

未開拓の生物資源？ 土壌原生生物

村瀬 潤

原生生物界は、動物界、植物界に続く3番目の生物界として、1866年にHaeckelによって提唱された。当時は単細胞性のすべての原核生物、真核生物を含んでいたが、その後Whittakerが唱えた5界説では、原核生物はモネラ界として独立した分類群と位置づけられ、原生生物界は植物界、動物界、菌界のいずれにも当てはまらない単細胞性真核生物のすべてを表すようになった。つまり実際には、原生生物に「界」と呼べるような生物学的なまとまりはほとんどないといっても良い。2018年現在、国際原生生物学会では新たな真核生物の分類体系として5つのsupergroupsを提唱しているが、原生生物はすべてのグループに含まれるばかりでなく、どのグループにも該当しない原生生物も多数存在する¹⁾。

原生生物のうち、繊毛、鞭毛、仮足を使って移動し他の生物を捕食する繊毛虫、鞭毛虫、アメーバの仲間については、これまで「原生動物」と呼んでいた。現在では「捕食性原生生物 (phagotrophic protists)」、 「従属栄養性原生生物 (heterotrophic protists)」あるいは単に原生生物と称される。繊毛虫、鞭毛虫、アメーバはあくまで形態的特徴に基づいた分類で、実際には繊毛虫以外は多系統である。たとえば同じ土壌から分離された2種のアメーバの進化距離がヒトと糸状菌の間よりも遠いことも珍しくない。

分子生物学的手法の発達によって環境微生物の多様性に関する情報は爆発的に増えつつある。土壌原生生物についても環境DNA (またはRNA) を対象とした解析により、これまで認識されなかったグループが土壌微生物群集の重要なパーツを占めることが示唆されるようになった。また、*Acanthamoeba*属は培養法で土壌から分離されるもっとも「ありきたり」なアメーバであるが、それでも、分離株と環境DNAの塩基配列情報の比較によると、*Acanthamoeba*のおよそ4割程度は未分離だという。原生生物の多様性の実態解明はこれからが本番である。

原生生物の捕食作用は土壌細菌群集に対する選択圧として働くとともに、土壌細菌の遺伝子発現にも影響を与える。最近では、原生生物と細菌のさらに複雑な関係が報告されている³⁾。たとえば、原生生物がある細菌を捕食するためには別の細菌が生産するビタミン類が必要なこともあるし、原生生物の捕食にとまなう日和見病原性細菌の弱毒化がバクテリオファージの共存により抑制さ

れることもある。また、捕食性原生生物の食性についても新たな発見が報告されている。最近分離された新規の有殻アメーバは、細菌は捕食しないが糸状菌や藻類を捕食する。自分よりはるかに大きな線虫を「群れ」で襲うアメーバも発見された。同じように線虫を襲う原生生物としてはさらに体長の小さな鞭毛虫も報告されている。マラリア原虫はヒトに寄生する原生生物として有名だが、土壌の後生動物にも原生生物が共生あるいは寄生している可能性が指摘されている。また、原生生物がレジオネラ菌のような細菌やアーキアの宿主となるケースもある。土壌中には生物遺体などを栄養源として腐生的に生育する原生生物も存在する。土壌原生生物は植物根の周辺 (根圏) で活発に活動していることが知られているが、葉面にも生息することが最近明らかとなり、原生生物と植物の間には何かしらの相互作用が存在する可能性も指摘されている。これらの発見は、土壌中の微生物間の相互作用は従来想定されていたものよりもはるかに複雑であり、また原生生物は役割・機能の面でもきわめて多様であることを示唆している。

こうした土壌原生生物の多様性や機能についての新しい知見は少しずつ蓄積されているものの、文献数で見れば土壌原生生物の研究は、土壌以外の環境の原生生物、土壌の他の微生物 (細菌、アーキア、糸状菌) に比べて盛んとは言えず、むしろその差は開く傾向にある²⁾。その理由はさまざま考えられるが、筆者は絡み合う「2重の複雑性」にあると感じている。原生生物は一つの生物集団とするのはあまりに多様で、学問体系としての原生生物学は成熟には程遠い。そして土壌は、直接検鏡法による計数やサイズ分画による系内からの原生生物の選択的排除といった、水環境では適応可能な研究アプローチをことごとく阻む「やっかいな」環境である。微生物多様性の宝庫である土壌に住む多様な真核微生物集団である原生生物について、我々は多くを知らない。しかし見方を変えれば、大きなチャンスが残されているとも言える。世界の専門家たちは、旧世紀に置き去りにされた秘境に眠る宝の山 = 土壌原生生物を掘り当てべく、思いを新たにしている²⁾。

- 1) Adl, S. M. *et al.*: *J. Eukaryot. Microbiol.*, **59**, 429 (2012).
- 2) Geisen, S. *et al.*: *Soil Biol. Biochem.*, **111**, 94 (2017).
- 3) Murase, J.: *Microbes Environ.*, **32**, 99 (2017).