

植物細胞の力学特性評価のための細胞弾性率と細胞内圧の計測

Evaluation of mechanical properties of plant cell by measurements of cell elasticity and intracellular pressure

奈良先端大物質¹, 奈良先端大バイオ², 神戸大院理³, 岡山大院自⁴, 東京大院工⁵,
 °入口 大修¹, 伊藤 賢四郎¹, 中堀 清⁴, 仲尾 真男², 岡野 和宣¹, 津川 暁², 川口健一⁵,
 出村 拓², 三村 徹郎³, 細川 陽一郎¹
 Div. Mat. Sci. NAIST¹, Div. Bio. Sci. NAIST², Dept. Bio. Univ. Kobe³, Fac. Sci. Okayama Univ.⁴,
 Inst. Ind. Sci. Univ. Tokyo⁵
 °Taishu Iriguchi¹, Kenshiro Ito¹, Kiyoshi Nakahori⁴, Mao Nakao², Kazunori Okano¹, Satoru Tsugawa²,
 Kenichi Kawaguchi⁵, Taku Demura², Tetsuro Mimura³, Yoichiro Hosokawa¹
 E-mail: iriguchi.taishu.iq8@ms.naist.jp

植物細胞の力学特性は、細胞壁の弾性率だけでなく、細胞内圧、さらには細胞内圧により生み出される細胞壁の張力に依存すると考えられる。近年、原子間力顕微鏡 (AFM) が植物細胞の力学特性を知るための有力な手段として注目されているが、AFM によるナノスケールの計測だけでは、細胞全体の力学特性に起因する特性を理解することは難しい。そこで我々は、細胞全体の弾性率および細胞内圧をマイクロスケールで計測し、AFM の計測データと照合することにより、その構造に由来する細胞壁および細胞全体の力学特性を明らかにしようとしている。本発表では、細胞全体の弾性率と細胞内圧をマクロスケールで計測した結果と、AFM により細胞壁の弾性をナノスケールで計測した結果について報告し、議論する。

植物細胞試料として、藻類の一種であるシャジクモ (*Chara australis*) を用いた。シャジクモは、1つの細胞が幅数 mm、長さが数 cm にもおよぶ巨大な節間細胞を有しており、古くから1細胞の性質をマクロスケールで知ることのできる試料として研究されている。この節間細胞全体の弾性率をクリープメーターによる3点曲げ試験により評価した。図1に示すように、アルミ台の間に配置した節間細胞の中心に、0.05 mm/s の速度でアルミ棒 (プランジャー) を押し付けていき、そこに取り付けられた圧力センサーにより、節間細胞を曲げるために必要な力を計測する。節間細胞に付加された力と曲がり量の関係から、直径 870 μm の細胞全体の弾性率は、38 MPa であると見積もられた。細胞の直径が小さいとき、細胞の弾性率が小さくなる傾向がみられた。次に、図2に示す方法で、プレッシャープローブにより節間細胞の内圧を計測した。この方法では、細胞にガラス製のマイクロキャピラリーを挿し、細胞内圧によりキャピラリーに流入する細胞内液を、キャピラリー内のシリコンオイルで押し返す。このシリコンオイルの押し返しに必要な圧力を、キャピラリー内に配置された圧力センサーにより計測した。この方法で計測された節間細胞の内圧は 0.51 MPa であった。この値は、細胞全体の弾性率よりも遥かに小さく、細胞全体の力学特性は細胞壁により司られていることを示す。

細胞壁の弾性率を AFM により評価した。図3に示すように、節間細胞をガラスボトムディッシュ上に配置し、厚み 1 mm のシリコンシートで挟み込んで固定し、細胞の上部から先端が球状 (半径 0.4 μm) の AFM 探針 (ばね定数: 42 N/m) を接触させ、計測を行った。探針のたわみ量と細胞壁のひずみ量の関係 (フォースカーブ) に Hertz の接触理論モデルを適用した結果、細胞壁の弾性率は、1.3 MPa であり、クリープメーターで計測された弾性率とは大きく異なった。この結果は、細胞壁の張力を考慮していない Hertz モデルが解析に適用できないことを示唆しており、現在、植物細胞の構造を考慮した解析モデルを検討している。シャジクモ細胞の内圧は、周囲の水分条件により大きく変化し、発表では、細胞内圧を調節した計測結果も踏まえ、その構造に由来する力学特性について議論する。

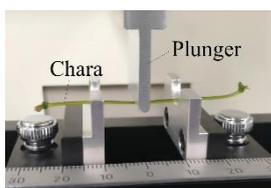


Fig.1 Measurement of elastic modulus by a creep meter

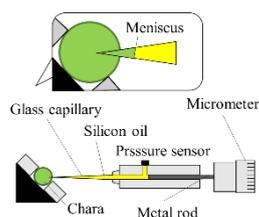


Fig.2 Measurement of intracellular pressure by a pressure probe system

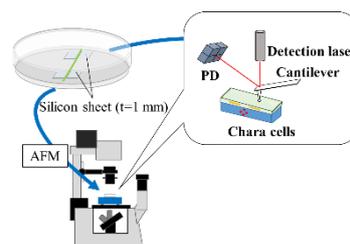


Fig.3 Measurement of cell wall stiffness by AFM