

「もつと光を！」——生物と光の密接な関係

木暮 信一

はじめに

私はちょうど1週間前に還暦になりました。池田大作SGI会長の『健康と人生―生老病死を語る』という
てい談で、希望をもち続けていれば、ずっと若さを保
つことができるということを教わりましたが、「年はわ
かうなり」で、これから僕自身がそれを実践していかな
くてはいけないと感じています。

脳科学の第一人者である伊藤正男先生は、理化学研
究所の脳科学研究センター初代所長を務めるなど日本
のブレインサイエンスをリードしてこられた方です。

ブレインサイエンスの観点から考えると、人間は12
0歳まで生きることが可能であるとある対談で話され
ていました。そのときの対談相手が上田閑照先生とい
う京都大学の哲学科の教授（現在は名誉教授）で、上田先
生は仏教、とくに禅の研究者であり、さらには西洋哲
学のオーソリテイです。

伊藤先生の「120歳説」に対して、上田先生は「そん
なに生きてどうするんですかね」とやや逆説的に、自分
の体験もまじえて「人間というのは忘れずしては新しい
ことは覚えられないから、時々忘れてリフレッシュし
て、また新しいことにチャレンジしていけばいいので

は」と語られていました。伊藤先生の非常に真面目な「可能性を追いつめる」という生き方とは対照的に、たとえば上田先生のお宅は2階に書斎があるそうですが、奥さんに何か頼もうと思って1階に降りて来たら何のために来たのか忘れてしまった。奥さんから「もう1回2階にいけば思い出しますよ」と言われて2階にもどつたら思い出した、という体験を話されていました。ある面で、そういう大らかさが大事ではないかということを上田先生から学びました。

科学が全盛の時代になっていますが、それとともに哲学とか自分の生き方、大らかな心のもち方や、希望をもって生きていく、というようなことが最近是非常に大事になっていくのではないかと思います。

科学技術の発展と人間的心

科学技術の発展によって情報化が進み、皆が携帯電話を持っていて、我が家でも食事をしているときに誰かの携帯電話がビビッと鳴るわけです。僕は家族と会話を楽しみながら食事をしたと思っていますが、僕

が何か言おうとすると、ビビッと鳴って話をさえぎられてしまつて落ち着かない。僕は携帯を持たない主義というか、もう時代に遅れてしまつて持たずじまいになってしまいました。が、知らないうちに人間と人間の間に機械が入ってきている。

僕が学生のときに池田SGI会長が講演で、21世紀には間違いなく情報化社会が訪れる。そのときに非常に大事なポイントは、情に報いられるかどうか、これが情報だ、と語られました。文字どおり「情報」は「情」に「報いる」。感情的な面が、情報というものに対して応ずることができるか、報いることができるか。これを忘れてしまうと、科学技術に振り回されてしまう社会、時代になってしまうのではないか。機械と機械の間に人間が閉じ込められてしまう。

そうではなくて、そういう時代であっても、人間と人間が相対して顔を見て、その人の匂いを感じながら同じ空気を吸うというふうにしていかないと、人間というのは孤独に陥ってしまうのではないかと思います。

きょうの話は「現代科学の焦点」ということですが、科学技術が発展して、遺伝子とかタンパク質とか、そういう分子レベルの物質が大事な働きをするということで生命科学が非常に発展しているわけです。遺伝する仕組み、また我々が生きている仕組みというのが、細胞レベル、遺伝子レベル、またはタンパク質のレベルで説明されてきています。

そういう分子がいろいろな形で細胞をつくる。細胞が多種類集まって我々の体ができている。粘菌の研究者である中垣俊之先生の講演会が北海道函館市で開催されましたが、私も直接聞くことができました。粘菌は単細胞生物です。DNAを含む核をたくさん持っている多核細胞ですが、基本的には1細胞です。1細胞ですが迷路の上に粘菌をドツと置くと、迷路のありとあらゆるところに自分の体を広げていきます。その迷路の入口と出口に、えさを置いてしばらくたつと、あるところは伸びていつて、あるところは縮んで最短距離を結ぶという非常に優れたものです。粘菌が考えて

やっているかどうかはわかりませんが、中垣先生はそういう不思議な現象を「生命知」と表現していました。

我々は60兆個も細胞をもっています。60兆個の細胞に比べて1個しかない単細胞の粘菌が、迷路という難しい問題の中で、えさ場が2ヵ所あった場合にどのように体を配置すれば一番効率のかを見つけるわけです。その仕組みはまだよくわかりませんが、その話を聞いて私自身は非常に感激しました。いわんや60兆個も我々には細胞がある。そして、脳には1200億個ものニューロンが存在する。中垣先生も、粘菌がそういうネットワークを単細胞でつくりながら最短距離を見つけるわけですから、多分、我々の脳の中のニューロンも、互いに連絡しあいながらこういうときにはこれとこれ、というようなネットワークづくりを行っているのではないかと類推しながら、研究を続けていきたいと言われていました。そう考えると、我々の脳というのは素晴らしいと思います。だから、ものごとを簡単にあきらめてしまうというのは粘菌に申しわけないように思います。

生命科学の中でもブレインサイエンスにおいては、脳の中から出てくるのが心だという。細胞という生命的基盤があり、それが最高度に発達したのが脳です。

そういう脳のネットワークから、喜怒哀楽の感情であったり、学習する能力であったり、自分自身の自由意思であったり、運動したいといった指令を出す働きであったり、そういうものが心のいろいろな側面として出てくると考えられるわけです。そういう点で、「生命、脳、心」というのが密接に関連しながら現代科学のターゲットになっているわけです。

今回の連続公開講演会の中で主として「生命」について中垣俊之先生が、「脳」について根本正史先生が、そして、「心」について斎藤慶典先生がお話をされました。そうすると、私が話すところはありません。どうしようかと悩みましたが、ドイツの文豪ゲーテに「もっと光を！」という有名な言葉がありまして、この「光」が全部を貫けるかもしれないと考えました。大それた空想みたいな考えですが、「光」というものが「生命」を生かし、また「脳」にとってもよい刺激になり、そして「豊かな心」

を導いてくれるのではないか。そういうことをお話ししたいと思います。

生命の誕生と光

さて、我々の生命の誕生、精子が卵膜、卵子の膜に突き当たった受精のとき。この受精の瞬間に光が出るという事実があります(図1)。20年ぐらい前にNHKが「驚異の小宇宙 人体」というドキュメンタリー番組を放送しました。いろいろな大学の研究室などへ行つて、人体の不思議について調べてきて、6回ぐらい放映されたと思います。写真を豊富に収録した素晴らしい本になっています。

その本に書いてありましたが、受精した瞬間に光が発せられるという。生まれてくるそのときから発光する。なぜ光が出てくるのかはよくわからないようですが、生命の誕生を告げるのかごく発光する。受精卵がこういうふう輝いたのを見て、顕微鏡写真を撮影したプロのカメラマンが非常に感激したということです。受精卵が神々しく見えたそうです。

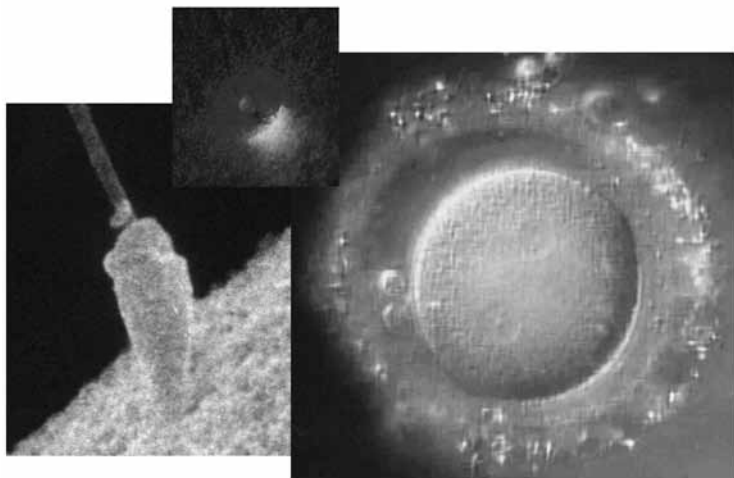


図1 受精の瞬間(左)と発光現象(中上)・受精卵(右)

その受精卵がゆつくりと分裂していったら1個が2個、2個が4個、4個が8個というように、2倍、2倍、2倍、

2倍、2倍と増えていったら我々は60兆個となってきたわけです。だから、時間をかけながら細胞がどんどん増えつつ、そしてその間に、あっ、俺は骨になるぞ、俺は筋肉になるぞ、俺は目になる、俺はニューロンになる、というふうにそれぞれ役割分担がなされていて、そして見事に調和のとれた人体というものが形成されていく。非常に不思議なことだと思います。

京都大学の山中伸弥先生などの研究によって皮膚の細胞も受精卵の状態になり得ることがわかりました。皮膚から細胞を採ってきて、ある要因を四つだけ入れる。僕は60歳ですから60歳の皮膚になっているわけですが、ここから採り出して四つの因子を入れると、受精卵とほぼ変わらないようなあらゆる臓器、あらゆる細胞になれる細胞ができてしまう。

それがiPS細胞（誘導性多能性幹細胞）で、たとえばアルツハイマー病が発症してしまったら、自分の皮膚から細胞を採ってきて、4因子を入れてiPS細胞にします。脳の中の海馬といわれる場所のアセチルコリンという物質を分泌するニューロンが死んでしまうわ

けですから、そのニューロンを作り出して、それを自分の海馬に入れる。そうすると記憶がまた新たにできるようになるのではないか。そういうことを目指して、今のiPS細胞研究というものが盛んに行われているわけです。そう容易ではないと思いますが、とにかく受精卵が細胞分裂しておよそ1週間たつと桑実胚といって桑の实のような細胞塊になって子宮に着床する。着床すれば、妊娠が成立するわけです。

神々しさの中に光を発しながら受精が行われ、そして子宮に着床するということです。女性の体内で一生涯にできる卵母細胞というのは大体400万個ぐらいですが、そのうち卵子として出てくるのは400個ぐらいということ、1万分の1の確率です。

片や精子のほうは1回の射精で2億個から3億個ぐらい。その中の、一番能力がいい精子とは限らないようですが、泳いでいつて卵に入った瞬間、膜が溶けます。そして、溶けるときに2番目の精子がパッと入ることもある。結構、要領のいい精子もいるらしいです。とにかくそうやって2億分の1の確率で受精が行われる。

だから、1万分の1×2億分の1、さらに受精卵が子宮に着床する確率は3分の1ぐらいということですから、我々の生命というのは、計算すると何10兆分の1という確率で誕生していることになるわけです。まさに、日蓮大聖人が「爪の上の土」「草の上の露」とたとえられているとおりで、すごい尊厳性を秘めているということを感じます。

自然科学者としてのゲーテの観点

このように初めに光がある。そして人生の最後に、ゲーテが「もっと光を！」ということを言っています。「もっと光を！」という言葉にはどういう意味があるのか、最後の最後まで僕自身の課題として突きつめていきたいと思っています。「部屋が暗かったので、もっと明かりをください」という意味だったともいわれますが、光で全民衆を照らしたいという願望が含まれているとも受けとめられるし、いろいろな解釈ができるのではないかと思います。

ゲーテについては、ある機会に、自然科学者として

の側面があることを知りました。詩人であり、作家であり、ときに政治家でもあったことは知っていましたが、自然科学者というのは知りませんでした。京都には自然科学者としてのゲーテを研究しているグループがあるということです。

印象深いのがゲーテの「形態学」の基本理念です。現在の科学をつくり上げていく出発点の一つにニュートンやリンネがいます。彼らは、基本的に物質を分析していく。分けていくことによって一つの本質を見つけていくわけです。物質を分解して分けていくと分子が見えてくる。分子をさらに分けていくと原子が見えてくる。原子を分けていくと原子核と電子が見えてくる。さらに原子核の中にはいろいろな素粒子がある、クォークがあるというように、現在の物理学を中心として物質科学というものが進んできたわけです。

リンネはスウェーデンの人ですが、同じような考え方で、植物を分類したわけです。葉が幾つあるか、葉と茎の関係はどうなのか、芽は何本でどういう方向に出ているか、そういうことによって植物を分類する。

リンネは植物の命名法、それを延長して動物の命名法等を開発した有名な人です。そういう分析、すなわち分けることを中心として現代科学は発展してきたわけです。

これに対してゲーテは、リンネのように植物や動物の形態とかも研究していたわけですが、諸要素に還元するのではなく、生きた全体を把握しようとした。生きた全体をそのままつかむ。モザイクのように抽象化された形ではなく、生き生きと生成する具体的な形態を直観のうちにつかみとろうとする。「形態学」では、モザイクのようにスタティックな（静的な）形ではなく、ダイナミックな有機的形態を把握する。ちょっと別な観点を提示しているわけです。

では、どうすれば生きた全体を把握できるのか。また、どうすればダイナミックに動き、変化しているさまを把握できるのか。それは具体的には非常に難しいわけです。そのことに関してゲーテは、一言「繊細なる経験（zarte Empirie）」という言葉を残している。「対象とびつたりと合致し、それによって真の理論となっている繊細な

る経験がある。精神的能力のこのような高昇は、しかし高度に啓発された時代のものである」（高橋義人「もう一つの科学」としてのゲート自然科学」、『理想』第649巻、1992年）。難しいですが、何となく物と一体になるときのニュアンスというか、そういうものを感じます。僕自身は勝手にそう解釈していますが、たとえば今ここに有機を置くと見ると段差ができています。そしてマイクが置かれていて、横から見ると台形にできています。そういうことをバラバラに見ている。そして、木でできている、ニスが塗られている、こういうふうにどんどん分析していくのが現代の分析科学のやり方です。

ところが、ゲートはそうではなくて、現実には存在する有機全体を見る。そして、それがどう変化していくか。有機が変化するのを見届けようと思うとこちらのほうが先に死んでしましますが、とにかくそういう全体を見て、ステイックではなくダイナミックに見ている。そのために対象と一体化しようとする。ピアニストも弾いていると、どこまでがピアニストの指なのか、ど

こからがピアノの鍵盤なのかわからないというように、一体化するような感じがしてなりません。このような一体感のことをゲートは言っているのかもしれないと想像しています。大いなる詩人の魂というのは非常に素晴らしい。

光の力——「光合成」と「ATP合成」

光のもつ力というと、我々生物との関係性でいえば植物が行ってくれる光合成があります。その光合成のお話をした後、木暮研究室で行っている最近の研究についてお話したいと思います。

まず光合成についてです。これは光のエネルギーを植物が利用しているわけです。光合成細菌という細菌も光合成をしますが、植物細胞が中心になってやってきています。植物細胞の大きな特徴は葉緑体をもっていることです。この葉緑体で光を捉える。動物細胞にはない素晴らしい働きです。太陽光のエネルギーを利用して水を分解します。水を分解するというのはかなり大変で、工場で水の分解はできますが、ものすご

い電気エネルギーを使うわけです。それを、いともあつけなく葉っぱの中の葉緑体で分解する。その分解の過程で、「エネルギーキャリア」と言っていますが、化学反応に必要なエネルギー体をつくるわけです。それは、明るい光がなくてはできません。それから暗くなってもできるのがブドウ糖の合成で、二酸化炭素と水

を結びつけてブドウ糖をつくる。そして余った酸素を吐き出します。我々はこの酸素を呼吸して、さらに植物がつくったグルコース（ブドウ糖）をデンプン（澱粉）というかたちでいただく。お米、大豆、麦などとしていただき、それをまた分解します。植物がつくったものをいただき、最後は尿・汗で水を出す。そして酸素を吸うかわりに二酸化炭素を出している。ということ、植物がやることの逆を動物はやるわけです。

そういう意味では、植物がないと我々は生きていけないということです。植物は生命の元であるエネルギーをつくり出します。独立栄養生物であるという非常に素晴らしい特性をもっています。人間は植物のお世話になりながら、また人間が吐き出したものがうまく

植物に寄与している。そういう相互依存性が、この光合成から見えてくると思います。

我々は、植物からいただいたデンプンを分解してブドウ糖にしていきます。最終的には二酸化炭素と水にする。ブドウ糖と酸素をくっつけて酸化させ、そしてリン酸化する。ブドウ糖を酸化させて新たにATP（アデノシン三リン酸）というリン酸をつくるということで、これがエネルギーになるわけです。

それを行う場所が、我々の体の一つひとつの細胞の中にあるミトコンドリアです。細胞の中にある小さなものですが重要な器官です。三リン酸から1個リン酸を放出して二リン酸になる過程で、7キロカロリーほどのエネルギーが出ます。そのエネルギーを使って体内の化学反応が起こってきます。このATPのエネルギーがなければ脳のニューロンも生きていけないし、筋肉も収縮することができません。また、消化したり、いろいろなホルモンを作ったり分泌したりというようなことが一切行われなくなります。ですから、このATPがつくられるおかげで、我々の細胞は生きていけ

るわけです。

植物がやってくれる光合成のおかげで動物は生きていくことができます。そういう点で、「光」というのはまさに我々生命体を支えている根源である。そういう感じがしてなりません。

低出力レーザーを医学に応用

続いて、私の研究室での研究成果を簡単にお話したいと思います。研究室では、神経とか、筋肉とか、または脳腫瘍細胞とか、そうした細胞に対して低出力レーザーというものを照射して、その効果を調べています。

レーザーというと、レーザーメスなどを思い浮かべるかと思いますが、あれはかなり高出力のレーザーで、物を焼き切るのに使われたりするもので、使い方を間違うと非常に危険な作用をもたらします。そういうレベルではなくて、たとえばこのレーザーポインターはミリワットのレベルなので、照らしても痛くもかゆくもない。赤だと暖かく感じるかなという程度ですが、

このくらいのレベルが低出力レーザーです。

目に見える光の波長は大体380〜650ナノメートル。ナノというのは10のマイナス9乗ですから、短い波長です。もっと短くなるとX線のように非常にエネルギーが強くなります。そこでX線の透過力を使ってレントゲンなどが発明されてきたわけです。波長が少し長くなると紫外線になり、そして紫から赤までの可視光線となり、その外となるとまだ少し赤っぽく見えますが、赤外線という熱線になって熱を発生させます。X線とか紫外線とかいわれる部分は、エネルギーが強いゆえに細胞に悪影響をもたらすケースがあつて、皮膚がんを起こしたりする可能性もあります。

この可視光線が全部混ざると白色に見えます。ご存じのように虹は7色といい、プリズムで光を分けると7つに分けられたりします。藍色を入れるケースもありますが、いろいろな種類の波長が混ざっているのが可視光線です。

そういう中で、たとえば450ナノメートルという一つの波長だけしか出ていないのがレーザーです。「波

長が単一である」というのがレーザーの大きな特徴です。

そういう光の中で、レーザーというのは波長がそろっている。一波長だけです。ブルーレーザーだったり、イエローレーザーだったり、発振体が違うことによっていろいろな波長のレーザーが開発されています。このレーザーポインターもそうですが、いろいろなレーザーが照明などに使われていたりしています。

レーザーの研究の流れですが、アインシュタインは光子仮説で、光を当てると電子が出てくることを発見しました。一定の波長より短い、強いエネルギーをもった光を金属に当てると、電子が飛び出してきました。

この現象を光電効果と呼びます。この研究でアインシュタインはノーベル賞を受賞しています。アインシュタインは「相対性理論」のほうが有名ですが、実際にノーベル賞の対象になったのはこの光の研究でした。

物質はエネルギーを与えると光を出します。自然に光が出てくる自然放出と、出やすい光を当てると、当てた光に誘導されてまた光が出てくる誘導放出という

のがあります。自然放出と誘導放出があるということはアインシュタインも言っています。誘導放出による光の放出を実証したのが1954年で、最初は可視光線ではないマイクロ波で、波長がミリのほうに近いレーザーというものが開発されました。

その後、1960年にメイマンという人によってルビーレーザーが開発されました。ちょうど今年(2010年)で50周年です。50周年ということで、レーザー医学会のほうでも非常に力を入れています。レーザーというのは *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (輻射の誘導放出による光増幅) の頭文字を取った略語です。特徴は、単一波長による単色性です。グリーンレーザーとかブルーレーザーとか、そういうふうに波長が一つ。また、位相が全部そろっている、つまり波の山と谷が全部そろっている。さらに光が集中していて外側に拡散しない。指向性があって、どんなに遠く離れても1本の線で直進するという特徴をもっているのがレーザーです。

1975年に、レーザーを使った眼科の網膜剥離手

術が日本に導入されました。赤あざの治療にも使われて、あざを除去して深部の層から新しい皮膚の活性を促進します。レーザーメスというものもありますが、これはどちらかというと高出力レーザーです。そして、1980年代頃から低出力レーザーが用いられるようになって、整形外科、眼科、皮膚科などいろいろな臨床の現場で使われるようになってきました。

そういうことで、まだ理屈がよくわからないのですが、世界中で「低出力レーザー照射」の効果に関して研究されています。傷が早く治る、炎症が抑えられる、神経が切れてしまったときに再生を促進する、痛覚に作用して痛みを和らげる、痛覚過敏を緩和する、また腫瘍を小さくするという報告例もあります。その他、ホルモン系を通して自律神経系を安定させていくという報告例もあります。低出力レーザーは触れた感じでは大したことがないけれども、細胞あるいは神経などにずっと当てておくと、どちらかというと、よい効果があると報告されています。

この作用機序（仕組み）がわかれば、もっと厚生労働省

が認可する方向になると思いますが、今のところ関連機器は2台しか認可されていません。3台目がもうじき認可されるようですが、それらはほとんど輸入品らしく、日本で開発されたものではないので厚生労働省の認可が非常に遅れていると、つい先日（の）レーザー医学会で報告されました。この作用機序を我々基礎医学の研究者がより明確にしていこうということが大事だろうと考えています。

痛みや疲労、がん増殖を抑える効果

レーザーの作用の一つは「熱効果」であり、これによってタンパク質が変性します（熱変性）。出力が強くなるとタンパク質がゆで卵みたいに固まってしまったり、水を飛ばして気化・蒸散させてしまったりします。強すぎるとこのように熱効果を中心に危険な場合がありますが、そういう効果がある。さらに「イオン化効果」といってプラスとマイナスをそれぞれ別々にしてプラズマ状態をつくり組織を破壊します。高出力レーザーで腫瘍細胞を殺してしまうというのはこのレベルです。

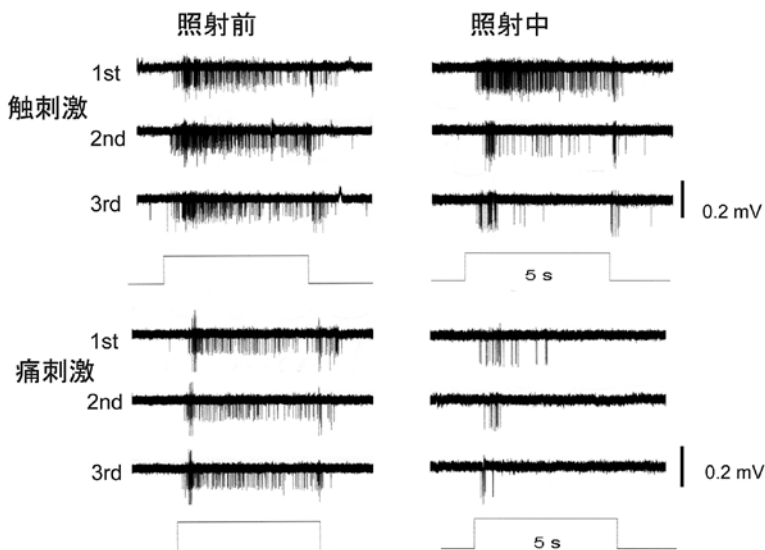


図2 皮膚知覚神経応答に対する低出力レーザー照射効果

我々が使っている低出力レーザーは熱があまり発生しないし、当然ブラスマなんかも発生しません。低出力レーザーには「光化学効果」というものがあって、光合成の場合と同じように、光のエネルギーによって分子の形がちょっと変わってきたり、反応が進んだり抑えられたりします。

こういう作用があるということですから、たとえばカエルの皮膚に低出力レーザーを照らしています。カエルにはちよつと気の毒ですが、背中 of 皮膚を採り出して、触刺激としてボールペンの先をくつつけます。皮膚には痛覚、温覚、触覚など、痛み、温かさ、冷たさ、触られた感じ、そういうものを感じる知覚神経というのがありますが、その神経の触刺激によって活動電位といわれる0・1ボルトの電気現象が起こるわけです(図2)。「触られた」ということで、音にするとパチッ・パチッ・パチ・パチとスピーカーから聞こえてきます。ところが、先ほどのグリーンレーザー、532ナノメートルという緑のレーザーを照射しながら同じように刺激すると、最初はパチッ・パチッ・パチ・パチと出

るわけですが、そのうちにパチ・パチというような感じになって反応が抑えられます。

次はカエルの皮膚に針を刺します。照射しない場合は、3回やつてもパチッ・パチッ・パチ・パチと鳴る。1分おきぐらいにやっていますから順応するということは考えられません。しかし、これを照射中に同じようにやると、パチッという感じで反応が抑えられます。

こういう実験結果から、痛覚過敏とか知覚過敏とかの治療に使えるのではないかと考えています。ただし、まだカエルの皮膚のレベルですから、ラットとかに応用していくにはまだまだ道のりがありますが、ともかく感覚神経に抑制をかけるという効果が見つかったわけです。

今度は筋肉です。カエルの腓腹筋というふくらはぎの筋肉を取り出して、1秒に1回収縮させます。そうすると、「筋力が生じた」ということで収縮曲線という波形が記録できます。一方はレーザーを照射しないで1秒1回、もう一方はグリーンレーザー、あるいは赤のレーザーを照射しながら1秒1回の電気刺激を加え

ます。

10分間スクワットを続けるようなイメージで収縮を繰り返していくと、最初は少し頑張りますがだんだん疲れてきます。7、8分経つと動きが非常に小さくなる。ところが808ナノメートルの近赤外線のレーザーを当てながらやると、結構、もちがいい。どうやら筋肉疲労を遅らせる効果がありそうです。筋肉の収縮には先ほど説明したATPというエネルギーが使われますが、ATPはミトコンドリアがつくり出しています。このATPをつくる速度を速めたり、作られたATPをより有効に使う節約消費のようなことが起こっている可能性があつて、筋肉運動にもよい結果をもたらすということがわかってきています。

ヒト由来の脳腫瘍細胞に対して808ナノメートルのレーザーを当てると、効果はどうなったでしょうか。当てない場合、48時間後に見てみると細胞が増えていました。それに対して60分だけ808ナノメートルのレーザーを照射し、その後2日間ずっと培養する。そうすると、照射しない場合に比べて非常に抑えられて

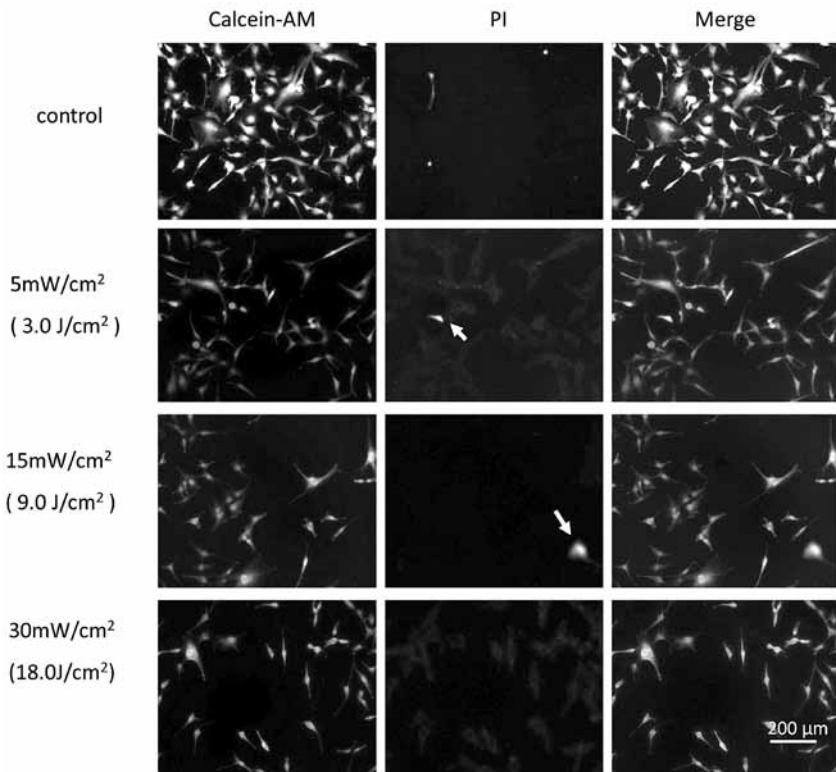


図3 ヒト由来脳腫瘍細胞の細胞増殖に対する低出力レーザー照射効果：照射エネルギーによる効果の違い（Calcein-AM：生細胞の染色画像 PI：死細胞の染色画像、Merge：両者の合成画像 Control：レーザー非照射 5mW/cm²：1平方センチメートルあたり5ミリワット照射 15mW/cm²、30mW/cm²はそれぞれ15ミリワット、30ミリワットを照射）

いる。ヒト由来の脳腫瘍細胞での実験なので、本当にヒトの体の中で効果があるのかどうか証明しなくてはいいませんが、培養細胞レベルでは、がん細胞の増殖を抑制する効果が見つかってきた。脳腫瘍ですから非常に難治性なわけですが、そういう効果がきちんと検証できれば新しい治療法につながる可能性があります。

要するに細胞を殺して、減らしているのではないか。そういう可能性はあるわけです。それを確かめたのがこの写真で

すが(図3)、このグリーン(図では白っぽくなっている)で染まっているのは生きているという証拠です。赤(図中に矢印で示されている)で染まっているのは死んだ細胞ですが、こう見ると、要するに照射しない方は多少増えて生きている。それに対して、レーザーを照射した方は、いくつか死んだ細胞もありますが、ほとんどは生き残っている。生き残っていないが、上段に示した照射しないものと比較して、まばらになっている。ということは、細胞分裂の速度が落ちていくのだろう、抑制されているのだろうということが考えられるわけです。

がん細胞に対してどう対応するのか。がんの治療法にも関係してきますが、がん細胞ももとをたどると自分の細胞です。最初に言いましたが、受精卵1個から、その1個の細胞が2個になり4個になりというようにして60兆になってきている。その中から、何かの拍子に自分の分際を忘れてしまって、やたらめったら増えてしまう細胞ができてしまう、というのががん細胞の特徴であるわけです。それを、悪い奴だと決めたくないというのが私の考え方です。

もとをたどると私自身の細胞なのですから、がん細胞というのは、「自分の使命を忘れた細胞」ではないかと思うわけです。その使命を思い出させればいい。がん細胞にどうやったら使命を思い出させられるのかわかりませんが、ひよつとするとそれを媒介するのは「光」かもしれないと。非常に調子のいい考え方ですが。

だから、がん細胞を殺すという方法ではなくて、なるべく自分をコントロールさせて、本来の姿を思い出させよう。そういう発想で、今取り組んでいます。そうはいっても、なかなか難しいわけで、実際、脳腫瘍で亡くなる人もいるし、大腸がんで亡くなる人もいます。そんなに簡単ではないといわれるかもしれませんが、そういう思いも懐きつつ、何とかレーザーで、日本人の死亡原因の一位を続けているがんに対して、新しい治療法を考えていきたいと思っています。

最近(2010年11月)、名古屋で日本レーザー医学会総会が開催されました。そこでシンポジウム「低出力レーザーの新潮流」というセッションが行われて、講演させていただきました。

「心臓の自動性に対する低出力レーザー照射効果」ということで、カエルの心臓にレーザーを当てるとどうなるかやってみたわけです。皆さんご存じのように、心臓は自動的に脈打っています。そこに交感神経系が働くとノルアドレナリンが分泌されて心拍がポンポンポンと速まります。副交感神経系が働くとアセチルコリンが分泌されてポンポンポンという具合にゆっくりになる。これが交感神経、副交感神経による心臓のペースを変えさせる仕組みです。このように、心臓はもともと自動性をもっているわけですが、レーザーを当てるとどうなるか。

レーザーを照射しないときは、10時間ぐらいまではカエルも一生懸命頑張っている。ところが大体15時間から20時間の間に、だんだん振幅も小さくなって、間隔も空くようになり、17時間で心停止に達します。

それに対して、緑のレーザー30ミリワットを当て続けると非常に頑張ってくれる。一方、赤のレーザーを加えると、より短縮する。徐脈化（脈がゆっくりになる）して短命化するという結果が出てきた。アドレナリン

系のノルアドレナリンを与えると、緑と同じようにずっと生存時間を延ばす。アセチルコリンで刺激すると赤のように下がってくる。このように、緑のレーザーは心臓を覚醒させるノルアドレナリンと同じような効果を示し、赤のレーザーはアセチルコリンの働きとよく似ている。これはカエルですからまだまだですが、心臓の調子が悪いときに緑のレーザーを当てると調子もどったり、興奮しすぎのときに赤のレーザーを当てると落ち着いてきたり、そういうことが考えられます。

将来的には、ヒトへの臨床応用にもっていきたいと思います。実際には皮膚があり、肋骨があり、筋肉があつて、その奥に心臓がありますから、レーザー照射といっても難しい。そこがネックですが、そういう可能性が開けてきたということです。

今やっている研究を非常に簡単に紹介させていただきましたが、概して低出力レーザー、弱い出力のレーザーは生物にとっていい影響を与えるのではないかということが考えられます。

光をエネルギーに変えるミトコンドリア

その仕組みは、多分ミトコンドリアにあるだろうと思います。ミトコンドリアはユニークな面白い格好をしています。ミトコンドリアの中にたくさんあって、エネルギーをつくり出しているわけです。ミトコンドリアには葉緑体に似た光受容体があることがわかっていて、緑とか赤とか近赤外とか、青の領域だとか、それぞれに對する光受容体があると報告されています。

動物細胞のミトコンドリアでも光が吸収されるということです。ひよっとすると太陽の光に私たちの身体をさらすと、皮膚の細胞のミトコンドリアが太陽エネルギーをキャッチして、いろいろな化学反応が起こるのかもしれない。

具体的にどういう効果があるかというと、成長因子をミトコンドリアが活性化させます。そうすると、より多くのエネルギーをつくり出したり、また細胞膜の電気現象を変化させたりします。成長因子が活性化されることで、細胞分裂が盛んになったり、免疫系の因

子であるインターロイキンの分泌が盛んになったりする。そうすると、免疫反応が非常に活性化してくる。さらに炎症に対して抗炎症作用というのが出てくる。その他にATPをそのままつくるし、活性酸素をつくり出したりもする。活性酸素はつくりすぎるとよくないですが、いろいろな化学反応を促進させます。そういうことで、ミトコンドリアは光エネルギーを介して細胞一つひとつの中でいろいろな作用をする。概していい方向に作用するのではないかと思います。

最初にお話ししましたが、受精の瞬間から光を発するという生命の誕生を考えると、生物と光とは密接不可分の関係にあるという感じがしてならないわけです。その光の吸収体であるミトコンドリアというのは非常に不思議で、生命が発生したような原始時代には細胞などとは別に存在したのではないかと考えられています。今の我々の細胞の祖先に真核生物とか原核生物とかいうのが存在するわけですが、そういう単細胞生物が45億年ぐらい前に発生してきた。しかし、こうしたものとは別にミトコンドリアは存在していたかもしれ

ません。

どうしてかということ、自分のDNAをもっているからです。DNAというのは細胞の核に存在しますが、これとは別にミトコンドリア独自のDNAをもっているの、ミトコンドリアにとって必要なタンパク質をつくる情報ももっている。つまり、ミトコンドリアだけでも独立して生きていけるということが考えられるわけです。そのミトコンドリアが原核細胞や真核細胞に寄生したのではないか、合体したのではないか。細胞融合のような形で、融合を起こしたのではないかと言われています。

受精卵も精子と卵子が合体しますね。精子もエネルギーを使いながら卵管を上って卵管膨大部で卵子と合体して受精が行われる。そこまで泳いでいく運動エネルギーは、精子由来のミトコンドリアが供給しています。そして卵子にもその卵が成長していけるようにミトコンドリアが存在する。

それが受精すると、この父親由来の精子からのミトコンドリアは受精卵の中に入りますが、すぐに分解さ

れます。受精卵のほうは基本的に母親のほうのミトコンドリアに依存して細胞分裂を始め、卵細胞は1個が2個になり、2個が4個になりというように、どんどん増えていきます。そのための化学反応などにエネルギーが必要ですから、それに使われている。受精卵のエネルギー源は母性由来のミトコンドリアであって、そうした連続性に生命の基底部を見る思いがします。ミトコンドリアを通して生命の大地、母なる大地ということを考えたいわけです。

「光」にこめられた生命の不可思議

光と生物の密接な関係についてお話してきましたが、まとめますと、光合成により生物はエネルギーを獲得する。そして、植物や光合成細菌のおかげで、我々動物は生きている。また、低出力レーザーというのは生体組織にいい影響を与えると考えられる。また、生物のエネルギー産生系として葉緑体やミトコンドリアが重要な役割を果たしています。

このように生物と光の密接な関係を考えてくると、

光というもののすごさが見えてくるように思います。木漏れ日のように、森の木々の葉のすき間から光が見える。また、海の中で魚がたくさん戯れていたりにいるところで光というものを見たときに、我々は非常に感動したり、和んだり、大らかになったりすると思います。夕日が雲間からさしたりすると神々しさを感じたりします。虹は水蒸気がうまく光を屈折させることで7色に見えますが、虹を見ると非常に心が和んだり、すっきりしたりします。

この光の効果を明らかにしていくことによって、生命、脳、心の仕組みがより明確になると思います。

数学において一番美しい公式は「オイラーの公式」といわれています。数学者はここに数学の基本が全て入っているといえます。 $e^{i\pi} + 1 = 0$ と表現される場合がありますが（オイラーの等式）、 e は自然対数の底、 i は虚数単位、 π は円周率です。0 は数字の原点、そして1 は自然数の原点です。全部入っていて、それが公式として表されている。これを発見したオイラーという数学者の偉大さが讃えられていて、『博士の愛した数式』

という映画にもなりました。

それに匹敵する物理における一番美しい公式は、 $E=mc^2$ でしょう。この式はいろいろなことを含んでいると思っています。アインシュタインの「相対性理論」で導かれる公式です。左側の E はエネルギー、右側は質量 (m) と光速 (c) の2乗をかけたものです。つまり物質の質量は、ばく大なエネルギーに変換できるという関係性を表しています。

木暮信一の体重は最近少し増えて70キログラムになりました。光速は秒速30万キロメートルですから、アインシュタインの公式を当てはめると70キログラム $\times$ 30万キロメートルの2乗です。計算してわかりやすくすると、 $2 \cdot 1 \times 10$ の18乗ジュールということになります。木暮信一がエネルギーに変わるとこれだけのエネルギーになるわけです。ピンとこないと思いますが、これをカロリーに直すと1カロリーは $4 \cdot 2$ ジュールですから、換算すると約 $5 \cdot 0 \times 10$ の17乗カロリーとなります。

カロリーというのは水1グラム ($1cc$) の温度を1度上

げる熱量です。50メートルプールで幅が10メートル、水深が4メートルあったとすると、そのプールにある水を0度から一気に2億5000万度に上昇させることができる。だから、木暮信一がプールにボーンと入った瞬間、全部消えてエネルギーが変わると、プールの水が2億5000万度になるということです。

今度は別な計算をしてみましょう。成人の1日の摂取カロリーは2500キロカロリーといわれています。これでこの数値を割ってみると、日本人の人口は1億3000万人ぐらいになっていますが、その日本人全体を約4・2年養える。木暮信一がバーンと全部エネルギーになると、そういうことになる。そんなことは現実にはないわけですが、物理学的というか、数式的にはそのように換算できるということです。

見える形の質量が、見えない形のエネルギーに変換される。そのエネルギーが縁に触れて、また質量あるものとして結晶化され、顕在化してくる。そういうエネルギーと質量の変換に、私は生命の不可思議を感じるわけです。そして、このアインシュタインの公式に

光速の2乗が含まれているということも非常に不思議に思えます。

最後に「もつと光を！」というゲーテの言葉「Mein Licht」です。もつと光を体全体で浴びよう。もつと光を脳にイメージしよう。もつと光を心へ投射しよう。そして、もつと光で生命を輝かせよう。そういう、あまりお金がかからない健康的な生き方というのも、この言葉から思い描けるように思います。

(こぐれ しんいち／創価大学教授)

(2010年11月17日、東京・新宿区の日本青年館で行われた講演に加筆していただいたものです)