



土壌微生物の多様性の意義と多様性を生み出す場の重要性

豊田 剛己

生物多様性に関する人々の関心は高い。生物というと、多くの人が動物や植物を連想するであろうが、土壌の中にも莫大な多様性を有する微生物が存在する。

わずか1gの土壌に10億～100億もの微生物が生育していることはよく知られていたが、果たして何種類の微生物がいるのかを見積もることは容易ではなかった。1990年になって土壌から抽出・精製したDNAを用いてCot解析を行うことで、1gに4000種類程度の細菌が存在することが知られるようになった。さらに、土壌DNAを鋳型にPCR増幅した16S rDNAや18S rDNAのクローニングとシーケンスなどにより、土壌微生物の多様性が明らかになりつつある。

生物多様性の意義は何であろうか？生物多様性が高い生態系では一次生産のような生態系の機能が低い¹⁾とされるが、その一般性やメカニズムについては不明な点が多い。生態系機能には、有機物分解能、窒素固定能といったさまざまな土壌微生物が有する機能が含まれる。ところで、生物多様性の新たな価値として、生態系機能のストレスに対する耐性能が知られるようになった。人間社会と同様に、土壌微生物にも絶えず各種のストレスがかかっている。たとえば、農耕地土壌では農薬施用が挙げられる。中でも、生物に対して非選択的に殺菌効果を有する土壌燻蒸剤は土壌微生物への影響が大きい。また、日々の乾燥・湿潤、冬場の凍結・融解などが土壌微生物へ影響を与える。

土壌は作物生産の要であり、その持続的利用の重要性は言うまでもない。それにはさまざまな生態系機能を担う、ヒトでいう臓器の働きをする土壌微生物機能の持続性が欠かせない。しかし、図1に示すように、土壌の有する機能が各種ストレスに晒された場合、ストレスにより容易に低下したり、ストレスから回復しづらかったりすると、土壌機能が低下し、持続的な利用には適さない。一方、抵抗力が高い土壌や、抵抗力が低くても回復力が

高い土壌であればストレスからの回復が容易に起こり、土壌微生物の有する生態系機能が維持される。こうしたストレスへの抵抗力およびストレスからの回復力に微生物の多様性が関与する。Griffithsら³⁾は、土壌をクロロホルムで30分から24時間燻蒸し、その後5ヶ月間培養した。十分に培養期間を置くことで、細菌数は燻蒸した土壌でも非燻蒸の土壌と同程度あるいはそれ以上に増加したが、PCR-DGGEで見た細菌群集の多様性は燻蒸時間が長いほど減少した。この土壌にストレスとして硫酸銅を添加して植物残渣の分解能を見たところ、多様性の高い(燻蒸時間の短い)土壌ほど硫酸銅による有機物分解能の減少が少ないことがわかった。ストレスがない条件下における有機物分解能には多様性は関係しなかったが、ストレス条件下では多様性が高いほど有機物機能が安定であった。つまり、微生物の数が多くても、多様性が低い場合はストレスに弱いのである。

土壌微生物の多様性はいかにして高められるか？土壌微生物の多くは従属栄養生物であるため、その餌は有機物である。一般に、地力(土壌肥沃度とも言われる土壌の生産力の指標の1つ)の維持・向上のために、農耕地土壌に堆肥や植物残渣を添加することが奨励されるが、それにより微生物多様性も高めることができるとされる。実際、牛糞堆肥を連用することで、土壌消毒に対する有機物分解能の安定性が高まることが報告され⁴⁾、堆肥施用の新たな価値が見いだされた。

有機物を添加するとなぜ微生物多様性が高まるのか？微生物に対して多様な餌を供給するためであることはもちろん、“場”の重要性もあるであろう。一般に、有機物含量が高い土壌ほど土壌構造が発達する⁵⁾。土壌は粘土、シルト、砂と呼ばれる粒径の異なるさまざまな粒子から構成される。これらの粒子が微生物や有機物の働きで結びつき複雑な団粒構造ができる。土壌構造の発達とはこうした団粒構造がより複雑になることを言い、それにより酸素分圧や水の有効性、養分濃度などが少しずつ異なるさまざまな微視的環境が生み出される。団粒構造の発達に伴い土壌機能の安定性が高まる可能性が示唆されており、土壌微生物に対して多様な住み場所を提供することで多様な微生物が育まれ、それが結果として生態系機能を高めていると想像される。土壌微生物の多様性の意義と多様性を生み出す場の重要性について、今後の研究の発展が期待される。

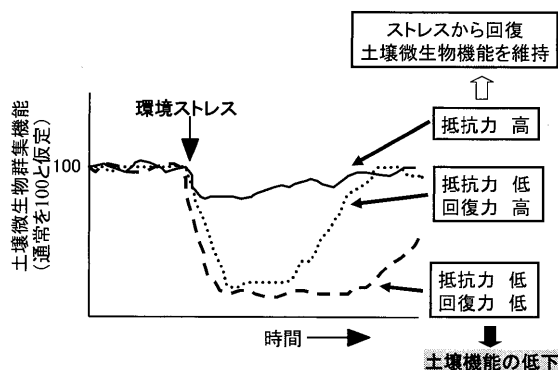


図1. 土壌微生物群集機能の環境ストレスに対する応答パターン

- 1) Torsvik, V. et al.: *Appl. Environ. Microbiol.*, **56**, 782 (1990).
- 2) Naeem, S. and Lim, S.: *Nature*, **390**, 507 (1997).
- 3) Griffiths, B. S. et al.: *Oikos*, **90**, 279 (2000).
- 4) Fujino, C. et al.: *Soil Sci. Plant Nutr.*, in press.
- 5) Kuan, H. L. et al.: *Eur. J. Soil Sci.*, **58**, 811 (2007).

著者紹介 東京農工大学大学院共生科学技術研究院先端生物システム研究部門(准教授) E-mail: kokit@cc.tuat.ac.jp