

植物の水分張力測定

(凝集力説は否定されるか?)

町 村 尚

植物(維管束植物)は、根から水を吸い上げる。小学生でも知っている現象であるが、この10年間、そのメカニズムについて興味深い論争が起きている。植物導管内の水移動機構としては、100年以上前に提唱された「凝集力-張力理論(凝集力説)」が定説である。これは、葉における水の蒸発によって生じた張力(負圧)が導管内水移動の駆動力であり、この負の圧力が連続する水柱の凝集力(水素結合)によって根まで伝達されるという説である。凝集力説に則ると、植物の吸水と蒸散は電気抵抗回路のように表現できる。すなわち、葉と土壌の水分張力差を電位差、土壌、根、茎、葉の通水抵抗を電気抵抗と置き換えると、蒸散流速が電流として計算できる。この表現方法によってさまざまな植物体内および植物群落の水、物質移動モデルが作成され、植物生長や気候変化シミュレーションにも応用されている。

葉の水分張力の測定には一般に、圧力チャンバ(Scholander-Hammel pressure bomb)が使用される(Scholanderら)¹⁾。これは、切り取った葉の葉面にガスで圧力を加え、切り口から溢液が始まる圧力の負数から切り取り時の張力を知る方法である(図1(A))。圧力チャンバ測定によって、蒸散時の葉の水分張力が -10 MPa にもおよび、数10 mの高木の末梢にまで給水されることが確認され、これによって凝集力説は実験的に証明された。一方で、凝集力説への現象論的疑問も存在した。たとえば、葉などの細胞がこのような高張力に耐え得るか、高張力下の水柱に生じるエンボリズム(気泡による閉塞)を植物はどのように解消できるか、昆虫はどのように張力に抗して導管液を吸うか、などである。圧力チャンバ測定では葉を切り取るため、実際に蒸散をおこなっている葉の張力を直接には測定できない。ドイツWürzburg大学

大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻(助教授)

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

TEL. 06-6879-7391 FAX. 06-6879-7391

E-mail: mach@ga.eng.osaka-u.ac.jp

http://www.ga.eng.osaka-u.ac.jp/~mach/

1986年 北海道大学大学院農学研究科修士課程修了、
博士(農学)

現在の興味: 植物葉面からの水吸収

の Zimmermann らのグループは、生きている葉の導管圧を直接測定するため、細胞膨圧測定プローブを改良した「木部圧力プローブ(xylem pressure probe)」を使用した(図1(B))。これは葉の導管に細管を差し込み、管内の液圧の平衡値から導管圧を知る装置である。ところがこのプローブを使用してタバコの葉の水分張力を測定したところ、蒸散中の葉でも -0.6 MPa より大きい張力は測定されなかった。また導管に沿った圧力勾配や蒸散の変化に対する張力の顕著な応答も認められなかった(Balling と Zimmermann)²⁾。彼らはこの結果から、凝集力が導管内水移動の主たる駆動力ではないと考えた。また同時に測定した圧力チャンバによる張力は、プローブによる張力より大きかった。このため、切り取った葉を使用する圧力チャンバ測定における平衡圧力が蒸散時の導管内張力を代表できるかに疑問が呈された。

これに対し、凝集力説を支持するアメリカ農務省の Tyree らは木部圧力プローブによる追試験をおこない、プローブ内部や導管への挿入部でのキャビテーションの問題を指摘した。また、さまざまな実験から圧力チャンバ測定の有効性を示し、凝集力説の正当性を示した(Tyree)³⁾。凝集力説をめぐる論争は、新しい実験結果を交えながら現在も継続している。また木部組織による加圧によって導管張力の絶対値が低く抑えられるという折衷説もある(Canny)⁴⁾。

- 1) Scholander, P.F. et al.: *Science*, **148**, 339 (1965).
- 2) Balling, A. and Zimmermann, U.: *Planta*, **182**, 325 (1990).
- 3) Tyree, M.T.: *J. Ex. Bot.*, **48**, 1753 (1997).
- 4) Canny, M.: *Annal. Bot.*, **75**, 343 (1995).
- 5) Wei, C. et al.: *Trends in Plant Science*, **4**, 372 (1999).

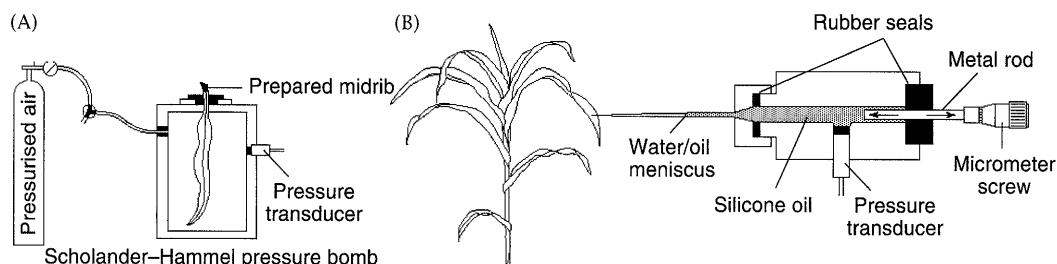


図1. (A) 圧力チャンバ, (B) 木部圧力プローブ (Wei ら⁵⁾を編集)