



「たんぱく質分子機械が働く仕組みが分かってきた」

(平成 12～15 年度特別推進研究「一分子生理学の立ち上げ：一個の分子機械の機能と構造変化の直接観察」)

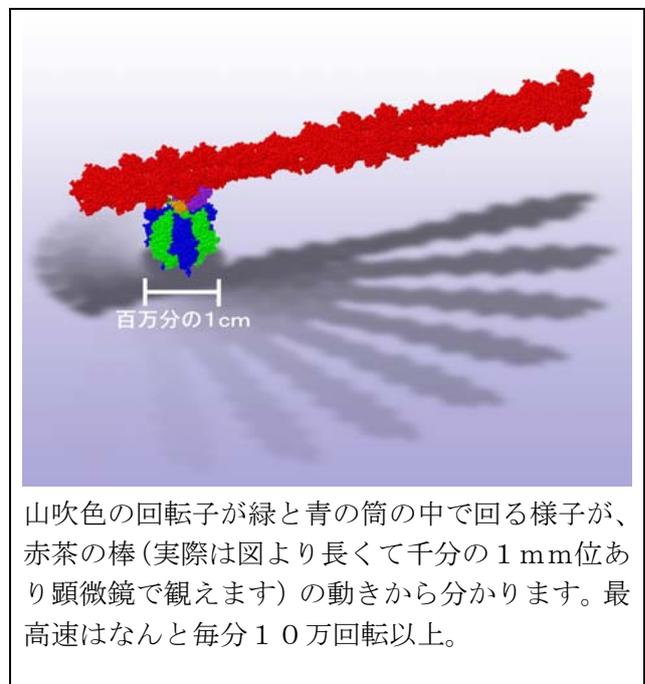
所属(当時)・氏名：大学共同利用機関法人自然科学研究機構（岡崎共通研究施設）岡崎総合バイオサイエンスセンター・教授・木下 一彦
(現所属：早稲田大学理工学術院・教授)

1. 研究期間中の研究成果

肉や魚でおなじみのたんぱく質、どんどん細かく分けていくと、最後は百万分の1 cm くらいの小さな塊、たんぱく質分子になります。小さな小さな分子がたった1個だけで、見事な働きをしてくれるので、「分子機械」とよばれます。例えば右図は、体の中にもある回転モーター。長い棒を付けて顕微鏡で覗いてやると、くるくる回るのが見えます。

長い棒を付けるのがみそで、光学顕微鏡ではとても見えないはずのモーターの動きが、手に取るように分かります。このように分子機械1個の働きを直接観て、働く仕組みを探るのが一分子生理学。この新しい学問の立ち上げに、手本となる成果をいくつか示しました。

回転モーターに関しては、回転の基本原理が明らかになりました。さらに、磁石を使ってモーターを逆回しすることにより、正回転時には消費されてしまうエネルギー分子 ATP を、合成させることができました。初めての、「力による化学合成」です。DNA の遺伝情報を読み出す分子機械が、DNA の二重らせんを雄ねじとして、雌ねじのように回りながら読み出しをすること、二本足で歩いて栄養を運ぶリニアモーターもらせん運動をすること、などを示しました。



山吹色の回転子が緑と青の筒の中で回る様子が、赤茶の棒(実際は図より長くて千分の1 mm 位あり顕微鏡で観えます)の動きから分かります。最高速はなんと毎分10万回転以上。

2. 研究期間終了後の効果・効用

一分子生理学は今や生命科学の花形で、多くの若い研究者を引きつけています。我々も更なる高みを目指します。回転モーターのどこで ATP に何が起きると回転するのか、ほぼ全容を解明しました。一方で、回転軸が無くなっても回るという驚くべき発見をし、この謎を解かねばなりません。二本足のモーターの足の動きも観え、ヒトの歩きとずいぶん違うことが分かりました。

個々の分子機械の動作原理だけでなく、分子機械というものがヒトの作る機械とどう違うか、一般原理がわかりつつあります。成果は海外の教科書にも取り上げられ、国際学会にも頻繁に招待されています。高校生も含め、若い人たちの集まりでもよく話をします。

【科学研究費補助金審査部会における所見】

本特別推進研究は、研究期間内にATP合成酵素F1の分子運動に関する研究で卓越した研究成果をあげ、特に一分子計測技術の開発及び応用で国際的に大きなインパクトを与えた。研究期間終了後も、2度にわたって特別推進研究に採択されるなどさらに大きく発展している。具体的には、タンパク質分子の直接的観察を行い、ATP合成酵素F1の回転の計測に成功した。また、化学と力学の共役の仕組みについて、分子機械一般に通じるような原理を提起した。さらに、二本足で「歩く」分子モーターミオシンについては脚の動きの直接観察に成功し、その動きにブラウン運動を使っていることを証明し、また、DNA上で働く「分子機械」について独創的な新知見を得るなど多方面にわたった研究の進展が見られた。本研究期間内に発表された論文10報は、合計で936回引用されており、世界の研究者が本研究課題による成果に注目していることがうかがわれる。また、米国生物物理学会でのNational LectureやNobel Symposiumなど多くのトップレベルの国際会議に招待講演するなど、生命機能研究だけでなくナノ科学など広い分野で大きなインパクトを与え続けている。研究代表者は、間違いなく世界にインパクトを与えている日本の研究者の一人であり、今後、さらに広い研究領域にその成果が波及するものと期待される。