

二次壁の層構造を制御する遺伝子の探索

1. はじめに

世界で最も高い樹木はカリフォルニア州に自生するセコイヤで、樹高は100メートルを超えます。また、日本では樹高が60メートルを超えるスギが現存しています。「なぜ樹木が大きな樹体を物理的に維持できるのか」。この問いは、樹木を扱う研究者を魅了し続ける疑問の1つです。この疑問への解答は、個体・組織・細胞など様々なスケールでなされており、研究者が培ってきた知識によりその答えは異なります。今回の話題では、樹木の強靱さについて細胞レベルで観察される構造に着目し、最新の研究成果を紹介いたします。

2. 細胞壁の層構造

植物は細胞壁を形成することで、物理的強度を獲得しています。細胞壁は一次壁と二次壁に大別され、一次壁は細胞が伸長・拡大中に、二次壁は伸長・拡大停止後に形成されます。また、一次壁と二次壁では細胞壁を構成する超微細繊維であるセルロースマイクロフィブリルの配向性も異なり、一次壁ではランダムに、二次壁では平行性を持って整然と並んでいます(図)。二次壁は一次壁よりも厚く、例えばブナの木部繊維では100倍、アカマツの早材では11倍厚いという報告があります。そのため、二次壁は植物の物理的支持において大きな役割を果たしています。

二次壁にはさらに層構造があり、広葉樹の木部繊維や針葉樹の仮道管では細胞の外側から外層、中層、内層の3層が存在します。各層はセルロースマイクロフィブリルの配向角度により区別され、外層では細胞長軸に対して緩傾斜、中層では急傾斜、内層では緩傾斜に配向します(図)。この配向角度の違いは細胞への物理的強度の付与と関係しており、外層や内層では細胞長軸に対して横方向に、中層では縦方向に大きな強度を発揮します。中層は他の2層よりも厚く、例えばブナでは細胞壁の87%、アカマツの早材では74%が中層に相当します。これにより、木部繊維や仮道管は縦方向に強い物理的強度を持ち、それらの細胞が木部組織を構成す

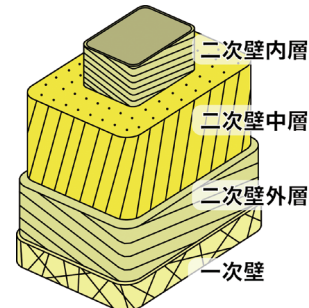


図 細胞壁の層構造のモデル図

ることで樹木の幹が支えられています。

3. 二次壁の層構造を制御する遺伝子の同定

二次壁に見られる層構造がどのような分子機構で制御されるのかは、未だに解かれていない疑問です。セルロースマイクロフィブリルの配向は、細胞膜内側の繊維状構造(表層微小管)の配向に制御されることが知られています。しかし、二次壁形成中の表層微小管の配向制御に関しては、研究例はごくわずかに留まっています。私達は、表層微小管の配向性を制御する遺伝子の探索を長年行ってきました。候補遺伝子を約30個に絞り解析を行った結果、ある遺伝子が中層の形成を制御することを新たに発見しました。その遺伝子をポプラで過剰発現させると表層微小管の平行性が増すこと、機能を欠損させると中層の厚さが85%減少しセルロースマイクロフィブリルは緩傾斜を示すことを見出しました。これらの結果から、私達が新規に同定した遺伝子は二次壁中層の形成を制御する重要因子であることが分かりました。

4. おわりに

現在、同定した遺伝子の機能解析をさらに進めています。その一環として、針葉樹の相同遺伝子について解析を進めており、ゲノム編集技術を用いて機能欠損スギの作製を試みています。これらの解析を進めることで、二次壁中層のセルロースマイクロフィブリル配向を制御する技術を開発し、将来的には木材強度を高めるような林木育種に繋がりたいと考えています。

(森林バイオ研究センター 高田 直樹)