

**A Message to the 21st Century**  
-Learning From Living Things-執筆：松下電器産業株式会社  
顧問 新田恒治 / Tsuneharu Nitta

今日の科学技術、産業、文明社会を支えてきた中心の概念は、文字通り、エネルギーである。科学技術の分野でいえば、物理学である。「自然に挑戦して、あの太陽の莫大なエネルギーを私共はどうやったら手に入れることができるか」という課題は、人類の永遠の目標である。今日なおその目標に向かっての研究が続けられている。その代表が核融合反応である。このエネルギーの概念を私共はいわゆるアインシュタインの方程式、 $E = MC^2$  という法則によって、物質はエネルギーであり、逆にエネルギーを物質に転換できる。このように、物理学を中心に科学技術も構築され、今日の文明社会もできあがってきたのである。

しかし、翻ってみると、私共はエネルギー中心の工業化社会から、ある意味ではこのエネルギーを巧みに活用した情報化社会に突入した。この情報化社会は生態学的であり、エコロジーの概念である。もっと言えば、自然淘汰の世界でもある。地球環境もエコロジーそのものである。エネルギーも然り、エコロジーもそうであるように、絶えず危険と隣り合せの中にある。

エコロジーの概念は、人間を含めた生態系そのものに対するものである。私共生態系は太陽の爆発による莫大なエネルギーによって活動している。これからの科学技術は生命体に関わるあらゆるメカニズムを明らかにしないと、次なる新しい産業や新しい企業も生まれてこない。また文明の限り無き進展もあり得ない。これは私の持論でもある。再び謙虚に、「自然から学ぶ」あるいは「生物から学ぶ」の下に、物理学から生物学への展開が今日の大きな流れでもあると考える。

物質とエネルギーを中心とした物理学から生態系あるいは生命体を主題にした生物学への動きはここ数十年のことである。私が大学生の頃、昭和30年(1955年)代の前半迄は、生物学といえば、動物学と植物学が中心で、今日という分子生物学や遺伝子研究がやっと着手し始めたという段階にあったかと思う。遺伝子の分野では、19世紀半ばに提案されたメンデルの法則や20世紀初めのモルガンによるショウジョウバエの遺伝子の実験などが記憶に残っている。

1953年に、ワトソン・クリックによる「DNAらせん構造説」の発表以来、この半世紀近くの間、DNA組み換えに始まる分子生物学と遺伝子研究が急速に発達し、主として農業や医療の分野を飛躍的に発展せしめている。今や一人の人間の全遺伝情報(ヒトゲノム)の解読が完了に近づいている。最初のクローン羊「ドリー」の誕生など驚きと共に未恐ろしさを感じる。21世紀には、生命操作が飛躍的に進むことが予想される。

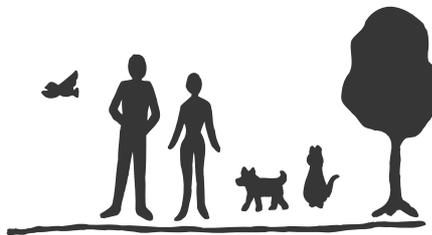
ここで、私共生命体が共存している地球を眺めてみる。

なお広がり続ける宇宙は生まれてから約150億年、この母なる地球の年齢は約46億年といわれている。地球上での最初の生命体の誕生は35億年も前のことで、以来、この地球を母とし、続々と新しい生命体が生まれてきた。今日確認されている動植物の種は160万とも170万ともいわれ、地球はこのように多種多様の生命体の棲家となっている。その内訳を見ると、動物に属するものが120万種ぐらい、植物が40万種前後である。地球上で一番種類が多いのは昆虫で、何と80万種前後も生存している。昆虫は独特の構成からなり、頭、胴、腹というように分かれている。この独特な構成をして地球上で生き延びている。

私共人間のような脊椎動物は4万を超える種がある。しかし、人間のような精神的活動を持つといわれる動物は、今の所では、ヒトだけである。約100万分の1の存在であるヒトがこの地球の文明を創造している。人間はまさにこの地球上での王者である。他の生命体との共存共栄を考えた時、非常に重要な位置付けにある。そういったことを含めて、私共は今一度自らを振り返って見る必要がある。

この母なる地球上に存在している多種多様の生命体を元素分析すると、地球の元素成分とは大変異なり、水素、酸素、炭素、窒素の4元素で96%を占め、残りの4%に二十数種の微量元素が含まれている。宇宙は元素の製造元といわれ、これらのあらゆる元素は宇宙そのものから生まれたものである。現在の宇宙に存在する全ての物質は電子、陽子、中性子の3種の素粒子の組み合わせでできている。例えば、まず陽子1個から成る原子核と電子とが組み合わさって水素を生成し、さらに4個の水素が衝突してヘリウムができる。このようにして、次々と重い元素ができたと考えられている。

生命体の元素構成は比較的単純ではあるが、その正体はごく一部しか解明されていない。生物を構成し、生命活動を支えているのは、タンパク質や核酸などである。その活動の根源の極めて小さいことには驚かされる。タンパク質や核酸などによって作られる生物の基本単位のサイズはナノメートルオーダーであり、既にそこではあらゆることが行われている。身近な例では、筋肉はアクチン繊維とミオシン繊維がアデノシン三リン酸(ATP)のエネルギーを用い滑り力を出しているが、このミオシンの力を出している部分のサイズは10~20ナノメートルである。また最近発表された細菌の運動器官であるべん毛は回転モータとらせん形のスクリューからなり、数10ナノメートルの大きさで、推進力発生や方向転換の機構を実践している。



このように、生命体を形作っている材料であるタンパク質の基本的な大きさはナノメートルであるが、これらは制御用のタンパク質を取り込みながら、秩序だった構造を作り上げ、巨大な機能体を自己集合的に形成している。つまりDNA、細胞膜、先述の筋肉繊維の基本単位であるアクチンやミオシン、あるいはべん毛モーターなどを形成し、遺伝情報を記録したり、分子機械と呼ばれるような機能を出して、基本的な生命現象を担っている。

すなわち生物の世界では、ナノメートルオーダの分子を用いた大規模な機能構造体が外部からの操作を受けることなく実現されることを示している。生命体は驚くべき存在であり、その解明に向けての研究活動をもっともっと進めなければならない。

次に私共人間を眺めてみる。人間の体を構成している細胞の総数は約60兆個といわれており、平均の体重を60キログラムとすると、1グラム当たり10億個の細胞が含まれていることになる。しかもそれぞれの細胞が遺伝情報を持って活動している。この遺伝子の情報は生命の基本設計図と呼ばれ、人間の基本的な形や髪の色、肌の色、病気のなりやすさなどなどの個人の特徴を決めている。先述の人間の全遺伝情報（ヒトゲノム）解読の研究が人間の生命設計図の解明である。人間の個々の細胞の中には、23対の染色体があり、その上に約10万個の遺伝子が刻み込まれている。日本・米国・欧州の研究者の国際協力やベンチャー企業を巻き込んでの結果、今年の6月迄に、ほぼ解読が完了し、その概要が発表されることになっている。

今エレクトロニクスの中心をなす半導体の世界では、ギガビットといわれている。その前はメガビットやキロビットであった。ギガビットは10億ビット、その上はテラビットといって、これでやっと1兆ビットである。つまり人間の体は60テラビットの細胞で構成されている。今日のコンピュータの容量からいってもますますいものであり、これらの細胞が並列あるいは直列につながり、超並列のネットワークを作っている。

その中枢となる脳の中にCPU（中央演算装置）やマイクロプロセッサに相当する細胞がある。脳の細胞の数は150億個（15ギガビット）といわれ、今日の半導体メモリーからすると大した容量ではない。しかし、人間の脳ではこれら15ギガビットの脳細胞がたくさん突起によって絡み合い、配線されている。この配線が神経回路網（ニューラルネットワーク）と呼ばれる。その配線の長さは何と1500万キロメートルにも及び、地球を370周する長さである。これだけの高度情報化社会そしてここまで達するようなネットワークは未だ実現していない。たった15ギガビットの脳細胞でありながら、例えば私共の記憶容量は膨大なものである。医学研究者によれば、人間は150億個（15ギガビット）の情報素子量を基本的に持っている。眼や耳といった五感によって情報ネットワークを形成すると記憶容量は何と150兆（150テラビット）にまで達するといわれている。とてつもない量である。最近私共が開発したDVDで、やっと10ギガバイトである。最近の研究によると、眼の視覚信号の分野が非常に発達し、脳の中の原理の解明も少しずつ進みだした。従って、工学的な画像処理も今後は当然、視覚から見た画像処理へ進化していく。眼の細胞の数は約1.2億個で、いわゆる光軸に

沿って入る光信号をデジタル処理しているといわれ、約100万個の細胞で、今のCCDに近い。残りの細胞を使って、アナログの分散処理をして、画像を脳の中で見ているとされている。工学的な応用には、まだまだ研究を進めなければならない。

ついでに耳について触れる。耳の神経細胞は数100万個しかない。「百聞は一見にしかず」という諺があるが、細胞の数から考えてもだいたい100:1ということだ。覚えやすい。しかし、眼と耳とどちらが応答性が速いかというと、約1000倍耳の方が速い。耳は意外に解像力が高い。眼の方は応答性が悪く、しかも非常に不安定であることも分かってきた。逆に、「一を聞いて十を知る」の諺もうまくできていると思う。この眼と耳との組み合わせによって、人間は素晴らしい情報処理をやっている。

いずれにしても、このように人間を含めた生命体の中身は天文学的な数値をもって記述すべき存在であり、興味深い、手におえない、まことに恐るべき存在ともいえる。

3回にわたって、かかる雑事を長々と書いたのは、今日あらゆる面での転換が求められているからである。すなわち、これまでの工業化社会形成に大きな役割を果たしてきた科学技術は、そもそも自然を観察することから出発したものであるが、近代に至り、どちらかといえば、「自然の征服」という概念に変貌してきたように思う。物質至上主義の科学技術であり、文明であったといえる。

今や世界は情報ネットワーク社会といわれる。まさに、人間中心の社会である。したがって、再び「自然から学ぶ」という態度に立ち戻らねばならないと考える。人間の生み出す科学技術が自然といかに調和するかが肝要であろう。いわば生物中心文明であるという認識である。

ここで紹介した生物学分野もここ50年で飛躍的な発展をし、新しい遺伝子学や分子生物学などと進化して、生命体の中身が次第に明らかになってきた。合せてこれらの技術への応用も同時並行になされ、その関連する分野に大きく貢献すると共に、新しい産業や企業を生み出す原動力となっている。このこと自体はまことに喜ぶべきことである。

ご承知のように、今日の科学・技術は「科学的発見即技術的展開」というように構造化されている。このような構図は、イギリスに端を発した産業革命時代にできあがったものである。科学と技術の関係について、「科学は技術に奉仕するものである。良い技術は社会に繁栄をもたらすものである」という概念が打ち立てられた。ここで最も大事なことは良い技術であるかどうかの判定である。

間もなく21世紀である。科学技術により、新しい経済システム（エコノミー）と地球環境を含めた新しい生態系システム（エコロジー）の確立に加え、倫理観（エシックス）の涵養が重要である。正の面と負の面に向けての同時活動である。もちろんあってはならないが、ある意味での自然淘汰は避けられないであろう。

ここでは、表現上数値を数多くあげているが、必ずしも正確なものではないことを断っておく。