



「たんぱく質分子機械が働く仕組み」

平成 16～20 年度 特別推進研究

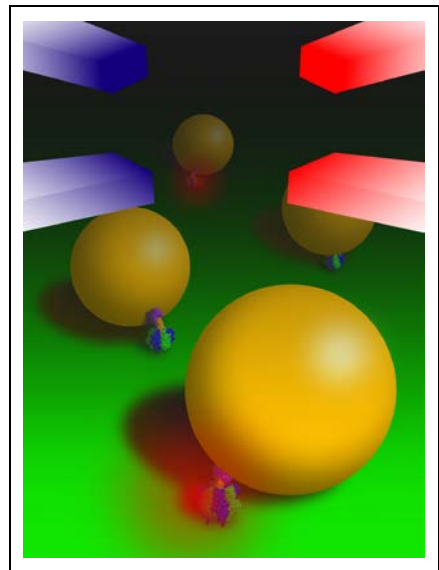
「一分子生理学による生体分子機械の動作機構の解明」

所属・氏名：早稲田大学・理工学術院・教授・木下 一彦

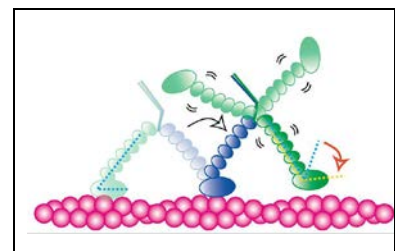
1. 研究期間中の研究成果

体を作るたんぱく質、どんどん分けていけば最後は百万分の 1 cm くらいの小さな分子になります。その分子が、たった 1 個だけで見事に働くので、分子機械と呼ばれます。体の中で働く分子機械が動く仕掛けを、顕微鏡を覗きながら探ります。

たとえば右上図の橙色の球の下の方についているのは、回転モーター分子です。ATP という、生命活動のエネルギー源となる物質を与えてやると、ATP を壊しながら玉をくるくる回します。鉄入りの玉を使い磁石で逆回ししてやると、なんと壊れた ATP が再生されます。体の中では、回転により ATP を再生しているのです。ピカッと光る ATP（図中の赤い光）を使うことにより、壊れた ATP をいつ捕まえ、どれだけ回ったら ATP に戻し、その ATP をいつ放出するのか、仕組みが見えてきました。このモーター、肝心の回転軸をほとんど削ってしまってもなんとか回ります。ここから進化して回転性能を上げ、最後は ATP 合成機能まで獲得したのでしょうか。



右下図は、二本足でレール（ピンク）の上を歩きながら栄養分を運ぶ、運搬分子です。着地した足の足首を前に曲げる（青）ところはヒト並みですが、持ち上がった後足（緑）を前に出す仕組み（ヒトなら筋肉）はなく、腰が自在継ぎ手になっていて、そこを中心にあらゆる方向にフラフラ揺らぐのです（水分子が衝突するおかげ）。それでも、青の足首の前屈のおかげで腰が前にあるので、緑の足はいずれ前方に（後方には届かず）着地します。これが分子の歩き方というわけです。



2. 研究期間終了後の効果・効用

回転モーターのほうは、どの回転角でどのくらいの力を出すのか、ATP や壊れた産物のつきやすさは回転角とともにどう変わるのか、などの基本が分かりつつあります。二本足の分子のほうは、実は腰を後ろに引っ張ってもちゃんと前進するので、上の説明は不十分です。腰が引けてもちゃんと前方に着地する仕掛けとして、後足（緑）が持ち上がるやいなや爪先が下がり、脚が前方に振れたときのみ足裏がレールと平行になって着地できる、と提唱し、実証しました。他にも、2本の絡まった DNA を互いにすり抜けさせる魔術師のような分子、DNA の二重らせんをさらにきつく巻く分子、などの仕掛けに迫りました。

複雑な仕掛けを本当に理解するには、働いているのを観るだけではだめで、自分の手で動かしてみる必要があります。強い力で強引に動かすのではなく、優しい力で正しく動く方向を探り、指先で反応を感じ取ります。分子機械相手に、これを始めました。困難ですが挑む価値があります。