

大阪大学 産業科学研究所 副所長

先導的学際研究機構
超次元ライフイメージング研究部門長

永井健治 荣誉教授

ナノランタンで細胞から街までを照らす



ナイトスタンドの代わりに観葉植物がやさしい光を放ったり、電灯の代わりに街路樹が発光して道を照らしたり(図1)。そんな夢のような植物が、園芸産業や観光産業の起爆剤になる可能性があり、関心を集めています。エンターテインメント性だけでなく、省エネや脱炭素への期待がかかっているのです。これら植物の発光源となる「光るタンパク質」が発光する仕組みを強化し、「ナノランタン」を開発したのが、大阪大学の永井健治荣誉教授です。

光る街路樹で省エネと景観作り

大阪大学の永井先生の研究室を訪ね、まず、「光るタンパク質」と「ナノランタン」についてお話をうかがいました。

『「光るタンパク質」には、『蛍光タンパク質』と『化学発光タンパク質』があります。『蛍光タンパク質』は光を浴びて発光するため、必要となる光の長時間照射が細胞にダメージを与えています。一方、『化学発光タンパク質』はそれ自体が触媒する化学反応で光を発生させるものの、発光効率が低く光が極めて弱いのです。そこで

両者の短所を克服するためにハイブリッド化したのが『ナノランタン』です」

現在、奈良先端科学技術大学院大学の出村拓教授の研究室では、永井研究室で開発された化学発光タンパク質を用いて自然発光するポプラなどが育っています。

しかし、自然発光するポプラは化学発光タンパク質の遺伝子が導入された組換え体です。そのため実用化するには、生態系へ悪影響を及ぼし生物多様性を破壊してしまう懸念があります。

「そこで、例えば、ソメイヨシノのような種子を作らない植物を発光させて自然界に植林すれば、生物多様性への影響が抑えられると考えられます。夜、桜の花が発光する景色を想像してみてください。とても幻想的ですよね」

遺伝子操作によって誕生し、すでに市販されている花の前例を参考に、永井先生はさまざまな条件への対応を地道に進めるとともに、2025年開催の「大阪・関西万博」への出展も目指しておられます。

科学の道を照らすタンパク質の光

「私が大学で研究をしたのは『発生理学』です。

流れには棹をささない、今を懸命に生きる

このようなナノランタンなどの開発のほかに永井先生が取り組んでこられたのが様々な観察装置の開発です。中でも、「トランススケールスコープ」と名付けられた観察装置は、大学時代から取り組んできた「生命とは何か」という謎の解明を一気に進めると期待されています。

「顕微鏡の場合は、見たい物を数十倍以上にも拡大するため、視野のサイズがミリメートル以下になってしまいます。生命現象は非常に多くの細胞によって営まれており、それらの細胞を余すことなく観察することが肝要ですが、ミリメートル以下の視野ではそれができません。そこで、1センチメートルを超える大視野であっても、一つ一つの細胞を観察できる装置としてトランススケールスコープ『AMATERAS』を開発しました。(図4)。これにより、10万〜100万個という膨大な細胞を一度に、つまりマイクロとマクロを同時に観察できるようになったのです。その結果、小さな視野では見落とされてきた、

1つの細胞が分裂を繰り返して脳などの臓器を形成する過程を研究する学術分野ですが、その解明には、細胞が生きている状態を観察することが重要と考え、大学院ではX線顕微鏡の生物学への応用を研究しました」

博士号を取得後は、蛍光タンパク質を活用して、カルシウムイオン(細胞に影響を及ぼす情報伝達物質)の働きを可視化する方法を開発されました。そこに利用されていたのが「RCaM1」/フェルスター共鳴エネルギー移動」という物理現象です。RCaM1とは、蛍光波長が近いタンパク質同士が10ナノメートル以内が存在する場合は共鳴し合い、エネルギーが移動するという現象です。永井先生は、この現象を用いて、カルシウムイオンが結合すると2つの蛍光タンパク質が接近してRCaM1が生じ、蛍光色が変化する蛍光タンパク質を作られたのです。

こうした実績を重ね、2005年には北海道大学に最年少教授(当時)として赴任された永井先生は、次に、蛍光タンパク質と化学発光タンパク質のRCaM1で、さまざまな生物の成り立ちを研究しようと考えられました。

「蛍光タンパク質を強く光らせるには強い光を当てる必要があります。先述したように、どうしても生体に影響を与えてしまいます。そこで、自家発光できる化学発光タンパク質とのFRET」を研究しました(図2)。その結果、2012年には月明かりほどまで光るタンパク質、『ナノランタン』を作ることができました」

その頃ある科学誌に「ナノランタンが道を照らす」というタイトルでナノランタンが紹介されているのを見られた永井先生は、「ナノランタン」の街路樹への応用を思いつかれたそうです。その後、永井先生は異なる色の開発にも挑まれています(図3)。色数が増えれば、それだけ多くのものの違いを色別に同時に観察できます。

「化学発光タンパク質が、化学反応を起こして発光するためには発光基質が必要です。この発光基質を作り出す酵素の遺伝子を見つけるために、その酵素を持つ生物の採集に研究室のメンバーとフィールドワークに出かけたこともありまし

ました」

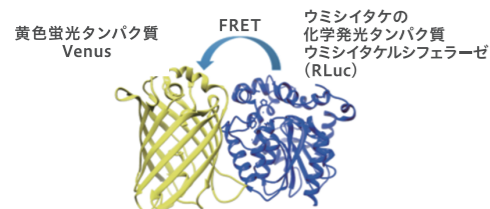
「顕微鏡の場合は、見たい物を数十倍以上にも拡大するため、視野のサイズがミリメートル以下になってしまいます。生命現象は非常に多くの細胞によって営まれており、それらの細胞を余すことなく観察することが肝要ですが、ミリメートル以下の視野ではそれができません。そこで、1センチメートルを超える大視野であっても、一つ一つの細胞を観察できる装置としてトランススケールスコープ『AMATERAS』を開発しました。(図4)。これにより、10万〜100万個という膨大な細胞を一度に、つまりマイクロとマクロを同時に観察できるようになったのです。その結果、小さな視野では見落とされてきた、

(図1)電力を使用せず未来の街を照らす街路樹



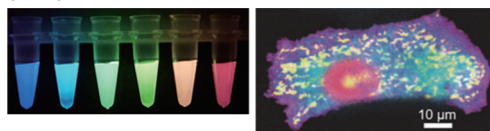
世界最大のテクノロジー見本市「CES」で話題になった。

(図2)ナノランタンの構造模式図と発光スペクトル



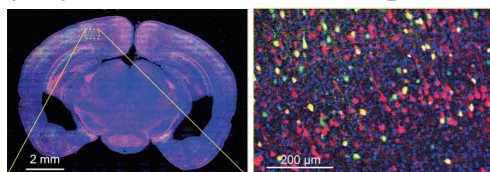
FRETを活用するナノランタンの発光は化学発光タンパク質単独よりも10倍以上強い。

(図3)6色のナノランタンと色分けされた細胞



色の数だけ細胞内の微細な構造が同時に識別できる。

(図4)「トランススケールスコープ」の画像



マウス脳の神経細胞を蛍光タンパク質で色分けして同時観察。

永井 健治(ながい たけはる)

大阪大学 荣誉教授 同大学産業科学研究所 副所長 同大学 先導的学際研究機構 超次元ライフイメージング研究部門長 博士(医学)

1988年、筑波大学生物学類入学、94年、同大学大学院農学研究科修士課程修了。98年、東京大学大学院医学系研究科博士課程修了。理化学研究所基礎科学特別研究員、科学技術振興機構さきがけ研究員を経て、2005年、北海道大学電子科学研究所の教授に。12年、大阪大学産業科学研究所教授に着任。17年に大阪大学荣誉教授の称号授与。20年より大阪大学産業科学研究所副所長。

※AMATERAS (A Multiscale/Multimodal Analytical Tool for Every Rare Activity in Singularity)