

【研究報告】

ニホンカラマツヒラタハバチ (*Cephalcia lariciphila japonica*) の 発生消長と生態

——玉川大学弟子屈演習林におけるカラマツ林およびグイマツ林の被害実態——

真宮靖治¹・村上智子¹・溝部大司郎¹・阿見雅之¹・興津真行¹・金子智洋¹・山岡好夫²

要 約

1994年に玉川大学弟子屈演習林のカラマツとグイマツの林分で、ニホンカラマツヒラタハバチによる失葉被害が発生した。弟子屈町内のカラマツ林では1993年に北海道では初めてニホンカラマツヒラタハバチが大発生した。演習林で継続する被害発生に対応して1995年から1999年にわたり、カラマツ林分とグイマツ林分の被害発生経過とニホンカラマツヒラタハバチの発生動態を追跡調査した。5年間の被害発生と被害程度は同様な経過をたどり、被害の終息には至らなかった。林地土壤中越冬した潜土幼虫は羽化後、6月上旬以降に地中から脱出、飛翔して樹冠にいたった。樹冠到達前に雌雄は交尾を行うが、その性比は雄成虫が雌成虫の50倍以上にもなる高い比率を示した。針葉に産みつけられた卵から孵化発育した幼虫により針葉の食害が進み、6月下旬以後、幼虫数の増加と摂食活動は8月上旬を最盛期として8月下旬まで続いた。8月下旬から9月上旬には、成熟した幼虫は樹冠から地上に落下し、潜土幼虫となり土壤中へと潜行した。樹上幼虫の摂食最盛期となる8月上旬の排糞量をもとにして算出した林地単位面積当たりの幼虫密度は各年次を通じ、カラマツ林分での密度がグイマツ林分より有意に高かった。また、土壤中の潜土幼虫の密度もカラマツ林分でグイマツ林分より高く、有意な差があった。8月上旬、樹冠針葉を食害していた幼虫数は各年次を通じ、カラマツでグイマツより多かった。両樹種間における幼虫密度や食害量の差は、失葉被害の差を裏付けていた。カラマツ林の失葉被害はグイマツ林より激しかった。幼虫の針葉食害による立木成長の減退は被害木の樹幹解析の結果からカラマツ、グイマツ両樹種ともに示された。演習林におけるニホンカラマツヒラタハバチによる被害発生は2000年以降も数年にわたり継続した。

キーワード：被害発生経過、排糞量、幼虫密度、材積成長

はじめに

1993年に北海道東部のカラマツ林でニホンカラマツヒラタハバチ (*Cephalcia lariciphila japonica* Shinohara, 1997) が大発生した (福山ら, 1994; 佐藤, 1996)。弟子屈町屈斜路に位置する玉川大学弟子屈演習林 (以下、演習林) でも1994年に初めてニホンカラマツヒラタハバチの被害発生が確認された (真宮ら, 1995)。隣接する国有林のカラマツ林では1993年にすでに本種による被害が発生していた。演習林では同一林小班に植栽されたカラマツ (*Larix kaempferi* (Lamb.) Carriere) とグイマツ (*L. gmelinii* var. *japonica* Pilger) に被害が及んだが、両樹種では被害の程度に明らかな差があった (真宮ら,

1995)。

北海道では1993年の弟子屈町のカラマツ林におけるニホンカラマツヒラタハバチの大発生につづき、1994年に道央のカラマツ林でカラマツヒラタハバチ (*Cephalcia koebeleri* Rohwer, 1910) と、ニホンアカズヒラタハバチ (*Acantholyda nipponica* Yano and Sato, 1928) の両種が同時に大発生した (Ozaki *et al.*, 2004)。道央での発生は1999年には終息にいたったが (Ozaki *et al.*, 2004)、道東で広がったニホンカラマツヒラタハバチの大発生は、発生から10年近くつづいた (上田・原, 2006, 2007, 2008; 上田ら, 2009)。演習林での被害推移については、2002年過ぎて軽減にいたった。弟子屈町における他のカラマツ人工林での調査結果によると、

¹ 元玉川大学農学部農学科 東京都町田市玉川学園6-1-1

² 玉川大学農学部生産農学科 東京都町田市玉川学園6-1-1

責任著者：真宮靖治 cbl01545@nifty.com

1997年に被害が発生したのち、2007年にいたって被害は減少している（坂西ら、2008）。

ニホンカラマツヒラタハバチのカラマツ林での大発生は北海道では初めてであったが、本州では1982年に長野県岡谷市郊外のカラマツ林での大発生が報じられていた（小島、1983）。大発生した当該種についてはカラマツヒラタハバチ（*C. koebeli* Rohwer, 1910）と同定されていたが、その後ニホンカラマツヒラタハバチと改められた（Shinohara, 1997）。また、矢野が1920年に報じた山梨県におけるカラマツヒラタハバチの大発生についても、記載された形態からニホンカラマツヒラタハバチによるものと推定された（Shinohara, 1997）。

北海道におけるカラマツは明治中期以降に造林が始まり、以後トドマツに次ぐ造林樹種として主要な位置を占めてきた。1975年にはカラマツ林の面積は約15万haに達し、北海道における人工林の40.3%を占めた（和ら、1998）。現在は、北海道における全人工林の約30%を占める46万haほどとなっている。グイマツはサハリン、千島列島に分布していて、北海道には天然分布していない。また人工林もごく小面積に限られている。

1994年に演習林で発生したニホンカラマツヒラタハバチは当初、近隣のカラマツ林で前年発生した *Cephalcia* 属の未知種（福山ら、1994；佐藤、1996）と同種とされた。1997年に本種が *Cephalcia lariciphila japonica* として亜種記載され（Shinohara, 1997）、演習林で発生している種の形態が記載内容と一致することが確認された。演習林では、1976年にカラマツとグイマツが合わせて1.5 haにわたって植栽されていた。カラマツ、グイマツ両林分ともに大発生したニホンカラマツヒラタハバチの食害によって顕著な失葉がみられたが、カラマツとグイマツ両樹種間の被害程度には明らかな差異が認められた（真宮ら、1995）。ニホンカラマツヒラタハバチ幼虫による針葉の食害はカラマツでグイマツより顕著であった。本報では演習林に発生したニホンカラマツヒラタハバチの発生消長を1995年から1999年にわたって追跡した結果を示すとともに、カラマツとグイマツ両樹種間におけるニホンカラマツヒラタハバチによる食害量の差異を明らかにした。

調査方法

調査地概要

弟子屈演習林は北海道川上郡弟子屈町屈斜路に位置し（43°42'N, 144°30'E）、西側は屈斜路湖に面し、他は主に

カラマツ造林地に囲まれている。面積47 haの演習林内は20年生以上のトドマツ、エゾマツの造林地が75%を占めている。林地の傾斜は緩くほぼ平坦である。土壌は種々の年代のスコリア、軽石層の上に火山灰が堆積して形成されている。

調査区設定

調査区は1-6および1-10の2林小班内にある1976年植栽のカラマツおよびグイマツの林分に設定した（図1）。

1994年における各林小班調査区の立木本数は表1に示すとおりであった（三浦、1995）。1-6および1-10林小班に生育するカラマツの平均樹高は14 m、グイマツは11.5 m、平均胸高直径はカラマツ16.7 cm、グイマツ13 cmであった（三浦、1995）。1-6林小班内では、西側斜面下部の区画に位置するカラマツ林分0.35 haとグイマツ林分0.17 haを調査区として設定した（以下、各調査区を6K、6Gと表示する）。1-10林小班では1 ha（100 m × 100 m）内に0.25 haずつ4区画に分けてカラマツとグ

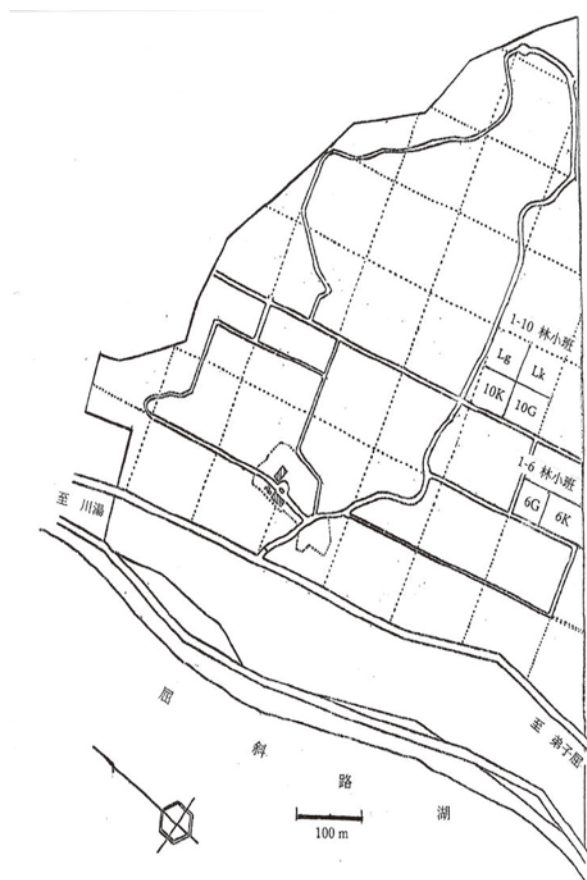


図1 弟子屈演習林に設定した調査区位置図
各区画は林小班を示す。調査区は1-10林小班と1-6林小班に設定。
6K、10K：カラマツ調査区、6G、10G：グイマツ調査区。

表1 各林小班における立木本数

樹種	林小班	面積 (ha)	立木本数 (本)	
			1976年	1994年
カラマツ	1-6	0.33	1365	712
	1-10	0.25	1050	266
グイマツ	1-6	0.17	735	276
	1-10	0.25	1050	435

イマツがそれぞれ植栽されており、西側斜面下部のカラマツ、グイマツ林分それぞれ0.25 haを調査区として設定した(以下、各調査区をそれぞれ10K, 10Gと表示する)。

演習林の南約15 kmに位置する気象庁弟子屈観測所(弟子屈町弟子屈原野, 43°30.6'N, 144°28'E, 標高170 m)によるAMeDASデータを用いて1994年から1999年にかけての各月平均気温と降水量を図2に示した。

成虫の捕獲と幼虫の飼育

捕虫網による捕獲：1995年から1999年を通じ、毎年6月20日前後にニホンカラマツヒラタハバチ羽化成虫を捕虫網によるスイーピング法で捕獲収集した。1995年6月20日に捕獲した羽化直後の成虫については雌雄をともにしてプラスチック製容器中に短枝葉のついたカラマツの生枝とともに入れ、気温18℃、日長16時間に設定した人工気象器内で飼育した。雌雄交尾後に産卵された卵から孵化した幼虫は、1頭ずつカラマツの短枝葉がついた枝の入った別な容器に移して気温20℃、日長16時間に設定した人工気象器内で飼育して孵化後の幼虫の発育経過を追跡した。短枝葉は随時新鮮なものと取り替えた。排泄された糞については2日おきに採集し、その粒数と絶乾重量 (g) を記録した。

樹上幼虫の捕獲と飼育：1995年から1998年の各年次において、7月末から8月はじめにかけて伐倒したカラマツおよびグイマツの枝からニホンカラマツヒラタハバチ幼虫を採集した。幼虫は長さ10 cmの短枝葉のついた枝を入れた径9 cmのシャーレ内で1頭ずつ飼育した。シャーレの底には湿った濾紙を敷いて湿度を保った。

幼虫は気温20℃、日長16時間に設定した人工気象器内で飼育した。カラマツ林、グイマツ林それぞれから採集した幼虫は、対応する同じ樹種の枝で飼育した。葉が食べつくされたら新鮮な枝と取り換えた。幼虫が排泄する糞を1日から3日の間隔で採集し、その絶乾重と粒数を記録した。

粘着トラップによる成虫の捕獲：土中から羽化脱出し

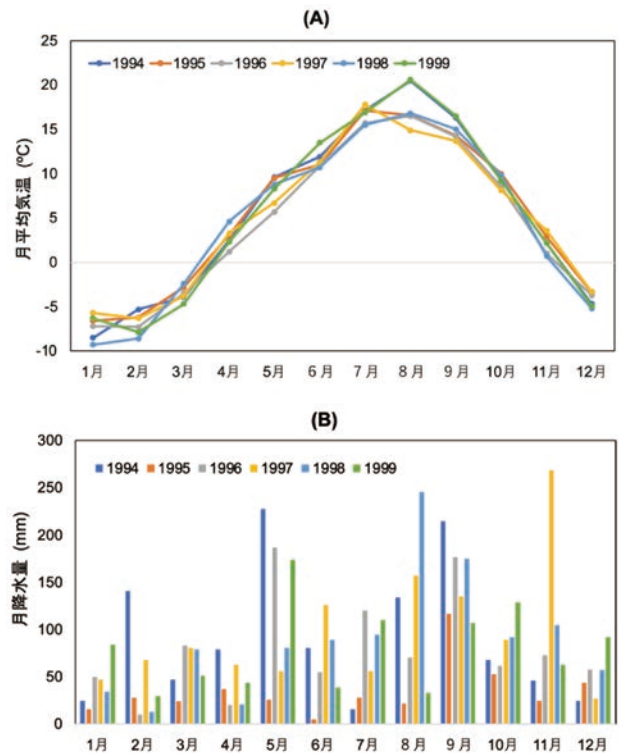


図2 気象庁弟子屈観測所のAMeDASデータによる月平均気温 (A) と降水量 (B)

た成虫を捕獲するため樹幹に粘着テープ (アース製薬株式会社製カミキリホイホイ, 8×50 cm) を設置した。

1999年6月16日に各調査区で、林縁沿い1本おきに5本、林内に向かって1列おきに4列、計20本の供試木を設定して (各供試木間の距離は約5 m)、各供試木の樹幹胸高部 (地上高1.2 m) に粘着テープをガンタッカーで貼り付けた。設置2日後に粘着テープに付着していた全てのニホンカラマツヒラタハバチ成虫を雌雄別に計数した。

樹上幼虫の排糞量調査

各年次6月中旬に各調査区内で排糞トラップを設置して樹上幼虫の排糞量を計測した。トラップには天竺木綿 (並幅84 cm) を使用した。台形にした2枚の布の両端を縫い合わせ、上部を長さ225 cmのポリエチレン製チューブに固定して円形を作り、下部を絞って逆三角錐型のトラップとした (開口部の表面積は0.41 m²)。トラップの上面4カ所をそれぞれ4本の塩化ビニール製の棒に地上高1.7 mで固定した。調査区ごとに10個のトラップを林内にできるだけ広く分散させて無作為に配置した。各年次において、6月に設定後8月上旬まで、8月上旬の数日

間、8月上旬から9月下旬までの3期間における排糞を採取してトラップごとの絶乾排糞量を計測した。

立木伐倒による樹上幼虫調査

調査実施の各年次を通じ、7月末から8月初頭にかけて各調査区で任意に選んだ1本の立木を伐倒した。伐倒木の全ての枝を切り落とし、枝の長さを測定するとともに、枝ごとの幼虫数を数え、立木1本についての全幼虫数を求めた。1998年および1999年には樹上幼虫の落下状況を知るため、9月にも各調査区で任意に1本選んで伐倒し、林冠から上、中、下各段5本の枝を選び幼虫数を調べた。

潜土幼虫生息数調査

各調査区の中央で15 m × 15 mの方形区を設定し、その角地に位置する立木4本を選び、各立木の根元から東西南北の4方向に50 cm離れた4カ所で土壌を採取した。採取に当たっては落葉層を取り除いて20 cm × 20 cmの範囲の土壌を20 cmの深さで掘り取った。採取した土壌中にいる全ての潜土幼虫を数えた。調査は、1995年9月9日、1996年9月8日、1997年9月5日、1998年9月7日～9日、1999年9月25日に行った。

樹幹解析

ニホンカラマツヒラタハバチ幼虫の食害による樹木成長への影響を明らかにするため、調査対象木の樹幹解析を行った。各調査区で任意に選んだカラマツ、グイマツそれぞれ2本の調査木を伐倒して、樹幹解析のための円板を採取した。パソコンPC-9801用の樹幹解析ソフト(STEM ANALYSIS {PC-8801}-Ver.2.0 coded by Seiji Ishibashi)を用いて解析を行った。調査は1997年9月5日に伐倒した立木について行った。

データ解析

ニホンカラマツヒラタハバチ幼虫の排糞量、樹上密度、潜土幼虫密度について、各調査区における樹種間の平均値の差の有意性をt検定で確認した。

結果

羽化成虫の捕獲

捕虫網によるスーピング法で捕獲したニホンカラマツヒラタハバチ成虫の性比は表2に示すとおりであった。地中から羽化脱出後、林床を覆うミヤコザサの葉上

を群飛する成虫は雄に大きく偏っていた。ミヤコザサ葉上などで観察された雌雄の交尾行動は、1頭の雌に多くの雄が群がる様子が観察された。また、カラマツやグイマツの樹幹上で交尾するものも観察された。

1999年6月16日に設置した粘着トラップに2日間で捕獲された成虫数と雌雄の性比を表3に示した。捕獲された成虫数にはトラップごとに大きなばらつきがあったが、調査区ごとの合計捕獲成虫数ではカラマツ林の方がグイマツ林より多かった。1トラップ当たりの平均捕獲成虫数については、1-10林小班のカラマツ林とグイマツ林との間で差がみられなかった($p < 0.05$, t検定)一方、1-6林小班の調査区では、カラマツ林とグイマツ林での平均捕獲成虫数に有意な差($p < 0.05$, t検定)があり、カラマツ林でグイマツ林より多かった。どの調査区でも雄成虫が雌成虫より多かった。

個々のトラップの捕獲成虫数を図3に示した。トラップの設置位置と各トラップの捕獲成虫数との関連性をみるためI δ 指数による解析を行った。いずれの調査区でも集中分布を示す結果であり(I $\delta > 1$)、羽化脱出成虫のトラップによる捕獲が調査区内で一様ではないことを示した。それぞれのトラップでは下段での捕獲が共通していて、中段、上段には捕獲成虫はほとんど見られなかつ

表2 捕虫網によるニホンカラマツヒラタハバチ成虫の捕獲

年次	捕獲月日	捕獲成虫数	性比♀/♂
1996	6/20	129	1/17
1997	6/19	673	1/44
1998	6/16～19	211	1/5
1999	6/15～18	281	1/17

表3 粘着トラップによるニホンカラマツヒラタハバチ成虫の捕獲

調査区	捕獲成虫数/20トラップ			平均捕獲成虫数/トラップ*		
	♂	♀	計	♂	♀	計±SD
10K (性比)	1477 70	21 1	1498	73.9	1.1	74.9 ± 121.56
10G (性比)	647 92	7 1	654	32.4	0.4	32.7 ± 69.85
6K (性比)	1740 50	35 1	1775	87.0	1.8	88.8 ± 113.52
6G (性比)	312 78	4 1	316	15.6	0.2	15.5 ± 43.26

1999年6月18日計数：*各調査区20トラップの平均値

た。1998年の同じ時期に行った予備調査でもトラップでの捕獲は同様にほぼ下段に限られていた。1999年8月

2日に回収した全てのトラップでは、粘着テープ全面に多数の成虫が付着していた。

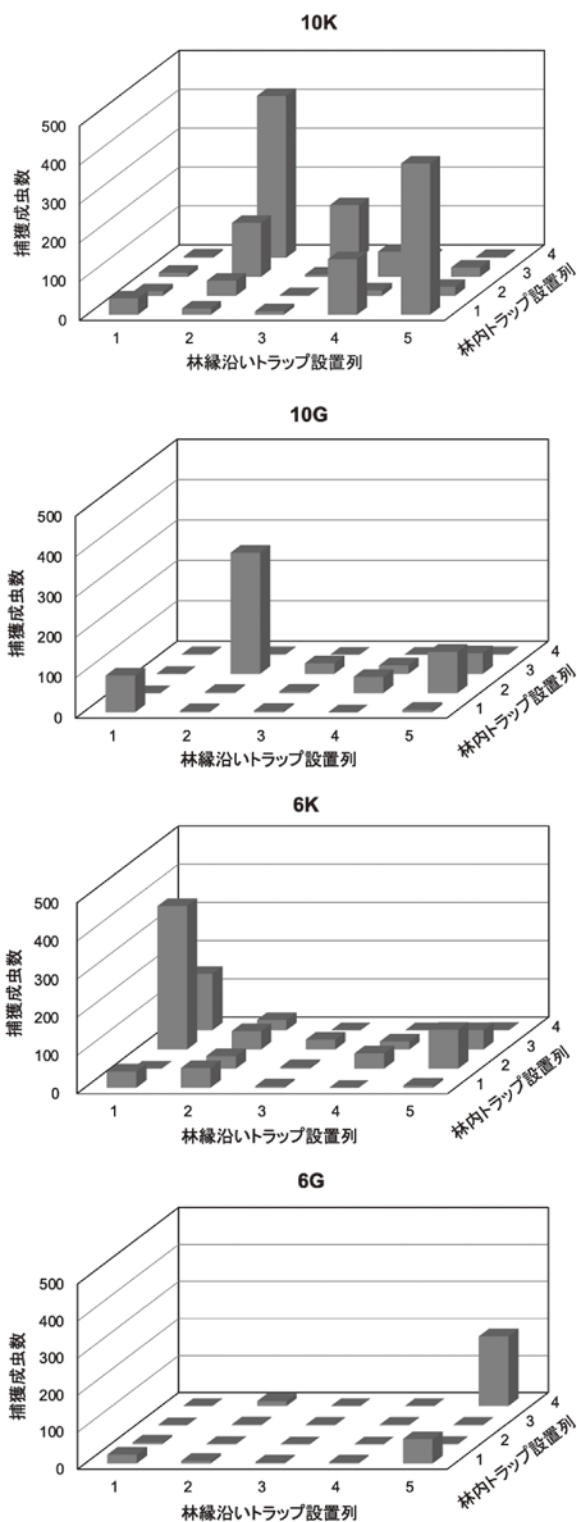


図3 粘着トラップに捕獲されたニホンカラマツヒラタハバチ成虫数

幼虫の発育と排糞量

1995年6月20日にスーピング法で採集した成虫が産卵した61個の卵のうち10個が孵化し、その10頭のうち6頭が潜土幼虫まで育った。卵期間は9日で、20日～25日の摂食期間を終えて潜土幼虫にいたった。摂食期間中の1日あたりの排糞量は48個、8.1 mgであった。

樹上幼虫をカラマツおよびグイマツの短枝葉で飼育した結果を表4に示した。摂食期間中の排糞の粒数と重量は年次間で差はなく、1頭あたりの1日の排糞重量を示すことができた(図4)。しかし、樹種間では有意な差がみられ、カラマツでグイマツより多かった。孵化後、潜土幼虫にまで達した幼虫は1995年では80～90%であったが、1996年、1997年、1998年は20～30%と低かった。

シャーレ内飼育での観察結果によると、成虫は1針葉に1個の卵を産み付けていた。孵化した幼虫は針葉を根元から切り取り巣に運んで摂食した。また短枝葉から短枝葉への移動は巣を拡大しながら行っていた。幼虫は単独で巣を作り、樹上の幼虫の観察でも群棲は認められなかった。

樹上幼虫の排糞量と幼虫密度

各年次3回にわたり回収した時期別の1日当たりの排糞量を表5に示した。各年次2回目の回収排糞量が最も多かった。各年次2回目回収の1トラップ当たり平均排糞重量を図5に示した。各年次の回収排糞量は1-6、1-

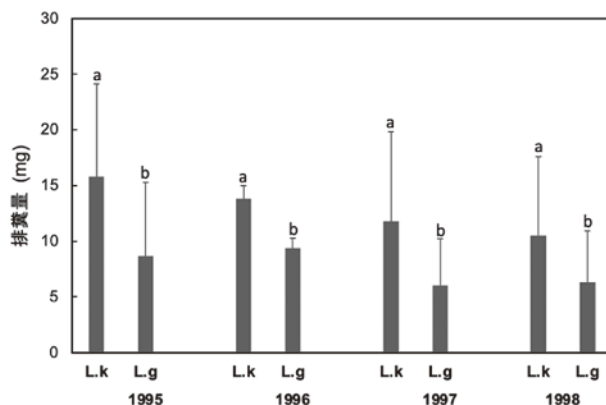


図4 飼育幼虫の排糞量

L.k: カラマツ, L.g: グイマツ. エラーバーは標準偏差を, エラーバー上のアルファベットは各年次における樹種間の有意差の有無を示す ($p < 0.05$, t検定).

表4 ニホンカラマツヒラタハバチ幼虫のシャーレ内飼育

飼育条件	年次	採集日*	飼育個体数	体長(mm)**	摂食日数	糞粒数/頭/日	糞粒量(mg)/頭/日
カラマツ針葉	1995	7/27～8/2	16	no data	3.6 ± 0.5	69.1 ± 23.9	15.8 ± 8.3
	1996	8/2～5	38	12.4	9.8 ± 0.5	45.5 ± 2.60	13.8 ± 1.2
	1997	8/2	47	15.2	6.7 ± 2.4	34.9 ± 16.2	11.8 ± 8.0
	1998	7/29～31	105	14.5	8.2 ± 4.5	30.9 ± 17.3	10.5 ± 7.1
グイマツ針葉	1995	7/27～8/2	19	no data	3.9 ± 2.1	61.8 ± 23.9	8.7 ± 6.6
	1996	8/2～5	41	11.9	7.7 ± 0.6	38.5 ± 2.20	9.4 ± 0.9
	1997	8/2	26	15.3	6.6 ± 2.1	22.7 ± 10.1	6.0 ± 4.2
	1998	7/29～31	69	13.1	6.6 ± 3.4	25.1 ± 22.6	6.3 ± 4.6

* 樹上幼虫の採集日 ** 調査対象幼虫を計測 (摂食日数 ± SD, 糞粒数 ± SD, 糞粒量 ± SD)

表5 ニホンカラマツヒラタハバチ樹上幼虫の排糞量*

年次	採集日	採集期間	10K	10G	6K	6G
1995	7月27日	37日	0.32 ± 0.064	0.09 ± 0.028	0.37 ± 0.057	0.07 ± 0.031
	8月2日	6日	3.01 ± 0.782	0.54 ± 0.267	3.61 ± 0.798	0.69 ± 0.227
	9月7日	39日	0.87 ± 0.147	0.29 ± 0.128	1.03 ± 0.160	0.45 ± 0.136
1996	8月1日	43日	0.15 ± 0.017	0.09 ± 0.013	0.17 ± 0.034	0.10 ± 0.022
	8月5日	4日	0.84 ± 0.118	0.48 ± 0.065	0.89 ± 0.325	0.41 ± 0.124
	9月8日	34日	0.71 ± 0.157	0.36 ± 0.088	0.82 ± 0.143	0.35 ± 0.157
1997	7月30日	43日	0.42 ± 0.052	0.17 ± 0.066	0.38 ± 0.070	0.12 ± 0.022
	8月3日	5日	1.24 ± 0.155	0.46 ± 0.166	1.13 ± 0.160	0.32 ± 0.011
	9月5日	34日	0.40 ± 0.087	0.26 ± 0.079	0.37 ± 0.090	0.18 ± 0.038
1998	7月27日	41日	0.18 ± 0.025	0.04 ± 0.010	0.14 ± 0.029	0.34 ± 0.007
	7月31日	4日	0.77 ± 0.106	0.13 ± 0.040	—	—
	9月7日	38日	0.92 ± 0.090	0.22 ± 0.076	0.95 ± 0.135	0.19 ± 0.096
1999	8月2日	47日	0.19 ± 0.029	0.10 ± 0.024	0.37 ± 0.044	0.09 ± 0.017
	8月3日	1日	3.19 ± 0.374	0.97 ± 0.473	2.22 ± 0.397	0.41 ± 0.170
	9月26日	49日	0.12 ± 0.052	0.07 ± 0.015	0.14 ± 0.027	0.05 ± 0.013

*1トラップ1日当たりの排糞量 (重量g ± SD)

10両林小班ともにカラマツ調査区でグイマツ調査区における排糞量よりも有意に多かった。3回目の回収では幼虫は潜土幼虫へと進み多くが地上へ落下した結果を排糞量は反映していた。

各年次の2回目回収の排糞量につき、樹上幼虫の飼育結果から導いた幼虫の1日当たりの排糞重量をもとに求めた単位面積当たりの幼虫密度を図6に示した。各年次を通じカラマツ林における幼虫密度はグイマツ林における幼虫密度よりも有意に高かった。

立木伐倒による樹上幼虫の生息状況

伐倒木のすべての枝について生息する幼虫を計測した

結果を表6に示した。7月下旬～8月上旬における生息数は各年次でカラマツにおいてグイマツより多かった。

潜土幼虫の密度

各年次、各調査区における潜土幼虫の土壌中密度を図7に示した。各年次を通じ、1-6、1-10両林小班において潜土幼虫密度はカラマツ林でグイマツ林より有意に高かった。潜土幼虫密度は樹上幼虫密度を反映していた。

ニホンカラマツヒラタハバチ幼虫の食害による立木成長量への影響

各調査区における被害木の樹幹解析の結果を図8に示

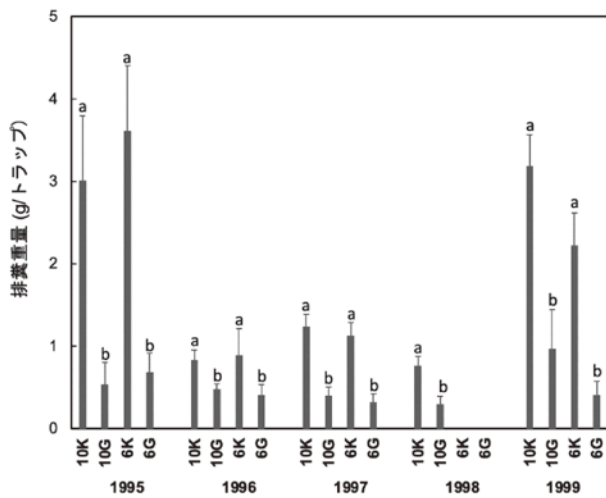


図5 各調査区における1トラップ当たりの平均排糞重量
 採集日：1995年8月6日，1996年8月5日，1997年8月3日，1998年7月31日，1999年8月3日．エラーバーは標準偏差を，エラーバー上のアルファベットは各年次における調査区間の有意差の有無を示す ($p < 0.05$, t検定)．

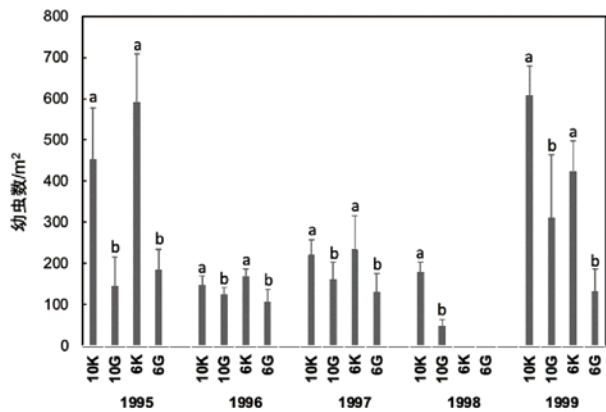


図6 各年次の調査区における幼虫密度

エラーバーは標準偏差を，エラーバー上のアルファベットは各年次における調査区間の有意差の有無を示す ($p < 0.05$, t検定)．

した．被害が発生した1994年（樹齢20年）以降の成長量については，カラマツ，グイマツともにその連年成長量が示すように明らかな減少傾向が認められた．

考察

ニホンカラマツヒラタハバチの発生動態

ニホンカラマツヒラタハバチ羽化成虫の土壤中からの脱出は6月中旬以降盛んとなり，林内での飛翔が見られるようになった．地上を覆うミヤコザサやフキなどの葉上での交尾活動とともに，樹幹上での交尾も観察された．

表6 立木1本当たりの全幼虫数

伐倒調査年月日	調査区	調査枝全数	調査枝全長(m)	全幼虫数	幼虫数/枝1m
1995年 7月31日	10K	—	—	—	—
	10G	—	—	—	—
	6K	118	88.3	2583	29
	6G	125	145.5	386	3
1996年 8月3日	10K	141	177.4	1763	10
	10G	115	136.7	456	4
	6K	159	79.4	1014	13
1997年 8月1日	6G	86	108.8	899	8
	10K	116	132.4	1885	14
	10G	208	181.2	447	2
1998年 7月29日	6K	82	81.1	698	9
	6G	149	135.6	299	2
	10K	114	101.5	1873	18
1998年 9月8日	10G	139	152.5	84	1
	6K	117	94.0	1364	15
	6G	132	122.6	82	1
1999年 8月5日	10K	—	—	—	—
	10G	—	—	—	—
	6K	15	21.7	0	0
1999年 9月25日	6G	15	22.2	0	0
	10K	122	79.0	514	7
	10G	81	59.2	59	1
1999年 8月5日	6K	111	59.5	403	7
	6G	75	56.5	53	1
	10K	15	21.9	0	0
1999年 9月25日	10G	15	13.8	0	0
	6K	15	11.4	0	0
	6G	15	17.3	0	0

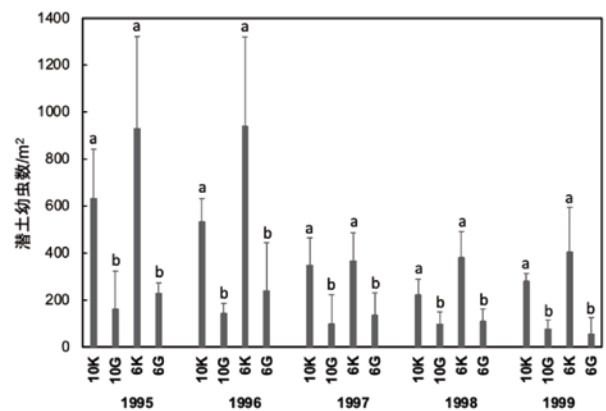


図7 潜土幼虫密度

エラーバーは標準偏差を，エラーバー上のアルファベットは各年次における調査区間の有意差の有無を示す ($p < 0.05$, t検定)．

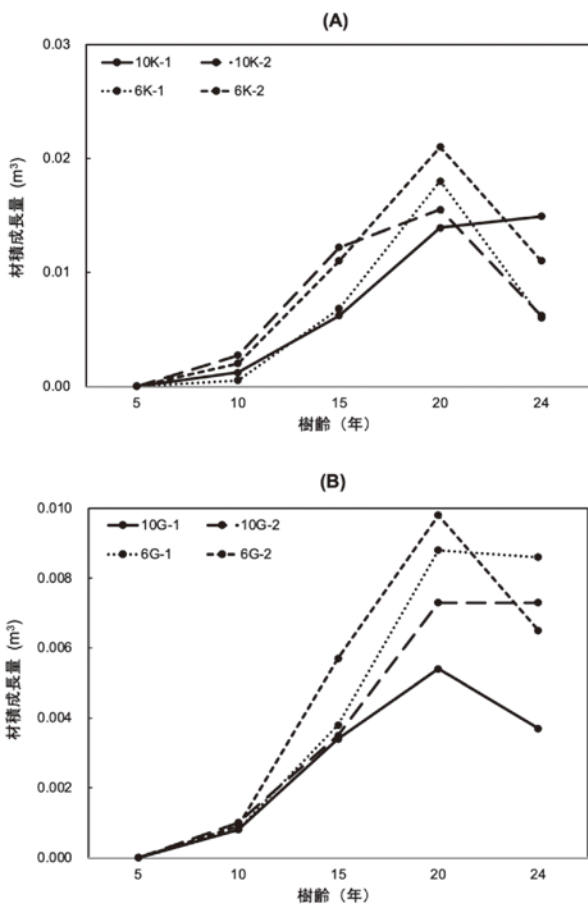


図8 被害木の成長量 (1997年樹幹解析結果)
(A) カラマツ, (B) ゲイマツ

樹幹に設置された粘着テープの観察によると、羽化脱出初期ではテープ下面での捕捉が主であり、このことから成虫が幹を登って樹冠に向かっていることが示唆された。一方、飛翔による樹冠への到達については、群飛する成虫の捕獲実態がその可能性を裏付けていた。

ニホンカラマツヒラタハバチでは雌成虫は雄成虫に比べて非常に少なく、粘着テープに捕獲された雌成虫は捕獲全成虫数の2%以下であった。飛翔する成虫の性比を考慮しても、成虫の飛翔による樹冠到達はあり得ることと考えられる。

エゾマツを加害するオオアカズヒラタハバチ (*Cephalcia ishikii* Takeuchi, 1930) については、雌成虫は飛翔力が弱く、たいていは幹を登って樹冠に到達するとされている (前藤・尾崎, 1994)。性比が1:1であるオオアカズヒラタハバチについて、幹に巻いた粘着テープに捕獲された成虫の80%が雌成虫であることがこれを裏付けていた (前藤, 1991)。

室内での飼育では、孵化後の幼虫は短枝葉を摂食しな

がら成長し、摂食期間20日前後で潜土幼虫へといたった。卵は短枝葉に1個ずつ産み付けられ、孵化した幼虫は吐き出した糸でトンネル状の巣房を形成し、その中で1頭ずつ生息する。小島 (1983) の観察では、ニホンカラマツヒラタハバチの樹上幼虫は糞を巣房外に排出するので、ほとんどの糞が巣に付着することなく落下する。オオアカズヒラタハバチ幼虫の糞は巣に付着するものが多いので (前藤ら, 1990)、落下する糞粒が少なくなるのと対照的である。

Cephalcia lariciphila に属する亜種ニホンカラマツヒラタハバチとは別の亜種、ユーラシアカラマツヒラタハバチ *C. lariciphila lariciphila* (Wachtl, 1898) はイギリスと中部ヨーロッパでカラマツ林の重要害虫とされてきた。チェコの Vetryny Jenikov (49°28'N, 15°30'E) で2001年から2004年にかけて発生した本種によるカラマツ林 (*Larix decidua*) の被害について、本種の生態や被害経過などが研究されている (Veipustkova and Holusa, 2006; Holusa and Kuras, 2009; Holusa, 2011)。4月中旬に始まり4月下旬から5月上旬を最盛期とする成虫の飛翔活動は弟子屈の例に比べるとかなり早い。一方、イギリスの例では、飛翔活動は5月中旬から6月中旬となっていて弟子屈での成虫の活動期間と近い (Billany and Brown, 1980)。本研究では雌成虫の樹上での産卵活動の追跡は行っていないが、チェコの例では産卵数32個との観察例が示されている (Holusa, 2011)。また、イギリスの例では、ユーラシアカラマツヒラタハバチ雌成虫1頭の産卵数として樹冠の短枝葉上で約30個が観察されている (Billany and Brown, 1980)。本研究では、卵期間は20°Cの温度条件下で9日であったが、これはチェコやイギリスの例とほぼ一致していた (Holusa, 2011; Billany and Brown, 1980)。幼虫の飼育結果によると摂食終了までの期間 (樹上幼虫期間に相当) は20日前後であり、成熟した幼虫は地上へと落下する。排糞トラップによる調査結果では、トラップ内への幼虫落下が見られるようになるのは8月中旬以降であった。9月上旬には樹冠の枝葉上には幼虫が見られなくなった。7月になると十分に成熟した幼虫が地上に落下するとのイギリスでの観察 (Billany and Brown, 1980) に比べると成熟・落下の時期は遅い。潜土幼虫密度に関しては、被害が初めて発生した1994年のカラマツ調査区で約1000頭/m²を記録して以後 (真宮ら, 1995)、調査期間を通じカラマツ調査区ではおよそ200~1000頭/m²の密度で推移した。同じ弟子屈町のカラマツ林では1997年の被害初発生時に922頭/m²であった潜土幼虫密度は、1999年までは200頭/m²以上で推移し、

以後2006年までの調査期間中は低密度(100頭台)であった(坂西ら, 2008). チェコのユーラシアカラマツヒラタハバチによるカラマツ被害林での調査結果では潜土幼虫密度200頭/m²以上が, すべての針葉が食害される危険値であるとされた(Holusa, 2011). なお, 演習林では, 200頭/m²を越える密度であっても, すべての針葉が食害しつくされるまでには至っていない.

演習林において, 潜土幼虫の土壤中からの羽化脱出後, 樹冠での産卵, 幼虫の発育・成熟, そして地上への落下と年間を通じての生活史は以下のとおりであった. 1月~6月上旬→潜土幼虫, 6月上旬~8月下旬→樹冠枝葉での成虫の産卵活動と幼虫の発育, 8月下旬~9月上旬→成熟した幼虫の樹冠から地上への落下, 9月~12月→潜土幼虫の越冬.

食害の材積成長への影響

ニホンカラマツヒラタハバチの針葉食害によりカラマツ, グイマツともに材積成長量が減少した. 材積成長量への影響はカラマツ, グイマツ両樹種ともに現れたが, カラマツへの影響がグイマツに対するより大きく, これは両樹種の受ける被害程度の差によると考えられる. イギリスのユーラシアカラマツヒラタハバチの加害を受けたカラマツ林では, 毎年繰り返される失業によって樹勢が衰えて樹高生成長や材積成長に大きく影響が現れたと報告されている(Billany and Brown, 1980). また, チェコの被害でも成長減退と材積成長への影響が確認されている(Veipustova and Holusa, 2006; Holusa, 2011). 演習林におけるカラマツ, グイマツの被害は, 落葉性の樹種であるため, 各調査年を通じてひどい針葉食害でも失業によって立木が枯死することはなかった. ただ, ごく少数のカラマツがカラマツヤツバキクイムシ(*Ips cembrae* Heer, 1836)による加害で枯死した例があり(10K区で4本, 1996年), ニホンカラマツヒラタハバチ加害による衰弱が二次被害を引き起こしたと推測された.

カラマツとグイマツの被害実態の差異

演習林ではカラマツ調査区(6K, 10K)の針葉食害はグイマツ調査区(6G, 10G)に比べて明らかに激しかった. 一望して両者の差は明らかであった. カラマツとグイマツそれぞれについて, 飼育成虫の排糞量, 羽化脱出成虫数, 樹上幼虫密度, 潜土幼虫密度などにおいて両樹種で明らかな差が認められた. いずれについても, カラマツの値がグイマツより大きかった. カラマツ属樹種間でニホンカラマツヒラタハバチによる被害程度の明確な差

が確認されたのはこれが初めての記録となる. このような差の発現に関わる機構の解明は今後の課題である. なお, イギリスにおいてユーラシアカラマツヒラタハバチの被害を受けた3種のカラマツ(*Larix kaempferi*, *L. decidua*, *L. eurolepis*)について, 被害発生の有無に関しては差がなかったとしているが, 被害程度の差についての言及はない(Billany and Brown, 1980).

被害軽減・終息と天敵生物の関与

被害軽減, 終息への経過に関わる要因については天敵生物の関与などが推測されているが, 明確な要因解明にはいたっていない. これまでに, 寄生菌, 昆虫病原性線虫, 天敵昆虫などにつき, 関与の実態解明が進められてきた. 演習林でも, 樹上幼虫, 潜土幼虫が*Beauveria bassiana*の寄生により白色菌糸におおわれた死体として頻度高く観察された. 潜土幼虫では死亡個体の30%ほどに本菌の寄生がみられることもあった. 演習林では土壤中の潜土幼虫, 蛹, 羽化成虫の死体から昆虫病原性線虫, *Steinernema tielingense* Ma et al., 2012が検出され, 林内の土壤中に広く生息分布することが確認された(真宮ら, 1995; 真宮ら, 2001; Mamiya et al., 2021). しかし本種の潜土幼虫に対する密度低減効果については解明にいたっていない. イギリスで日本のカラマツ(*L. kaempferi*)のほか数種のカラマツに大発生したユーラシアカラマツヒラタハバチによる被害では, 潜土幼虫に対する*Steinernema*属線虫の寄生が観察され, 寄生蜂などととも天敵生物の1種として注目された(Billany and Brown, 1980; Georgia and Hague, 1979). 報告では越冬した前蛹の10%が線虫に感染死亡していた例が示されている. さらに, 防除効果の実証的試験としてカラマツ林内において線虫懸濁液の散布試験も行われている(Georgis and Hague, 1988). *Steinernemma feltiae*(Filipjev, 1934) Wouts et al., 1982の土壤散布によりユーラシアカラマツヒラタハバチの前蛹が61%, 蛹が17.3%の死亡率を示し, 線虫による防除効果が示されたとした. 別種のヒラタハバチ(*Cephalcia abietis* Linnaeus, 1758)被害の例であるが, チェコスロバキアのトウヒ(*Picea* sp.)林で大発生した本種の潜土幼虫が*Steinernema kraussei*(Steiner, 1923) Travassos, 1927の寄生によって30%におよぶ死亡率を示し, さらに, この線虫の林地に対する施用試験では90%以上の殺虫率で効果があったと報告されている(Mráček and David, 1986).

道央におけるカラマツヒラタハバチ(*C. koebelei*)の大発生によるカラマツ林の被害が道東のニホンカラマツ

ヒラタハバチのそれに比べてより早くに終息した原因の一つとして、寄生蜂ヒメバチ (*Homaspis* sp.) の被害地での急速な増加傾向があげられた(原・林, 1999). ヒメバチの道東被害地への導入を目的に、実証試験が行われたが、この試験では明確な防除効果を示すにはいたらなかった(原・林, 1999). イギリスの林で発見されたヒメバチ科の *Olesicampe monticola* Hedwig, 1938 はユーラシアカラマツヒラタハバチの生物的防除への利用が試みられた (Billany and Brown, 1980). 施用によりヒラタハバチ幼虫の30%がヒメバチの寄生を受けていた.

今後の課題

ニホンカラマツヒラタハバチの大発生にいたる経過については十分に解明されていない。演習林で針葉の被害進行が目立ち、大発生が観察されたのは1994年で、前年には隣接する国有林で大発生が始まっていた。ニホンカラマツヒラタハバチの成虫はその飛翔活動で隣接する林分から侵入したと考えられるが、大発生を引き起こした成虫がその年すべて隣接林分から飛来したのかどうかは判然としない。それぞれの林分において個体数の増加が段階的に進んだ結果としての大発生なのか、大量の成虫飛来があった結果なのかを解明しなくてはならない。ユーラシアカラマツヒラタハバチでは潜土幼虫の密度が低い段階では被害が見過ごされ、枝葉の被害が目立つようになって被害発生に気付いたとされる例が示されている (Billany and Brown, 1980). ニホンカラマツヒラタハバチは北海道では未記録種であったので、被害初発生の地とされる弟子屈町における分布実態の解明が必要である。被害が終息した現在、林地における生息実態の解明は、次の大発生を予測するうえでも欠かせない。

あとがき

本研究は1995年から1999年にわたる玉川大学農学部林学研究室に所属する学生の卒業研究論文の成果をもとに取りまとめたものである。林学研究室では弟子屈演習林を実習の場として、4年生全員が参加して諸調査を行っていた。ニホンカラマツヒラタハバチの被害発生に対しても実習の一環として取り組んだ。卒業研究として取り組んだ学生は級友の援助のもとデータ採集などを行ったのである。このことを明記して各年度の級友諸君の協力に感謝する。

故杉本和永助教授(当時)は演習林実習で全般にわたる指導に当たっていたが、本研究にも深くかかわり、研

究遂行にご助力いただいた。ここに記して厚く謝意を表する。

謝辞

本研究を進めるに当たり、当時森林総合研究所北海道支所に在籍された福山研二博士、前藤薫博士(現神戸大学農学部教授)に懇切なるご指導を賜った。元森林総合研究所昆虫病理研究室長の故島津光明博士には昆虫病原糸状菌を同定していただいた。玉川大学農学部弟子屈牧場の宮正博、金井秀明両氏には弟子屈演習林の調査林分管理などでご助力いただいた。本論文の取りまとめに当たっては、東京大学千葉演習林の鎌田直人教授が原稿校閲の労を取ってくださった。これらの方々には心からのお礼を申し上げる。

引用文献

- Billany, D. J. and Brown, R. M. 1980. The web-spinning larch sawfly, *Cephalcia lariciphila* Wachtl. (Hymenoptera: Pamphiliidae) a new pest of *Larix* in England. *Forestry* 53: 71-80.
- 福山研二, 前藤 薫, 東浦康友, 原 秀穂. 1994. 平成5年度に北海道で発生した森林昆虫. *北方林業* 46: 291-294.
- 福山研二, 伊藤賢介, 原 秀穂, 林 直孝. 1998. 1997年に北海道に発生した森林昆虫. *北方林業* 50: 185-188.
- Georgis, R. and Hague, N. G. M. 1979. A steinernematid nematode in the web-spinning larch sawfly, *Cephalcia lariciphila* (Wachtl). *Plant Pathology* 28: 98-99.
- Georgis, R. and Hague, N. G. M. 1988. Field evaluation of *Steinernema feltiae* against the web-spinning larch sawfly *Cephalcia lariciphila*. *Journal of Nematology* 20: 317-320.
- 原 秀穂, 林 直孝. 1999. 寄生蜂によるニホンカラマツヒラタハバチの生物的防除の取り組み. *日本林学会北海道支部論文集* 47: 70-72.
- Holusa, J. and Kuras, T. 2009. Diurnal behavior of *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphiliidae): relation to climatic factors and significant for monitoring. *European Journal of Forest Research* 129: 243-248.
- Holusa, J. 2011. Preimaginal development of *Cephalcia lariciphila* during an outbreak in the Czech Republic. *Bulletin of Insectology* 64: 55-61.
- 小島耕一郎. 1983. カラマツヒラタハバチの生態について(予報). 31回日本林学会中部支部大会論文集171-173.
- 前藤 薫, 小泉 力, 尾崎研一. 1990. オオアカズヒラタハバチの研究 (IV) —落下糞粒による幼虫密度の推定. *日本林学会北海道支部論文集* 38: 133-135.
- 前藤 薫 1991. オオアカズヒラタハバチ (2). *林業と薬剤* 115: 1-6.
- 前藤 薫, 尾崎研一. 1994. オオアカズヒラタハバチの大発

- 生とそれに伴うエゾマツの枯損. 日本林学会誌 76: 569-575.
- 真宮靖治, 中村直子, 杉本和永, 山岡好夫. 1995. 玉川大学弟子屈演習林におけるカラマツおよびグイマツのヒラタハバチ被害とそれに関連する *Steinernema* 属線虫. 日本林学会論文集 106: 455-456.
- 真宮靖治, 氏永 剛, 中村直子, 安藤須賀子, 菊沢 亘. 2001. 東日本の森林土壌中における昆虫病原性線虫 *Steinernema* sp. の生息・分布と生態的性質. 玉川大学農学部研究報告 第41号: 1-19.
- Mamiya, Y., Akiba, M., Ekino, T. and Kanzaki, N. 2021. Morphology, molecular profiles and distribution of Japanese populations of *Steinernema tielingense* Ma, Chen, Li, Han, Khatri-Chhetri, De Clercq, Moens, 2012 (Rhabditida: Steinernematidae). *Nematology* 23: 909-928.
- 三浦敏郎. 1995. 玉川大学北海道弟子屈演習林における22年生カラマツおよびグイマツ人工林の成長解析. 平成6年度玉川大学農学部卒業研究論文 54 pp.
- Mráček, Z. and David, L. 1986. Preliminary field control of *Cephalcia abietis* L. (Hymenoptera, Pamphiliidae) larvae with steinernematid nematodes in Czechoslovakia. *Journal of Applied Entomology* 102: 260-263.
- 和 孝雄, 小鹿勝利, 尾張敏章. 1998. 北海道におけるカラマツ林業の動向—統計資料の解析—. 北海道大学農学部演習林研究報告 55: 97-112.
- Ozaki, K., Fukuyama, K., Isono, M. and Takao, G. 2004. Simultaneous outbreaks of three species of larch web-spinning sawflies: influences of weather and stand structure. *Forest Ecology and Management* 187: 75-84.
- 坂西由加里, 鈴木悌司, 原 秀穂. 2008. 弟子屈町カラマツ人工林におけるニホンカラマツヒラタハバチの動態解析. 日本林学会北海道支部論文集 56: 173-175.
- 佐藤滝也. 1996. 弟子屈町のカラマツ林で発生したヒラタハバチ一種の被害と生態. *森林保護* 254: 29-31.
- Shinohara, A. 1997. Web-spinning sawflies (Hymenoptera, Pamphiliidae) feeding on larch. *Bulletin of the National Science Museum, Series A(Zoology)* 23, 4: 191-212
- 上田明良, 原 秀穂. 2006. 2004年に北海道で発生した森林昆虫. *北方林業* 58: 149-150.
- 上田明良, 原 秀穂. 2007. 2005年に北海道で発生した森林昆虫. *北方林業* 59: 159-160.
- 上田明良, 原 秀穂. 2008. 2006年に北海道で発生した森林昆虫. *北方林業* 60: 101-103.
- 上田明良, 原 秀穂, 小野寺賢介. 2009. 2007年に北海道で発生した森林昆虫. *北方林業* 61: 133-136.
- Vejpustova, M. and Holusa, J. 2006. Impact of defoliation caused by web spinning sawfly *Cephalcia lariciphila* (Hymenoptera: Pamphiliidae) larvae, on tree-ring formation of larch (*Larix decidua*) around Vetrny Jenikov, Czech Republic. *European Journal of Forest Research* 125: 391-396.

参考写真



A : カラマツ林 (左) とグイマツ林 (右) Photo 1994-09-08
 B : 雌雄成虫のミヤコザサ葉上での交尾 Photo 1995-06-19
 C : 粘着トラップ上の成虫 Photo 1999-06-19
 D : カラマツ枝上の幼虫の糞 Photo 1995-09-09
 E : 林内に設定された排糞トラップ Photo 1996-06-18
 F : 排糞トラップ内の幼虫の糞と針葉 Photo 1996-09-05
 G : 地上に落下した潜土幼虫 Photo 1994-09-08

An Outbreak of the Web-spinning Larch Sawfly, *Cephalcia lariciphila japonica* (Hymenoptera: Pamphiliidae), at Tamagawa University Forest in Teshikaga, Hokkaido: Damages to *Larix kaempferi* and *L. gmelinii japonica* and Seasonal Prevalence of the Sawfly

Yasuharu Mamiya¹, Tomoko Murakami¹, Daishiro Mizobe¹, Masayuki Ako¹, Masayuki Okitsu¹,
Tomohiro Kaneko¹, Yoshio Yamaoka²

Abstract

First outbreak of the web-spinning larch sawfly, *Cephalcia lariciphila japonica* (Hymenoptera; Pamphiliidae), on *Larix kaempferi* in 1993 was reported in Teshikaga. In 1994, large outbreak of the web-spinning larch sawfly occurred at the larch forests, both species of *L. kaempferi* and *L. gmelinii japonica*, in Tamagawa University Forest, Teshikaga. Since then, large outbreaks of the web-spinning larch sawfly occurred every year for nearly ten years in the area. During five years from 1995 to 1999, seasonal prevalence of sawflies and damages to larch trees caused by the sawflies were investigated yearly in the experimental plots settled at larch forests in Tamagawa University Forest. It was clearly indicated that defoliation damage caused by sawflies was more severe to *L. kaempferi* than that to *L. gmelinii japonica*. Emergence from prepupae in the soil began in early June. Before reaching to tree crowns adults mated mostly on understory vegetation. The sex ratio was male biased; the ratio of male's number to female's was more than 50 to 1. The mated female laid an egg on each needle leaf. In the laboratory at 20 °C most eggs hatched nine days after ovipositor. Larvae spun and lived individually in their own webs. Larval feeding activities reached at maximum in early August. During late August to early September fully fed larvae fell off branches and burrowed into the soil. Larvae overwintered as diapausing prepupae in the soil. Based on the feces volume collected by the feces trap in late August, estimated larval density in *L. kaempferi* plots was significantly higher than those in *L. gmelinii japonica* plots every year. The estimated density of larvae in the soil was also significantly higher in *L. kaempferi* plots than those in *L. gmelinii japonica* plots. Differences in degree of feeding damage and larval density between two larch species reflected degree of damage caused by sawflies. It was demonstrated that repeated abnormal defoliation caused by sawflies brought result of reduced amount of wood growth.

Keywords: damage analysis, insect feces volume, larval density, wood growth.

¹ Former, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan

² Department of Agri-Production Sciences, College of Agriculture, Tamagawa University, 6-1-1 Tamagawa-gakuen, Machida, Tokyo 194-8610, Japan