

薄く平らな葉：「当たり前」に秘められた「超」効率的な構造を発見 -自然の知恵から、新たな平面構造の開発・応用に期待-

概要

植物の葉は、通常薄く平らな構造をもち、これは効率的な光吸収に役立っています。一方で、その薄さにも関わらず、葉は長期間壊れずにその構造を維持しています。京都大学の小野田雄介とオランダの共同研究者らは、新しく開発した測定法により、葉がなぜ薄くても壊れずに長期間その構造を維持できるのか、そのメカニズムを明らかにしました。この研究により、葉は、飛行機の翼など先端工学でも使われている「サンドイッチ構造」（薄く硬い表面材と厚く柔らかい芯材から構成される）と呼ばれる非常に効率的な構造をもち、限られた資源で、曲げに強い平面構造を達成していることが分かりました。陸上の植物は、5億年の進化の歴史を経て、極めて洗練された構造をもち、そのような構造を明らかにすることは、植物科学の発展だけでなく、薄くかつ耐久性の高い構造設計など工学的応用にも繋がると期待されます。



1. 背景

植物の葉は、効率的な光吸収のために薄い構造をもちますが、一方で、多少の風雨にさらされても壊れません。葉の断面をみると、外側の表皮組織と内側の葉肉組織に大別することができ、工学で用いられている「サンドイッチ構造*」に似ています（図1）。しかし、葉の表

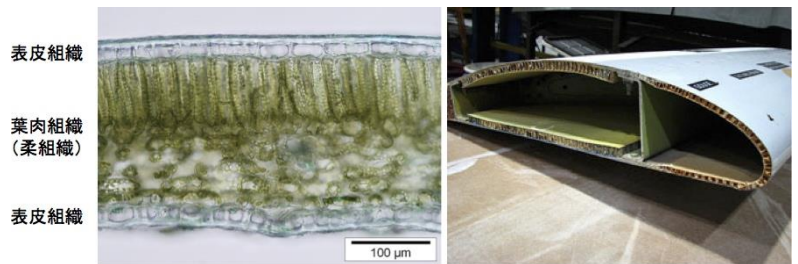


図1 葉(右)と飛行機翼(左)の断面構造。

皮組織と葉肉組織は密着しているため、両組織を分離して硬さを測定することはできず、葉がどの程度効果的なサンドイッチ構造をもちているかは分かっていませんでした。そこで、私たちは、葉の組織を分解せずに、表皮組織と葉肉組織の硬さを測る方法を考案し、それを様々な植物の葉に応用しました。

*サンドイッチ構造は、薄く硬い表面材と厚く柔らかい芯材から構成され、軽く曲がりにくい平面を構成するのに有用で、飛行機の翼、スキー板、ダンボールなど、様々な用途に用いられています。

2. 研究手法・成果

葉の曲げ試験と引っ張り試験による硬さ測定を組み合わせることにより、表皮組織と葉肉組織を分離することなく、それぞれの硬さを評価する方法を開発しました。この手法による測定を 36 種の様々な植物について行った結果、草木に関わらず、表皮組織の硬さは葉肉組織の硬さに比べ圧倒的に高く、葉は非常に効率的なサンドイッチ構造であることがわかりました (図 2 a)。また表皮の硬さにおいて、表皮組織の最外面にあるクチクラ (厚さ 0.1-10 μm 程度) が特に重要であることもわかりました (図 2 b)。これらの結果は、植物が長年の進化の歴史を経て、「薄くかつ力学的にも安定」という相反する制約を巧みに克服してきたと言えます。

3. 波及効果

近年、生物の形や特性からアイデアを得て、人間社会に役立てようとする学問 (生物模倣学) が進んでおり、今回の発見が、薄く且つ耐久性の高い構造設計に応用されることが期待されます。また、一般の方々にも、身の回りの植物を違った視点で見る機会になれば幸いです。

4. 今後の予定

植物は限られた資源で巧みに葉の平面構造を維持していますが、水不足の時は、逆に葉が萎れる (平面構造をたたむ) ことによって、強い光から逃げることもできます。植物は巧妙な仕組みをたくさんもっていますので、そのような仕組みを今後も明らかにしていきたいと思っています。

<論文タイトルと著者>

Yusuke Onoda, Feike Schieving & Niels PR Anten. (2015) A novel method of measuring leaf epidermis and mesophyll stiffness shows the ubiquitous nature of the sandwich structure of leaf laminae in broad-leaved angiosperm species. *Journal of Experimental Botany*. (Online early, 22:00 12 Feb 2015 PST, 日本時間2015年2月12日15時)

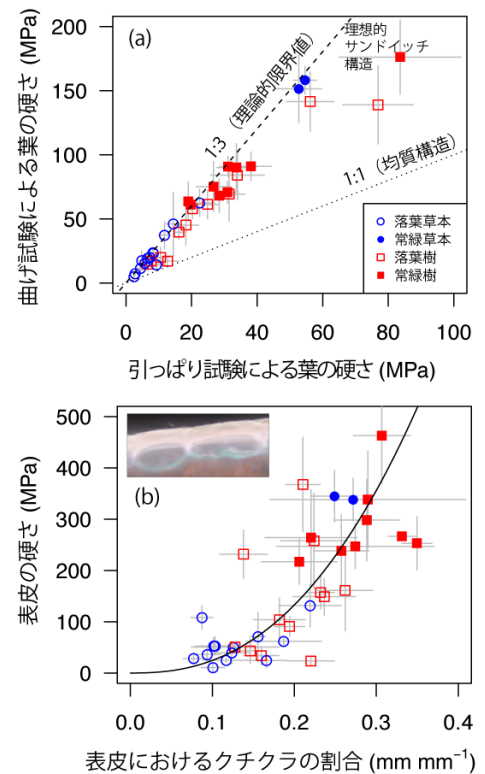


図 2 (a) 引っ張り試験と曲げ試験の比較から、葉は理想的なサンドイッチ構造であるとわかる。(b) 厚いクチクラをもつ葉は表皮がより硬い。