

ISBN 978-4-909941-43-5

ウルシの健全な  
森を育て、  
持続的に良質な  
漆を生産する

# 漆



国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
**森林総合研究所**

第5期中長期計画成果23 (森林産業-9)

# 目次

はじめに	3
------	---

## ウルシの特性と機能

縄文時代から利用されてきたウルシ	5
ウルシの特性	6
漆掻きの現状と方法	7
漆生産量の異なるウルシの組織構造	8
樹脂道形成と植物ホルモン	9

## ウルシの栽培（育成と管理）

遺伝的多様性	10
漆生産量の多いウルシの選抜	11
分根苗の生産	12
実生苗生産のための発芽促進	13
コンテナ苗の生産	14
組織培養技術を用いたウルシ苗木の作出	15
植栽適地	16
植栽時期、施肥、植栽本数及び植栽方法	17
保育管理（下刈り、つる切り、ササ類の除去）	18
萌芽更新	19
高効率なウルシ林の造成に向けて	20
ウルシ林経営の収益性	21
病害（疫病）	22
病害（白紋羽病）	23
病害（胴枯病）	24
病害（うどんこ病）	25
虫害（ハゼアブラムシ、キジラミ類、クスサン）	26
獣害（ニホンジカとニホンザル）	27

## 漆とウルシ材の利用

採取した漆の特性	28
漆の硬化に関わるラッカーゼ	29
未利用漆の利用	30
ウルシ材の特性と利用	31
参考資料	32
謝辞	34

## はじめに

ウルシは、ウルシ科ウルシ属の落葉広葉樹です。この仲間は、熱帯から温帯に83属860種あるといわれ、果樹のマンゴーやカシューナッツなどが含まれています。ウルシの幹に傷を付けて採取される漆は、内樹皮で生産される樹脂と木部樹液が混合した液体であり、7200年前の縄文時代から塗料や接着剤などとして用いられてきました。漆は、漆器の製作だけでなく、国宝・重要文化財の修理などに欠かせない存在となっており、日本人はウルシと長いかわりを持って生きてきました。

国産漆生産の4割が2007年から日光東照宮の国宝・重要文化財の修理に使用される中で、私たちは2010年度から新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業（課題名：地域活性化を目指した国産ウルシの持続的管理・生産技術の開発）でウルシ林の育成・管理等技術開発に関する研究を行い、ウルシの優良系統選抜や新病害の白紋羽病などの研究成果を発表し、情報共有を図りました。

国宝や重要文化財は、本来の手法で修理することが文化の継承に繋がるとともに、漆は日本の伝統文化において象徴的な資材であることから、文化庁は2015年に都道府県教育委員会に対して国宝・重要文化財建造物の保存修理事業における漆の使用について、原則として下地も含め国産漆を使う旨の通知を発出し、長期需要予測調査によって国宝・重要文化財の修理に年間約2.2トンの国産漆の生産が必要であると報告しました。しかし、2019年の国産漆生産量は、約2トンであり、国産漆の供給不足が懸念されるため、国産漆を増産する必要があります。このような背景で国産漆が生産される中、ウルシ苗の生産や植栽適地の土壌特性、ウルシ林の遺伝的多様性及び衰退に関わる病気などの研究が喫緊の課題でした。

これまでのウルシ林の造成・管理はウルシ生産者の経験に依存しており、一方でウルシ林の造成・管理技術について検証された研究は乏しく、具体的な調査データや知見の蓄積も十分ではありません。したがって、今後、国産漆資源の安定供給を目指すためには、ウルシ林の造成・管理に関する調査データや知見を蓄積し、植栽地の選定や植栽木の育成・管理などに活用していくことが肝要です。

これらの問題を解決するため、2014～2017年度JSPS科学研究費（課題名：漆生成メカニズムに基づく高品質漆の開発）、2016～2019年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（現、イノベーション創出強化研究推進事業、課題名：日本の漆文化を継承する国産漆の増産、改質・利用技術の開発）、さらに2019～2022年度JSPS科学研究費（課題名：シグナル物質の作用機序とラッカーゼの構造解析による高品質漆生成技術の開発）で国産漆の増産・利用に関する研究を行いました。その結果、日本に現存するウルシ林の遺伝的多様性、漆生産量に関わるクローン樹皮の組織構造、植栽適地の土壌特性、植栽地や萌芽更新地で漆生産を阻害する疫病や胴枯病、ウルシ林の造成・管理のための収益性、未利用漆の利用などの研究成果を集め、漆の生産者、精製者及び使用者などに成果を普及し、課題の情報共有を図りました。今回、2013年に作ったウルシマニュアル（冊子）の内容を刷新し、新たな成果を入れて新冊子を作成しました。新冊子では、ウルシの特性と機能、栽培、漆とウルシ材の利用について、一般の方にも分かりやすくまとめました。本冊子が、国産漆の持続的生産や漆の利用などに寄与し、日本の漆文化の継承と発展につながることを期待します。

\*本冊子では、樹木は「ウルシ」、ウルシの内樹皮で生産される樹脂と木部樹液の混合した液体は「漆」と表記します。

本冊子は、2014～2017年度JSPS科学研究費（「課題名：漆生成メカニズムに基づく高品質漆の開発、研究代表者：田端雅進、課題番号：26242017」）、2016～2018年度農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（現イノベーション創出強化研究推進事業、「課題名：日本の漆文化を継承する国産漆の増産、改質・利用技術の開発、研究代表者：橋田光、課題番号：28027C」）、及び2019～2022年度JSPS科学研究費（「課題名：シグナル物質の作用機序とラッカーゼの構造解析による高品質漆生成技術の開発、研究代表者：田端雅進、課題番号：19H00551」）で得られた成果の一部を取りまとめたものです。

**研究プロジェクト代表**

**国立研究開発法人 森林研究・整備機構**

**森林総合研究所東北支所 田 端 雅 進**

## 縄文時代から利用されてきたウルシ

ウルシは、ウルシ科ウルシ属の落葉広葉樹で、日本人と長いかわりを持ってきました。

ウルシの幹に傷を付けて採取される漆は、7200年前の縄文時代から塗料や接着剤などとして、また材は漁具の浮き、果実は蠟として利用されており、日本人はウルシと長いかわりを持って生きてきました。

ウルシは、ウルシ科ウルシ属の落葉広葉樹であり、5～6月に展葉します（図1A）。葉は奇数羽状複葉（図1B）で、7～15枚の小葉からなります。展葉した葉柄には短軟毛がみられます。

ウルシは雌雄異株であり、5～6月に葉柄から長さ10～15 cmの円錐花序を伸ばし、1つの花序に数百の花をつけます。開花は地域によって異なりますが、花は5月下旬～7月上旬に咲き、雄花（図1C）は黄色で、雄しべが長い一方、雌しべは非常に短くなっています。雌花（図1D）は白色で、雄しべが短く、花粉の入った葯も退化している一方、雌しべは太く突き出ています。

果実は7月上旬～下旬に形成しはじめ、10月下旬から11月に成熟し（図1E）、扁平で楕円形～腎形で、中に6×4 mm程度の扁平なだるま型の種子が1つあり、口ウ状の膜、淡黄色の厚い果皮に包まれています。果実は鳥類によって散布されるといわれています。

ウルシの黄葉～紅葉（図1F）は10～11月にみられ、その後落葉します。

ウルシは北海道から大分県まで分布し、漆採取のため、北海道では網走市、本州では北から青森県弘前・八戸市、岩手県二戸・八幡平市、紫波・平泉町、秋田県湯沢市、山形県長井市、真室川町、福島県会津若松・喜多方市、新潟県村上市、茨城県常陸大宮・常陸太田市、大子町、群馬県上野村、石川県輪島・加賀市、長野県長野・松本・塩尻市、岐阜県神岡町、京都府福知山市、奈良県普爾村、岡山県真庭・新見市、広島県安芸太田町、四国では香川県まんのう町、徳島県三好市、九州では佐賀県鳥栖市などで植栽されています。

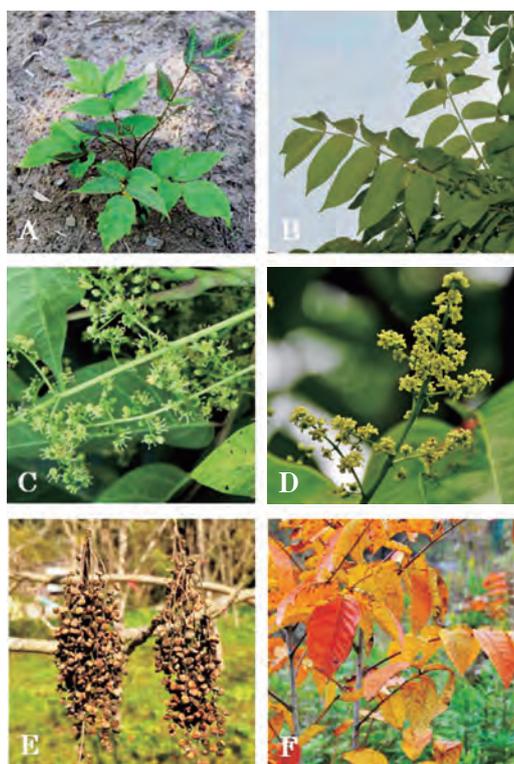


図1. ウルシの特徴(A:展葉、B:奇数羽状複葉、C:雄花、D:雌花、E:成熟果実、F:黄葉)

## ウルシの特性

漆は、内樹皮で生産される樹脂と木部樹液が混合した液体です。

ウルシは、植生遷移で最初に発生し、日当たりのよい場所を好む陽樹で、キリやユーカリ類などと同じ早生樹です。さらに、ウルシは、ニセアカシアなどと同様、強い萌芽力<sup>(P.19)</sup>と、浅根性で根が横に広がる特徴があります(図2A)。

ウルシの幹が漆掻きの道具であるカンナとメサシで傷つけられると(図2B, C)、形成層の内側にある辺材(図2D)の一部まで傷がつくため、内樹皮の正常樹脂道と傷害樹脂道(図2E, P.8, 9)で形成された樹脂と一緒に辺材の木部樹液が流出します。漆掻きではウルシの幹に傷をつけて傷口から滲出した「漆」を採取します。「漆」は、内樹皮で生産される樹脂と木部樹液が混合した液体です。漆の樹脂には抗菌性物質が含まれているため、菌類などの繁殖を抑制する働きがあると考えられています。一方、樹脂は空気に触れると、揮発性物質が蒸発して粘性を増した後、酵素ラッカーゼ<sup>(P.29)</sup>の働きで固化します。幹に傷がついた場合、傷口から樹脂を流出し固化するため、菌類や昆虫などの侵入を防ぐと考えられています。

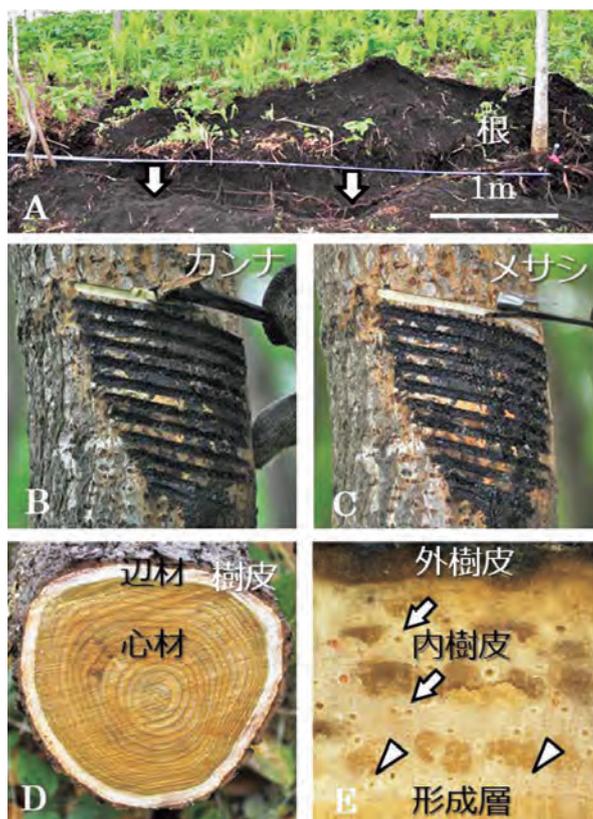


図2. ウルシの特性 (A:根、矢印:浅根性で、横に広がる性質を持っています、B,C:ウルシの幹にカンナで傷つけた後、その傷害部にさらにメサシで傷をつけ、漆掻きをします、D:ウルシ幹の横断面、E:樹皮組織、矢印:正常樹脂道、矢頭:傷害樹脂道)

## 漆掻きの現状と方法

漆掻きの方法には、「殺し掻き（ころしがき）」と「養生掻き（ようじょうがき）」があります。

ウルシの幹に傷をつけて傷口から滲出した漆を採取することを「漆掻き（うるしかき）」と呼びます。漆を「掻く（かく）」とは、ウルシの幹に一文字に傷を付けた際に、樹体はその傷を治癒するために分泌する漆を掻き採って採取する作業です（図3A）。幹に対する傷は、直径15 cm程度の木なら右側に5ヶ所、右側の傷と互い違いになるように左側も4ヶ所か、5ヶ所付けます。このような傷は、ウルシにとって樹体を弱らせる要因であり、傷の付け方や時期により木を枯らすことがあります。そのため、漆掻きをする際には植栽地に生育しているウルシの健全性を保ち、木に負荷をできるだけかけないことが良質で多量の漆を採取するために不可欠です。ウルシの健全性や良質で多量の漆生産には、漆生産量が多い個体（クローン）を選抜するだけでなく、植栽地の土壌特性、植栽地で発生する病気、例えば、ファイトフトラ・シンナモミ (*Phytophthora cinnamomi*) による疫病<sup>(P.22)</sup> や白紋羽病（しろもんぱびょう）<sup>(P.23)</sup> などが影響します。

江戸時代には、蝋燭（ろうそく）の原料となるウルシ果実を多く採取する必要があったため、ウルシを育てながら、数年に一度の頻度で漆を掻く傷（辺）の数を少なくして漆を採取する「養生掻き（図3B）」と呼ばれる方法が行われていたと考えられています。明治時代に入ってから、越前衆と呼ばれた福井県の漆掻き職人が出稼ぎで漆掻きをし、多くの漆を採取するために「殺し掻き」を行いました。「殺し掻き」とは、1年で漆の採取を終え、その後は漆を掻いた木を伐採します（図3C）。伐採後、実生苗を植栽、あるいは切株から新芽が出た木を育て、20年程度で再び漆掻きができるようになります。この「殺し掻き」が「養生掻き」に比べ、採取量が多く、収入も多かったことから、その後、「殺し掻き」が福井県以外の漆掻き職人にも広がったものと考えられています。現在、岩手県や茨城県などでは「殺し掻き」が行われていますが、一部の地域でウルシ資源が減少することに漆掻き職人が危機感を持ち、養生掻きを行う場合もあります。

漆採取後に、漆掻きした木は伐採され、その後、分根苗<sup>(P.12)</sup> や実生苗<sup>(P.13)</sup> が植栽され、新しくウルシ林が造成されます。また、伐採後に発生する萌芽（萌芽更新<sup>P.19</sup>）を利用することでウルシ林を再生することもできます。



図3. 漆掻き (A:漆掻き道具のヘラで滲出した漆を採取しています、B:養生掻きをした木、C:殺し掻きをしたウルシ林)

## 漆生産量の異なるウルシの組織構造

ウルシは、樹脂を生産するエピセリウム細胞に囲まれた樹脂道を内樹皮に形成します。

樹木の幹を輪切りにすると (図4)、幹の中央部には髄 (Pi) と前形成層由来の一次木部が存在し、その周囲に二次木部が、さらにその周囲には維管束形成層 (形成層: Ca) と二次師部が存在します。形成層細胞は分裂活動を行い、二次木部と二次師部を生産します。形成層細胞の活発な分裂により二次師部が厚くなると、師部柔細胞または師部放射柔細胞が二次的に分裂能力を得てコルク形成層となり、外側にコルク組織を形成し、内側にコルク皮層を形成します。コルク組織、コルク形成層、コルク皮層を合わせて、周皮とよび、周皮は幹を取り巻くように円周状に形成されます。樹皮 (B) は形成層より外側の組織の総称で、最も内側 (形成層側) の周皮を境に、周皮の外側の死細胞の集まりである外樹皮と周皮の内側の生きていた二次師部が存在する内樹皮 (P.6, 9) に分けられます。日本産のウルシ科 (ウルシ、ヤマウルシ、ハゼノキなど) の内樹皮は、師管要素 (S)、伴細胞 (C)、師部柔細胞 (Pa)、師部繊維 (PF)、師部放射柔細胞 (PR) という組織で構成されています (図5)。さらに内樹皮には、エピセリウム細胞 (Ep) とよばれる分泌細胞に囲まれた軸方向の樹脂道 (管状の空隙) が不規則に配列しています。樹脂道 (RC) には、正常な分化過程で形成される正常樹脂道 (P.6, 9) と幹が傷害を受けたときに形成される傷害樹脂道 (P.6, 9) の2種類があります (図5)。漆に含まれる樹脂は、エピセリウム細胞内で生産され、さらにその内側の樹脂道に分泌・貯蔵されます。したがって、漆掻きで採取される漆は、木部を通過する樹液と内樹皮で生産される樹脂の混合物です。

漆掻きによって採取される漆生産量は、1個体あたり平均して180gといわれています。しかし、個体によって漆生産量は大きく異なります。樹皮表面を観察すると、漆生産量が多い個体(クローン)では、傷口からの漆の流出が多く、樹皮表面が漆に覆われます。クローン間で漆生産量が異なる要因として、胸高直径の違いが関与していることが古くから指摘されていますが、胸高直径が同じであっても漆生産量が大きく異なるクローンもあります。そこで漆生産量の個体による違いと樹皮の構造、正常樹脂道の量や形態などとの関係を調べると、漆生産量の多いクローンは漆生産量の少ないクローンと比較して、内樹皮の幅が広く、正常樹脂道の数が多く、正常樹脂道の断面積も広いことが分かりました。内樹皮の厚さや正常樹脂道の数・断面積など樹皮の組織構造の解析により、漆掻きを行う前に漆生産量の違いを推定できます。

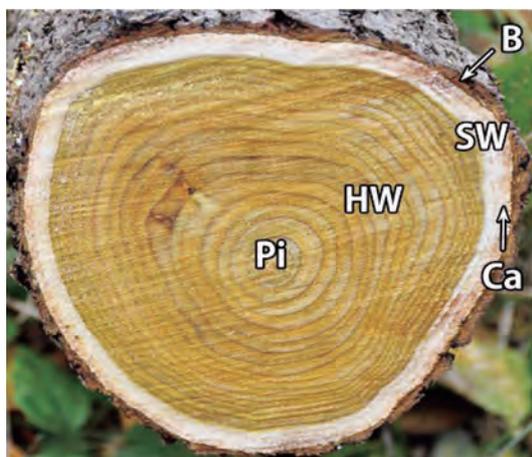


図4. ウルシ幹の構造 (横断面、B: 樹皮、Ca: 形成層、HW: 心材、SW: 辺材、Pi: 髄)

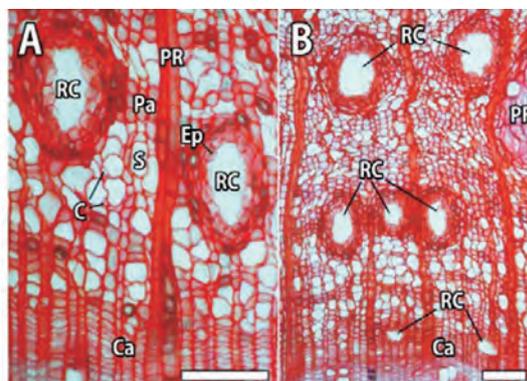


図5. ウルシ内樹皮の光学顕微鏡像 (木口面)  
A: 形成層 (Ca) 付近の内樹皮に師管要素 (S)、伴細胞 (C)、師部柔細胞 (Pa)、師部放射柔細胞 (PR)、エピセリウム細胞 (Ep)、正常樹脂道 (RC) が認められます。  
B: 形成層 (Ca) 付近の内樹皮に接線上に連続した傷害樹脂道 (RC) が認められます (PF: 師部繊維)、スケールバー=100 $\mu$ m、保坂路人・Hasnat Rashman・山岸祐介氏提供。

## 樹脂道形成と植物ホルモン

傷害樹脂道の形成誘導には、エチレンなどの植物ホルモンの処理が有効です。

樹木のある特定の樹種では、幹が受けた傷害に反応して、木部や師部（内樹皮<sup>P.6, 8</sup>）に傷害樹脂道が形成されます。日本産の針葉樹では、正常樹脂道<sup>(P.6, 8)</sup>を有するマツ属やトウヒ属だけでなく、正常樹脂道を有さないモミ属やツガ属にも傷害に反応して木部に傷害樹脂道<sup>(P.6, 8)</sup>が形成されます。また、正常樹脂道を有さないスギやヒノキでは、傷害に反応して木部ではなく内樹皮に傷害樹脂道が形成されます。一方、日本産の広葉樹では、ミカン科のカラスザンショウやセンダン科のチャンチンなど一部の樹種において、幹が傷害を受けたとき、木部に傷害樹脂道が形成されます。

漆掻きをしたウルシの幹において形成層付近の内樹皮を観察すると、接線状に並び、また連続して存在する軸方向の樹脂道は多く認められます。これらは漆掻きの傷害により誘導された傷害樹脂道です。漆生産量の多いクローンでは、漆生産量が少ないクローンに比べて形成層付近の内樹皮に多くの傷害樹脂道が形成され、二次師部細胞の傷害に対する反応性が高いといえます。傷害樹脂道の形成量の違いは、内樹皮全体での樹脂道の数を変化させ、漆生産量に影響を与えます。したがって漆生産量を増加させるには、正常樹脂道が多く、断面積が大きいクローンを選抜し、さらに漆掻きにより傷害樹脂道の形成数を増加させることが重要です。

針葉樹の傷害樹脂道の誘導には、エチレンやジャスモン酸など植物細胞の分裂・分化やシグナル伝達を制御している植物ホルモンが重要な役割を担っています。広葉樹であるフウの幹にエチレンの発生剤である2-クロロエチルホスホン酸（エテホン）を塗布すると、木部に傷害樹脂道の形成を誘導できます。そこで、ウルシ苗木の幹にエテホン、ジャスモン酸メチル、サリチル酸をそれぞれラノリンペーストに溶かして塗布すると、傷害処理を行わなくても、エテホンの塗布により内樹皮に傷害樹脂道が形成されました（[図6](#)）。一方、ウルシ苗木の幹に傷害を与えた後に、ジャスモン酸メチルを塗布すると、傷害樹脂道の量が増加しました。

ウルシの幹に対してエチレンなどの植物ホルモンを有効に処理することにより、内樹皮での傷害樹脂道の形成数を促進し、漆生産量を増加させることが期待できます。

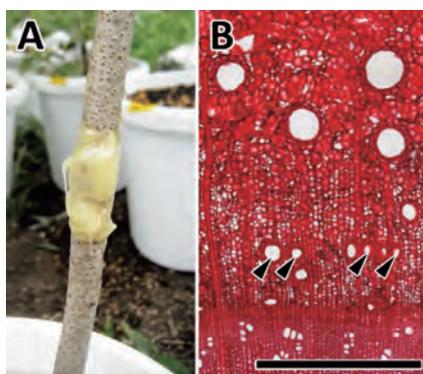


図6. ウルシ苗木幹へのエチレン塗布の影響 (A: ラノリンペーストに溶かしたエチレン発生剤であるエテホンの幹への塗布、B: エチレンによる傷害樹脂道 (矢頭) の人為的誘導、スケールバー=1mm、保坂路人氏提供)

## 遺伝的多様性

日本のウルシ林は、品種改良を行うのに必要な遺伝的多様性を備えていました。

ウルシ林の遺伝的多様性を調べることは、遺伝資源量を把握し、漆生産量の多い優良なクローン選抜や今後の育種を進める上でとても重要です。しかし、全国に生育しているウルシ林の遺伝的多様性は、これまでほとんど明らかにされていませんでした。ウルシは渡来種であると考えられること、萌芽更新や分根によるクローン増殖が行われていることなどの理由で、現存するウルシ林の遺伝的多様性は著しく低い可能性も考えられました。

そこで、私たちは全国の漆の主要産地7箇所にある比較的大きな9つのウルシ林の遺伝的多様性を調べました(図7)。その結果、岩手県二戸市浄法寺町のウルシ林(以下、浄法寺集団)は高い遺伝的多様性を維持していることが明らかとなりました。青森県弘前市のウルシ林(以下、弘前集団)は、浄法寺集団とは遺伝的に異なっていましたが、やはり高い遺伝的多様性を維持していました。山形県2箇所のウルシ林のうち、真室川町のウルシ林(以下、真室川集団)は浄法寺集団と、もう一つの大江町のウルシ林は弘前集団と遺伝的に類似していました(図8)。山梨県北杜市と石川県輪島市のウルシ林は、浄法寺集団や真室川集団と類似性が高く、浄法寺町を由来とする種苗が広範囲に導入されていると考えられました。

一方で、奈良県曽爾村のウルシ林(以下、曽爾集団、図8)は多数の個体がクローンで構成されているだけでなく、一部クローンではなかった個体でも遺伝的にはクローン個体と極めて類似しており、兄弟間交配などによる近親交配が進んでいることが分かりました(図8)。

本研究の結果から、日本のウルシ林は、品種改良を行うのに必要な遺伝的多様性を備えていることが分かりました。



図7. 調査したウルシ林

(渡辺ほか (2019) 日林誌101:298-304の図を一部改変)

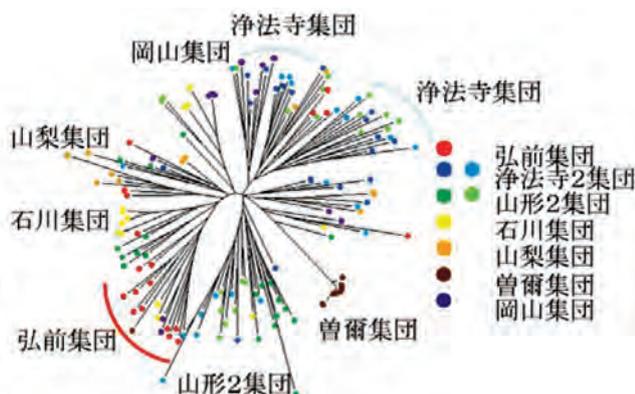


図8. 全国9ウルシ林を対象とした遺伝的な関係図

図はウルシ個体間の遺伝的な類似性を表しています。赤は弘前のウルシ林からの個体であり、1つにまとまっているが、このまとまりには岡山(紫)や石川(黄)の個体も入っており、これらの個体は弘前から岡山か、石川に種苗を移動させた可能性を示しています。

## 漆生産量の多いウルシの選抜

漆生産量の多い個体は、幹が太く、葉が大きい。

国宝・重要文化財の修理に欠かせない国産漆（図9A）の増産は、我が国の伝統文化の継承に不可欠です。漆増産に向けて漆生産量の多い個体を選抜することは重要ですが、どのような個体において漆生産量が多くなるのかよく分かっていませんでした。そこで、茨城県のウルシ林で遺伝的組成や漆生産量の指標となる因子を解明するため、7林分におけるウルシ546個体のDNA調査を行い、胸高直径、樹高、葉（頂小葉）のサイズ及び漆生産量の指標とした漆滲出長（ウルシの幹に付けた傷から下方向に滲出した漆液の最大の垂下長）を調査し、それらの相関を解析しました。

その結果、7林分で10種類のクローンが見つかりました。これらクローン間で漆滲出長が異なり、胸高直径が大きいクローンの漆滲出長は、最も短いものに比べて約2～9倍も長いことが分かりました（図9B）。また、葉のサイズと漆滲出長の間にも高い相関が認められました（図10）。それらのうち、葉のサイズの方が胸高直径より漆滲出長と高い相関を示していました。ウルシは当年生から着葉するため、葉のサイズは胸高直径に比べ漆生産量の早期判定指標になる可能性が高いことも分かりました。



図9. A: ウルシの幹に傷を付けて採取された漆、B: 漆生産量が多いウルシ、漆が滲出し、長く垂れています。

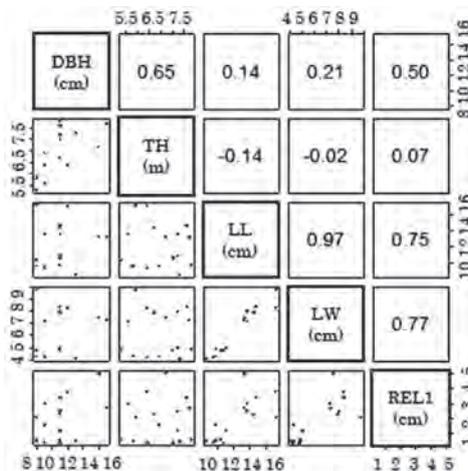


図10. 調査地における胸高直径、樹高、葉サイズ及び漆滲出長の関係。葉サイズと漆滲出長は高い相関を示しています。DBH: 胸高直径、TH: 樹高、LL: 葉長、LW: 葉幅、REL1: 漆滲出長

(田端ほか (2023) 日林104:254-261の図を一部改変)

## 分根苗の生産

分根苗は、漆生産量の多いウルシで作ります。

日本のウルシ林造成は、主に種子に由来する実生苗と根に由来する分根苗の植栽によって行われています。日本の漆生産量の約7割を占める岩手県では実生苗が使われている一方で、国産漆の約2割を生産する茨城県や京都府などでは分根苗が主に使用されています。

実生苗は、一度に多く生産でき、遺伝子もいろいろな組み合わせができるため、広い面積に病虫害に強い林を作るのに役立ちますが、個体間の漆生産量のバラツキが大きくなります。一方、分根苗は、実生苗に対し成長が早く、漆生産量の多い個体を効率的に増やすのに有効であるが、根の掘り取りに時間がかかり、増やせる数が限られます。また、遺伝的に同一になっていることから、一度病虫害が発生すると、瞬く間に林内に病虫害が拡大する危険性があります。

分根を採るために、漆を採取し終わったウルシ林から漆生産量の多い個体、すなわち、幹が太く、葉や漆滲出長が大きいウルシ<sup>(P.11)</sup>を母樹(図11A)として選抜し、テープなどで目印を付けます。

春(茨城県では3月中旬前後)に目印を付けたウルシの根を掘り取ります。採取する分根の大きさは、鉛筆サイズ(太さが1 cm前後、長さ15 cm、図11B)が適当です。

採取した分根は地面に垂直方向よりやや斜めに、30 cm間隔で挿し付けます。そして、地上の切口が隠れる程度に覆土します。なお、挿し付けた分根と土壌の間に空隙ができないように、軽く土をおさえることが重要です。

挿し付けた分根からは4週間程度で、新しい芽が伸長し秋までには山に植栽可能な苗木となります(図11C)。より優良な分根苗を育成するため、育成した分根苗の中から成長がよい苗木を選び、上記の手順で再度分根苗を育成します(図11D)。

茨城県で生産された分根苗由来のウルシ植栽地において、10年前後の木で漆を採取する場合があります、岩手県で生産された実生苗<sup>(P.13)</sup>由来のウルシ植栽地では通常15～20年生の木で漆を採取します。



図11. 分根苗の生産 (A: 幹が太く、漆滲出長が大きい母樹、B: 採取した分根、C: 挿し付けて成長した分根苗、D: 再度育成した分根苗)

## 実生苗生産のための発芽促進

実生苗の生産で種子の発芽促進には、濃硫酸処理と低温湿層処理の組合せが有効です。

ウルシの種子は、自然の状態では不透水性の果皮による「物理的休眠」と、発芽に低温などの刺激を必要とする「生理的休眠」の両方を行っているため、そのまま播種してもほとんど発芽しません。従来、「脱蟻処理」と呼ばれる短時間の濃硫酸処理やアルカリ処理、温湯浸漬などが行われてきましたが、十分な発芽率が得られていませんでした。

今回、実生苗の生産においてさまざまな休眠打破処理を試した結果、種子の発芽促進には、濃硫酸に90分以上浸漬して物理的休眠を打破した後に、4週間以上の低温湿層処理により生理的休眠を打破することが有効であることが分かりました（表1）。濃硫酸処理により不透水性の内果皮の細胞層の一部が溶解・消滅することで、種子のへそ（果柄につながっていた部位、図12：Bp）と、その反対側にある珠孔（発芽時に幼根が出現する部位、図12：Cm）から吸水が起きていました。

表1. 濃硫酸浸漬処理と低温湿層処理を行ったウルシ種子の発芽率

処理 <sup>1)</sup>	発芽率 (%) <sup>2)</sup>
濃硫酸浸漬-低温湿層	73.2±2.7 <sup>a</sup>
濃硫酸浸漬	0.8±1.0 <sup>b</sup>
低温湿層	0.4±0.9 <sup>b</sup>
無処理	0.0±0.0 <sup>b</sup>

1) 濃硫酸浸漬処理は90分行い、低温湿層処理は4℃、暗黒下で8週間行った  
 2) 平均±標準偏差。異なるアルファベットは、処理間で有意な差があることを示す (Steel-Dwass検定、 $p < 0.05$ )  
 (松尾ほか (2022) 日林誌 104:254-261 より転載)

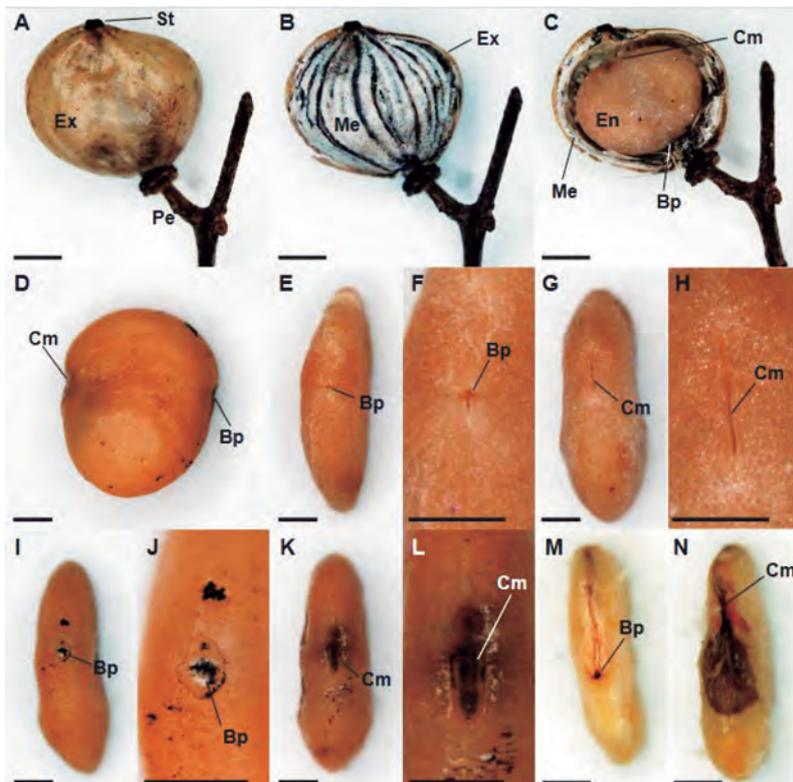


図12. 90分間の濃硫酸浸漬処理による内果皮の変化と処理後の吸水部位

- (A) ウルシの果実
- (B) 外果皮除去後の果実
- (C) 中果皮除去後の果実
- (D) 濃硫酸処理後の種子
- (E～H) 濃硫酸処理前の種子
- (I～L) 濃硫酸処理後の種子
- (M, N) 濃硫酸処理後に色素液を吸水させた種子 (BpとCmの周辺が染色されている)

Bp:へそ (果柄とつながっていた部位)、  
 Cm:珠孔 (発芽時に幼根が出現する部位)、  
 En:内果皮、Ex:外果皮、Me:中果皮、  
 Pe:果柄、St:花柱の痕跡。

スケールバーはA～Cが2mm、D～Nが1mm。

(松尾ほか (2022) 日林誌 104:254-261の図を一部改変)

## コンテナ苗の生産

施肥がコンテナ苗の成長を促進することが分かりました。

近年、スギやカラマツ等で造林用としてマルチキャビティコンテナやMスターコンテナなどを用いたコンテナ苗が育成されています。一方、ウルシでは、コンテナ苗の生産について詳しい報告がありませんでした。そこで、Mスターコンテナを用いてコンテナ苗を育成し、その成長を調査しました。

コンテナ苗の育成は以下のとおりに行いました。まず、ウルシ種子を濃硫酸処理<sup>(p.13)</sup>と低温湿層処理<sup>(p.13)</sup>を行った後、4月中旬にセルトレイへ播種し、発芽個体を6月上旬にMスターコンテナへ移植しました(図13A)。用土にはココピートオールドと鹿沼土を2:1で混合したものをしました。次に、用土の中にオスモコートエグザクト(緩効性固形肥料)を混入した後、7月中旬にハイポネックス(液肥)を施用した液肥施用区と、液肥を施用しない液肥無施用区を設け、落葉後の11月中旬に苗高及び根元直径を調査しました(図13B)。その結果、液肥施用区の平均苗高及び平均根元直径は液肥無施用区に比べて大きいことが分かりました。今後、継続して調査を行い、固形肥料や液肥の効果などを検証する必要があります。



図13. コンテナ苗 (A:6月上旬に移植した苗、B:施肥をして成長した苗)

## 組織培養技術を用いたウルシ苗木の作出

組織培養技術により、ウルシの未成熟胚からの植物体再生に初めて成功しました。

ウルシは個体によって漆生産量に大きな違いがあり、漆の安定的な供給には、漆生産量の多い母樹<sup>(P.11)</sup>の選抜と育種によるクローン苗木の生産が重要です。ウルシ苗木の育成には、主に実生苗<sup>(P.13)</sup>と分根苗<sup>(P.12)</sup>による方法があります。それに対して組織培養技術を用いた植物体再生法は、同一形質をもった苗木の大量生産が可能です。しかしながら、組織培養技術によるウルシの植物体再生に成功した報告はありませんでした。そこで、ウルシの植物体再生法の確立を目標として、培養条件の詳細な検討を行いました。

茨城県常陸大宮市ではウルシの開花日は5月下旬から6月上旬であり、2016年と2017年に数年生ウルシから未成熟果実を6月後半から8月初旬まで数回採取しました(図14A)。採取した果実は中性洗剤と流水で洗浄し、70% エタノールに浸漬した後、界面活性剤を添加した3% 次亜塩素酸ナトリウム水溶液中に20分間浸漬し滅菌を行いました。滅菌後、クリーンベンチ内で果実または種子をメスで切断して未成熟胚を取り出し、シャーレに入ったWoody Plant Medium (WPM) 培地上に植えつけました。基本培地としてWPM培地を用い、スクロースを20 g/L、グルタミンを500 mg/L、カゼインを1 g/Lの割合で培地に添加しました。pHは5.8に調整し、固化剤としてゲランガムを3 g/L用いました。植物ホルモンの添加は、オーキシンとして2, 4-Dを1  $\mu$ M、 $\alpha$ -ナフタレン酢酸 (NAA) またはインドール-3-酢酸 (IAA) を1  $\mu$ Mまたは5  $\mu$ M添加するという5条件と、植物ホルモン無添加の1条件を合わせた6条件を設定しました。また、フェノール類を吸着し褐変防止のために用いられるポリビニルピロリドン (PVP) を1 g/L添加または無添加の条件を設定しました。培養は25°C 暗条件下で行い、約1ヶ月ごとに未成熟胚を継代しました。誘導開始から7~9ヶ月後に植え付けた未成熟胚から不定胚の形成が認められた数を測定したところ、2016年の実験では未成熟胚900個体のうち50個体(6%)から、2017年の実験では未成熟胚825個体のうち33個体(4%)から直接不定胚が誘導されました。開花後4-6週に採取した未成熟胚から、最も多くの不定胚が誘導されました。さらに、PVP 1 g/LとNAA 1  $\mu$ Mを添加した条件から誘導された不定胚とPVP 1 g/LとIAA 5  $\mu$ Mを添加した条件から誘導された不定胚は、植物ホルモンを無添加とした培地で二次不定胚を多数形成しました(図14B)。形成された二次不定胚を取り外し、不定胚成熟培地に移し明条件で培養したところ、一部の二次不定胚から発芽と発根が認められ、植物体にまで成長しました。本葉が2~3枚展開した段階で植物体を土壌に移植し順化を行ったところ、25本中20本の植物体がさらに成長しました(図14C)。本研究の組織培養技術により、ウルシの未成熟胚からの植物体再生に初めて成功しました。今後、漆生産量が多い個体で組織培養を行い、クローン苗木を生産する必要があります。



図14. 組織培養によるウルシ未成熟胚からの植物体再生 (A:未成熟果実、スケールバー=4cm、B:不定胚から取り外した二次不定胚、スケールバー=2mm、C:土壌に移植後の植物体、スケールバー=2cm、写真提供:塚田健太郎氏)

## 植栽適地

ウルシは軟らかな表土が厚く、排水良好で乾燥しすぎない適潤な土地を好みます。

近年、国宝や重要文化財の修理のために、国産漆を増産する必要性が高まっています。それに加えて、遊休農地を有効活用するための選択肢としてウルシの植栽が増えています。しかし、ウルシを植えてみたものの、枝先が枯れる「梢端枯れ（しょうたんがれ、[図15A](#)）」が起きたり、木が枯死する事例が発生したりして、必ずしも生育が順調でない林もみられます。

良質で多量の漆を採取するためには植栽したウルシが健全に生育することが不可欠です。そのためには、ウルシの生育に適した場所（植栽適地）を選んでウルシ苗を植えることがとても重要です。これまでの研究などによって植栽適地の土壌条件として、以下のことが分かっていました。

- (1) 土壌中に滞水（水が停滞）せず、排水や通気が良好である
- (2) 土壌は適度な保水性を有し、乾燥し過ぎない
- (3) 軟らかな表土が厚い

私たちの調査においてウルシの生育が良好な場所では、軟らかな土層が厚く、通気性や排水性に関わる土の孔隙が多く、保肥力（養分を保持する能力）が高い土壌であり、土層の深くまで根が伸びていました（[図15B](#)）。一方で、ウルシの生育が不良な場所では、地下水位が高く、極めて過湿な土層や、非常に堅く締まった土層がごく浅い深さにみられ、根が支障なく伸びることができる土層（有効土層）が薄いことが明らかとなりました。このような土壌は、水田からウルシ林への転換地や斜面上部から水が集中して滞水しやすい斜面下部の平坦な場所で見られる（[図15C](#)）ことが多いため、過去の土地利用履歴や周囲の地形などに留意しながら植栽適地を選び、ウルシ林の造成を行うことが肝要です。

その他、新しい植栽地を決める際に重要な点は、日当たりのよい場所（[P.6](#)）を選ぶことです。植栽予定地周辺に他樹種の木が植栽されている場合は、できるだけその木を伐採し、植栽するウルシ苗に十分に陽が当たるよう、注意を払う必要があります。



図15. 植栽適地（A:梢端枯れがみられたウルシ、B:生育良好地、有効土層（点線）が厚く、土壌の深部までウルシの根が伸びている様子が確認できます、C:生育不良地、堅く締まり、排水不良な土層がごく浅い深さにみられ、有効土層（点線）が薄いことが確認できます）

## 植栽時期、施肥、植栽本数及び植栽方法

ウルシの植栽本数は、1 ha当たり800～1,200本が合理的です。

一般的に植栽時期は、東日本で芽が出る前の3月中旬～下旬です。まれに秋に植栽することもあります。その時期は11月上旬～下旬で植え付けるようにします。

施肥は、植栽する場所が以前に耕作されていたかどうかにより異なります。耕作されていなかった場合には植栽前に完熟たい肥と苦土石灰をまいて耕作し、苗を植え付けた後の6～7月にウルシ苗1本あたり化成肥料と油かすをそれぞれ50 gずつ苗の周辺に追肥します。一方、耕作されていた場合には完熟たい肥と苦土石灰は施用せず、化成肥料と油かすだけをまきます。ウルシを植栽して2～3年まで、化成肥料と油かすを連用します。なお、植栽後に苗木の成長を促す目的で地表に未熟たい肥を散布した際に苗木が枯れる事例が報告されたので、未熟たい肥の施用には留意することが重要です。

ウルシは陽樹のため、植栽地において植栽木が成長するにつれて光の取り合い競争が行われます。そのため、植栽木間の成長を阻害しないように適正な本数密度で管理することがウルシ林の造成では大事です。平均胸高直径と適正な本数密度の関係は図16のようになると考えられます。この図の曲線より左下側領域（灰色斜線領域）の平均胸高直径と適正な本数密度の関係でウルシ林を管理することが重要です。一方、我々が青森・岩手・新潟・茨城県4県のウルシ植栽地において調査を行った結果、成長が良好な林分において胸高直径10cm時の立木本数が1,022～1,267本/haになっていることが明らかになりました。図16と調査の結果から、ウルシを植栽する場合800～1,200本/haが合理的と考えられます。今後、さらに本数密度や漆生産量などを調査し、適正な本数密度と漆生産量の関係を明らかにする必要があります。

植栽本数を1 ha当たり800～1,200本にする場合、ウルシ苗を植え付ける間隔は2.9～3.6 mとします。苗の植え付けは約30 cmの深さに土を掘り、まっすぐに苗を置きます。その後、土をかぶせ、土を軽く足で踏みながら一周し、その上に軽く土をかぶせます。

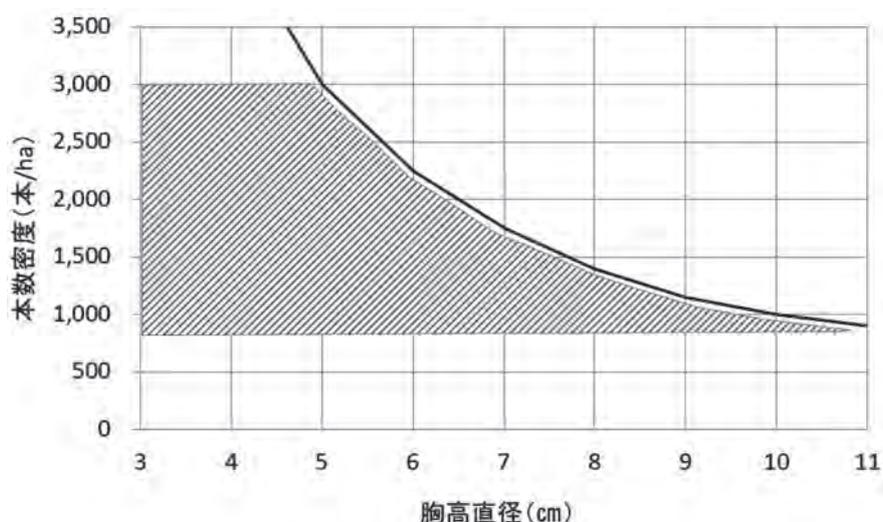


図16. 胸高直径と本数密度の関係

## 保育管理（下刈り、つる切り、ササ類の除去）

ウルシ林の造成には下刈りやつる切りなどの保育作業が重要です。

下刈り作業（[図17A](#)）は、植栽木が周囲の雑草類から被圧されなくなるまで、4～5年間必要です。実施回数は植栽地の状況により年3回程度の下刈りや根元の坪刈りなどを行います。また、植栽本数を1,000本/haとした場合、雑草類の被圧域から脱した後も樹冠が閉鎖するまで9年間位はかかることから、6年目以降もつる被害や穿孔性害虫を回避するため、根元周辺の刈り払いを毎年1～2回実施することが重要です。

つる植物（ミツバアケビ、クズ、フジ、イワガラミなど、[図17B, C](#)）は、通常下刈り作業を実施している場合は繁茂することはほとんどありませんが、下刈り作業を4～5年間で取りやめた時には、その後1年に1度程度ウルシ林を見回り、つる植物を除去する必要があります。つる植物の被害は、陽光遮断が原因の光合成阻害による成長阻害や、幹への巻き付きによる雪折れの原因となります。つる被害の対策として、つる植物が大きくなる前に根ごとに引き抜くことが重要です。

ササ類（[図17D](#)）がウルシ林に成育している場合、ウルシの生存率を低下させることから、ササ類が密生している場所には植栽しないか、除去作業後に植栽することが重要です。

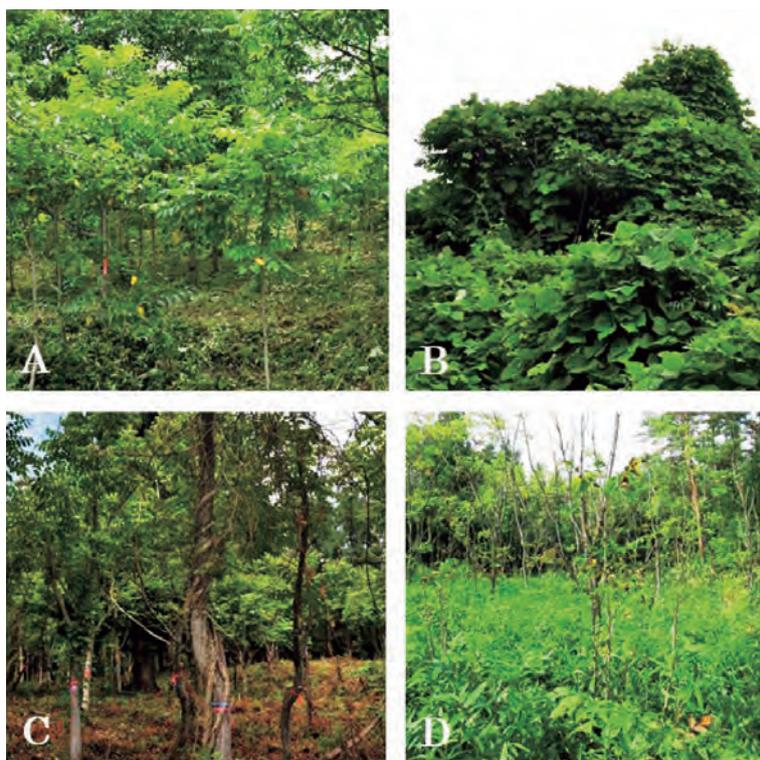


図17. 保育管理（A:下刈りをしたウルシ若齢林、B:つる植物のクズに覆われたウルシは成長の阻害がみられます、C:つる植物のイワガラミがウルシの幹に巻き付き、漆滲出を阻害します、D:ササ類の繁茂によって、ウルシの生存率を低下させます）

## 萌芽更新

伐採したウルシ林は、萌芽更新によって効率的に再生させることができます。

ウルシは、広葉樹の中でも旺盛な幹萌芽（みきぼうが）と根萌芽（こんぼうが、写真1）を発生させる樹種です。幹が伐採されると、伐り株の中や地中の比較的浅いところで水平に伸びた根の中に元々潜伏していた芽が刺激を受けて、伐り株や根から萌芽枝（ぼうがし）が発生します。そのため、漆掻きが終わったウルシを伐採した後、発生させた萌芽枝を育成すれば、ウルシ林を再生できます。

萌芽枝は、10,000本/ha以上林地に満遍なく発生し、初年度に50 cm以上伸び、成長の早いところでは10年で樹高が6 mに、また胸高直径は9 cmに達する（図18, 19, 写真2）ことから、ウルシ苗を植栽した場合に比べて3～5年は早く漆掻きが可能なウルシ林を育成できます。萌芽枝をうまく育てるポイントは、①地拵え時は萌芽枝の発生が見込まれる場所に伐採した幹や枝葉を積み残さないこと、②ウルシは下草に被圧されやすいことから、数年は下刈りを続け、特に初年度は萌芽発生直前（5月下旬～6月上旬）に全面刈り払って発生を促すこと、③ウルシをより早く育成するために密度調整を行い、なるべく根元の太いしっかりした萌芽枝を残すようにすることです。萌芽初期に3,000本/haに調整し、その後、胴枯病（P.24）などを考慮し状況を見ながら1,600本/haに仕立てます。



写真1. 萌芽発生2年後 (3,000本/ha)



写真2. 萌芽発生10年後 (1,600本/ha)

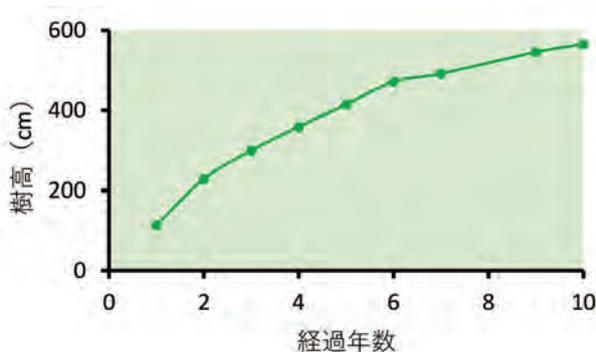


図18. 条件のよい場所での萌芽枝の樹高の成長

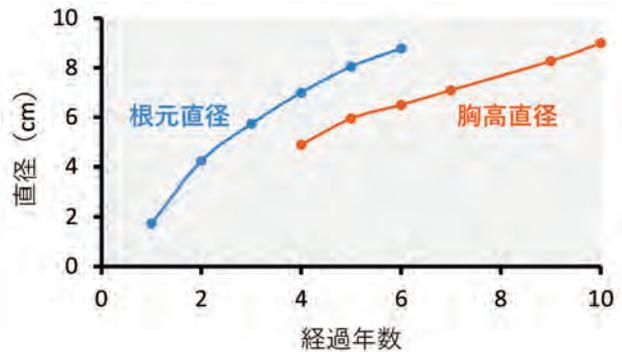


図19. 条件のよい場所での萌芽枝の根元・胸高直径の成長

## 高効率なウルシ林の造成に向けて

高効率なウルシ林の造成には品種改良と優良なクローンの利用をバランスよく行うことが重要です。

漆生産量の多い優良なクローンの利用は産業上非常に重要です。違う個体でも同じクローンであれば基本的に採取できる漆生産量や漆の品質は同じです。クローンを活用する利点は予測される品質の漆を安定して収穫できることであり、あまり品質のよくない漆が採取される個体や漆生産量が少ない個体のクローンによる将来的な利用は避ける必要があります。

漆生産量を増やすことや品質を向上させるためには品種改良が必要となります。品種改良は場合によっては数十年の時間が必要になる場合がありますが、きちんとした目標を立てることで確実に量や質を向上させることができます。漆生産量を増加させる品種改良は「漆生産量の多いウルシ<sup>(P.11)</sup>」の項目で述べられている葉のサイズが大きな個体から種子を採取し、実生苗によるウルシ林を造成することが最初に行うこととなります。一定期間育成後、葉のサイズを比較して小さい個体から種子を採取することを避け、葉の大きな個体から採取した種子から苗木を作ります。これを繰り返すことで林分全体の漆生産量は次第に増加します。兄弟姉妹で性質が異なるように、葉のサイズが大きな個体から種子を採取しても個体の漆生産量が親個体より増えない個体もあります。ただ、平均すると漆生産量は上がると予想されます。この方法で最も難しいことは記憶の維持です。この方法は確実に収穫量増加に貢献しますが、時間は必要となります。場合によっては、10年前の記憶に頼らざるを得ないこととなります。残念ながらそれは難しいため、記憶ではなく、記録に頼ることとなります。ラベルを貼付することも有効です。ただし、時間と共にラベルは色褪せ、記録は紛失することがあるかもしれないので、個人で行うのではなく、漆生産に携わる方々が協力して組織的に対応することが最も重要となります。品種改良と優良なクローンの利用をバランスよく行うことが重要です(図20)。

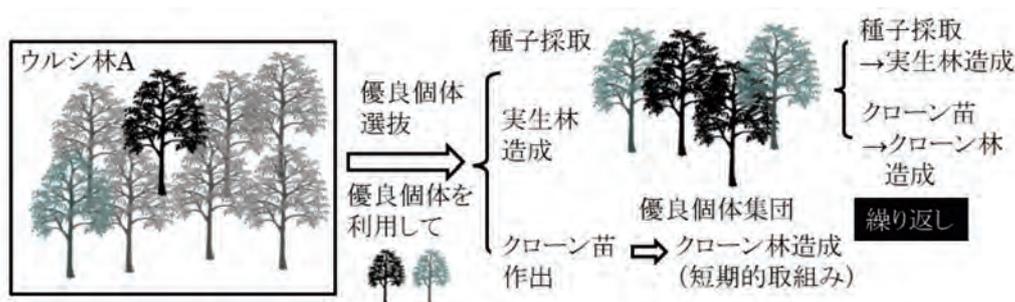


図20. 高効率なウルシ林の造成に向けた作業図

ウルシ実生林から漆生産量が多いと推定される幹が太く、葉の大きな個体を優良個体候補として選抜し、種子を採取します。得られた種子を利用してウルシ苗を作成し、新たなウルシ林を造成すれば、元のウルシ林よりも漆生産量が多くなると期待されます。一方、分根を利用してクローン苗を作成し、クローン苗を利用してウルシ林を造林すれば、短期的に漆生産量を向上できます。これらはバランスよく計画的に造成すべきです。

## ウルシ林経営の収益性

ウルシ林経営の収益性向上には、下刈りの省力化が重要です。

近年、国宝や重要文化財の修理のために、国産漆を増産する必要性が高まっています。それに対し、ウルシ生産者は今後、ウルシの収益性についてどのように対応すべきか検討する必要がありますが、これまでほとんど検討されていませんでした。そこで、ウルシ植栽の可否に影響するウルシ生産者の収益性について検討しました。

まず、植栽して15年で漆掻きをするための支出については、1 haに1,200本を植栽し、下刈りつつる切り（以下、下刈り）に要する日数を7日として、1～7年までの下刈りを年間1回と3回の実施、8～15年まで2年に1回と1年に1回で実施しました。さらに、ウルシ生産者がその下刈りを自ら行う自家労働として計算しました。

次に、15年で漆掻きをした収入は、15年後の漆採取時に植栽本数の2割が減少したと想定し、ウルシ1本の販売収入単価を2千円として計算しました。

その結果、下刈りが1～7年まで年間1回、8～15年まで2年に1回で、下刈り回数が少ない場合、収益は約118万円でした（表2）。一方、下刈りが1～7年まで年間3回、8～15年まで1年に1回で下刈り回数が多い場合、収益は約18万円でした（表2）。このことから、下刈り回数の多寡が収益に影響するため、ウルシ生産者が費用軽減に取り組む場合、下刈りの省力化が重要であると考えられます。

ただし、上記の試算には下刈り補助を受ける場合や、下刈りの作業員を雇用（以下、雇用労働）して行う場合は除いていますので、今後、下刈り補助や雇用労働の有無を含め、収益性を検討する必要があります。

表2. ウルシ林経営の収益

	時期	作業	作業回数が少ない場合		作業回数が多い場合		備考
			回数	費用 (円)	回数	費用 (円)	
費用	1年目	苗木	1	114,000	1	114,000	1,200本、190円
		植栽	1	55,587	1	55,587	1回あたり7人・日
		下刈り	1	62,587	3	187,761	1回あたり7人・日
	2～7年目	下刈り	6	375,522	18	1,126,566	1回あたり7人・日
	8～15年目	下刈り	4	127,056	8	254,112	1回あたり4人・日
		合計		734,752		1,738,026	
収入	15年目	立木代		1,920,000		1,920,000	
差額 (収益)				1,185,248		181,974	

林 (2019) 日林誌101 : 328-336の図を一部改変

## 病害（疫病）

樹木疫病菌がウルシ林の衰退に大きく関わっていました。

近年、日本各地に植栽されているウルシ林の多くの場所で、枝枯れ、葉の萎凋、枯死などの衰退が見られるようになってきました（図21A, B）。これまでの調査から、こうした衰退が発生している多くの場所で、ウルシ林の土壌から樹木疫病菌の一種、ファイトフトラ・シンナモミ (*Phytophthora cinnamomic*) が検出されることが分かりました（図21C）。本種は世界的に有名な樹木病害であり、約5,000種以上の植物に寄生し枯死被害を引き起こす種類です。通常このグループの病原菌は、鞭毛を持つ遊走子という胞子を形成するための遊走子のうと呼ばれる器官を形成します（図21D）。この種は、ファイトフトラ (*Phytophthora*) 属の中でも特に厚膜胞子を豊富に形成し（図21E）、土壌伝染することが知られています。また、異なる交配型の株同士を掛け合わせることで、有性胞子として知られる卵胞子を形成する器官（造卵器、図21F）を形成します。さらに、本種は乾燥しなければ、土壌中で5～10年以上生存できるといわれています。このように厄介な樹木疫病菌が多くのウルシ林の土壌から検出されました。

今回検出したファイトフトラ・シンナモミを小麦種子で培養した後、土壌に混和して汚染土壌を作成し、ウルシ苗を育成しているポットに汚染土壌を移植する方法で接種試験を行いました。その結果、接種した全ての個体が3か月以内に衰退、枯死に至りました（図21G）。

本病害の防除には薬剤が有効とされていますが、ウルシでは有効な農薬が登録されていません。従って現時点では対処療法として、疫病の防除で一般的に行われているように、1) 畝を作り、水はけをよくする、2) 汚染地にウルシを植栽しない等の対策しかとれないのが現状です。現在、有効な農薬登録に向けた取り組みを進めるとともに様々な防除手法を検討しています。

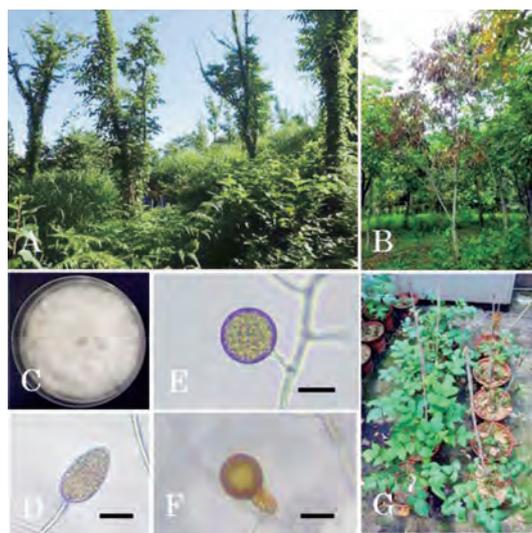


図21. 疫病 (A. 衰退したウルシ林、B. 疫病菌による枯死木、C. 疫病菌の菌叢、D. 遊走子のう、E. 厚膜胞子、F. 造卵器、G. 接種による病徴の再現、右列のみ疫病菌を土壌混和、スケールバー=20μm)

## 病害（白紋羽病）

ウルシは土壌伝染性の白紋羽病菌に感染すると、枯死することがあります。

白紋羽病の病原菌ロセリニア・ネカトリスク (*Rosellinia necatrix*) は、温帯を中心に国内外に広く分布し、子囊菌門 (Ascomycota) フンタマカビ綱 (Sordariomycetes) クロサイワイタケ目 (Xylariales) に属します。白紋羽病菌はキク、スイセン、リンゴ、ナシなど様々な草本・木本植物に対して病原性を示す多犯性の菌です。本病のウルシ科の宿主について、マンゴー、ハゼノキ、ヤマウルシ、ウルシにロセリニア・ネカトリスクが白紋羽病を引き起こすとする報告があります。

白紋羽病菌は、子座、子のう胞子、分生子柄束及び分生子を形成します。子座はやや突出した球形～垂球形、子のう胞子は黒褐色、やや湾曲した長紡錘形、分生子柄束は黒色の菌糸層上に散生し、その上部に膝折状で孢子分離痕が顕著な分生子形成細胞を形成しています。分生子はシンポジオ型に形成され、無色、楕円形です。培養菌糸は無色、隔壁近傍に洋梨上の膨らみがみられます。

白紋羽病菌は、菌糸によって宿主の根表面に侵入した後 (図22A)、形成層に到達すると扇状を呈した菌糸束 (扇状菌糸束、図22B) を伸展させ、根を腐敗させます。その後、根が侵された罹病木は6月中旬～8月上旬に葉が黄化 (図22C) 萎凋し、枯死します (図22D)。本菌は根系接触によって隣接木に拡がり、集団枯死を起こすことがあります。

罹病根は丁寧に除去し、処分することが肝要です。また、ウルシ林に混在する植物が白紋羽病菌の潜在的な感染源になり、本病の蔓延を助長していることがあるので、白紋羽病が拡がっているウルシ林では、草本・木本植物の適切な除去も必要です。発病跡地に再びウルシを植える場合には、罹病根、罹病植物の残渣及び深さ30 cm程度土を除去し、透明ビニールマルチで植栽地を覆い土壌消毒を行った後、未汚染土を植栽地に入れ、苗植栽後に植栽木に防除薬剤フロンサイドSCを散布します。



図22. 白紋羽病 (A:罹病木地際部の樹皮上にみられた白色の菌糸、B:罹病木樹皮内に形成された扇状菌糸束、C:罹病木の葉の黄化、D:罹病木の萎凋枯死)

## 病害（胴枯病）

萌芽木や若齢木のシュート及び枝を枯死する病気に胴枯病があります。

枝や幹に発生する病気を胴・枝枯性病害といい、農作物にみられない樹木特有の病気です。胴・枝枯性病害の多くは子囊菌門（Ascomycota）フンタマカビ綱（Sordariomycetes）ディアポルテ目（Diaporthales）に属する菌類によって起こります。胴・枝枯性病害には、病幹部が永年性癌腫（えいねんせいがんしゅ）となって進展する場合と、病斑が進展して枝や幹を巻き枯らす場合があります。私たちは岩手県や北海道などのウルシ萌芽木や若齢木のシュートや枝を枯死する胴枯性病害（[図23A](#)）の病原菌や病原性を明らかにし、ディアポルテ・トキシコデンドリイ（*Diaporthe toxico-dendri*）によるウルシ胴枯病（どうがれびょう）と命名しました。

胴枯病菌の分生子殻は、展葉する5月上旬～6月上旬に萌芽木の幹樹皮上で形成され（[図23B](#)）、淡黄色の分生子塊が5月中旬～6月中旬に萌芽木の幹樹皮上でみられます。分生子殻が形成された萌芽木では5月中旬～6月下旬に枯死、再萌芽、癌腫、再萌芽・癌腫のいずれかの症状が確認されます。病原菌は分生子殻の形態を有し、その分生子殻は類球形、レンズ形から扁円形、200 $\mu$ m以下の頸部を有しています。分生子形成細胞は、無色から淡褐色、円筒形で、分生子は無色、単細胞、平滑、橢円形～長橢円形、8.5-13 $\times$ 2.5-4 $\mu$ m（[図23C](#)）です。

ウルシ胴枯病菌の生態などが十分に解明されていないので、薬剤などによる防除は難しいと考えられます。しかしながら、萌芽林での密度管理に関連し、本数密度あたりの漆生産量を増やすためには、胴枯病の発生時期に癌腫の症状がみられた罹病木を除去し、萌芽木の密度調整を行う<sup>(P.19)</sup>ことが望ましいと考えられます。

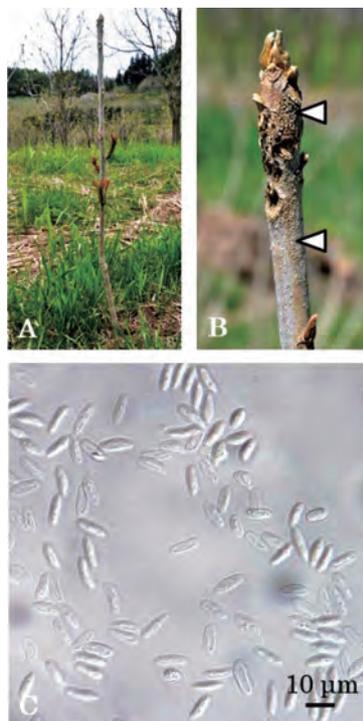


図23. 胴枯病（A:萌芽枝の梢端部が枯死したウルシ、B:枯死した萌芽枝梢端部でみられた胴枯病菌の分生子殻（矢頭）、C:分生子）

## 病害（うどんこ病）

実生苗の生産を阻害する病気にうどんこ病があります。

近年、国産漆の需要の高まりとともに、ウルシ林の育成や管理が喫緊の課題となっていますが、それらの阻害要因として様々な病害がウルシ林で報告されています。これまでにウルシの重要病害として、疫病、白紋羽病、胴枯病が報告されていますが、最近、二戸市のウルシ林などにおいて葉や果実がうどんこ病の発生が確認されました（図24A, B）。本病は主要なウルシ林で発生しており、激害地では果実の全てがうどんこ病菌の菌糸で覆われていました。こうした症状は岩手県以外のウルシ林でも確認されており、実生苗<sup>(P.13)</sup>生産の潜在的脅威と成りえる可能性があります。

ウルシの葉に寄生するうどんこ病菌については、既に報告があるものの、果実上のうどんこ病菌については報告されておらず、その病原菌や被害実態は不明でした。そこで、形態観察及びrDNAのITS領域と28S領域の塩基配列による分子同定を行った結果、果実上のうどんこ病菌は、エリシフェ・ベルニシフェラエ (*Erysiphe verniciferae*, 図24C) であることが分かりました。本菌はウルシの葉に寄生することが知られていましたが、実態調査の結果、果実にも感染することが明らかになりました。また、うどんこ病罹病果実の種子形成率を調査した結果、健全果実と比較して罹病果実では種子が壊死（図24D）、またはシイナ（中身がカラの種）である割合が高いことが明らかになりました。これは健全な種子の生産がうどんこ病の感染果実で阻害されることを示唆しており、本病が実生苗の生産にとって、重要な病原菌と成りえると推察されました。

現在、ウルシ植栽地において実生苗の不足が問題になっていることから、実生苗生産のため、本病原菌の伝播様式や防除法を明らかにすることが必要です。

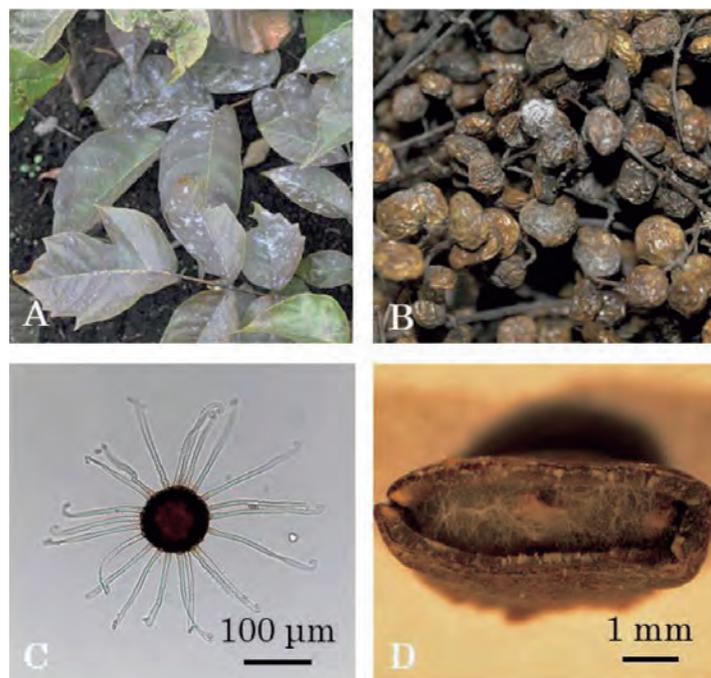


図24. うどんこ病(A:罹病した葉、B:罹病した成熟果実、C:うどんこ病菌の子嚢殻、D:壊死した種子)

## 虫害（ハゼアブラムシ、キジラミ類、クスサン）

虫害を起こす昆虫に、シュートを吸汁して葉の変色や枯死を起こすハゼアブラムシ、キジラミ類と、葉を食べてウルシの成長を阻害するクスサンがあります。

ウルシ苗を育て、ウルシ林を造成していく中でハゼアブラムシ（[図25A, B](#)）やキジラミ類（[図25C, D](#)）による被害があります。ハゼアブラムシは、6月にウルシ苗や若齢木のシュートを吸汁し、葉の変色や枯死を起こす被害がみられ、ウルシの他に、ハゼノキ、ヌルデ、トベラなどのシュートに多発することが知られています。一方、ウルシの葉の変色や枯死を起こすキジラミ類は、種が不明なので種の同定が必要です。これら害虫の防除は、低密度時に殺虫剤のスミチオンを複数回散布するのが効果的です。

ウルシ林を造成していく際に問題になる虫害には、葉を食べてウルシの成長を阻害するクスサン（[図25E, F](#)）があります。クスサンは、クリの他に、クスノキ、クヌギ、イチョウなど各種落葉樹を食害する害虫です。本種は、低密度の幼虫期に殺虫剤のスミチオンを複数回散布して防除します。

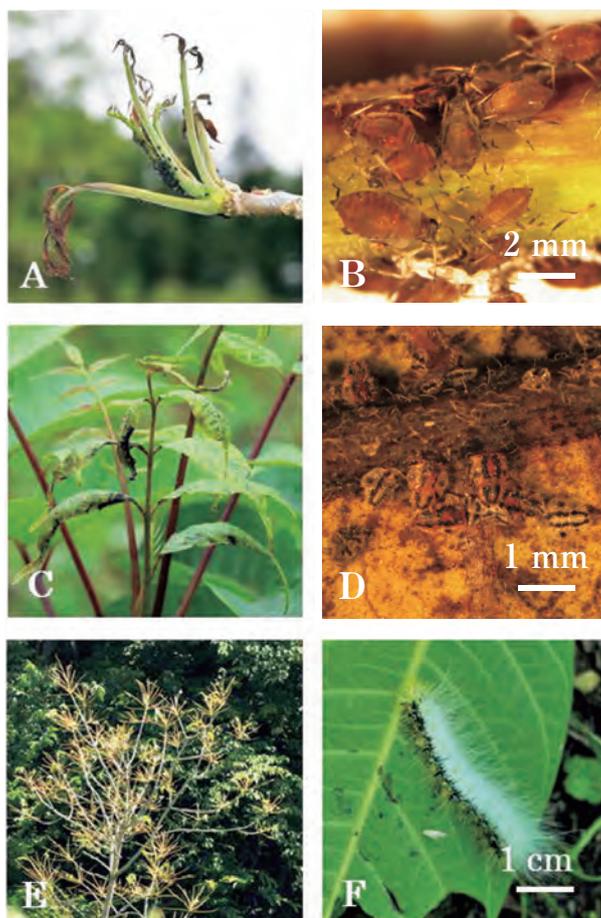


図25. 虫害（A:ハゼアブラムシによるシュートの吸汁被害、B:ハゼアブラムシの成虫、C:キジラミ類による葉の褐変枯死、D:キジラミ類の幼虫、E:クスサンによる葉の食害、F:クスサンの終齢幼虫）

## 獣害（ニホンジカとニホンザル）

ニホンジカやニホンザルにより、ウルシは新芽、枝葉、樹皮が被食される被害を受けます。

ニホンジカによるウルシの被害は、幼齢木における新芽、枝葉の食害（図26A）と、壮齢木における剥皮害があります（図26B）。枝葉等が食害を受けると樹勢が衰え、また剥皮害を受けると材の変色や腐朽が発生し、さらに繰り返し被害を受けると枯死する場合があります。ニホンジカによる被害が見られる地域では、植栽地をネット柵で囲ったり（図26C）、単木的に金網等で保護したり等、物理的な防護によって被害を防いでいます。ただし、金網等を巻くことによるウルシの被害防除については、効果の検証や費用対効果を検討する必要があります。

ニホンザルによるウルシの被害は新芽の食害が主ですが、若い木に登って倒し、枝を折る行動（図26D）も見られます。サルの群れが生息している地域では、群れの行動を把握している自治体に相談して加害する群れを特定し、頻繁な追い払いや加害行動を率いているサル個体の駆除などの対策が必要となります。

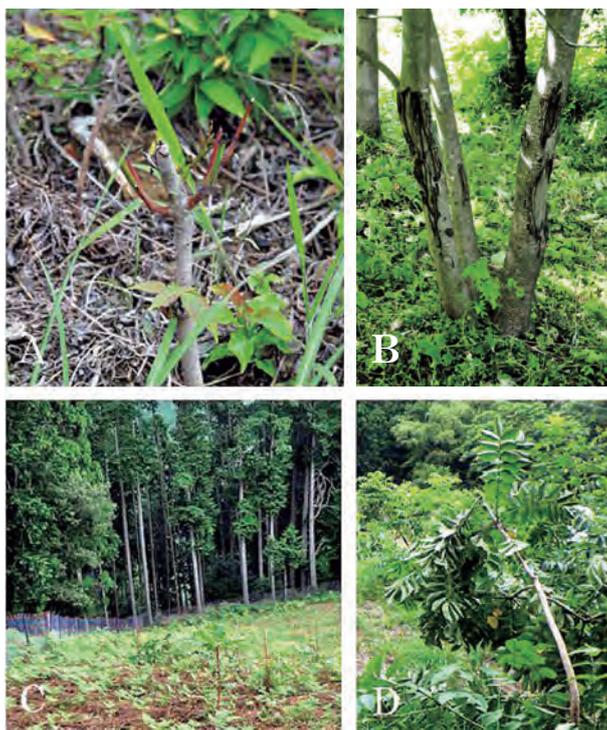


図26. 獣害（A. ニホンジカによる幼齢木の食害、B. ニホンジカによる壮齢木の剥被害、C. 柵による防護、D. ニホンザルによる被害、写真提供：静岡市塚本大海氏）

## 採取した漆の特性

漆は、採取した時期により特性が異なります。

6月中旬から9月下旬までに傷を付けて漆を採ることを「辺搔き（へんがき）」といいます。辺搔きで6月中旬から7月中旬までに傷付けた、二辺から七辺前後までを「初辺（はつへん）」といい、初辺までの漆を「初辺漆（図27A）」といいます。初辺漆は、水分が多いこと、山吹色を濃くした色であること、臭いを嗅いだ時に酸味のある香りがすること、硬化が速いことが特徴です。その後、7月下旬から8月下旬の夏に傷付けた、八辺から十五辺前後までを「盛辺（さかりへん）」といい、盛辺までの漆を「盛辺漆（図27B）」といいます。盛辺漆は、山吹色をしていること、艶がよいこと、ほのかに甘い香りがします。その後、9月上旬から下旬に傷付けた、十六辺から二十辺前後までを「末辺（すえへん）（遅辺、おそへん）」といい、末辺（遅辺）までの漆を「末辺（遅辺）漆（図27C）」といいます。末辺（遅辺）漆は、盛辺漆に比べ白っぽいこと、粘りが強くなること、香りの甘みが盛辺漆より強くなるのが特徴です。

辺搔きが終わって約10日後に、傷を付けて漆を採ることを「裏目搔き（うらめがき）」といいます。裏目搔きでは、辺搔きの最終辺の上部と目立ての辺の下に、直径の1/2から1/3の傷を付けたり、これまで傷を付けなかった幹上に、はしごを使って木の周囲を一回りするよう傷をつけて漆を採取します。裏目搔きで採れた漆は、「裏目漆」といい、裏目漆は、末辺（遅辺）漆よりも白っぽく、粘性の強い特徴を持つといわれています。裏目搔きが終わって10日以上空けた後に行われる、「留め搔き（とめがき）」は、漆搔きの中でも木へ最後に傷を付ける作業で、11月上旬から下旬にかけて行なわれます。留め搔きは、これまでに付けた傷と傷（辺搔きと裏目搔き）の間の空いた所に付けます。留め搔きで採れた漆を「留漆（とめうるし）」といい、その特徴は、裏目漆よりさらに白っぽく、粘性が高いといわれています。

漆は、一種の複合材料であり、ウルシオール、ゴム質(多糖)、含窒素物(糖タンパク質)、ラッカーゼ及び水の成分で構成されています。漆には、ウルシオールが60～75%、ゴム質が4～7%、含窒素物が1～3%、水が20～30%含まれているが、採取した場所や時期、採取者、採取木などによってその成分比は異なります。



図27. 採取した漆 (A:初辺漆、B:盛辺漆、C:末辺漆)

## 漆の硬化に関わるラッカーゼ

漆の硬化に不可欠な酵素（ラッカーゼ）が、複数存在することが分かってきました。

ラッカーゼは、フェノール類を酸化する能力を持つ酸化酵素（フェノールオキシダーゼ）の一種で、植物ではリグニンの高分子化や傷害修復、菌類（白色腐朽菌）ではリグニンの分解、昆虫（幼虫）では傷害修復に関与すると考えられています。ウルシの幹に傷をつけて採取される漆にもラッカーゼが含まれており、漆の硬化に重要な役割を果たしています。しかし、漆の硬化に関与するラッカーゼに関する情報はほとんどありませんでした。そこで、私たちは採取された漆液から漆の硬化に関わると考えられるラッカーゼアイソザイムの分析を試みました。まず、漆液中のタンパク質を沈殿させるために、アセトン沈殿法を用いてタンパク質を沈殿させました。得られた沈殿物を水に溶解した後、再びアセトン沈殿法により粗精製を行い、再び沈殿物を水に溶解して、硫酸アンモニウムを用いた硫酸沈殿法により青色の粗酵素を調製しました。得られた粗酵素の等電点電気泳動分析ザイモグラムを調べた結果、フェノールオキシダーゼ（ラッカーゼ）の活性染色図（[図28b](#)）から中性から塩基性領域（pI: 7.35-9.30）に5種のラッカーゼが、酸性領域（pI: 3.50-4.25）に3種のラッカーゼが確認され、この中のいずれかが漆の硬化に関与するラッカーゼであることが分かりました。今後、これらのラッカーゼの種類と機能を明らかにする必要があります。

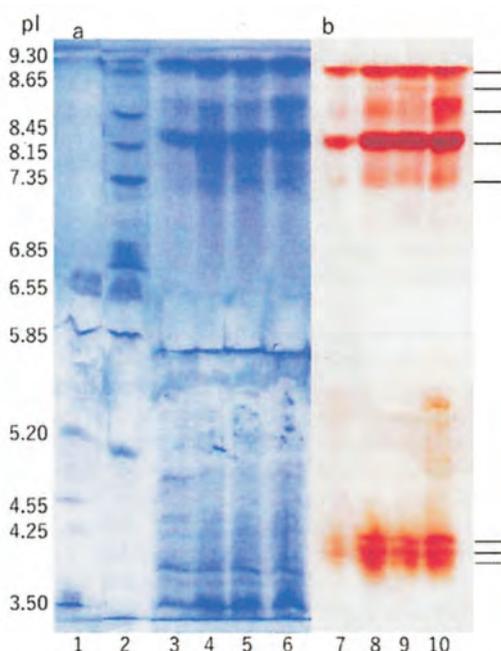


図28. 等電点電気泳動ザイモグラム (a:全タンパク質の染色泳動図、b:フェノールオキシダーゼの活性染色図、レーン1,2:pIマーカー、3,7:岩手産盛岡漆、4,8:岩手産初辺漆、5,9:長野産初辺漆、6,10:長野産盛岡漆)

## 未利用漆の利用

未利用漆は前処理、熱硬化塗装及び加飾の技術開発により、金属への塗装や加飾ができるようになりました。

国産漆は6～9月に採取される初辺漆<sup>(P.28)</sup>、盛辺漆<sup>(P.28)</sup>、末辺漆<sup>(P.28)</sup>が一般に利用されていますが、その他に10月以降に採取される裏目漆<sup>(P.28)</sup>、留漆<sup>(P.28)</sup>、切り株から採取される根漆、枝から採取される枝漆があり、国産漆の約3割を占めるといわれています。しかしながら、これらの漆には硬化成分であるウルシオールは含まれるが、初期硬化に必要な酵素のラッカーゼ<sup>(P.29)</sup>活性がほとんどなく、極めて硬化し難い欠点があることから、ほとんど利用されていません。これらの未利用漆を漆器や漆工芸品などに利用できれば国産漆の有効利用及び利用拡大につながりますが、有効な塗装技術がなく、これまで利用が困難な状況にありました。

私たちの研究によって、未利用漆は加熱による乾燥硬化特性は盛辺漆と同等であること、熱重合による硬化機構として、ウルシオール側鎖と芳香核及び側鎖同士の重合が起こり、硬化反応が進行することが分かりました(図29)。また、熱重合漆の塗装技術に関連し、塗装に向けた未利用漆の改質には混練り攪拌装置が有効なこと、鉄、ステンレス、アルミにおける熱重合反応性は一般に利用される盛辺漆と同等で、アルミではより密着性に優れた塗膜が得られることが分かりました。さらに、未利用漆の熱重合塗装に適した加飾技術を検討した結果、ベースとなる熱重合塗装と顔料添加の加飾用未利用漆の温度・時間条件を調整することで、密着性、光沢、硬度が良好な加飾が可能になりました。本研究で得られた成果を基に、未利用漆のステンレスへの塗装を行って試作品(置き時計、図30)を作製しました。

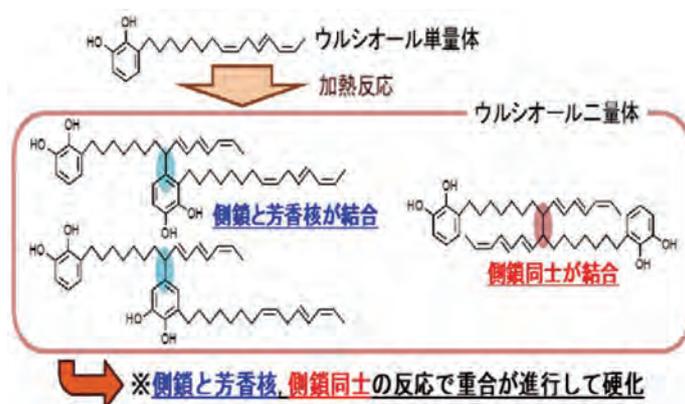


図29. 未利用漆の熱硬化機構

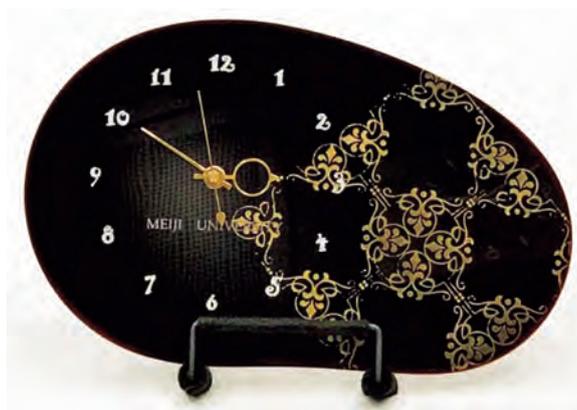


図30. 熱重合塗装漆を使って試作した置き時計

## ウルシ材の特性と利用

ウルシは漆の利用の他に、木材や木材成分を使うことができます。

ウルシ材は、耐湿・耐水性の点から水桶や馬桶などに、また材が軽いことから網浮木として利用されてきました。一方、加工において特段の問題はないことが示されていますが、太い丸太が得にくいことや伐採量が少ないことから、建材などへの利用は難しく、これらのことを考慮した用途が必要です。ウルシ材の大きな特徴として、心材部が鮮やかな黄色を呈していることが挙げられます（[図31A](#)）。黄色い材（[図31B](#)）であるという特徴を活かし、現在も僅かですが、ウルシ材は木工品や寄木細工、家具などに用いられています。

ウルシ心材の化学成分を調べると、ポリフェノール成分が5～7%含まれており、国産材としては比較的含有量が高いことが示されました。このポリフェノール成分には、フラボノイドであるフィセチンやスルフレチン（[図32](#)）などの黄色い色素成分が含まれており、これがウルシ心材の鮮やかな黄色の要因であることが分かりました。

ウルシ材を有効利用する試みとして、小規模ですがウルシ材を染料とした織布の染色「ウルシ染」が行われています。「ウルシ染」は、ウルシ心材には黄色いポリフェノール成分が含まれること、ポリフェノール成分には優れた染色性があることを活かした有効な利用法であり、現在は石川県の新谷茂氏によって「ウルシ染」の作品制作・販売が行われています（[図31C](#)）。新谷氏は様々な植物染料を用いている草木染の専門家であり、専門家の目から見ても、ウルシ材は植物染料として発色や耐光性が優れていると高く評価されています。ウルシ材による織布の染色に関しては、基本的な手順や繊維による染色性や発色の違いなどについて、「生活工芸双書 漆1, 2」で述べています。

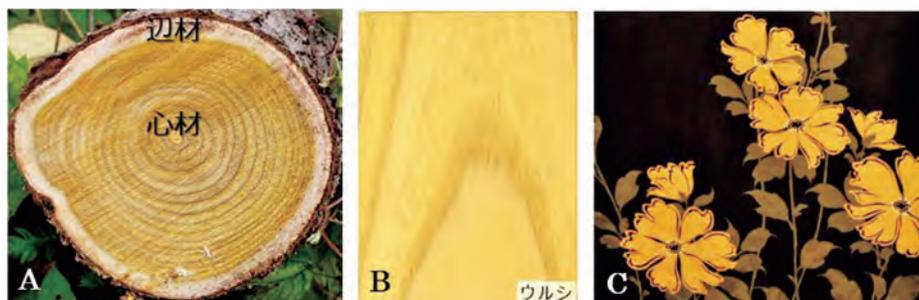


図31. 木材利用 (A:ウルシ材の横断面、B:ウルシ心材、C:ウルシ染)

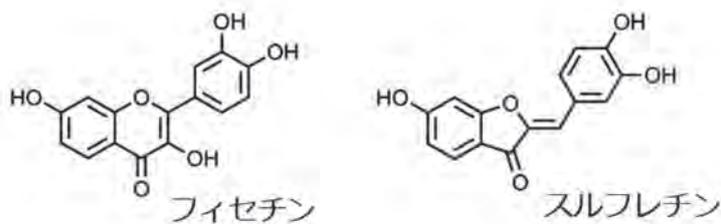


図32. ウルシ心材に含まれる黄色い色素成分（フラボノイド）

## 参考資料

### ウルシの特性と機能

- 福島和彦・船田良・杉山淳司・高部圭司・梅澤俊明・山本浩之 編 (2011) 木質の形成第2版:バイオマス科学への招待、593pp
- 船田良・保坂路人・山岸祐介・塚田健太郎・Md Hasnat Rahman・田端雅進・半智史 (2019) 漆生産量の異なるウルシにおける樹皮の組織構造の解剖学的研究. 日本森林学会誌 101:305-310.
- 船田良 (2021) 植物ホルモンを用いた傷害樹脂道の誘導による漆滲出量増加. 森林科学 93:18-20
- 室瀬和美・田端雅進監修 (2018) 生活工芸双書 漆1 農山漁村文化協会、141pp
- 田端雅進 (2012) 日本の伝統的な漆塗を支えるウルシ林の持続的管理. 森林技術 No.842, 22-23.
- 田端雅進 (2019) 漆分化の継承と発展を目指した国産漆の使用100%化に向けて. 日本森林学会誌 101:295-297.
- 田端雅進・橋田光監修 (2020) 漆2 農山漁村文化協会、125pp
- 田端雅進 (2013) 冊子「ウルシの健全な森を育て、良質な漆を生産する」森林総合研究所編, ISBN 978-4-905304-10-4

### ウルシの栽培 (育成と管理)

- Ando, Y., Masuya, H., Aikawa, T., Ichihara, Y., and Tabata, M. (2018) *Diaporthe toxicodendri* sp. nov., a causal fungus of the canker disease on *Toxicodendron vernicifluum* in Japan. *Mycosphere* 8 :1157-1167.
- 安藤裕萌・升屋勇人・田端雅進 (2018) ウルシの果実生産を阻害するウドンコ病菌の同定とその被害. 東北森林科学会誌 23:57-61.
- 林雅秀 (2019) 岩手県北地方の農家がウルシ植栽を選択した要因ー収益性に着目してー. 日本森林学会誌 101:328-336.
- Hiraoka, Y., Hanaoka, S., Watanabe, A., Kawahara, T., Tabata, M. (2014) Evaluation of the growth traits of *Toxicodendron vernicifluum* progeny based on their genetic groups assigned using new microsatellite markers. *Silvae Genetica* 63:245-300.
- 升屋勇人・田端雅進・市原優・景山幸二 (2019) 国産漆の新たな脅威・*Phytophthora cinnamomi*. 日本森林学会誌 101:318-321.
- 升屋勇人 (2021) 樹木疫病の漆生産への影響と課題. 森林科学93:14-17.
- 松尾晶穂・岩切鮎佳・松下範久・田端雅進・福田健二 (2022) 物理的休眠打破と生理的休眠打破に基づいたウルシ種子の発芽促進処理の評価. 日本森林学会誌 104:254-261.
- 小野賢二・平井敬三・田端雅進・小谷二郎・中村人史 (2019) ウルシ植栽適地の土壌特性. 日本森林学会誌 101:311-317.
- 小野賢二・田端雅進 (2021) 漆増産のためのウルシ植栽適地. 森林科学93: 7-10.
- 田端雅進・小谷二郎・石井智朗・井城泰一・白旗学 (2019) 本数密度と胴枯病がウルシ萌芽木の成長に及ぼす影響. 日本森林学会誌 101:322-327.
- 田端雅進 (2020) ウルシ林造成に向けた保育管理と病虫獣害防除. 森林技術 No.944:16-19.
- 田端雅進 (2021) 国産漆の増産に向けてウルシ林の造成を考える. 生物資源15 (1): 2-11.
- 田端雅進 (2021) 国産漆の増産を目指した取り組みー日本の伝統文化を継承するためにー. 森林科学 93:1-2.

- 田端雅進 (2021) ウルシの萌芽性を活かしたウルシ林の造成. 森林科学93:11-13.
- 田端雅進・井城泰一・田村美帆・渡辺敦史 (2023) 漆滲出長と成長・葉特性を用いた漆滲出量の多いクローンの簡易判別. 日本森林学会誌 105:87-95.
- 田端雅進 (2023) 国宝・重要文化財建造物修理に向けたウルシ林造成. 月刊文化財12(723号): 6-8.
- Takemoto, S., Masuya, H., Tabata, M. (2014) Endophytic fungal communities in the bark of canker-diseased *Toxicodendron vernicifluum*. Fungal Ecology 7C, pp.1-8.
- Takemoto, S., Nakamura, H., & Tabata, M. (2013) The importance of wild plant species as potential inoculum reservoirs of white root rot disease. Forest Pathology doi: 10.1111/efp.12069
- 竹本周平・中村 仁・佐々木厚子・市原 優・相川拓也・小岩俊行・田端雅進 (2013) 子のう菌 *Rosellinia necatrix*によるウルシの白紋羽病. 森林防疫 62巻2号:15-19.
- Takemoto, S., Nakamura, H., Tabata, M., Sasaki, A., Ichihara, Y., Aikawa, T., & Koiwa T. (2012) White root rot disease of the lacquer tree *Toxicodendron vernicifluum* caused by *Rosellinia necatrix*., Journal of General Plant Pathology 78:77-79.
- 田中功二・飯田昭光・土屋慧・小岩俊行・松本則行・中村弘一・高田守男・平井敬三・平岡裕一郎・田端雅進 (2017) 植栽適地の評価に向けたウルシの成長への立地環境および林分状況の影響の解明. 日本森林学会誌 99:136-139.
- 塚田健太郎・山岸祐介・鍋嶋絵里・保坂路人・岡田健汰・半智史・田端雅進・船田良 (2019) ウルシの未成熟種胚を用いた組織培養による植物体再生に関する研究. 木材学会誌 65:125-130.
- 渡辺敦史・田村美帆・泉湧一郎・山口莉未・井城泰一・田端雅進 (2019) DNAマーカーを利用した日本に現存するウルシ林の多様性評価. 日本森林学会誌 101:298-304.
- 渡辺敦史 (2020) ウルシ林の遺伝的多様性評価と遺伝資源管理. 森林技術 No.944: 8-11.
- 渡辺敦史 (2021) ウルシ林の遺伝資源管理の実態と品種改良に向けて. 森林科学93: 3-6.

## 漆とウルシ材の利用

- Hashida, K., Tabata, M., Kuroda K., Otsuka, Y., Satoshi Kubo, S., Makino, R., Kubojima, Y., Tonosaki, M., Ohara, S. (2014) Phenolic extractives in trunk of *Toxicodendron vernicifluum*: Chemical characteristics, contents and radial distribution. Journal of Wood Science doi: 10.1007/s10086-013-1385-8
- 橋田光・田端雅進・久保島吉貴・牧野礼・久保智史・片岡厚・外崎真理雄 (2014) ウルシ材の織布への染色特性. 木材学会誌 60:48-54.
- 橋田光 (2021) ウルシ染め～ウルシ材による織布の染色利用. 森林科学93:21-23.
- 久保島吉貴・大村和香子・外崎真理雄・橋田光・田端雅進 (2020) ウルシ材の材料特性. 木材工業 75:373-378.
- Takano M., Nakamura M., Tabata M. (2021) Comprehensive analysis of the isozyme composition of laccase derived from Japanese lacquer tree, *Toxicodendron vernicifluum*. Journal of Wood Science doi: 10.1186/s10086-021-01943-1

## 謝 辞

本冊子の作成にあたり、ご協力・ご助言いただいた岩手県二戸市浄法寺総合支所姉帯敏美氏、元岩手県二戸市浄法寺総合支所立花幸博氏、日本文化財漆協会竹内義浩氏、日本うるし掻き技術保存会工藤竹夫氏、瀬古昌幸氏、元茨城県林業技術センター福田研介氏、奥久慈漆生産組合神長正則氏、富永司氏、NPO法人壺木呂の会本間幸夫氏、能登草木の染め研究室新谷茂氏、株式会社荏原製作所松尾晶穂氏、東京大学大学院農学生命科学研究科岩切鮎佳氏、九州大学大学院農学研究院田村美帆氏、森林総合研究所東北支所上川原直子氏、岩手大学農学部白旗学氏、元岩手大学農学部石井智朗氏に深く御礼申し上げます。



ウルシの健全な森を育て、持続的に良質な漆を生産する



(右下写真：日光東照宮陽明門)

## 執筆者一覧 (50音順)・担当ページ

相川 拓也 (森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域)	.....	P.24
安藤 裕萌 (森林総合研究所 九州支所)	.....	P.24, 25
井城 泰一 (森林総合研究所 林木育種センター 東北育種場)	.....	P.14
市原 優 (森林総合研究所 関西支所)	.....	P.22, 24
岡 輝樹 (森林総合研究所 四国支所)	.....	P.27
小野 賢二 (森林総合研究所 東北支所)	.....	P.16
久保島吉貴 (森林総合研究所 木材加工・特性研究領域)	.....	P.31
小岩 俊行 (岩手県林業技術センター)	.....	P.18, 23
小谷 二郎 (石川県農林総合研究センター 林業試験場)	.....	P.19
竹本 周平 (東京大学大学院農学生命科学研究科)	.....	P.23
田中 功二 (青森県産業技術センター 林業研究所)	.....	P.17, 18
田端 雅進 (森林総合研究所 東北支所)	.....	P.5-7, 11, 12, 22-26, 28, 29
土屋 慧 (青森県産業技術センター 林業研究所)	.....	P.18
中村 仁 (元農業・食品産業技術総合研究機構)	.....	P.23
中村 人史 (山形県森林研究研修センター)	.....	P.17
中村 雅哉 (森林総合研究所 森林資源化学研究領域)	.....	P.29
橋田 光 (森林総合研究所 森林資源化学研究領域)	.....	P.30, 31
林 雅秀 (山形大学農学部)	.....	P.21
平井 敬三 (森林総合研究所 研究ディレクター)	.....	P.16
平岡裕一郎 (静岡県立農林環境専門職大学)	.....	P.10
福田 健二 (東京大学大学院農学生命科学研究科)	.....	P.13
船田 良 (東京農工大学大学院農学研究院)	.....	P.8, 9, 15
本多 貴之 (明治大学理工学部)	.....	P.30
升屋 勇人 (森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域)	.....	P.22, 24, 25
松下 範久 (東京大学大学院農学生命科学研究科)	.....	P.13
渡辺 敦史 (九州大学大学院農学研究院)	.....	P.10, 11, 20

本冊子に関するお問い合わせは、下記までお願い致します。

国立研究開発法人 森林研究・整備機構  
**森林総合研究所**  
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地

編集・発行：森林総合研究所  
編集責任者：田端雅進・橋田 光・黒田克史  
発行日：2024(令和6)年7月31日  
問い合わせ：広報普及科編集刊行係  
電話：029-829-8373

E-mail：kanko@fpri.affrc.go.jp

本書の引用記載：田端雅進・橋田 光・黒田克史 (2024) ウルシの健全な森を育て、持続的に良質な漆を生産する。森林総合研究所, 36pp.

※掲載記事及び写真の無断転載を禁じます。

