



|                     |                                                                                                                     |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | カバノキ属樹木の外樹皮の解剖学的特徴と力学的性質に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]                                                                        |
| Author(s)           | 渋井, 宏美                                                                                                              |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                               |
| Degree Name         | 博士(農学)                                                                                                              |
| Dissertation Number | 甲第13155号                                                                                                            |
| Issue Date          | 2018-03-22                                                                                                          |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/70141">https://hdl.handle.net/2115/70141</a>                                   |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a> |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                     |
| File Information    | Hiromi_Shibui_abstract.pdf, 論文内容の要旨                                                                                 |



# 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専門分野の名称：博 士(農学)

氏名 渋 井 宏 美

## 学 位 論 文 題 名

カバノキ属樹木の外樹皮の解剖学的特徴と力学的性質に関する研究

樹皮組織の解剖学的研究は木部組織に比べてかなり少なく、その構造、形成、機能に関して理解が及んでいない点が多い。北半球の温帯域に広く分布するカバノキ属樹種の多くは、白く平滑で、横長の線形皮目を備えた特徴的な外樹皮を有する。この外樹皮は、先史時代から建築部材、容器や調理具などの日用品、カヌーの船殻材など、広範な用途に使われてきた有用資源でもある。これまでその解剖学的性質については、長寿命のコルク形成層が産生するほぼ純粋なコルク組織であること、薄壁と厚壁の細胞層が交互に積層して多層構造を成すことなど、主に光学顕微鏡レベルの知見が報告されている。また、この外樹皮の多層構造はコルク形成層の季節的な活動により形成されると推定されている。しかしながら、コルク形成層の活動～休眠の正確な周期性を実証的に調べた研究報告例はなく、またその平滑で美しい樹皮がどれくらいの長い年月にわたり樹幹表面に残存するのか、およびどのようにして肥大成長による円周方向の引張応力に耐えて平滑な状態を維持できるのかについては明らかではない。そこで本研究では、第一に北海道に分布するカバノキ属樹木 4 種(ウダイカンバ、シラカンバ、ダケカンバ、ヤエガワカンバ)を対象として、外樹皮組織の比較解剖学的調査をおこなった。第二に、ウダイカンバ立木から定期的に採取した枝を用いて、コルク形成層活動の周期性とコルク組織の季節的な形成過程を調べた。第三に、カバノキ類のコルク組織の力学的特性を明らかにするため、上記 4 種すべてまたは一部について、外樹皮組織の引張試験、解放ひずみ測定、応力緩和試験を行った。

本論文は 5 つの章から構成される。第 1 章では、カバノキ属を主とした樹木の樹皮組織の利用、解剖学的研究、力学的研究の歴史について概観のうえ、本研究の範囲と目的を示した。

第 2 章では、比較解剖学的調査の結果を詳述した。欧米のカバノキ属樹種を対象とした既報で明らかにされている知見と一致する特徴が認められたのに加えて、一つのコルク細胞において、接線壁は一定した厚みをもつものに対して、水平壁と放射壁は著しく薄いことが明らかとなった。さらに、薄壁の細胞層ではそれら著しく薄壁の部分が接線方向および軸方向に隣り合う細胞間で壁孔対状に隣接するのに対して、厚壁の細胞層では著しく薄壁の部分が隣接細胞間で交互に配置していることが明らかになり、このことがカバノキ属樹木のコルク組織は薄壁の細胞層を剥離面として薄紙状に剥がれやすい要因になっていると推察した。ウダイカンバ枝の平滑部の観察では、1～5 年生の各節間において薄壁と厚壁の細胞層の対の数が節間齢と一致することを確認し、このことから 1 対の薄壁と厚壁の細胞層は年輪であることが示唆された。ウダイカンバ成木の樹幹の観察では、一つのコルク組織に薄壁の細胞層と厚壁の細胞層が 21 対観察されたことから、カバノキのコルク組織は形成後少なくとも 20 年は平滑さを維持して残存し得ることが示唆された。通気組織である皮目については、closing layer と filling tissue が交互に積層するという既報通りの特徴が確認されたほかに、filling tissue では細胞が壊れていること、および filling tissue の構成細胞の細胞壁には亀裂状の欠損部が頻出するなど極めて特異な微細構造を有することが明らかになった。

カバノキ属樹種の中では例外的に、コルク組織に深い亀裂が頻出するヤエガワカンバでは、厚壁のスクレイド様のコルク細胞が密集して放射方向に連なって師部へと食い込む部分が散在していた。この堅く緻密な部分はコルク組織を樹幹へ固定する機能をもつことが推察されたが、最近の樹皮組織の解剖用語集でも該当する専門用語が見当たらないことから「鉾状組織」と命名した。

第3章では、札幌に成育するウダイカンバの枝条を用いて2年間にわたりコルク組織の季節的な形成過程を追跡した結果についてまとめた。伸長成長中の当年生枝において、コルク形成層は表皮下の細胞より分化していた。コルク形成層の活動期は維管束形成層よりもやや短く、その活動は5月中旬に始まり、8月上旬に終わることが明らかとなった。さらに、2年生の節間では、6月中旬までは活動している範囲は部分的で、枝の全周にわたり活動する期間は6月中旬～7月中旬の短期間であることも明らかになった。この期間は、北海道における工芸用のカバノキ外樹皮の採取適期とほぼ一致した。一成長期における経時的な観察から、薄壁のコルク細胞層と厚壁のコルク細胞層の1組が年輪であること、成長期の後期に派生したコルク細胞の方が前期に派生したコルク細胞よりも厚壁であることが明らかになった。これらの結果に基づき、薄壁の細胞層を early phellem (cork)、後に形成される厚壁の細胞層は late phellem (cork) と呼ぶべきことを提言した。

第4章では、カバノキ外樹皮の力学的特性について調べた結果をまとめた。コルク組織の力学的性質は、平滑な3種(ウダイカンバ、ダケカンバ、シラカンバ)と深い亀裂が頻出するヤエガワカンバで、大きく異なった。平滑な3種は湿潤状態において非常に大きい延性(各樹種の平均=50～150%)を示す一方で、気乾状態では湿潤状態よりも延性が著しく低下すると同時に剛性が大きく向上した。これに対して、ヤエガワカンバは湿潤状態でも延性が小さい(10%未満)ことが他の3種とは著しく異なる特徴であった。ウダイカンバ立木で解放ひずみを計測した結果、接線方向に0.2～0.3%の小さな収縮を起こすにとどまり、それほど大きな接線方向の内部応力は作用していないことが示唆された。さらに、ウダイカンバのコルク組織片を用いて湿潤状態から乾燥する過程における応力緩和を計測したところ、初期応力が半減するまでに要した時間は平均して20分程度であり、木材組織に比べて応力緩和が早く起こることが明らかになった。外樹皮表面の平滑さが長年にわたり維持される3種と外樹皮に深い亀裂が頻出するヤエガワカンバとの樹皮型の違いは、ヤエガワカンバにおける鉾状組織の存在とともに、平滑部のコルク組織の物性にも起因することが示された。

第5章では、本研究において得られた知見に基づき、3つの論点から総合考察を論述した。一点目として、肥大成長によるストレスに拘わらずカバノキ属の多くの外樹皮が長年にわたり平滑さを維持するメカニズムについて考察し、湿潤状態での高い延性と応力緩和の速さが大きく寄与することを結論するとともに、組織構造的な面でも横方向に引き伸ばされた際に一気に深くまで破断しにくいように設計～形成されている可能性を指摘した。二点目として、横長の線形皮目の適応的意義について考察を加え、通気とバリアという相反しがちな二つの機能を両立させるために優れた仕組みであることを指摘した。三点目として、成長期の前半ではコルク形成層が部分的に活動している状態が継続し、コルク形成層が茎の全周にわたり連続して活動する期間は短いことを取り上げ、この現象は偶発的な外的因子により樹体が損傷するのを軽減する効果があることを指摘した。