



Title	Mechanisms of tree architecture construction : Analyses based on the pipe-model theory and biomechanics
Author(s)	曾根, 恒星
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1254
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 菅 根 恒 星

博士の専攻分野の名称 博 士 (理 学)

学 位 記 番 号 第 19227 号

学 位 授 与 年 月 日 平成 17 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 1 項該当

理学研究科生物科学専攻

学 位 論 文 名 Mechanisms of tree architecture construction : Analyses based on the pipe-model theory and biomechanics
(樹形の構築機構 : パイプモデル理論と生体力学を基盤とした解析)

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 寺 島 一 郎

(副査)
教 授 常 木 和 日 子 助 教 授 水 野 孝 一

論 文 内 容 の 要 旨

(研究 1) パイプモデル構造の構築 : 枝の肥大成長の基本ルールについての解析

樹形のパイプモデル構造がどのように構築されるのかを明らかにするため、自然環境下での枝の肥大成長についての基本ルールを解析した。ウリハダカエデの各枝の肥大成長、枝の生産量の指標として葉の受光量(葉面積×光強度)、枝の活力の指標として枝に属する当年枝の平均長と前年に対する葉数の増加量とを測定した。枝の断面積は枝の積算葉面積に比例するが、枝の肥大成長は葉面積ではなく、受光量、当年枝の平均長および前年に対する葉数の増加量に強く依存することが明らかになった。大きな肥大成長を示す枝は、光合成生産が多いと同時に、光合成生産物の需要も大きい。これは、パイプモデル構造は、光合成産物が各枝の需要(枝の伸長と葉の増加)に応じて配分される結果として構築されていることを示唆している。

(研究 2) パイプモデル構造の維持 : 光環境、葉・茎の量を操作した時の応答と回復

パイプモデル構造(枝断面積/葉量が一定)の維持メカニズムを明らかにするため、野外のウリハダカエデの光強度、葉量、当年枝長を人為的に操作(被陰、葉を半分に切除、葉を半分摘み取り、当年長枝の摘み取り)し、それらがパイプモデル構造にどのような影響をもたらすのかを解析した。長枝の摘み取りを行わずに、葉量や光強度を低下させると枝断面積/葉数比(パイプモデルの比例関係)はやや低下した。興味深いことに、これらの処理木の対照枝においても枝断面積/葉数比が低下した。一方、長枝の摘み取りにより葉量と伸長成長の両方を低下させた場合には、枝断面積/葉数比は変化しなかった。いずれの処理を行っても、枝断面積/葉数比は翌年に回復した。この回復は枝の肥大面積の増大よりも、葉量の抑制によってもたらされた。

(研究 3) 樹形の力学的バランス : 各枝の弾性係数、ストレス、たわみの分布様式

枝に作用する曲げモーメント(=力×てこの長さ; Nm)、これを受ける枝断面の係数(枝断面の大きさと形で決まる曲げ堅さの係数)、各枝の弾性係数(ヤング率; 材質の堅さ)とを測定した。また、木部の解剖学的パラメータ(繊維細胞壁の密度と厚さ)、枝の伸長率および肥大率を測定した。枝の弾性係数(材質の堅さ)は一定ではなく、

下部の枝で低下した。また、弾性係数は、繊維細胞壁の密度と厚さに強く依存していた。下部の枝ではその密度は低下し、枝断面内側の古い木部では細胞壁が薄い傾向があった。枝に作用するストレスやたわみは下部の枝で大きく、また、伸長や肥大の活発な枝ほど小さかった。低い位置の枝の弾性係数の低下とストレス・たわみの増加は、肥大成長の低下にともなう枝の曲げ堅さ（枝の材質と断面の大きさ）の減少が主な原因であろう。下部の枝の肥大のためにコストをかけず水平な状態にたわませることは受光効率と経済性の面でともに効果的である。

論文審査の結果の要旨

樹木の枝の断面積とその枝の葉量との間には比例関係がある。この経験則は古くから知られパイプモデルと呼ばれる。曾根恒星君は、このモデルによって示される関係が成立するしくみを追求した。枝の断面積の一年間の成長量は、葉の受ける積算光量、昨年度からの葉量の増分、枝がどれだけ長枝（茎がよく伸長する枝）を持っているのかに強く依存していた。すなわち、枝の断面積成長は、光合成産物の供給量（積算光量）と需要量（成長の勢い）とのバランスによって決定されることが明らかになった。また、被陰、摘葉などを行うと、一時的にパイプモデルの関係は崩れるが、次の年には補償作用によりパイプモデル関係がもとに戻ることを半定量的に示した。さらに、樹木個体上部と下部の枝の力学的な性質には違いが見られることを見だし、枝の寿命や生産性を考慮すると効率的であることを議論した。

このように曾根君は、卓抜なアイデアと長期間におよぶ調査によって、従来の研究のレベルを越える成果を得るとともに新しい概念を提出することにも成功している。したがって本論文は博士論文として十分なものであることを認める。