

シラカンバ人工林におけるピスフレックの発生実態

—美唄市の44年生林分での事例—

北海道立総合研究機構林業試験場

石濱宣夫・八坂通泰・大野泰之・滝谷美香・小野寺賢介

はじめに

北海道の広葉樹蓄積量に占めるカンバ類の割合は非常に高く、中でもシラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica* は初期成長が早いので、今後の資源利用を図る上でも非常に有望な樹種である。しかし、シラカンバ材は腐朽が生じやすく、強度的にも弱い上、ピスフレック（形成層潜孔虫による食害跡に生じた傷害柔組織。木口面で数mmの細長い短冊形ないし点状、板目面・柾目面で筋状に、本来の材色よりも濃色に認められる）が頻発して外観を損ねるなど材質的な欠点が多いことから、その用途はもっぱら割り箸、アイスへのへら、爪楊枝、パルプ用原木、菌床培地用おが粉としての利用にとどまってきた。

一方で、最近では、切削技術の進歩によって、中小径のシラカンバ材からも良好な単板製造が可能となったことから、今後は、資源量の多いシラカンバを用いた内装材生産技術を開発することで、より多様な用途への資源利用を図ると同時に用材の付加価値が高まることも期待されている(1)。このように、今後、内装用としての利用を進めていくに際しては、単板製造の際に欠点として品質等級を下げる最大の原因となっているピスフレックについて、樹幹中での発生部位、発生数の傾向を正確に把握し、その発生実態の詳細を明らかにしておくことは非常に重要である。

シラカンバにピスフレックが頻発することは古くから良く知られており(14)、レーヨンパルプの製造工程、単板・合板製造における表板、伝統こけし用材等において利用上の問題となるものが以前から指摘されていた(10,12,13,15)。また、シラカンバではミノドヒラタモグリガ *Opostegoides minodensis*（以下、*Om*と表記）とカンバミキモグリバエ（カバノモグリバエ）*Phytobia betulae*（以下、*Pb*と表記）の2種の昆虫がピスフレックの発生原因となっていることが明らかになり（図-1）、その生活史や産卵部位、幼虫の潜孔習性、ピスフレックの樹幹内分布についても調査がなされてきた(4,5,6,8,9,11,18,19)。このように、これまでの研究によって、シラカンバのピスフレック発生原因と樹幹内分布についての基礎的知見は既にかかなりの程度まで明らかにされているが、ピスフレック発生頻度に地域間で違いがあるのか、樹齢や胸高直径等の林分状況を示す諸因子が発生頻度に何らかの影響を与えているのか等々、未調査の課題も今なお多く残っている。特に、今後の用材利用を考えた場合には、道内のシラカンバ人工林における発生実態の詳細な把握が急務であると言えるであろう。



図-1 シラカンバ円板の木口面にみられるピスフレック

表-1 供試木の胸高直径と供試円板の直径

	最小	最大	平均
円板0.3m部位(cm)	7.4	18.7	13.4
円板0.5m部位(cm)	6.7	17.9	12.1
円板1.0m部位(cm)	6.4	17.0	11.5
胸高直径(cm)	6.5	17.5	11.6

そこで、本研究では、これまで単木レベルでの調査しか行われていなかったシラカンバのピスフレックの樹幹内での発生部位、発生数について、林分レベルで調査を行い、地域によるピスフレックの発生実態を明らかにすることを目的とした。今回は、道央部に位置する美唄市の44年生林分での調査事例を報告する。

調査地と方法

調査地は美唄市60林班54林小班(N43°21', E141°54')のシラカンバ人工林（林齢44年生、面積0.84ha、標高130m）である。2011年10月20日に20m×20mのプロットを2ヶ所設定して毎木調査（樹高1.3m以上の木を計測）を行い、樹種、樹高、胸高直径、枝下高を記録した。調査地点では2011年8月11～12日に定性・切り捨て間伐が実施されたが、プロット内に残されたそれらの間伐木についても毎木調査を行い、林分データに加えた。なお、この林分では、それ以前には施業履歴がなかった。

2011年10月27日にシラカンバの切り捨て間伐木41本から地上高0.3、0.5、1.0mの部位で厚さ2～3cmの円板122枚を採取した（うち1本は0.3m部位が同株）。供試木（間伐木）の胸高直径と供試円板の直径を表-1に示す。採取した円板は直径巻尺を用いて直径を計測した後、ベルトサンダーで表面を研磨し、市販の卓上型スキャナー（EPSON GT-S630）で画像を取り込んで拡大印刷した。このシートをみながら、木口面のピスフレック数（接線方向に約0.5mm以上のピスフレック）を、原因となる昆

Nobuo ISHIHAMA, Michiyasu YASAKA, Yasuyuki OHNO, Mika TAKIYA, Kensuke ONODERA (Forestry Research Institute, Hokkaido Research Organization, Bibai 079-0198)

The occurrence of pith flecks on Japanese white birch plantations -A case study on a 44-years-old stand in Bibai, central Hokkaido-

虫別に、ピスフレック発生位置の髄からの距離（半径方向に2cm間隔）ごとに記録した。なお、画像では判別し難いピスフレックもあることから、さらに円板表面をルーペや実体顕微鏡で詳細に確認した。

ピスフレック原因昆虫の種別については、*Om* では木口面で不整形円形～半円形をしており、1年輪内での出現部位が早材側に偏るのに対し、*Pb* では木口面で接線方向に長い短冊形をしており、1年輪内での出現部位が晩材側に偏ることを主な判別根拠（図-1）としたが、小型のピスフレックでは形状による区別が難しくなる（0.8mm以下では区別が難しいとされる）ことから、ピスフレックの出現パターン（*Om* では同じ成長段階で形成されたピスフレックが対となって現れる傾向がある）についても注意して慎重に判別した（5,6,9,11,19）。

ピスフレック数の計測については、*Om* では幼虫数の推定を考慮して1個体が形成した複数のピスフレックを1個とみなして記述した文献もあるが（5,19）、今回は独立しているものは別個に数えた。密度については、円板木口面1cm²あたりの個数で記述した。

結果と考察

1) 林分状況

調査地の林分状況を、全立木（表-2）とシラカンバ（表-3）に分けて示す。表-2, 3 から分かるように、この林分には他の広葉樹種が5~7種混交しており、全体として立木密度はやや過密（約1600~1700本/ha）であった。シラカンバは本数比率で約52~60%と少なかったが、胸高断面積比率で約78~80%を占めていた。この結果を道内他地点のシラカンバ林での調査結果（7,16）と比較すると、林齢に比して樹高、胸高直径ともに値が小さいことから、今回の調査地は、道内のシラカンバ人工林の中でもかなり成長が悪い林分であると推察された。

2) 供試木の胸高直径とピスフレック密度との関係

供試木の胸高直径とピスフレック密度との関係を図-2に示した。原因昆虫別に見ると、*Om* のピスフレックは、どの高さでも胸高直径の増加とともに密度が減少する傾向が見られたのに対して、*Pb* のピスフレックでは、胸高直径9~12cmと16cm付近で密度が1.0個/cm²を超えるケースが認められたものの（0.3m）、全体としては、どの高さでも胸高直径の増加ともなう密度の増減傾向はほとんど認められなかった。また、採取部位の高さ別にみると、胸高直径の大小に関わらず、*Om* のピスフレックは採取部位が高いほど、*Pb* のピスフレックは採取部位

が低いほど密度が高くなった。ピスフレック全体の密度は、0.5m, 1.0mでは胸高直径の増加とともにやや減少する傾向があったが、0.3mでは*Pb*の結果とほぼ同様で、増減傾向はほとんど認められなかった。この結果から、胸高直径の増加ともなうピスフレック全体の密度の変動は、0.3mでは*Pb*の、0.5mと1.0mでは*Om*の影響を強く受けていると推察された。

Om については、幼虫が枝や樹幹上部の細い幹、若齢木に潜孔すること、その結果、樹幹の髄近くにピスフレックが集中することが知られている（5,6,11,19）。したがって、図-2の結果については、胸高直径の小さい木ほど生息密度が高まると予想されること、髄近くにピスフレックが限られるために、胸高直径の増加ともなう円板面積の増加によって、ピスフレック密度が相対的に小さくなったこと等が影響したものと推察された。

Phytobia 属では、樹幹上部から下方へと幼虫が長距離を移動し、その間、潜孔痕にたびたび分岐を生じさせ、さらに根際近くで上下方向への方向転換を頻繁に行う習性があることが古くから良く知られている（3,11,20）。この点を考慮すると、*Pb*で採取部位が低くなるほど密度が全体に高まっている原因は、潜孔痕の分岐や上下方向への方向転換が根際へ近いほど頻繁に生じているためと推察された。また、密度が1.0mでは安定しているのに、0.5m, 0.3mと地際に近づくほどバラツキが大きくなっている点も興味深い。特に0.3mでは胸高直径とは無関係に密度が大きく変動していることから、上下方向への方向転換の頻度には、胸高直径のような樹木の個体サイズとは別の要因（例えば形成層活動の活性等）が関与している可能性がある。なお、*Pb*の終齢幼虫の潜孔が地際に集中する原因については、晩夏にシラカンバの形成層活動が樹幹上部から下方へと徐々に停止する結果、幼虫の潜孔範囲が地際近くに制限されるため、とする説もある（4）。

3) 円板採取部位とピスフレック数、ピスフレック密度との関係

円板採取部位とピスフレック数（円板1枚あたり）、ピスフレック密度との関係を図-3に示した。原因昆虫別に見ると、*Om* のピスフレックは、数・密度ともに採取部位が高くなるにつれて漸増したのに対して、*Pb* のピスフレックは、数・密度ともに高さによる減少傾向が著しかった。また、ピスフレック全体で見ると、数・密度は採取部位が高くなるにつれて減少していた。この結果から、ピスフレック全体の数・密度の変化は、全体としてみると、*Pb*による影響を強く受けていると推察された。ただし、採取部位別に区分してみると、ピスフレック全体の数・密度は0.5m以下では*Pb*の、1.0mでは*Om*の影響を強く受けていた。

Om のピスフレックについては、単木レベルの調査によって、地上高1.0m以下の樹幹下部ではピスフレック数（個体単位）が下方に向かって減少するケースと減少しないケース（高さに関係なく、一定範囲内の数で推移する）があるとされていたが（5,19）、今回の結果から、林分レベルでみた場合には、数・密度ともに漸減していることが示された。なお、地際近くでの*Om*のピスフレック数の挙動

表-2 林分状況（全立木）

Plot	樹種数	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	立木本数 (本/ha)	胸高断面積合計 (m ² /ha)
1	6	13.2	12.4	6.5	1575	24.2
2	8	12.1	11.0	6.0	1725	23.1

表-3 林分状況（シラカンバ）

Plot	胸高直径 (cm)			樹高 (m)			枝下高 (m)			立木本数 (本/ha)	胸高断面積合計 (m ² /ha)	シラカンバ比率 (%)	
	最小	最大	平均	最小	最大	平均	最小	最大	平均			本数比率	胸高断面積比率
1	9.1	24.0	15.8	6.9*	18.5	15.0	5.0	11.5	8.0	950	19.4	60.3	80.3
2	7.3	20.1	15.7	9.7	18.2	13.6	5.0	10.1	7.6	900	18.1	52.2	78.2

*上部1/3曲がり。2番目に低い木は樹高11.3m

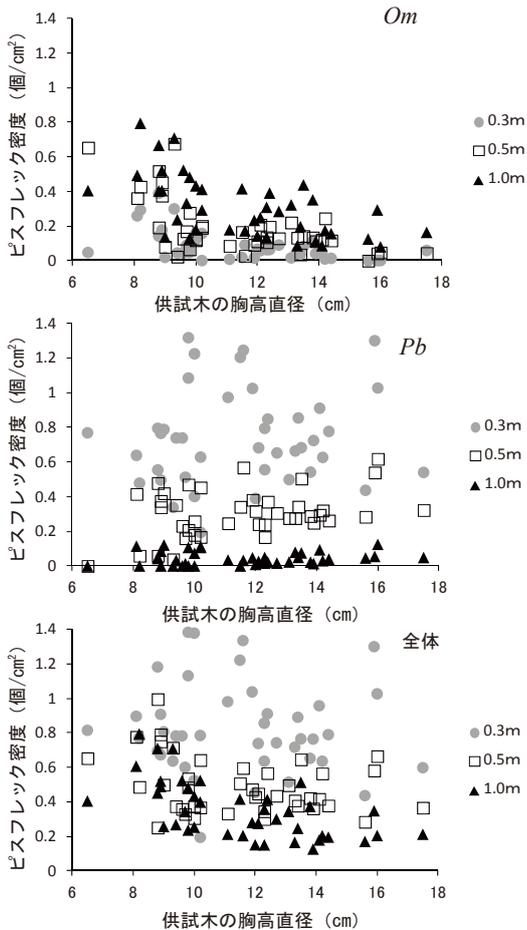


図-2 供試木の胸高直径とピスフレック密度との関係

については、*Pb* 発生量との関係が示唆されている(11,19)。

Pb のピスフレックは、前項で述べたように樹幹下部で数が増加し、特に、地上高 1.0m から地際にかけて急激に増加するとされる(5,18)。本研究では 0.5mm 以上のピスフレックを対象としたが、まったく同様な結果が得られた。この点については、北欧における *Betula pendula* , *Betula pubescens* の *Pb* によるピスフレックでもほぼ同様な結果が得られている(2,20)。なお、ダケカンバ *Betula ermanii* の 64 年生天然木では、*Pb* のピスフレック数は地際で増加するが、密度には地上高による差が見られなかったと報告されている(17)。

4) 円板採取部位別にみた髓からの距離とピスフレック密度との関係

円板採取部位別にみた髓からの距離とピスフレック密度との関係を図-4 に示した。原因昆虫別にみると、*Om* のピスフレックは、いずれの高さでも髓からの距離が近いほど密度が高くなっていった。また、*Om* のピスフレックでは、同時に採取部位が高いほど密度が高くなる傾向があることから、高さ 1.0m、髓からの距離が 0-2cm で密度が最大となった。一方、*Pb* のピスフレックは、高さ 0.3m、0.5m において髓からの距離 0-2cm(最内層)、8-10cm (最外層) で密度が低くなる点を除けば、髓からの距離とは明瞭な関係が認められず、むしろ採取部位が低いほど密度が高くなる傾向の方が顕著であった。ピスフレック全体の密度は、0.3m では髓からどの距離でも 0.4 個/cm²

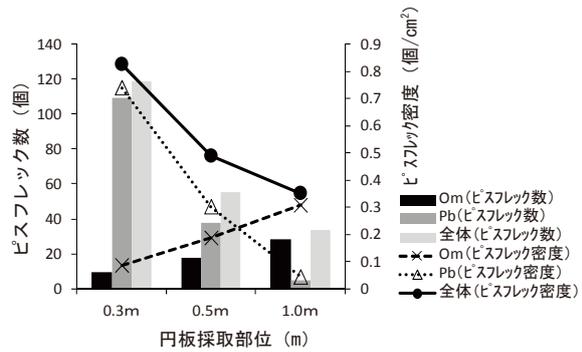


図-3 円板採取部位とピスフレック数、ピスフレック密度との関係

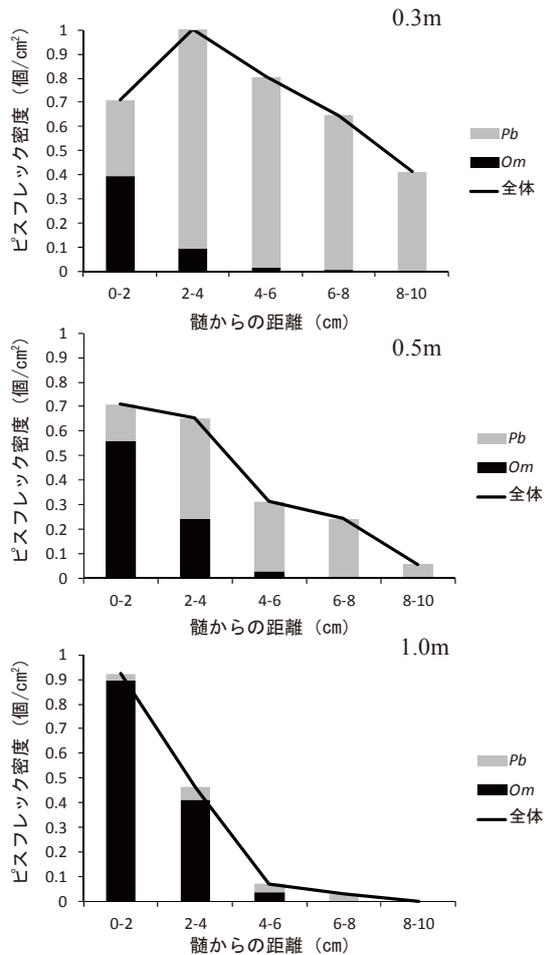


図-4 円板採取部位別にみた髓からの距離とピスフレック密度との関係

以上と高いが、0.5m では髓から 4cm 以上で急激に減少し、1.0m ではさらに減少して、髓から 4cm 以上ではほぼ 0.1 個/cm² 以下となった。以上の結果から、*Om* のピスフレック密度には髓からの距離が、*Pb* のピスフレック密度には円板採取部位の高さが最も大きく影響しており、ピスフレック全体では髓からの距離 6cm 以上、採取部位 1.0m 以上で密度が 0 に収束すると推察された。この結果は単木レベルの調査で得られた結果(5)とほぼ同じであった。

Om のピスフレックについては、単木レベルの調査によって、半径 5cm 以上の樹幹下方の太い部分では髓からの距離 1.5-2cm で最も多く、0-4cm の間に全体の 90% が出現することが明らかにされているが(5,19)、今回、林分

レベルでもまったく同様な結果が得られた。

Pb のピスフレック数の樹幹半径方向への変動については、これまでに、ごくわずかに断片的な報告がなされているだけである。歌川 (1977) は 46 年生木を調べて、地上高 2m 部位では、ピスフレック数は髓近くの 2 年輪と樹皮側から 14 年輪までが少なく、樹皮側から 15~33 年輪では多いという結果を示している(18)。原・矢萩 (1990) は、21~32 年生の木では、0.8mm 以上のピスフレックが樹齢 5~9 年以降の年輪すべてにみられるとしているが、ピスフレック数の年輪ごとの変動には触れていない(5)。一方、Ylioja ら (1998) は *B. pendula*, *B. pubescens* の 47 年生天然更新木 10 本について、地上高 1m 以下を地際部、0.25m, 0.5m, 0.75m, 1m に区分してピスフレック数を調べた。そして、髓から 4-46 年輪までピスフレックがみられること、地際部から 0.5m までは髓側の 10 年輪内で、特に髓に近い年輪ほどピスフレックが多く出現することを示した(20)。また、田中ら (1983) はダケカンバ天然木 (54~82 年生) 3 本の伐根を調べて、ピスフレックが 40 年生以下の若い年輪に集中して出現することを示した(17)。これらの *Pb* のピスフレックに関する文献では、0.5mm 未満の微小なピスフレックも数えている場合があり、ピスフレック出現程度が個数や相対的頻度で記録されていること、半径方向の変動が年輪単位で記述されていること等から、本研究の結果とは直接的な比較はできなかつた。ただし、本研究において、0.3m, 0.5m 部位の最外層で密度が低くなる点は歌川 (1977) の結果と類似し、他方、Ylioja ら (1998) が示した、髓に近いほどピスフレック数が増加するという傾向は、今回はまったく認められなかつた。

5) 今後の課題

シラカンバの内装材用途への利用に関しては、現行の JAS 基準では品質評価が厳しすぎるため、いずれはピスフレックに対して新たな基準を設けることが必要だと考えられている(1)。その点からも、ピスフレックの樹幹内での存在状態、地域による発生実態等の詳細な調査が急がれよう。特に、ピスフレック発生数に地域間差があるかどうかは、現状ではまったく調査がなされていないので、今後は他の地域、あるいは林分状況が異なる場所での調査を通じて発生実態を明らかにしていく必要がある。なお、今回の調査地では小径木が主体であったため、今後は中~大径木を対象とした調査が望まれる。また、地上高 1m 以上の樹幹上部におけるピスフレックの存在状態についても、将来の防除に関わる基礎的知見を深めるため、明らかにしておく必要があるだろう。

謝辞

調査地設定に際して種々便宜を図っていただいたそらち森林組合の薄田薫氏、空知総合振興局森林室の小林順二氏、研究遂行にあたり御助言いただいた北海道立総合研究機構林産試験場の安久津久氏、大崎久司氏、現地調査および試料採取・調製に御協力いただいた北海道立総合研究機構林産試験場の対馬俊之氏、徳田佐和子氏、早坂一文氏、文献収集でお世話になった北海道大学農学部樹木生物学研究室の佐野雄三先生の諸氏に厚く御礼申し

上げる。本研究は、農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「ITにより低コストに人工林材から内装材を製造する生産・加工システムの開発」の一部である。

引用文献

- (1) 秋津裕志 (2012) シラカンバを用いた内装材の開発。林産試だより 2012 年 6 月号 : 6.
- (2) Bonham, V. A., and Barnett, J. R. (2001) Formation and structure of larval tunnels of *Phytobia betulae* in *Betula pendula*. IAWA J. **22**: 289-294.
- (3) Brown, H. P. (1913) Pith-ray flecks in wood. Forest Ser. U. S. Dept. Agr. Cir., **215**: 5-15.
- (4) 原 秀穂 (1994) シラカンバのピスフレック形成昆虫カバノモグリバエの生活史。日北支論 **42**: 162-164.
- (5) 原 秀穂・矢萩利雄 (1990) シラカンバのピスフレック。北方林業 **42**: 219-224.
- (6) 原 秀穂・矢萩利雄 (1990) シラカンバの形成層潜孔虫ミノドヒラタモグリガの産卵部位および幼虫の潜孔習性について。応動昆 **34**: 283-287.
- (7) 畠山末吉・横山八郎 (1962) カンバ類の林分調査と枝張り直線。北海道光珠内林木育種場報告 **1**: 91-122.
- (8) 石上博國 (1982) ピスフレックの形成とその原因となる形成層穿孔虫について。昭和 56 年度北海道大学農学部卒業論文。
- (9) 伊東拓也 (1984) ピスフレックの成因および組織。昭和 58 年度北海道大学農学部卒業論文。
- (10) 北尾弘一郎・東郷和夫 (1956) 広葉樹レーヨンパルプに関する研究：第 1 報 シラカバ材のピスフレックについて。木材研究 **16**: 42-48.
- (11) 久万田敏夫 (1984) 広葉樹のピスフレック形成昆虫。北方林業 **36**: 120-129.
- (12) 中道正徳・河原田洋三 (1963) シラカバ材による単板製造試験。指導所月報 **138**: 9-14.
- (13) 小沢勝治・佐藤弘一 (1986) こけしの用材と製作に関する研究 (1) —こけし用材の理学的性質—。福島大学教育実践研究紀要 **9**: 1-8.
- (14) 関谷文彦 (1933) 木材の褐色斑に就いて。三重高農学術報告 **2**: 3-19.
- (15) 瀬戸健一郎・野崎兼司 (1963) シラカバ材による合板の製造試験。指導所月報 **138**: 15-17.
- (16) 高橋幸男・浅井達弘・菊沢喜八郎 (1974) 名寄のシラカンバ林の現存量について。北林試報 **12**: 29-37.
- (17) 田中 潔・松崎清一 (1983) ダケカンバ材のピスフレック。日林誌 **65**: 262-267.
- (18) 歌川雅也 (1977) シラカンバにおけるピスフレックの出現。昭和 51 年度北海道大学農学部卒業論文。
- (19) 矢萩利雄・原 秀穂 (1990) シラカンバにおける形成層潜孔虫ミノドヒラタモグリガによるピスフレックの発生部位。日林誌 **72**: 508-512.
- (20) Ylioja, T., Saranpää, P., Roininen, H., and Rousi, M. (1998) Larval tunnels of *Phytobia betulae* (Diptera: Agromyzidae) in birch wood. J. Econ. Entomol. **91**: 175-181.