

掻き傷刺激によるウルシ乳管の増加

Increase of Traumatic Latex Tubes by a Cutting Stimulus
in *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F.A.Barkley Bark
SUZUKI Mitsuo and KOBAYASHI Kazutaka

鈴木三男・小林和貴

はじめに

樹木を傷つけると「樹液」が滲出してくるのは多くの樹木に見られる現象である。この「樹液」は木部辺材部の道管・仮導管内を流れている水分（シラカバ液など）、内樹皮の篩管を流れる篩管液（メープルシロップ maple syrup など）、一次組織の皮層、内樹皮（皮層＋二次篩部）、二次木部内にある樹脂道、乳管、ゴム道などから分泌される樹脂、乳液、ゴム液など、あるいはそれらが混じったものである。

ウルシ科の樹木は葉や根を含む植物体全体の皮層および内樹皮に乳管があり、ウルシ *Toxicodendron vernicifluum* (Stokes) F. A. Barkley, ハゼノキ（アンナンウルシ）*T. succedaneum* (L.) O.Kuntze, ビルマウルシ *Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou, などから採取される漆液はこれらの乳管から滲出する乳液である。ウルシでは種子の胚軸と幼根、葉、髓、茎の皮層、樹皮（二次篩部）など、木部を除くあらゆる部分に乳管があり、それらは離生細胞間隙であることが知られている [高橋 1922]。樹皮の横断面（図 3）を見ると乳管は内樹皮内に散在しており、この中にいわゆる「漆液」が溜まっており、樹皮が傷つき、乳管が破れると漆液が滲出する。「漆掻き」はこの性質を利用して人間が積極的に樹皮に傷をつけて滲出する漆液を採取するもので、我が国で行われている伝統的なウルシの漆液採取法は「漆かんな」と呼ぶ器具で樹幹に幅 5mm ほどで深さは木部にぎりぎり達する程度の断面 U 字状の傷をほぼ水平につけ、傷口に滲出した樹液を「へら」と呼ぶ器具で掻き取る。これは葉が十分に展開した 6 月下旬頃から始め、最初は刃付けと言って短い傷を、以後だいたい 4 日ごとに順次長い傷を前の傷の上、下あるいは上下に 1cm 程度の間隔を空けてつけ、滲出した漆液を掻き取ることを繰り返していき、この作業を 11 月頃まで行う。

刃付けを始めて 2, 3 回ほどまでは漆液はわずかににじみ出る程度で掻き取るほどは出ないが、回を重ねるに従って滲出量が多くなる。これは傷をつけたことによる刺激に対して樹体防御の目的で漆液が樹体内で多く生産されようになるからだとして一般的には説明されている [伊藤 1949]。一方、一般的な植物学的な説明では乳管内に溜まっている漆液が切り口から滲出するとする [高橋 1922] のみで、傷刺激によって漆液の生産が増加するかどうかについては検討されたことはない。さらに乳管が樹皮（内樹皮）に分布することは古くからよく知られていることだが、その詳細な形態が報告されたことはなく、ましてや漆掻きの傷刺激により乳管が新たに形成されるかどうかの検証はな

されたことがない。

針葉樹、広葉樹には形成層が傷を受けたときに新たに作られる二次木部に、年輪に平行に傷害樹脂道あるいは傷害ゴム道が作られることが知られている。ウルシには傷害を受けていない状態でも一次皮層及び二次篩部に乳管があるが、漆掻によって形成層が傷害を受けることにより「傷害乳管」といったものが新たに形成され、それがより多くの漆液の滲出に寄与している可能性を検証するため、漆掻を行った樹皮における乳管の形態と乳管数について、漆掻を行なわなかった樹皮と比較した。なお、ウルシの内樹皮構造および乳管についての詳細な形態学および組織学的記載はこれまでにないため、漆掻による乳管の形態や分布の変化などの理解が難しい。そこで、本研究の前提としてウルシの内樹皮と乳管の基本構造・形態の記載も合わせて行った。

1. 材料と方法

〔実験地と供試木〕

実験に用いたウルシは茨城県常陸太田市上高倉町坂下（北緯36度43分9.50秒，東経140度27分51.43秒，標高約190m，図1）のウルシ林の植栽樹である（図2A）。供試木は6本で胸高幹周41～53cm（直径換算で約13～17cm，平均14.8cm），樹高6.5～8m（平均7.7m）である（表1）。漆掻区3本の胸高幹周の平均は45.2cm，無処理区3本は47.7cmで後者は前者の1.06倍で，わずかに太かった。これらの木は漆液生産を主目的とする「漆の荻房 奥久慈工房」（茨城県常陸大宮市盛金2971）が漆掻のために地元農家から買い取ったものの一部で，奥久慈工房の好意で供試木に提供されたもので，樹齢は不明である。

〔漆掻処置と試料採取〕

樹皮試料採取は2010年5月25日～2011年2月25日の間に計4回行った。奥久慈工房では6月中旬頃から漆掻を始める予定であることから辺付け前の5月25日に第1回目の試料採取を行った（図2B）。供試木の地際から40cm以上，手の届く範囲で各個体からそれぞれ1辺1cm程度の大きさのブロックを切り出し，FAA（Formalin-Acetic acid-Alcohol，ホルマリン：醋酸：70%エチルアルコール=1：1：18）で固定し研究室に持ち帰った。

供試木No.1～3の3個体については奥久慈工房の本間健司氏と富永司氏に通常の漆掻をして貰った（図2C，D，E）。No.4～6の3個体については対照区として漆掻を行わなかった（図2F）。辺付け後4回漆掻を終えた7月12日に第2回目の試料採取を行った。No.1～3については各個体の漆掻傷の真上1カ所中央で前回同様1辺1cm程度の大きさのブロックを切り出した（図2C）。形成層を傷つけた刺激は軸方向に長く，左右には狭く波及することが知られていることから，No.4～6の3個体については前回の試料採取痕と同じ軸線上にならない面で高さを違えて試料を採取した。

さらに4回漆掻をした後の8月10日に第3回目の試料採取を行った。No.1～3の3個体については前回試料を採取したところとは別の目立ての傷のところで試料を取った（図2D）。No.4～6の3個体については前回同様，試料採取痕と同じ軸線上にならない面で高さを違えて試料を採取した。

樹木の形成層は落葉の頃に休眠に入ることから，完全に休眠期である2011年2月25日に4回目

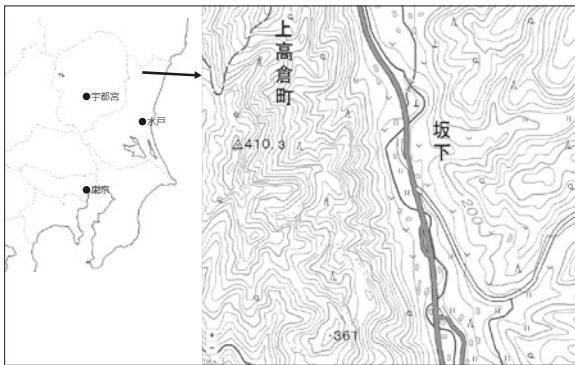


図 1. 実験地の位置

茨城県常陸太田市上高倉町坂下
(北緯36度43分9.50秒, 東経140度27分51.43秒, 標高: 約190m)

表 1. ウルシ掻き実験供試木の大きさと実験処理

個体番号	胸高幹周 (cm)	樹高 (m)	実験区分	樹皮試料採取日			
				第 1 回	第 2 回	第 3 回	第 4 回
				5月21日	7月12日	8月10日	2月25日*
1	50.5	7.5	漆掻	0	5	9	17
2	41	8	漆掻	0	5	9	17
3	44	8	漆掻	0	5	9	17
4	45	6.5	無処理	0	0	0	0
5	45	8	無処理	0	0	0	0
6	53	8	無処理	0	0	0	0

* 2011年2月25日, その他は2010年



図 2. 実験したウルシ畑と漆掻処理, 試料採取

A: ウルシが散在する試験地のウルシ畑, B: No.5の漆掻をする前の1回目の試料抜き取り (5月21日), C: No.1の2回目 (漆掻5回
のあと)の試料抜き取り (7月12日), D: No.3の3回目 (漆掻9回)の試料抜き取り (8月10日), E: No.3の4回目 (漆掻17回
のあと)の試料抜き取り (2011年2月25日), F: No.4の4回目の試料抜き取り (2011年2月25日), G: 漆掻による漆液の滲出状
況. 内樹皮のところどころにある乳管から白濁した漆液が出てくる.

の試料採取を行った。No.1～3の3個体については前回同様、すでに試料を採取したところとは別の17回漆掻を行った傷のところで試料を取った(図2E)。また既存の漆掻傷およびすでに試料を抜き取った傷から離れた位置で対照用の試料を抜き取りこれを乳管径計測用とした。No.4～6の3個体については全く前回と同様である(図2F)。

〔試料の処置〕

2010年5月21日と7月12日および8月12日に採取した試料は、エタノール・n-ブタノール混合液の上昇系列で脱水した後にパラフィン(パラプラストプラス, 融点56℃, McCormick社)に置換し, 包埋した。2011年2月25日に採取した試料は, アセトンの上昇系列により脱水した後にエポキシ樹脂(Low Viscosity Resin, Agar Scientific社)に置換し, 包埋した。包埋した試料から回転式マイクロトーム(HM350, Microm社)を用いて切片(厚さ10 μ m～30 μ m)を作製した。パラフィン切片は1%サフラニンと0.5%ファストグリーン(二重染色を行った後に封入した。エポキシ樹脂包埋切片は0.01%程度のトルイジンブルーで染色した後に封入した。

〔乳管の計測〕

試料は毎回樹幹から抜き取るため, 同じ場所で経時的な変化を追うことは出来ない。樹皮は一般に樹齢が増すほど厚くなる傾向があるが, 内樹皮に関してはある程度までは樹齢に応じて厚くなるものの, 一次皮層の表皮下に最初の周皮が形成され, 以後, 内側に順次周皮が形成されるようになるとコルク層が作られ, その外側に位置していた内樹皮は組織が死滅して外樹皮に移行する。形成層から新しい二次篩部が形成される一方, 外側では周皮形成により内樹皮は外樹皮となってゆくのので, 以後は内樹皮の厚さはそれほど増加しなくなる。また, 個体の成長や生育状態により樹齢が同じでも樹皮の厚さは異なり, さらに同じ個体内でも部位によって内樹皮の厚さは変化する。したがって同じ個体でも毎回試料を抜き取る場所が違うため, 内樹皮の厚さはそれぞれ異なっている。そのため, 乳管径については内樹皮を形成層と平行に10層(1～10)に分層し, 乳管密度については内樹皮を4層(A～D)に分層して, それぞれの区画内にある乳管について計測した。なお, 各層の区分線上にある乳管は当該乳管の断面積が1/2以上を占める側の層に算入した。

2. 結果

〔ウルシの樹皮と乳管の基本構造〕

ウルシの乳管は当年枝では一次組織の皮層に散在していて, 形成層により二次組織が作られると, 二次篩部にも作られるが, 木部には作られない。ウルシは他の樹木と同じく木部と樹皮の間に形成層があり, 細胞分裂してその内側に二次木部になる細胞, 外側に二次篩部になる細胞を作り出す(図3)。形成層の始原細胞は理論上1細胞層であるが, 実際に観察すると形成層から作られたばかりの木部側及び篩部側の細胞ともまだ未分化の状態なので全く同じ形態をしており, どれが始原細胞でどれが木部, 篩部になる細胞かは区別がつかないので, これらを併せて「形成層帯」と呼んでいる。始原細胞の外側につくられた細胞は1～数回細胞分裂を繰り返して篩管要素と伴細胞, 二次篩部柔細胞, 二次篩部放射組織, そして乳管をつくる細胞となる。

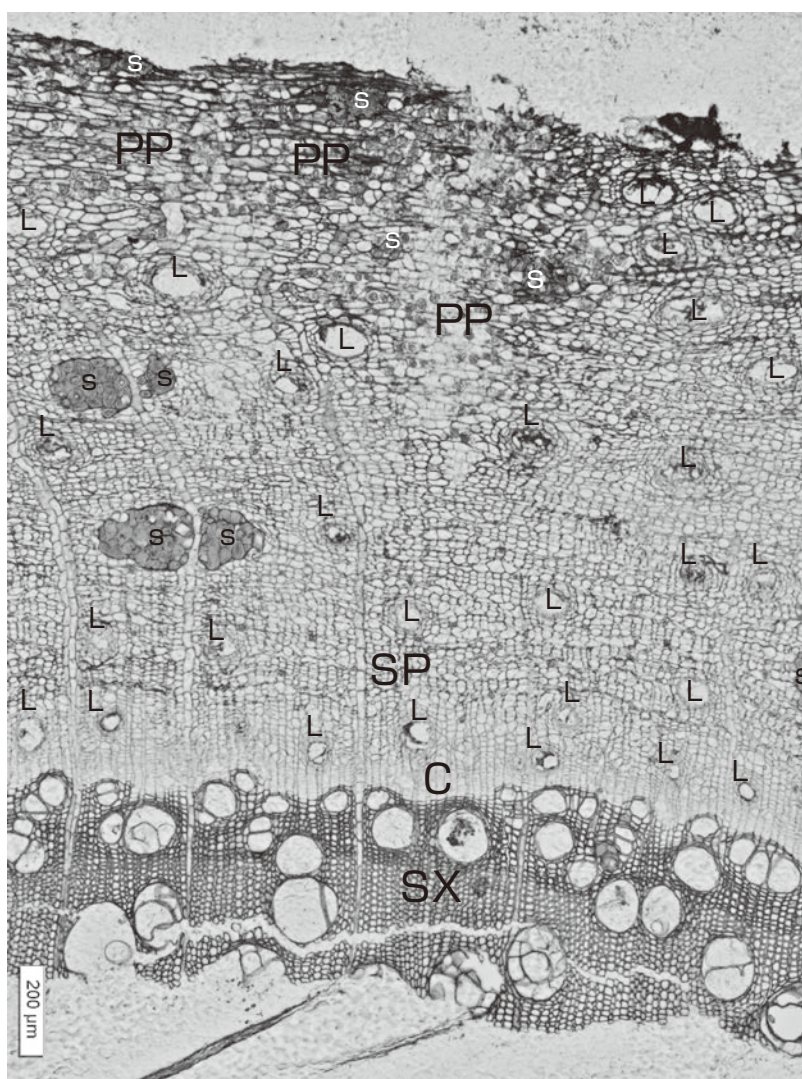


図3. ウルシ内樹皮—二次木部の横断面の顕微鏡写真

画面下辺に二次木部 (SX) があり、内樹皮 (二次篩部, SP) との間に形成層帯 (C) がある。内樹皮内層 (ほぼSPとCの記号の間) は篩管、篩部柔細胞、篩部放射組織、乳管 (L) からなる。それより外側の内樹皮中層では篩管は潰れだし、厚壁異型細胞塊 (S) ができる。さらに外側では柔細胞が新たに細胞分裂して増殖し (PP)、組織配列は乱れるが、乳管は潰れず、断面が左右に引き延ばされた楕円形となる。この画面には28個の乳管 (L) がある。C: 形成層帯, L: 乳管, PP: 増殖した柔細胞群, S: 厚壁異型細胞塊, SP: 二次篩部, SX: 二次木部。

乳管は形成層で作られ、新たな二次篩部がその内側に形成されると古い部分は外側に押し出されていくが、形成層での乳管の形成はおよそランダムに起きていることから、内樹皮内では乳管はほぼ均等に、低い密度で分布している (図3)。乳管はある程度厚みのある樹皮の横断面ではおよそ均一な密度で散在するが、若齢の個体では外側ほど樹幹径が小さいときに形成された部分であることから樹幹の成長に伴い外周が拡大するため接線方向に引き延ばされ、断面が楕円形となる。それと同時に柔細胞が再度細胞分裂を繰り返して新たな柔組織を作り、外周が引きちぎれるのを防いでいる。このようにして出来た増殖した柔細胞群の中に新たな乳管が作られることはないので、結果としてその部分での乳管の密度は低くなる (図3の上辺付近)。

形成層帯のすぐ外側では、篩管要素、篩部柔細胞などの分化と同時に乳管の形成が始まる。乳管

になる細胞（群？）は細胞分裂を何回か繰り返してひとかたまりの分泌細胞に分化し、その中央に細胞間隙が作られて乳管となる。乳管の横断面での外形はほぼ円形で中央に離生細胞間隙があり、それを内張りする形で1細胞層の分泌細胞が環状に取り囲んでいる。漆液はこの分泌細胞でつくられ、中央の細胞間隙に分泌される。内樹皮を横断面で見ると、形成層の近くにある出来たばかりの乳管は直径が小さく、内樹皮の外側に行くに従って大きい傾向にある（図3）。また樹幹の成長に伴い樹皮組織は外側のものほど接線方向に引き延ばされるので、乳管の断面形が接線方向に長い楕円形となる。乳管は樹木の軸方向に長い管（長さは不明）となっており、多くは単独であるが、時に接線方向に分枝し、あるいはとなりの乳管と癒合する。乳管は形成層からのみ作られ、形成層から離れた樹皮内で新たに作られることはない。また、内樹皮の外方に押し出されても乳管が潰れることはない。

篩管は形成層近くの新しく作られたものは断面多角形で篩管としての機能を果たしているが、少し外側になると潰れ、機能を失い、さらに外側では完全に潰れて横断面では細胞形態が観察できなくなる。篩管が潰れるのと対照的に二次篩部柔細胞は丸く膨らみや径が大きくなり、内樹皮の大部分を占めるようになる。形成層からさらに離れた外側では柔細胞が新たに細胞分裂を繰り返して厚壁異形細胞の塊となる。二次篩部の放射組織は形成層付近では二次木部とほぼ同じ形態をしているが外側に行くにつれて放射方向に圧縮されてジグザグに曲がり、細胞の接線径が大きくなる。内樹皮の最外部に周皮が形成される。コルク形成層が活動を始め、その外側にコルク層を形成すると、それより外側にあるすべての細胞は死滅し、外樹皮となる。乳管も死滅し、漆液の分泌、通導の機能は無くなる。

〔内樹皮の厚さ〕

実験に用いたウルシ供試木6個体の内樹皮の厚さは表2にあるとおり、2.50～4.28mm（平均3.78mm）であった。No.1個体では2.64～3.28mm、No.2個体では2.64～3.11mm、No.3個体では2.75～3.28mm、No.4個体では2.86～3.44mm、No.5個体では3.25～4.08mm、No.6個体では3.28～4.28mmで、それぞれの標準偏差は0.21～0.39で、個体間及び個体内ではばらつきがあった。また、漆掻区の3個体の平均は2.96mmであるのに対し無処理区では3.60mmと約1.2倍厚かった。これらの供試木の幹周は漆掻区、無処理区でほんのわずかしは違ってない（表1）ので、内樹皮の厚さの違いは個体間及び試料採取部位の個体内変異であると考えられる。

〔乳管径〕

内樹皮の横断面を見ると、形成層に近い位置にある乳管は細くて放射径が接線径より大きい傾向があるのに対し、内樹皮の外層にある乳管は太く、また断面が接線径が大きい楕円である傾向が見える（図3）。そこで、乳管の放射径と接線径をNo.1とNo.4個体の形成層が休眠期にある2011年2月25日採取の試料で計測した（No.1は乳管径計測用試料＝漆掻傷から離れた位置で採取）。その結果（表3）、乳管径は形成層に近い部分（1層）では放射径がおおよそ30～70 μ m（平均値64 μ m）、接線径はおおよそ30～80 μ m（同44 μ m）で放射径が接線径より大きいのが、内樹皮外側では放射径60～120 μ m、接線径80～200 μ m程度で接線径の方が大きくなっていた。乳管径は変異はあ

表 2. 実験に用いたウルシの内樹皮の厚さ(mm)

個体番号	試料採取				4回平均	4回SD
	1回目	2回目	3回目	4回目		
	5月21日	7月12日	8月10日	2月25日		
No.1	3.28	2.89	3.25	2.64	3.01	0.27
No.2	3.11	2.50	3.00	2.64	2.81	0.25
No.3	2.75	3.28	3.00	3.22	3.06	0.21
No.1-3 平均	3.05	2.89	3.08	2.83	2.96	0.10
No.1-3 SD	0.22	0.32	0.12	0.27	0.11	
No.4	2.86	3.44	2.92	3.44	3.17	0.28
No.5	3.92	4.08	3.50	3.25	3.69	0.33
No.6	4.17	4.28	4.08	3.28	3.95	0.39
No.4-6 平均	3.65	3.94	3.50	3.32	3.60	0.22
No.4-6 SD	0.57	0.36	0.48	0.09	0.33	
No.1-6 平均	3.96	4.07	3.88	3.63	3.88	0.16
No.1-6 SD	0.73	0.79	0.65	0.57	0.59	

* SD= 標準偏差

表 3. 内樹皮内の位置による乳管直径

内樹皮内の位置*	No.1 個体 4回目試料				No.4 個体 4回目試料			
	放射径		接線径		放射径		接線径	
	(μ m)	SD	(μ m)	SD	(μ m)	SD	(μ m)	SD
1	64	29	44	9	55	18	68	14
2	91	17	71	18	68	5	86	14
3	82	13	98	2	85	11	100	5
4	97	14	67	4	130	37	98	9
5	70	8	93	8	82	7	127	15
6	114	19	161	17	89	14	139	24
7	73	24	106	45	190	9	177	23
8	72	8	98	17	82	9	132	14
9	94	15	132	28	111	16	145	0
10	79	28	91	27	123	5	182	27

* 形成層から外樹皮側へ10等分した区画

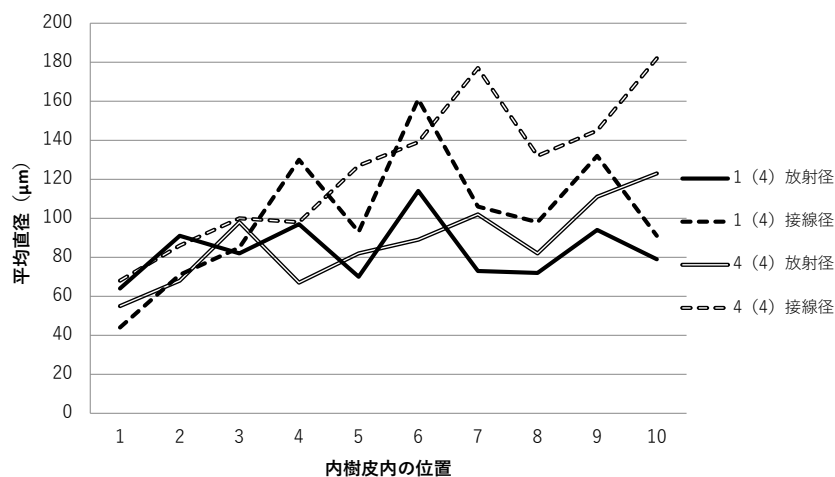


図 4. ウルシ内樹皮内における乳管直径の変化

計測値は乳管内腔(細胞間隙)の大きさ。No.1とNo.4個体の2011年2月25日採取の内樹皮を形成層に平行に10等分し、最内区(1)から最外区(10)にある乳管の接線径と放射径を平均値で示した。放射径は外側に行くに従ってやや大きくなるが、接線径はそれより大きくなり、結果として断面が接線方向に長い楕円形となる。

るものの、形成層にもっとも近い区画では放射径、接線径とも小さく、内樹皮外方に行くにしたがって放射径はゆっくと増大し、接線径は放射径より大きく増大していた（表3, 図4）。結果として内樹皮の外方に行くに従い接線径の方が大きい楕円形となっていくことが確かめられた。

〔乳管の密度〕

内樹皮を形成層帯に平行に4層に分層し（図5A）、A層（最内層）からD層（最外層）のそれぞれの層にある乳管密度を1mm²あたりの乳管数として表4Aに集計し、表4Bには漆掻処理区と無処理区のそれぞれ3個体の平均密度を示し、それらの標準偏差を算出した。そして図6には試料を採取した時期を横軸にして乳管密度の変化として示した。

漆掻処理前の第1回目試料（5月21日）では、漆掻処理区の3個体の乳管密度には2.66～8.30個/mm²の変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ6.72, 5.27, 5.29, 2.89個/mm²（4層平均5.04個/mm²）で、A層でやや高く、D層で明確に低かった。無処理区の3個体では2.94～9.81個/mm²の変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ6.21, 5.74, 6.87, 4.95個/mm²（4層平均5.94個/mm²）で、A～C層ではほぼ同じレベルだがD層でやや低かった。平均値を全体的に見ると漆掻区のD層が明確に低いが、ほかはおおよそ5～7個/mm²の範囲にまとまっている（図6）。

漆掻4回後の2回目の試料（7月12日）では、漆掻処理区の3個体には3.00～9.86個/mm²の変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ7.36, 7.07, 4.71, 4.36個/mm²（4層平均5.87個/mm²）で、A, B層で高く、C, D層で低かった。無処理区の3個体では3.53～7.53個/mm²の変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ4.31, 6.08, 5.40, 5.93個/mm²（4層平均5.43個/mm²）で、A層でやや低く、B～D層はほぼ同じレベルで、また平均値では1回目よりわずかに低かった。平均値を全体的に見ると漆掻区のA層がやや高い傾向はあるが、全体的にはおおよそ4～7個/mm²の範囲に納まっている（図6）。

漆掻9回後の3回目の試料（8月10日）では、漆掻処理区の3個体には2.84～11.83個/mm²という大きな変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ10.82, 5.87, 4.79, 5.11個/mm²（4層平均6.65個/mm²）で、A層で特に密度が高く、B～D層では前2回と同じようなレベルであった。無処理区の3個体では4.09～6.90個/mm²の変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ5.77, 5.59, 4.82, 4.82個/mm²（4層平均5.25個/mm²）で、内層から外層への特段の傾向は認められず、また平均値では前回よりわずかに低かった。平均値を全体的に見ると漆掻区のA層が格段に大きい、ほかはすべておおよそ5～7個/mm²の範囲にまとまっている（図6）。

漆掻を17回行ってその後放置した4回目の試料（2011年2月25日）では、漆掻処理区の3個体には3.70～13.42個/mm²という大きな変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ9.35, 5.90, 5.41, 4.36個/mm²（4層平均6.26個/mm²）で、A層で特に密度が高く、C～D層では前回までと同様のレベルであった。無処理区の3個体では3.07～9.62個/mm²の変異があり、A, B, C, D層の3個体平均はそれぞれ4.73, 6.93, 5.89, 6.15個/mm²（4層平均5.93個/mm²）で、A層ではやや低いものの、B～D層では前回までと同じレベルだった。平均値を全体的に見ると漆掻区のA層が明確に高いが、ほかはおおよそ4～7個/mm²の範囲に納まっている（図6）。

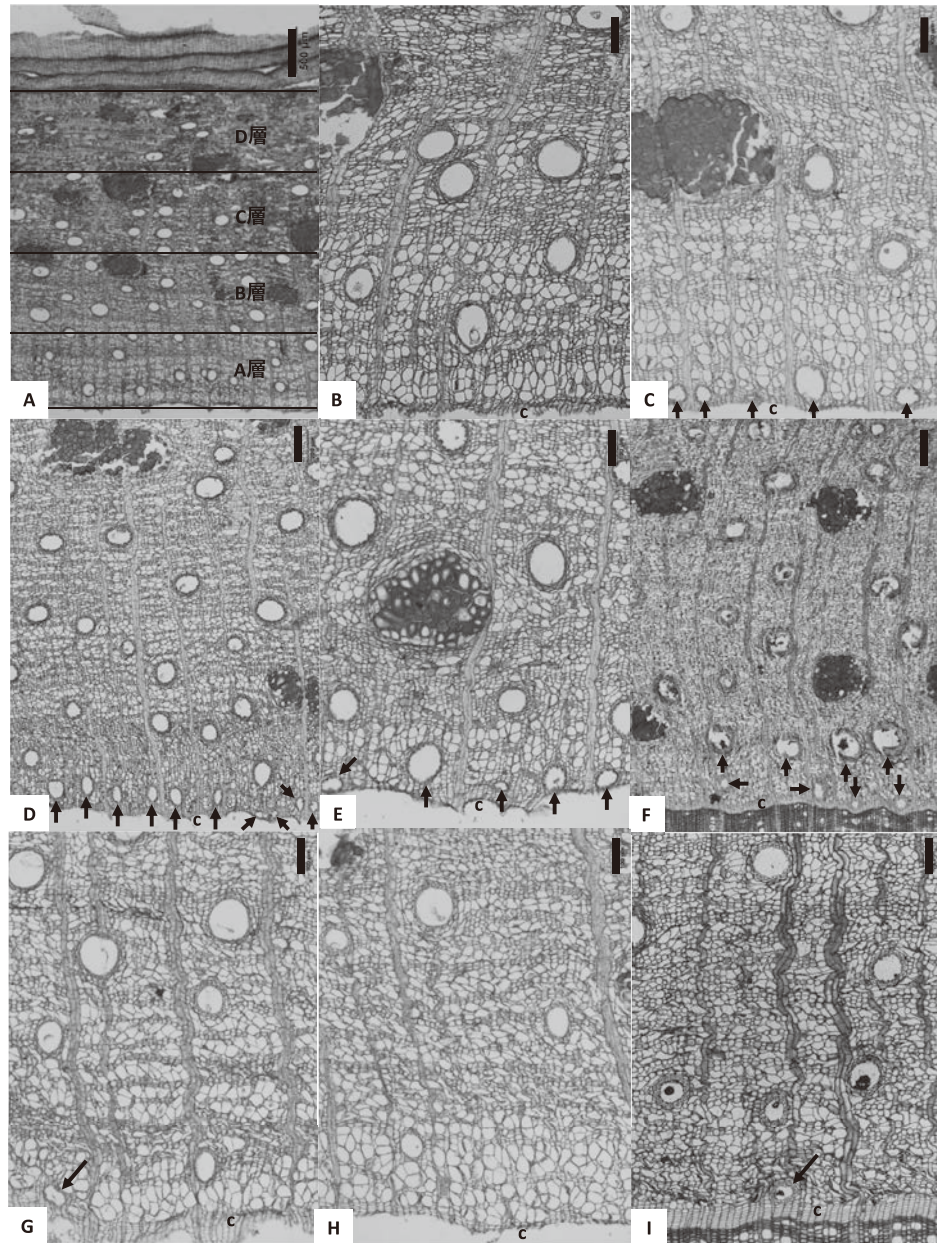


図 5. ウルシ内樹皮の顕微鏡写真

A: No.1-1回目(5月21日)の低倍率写真。最下辺が内樹皮最内部(形成層帯のところ)で剥離, 最上部には3層になったコルク層(外樹皮)がある。内樹皮を同じ厚さでA~Dの4層に区分し, それぞれの層の乳管数を数えた。中空の丸~楕円が乳管。不定形の塊は厚壁異形細胞塊で内樹皮最内部にはない。内樹皮の最外のD層では柔組織が新たに細胞分裂して増殖し, 外周が引き延ばされる分を補っており, 新たに作られることのない乳管の密度は低い。

B: No.1-1回目(5月21日)の内樹皮内層の拡大。最下辺が内樹皮最内部で形成層帯のところで剥離している。形成層帯に近い位置に新しく作られた乳管は見られない。画面左上の塊は厚壁異形細胞塊。

C: No.1-2回目(7月12日)の内樹皮内層。形成層帯に接して新たに作られた5個の乳管(矢印)がある。中央の乳管はまだ分化が始まって間もないもの, その右の大きい乳管はおそらく漆掻刺激を受ける前に形成が始まっていたもの。

D&E: No.1-3回目(8月10日)の内樹皮内層の中倍率と高倍率の写真。形成層帯に接して新たに作られた乳管(矢印)がほぼ同じようなレベルに集まってある。Dの右の二つとその左の二つはそれぞれ二股になった乳管と思われる。形成層帯から離れている距離が微妙に異なり, またほぼその距離に応じて乳管腔の大きさが少しずつ異なることから, これらは一斉に作られたのでは無く, 順次時間を経て形成されたものと考えられる。

F: No.1-4回目(2月25日)の内樹皮内層。上向き矢印の4個の乳管は今シーズンの早い時期に形成されたもの, その下の横向き矢印2つはその後に形成され, 下向き矢印の2つはまだ形成層帯に接しており, 一番新しいものである。

G: No.6-1回目(5月21日)の内樹皮内層。矢印は形成層帯中(c)で分化途中の乳管。

H: No.6-3回目(8月10日)の内樹皮内層。新たに形成されたと思われる乳管はない。

I: No.6-4回目(2月25日)の内樹皮内層。矢印は休眠中の形成層帯(c)に接している乳管。

c: 形成層帯, 矢印は今シーズンに新たに形成された乳管。スケールバーはAは500 μ m, DとFは200 μ m, それ以外は100 μ m。

〔漆掻区のA層の乳管形態と分布〕

表4および図6から漆掻区ではA層に明確に多くの乳管が存在することからA層にある乳管の形態と分布を改めて観察した。

No.1個体の1回目の試料(図5A, B)では形成層から新たに作られた二次篩部(図5B最下辺の篩管形態が明瞭な部分)には新たな乳管の形成は見られない。これに対して無処理区の試料では形成されたばかりの乳管が1個(図5G矢印)見られた。

漆掻区の2回目の試料のA層(図5C)では画面最下辺に5個の乳管(矢印)が見られ、周囲の篩管は形態がしっかり保たれていることから、これらは今年になって新たに作られた乳管であることがわかる。画面中央やや右の乳管は径が大きく形成層帯からやや離れているのに対し、その左の乳管は径が小さく、形成層帯に接してある。これは形成層帯から分化したばかりの乳管であり、前者は分化からある程度時間が経過していることを示している。他の3個の乳管はその中間に当たり、5つが同時に作られたものではなく、時間の経過の中で順次作られたものであることを示している。

漆掻区の3回目(8月10日)の試料では、図5のDとEに見るように内樹皮最内層に多数の乳管がある。図5Dでは画面最下辺に10個の乳管が並んで認められ、2回目試料の図5C同様、形成層帯に接したものからやや離れた位置にあるものまであり、これらの乳管が経時的に形成されたものであることがわかる。これに対し、無処理区(図5H)の3回目試料では新たに形成された乳管は認められない。

形成層が休眠期に入っている漆掻区の4回目試料(図5F)では、乳管は形成層帯中の径の小さなもの(下向き矢印)からそれから離れた位置にある径の大きなもの(上向き矢印)、それらの中間のもの(横向き矢印)など様々である。これに対し、無処理区では形成層帯に接して1個の乳管が認められるのみである(図5I矢印)。

以上をまとめると、無処理区では4回の試料のいずれでも乳管の形成は偶発的で、低頻度に起きており、まとまって作られることはなかったが、漆掻区では第2回では漆掻前の試料では見られなかった形成層帯に接した位置にまとまった新たな乳管の形成が見られた。それは3回目試料でより顕著になり、内樹皮最内部にはそれより外側部分より明確に多くの乳管が存在していた。休眠期に入った4回目試料では形成層帯中及び形成層帯に接する位置にも乳管が認められ、3回目で顕著であった新たな乳管形成が休眠期に入るまで継続していたことがわかった。

考察

針葉樹のマツ科の多くの属やヒノキ科のメタセコイア *Metasequoia* など、広葉樹のバラ科のサクラ属 *Prunus* やミカン科のキハダ属 *Phellodendron*、センダン科のセンダン属 *Melia* などでは、樹幹が傷つくと形成層が傷害樹脂道あるいは傷害ゴム道を二次木部に形成することが知られている。これは傷害に対して樹体を防御するために樹脂道・ゴム道を形成して樹脂・ゴム液を分泌するものであると考えられている。一方、クワ科、トウダイグサ科、ウルシ科などの樹木の樹皮を傷をつけるとゴム液、乳液などと呼ばれる樹液が滲出してくるが、これは皮層及び樹皮内にある乳管(強いて言えば正常乳管)から分泌されるもので、傷害により新たに形成された「傷害乳管」とであるという報告はない。さらに針葉樹、広葉樹を通して、形成層が傷を受けたときに内樹皮に傷害樹脂道、傷



図 6. ウルシ内樹皮における乳管密度の変化

横軸に試料採取回と4回の平均を、縦軸に乳管密度を1mmあたりの乳管数で示した。1回目の乳管密度は漆掻区のD層が明確に低いが、ほかは5~7個の範囲にまとまっている。2~4回目及び4回の平均は漆掻区のA層以外はほぼ4~7個の範囲にあるが、漆掻区のA層では明確に高い密度となっている。

害乳管などが新たに形成されるかどうかについての報告はない。

漆掻とは東南アジアから東アジアの地域で、ビルマウルシ、ハゼノキ（アンナンウルシ）、ウルシなどのウルシ科の樹木の樹皮に傷をつけ、滲出した漆液を採取する技法である。日本および韓国での漆掻のやり方は「殺し掻き」と呼ばれ、樹幹全体に傷をつけ、シーズン終了後に木を切り倒すのに対し、そのほかの地域では「養生掻き」と呼ばれ、一シーズンにつける傷を少なくし、木を切り倒すことはせず、樹勢の回復を待って同じ木から何年にもわたって漆液を採取する。いずれの方法でも樹皮に傷をつけると漆液が滲出し、やがて滲出が止まって流れ出た漆液が空気に触れて固まって傷を塞ぐ。殺し掻きでは最初の傷の上、下あるいは上下に1cmほどの間隔を空けて最初の傷と平行に前回より長めの傷を入れ、養生掻きでは最初の傷口の上辺あるいは上下辺に傷をつけ傷口を広げながら漆液を滲出させることを数日間隔でシーズン中は繰り返す。このように掻き傷に間隔がある、無しに関わらずウルシの形成層は最初に傷を受けたところの上下に順次拡がりながら継続的に傷刺激を受けることになる。形成層に対する傷刺激は一般には上下方向に長く、左右（幹周）方向には幅狭く、樹幹を正面から見ると縦長の楕円形の形に波及することが経験上知られている。

以上のことを踏まえて、我が国の伝統的な漆掻法である殺し掻きをウルシ3個体と対照として漆掻をしない3個体の樹皮内の乳管の形態を調べた結果、次のことがわかった。

漆掻を行う前の漆掻処理区の3個体のA-D層の平均乳管密度は5.04個/mm²で、無処理区の5.94個/mm²に比べ15%ほど少なかった（表4B）。これは漆掻区の3個体のD層の乳管密度が他より明確に小さいこと（図6）によるのだが、それは個体による乳管密度のばらつきがあることとともに、内樹皮の厚さが無処理区では3.65mmあったのに対し、漆掻区では3.05mmと16%ほど薄く（表2）、供試個体が無処理区より若齢であったためであると考えられた。若齢個体の内樹皮外層は幹径の増

大に伴い引き延ばされ、外周の不足を補う形で柔組織が細胞分裂して増大し、内樹皮の大きな部分を占めるようになるため、その分乳管密度が低くなったのである（図5A）。

表4Bおよび図6に示されているように、無処理区の乳管密度は多少の変動はあるものの、A層からD層へ、あるいは1回目から4回目へ、と言った増減の傾向は認められていないことから、漆掻刺激を与えていないウルシ乳管密度は、季節、内樹皮内の位置に関わらずほぼ一定で、4～7個/mm²（平均5.6個/mm²）の範囲にあることがわかった。漆掻区の1回目のD層を除いたB～D層の乳管密度も無処理区のA～D層と同じ範囲で推移しており、これらが漆掻刺激を受ける以前に形成された乳管であることによるものであることは明らかである。一方、漆掻区の1回目のA層と3、4回目のA層の乳管密度の違いは際立っていて、1回目の乳管密度が6.72個/mm²であるに対し、3回目（8月10日）は10.82個/mm²、漆掻終了後の第4回は9.35個/mm²といずれも明確に高い値であった（表4B）。この高い値の理由を顕微鏡写真で検討した結果、2回目試料から4回目試料まで形成層帯に接して新たな乳管の形成が頻度高く起きていることに依ることが明らかとなった。すなわち、漆掻刺激を受けたことにより、形成層は通常より多くの乳管を分化させたといえる。

針葉樹やいくつかの広葉樹では形成層が傷害を受けるとそのとき作られた二次木部に傷害樹脂道、傷害ゴム道を作るが、それは形成層がまさに二次木部を分化させていた位置の年輪と平行に接線方向に一連の樹脂道、ゴム道となる。これに対しウルシでは1回の傷害刺激で一連の乳管を作ると言うことは無く、間隔を空けた繰り返しの刺激によって、傷害を受けていない部分より明確に高密度に乳管を作っていたことになる。そしてそれらは傷害を受けないときに作られた乳管と形態上の違いは認められず、「正常乳管」と「傷害乳管」としてそれぞれを区別することは出来なかった。針葉樹、広葉樹を通して形成層が傷つけられたことにより樹皮（二次篩部）に新たな樹脂道や乳管が形成されたとする報告はこれまでに無く、本報告が初めてである。

結論

本報告では、ウルシでは漆掻を継続的に行うことにより、漆掻をしないときよりも多くの乳管が形成されることを明らかにした。乳管の数、密度と漆液滲出量との関係を示す報告は全くないが、乳管数が多いことが漆液滲出量の多さにつながることは十分に考えられる。

乳管数の多さが漆液滲出量の多さにつながるとすると、「漆掻」という行為は、直接的にはそれによって滲出する漆液を採取するのが目的だが、それは同時に傷刺激により乳管の形成を促進し、以後の滲出量の増大を促す行為でもあるといえる。

一般に乳管、樹脂道などの内腔には周囲の分泌細胞から分泌された乳液、樹脂が溜まっており、上下方向に長い管のどこかが破損するとそこから流れ出してやがて傷口を塞ぐ。流れ出る量はその管の中に詰まっている分であるから、ある程度流れ出ると滲出は止まる。傷口が塞がった乳管、樹脂道は再び分泌細胞が乳液、樹脂を生産して内腔へ押し出す。漆掻の4日間隔というのは傷口が塞がって改めて十分な量の漆液が乳管内に溜まった「頃合い」が経験的に導き出されたものと考えられる。

一方、漆掻刺激による乳管形成の促進という面から考えると、現在行われている漆掻法に対し、次の二つの提案が得られる。

一つは、形成層に対する傷刺激の開始時期である。本実験で明らかになったように、休眠期にある形成層帯の中あるいはすぐ外側には形成途中あるいはまだ十分に大きくなっていない乳管がある。これらは翌春樹木が活動を始めるとともに成長を開始し、やがて乳管として機能するようになる。一方、形成層帯の活動の開始は、ウルシで調べられたことはないが、ウルシと同じ環孔材を持つ落葉広葉樹では葉が展開するより1ヶ月ほど前にはすでに当該年の年輪のはじめに大道管の形成が始まり、葉が展開する時期にはその道管は完成して水分通導の機能を果たすことが知られている[Suzuki et al. 1996, 1998]。二次篩部の活動開始時期についての報告は知られていないが、木部の形成と同時であると考えられることから、ウルシでも葉が展開し始める5月上旬よりも前に形成層が活動を再開していると想定される。したがって、この時期から形成層に刺激を与え始めれば、現在の手法より1ヶ月以上早く乳管の形成を促進することが出来る可能性がある。もちろん漆液の生産は葉が十分に展開してからなので、それまでは漆液採取を目的としない、樹皮に刃を入れるだけの傷刺激で十分である。

二つは「殺し搔き」の見直しである。本実験で明らかになったのは、漆搔を継続して行っていることにより、経時的に休眠期に入るまで新しい乳管の形成が続いていたことである。漆搔を行った休眠期の形成層と内樹皮最内部にはその外側より明確に多い乳管がある。漆搔を行うと内樹皮の内層から中層にある乳管からは多量の乳液が滲出してくるが外層にある乳管からの滲出量は少ないことが経験的に知られている(図2G)。本実験では明確に示されていないが、1年間に形成される内樹皮の量はわずかで、「内樹皮中層」の位置まで押し出されるには筆者のウルシの樹皮の顕微鏡観察経験から少なくとも3～5年は経過していると思積もることが出来る。本実験で明らかのように漆搔により最内層には明確に多くの乳管が形成されるが、後半期に作られたものは十分に漆液を生産しないまま冬に入ってしまう、伐採されていることになる。漆搔を始める年に作られた乳管はその後3～5年は漆液を十分に滲出させる乳管として機能することが期待できるので、切り倒さず、以後も続けて漆搔を続けるという方法も検討に値すると思われる。

以上二つの提案はあくまでも乳管数の増加が漆液滲出量の増加に寄与するものという仮定の上でのものであることと、「完璧」ともいえるほど完成された現在の漆搔技法についてのもので、漆液生産を巡る他の多くの要素・要因との関係を見殺しした形で論じられていることは否めないが、漆液生産増加に向けた試みの一つとして考慮に値すると思われる。

謝辞

本実験を行うにあたり、ウルシ供試木は「漆の荻房 奥久慈工房」(茨城県常陸大宮市盛金2971)が漆搔を行うため買い取った樹木を提供いただいた。試験木を提供いただくとともに実験遂行にあたり様々な援助及び協力をくださった奥久慈工房(代表本間幸夫氏)に厚く御礼申し上げる。また、供試木No.1～3については日本国内で行われている一般的な漆搔を行っていただいた。この作業及びこれらの試験木の生育するウルシ畑の除草管理等を行っていただいた奥久慈工房の本間健司氏、富永司氏および工房スタッフには大変お世話になった。ここに記して厚く謝意を表す。

引用文献

- 伊藤清三 1949. 「うるし—漆樹と漆液」277pp. 農林週報社, 東京
- Suzuki, M., Hirano, R. and Yoda, K. 1998. Phenological analysis of wood formation in temperate deciduous ring and diffuse porous wood. *New Horizons in Wood Anatomy* : 132-137
- Suzuki, M., Yoda, K. and Suzuki, H. 1996. Phenological comparison of the onset of vessel formation between ring porous and diffuse porous deciduous trees in a Japanese temperate forest. *IAWA Journal* 17 : 431-444
- 高橋憲三 1922. 漆樹ノ漆液溝ニ就テ. 林業試験場研究報告 No.22 : 87-102

鈴木三男 (東北大学名誉教授, 国立歴史民俗博物館共同研究員)

小林和貴 (東北大学植物園協力研究員, 国立歴史民俗博物館共同研究員)

(2019年5月28日受付, 2019年10月7日審査終了)



図2 実験したウルシ畑と漆掻処理、試料採取

A:ウルシが散在する試験地のウルシ畑, B:No.5の漆掻をする前の1回目の試料抜き取り(5月21日), C:No.1の2回目(漆掻5回のあと)の試料抜き取り(7月12日), D:No.3の3回目(漆掻9回のあと)の試料抜き取り(8月10日), E:No.3の4回目(漆掻17回のあと)の試料抜き取り(2011年2月25日), F:No.4の4回目の試料抜き取り(2011年2月25日), G:漆掻による漆液の滲出状況.内樹皮のところどころにある乳管から白濁した漆液が出てくる.

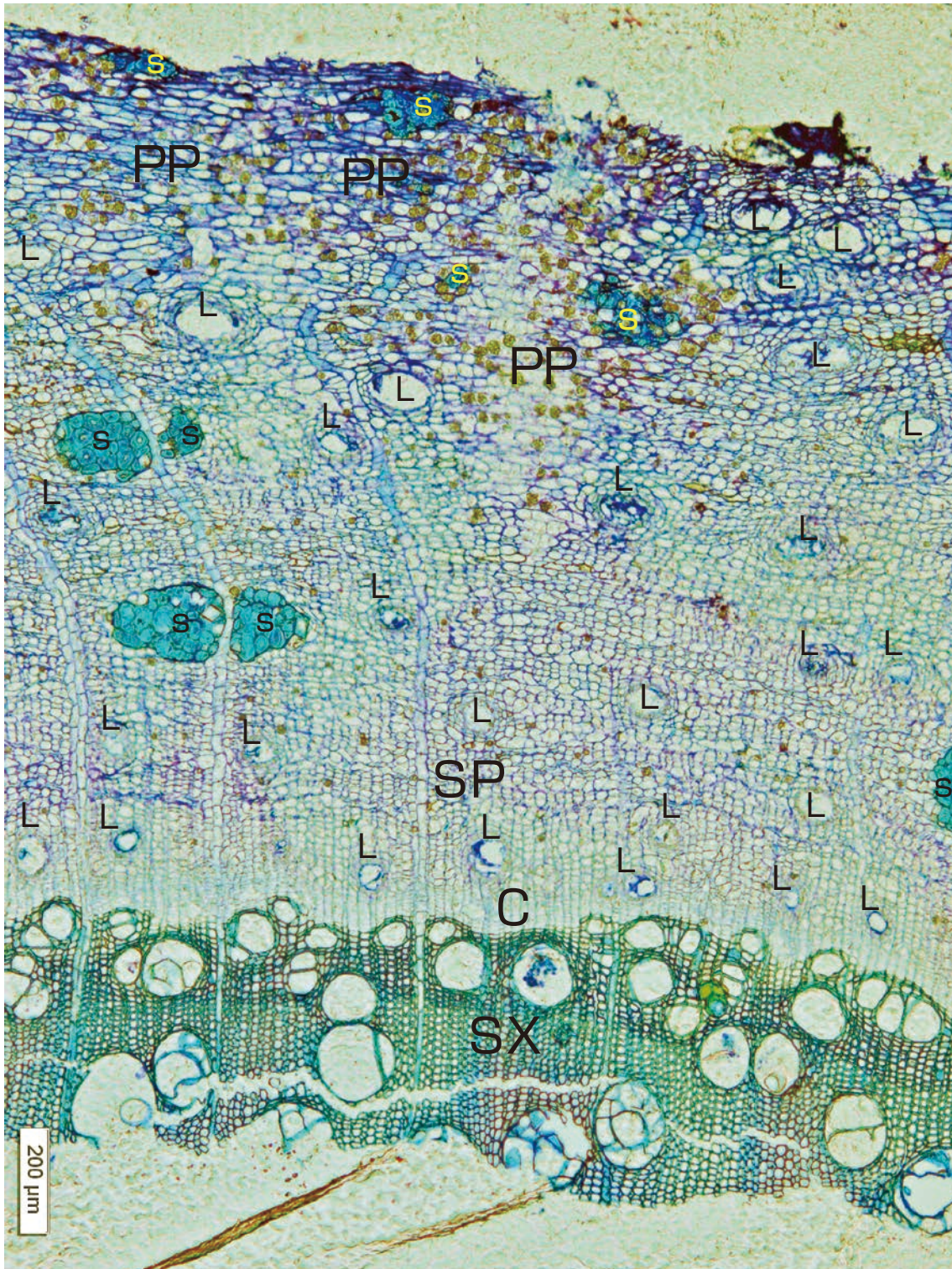


図3 ウルシ内樹皮—二次木部の横断面の顕微鏡写真

画面下辺に二次木部 (SX) があり、内樹皮 (二次篩部, SP) との間に形成層帯 (C) がある。内樹皮内層 (ほぼ SP と C の記号の間) は篩管、篩部柔細胞、篩部放射組織、乳管 (L) からなる。それより外側の内樹皮中層では篩管は潰れだし、厚壁異型細胞塊 (S) ができる。さらに外側では柔細胞が新たに細胞分裂して増殖し (PP)、組織配列は乱れるが、乳管は潰れず、断面が左右に引き延ばされた楕円形となる。この画面には 28 個の乳管 (L) がある。C: 形成層帯, L: 乳管, PP: 増殖した柔細胞群, S: 厚壁異型細胞塊, SP: 二次篩部, SX: 二次木部。

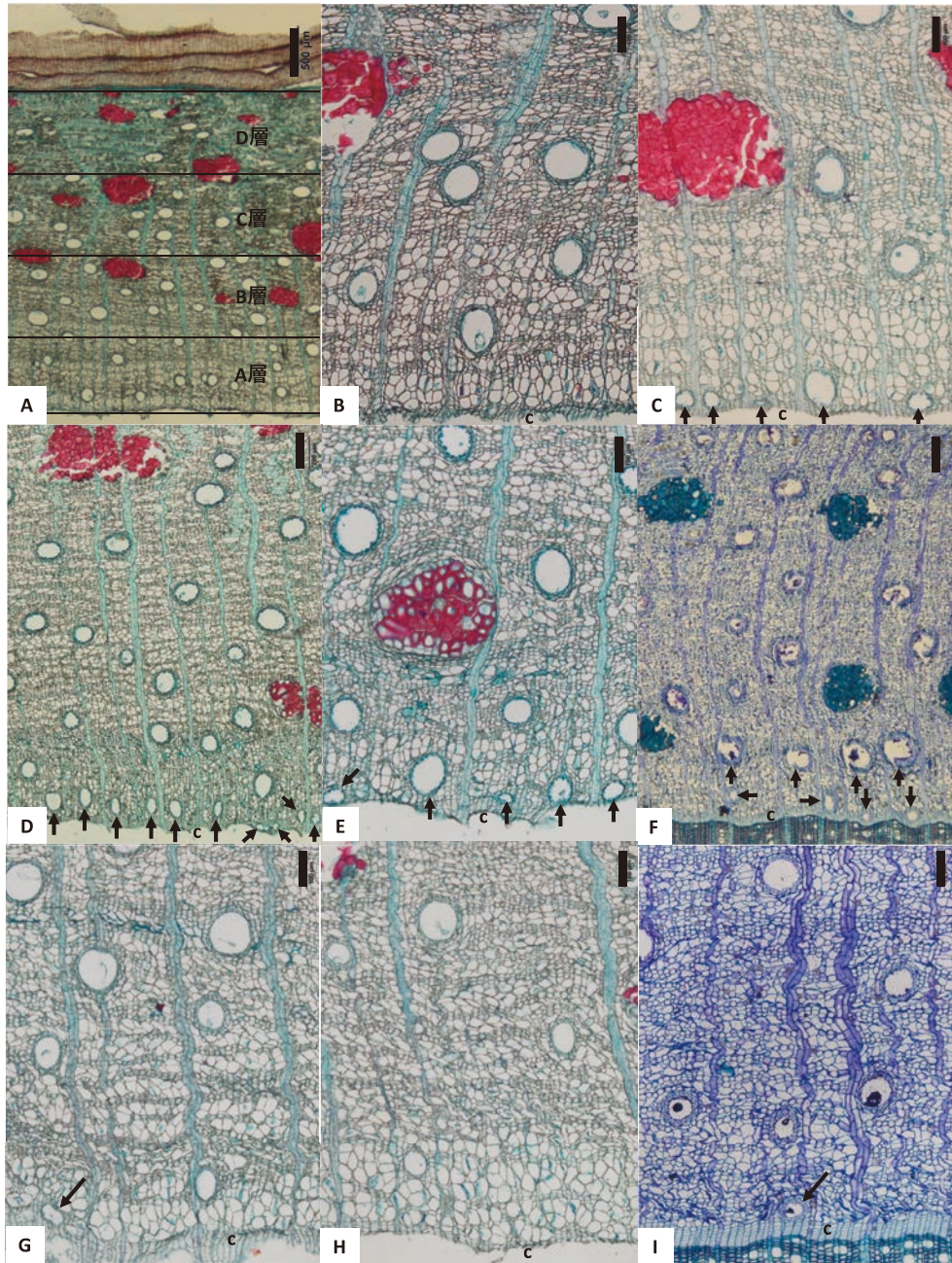


図5 ウルシ内樹皮の顕微鏡写真

- A: No.1-1回目(5月21日)の低倍率写真。最下辺が内樹皮最内部(形成層帯のところ)で剥離。最上部には3層になったコルク層(外樹皮)がある。内樹皮を同じ厚さでA~Dの4層に区分し、それぞれの層の乳管数を数えた。中空の丸~楕円が乳管。不定形の塊は厚壁異形細胞塊で内樹皮最内部にはない。内樹皮の最外のD層では柔組織が新たに細胞分裂して増殖し、外周が引き延ばされる分を補っており、新たに作られることのない乳管の密度は低い。
- B: No.1-1回目(5月21日)の内樹皮内層の拡大。最下辺が内樹皮最内部で形成層帯のところと剥離している。形成層帯に近い位置に新しく作られた乳管は見られない。画面左上の塊は厚壁異形細胞塊。
- C: No.1-2回目(7月12日)の内樹皮内層。形成層帯に接して新たに作られた5個の乳管(矢印)がある。中央の乳管はまだ分化が始まって間もないもの、その右の大きい乳管はおそらく漆掻刺激を受ける前に形成が始まっていたもの。
- D&E: No.1-3回目(8月10日)の内樹皮内層の中倍率と高倍率の写真。形成層帯に接して新たに作られた乳管(矢印)がほぼ同じようなレベルに集まってある。Dの右の二つとその左の二つはそれぞれ二股になった乳管と思われる。形成層帯から離れている距離が微妙に異なり、またほぼその距離に応じて乳管内腔の大きさが少しずつ異なることから、これらは一斉に作られたのでは無く、順次時間を経てを経て形成されたものと考えることが出来る。
- F: No.1-4回目(2月25日)の内樹皮内層。上向き矢印の4個の乳管は今シーズンの早い時期に形成されたもの、その下の横向き矢印2つはその後に形成され、下向き矢印の2つはまだ形成層帯に接しており、一番新しいものである。
- G: No.6-1回目(5月21日)の内樹皮内層。矢印は形成層帯中(c)で分化途中の乳管。
- H: No.6-3回目(8月10日)の内樹皮内層。新たに形成されたと思われる乳管はない。
- I: No.6-4回目(2月25日)の内樹皮内層。矢印は休眠中の形成層帯(c)に接している乳管。
- c: 形成層帯、矢印は今シーズンに新たに形成された乳管。スケールバーはAは500 μm、DとFは200 μm、それ以外は100 μm。