



Title	北海道産広葉樹材のピスフレックの発生と形成層潜孔虫
Author(s)	石浜, 宣夫; ISHIHAMA, Nobuo; 深沢, 和三 他
Citation	北海道大学農学部 演習林研究報告, 50(1), 161-177
Issue Date	1993-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21367
Type	departmental bulletin paper
File Information	50(1)_P161-177.pdf



北海道産広葉樹材のピスフレックの発生と形成層潜孔虫

石浜 宣夫* 深沢 和三* 大谷 諄*

Observations on the Occurrence of Pith Flecks of Some Hardwoods
in Hokkaido and Notes on Some Cambium Miners

By

Nobuo ISHIHAMA*, Kazumi FUKAZAWA* and Jun OHTANI*

要 旨

北海道産広葉樹材42樹種についての野外調査の結果、ピスフレックの発生と形成層潜孔虫に関して以下のことが明らかになった。

1. 野外調査の結果、ヤナギ科、クルミ科、カバノキ科、バラ科、ミカン科、カエデ科、ブドウ科、モクセイ科、スイカズラ科に属する20樹種にピスフレックが観察された。剥皮によって確認された潜孔痕の走行状態にもとずいて、各樹種の形成層潜孔虫の属が推定された。

2. 上記樹種のうち、剥皮することによって、オニグルミとサワグルミではヒラタモグリガ科 (Opstegidae) の *Opstegoides* 属の1種と考えられる幼虫が、ミヤマザクラとシウリザクラではハモグリバエ科 (Agromyzidae) の *Phytobia* 属と考えられる幼虫が形成層潜孔虫であることが確認された。また、飼育によってサワグルミからは *Opstegoides* sp. の成虫を得た。

キーワード: ピスフレック, 形成層潜孔虫, *Opstegoides*, *Phytobia*, 潜孔痕

I. 緒 言

ピスフレックとは、「材に囲まれた不正常な (しばしば傷害による) 柔組織の束で、縦の断面では木理に沿った筋として現れる。ふつう形成層のせん孔虫の幼虫が原因となって生ずる。」も

1992年9月30日受理 Received September 30, 1992

* 北海道大学農学部森林科学科木材生物学講座

Laboratory of Wood Biology, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

のと定義されている¹⁾。ピスフレックは一般的に広葉樹材に多く認められ、特にヤナギ科、カバノキ科、バラ科、カエデ科などの散孔材の樹種に普通にみられる^{2~5)}。ピスフレックの存在は、その形状と色彩から木材利用上の欠点とされることが多い。例えば合板表面材として利用される場合には、その美観を損ねるために問題とされる^{6~8)}。

北海道産広葉樹材のピスフレックの発生については、これまでにヤナギ科、カバノキ科、ニレ科、バラ科、ニガキ科、カエデ科、モクセイ科の樹種で報告されている^{9~10)}。また、形成層潜孔虫としてシラカンバからヒラタモグリガ科 (*Opostegidae*) のミノドヒラタモグリガ (*Opostegoides minodensis* KUROKO) が確認されており^{13~15)}、シラカンバおよびギンドロからハモグリバエ科 (*Agromyzidae*) の *Phytobia* 属の幼虫が記録されている¹³⁾。

著者らは北海道産広葉樹材のピスフレックの発生を野外で調査した結果、調査対象とした約40樹種のうち19樹種にピスフレックが観察されたことを報告した¹⁶⁾。本報では前報での結果に加えて形成層潜孔虫に関する断片的な知見も併せて報告する。本研究の目的は、北海道産広葉樹材のピスフレックの発生状況とその成因となる形成層潜孔虫についての基礎的知見を得ることである。

本研究を進めるにあたり、北海道大学農学部森林科学科木材生物学講座の佐野雄三助手、船田良助手からは多くの助言をいただいた。天塩地方演習林、苫小牧地方演習林の教職員諸氏には、野外調査や試料採取の際に御協力いただいた。本学昆虫体系学講座助教授久万田敏夫博士、同教室佐山彦彦氏、坂巻祥孝氏には潜孔虫の標本作製および同定でお世話になった。北海道立衛生研究所の伊東拓也氏、北海道立林産試験場の佐藤真由美氏には野外調査に関する多くの貴重な示唆をいただいた。記して感謝の意を表する。

II. 材料と方法

1. 野外におけるピスフレックの発生調査

調査は、北大苫小牧地方演習林、同天塩地方演習林、日高支庁静内町、桧山支庁上ノ国町、札幌市において行われた。調査の時期は、1990年の4月下旬から11月上旬と1991年の5月上旬から6月上旬である。各調査地域で、胸高直径2~10cmの広葉樹を1樹種につき1本から数本、根際より伐倒し樹皮を剥皮することによって潜孔痕の走行状態の確認ならびに幼虫の採集を行った。ピスフレックの確認については、この他、伐倒した木の木口面を削ったり、剥皮しても潜孔痕が認められないものでは、その材の表面を削り木部に残された過去の潜孔痕を確認する方法をとった。

2. 形成層潜孔虫の幼虫の採集方法

形成層潜孔虫は、主として樹木を剥皮することによって採集された。これらの詳細については、II.1.の野外におけるピスフレックの発生調査の項に準ずる。この方法では幼虫の採集しかでき

ないが、潜孔虫を比較的容易に発見することができるのが利点である。また同時に、潜孔痕の様子も観察できるので初期の採集方法として具合がよかった。しかし、これらの幼虫からは属の決定までが限界であり、種を確定することは不可能である。

なお、剥皮によって採集された幼虫は直ちに F.A.A. 中で固定された後、70%アルコール中に保管された。

3. 形成層潜孔虫の幼虫の飼育

形成層潜孔虫の種類を同定するためには、幼虫のみならず成虫を得ることが必要である¹³⁾。したがって野外調査において形成層潜孔虫の幼虫が確認された樹種について、一部の材を飼育に供した。飼育用の材は採集地点から生材状態で持ち帰り、実験室内で保管した。これらの材を長さ30~50cmに切り両端をワセリンで封じるか、または上端にワセリンを塗って下端を水に浸漬した状態で直射日光の当たらないところに置いた。潜孔虫が脱出したときに混入しないように、各々の材は試料ごとに分けて保管した。また材を収容した容器の底には、一部のものについて川砂(加熱滅菌したもの)を敷いて幼虫の脱出に備えた。飼育に用いた材は表1の通りである。

III. 結果と考察

1. ピスフレックが観察された樹種

北海道産広葉樹材42樹種について調査した結果、20樹種にピスフレックが観察された。調査の結果は、表2および表3に示す。ヤナギ科、カバノキ科、バラ科、カエデ科においてピスフレックが観察されたことは、従来の知見と一致する^{2~5)}。しかし、この他クルミ科、ミカン科、ブドウ科、モクセイ科、スイカズラ科にもピスフレックが認められた。このうちモクセイ科を除く4科のピスフレックの存在は、今回北海道において初めて記録されたものである。なお、日本産¹⁷⁾および朝鮮産¹⁸⁾の樹種についての記載によれば、サワグルミ、オニグルミ、サンショウ、オオカメノキについては既にピスフレックの存在が報告されている。またブドウ科についても報告

表1. 形成層潜孔虫の飼育に用いた材

Table 1. Wood samples used for breeding cambium miners

No.	Species	D.B.H. (cm)	Height (cm)	Location	Dates for harvesting
1	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	3.5	20~255	KAMIISO	9 Jun. 1991
2	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	5.0	40~179	KAMINOKUNI	8 Jun. 1991
3	<i>Juglans ailanthifolia</i>	4.0	70~203	SHIZUNAI	24 May 1991
4	<i>Prunus maximowiczii</i>	3.0	16~278	TOMAKOMAI	10 Jun. 1991
5	<i>Prunus ssiiori</i>	3.0	50~100	TOMAKOMAI	30 May 1991

表2. ピスフレックが観察された樹種

Table 2. Tree species that pith flecks were found in their wood

Species	Location*	No. of trees examined	Insect**
<i>Salix hultenii</i>	To	2	(<i>Phytobia</i>)
var. <i>angustifolia</i>			
<i>Salix sachalinensis</i>	Te	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Salix integra</i>	To	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Pterocarya rhoifolia</i>	K	1	<i>Opostegoides</i>
<i>Juglans ailanthifolia</i>	Te	1	<i>Opostegoides</i>
<i>Carpinus cordata</i>	To	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Ostrya japonica</i>	To	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Betula maximowicziana</i>	Te	1	(<i>Opostegoides</i>)
<i>Betula platyphylla</i>	Te	2	(<i>Opostegoides</i>)
var. <i>japonica</i>			
<i>Betula ermanii</i>	Te	2	(<i>Opostegoides</i>)
<i>Alnus hirsuta</i>	Sa	2	(<i>Phytobia</i>)
<i>Prunus sargentii</i>	To	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Prunus maximowiczii</i>	To	2	<i>Phytobia</i>
	Si	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Prunus ssiori</i>	To	1	(<i>Phytobia</i>)
	Si	1	<i>Phytobia</i>
<i>Zanthoxylum piperitum</i>	Si	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Acer japonicum</i>	Sa	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Acer mono</i>	To	1	(<i>Phytobia</i>)
	Te	1	(<i>Phytobia</i>)
<i>Vitis coignetiae</i>	Si	1	unknown
	Sa	1	unknown
<i>Fraxinus mandshurica</i>	To	1	unknown
var. <i>japonica</i>			
	Te	1	unknown
<i>Viburnum furcatum</i>	Sa	1	unknown

*: Abbreviations of location are as follow.

To: Tomakomai Experimental Forest of Hokkaido University

Te: Teshio Experimental Forest of Hokkaido University

K: Kaminokuni, Hiyama Si: Shizunai, Hidaka Sa: Sapporo

** : Insect genus in parentheses was deduced from the larval gallery patterns.

がある¹⁹⁾。この結果から、今後の調査によってはさらに多くの樹種からピスフレックが確認される可能性のあることが示唆された。さらにピスフレックの成因となる形成層潜孔虫の推定が、

表3. ピスフレックが観察されなかった樹種

Table 3. Tree species that pith flecks were not found in their wood

Family	Species (Location, No. of trees examined)
Betulaceae	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> (Sa, 1)
	<i>Alnus hirsuta</i> (To, 2) (Te, 2)
Fagaceae	<i>Fagus crenata</i> (K, 1)
	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> (Te, 1)
Ulmaceae	<i>Ulmus japonica</i> (Te, 3)
	<i>Ulmus laciniata</i> (Te, 1)
Moraceae	<i>Morus bombycis</i> (To, 1) (Si, 1)
Magnoliaceae	<i>Magnolia obovata</i> (To, 2) (Te, 1)
Rosaceae	<i>Sorbus commixta</i> (To, 2) (Te, 2)
	<i>Sorbus alnifolia</i> (To, 2)
Leguminosae	<i>Robinia pseudo-acacia</i> (Te, 1)
Rutaceae	<i>Phellodendron amurense</i> var. <i>sachalinense</i> (To, 1) (Si, 1)
Anacardiaceae	<i>Rhus trichocarpa</i> (To, 1)
Celastraceae	<i>Euonymus</i> sp. (Sa, 1)
Aceraceae	<i>Acer palmatum</i> var. <i>matumurae</i> (To, 2)
	<i>Acer ukurunduense</i> (Sa, 1)
Tiliaceae	<i>Tilia japonica</i> (To, 1) (Te, 1)
Actinidiaceae	<i>Actinidia arguta</i> (Si, 1)
Araliaceae	<i>Aralia elata</i> (Te, 1)
	<i>Acanthopanax sciadophylloides</i> (To, 3)
Cornaceae	<i>Cornus controversa</i> (To, 1) (Te, 2)
Oleaceae	<i>Syringa reticulata</i> (Si, 1)
	<i>Fraxinus mandshurica</i> var. <i>japonica</i> (Te, 1)
	<i>Fraxinus lanuginosa</i> (To, 1)
Caprifoliaceae	<i>Viburnum furcatum</i> (Te, 1)

Abbreviations of location same with Table 2.

後で述べる潜孔痕の推定によってなされた。それらは、実際に幼虫を確認したものも含めて表2に示してある。表2で潜孔虫を不明としたものは、特徴的な潜孔痕を見出せず現時点での推定を避けたものである。このうちでヤチダモの潜孔痕については *Phytobia* に似た特徴を示したが、他の樹種に比べてその幅が非常に小さいことや、ピスフレックの木口面における顕微鏡観察の結果が他樹種の *Phytobia* によるものとはかなり異なるために、本研究では潜孔虫の不明なものとした。これらの推定の結果はあくまでも暫定的なものであり、最終的には潜孔虫の種類の確認を要するものである。表3は今回の調査でピスフレックの認められなかった樹種を示す。この中には、ケヤマハンノキ、ヤチダモ、オオカメノキのようにピスフレックが存在した樹種(表2)も少数

含まれている。この結果から、ピスフレックが発生するとされる樹種であっても、条件によって発生しないことがあると考えられる。この原因は、潜孔虫の分布や生態（例えば同じ樹種であっても、何らかの条件で選択的に寄主が選好されることなど）に影響されていることは当然予想されうる。表2でピスフレックが認められたとしたカエデ科において、表3にみられるようにヤマモミジ、オガラバナでピスフレックの認められない例があった。この結果は、調査本数の違いを反映しているのかもしれない。しかし、もし、この結果が昆虫による寄主の選択性を示しているのならば興味深い。ヤマモミジを調査した苫小牧地方演習林では、イタヤカエデに非常に多数のピスフレックが認められた。これが同一地域でのイタヤカエデへの選択性を示した結果なのか、あるいは全く別の要因で（例えば樹木の生息環境による違いや、産卵条件の適不適など）偶然に導かれた結果なのかは、検討すべき課題であろう。

2. 形成層潜孔虫の幼虫の採集状況

野外調査の結果、オニグルミとサワグルミからヒラタモグリガ科の *Opostegoides* と考えられる幼虫が、ミヤマザクラとシウリザクラからハモグリバエ科の *Phytobia* と考えられる幼虫が採集された。これらの決定にあたっては綿密な検索を行ったわけではないが、過去に報じられた幼虫の記載¹⁹⁾を参照した。*Opostegoides* と *Phytobia* の区別については、前者において頭蓋が存在すること、後者の頭部先端には黒色の鎌状の歯が存在することから容易に見分けられた¹⁹⁾。幼虫の採集記録については表4にまとめた。表1、表4および表5から次のことがわかる。オニグルミに潜孔している *Opostegoides* の幼虫（写真2）は、5月下旬頃には見られ6月上旬にかけて急成長する（表4のNo.2,3）。そして6月上旬には樹幹からの脱出が始まる（表5のNo.3）。7月上旬に得られた幼虫の大きさはそれ以前のものより小さい（表4のNo.1）ことから、これらは、さらに翌年に成虫になるものであろう。サワグルミに潜孔している *Opostegoides* の幼虫（写真3）は、6月上旬には老熟した状態で樹幹中に存在している（表4のNo.4）。そして6月中旬には樹幹からの脱出が始まる（表5のNo.1,2）。ミヤマザクラに潜孔している *Phytobia* の幼虫（写真4）は、5月下旬には樹幹中にみられ、6月上旬までに老熟する（表4のNo.5,6）。そして6月中旬にはほとんど樹幹からの脱出を終える（表1および表5のNo.4）。シウリザクラに潜孔している *Phytobia* の幼虫は、4月下旬には樹幹中に存在している（表4のNo.7）。そして5月下旬には老熟し6月中旬に樹幹から脱出する（表1および表5のNo.5）。昆虫の生活史には地理的変異や、年による変動があるので、これらの観察結果から上記潜孔虫の生活史を推論するには、なお詳細な観察が必要である。また、昆虫の幼虫には体長の個体差が存在するはずであり、わずか数個体の観察に基づいた結果から考察を進めることには無理がある。したがって、これらの結果については、ある特定の地域で一定の調査期間を設定し、かつ継年的な観察を実行して検証する必要がある。また採集された幼虫についても昆虫分類学的検討を必要とすることは言うまでもない。なぜなら分類学的に近縁な2種の昆虫は、時には同一樹種に潜孔しているか

表 4. 形成層潜孔虫の採集記録

Table 4. Collection data of cambium miners

No.	Cambium miners	Tree species	Location	Dates of collecting	No. of larvae	Body length (mm)
1	<i>Opostegoides</i>	<i>Juglans ailanthifolia</i>	TOIKANBETSU	6 Jul. 1990	1	14
2	<i>Opostegoides</i>	<i>Juglans ailanthifolia</i>	SHIZUNAI	23 May. 1991	1	17
3	<i>Opostegoides</i>	<i>Juglans ailanthifolia</i>	SAPPORO	5 Jun. 1991	1	23
4	<i>Opostegoides</i>	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	KAMINOKUNI	3 Jun. 1990	4	17~22
5	<i>Phytobia</i>	<i>Prunus maximowiczii</i>	TOMAKOMAI	30 May. 1990	2	6~8
6	<i>Phytobia</i>	<i>Prunus maximowiczii</i>	TOMAKOMAI	8 Jun. 1990	1	11
7	<i>Phytobia</i>	<i>Prunus ssiori</i>	SHIZUNAI	30 Apr. 1990	8	6~10

表 5. 形成層潜孔虫の脱出状況

Table 5. The state of larval emergence from wood samples

No.	Species	Cambium miners	Dates of larval emergence	No. of larvae emerged
1	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	<i>Opostegoides</i>	19 Jun. 1991	2
2	<i>Pterocarya rhoifolia</i>	<i>Opostegoides</i>	17 Jun. 1991	3
3	<i>Juglans ailanthifolia</i>	<i>Opostegoides</i>	3 Jun. 1991	2
4	<i>Prunus maximowiczii</i>	—	—	0
5	<i>Prunus ssiori</i>	<i>Phytobia</i>	17 Jun. 1991	1

Table 1 and Table 5 show the same wood samples.

もしれないからである。また逆に、近縁な2種の樹木に潜孔している昆虫は同1種であるかもしれないのである。また本研究において初夏(北海道では6月)に樹幹から脱出するタイプの潜孔虫しか発見できなかった原因の1つは、野外調査の時期の偏りにあると考えられる。

3. 形成層潜孔虫の幼虫の飼育と成虫の羽化

採取した供試材のうち、幼虫の脱出が確認されたのはサワグルミ、オニグルミ、シウリザクラの3樹種であった。これらの結果は、表5に示されている。脱出した幼虫は一部を除いて、容器中の水に落ちたために死んでしまった。サワグルミ(表1および表5のNo.1)から脱出した2頭の幼虫のみが生きている状態で確保され、川砂を敷いたシャーレの中に移された。これらの幼虫は*Opostegoides*に属すると考えられるものであったが、樹幹に潜孔中の時と一見して形が異なり太く短い形をしていた。また活発にシャーレ内の砂上を歩き回り、やがて砂中に入り込んでいった。6月19日に脱出して砂中に潜り込んだ幼虫は、その後すぐに砂中で繭を作り蛹化したものと思われる。およそ2週間後の7月5日になって1頭の成虫が羽化した(写真1)。成虫の羽

化後、砂中から繭の採集を行った。もう1頭の幼虫の入ったシャーレからは、その後数日たっても成虫が現れなかったため調べてみると、この個体は砂中で死んでいた。シャーレ内は常に水分で湿らせた状態であったが、これが原因で蛹化できなかったという可能性も否定できない。羽化した成虫は、北海道大学農学部昆虫学教室で同定がなされた。その結果、ヒラタモグリガ科の1種、*Opostegoides* sp.と同定された。本科に所属する形成層潜孔虫には、北米産の*Opostegoides scioterma* (= *Opostega nonstrigella*), 日本産のミノドヒラタモグリガ*Opostegoides minodensis*, 並びに南米産の*Notiopostega atrata* が知られている²⁰⁾。

4. 形成層潜孔虫の潜孔痕の特徴

前項において、潜孔虫の種類の推定に潜孔痕の特徴を使ったと述べた。ここでは、その根拠と適用の範囲の可能性について述べる。潜孔痕は、剥皮によって簡単に確認することができるので、ピスフレックの原因となる形成層潜孔虫の種類を知りたいときには非常に有効な方法であろう。

最初に潜孔痕の走行状態について観察した結果を記す。サウグルミでは樹幹部においてジグザグ状の走行が認められ、それは樹幹下方で転回点(写真5の矢印)を示していた。オニグルミにおいても同様な走行パターンを示していた(写真6)。そして両樹種ともに*Opostegoides*の幼虫によって潜孔されていた(写真3)。エゾノバッコヤナギでは、屈曲性の強い、枝分かれ(写真7の大矢印)や交差(写真7の小矢印)のある走行が観察された。これらは、その末端において特異な転回点を示した(写真8の矢印)。ケヤマハンノキでは転回点の確認を行わなかったが、枝分かれした屈曲性のある走行が観察された(写真9)。ミヤマザクラではやや屈曲性のある、顕著な枝分かれを示す走行が観察された(写真10)。また末端において特異な転回点を示した(写真11の矢印)。ミヤマザクラからは*Phytobia*の幼虫が確認された(写真4)。細い枝では、多少屈曲性を示すものの枝分かれない比較的直線状のパターンを示す走行が観察された(写真12)。シウリザクラにおいても、屈曲性が強く特異な転回点を示す走行が観察された(写真13の矢印)。また、細い枝ではらせん状になった走行も観察された(写真14)。シウリザクラからは*Phytobia*の幼虫が得られている。サンショウにおいても、非常に屈曲性の強い特異な転回点を示す走行が観察された(写真15, 16)。イタヤカエデでは樹幹の下部に特異な転回点を見つけた(写真17の矢印)。

次にこれらの結果を考察するに際して、形成層潜孔虫の潜孔痕について記載されている文献の中で形成層潜孔虫の種類(ヒラタモグリガ科とハモグリバエ科のどちらに属するものか)がわかるものについて、潜孔痕の原図が付けられたものを参照した。*Opostegoides*については、GROSSENBACHER²¹⁾, KNIGGE & BONNEMANN²²⁾, CAREYら²³⁾, 石上²⁴⁾, 伊東²⁵⁾, 久万田¹³⁾, DAVIS²⁰⁾, 原ら¹⁴⁾を参照した。*Phytobia*については、KIENITZ²⁶⁾, GREENE²⁷⁾, KANGAS²⁸⁾, LEE²⁹⁾, HANSON & BENJAMIN⁸⁾, 石上²⁴⁾, 久万田¹³⁾, MARTINETZ³⁰⁾を参照した。

本研究での調査結果と上記の文献から次のような結論を得た。(1) *Opostegoides*の潜孔痕には、

ループ状のものとジグザグ状のもの2つのタイプが存在する。(2) *Phytobia*の潜孔痕は種によって多少異なるところもあるが、一般的に屈曲性が強く枝分かれが存在し、交差が激しく生じることもある。また、転回点の形状は*Phytobia*ではY字状(写真8, 11, 13, 16, 17の矢印)となるが、ジグザグ状に潜孔する*Opostegoides*においてはV字状(写真5の矢印)であり顕著な違いとなっていると言える。このような転回点の形状の相違は、*Opostegoides*と*Phytobia*の潜孔習性の違いに起因していると考えるとわかりやすい。*Opostegoides*では、転回の際に進行方向を鋭角的に急に変える。*Phytobia*ではY字状転回部の最下端に達した幼虫は、その狭い孔道内で反転し方向を変えると考えられる。しかし、これはあくまで仮定に過ぎず、観察によって確かめられる必要がある。いずれにせよ、このような特徴的な転回が幼虫のどのステージで行われ、それが何に起因し、そしてどのような意味を持つものなのか。また、時々見られる枝分かれとどういう関係をもつものなのかは興味深い問題である。

潜孔痕の一般的特徴に関する上記の結論は、まだ多くの検証を必要とするはずである。第一に、観察で記されたように*Phytobia*の潜孔痕は、種によってかなりの変化が見られる。また、同一樹種内の同一の潜孔虫によると考えられる潜孔痕にさえ、枝や樹幹等の潜孔部位による違いがある。第二に、転回点における潜孔方向の変化について今回はふれなかったが、転回点の形状はY字状の場合だけではなく、逆Y字状に認められることがあった。つまり、下方向への進行から上方向への転回だけでなく、上方向への進行から下方向への転回を示すことがあった。このような行動がある特定の種類のみに見られる現象なのか、どの種類でも状況によってはこのような動きを見せるのかは重要な問題であろう。KIENTZ²⁰もこのパターンを示している。本研究では、イタヤカエデの樹幹下部に明らかな逆Y字状の転回点を観察した(写真17の矢印)。これを単純に、幼虫が成熟するまでの上下方向への摂食と考えるかどうかは検討の余地がある。

以上の考察に基づいて図1に形成層潜孔虫による潜孔痕の走行パターンの模式図を示した。この図の上方は樹冠側、下方は根側である。潜孔虫は一般的に樹冠側から侵入して下方へと向い、転回点において上方へ向きを変え、いくらか進行した地点において樹皮に孔を開けて樹幹外に脱出するものとする。

図1 aはジグザグ状走行の後、転回を示すパターンである。このパターンは、南米産の*Nothofagus*に潜孔するヒラタモグリガ科の*Notiopostega atrata*で確認されたものである^{20,22,23}。本研究ではサワグルミおよびオニグルミで同様なパターンの潜孔痕を確認した。同時に採集された幼虫および飼育によって得られた成虫から、これらはヒラタモグリガ科の*Opostegoides* sp.によるものであることが判明した。

図1 bは樹冠上方から侵入後、ある箇所では数回ループを描くタイプの潜孔痕である。このパターンは、北米産の*Ribes*に潜孔する*Opostegoides scioterma*と日本産のシラカンバに潜孔するミノドヒラタモグリガ(*Opostegoides minodensis*)で知られていたものである^{13,14,21,25}。本研究では天塩地方演習林産のウダイカンバ、シラカンバ、ダケカンバで同様なパターンの潜孔痕を確認し

た。本研究の調査では潜孔虫の確認はできなかったが、上記した文献^{13,14,25)}に記された潜孔痕の特徴から、これらの潜孔痕は*Opostegoides*によるものと判断された。

以上の図1 aおよびbが、現在知られているヒラタモグリガ科の潜孔痕の最も典型的なパターンであると言えよう。しかし、本研究における調査では、この2つのパターンに該当しない例も僅かながら観察されている。例えば、天塩地方演習林における調査では、*Opostegoides*の幼虫が確認されたオニグルミで比較的直線状の走行の後に転回している傾向が認められた。これが、同一種昆虫による行動変化なのか、あるいは同一樹種に近縁な2種の昆虫が潜孔している結果なのかは、今後検討を要する問題である。本研究では、天塩地方演習林産のオニグルミで直線状走行が、日高支庁静内町産のオニグルミでジグザグ状走行が観察された。また前に記したように北海道南部の松山支庁上ノ国町、渡島支庁上磯町産のサワグルミではジグザグ状走行が確認されている。もし、この結果が地域による走行パターンの変化の傾向を表しているものであるとすれば、それは2種の昆虫の生態や分布の違いと対応しているのかもしれない。現在のところ、この走行パターンの違いと潜孔虫の種類との対応は明らかでないが、今後、飼育による成虫の確認などを通じてその対応を明らかにしていく必要がある。

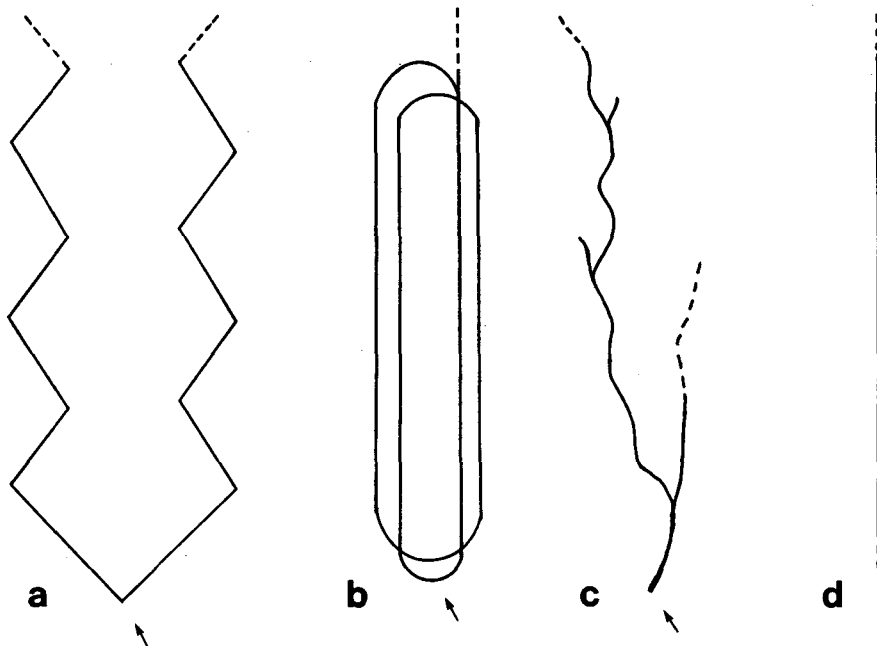


図1 形成層潜孔虫による潜孔痕の走行パターン

Fig. 1 Larval gallery patterns made by cambium miners

a, b; *Opostegidae*; c; *Agromyzidae*; d; unknown

Arrows show turning points. Dotted lines show continuation of the larval gallery. The crown in all drawings is oriented toward top of figure.

図1cはハモグリバエ科*Phytobia*属の形成層潜孔虫による潜孔痕の走行パターンを模式的に描いたものである。この図では、潜孔痕の強い屈曲性、枝分かれの存在、Y字状の転回点の3つの特徴を1つにして記した。また図の走行は模式的に、1個体の潜孔痕として表現した。これらの特徴についての文献^{8,13,24,26,27,28,29,30}による記載や、本研究における観察が極めて断片的になされていることを考慮すると、これらの図はかなりデフォルメされたものである。しかし、現時点で*Phytobia*による潜孔痕の特徴をある程度まとめておくことは、潜孔虫の推定の上からも必要であり不十分ながらその特徴をまとめて表現してみた。したがって、実際には潜孔虫の種や個体によって変化があることを充分認識した上で議論されることが望ましい。本研究で*Phytobia*の幼虫を確認できた樹種はミヤマザクラとシウリザクラのみであったが、上述した潜孔痕の特徴に従えば、多くの樹種にこのタイプの潜孔痕が見つけられた(表2)。またⅢ章1節において記したように、ヤチダモではこのタイプの潜孔痕が認められた。しかし、その潜孔痕の幅が非常に小さいこと、ピسفレックの顕微鏡観察の結果が、*Phytobia*を潜孔虫とすると考えられる他の樹種とは大きく異なることから本研究では潜孔虫が不明なものとして扱った。しかし、この取扱いはあくまで便宜的なものであり、*Phytobia*である可能性を決して否定しているわけではない。例えば、SKERRY & KEARBY³⁰は*Fraxinus americana*で観察された潜孔痕を示し、これが*Phytobia*によるものであるとしている。しかし、これは実際に潜孔虫を確認したわけではないようである。以上のことから、*Fraxinus*を寄主とする何らかの形成層潜孔虫が存在することは確実である。ただし、それが今まで述べてきたようにヒラタモグリガ科かハモグリバエ科のいずれかであると考えるのは、まだ時期尚早と言えるだろう。

現在までの知見では、ヒラタモグリガ科とハモグリバエ科の中のあるグループ(*Notiopostega*, *Opostegoides*, *Phytobia*の3属の中の一部の種)が、形成層潜孔虫であることが証明されてきた^{8,13,20,21,23,24,25,27,28,32}。しかし、これらが各々鱗翅目、双翅目に属する異なった系統の昆虫であること、およびこれら形成層潜孔虫と昆虫学上潜葉性昆虫と呼ばれる特殊な生態的特性を持ったグループとの間に分類学的類縁性が存在することなどを考慮すると、ヒラタモグリガ科、ハモグリバエ科以外の昆虫に形成層潜孔虫が出現する可能性を全く否定するわけにはいかないと思われる。特にヒラタモグリガ科、ハモグリバエ科には潜葉性昆虫が多数存在する^{20,32}ことから、潜葉性昆虫を含む他の分類群においても形成層潜孔虫が出現する可能性を示しているように思われる。そして、潜葉習性を持った昆虫が非常に多くの分類群において出現する事実から、今後ヒラタモグリガ科、ハモグリバエ科以外の第3の形成層潜孔虫が出現しないとは全く言い切れない。

以上の見解から、本研究では、調査樹種の中で過去の文献に同じような潜孔痕の記載されていないものについては、特に慎重を期して潜孔虫が不明なものとして扱った。図1dにその例を示す。潜孔痕が直線状の走行を示すタイプで、ヤマブドウ、オオカメノキで観察された。この潜孔痕については、今回の調査では幼虫を発見できず、また転回点についても確認できなかった。このような直線的な走行が、潜孔痕の一部でしかないのか、あるいは初めから終わりまでこのよう

な走行を示すのかについては今回断片的な観察しか行えなかったために明らかではない。したがって、今後の調査によってより詳しい観察がなされれば（例えば転回点が確認できれば）、潜孔虫の帰属について多少は具体的な推定を下し得るかもしれない。木口面における顕微鏡観察の結果から、この2樹種のピスフレック（肉眼的に見て大きなもの）は接線方向に長い短冊形を呈していることが明らかであり、この点では*Phytobia*によるピスフレックの特徴と一致している。しかし、上述した理由で潜孔虫の種類の推定を差し控えた。いずれにせよ、本研究で潜孔虫の確認がされていない樹種については今後の調査で潜孔痕との対応が明らかにされることが必要であろう。

以上の観察結果とそれについての考察から、潜孔痕による潜孔虫の推定は、図1のパターンに基づいてある程度便宜的に行うことが可能であろう。そして、潜孔痕の確認を行う際には、転回点の観察を行うことが最も重要であろう。これらの点と他の種々の特徴を考慮して、注意深く判断がなされるならば、潜孔痕のみの観察から潜孔虫の確認が可能になるかもしれない。そのためには、潜孔虫の種類と潜孔痕の対応について、より多くの事実に基づいた観察の蓄積が前提とされよう。これが可能になれば、ある限られた材片のみから、潜孔痕の一部の特徴と、樹種、ピスフレックの組織の特徴（例えば木口面におけるピスフレックの形）を照らし合わせることで潜孔虫の鑑定を行うことができるかもしれない。

引用文献

- 1) 日本木材学会 (1975) : 国際木材解剖用語集. 木材学会誌 21(9) : A1-A21.
- 2) PANSIN, A. J. and DE ZEEUW, C. (1980) : Textbook of wood technology. 4th. ed. 387-389, McGraw-Hill Book Co., New York.
- 3) 島地謙, 須藤彰司, 原田浩 (1976) : 木材の組織. 229. 森北出版.
- 4) 島地謙, 伊東隆夫 (1982) : 図説木材組織. 47. 地球社.
- 5) 島地謙他 (1985) : 木材の構造. 200. 文永堂出版.
- 6) 関谷文彦 (1933) : 木材に於ける褐色斑の実用的意義. 林学会雑誌 16(3) : 52-58.
- 7) WARD, J. C. and MARDEN, R. M. (1964) : Sugar maple veneer logs should be graded for pith flecks. Lake State For. Exp. Stn. Res. Note., LS-41 : 3.
- 8) HANSON, J. B. and BENJAMIN, D. M. (1967) : Biology of *Phytobia setosa*, a cambium miner of sugar maple. J. Econ. Entomol., 60 : 1351-1355.
- 9) 石田茂雄 (1983) : 木材の欠点の二・三について-3-. 北方林業 35 : 87-90.
- 10) 松崎清一 (1983) : 広葉樹材のピスフレック. 北方林業 35 : 16-19.
- 11) 田中潔, 松崎清一 (1983) : ダケカンバ材のピスフレック. J. Jap. For. Soc., 65(7) : 262-267.
- 12) 松崎清一, 田中潔 (1983) : 北海道産広葉樹材のピスフレック. 94回日林論 : 535-537.
- 13) 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.
- 14) 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 : 7-12.
- 15) 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

- クの発生部位. 日林誌 72(6) : 508-512.
- 16) 石浜宣夫, 深沢和三, 大谷 諄 (1990) : 北海道産広葉樹材のビスフレックの発生と顕微鏡観察. 日本木材学会北海道支部講演集 22 : 5-9.
 - 17) 関谷文彦 (1933) : 木材の褐色斑について. 三重高農学術報告 2 : 3-18.
 - 18) 山林暹 (1938) : 朝鮮木材の識別. 287-289. 朝鮮総督府林業試験場.
 - 19) SUSS, H. and MÜLLER-STOLL, W. R. (1980) : Das fossile Holz *Pruninium gummosum* Platen emend. SÜSS u. MÜLLER-STOLL aus dem Yellowstone Nationalpark und sein Parasit *Palaeophytobia prunorum* sp. nov. nebst Bemerkungen über Markflecke. In Vent. W., 100 Jahre Arboretum (1879-1979) : 343-364.
 - 20) DAVIS, D. R. (1989) : Generic revision of the Opostegidae, with a synoptic catalog of the world's species (Lepidoptera : Nepticuloidea). *Smithson. Contrib. Zool.*, 478 : 1-97.
 - 21) GROSSENBACHER, J. G. (1910) : Medurally spots : A contribution to the life history of some cambium miners. *N. Y. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 15 : 49-65.
 - 22) KNIGGE, W. and BONNEMANN, A. (1969) : Die Markfleckigkeit des Coigue-Holzes (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.). *Holz als Roh und Werkstoff.* 27(6) : 224-232.
 - 23) CAREY, P., CAMERON, S., CERDA, L. and GARA, R. (1978) : Ciclo estacional de un minador subcortical de coigüe (*Nothofagus dombeyi*). *Turrialba.* 28(2) : 151-153.
 - 24) 石上博國 (1982) : ビスフレックの形成とその原因となる形成層潜孔虫について. 昭和56年度北海道大学農学部卒業論文.
 - 25) 伊東拓也 (1984) : ビ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.
 - 26) KIENITZ, M (1883) : Die Entstehung der Markflecke. *Bot. Centbl.* 14 : 21-26, 56-61.
 - 27) GREENE, C. T. (1914) : The cambium miner in river birch. *J. Agr. Res.* 1(6) : 471-474.
 - 28) KANGAS, E. (1937) : Über die Braunfleckigkeit der Laubhölzer. *Ann. Ent. Fenn.* 3 : 33-39.
 - 29) LEE, N. R. (1953) : Note on a plum cambium miner (Agromyzidae). *Ann. Rep. East Malling Res. Sta.* : 78-79.
 - 30) MARTINEZ, M., GUMEZ, J. and MUNNIER, P. (1985) : Un ravageur mal connu : la mouche mineuse du cambium des peupliers. *Phytoma.* 372 : 51-53.
 - 31) SKELLY, J. M. and KEARBY, W. H. (1969) : A new technique to observe the activity of cambium miners. *Ann. Ent. Soc. America.* 62(4) : 932-933.
 - 32) SPENCER, K. A. (1990) : Host Specialization in the world Agromyzidae (Diptera). 1-444. Kluwer Academic Publishers.

Summary

About 40 species of broad-leaved trees were examined for the occurrence of pith flecks through the field survey in Hokkaido. At the same time, insects making these pith flecks were determined on the basis of the adults emerged, inhabiting larvae or the shape of cambium mines. The results are summarized as follows.

- 1) The pith flecks were found in 20 species of trees belonging to Salicaceae, Juglandaceae, Betulaceae, Rosaceae, Rutaceae, Aceraceae, Vitidaceae, Oleaceae and Caprifoliaceae (Table 2).
- 2) On the other hand, they were not observed in 25 species belonging to various families

(see Table 3).

2) An insect causing pith flecks in *Pterocarya rhoifolia* was determined as *Opostegoides* sp. (Opostegidae, Lepidoptera) based on the reared adult specimen. A cambium miner in *Juglans ailanthifolia* was assumed to be the same genus with that in *P. rhoifolia* on the basis of the larval characters and the shape of mines.

3) Cambium miners in *Prunus maximowiczii* and *P. ssiori* were identified as a fly belonging to *Phytobia* (Agromyzidae, Diptera) on the basis of the larvae collected.

4) Cambium miners making pith flecks in the other trees were deduced to belong to *Opostegoides* or *Phytobia* from the shape of their mines (Table 2). But some cambium mines occurring in *Vitis coignetiae*, *Fraxinus mandshurica* var. *japonica* and *Viburnum furcatum* were different from those of *Opostegoides* and *Phytobia* in mining pattern.

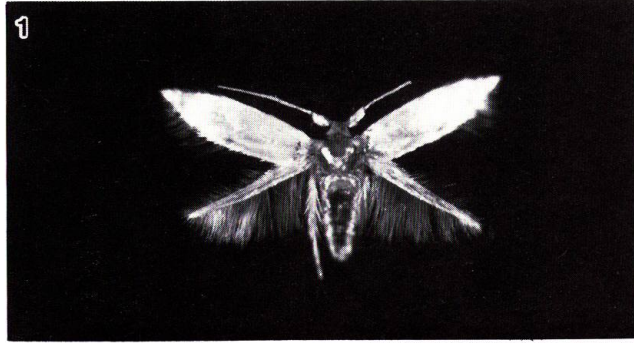
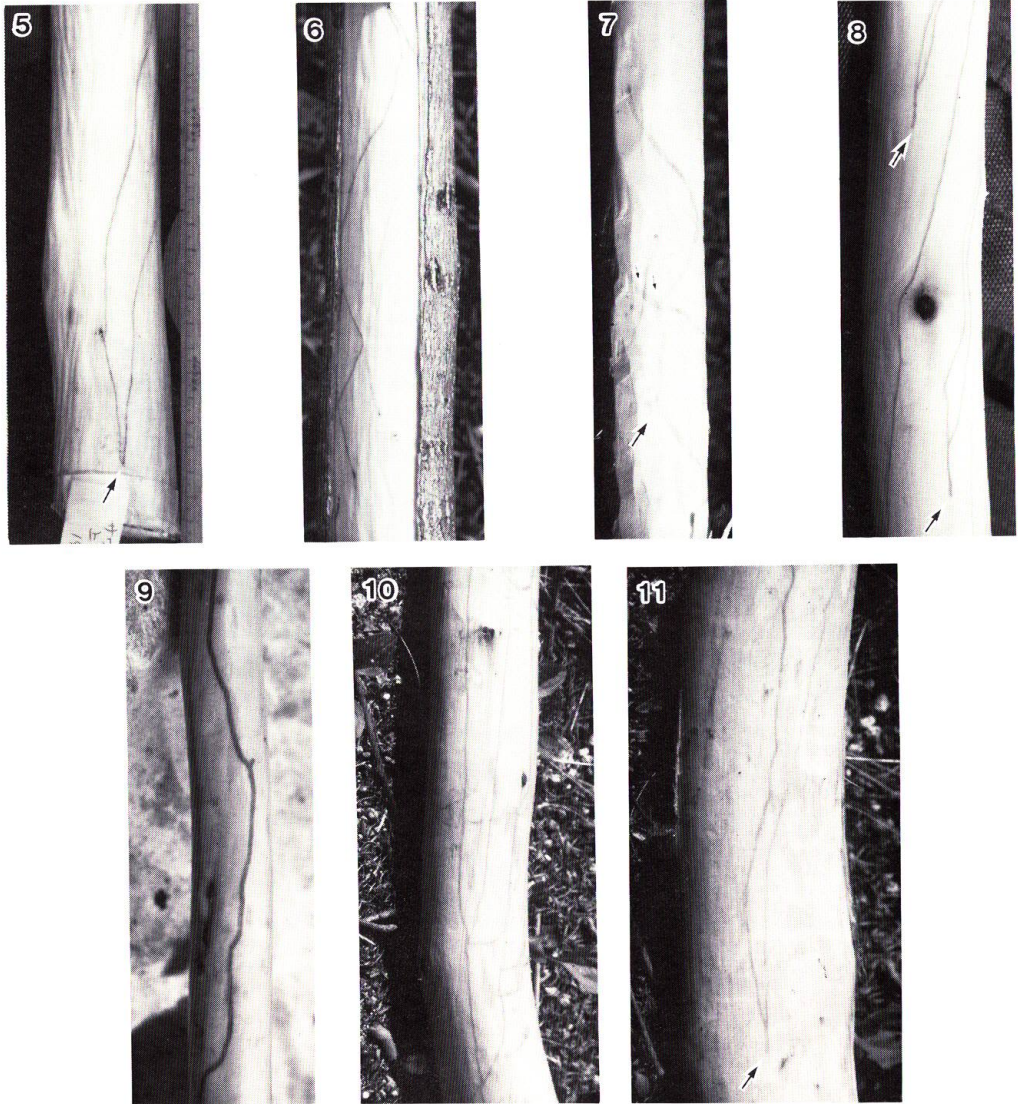


Photo 1. An adult of *Opostegoides* sp. in *Pterocarya rhoifolia*.

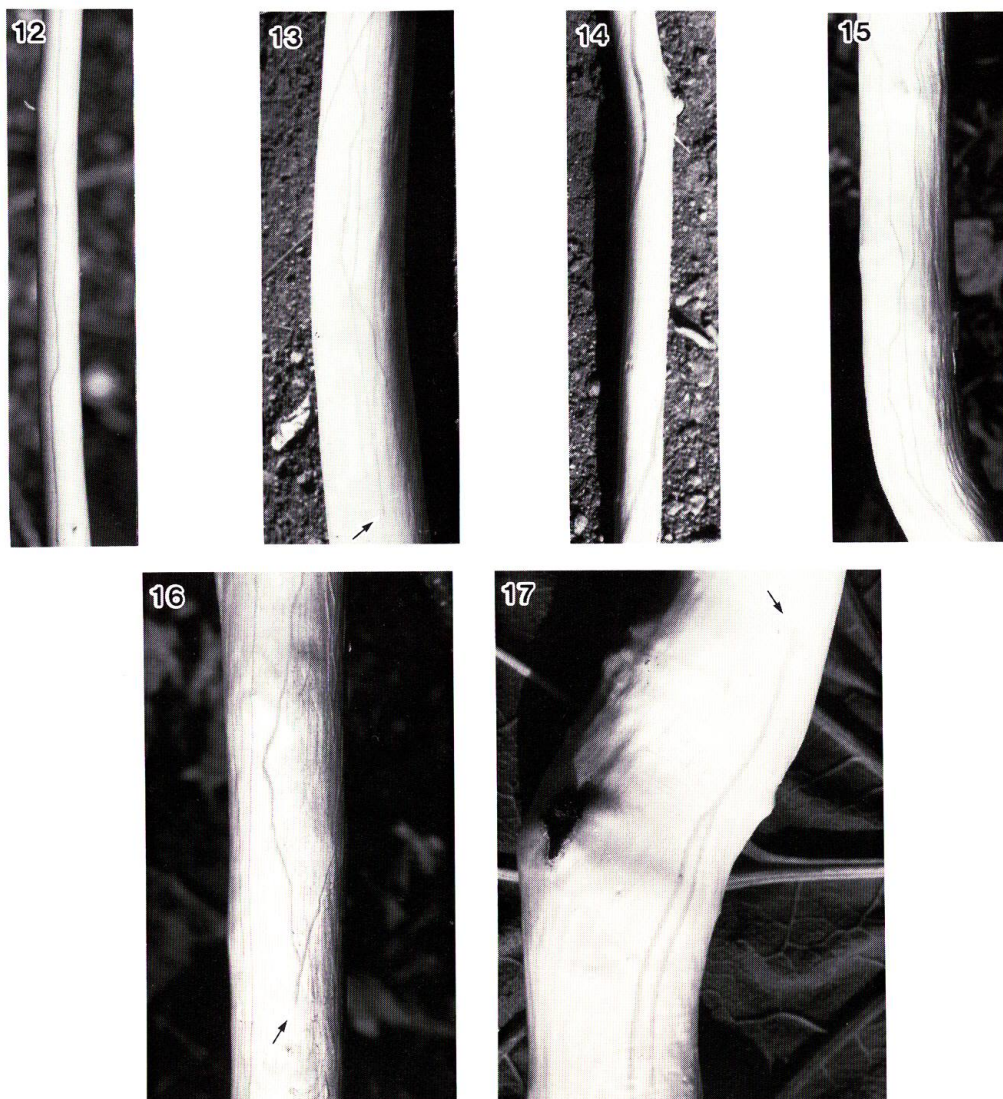
Photo 2. A larva of *Opostegoides* sp. mining in *Juglans ailanthifolia*. Arrow shows the larval head.

Photo 3. A larva of *Opostegoides* sp. mining in *Pterocarya rhoifolia*. Arrow shows the larval head.

Photo 4. A larva of *Phytobia* sp. mining in *Prunus maximowiczii*. Arrow shows the larval head.



- Photo 5. The larval gallery of *Opostegoides* sp. was observed in *Pterocarya rhoifolia*. Arrow shows turning point.
- Photo 6. The larval gallery of *Opostegoides* sp. was observed in *Juglans ailanthifolia*. The larval gallery is zig-zag-shaped.
- Photo 7. The larval gallery was thought to be made by *Phytobia* in *Salix hultenii* var. *angustifolia*. This photo was obtained by shaving the sapwood surface. Large arrow shows the forking, and small one shows the crossing.
- Photo 8. The larval gallery was thought to be made by *Phytobia* in *Salix hultenii* var. *angustifolia*. This photo was obtained by stripping off the bark. Arrows show turning points.
- Photo 9. The larval gallery was thought to be made by *Phytobia* in *Alnus hirsuta*. Note the short branch.
- Photo 10. The larval gallery of *Phytobia* sp. was observed in *Prunus maximowiczii*. Note the prominent forkings.
- Photo 11. The larval gallery of *Phytobia* sp. was observed in *Prunus maximowiczii*. Arrow shows turning point.



- Photo12. The larval gallery of *Phytobia* sp. was observed on the twig of *Prunus maximowiczii*. Note relatively straight gallery.
- Photo13. The larval gallery of *Phytobia* sp. was observed in *Prunus ssiiori*. Note turning point (arrow) and relatively winding gallery.
- Photo14. The larval gallery of *Phytobia* sp. was observed on the twig of *Prunus ssiiori*. Note spiral gallery.
- Photo15. The larval gallery was thought to be made by *Phytobia* in *Zanthoxylum piperitum*. Note relatively winding gallery.
- Photo16. The larval gallery was thought to be made by *Phytobia* in *Zanthoxylum piperitum*. Arrow shows turning point.
- Photo17. The larval gallery was thought to be made by *Phytobia* in *Acer mono*. Turning point (arrow) is toward the crown.