

## コラム「酢酸菌の鞭毛」

駒形和男

東京大学名誉教授

1864年フランスのPasteurは*Mycoderma aceti*という微生物（現在の酢酸菌といわれる細菌の一群）がアルコールを酸化して酢酸を生成し、それが酢のもとであると報告した。わずか150年ほどまえのことである。酢酸菌のなかにアルコールを強く酸化し、酢酸を作るものがあり、*Acetobacter*という学名が与えられている。この細菌が酢の醸造に用いられている。一方、1935年朝井勇宣（あさいとしのぶ）先生は、果実にも酢酸菌が広く分布していることを見いだされ、さらに、これらの酢酸菌はアルコールよりブドウ糖を強く酸化し、グルコン酸などを生成し、生化学的にも酢の醸造に用いられる*Acetobacter*とは異なることを明らかにされた。そして、新属*Gluconobacter*を創設され、この一群の酢酸菌をこの属に含められた。

年代が下って、1954年米国のLeifsonは酢酸菌の鞭毛の着生様式と酢酸と乳酸の酸化を研究し、酢酸菌を*Acetobacter*と*Acetomonas*の2属に分類した。簡単にいえば、*Acetobacter*は周鞭毛を有し、酢酸と乳酸を酸化し、他方*Acetomonas*は極鞭毛を有し、酢

酸と乳酸を酸化しないというのである。朝井先生も、すでに*Acetobacter*と*Gluconobacter*の相違は酢酸の酸化にあると記載されている。言い換えれば、*Gluconobacter*に相当するものに*Acetomonas*という学名を与えたことになる。

酢酸菌は短桿菌で、その大きさはほぼ $0.6-0.8 \times 2 \mu\text{m}$ であり、鞭毛により運動する。Leifsonは一生を細菌の鞭毛着生様式の研究に捧げた人で、立派な鞭毛の写真集を出版している。一方、朝井先生は酢酸菌の生化学的性状に重点をおかれ、運動性は観察をされていたが鞭毛は観察されていなかった。そこで、学名の優先権を巡って欧米の研究者とわが国の研究者が火花を散らすことになった。

朝井先生はLeifsonの論文を受け、1958年*Acetobacter*は周鞭毛であり、*Gluconobacter*は極鞭毛であると報告された。先生は、1960年代の初め、私に酢酸菌の鞭毛をもう一度確認するようにと指示された。細菌の鞭毛は、きわめて細く、幅が $0.05 \mu\text{m}$ 程度であるから通常の光学顕微鏡の解像力では見えない。そこで、タンニン酸などを沈着させて、人工的に鞭毛を太くし、それを色素で染め、観察する。したがって、自然の状態を見るのではないので、アーティファクト（人工的な産物、artifact）がうまれ、観察や解釈を間違えることがある。そのため、何枚、いや何十枚もの標本をつくり、検鏡しなければならない。それまで、*Pseudomonas*をはじめいろいろの細菌の鞭毛を染めた経験があったので、酢酸菌の鞭毛染色もすんなりいくだろうと思った。実は、これが間違いで、なかなか良い写真がとれず、この撮影に3年近くをついやした。1,000 齣（こま）にもおよぶ写真のなかで、発表に用いることのできたのはわずか数枚であった。その結果、*Acetobacter*は周鞭毛を有し、*Gluconobacter*は極鞭毛を有すると結論した。これに関する論文は、1964年朝井先生、飯塚 廣先生との連名で発表させていただいたが、その写真はいまでも自慢できるものである。後日、ベルギーのDe Leyの裁定で*Gluconobacter*の



図1 朝井勇宣先生

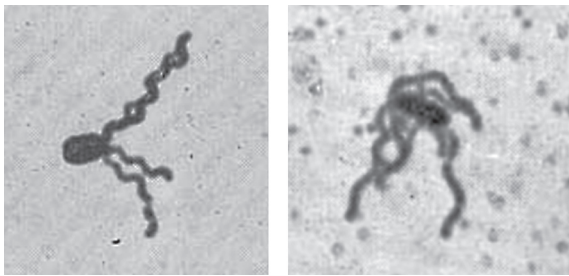


図2 左：グルコン酸菌 (*Gluconobacter oxydan*) の極鞭毛，右：酢酸菌 (*Acetobacter lovaniensis*) の周鞭毛

優先権が確立した。

これでこの問題が終わったのではなかった。朝井先生は、1958年の論文で、*Gluconobacter* のなかに、極鞭毛を有しているが酢酸と乳酸を酸化する酢酸菌が3株あると報告された。これは、形態的には *Gluconobacter* であるが、生理的には *Acetobacter* ということになる。さっそく、ヨーロッパの研究者から追試した結果、これは周鞭毛であって、極鞭毛でないという反論が発表された。朝井先生は、1964年の論文のなかで問題の菌株の鞭毛に触れ、染色標本でも電子顕微鏡観察でも周鞭毛であることを確認され、そして、このような酢酸菌を *Acetobacter* と *Gluconobacter* の中間型と位置づけられた。

細菌の鞭毛を観察する際、すぐ電子顕微鏡で観察すれば良いではないかという人がいる。しかし、電子顕微鏡は倍率が高いだけ、観察できる細胞の数が少なく、アーティファクトによる解釈の間違いも生じる。1958年の朝井先生の電子顕微鏡による観察は、まさにアーティファクトを極鞭毛と見誤ったのである。そこで、われわれは、鞭毛観察をする場合、まず光学顕微鏡で

当たりをつけ、必要があれば電子顕微鏡で確認する。世の中には、実情を知らず、したり顔でもっともらしいことを言う人がいるが、このような人の言い分に乗せられてはならない。

その後、1960年代に細菌分類学に数値分類学、化学分類学が導入され、1970年代の半ばからリボソームRNA遺伝子の塩基配列に基づく系統分類学が発展し、細菌のような有性世代を持たない微生物にも進化的関係が論じられるようになった。1997年山田雄三先生は、キノノと系統の研究から、1935年朝井先生が設けられた *Gluconobacter* の亜属 *Gluconoacetobacter* (sic) を属に昇格させ、新属 *Gluconacetobacter* を創設された。そして、朝井先生の中間型酢酸菌を *Gluconacetobacter* に再同定され、一件落着した（正確には朝井先生はもう一つの中間型にも言及されているが、ここではそれには触れない）。ちなみに、この属の創設により分類学的位置の曖昧であった *Acetobacter liquefaciens*, *Acetobacter xylinus* などの所属が明らかになり、酢酸菌の分類に大きな影響を与えた。

最近の細菌分類学において、鞭毛着生様式はその分類学的意義が薄れてきたように見受けられる。鞭毛観察には職人的技能が必要とされ、また、新しい客観的な分類指標が導入されている現在では無理もないことである。しかし、われわれは、Leifsonの人生が凝縮されている写真集に、また、朝井先生の克明な記述と細胞形態の写真に、先達のなみなならぬ努力とたゆまぬ勤勉をうかがい知ることができる。現在の細菌分類学が、このような先達の研究の上に成り立っていることに思いをはせることは、微生物学に携わるものにとって決して無駄なことではないであろう。