



細胞は小さな電池

神奈川大学 永島賢治

和英辞典で「電池」の項を引くと“battery”の他に“electric cell”という訳語が出てくる。この electric “cell”というのは、電気の話まった小さな円筒状の容器というイメージから来るものなのだろうが、生物学で言う（一般的にも？）cell は「細胞」を指す。その形状から電池も細胞も同じ“cell”という単語で表現されているわけである。しかし実のところ細胞もまた“electric”であることを、いったい世間のどれほどの人が認識しているだろうか。生物が生きていくに当たって、例えば酸素呼吸であれば、環境中の有機物を取り込んで、これを安定な低分子の酸化物に分解し、その結果得られるエネルギー差が生命活動に利用される。この時の酸化還元反応（＝電子伝達反応）は、細胞膜の外側から内側へ向かって起こる段階を必ず含んでいて、同時に正電荷（プロトン）が細胞外へ運搬される。この部分は酸素呼吸以外のエネルギー代謝でも共通で、例えば光合成においても有機物の持つ化学エネルギーの代わりに光エネルギーを利用するという画期的な違いはあるにせよ、同じである。いずれにせよ細胞膜を隔てて正・負の電位差が生じるのである。この一場面だけを切り取って考えると、細胞膜はむしろコンデンサーのような印象となるが、環境中に十分な量の有機物があれば、あるいは光があれば、継続的に電子は供給され続けるのであり、やはり細胞を「電池」と見なすことに差し支えは無い。このとき細胞膜内外に発生する電位差はおよそ 200 mV 強である。市販のマンガン乾電池の電圧の 1/7 ほどとは言え、これが 5 nm ほどの厚みしかない細胞膜で発生するのだから馬鹿にはできない。単純に 1 cm まで積層したと仮定すると 40 万ボルトに相当する。

と、そんなようなことを講義で話したら、後で学生が質問してきた。「人間を発電機

として使うことはできますか？」こういう質問は講義内容を理解し興味を持ってくれた故に出てきたものと思えるので、倫理的にはともかく内心嬉しかったのだが、話を聞いてみるとどうやら私も昔見たことがある映画に端を発していたらしい。その映画は近未来の地球の話で、暴走した人工知能が人間を支配し、自らの動力を賄うための「電池」として人間を扱うという内容である。人間は一人一人スリープカプセルに入れられて電極に接続され、栄養分を供給されつつ延々と夢を見続けるのである。いや理論的にはあり得る。あり得るが、そのためには 60 兆ある細胞（より正確にはその中にある細胞内小器官であるミトコンドリア）の一つ一つに電極を取り付けねばならず、現実的には不可能であろう。映画では多数（100 本位？）の電極を身体各部に差し込んで、それで良しとしていたようであったが…。

発電装置として人間ではなくバクテリアを使ったとしても状況は変わらない。そもそも細胞自体、電気エネルギーを直接使うのではなく、一旦 ATP や NAD(P)H の化学エネルギーに変換してから利用するのである。この化学エネルギーは様々な物質生産や、細胞の物理的な運動など、生命活動の維持に必要な各種酵素反応によって消費される。こんなふうになると「じゃあ細胞は電池とか言いながら結局使い物にならないじゃないか」と思われるかもしれないが、電気エネルギーを作り出す過程や、様々な物質生産の中には水素、アンモニア、メタンなど、有用物質の発生反応が少なからず含まれているのである。近年の遺伝子工学の発展は、細胞内の酵素反応をかなり恣意的に操作することを可能にしているもので、こうした有用物質の生産過程を増強することも可能であろう。要するに、この「小さな電池」が発生する電気エネルギーを、複雑な回路の中の特定の経路に集中させて有益な仕事をさせようという試みである。そのエネルギー源を太陽光に求めれば、これもまた人工光合成の一つのあり方と言えるに違いない。