く提出され、熱心な討論や応答が行なわれていたことが印象的であった。このような広範な分野の第一線の研究者や専門家による学際的なシンポジウムは、国内でも数少ないものの一つと見られるが、第1回の「Biophoton 1987」シンポジウムがきわめて好評の裡に

終了したことを考えて、今回の第2回シンポジウムを1988年の秋に開催する予定とのことである。この会議にむけて、今回提起されたさまざまな課題をふまえた各分野の研究とそれぞれの境界領域の共同研究が基礎および応用の両面にわたってより深く、かつ広く展開されることを期待する。

(1988年4月25日受理)

## 量子エレクトロニクス研究会「光ソリトンと光パルス整形」報告

中 沢 正 隆

NTT 伝送システム研究所光通信研究部 〒319-11 茨城県那珂郡東海村白方白根 162

応用物理学会量子エレクトロニクス研究会の主催により、電気学会光量子デバイス技術委員会、電子情報通信学会光量子エレクトロニクス研究会の協賛を得て、去る1月25日、26日の両日伊豆長岡で行なわれた、「光ソリトンと光パルス整形」に関する研究会について報告する。中心テーマとなった、光ファイバー中でのソリトンは、その重要な性質として群速度分散があるにもかかわらず波形が歪まず長距離にわたって伝播できる特徴をもつ。このことは、工学的な立場から重要なことであり、現存の光通信を乗り越えて新しい超高速光通信および超高速光情報処理への展開が期待できる。

本研究会は、今まで主に物理学者、数学者の間で話題となっていたソリトンの研究を工学者をまじえた形で開催することにより、光ソリトンと光パルス整形関連分野の情報を交換し、日本における今後の研究活動の基礎を築くことにあったと思う。

研究会は次に示す4つのセッションからなり、

- (1) 非線形波動の伝播特性
- (2) 光ファイバーにおけるソリトン波
- (3) 超短光パルスと光パルス整形
- (4) 超短光パルスの測定法

各セッションに3~4のReview Talkを配した。テーマとしては、光ソリトンを主に扱うため、光ソリトンの提唱者であるATT Bell研のA. Hasegawa氏とソリトンレーザーの理論解析を行なっているMITのH. A. Haus教授を特別ゲストとして迎え、彼からのInvited Talkがあった。

第1のセッションは薩摩氏がOrganizerとなり、4

人のReview Talkがあった。光ソリトンは、プラズマ中の電子波や表面張力の影響のもとでの水の波と同様、非線形シュレディンガー方程式で記述される包絡線ソリトンの一つである。本セッションでは、包絡線ソリトンを中心として一般的なソリトンの伝播特性の解析の状況をまとめるとともに、不均一性がソリトンに及ぼす影響、不安定系におけるソリトンといった話題についての報告があった。さらに光ソリトンの理論解析についてどこまで進んでいるかを概観した。このセッションは数学および物理学的観点からの関係の講演を主とした。

セッション2では、セッション1を受けて、光ソリトンに関してHasegawa氏よりその発生原理と伝播特性について詳細な報告があった。とくに自己誘導ラマン散乱によるソリトンの自己周波数シフトおよび高次ソリトンの分裂について興味深い話があった。Haus教授からは、1.5  $\mu\text{m}$  帯でのフェムト秒光パルス光源としてソリトンレーザーの理論解析と偏波保持ファイバー内での非線形モード結合に関する講演があった。彼の情熱あふれる口調でソリトンの波動を導波路理論、モード同期理論と比較して類似点を話されたのは、たいへん興味深かった。ソリトン伝送を実現するうえで問題となるのは、ソリトン間の相互作用による伝送容量を明確にすることであるが、これに関して、藤井陽一氏から講演があった。また、光カー効果による屈折率変化により偏波保持ファイバーの直交するモード間に非線形モード結合が起こり、ファイバー中を伝播する光の偏光状態を光強度によって変化させることができる。これを利用して、光パルスの波形整形、強度弁別、変調等の機能的なファイバーデバイ