

ヤツバキクイ (*Ips typographus* L. f. *japonicus* NIIJIMA)

の繁殖, 行動, 分散に関する研究 III

寄主への飛来と 2, 3 の環境要因との関係

山 口 博 昭⁽¹⁾

小 泉 力⁽²⁾

I ま え が き

ヤツバキクイ (*Ips typographus* L. f. *japonicus* NIIJIMA) がどのような状態の林木に寄生するか, あるいはどのような林分もしくは場所に発生しやすく, そしてどのようにその被害が伝播していくかというような問題に関しては, これまでかなり観察調査されてきている。たとえば, 古くは田畑 (1936) が樺太において, 1923 年ごろから発生をみたヤツバキクイの大被害に関する広範な調査から, 被害の受けやすい林木, 林分について観察類別を行なっている。同じく樺太において玉貫 (1940, 1942 a, 1942 b) は, 1936 年の大風害後, 風倒木への寄生の推移あるいは立木被害の伝播状態を調査し, そのなかで繁殖, 飛翔と気温との関係, あるいは日射の影響等を報告している。

一方, 北海道において原田 (1929) は, 1924 年の風害後発生した被害林で長期間 (3 月~11 月) にわたり継続観察を行ない, 飛翔あるいは被害の発生伝播と気温, 日射, 風等の関係についてのべている。また近年になって井上・山口 (1955 a), 山口 (1957, 1963) および山口ほか (1963) は, 1954 年の再度にわたる風害後の調査から, 挫折木, 根倒木, 立木へと, 寄生の推移を追究し, また被害の発生地点について考察を行っており, 同様の報告が日塔 (1959) によってもなされている。さらに伐採による環境のかく乱と被害発生に関する調査もなされており, 井上・田添 (1952), 井上・山口 (1955 b), 松川ほか (1955) らの報告がある。このほか辺材水分と寄生との関係が井上 (1954) によって調査されている。

しかしながら, 以上の報告は, 温度に関する一部の問題等を除けば, 多くは経験的な観察事象あるいは被害の発生様相からの推定に基づいたもので, 実験的に裏づけたものはほとんどない。

この報告は, これらを虫のうごきの面から実験的に検証してみる意図をも含めて, 1957 年に旧上川営林署層雲峡経営区 95 林班 (現大雪営林署大雪経営区 120 林班) において, ヤツバキクイの餌木に対する飛来と環境諸要因との関係について試験調査を行なったものを, 今回整理, 検討を加えたものである。

II 試 験 方 法

本試験をすすめるにあたって, まず第 1 にヤツバキクイの餌木に対する飛来と気象因子との関係, 第 2 に設置場所の明るさとの関係, 第 3 に伐倒, 玉切りの際にでる鋸屑や枝条の存在との関係の 3 つの問題がとりあげられた。

これらのうち第 2 の調査を主体としたので, それに応じた試験区が設定されたが, 種々の段階の明るさ

(1) 北海道支場保護部昆虫研究室長 (2) 北海道支場保護部昆虫研究室

を得るためには透過光線を変える厚さ 0.1 mm の各種ビニールを利用した*。すなわち、後にのべるような各種ビニールを用いて約 3×3 (m²) の大きさのシートを作り、これを南縁が高さ 1 m、北縁が 1.5 m と南に向かってやや下り勾配に張り、その下に試験木の餌木を東西の方向に設置した。供試木はエゾマツの樹幹中間部を長さ 1 m ずつに玉切って作製し、その表面積がほぼ等しくなるように各区 2 本ずつ配分している。

設定した試験区は次のとおりであるが、これらを裸地状化した風倒地内に、約 3 m 間隔に配置した。

試験区 No. 1 無被覆区 (対照区)

No. 2 透明ビニール被覆区

No. 3 梨地ビニール被覆区

No. 4 梨地ビニール 2 枚重ね被覆区

No. 5 鉄地ビニール被覆区

No. 6 黒地ビニール被覆区

このほか第 3 の調査のため、供試木を作製した場所 (試験区 No. 1 より約 10 m 離れているが、日射のあたりぐあい等環境条件は他と異ならない) にも同じような無被覆区を設け、これを試験区 No. 7 とした。

試験はヤツパキタイの成虫発生最盛期とみられる 1957 年 5 月 23~28 日、および同年 7 月 28 日~8 月 2 日の 2 回にわたり実施された。第 2 回目の試験は、第 2 世代目の成虫発生期をねらったのであるが、山口ほか (1963) で報告されているように (pp. 89~90 参照)、この年、本地域ではヤツパキタイはほとんどすべて年 1 世代の経過に終わり、この時期に第 2 世代目の成虫の発生はなかったので、飛来虫はすべて再寄生 (山口, 1959) の成虫であったとみられる。

ヤツパキタイの飛来数は午前 8 時から午後 5 時ないし 6 時まで 1 時間ごとに調査を行ない、飛来した虫はそのつど除去した。したがって、次報 (小泉・山口, 1967) でその資料を示してあるように、飛来虫の大部分は雄となっている。その間各試験区の照度の測定のほか、気温、湿度、風向、風速、雲量等の観測を実施した。なお、温・湿度はアースマン通風乾湿計と棒状水銀温度計とにより、風速は地上 3 m の地点において理工研小型ロビンソン風速計により、風向、雲量は目測により観測を行なっている。

III 結 果 と 考 察

(1) 気象因子との関係

ヤツパキタイの飛来数と試験期間中の気象観測の結果を Fig. 1 (第 1 回目 5 月実施)、Fig. 2 (第 2 回目 7 月実施) に示した。風速の記載してない部分は降雨により観測を中止しており、また調査開始時間は 8 時を原則としたが、供試木の設定や降雨の関係で遅れた日もある。本調査の対象として試験区 No. 1 と No. 7 を用いたが、両区とも同様の傾向を示しているので、ここでは飛来数のはるかに多かった試験区 No. 7 の分のみ示しておいた。

これら両図から、まず概括的に飛来と気象因子との関係をみると、温度と降雨以外その影響がはっきりしない。風速は調査期間中たえず 1 m/sec 内外であり変化がなかったためでもあり、また雲量についてはこれらの資料のみからはその直接的な影響を認めがたい。

(注) * これらビニールは色つきと異なり、特定の波長のものを吸収することはないといわれている。

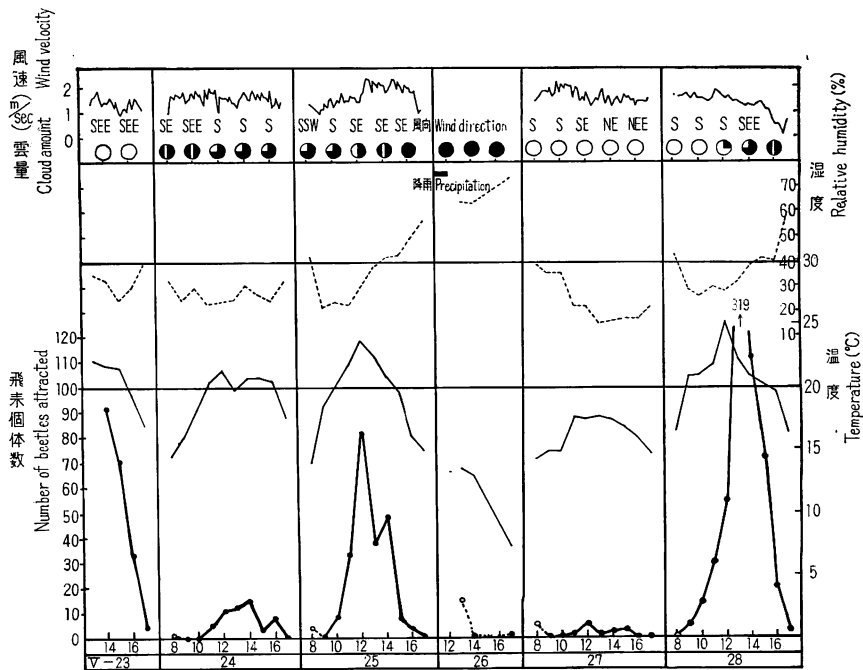


Fig. 1 ヤツパキクイの1時間ごとの飛来数と気象観測の結果(第1回目試験)

One-hourly collections of the beetles attracted to trap logs along with weather data (1st experiment, May 23~28, 1957).

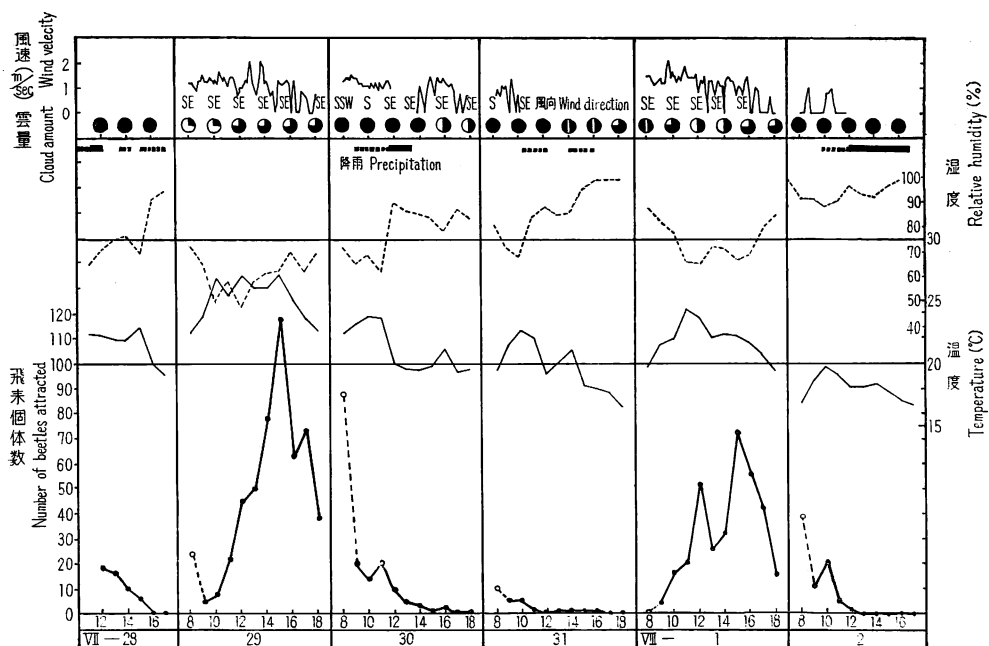


Fig. 2 ヤツパキクイの1時間ごとの飛来数と気象観測の結果(第2回目試験)

One-hourly collections of the beetles attracted to trap logs along with weather data (2nd experiment, July 28~Aug. 2, 1957).

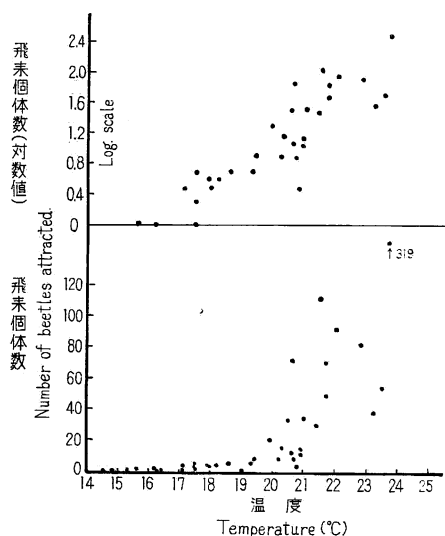


Fig. 3 1時間ごとの飛来数とその間の平均温度との関係 (第1回目試験)

Relationship between number of beetles attracted per hour and mean air temperature (1st experiment).

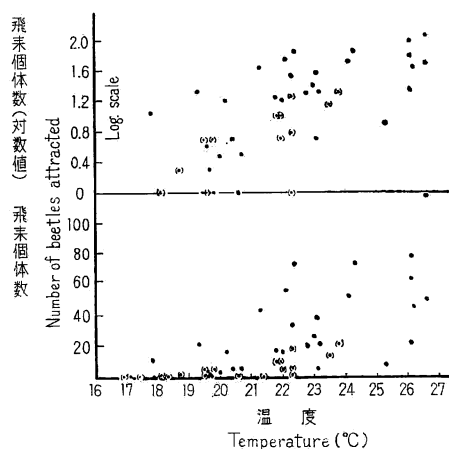


Fig. 4 1時間ごとの飛来数とその間の平均温度との関係 (第2回目試験)

[注] (・) 降雨の時の資料

Relationship between number of beetles attracted per hour and mean air temperature (2nd experiment).

(・) Data obtained in the time of precipitation

そこで最も密接な関係を有しているとみられる温度の影響をより明らかにするため、1時間ごとの飛来数とその間の平均温度との関係を求めてみると、Figs. 3, 4 に示されるように、第1回目の5月の試験においては約 20°C までほとんど飛来がなく、それをこすと急激に飛来の増加をきたし、温度と飛来数（飛来0の場合を除く）の対数値の間にはほぼ直線関係がみられるが、第2回目の7月の試験では同じく増加の傾向は認められても、きわめてばらつきがはげしい。

このような結果の相違について少しく検討してみると、まず第一に、両試験期間中の温度以外の気象因子、特に降雨の影響が考えられる。7月の試験では降雨をみた日が多く、たとえば7月 28, 30, 31 日のように、たとえ温度が高くても降雨の際は飛来数が少ないという現象がみられている (Figs. 2, 4)。しかし、これのみから Fig. 4 のばらつきのはげしさを説明することができない。たとえば、7月 29 日、

Table 1. 各試験区
Light intensity of each

試 験 区 Experiment plot		No. 1	No. 2
裸地 (No. 1) の明るさに対する百分率 最高>平均>最低 Relative value (%) Max. > Mean > Min.	第 1 回 試 験 1st experiment	100	100>83.0>63.3
	第 2 回 試 験 2nd experiment	100	100>75.7>55.3
最高の明るさ (ルクス) Max. value (lux)	第 1 回 試 験 1st experiment	76,000	68,000
	第 2 回 試 験 2nd experiment	49,000	43,000

8月1日のごとく飛来数の増加が温度の上昇よりかなりずれて遅れているような現象がみられており、これは他の気象因子の直接的な影響より、むしろ成虫の生活過程が問題になるようである。

すなわち、第1回目の試験を行なった5月は、主として後食を完了して越冬してきた成虫の発生期にあたり、このためこれら成虫は外圍環境の変化に即応して比較的短期間に集中発生、寄生対象木に飛来穿孔する傾向がある(脱出孔の形成は20°C前後以下の低い温度下においても行なわれている)。他方第2回目の試験の対象となった成虫は、さきにのべたように、ほとんどすべて第1回目発生成虫の再寄生個体であったとみられている。再寄生のための条件としては山口(1959)がすでに報告しているごとく、温度のほか最初の寄生木において産卵を終了、その後飛翔活動にうつるための一定の栄養摂食を完了していることが必要条件とされている。したがって、このような条件をみたしていない個体が混在するときは、成虫の発生、寄主への飛来と温度との間に当然それほど密接な関係はみられなくなる。さらに再寄生の場合は特に脱出孔は形成せず、ふつう穿入孔より脱出する。この点脱出孔を形成している場合とくらべ外圍の湿度(気温)変化をうけがたく、これが温度の上昇と飛来数の増加のずれの一つの原因になっているとも考えられる。なお西口(1960)が考察しているように、飛翔開始温度についてはそれまでの温度経過、積算値等も考慮にいれなければならないが、一応、最小温度は16°C前後とみられる(CHARARAS, 1959によると *Ips typographus* は最小値16~18°C—SHEPHERD, 1966より)。しかし実際に活発な飛翔行動、寄主への飛来をみるのは20°C前後以上とみてよいように思う。

以上、本試験からは、飛来と温度、降雨以外の因子との関係は明らかにすることができなかったが、少なくともこの2因子が、ヤツバキクイが樹皮下から脱出して飛翔を開始する行動と密接な関係にあり、また特に温度については、成虫の生活過程、発生時期によりその反応に若干の相違があることなどがわかった。しかし、その移動、分散の方向については、ここでは何らのべることができない。

(2) 設置場所の明るさとの関係

Table 1 は試験期間中、8~17時ないし18時まで1時間ごとに観測された各試験区の明るさを要約して示したものである。これからわかるように、各試験区とも変動がかなり大きい。これは側面からの散乱光やあるいは天気、特に雲の種類や雲量等の影響によるもので、したがって所定の明るさの段階は得られなかった。しかし、一応異なった明るさの試験区が得られている。すなわち、試験区 No. 6 は裸地に比べ、その明るさの15%を越えていることはなく、得られた最高の明るさはわずかに2,200ルクスで

の明るさの比較
experiment plot.

No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	備 考
100>76.0>53.1	96.7>73.0>52.6	46.7>32.7>10.5	15.0>5.2>0.8	No. 3, 4 間には 有意の差がない
100>73.8>48.8	95.0>70.0>47.4	55.0>35.4>10.0	14.0>5.3>1.7	No. 2, 3, 4 間には 有意の差がない
57,000	62,000	29,000	2,200	
43,000	41,000	30,000	2,000	

ある。同じく No. 5 は 55% 以下で、最高は 30,000 ルックスとなっている。No. 2, 3, 4 はかなり接近しており、備考欄にも記したように、第1回目の試験では No. 3, 4 との間に、第2回目の試験では No. 2, 3, 4 間には有意の明るさの差が得られていない。なお、表の中で百分率で示した最高値はいずれも9時以前、もしくは16時以降に出現している。これらの時間には温度の関係で虫の飛来数もひじょうに少なくなっているのです、実際に多数飛来した時間のみをとると、後にのべるごとく各試験区の明るさの比率の幅は狭くなっている。

次に各試験区に対するヤツパキタイの飛来状況であるが、Table 2 は飛来数の調査日ごとの各合計数、および試験終了後そのまま放置して、約2か月目に調査したその間の飛来寄生虫数（穿入孔数と母孔数と

Table 2. 各試験区への飛来数（表面積 1 m² あたり）
Number of beetles per square meter of bark surface collected
from trap logs in each plot.

調査月日	試験区	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
第1回試験 1st experiment	V~23	1.4	6.2	3.5	6.8	0	0
	24	2.8	3.5	0.7	0.7	0	0
	25	15.6	47.0	31.1	31.2	2.7	0
	26	2.1	2.1	4.2	2.7	0	0
	27	2.8	0.7	0.7	2.0	0	0
	28	56.6	162.6	84.4	95.6	8.0	0
	Total	81.3	222.1	124.6	139.0	10.7	0
	*VII~29	1316.4	1167.3	963.9	1101.9	1145.3	39.8
第2回試験 2nd experiment	VII~28	8.3	15.6	15.9	34.5	2.0	0.6
	29	2.1	6.5	14.5	27.8	8.8	0.6
	30	6.2	11.0	10.4	13.5	0	0
	31	0.7	3.9	8.3	2.0	0	0
	VIII~1	3.5	55.2	20.1	37.2	0.7	0
	2	0.7	13.6	5.5	14.9	0	0
	Total	21.5	105.8	74.7	129.9	11.5	1.2
	*X~24	1586.0	1483.1	1033.8	979.3	1060.5	10.4

注) * 各回とも最初の6日間は飛来虫を1時間ごとに除去したが、その後は約2か月間放置しておいたので、その間に飛来寄生した虫数を穿入孔数と母孔数とより推定した。

Attack densities (No. of egg galleries+No. of entrance holes) after about 2 months exposure.

Table 3. 飛来が認められた最低の明るさ（ルックス）
Minimum light intensity of each plot at which the beetles were attracted (lux).

試験区 Experiment plot	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
第1回試験 1st experiment	11,000~4,000	8,000~3,000	8,000~2,800	7,000~2,800	7,000~5,000	—
第2回試験 2nd experiment	8,000~7,000	6,000~3,000	6,500~3,000	5,000~4,000	5,500~3,000	1,100~800

Table 4. 飛来が多数認められたときの明るさと飛来数との関係
Number of beetles per square meter of bark surface and light intensity
in each plot in the days when many beetles were attracted.

		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
V~25 a. m. 10~p. m. 3	明るさの範囲 (lux)	57,000 ~28,000	49,000 ~21,000	35,000 ~23,000	43,000 ~20,000	20,000 ~10,000	2,200 ~1,200
	明るさの比較 (%)	100	89.7>83.6 >75.0	82.1>74.3 >61.4	82.8>76.5 >71.4	44.8>38.5 >35.1	7.9>4.8 >2.3
	飛来数(m ² あたり) No. of beetles	14.9	44.3	30.4	31.2	2.7	0
V~28 a. m. 10~p. m. 3	明るさの範囲 (lux)	73,000 ~15,000	68,000 ~13,000	49,000 ~11,000	62,000 ~12,000	27,000 ~6,000	700~600
	明るさの比較 (%)	100	93.2>85.1 >75.4	86.0>75.5 >67.1	84.9>78.9 >71.9	46.7>31.4 >10.5	4.0>2.0 >1.0
	飛来数(m ² あたり) No. of beetles	50.9	153.6	72.7	92.9	8.0	0
VIII~1 a. m. 10~p. m. 5	明るさの範囲 (lux)	46,000 ~7,000	43,000 ~5,000	43,000 ~5,000	30,000 ~4,000	20,000 ~2,500	1,300 ~300
	明るさの比較 (%)	100	100>83.1 >71.4	96.7>78.0 >62.5	90.9>71.2 >57.1	43.5>39.3 >35.7	7.5>3.9 >1.7
	飛来数(m ² あたり) No. of beetles	2.8	52.6	18.7	35.2	0.7	0

から推定)を、Table 3 は各試験区ごとに飛来が認められた最低の明るさを、また Table 4 は飛来が多数認められた時の明るさと飛来数との関係を示している。

これらの試験結果から飛来と明るさとの関係を検討してみると、まず第1に日中(8時~18時の間)その明るさが裸地の明るさの15%以下に保たれており、最高の照度がほぼ2,000ルクス程度のところ(試験区 No. 6)には、ほとんど飛来が認められていない。それ以上の明るさ下に置いた餌木には、長い期間(約2か月間)放置しておけば結局寄生数に差がなくなっているように、飛来を抑制するまでにはいたっていない(ここで興味のあることは寄生に関する密度の影響で、はじめは条件の相違により飛来寄生する虫数に差があっても、長い間にはいずれもほぼ一定の寄生密度になってしまっている。このような密度の影響に関連した問題については他であらためて検討したい)。しかし、このような寄生に際しての密度の影響があらわれない条件下にあれば、被陰と飛来との間に選択性が認められる。Table 2 の実験期間中の試験結果、および Table 4 の温度が高く多数集中飛来したときの飛来状況から明らかなように、裸地の明るさの約半分以下に常に保たれているような所(試験区 No. 5)では飛来がひじょうに少なく、また何の被覆もない裸地(試験区 No. 1)より、むしろわずかに被陰のあるところ(試験区 No. 2~4)に飛来が多い。飛来に好適な照度(ルクス)の範囲は温度と複雑な関係にあるためはっきりしないが、飛来が認められる最低の明るさは、Table 3 および Table 1 の試験区 No. 6 の最高照度等から推則して、ふつうほぼ3,000ルクスくらいのものである。それ以上の明るさにおいては十分飛来しうる条件下にあるとみられ、したがって上記のような各試験区における飛来数の差は、好適照度の範囲という問題よりむしろ相対的な明るさの差が関係しているとみてよいであろう。

これと似た現象は、ヤツパキクイ成虫(羽化した新成虫)の走光性に関するかんたんな室内実験によって観察されている。ヤツパキクイの成虫が強い走光性を示し、うす暗い室内においてもすぐ窓際の方

Table 5. ヤツバキタイ成虫の走光性に関する試験

Response of the newly emerged beetles to two lights (x, y). In each test 10 beetles were released at the apex of an isosceles right-angled triangle.

実 験 方 法	実験番号 Test No.	移 動 虫 数 No. of beetles		備 考 Remarks
		x	y	
両光源 (x, y) の明るさを 同じにする Equal light intensity	1	6	4	放逐点の光源にたいする直 角面の明るさ: ともに 15 lux 室温: 19~20°C
	2	4	6	
	3	3	7	
	4	2	8	
	5	6	4	
	6	6	4	
	7	4	6	
	8	4	6	
	9	6	4	
	10	6	4	
	Total	47	53	
明るさを変える Higher light intensity in Y-direction	1	1	9	x 方向: 15 lux y 方向: 60 lux
	2	2	8	
	3	4	6	
	4	3	7	
	5	3	7	
	Total	13	37	

移動することはしばしば観察されてはいるが、これに関し次のごとき実験観察を行なってみた。暗室内で顕微鏡用の集光灯を用い、虫の放逐点の照度を 10 ルックス以下から約 2,000 ルックスまで 6 段階に分けて観察したところ、いずれも顕著な走光性を示し、また光源まで移動する時間がしだいに速くなる傾向が認められた。次に今度は 2 個の集光灯を利用し、これを虫の放逐点を頂点に直角の方向 50 cm の位置におき、成虫を 1 回に 10 頭ずつ放逐したところ、Table 5 のごとき結果が得られている（放逐点と両光源を結ぶ角 (90°) を 2 分する線を境界線とし、これを中心に両側 90° の範囲—光源はそれぞれ 45° の線上にくるが—を 10° ずつに区切って移動虫数の調査を行なったが、この表ではこれらを合計した数値で示してある。なお、1, 2 頭この範囲からはずれたものもみられている）。このようにヤツバキタイの成虫は明るさの差にはかなり敏感に反応するようである。SHEPHERD (1966) は *Dendroctonus ponderosae* に関する実験で同様の現象を観察しており、その際産卵中の成虫では逆に負の走光性を示すことがのべられているが、ヤツバキタイも寄生へ飛来してからはむしろ負の走光性を示すようである。この点はまた別に論ずる。

なお、裸地よりわずかに被陰のあるところにより多く飛来している現象は、直射光もしくは温度の影響等があるように思えるが、その理由ははっきりのべ得ない。

以上明るさと飛来との関係のみてきたが、飛来に対してはこのほかここでは解明し得なかった風の影響が考えられる。そして気象的因子としては主としてこれら 2 つの因子が、ヤツバキタイの移動、分散の方向に影響を与えているものとみられる。

(3) 鋸屑や枝条の存在との関係

ここで検討を行なったことは餌自体に関連した問題である。ヤツパキタイが衰弱木や伐倒木に好んで寄生することは多くの人達によって広く観察されている事実であり、また風害の際、根のついた倒木より挫折木に選択寄生する傾向も認められている(井上・山口 1955 a; 山口 1963)。そのほか立木を加害する場合、ふつう頂端より数 m 下の樹冠内に含まれる幹の部分から寄生を開始することなどの報告もなされており(原田 1929, 井上・山口 1955 b, 井上 1957)、同様の現象が風倒木においてもみられている(井上・山口 1955a, 山口 1963)。このような餌自体に付随、関連した問題とヤツパキタイの飛来との関係を解明するため、ここでは伐倒玉切の際に出る鋸屑や枝条の存在の影響を調査してみた。

本試験区の対象として試験区 No. 1 と No. 7 とを用いたが、試験区は試験方法のところで述べたように、No. 7 は供試木を作製した場所で、本試験区に供試されたもの以外の丸太は除去されているが、伐り落とした枝条が近くに散乱している位置に設けてある。No. 1 はその位置から約 10 m 離れているが、日射のあたりぐあい等環境条件は No. 7 と全く変わらない。この両試験区に対する飛来状況を毎日 1 時間ごとに調査したが、その飛来数を調査日ごとの各合計数で示したのが Table 6 である(はじめにふれてあるように、飛来虫はそのつど除去しているので、その大部分は雄となっている。また飛来の時間的変動については(1)の項ですでにのべてある)。ヤツパキタイは実に顕著に試験区 No. 7 の供試木に選択集中飛来しているが、このような飛来数の差を生じた原因が、鋸屑や枝条の存在に関係があることはほぼまちがいないように思われる。

キクイムシ類の寄主の選択性や誘引物質、誘引機構については近年多くの実証的研究があいついでなされ、どのような過程をへて寄主が攻撃されるのかその機構もかなり明らかにされてきている。それらによると、種によって異なる点もあり、また、なお対立する見解、検討を要する問題も残されているが、おおよそ次のように要約できる。すなわち、*Ips* 属では雄、*Dendroctonus* 属では雌と、種によって雌雄いずれによるかは異なるようであるが、最初の寄生はランダムに行なわれ、これが成功した場合、それぞれの虫の性に関連した種特有の成分(いわゆる性誘引物質でなく、虫の寄主への寄生、すなわち食物の摂取にともなって生ずるといわれる揮発性誘引物質—pheromone とよばれる)が誘引源となり、つづいて大量寄生がおこる(Vité and Wood, 1961; Vité and GARA, 1961, 1962; Wood, 1962; Rudinsky, 1963; Pitman and Vité, 1963; Klieforth, Vité and Pitman, 1964; Vité, GARA and von Scheller, 1964; Rudinsky and Determan, 1964a, b)。pheromone の作られる機構に

Table 6. 試験区 No. 1 と No. 7 に対する飛来数(表面積 1 m² あたり)

試験区		No. 1	No. 7
調査月日			
第 1 回 試験 1st experiment	V~23	1.4	198.2
	24	2.8	39.8
	25	15.6	164.9
	26	2.1	12.3
	27	2.8	12.3
	28	56.6	454.3
	Total	81.3	881.8
第 2 回 試験 2nd experiment	VII~28	8.3	66.4
	29	2.1	362.6
	30	6.2	116.9
	31	0.7	17.3
	VIII~1	3.5	236.7
	2	0.7	54.0
	Total	21.5	853.9

については CHAPMAN (1966) のごとく、なお疑問視しているものもあるが、この第 2 段階の誘引作用はかなり多くの種にわたって認められる現象のようである。しかし、第 1 段階のランダム寄生については Mc MULLEN and ATKINS (1962) は、*Dendroctonus pseudotsugae* の実験観察から、ランダムな飛翔はみられるかもしれないがランダム寄生はないと結論、また RUDINSKY (1966) も成虫発生のごく初期とか、周辺に風倒木、伐倒木あるいは傷害木等が全くない場合にはそういうこともあると消極的に肯定しながらも、伐倒木などがあるときはそれから発散するに際して直接に誘引され、誘引源となる含油樹脂 (oleo-resin) の成分についてくわしくその反応を検討している。

さて、ヤツバキタイに関する上記の試験結果をみた場合、飛来した虫はそのつど除去されていた関係で飛来虫の多くは雄であり、したがってこの場合の飛来寄生は第 1 段階の現象とみられる (VITÉ and GARA, 1962 によると、*Ips confusus* では雄成虫の穿入後 6 時間で急激に誘引力をます、すなわち、第 2 段階の現象がおこり、この誘引の開始と交尾室の作りはじめが一致するとのべられているが、今回の場合わずかに穿入しはじめたものはみられたが、交尾室を作るまでにいたったものは全くない)。とすれば、このような飛来の差は玉切、枝条の切り落とし等にもなっている生じたものに、寄生の第 1 段階においてすでに強く誘引されているとみられよう。その誘引物質については何の検討も行っていないが、RUDINSKY (1966) その他によって他のキクイムシで実証されてきているように、おそらくその鋸屑、枝条に付着した樹脂成分とみてよいのではなかろうか。ともかく刺激を与えた本体は明らかにしていないが、上記のような顕著な選択飛来の傾向は、ヤツバキタイの移動、分散の方向をみるうえに重要視しなければならない一つの大きな問題であろう。

(4) 試験結果からみた実際上の被害発生に対する考察

以上のべてきた試験結果において、要するにヤツバキタイが新しく寄生木を求めて移動する際、その飛翔行動を開始するうちに温度と降雨という気象因子が特に密接な関係を有しており、またその移動の方向を決定するうちに、もちろん食餌そのものの存在が前提条件とはなるが、その食餌の存在する場所の明るさや食餌自体に付随関連した問題、たとえば寄生木から排出された鋸屑とか伐り払われた枝条の存在 (おそらくそれらに付着した含油樹脂) などが、きわめて選択的な条件を与えているということを明らかにした。それでは次に、こういった現象がヤツバキタイによる実際上の被害発生の面にどう現われているかを少しく検討してみよう。

玉貫 (1942 a) は樺太において、1936 年の風害後大発生したヤツバキタイの被害が、1941 年に急激におさまった原因の一つとして、当年夏季の異常低温をあげている。そのなかで繁殖に関係する 5～7 月の間最高気温が 18°C を越えた日がわずかに 9 回しか出現しなかったことをのべ、繁殖のための飛翔行動の抑制にふれている。

このような現象においては、發育あるいは寄主の生理状態におよぼした影響といった問題をまず考えるべきであろうが、しかし玉貫もふれているように、繁殖場所を求めて飛翔移動する行動の抑制とも関係がないわけではない。一般にキクイムシ類は発生のピークはあるが、成虫の発生時期にはかなりの幅があり、成熟した成虫がその時期に他に移動繁殖するのが抑制されたため死亡したり、あるいは、いちじるしく繁殖時期を遅らせて世代のくり返しに影響をおよぼしてくることなどは当然考えられることである。また、ヤツバキタイにはいったん寄主に穿入後ある期間を経ると他に再寄生するという現象 (山口, 1959) もみられており、さらにこれが生立木を加害する場合、多数の群によるほぼ時を同じくした寄生がない

と、木自体の抵抗によって十分繁殖しえないこともあって、これらの点に対する影響も大きい。したがって、高温とか雨が少ないということは好条件で移動、分散を行ないうる環境を与えており、それが虫の繁殖、発育などとも関係して被害の発生に影響をおよぼしているものと考えられる。

次に明るさに対する反応の問題であるが、これについては多くの観察調査がなされている。たとえば原田(1929)は、本種による被害は南面した林地で陽光の投射良好になる空地の周縁、あるいはうっ閉の疎開せる箇所に見られるとのべており、田畑(1936)、玉貫(1940, 1942 b)も同様のことを報告している。そのほか井上・山口(1955 b)は、伐採によるうっ閉の疎開が被害を誘発していること、また山口(1957)、山口ほか(1963)は風害跡地の立木虫害の発生様相の調査において、ヤツバキクイによる被害木がすべて残存林分の林縁にそって発生しており、しかも散点状の小さな風倒の穴の周辺では、日射のよくあたる面に被害が多いことなどを報告している。こういった箇所に被害が集中する現象は環境の破壊、日光の直射による樹勢の衰弱に最も関係があるだろうが、他方虫の行動の面からみれば、さきに検討したように、明るさに対するヤツバキクイの反応のあらわれとみてもよいように思う。

最後に北海道の択伐跡地で広く観察され、施業上の大きな障害にもなっている伐採がその周辺に被害を誘発するという現象においては、上にのべたような事実もちろん関係しているが、そのほか伐り払った枝条などによる虫の誘引作用の影響もあると考えられる。たとえば伐採後、末木枝条等を焼き払い、跡地をきれいにして被害の発生を防止していたことなどは、これがたんに繁殖場所(直径 10 cm 前後以下の樹頂部分、あるいは枝条にはヤツバキクイの寄生はきわめて少なく、またたとえ寄生しても繁殖が悪い。山口, 1963; 山口・小泉, 未発表)の一つが取り除かれたという理由のみによるだけではなく、虫を誘致しやすい環境が除去されたためでもあるとみてよいであろう。

IV 摘 要

ヤツバキクイの野外におけるうごきについては、これまでは被害の発生様相の面から、その結果的な現象に関する調査が主としてなされてきた。今回はこれらを虫自体のうごきの面から実験的に検討する意図をもって、ヤツバキクイの餌木に対する飛来と環境因子との関係について試験調査を行ない、その関係を通してとくに移動、分散の機構の解明を試みた。

(1) ヤツバキクイの飛来と気象因子との関係については、本試験では特に温度と降雨の影響が認められた。すなわち、20°C 前後から飛翔行動が活発となり、温度の上昇とともに成虫の飛来数はほぼ指数曲線を描いて増大するが、しかし成虫の生活過程、発生時期により反応のしかたは若干異なってくる。また降雨の際は、たとえ高温でも飛来は妨げられていた。

(2) 餌木を設置した場所の明るさによってヤツバキクイの飛来状況は異なっており、裸地にくらべ、その明るさの約半分以下に常に保たれているようなところでは飛来にかなりのおくれがみられ、15% をこえない明るさのところにはほとんど飛来が認められない。また裸地よりもわずかに被陰のあるところには最もよく飛来する傾向が得られている。

(3) 伐倒玉切りの際に出る鋸屑や伐り払われた枝条の存在は、ヤツバキクイを多数誘引する因をなしているようである。

(4) 以上の実験結果から、要するにヤツバキクイが新しく寄生木を求めて移動する際、その飛翔行動を開始するうに温度や降雨という気象因子が特に密接な関係を有しており、またその移動の方向を決定

するうえに食餌の存在する場所の明るさや、寄生木から出た鋸屑とか枝条の存在（おそらくそれらに付着した樹脂成分）などがきわめて選択的な条件を与えているということが明らかにされた。そして、実際上の被害の発生様相をみると、このような虫のうごきに相応した被害の現われ方が、これまでの多くの観察調査結果で得られている。

文 献

- 1) CHAPMAN, J. A.: The effect of attack by the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (OLIVER) on log attractiveness. *Canad. Ent.*, **98**, pp. 50~59, (1966).
- 2) 原田真幸: えぞまつ寄生小蠹虫類ノ生態的研究, 北海道庁, 68 pp., (1929).
- 3) 井上元則: 北海道の原生林におけるキクイムシの寄生と針葉樹の辺材水分との関係, 林試研究報告, **68**, pp. 167~180, (1954).
- 4) 井上元則: 北海道国有林の立木虫害と冬山防除, 林業技術, **189**, pp. 23~28, (1957).
- 5) 井上元則・田添信一: エゾマツ, トドマツの小と虫に対する林業的防除試験 (1), 61 回日林講, pp. 140~141, (1952).
- 6) 井上元則・山口博昭: 北海道の風倒地における穿孔虫の発生分散機構 (第 1 報), 1954 年 5 月の風倒と穿孔虫のうごき, 林試北海道支場業務報告, 特別報告, **4**, pp. 72~94, (1955, a).
- 7) 井上元則・山口博昭: 石狩川源流原生林総合調査報告 (虫害), 旭川営林局および林業技術協会, pp. 207~237, (1955, b).
- 8) KLIEFORTH, R. A., J. P. VITÉ and G. B. PITMAN: A laboratory technique for testing bark beetle attractants, *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **22**, pp. 283~290, (1964).
- 9) 小泉 力・山口博昭: ヤツバキクイ (*Ips typographus* L. f. *japonicus* NIJIMA) の繁殖, 行動, 分散に関する研究 IV, 成虫の雌雄の識別, 性比ならびに寄主への飛来, 穿入形式, 林試研究報告, **204**, pp. 129~134, (1967).
- 10) 松川恭佐・嶺 一三・井上由扶・谷口信一: 石狩川源流原生林総合調査報告 (原生林の施業), 旭川営林局および林業技術協会, pp. 335~393, (1955).
- 11) McMULLEN, L. H. and M. D. ATKINS: On the flight and host selection of the Douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* HOPK. (Coleoptera: Scolytidae). *Canad. Ent.*, **94**, pp. 1309~1325, (1962).
- 12) 西口親雄: ヤツバキクイの生態に関する 2, 3 の観察, 日林誌, **42**, **7**, pp. 279~284, (1960).
- 13) 日塔正俊: 北海道風害森林総合調査報告 (虫害), 日本林業技術協会, pp. 175~230, (1959).
- 14) PITMAN, G. B. and J. P. VITÉ: Studies on the pheromone of *Ips confusus* (Lec.). I. Secondary sexual dimorphism in the hindgut epithelium. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **22**, pp. 221~225, (1963).
- 15) RUDINSKY, J. A.: Response of *Dendroctonus pseudotsugae* HOPKINS to volatile attractants. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **22**, pp. 23~38, (1963).
- 16) RUDINSKY, J. A.: Host selection and invasion by the Douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* HOPKINS, in coastal Douglas-fir forests. *Canad. Ent.*, **98**, pp. 98~111, (1966).
- 17) RUDINSKY, J. A. and G. E. DATERMAN: Response of the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (OLIV.) to a female-produced pheromone. *Z. angew. Ent.*, **54**, pp. 300~303, (1964, a).
- 18) RUDINSKY, J. A. and G. E. DATERMAN: Field studies on flight patterns and olfactory responses of ambrosia beetles in Douglas-fir forests of Western Oregon. *Canad. Ent.*, **96**, pp. 1339~1352, (1964, b).

- 19) SHEPHERD, R. F. : Factors influencing the orientation and rates of activity of *Dendroctonus ponderosae* HOPKINS (Coleoptera : Scolytidae), *Canad. Ent.*, **98**, pp. 507~518, (1966).
- 20) 田畑司門治 : 樺太原生林におけるヤツパキクイに因る被害調査並びにこれが対策, 樺太中央試験場報告, **14**, 第2類9, 152 pp. (1936).
- 21) 玉貫光一 : 風禍後発生したエゾマツ, トドマツのキクイムシ類の被害, 応昆, **2**, **6**, pp. 261~263, (1940).
- 22) 玉貫光一 : 南樺太の風害跡地におけるキクイムシ類, 特にヤツパキクイムシの発消長について, 昭和17年度日林講, pp. 327~332, (1942, a).
- 23) 玉貫光一 : 南樺太におけるキクイムシ類, 特にヤツパキクイムシについて, 樺太山林会報, **53**, pp. 40~57, (1942, b).
- 24) VITÉ, J. P. and R. I. GARA : A field method for observation on olfactory responses of bark beetles (Scolytidae) to volatile materials. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **21**, pp. 175~182, (1961).
- 25) VITÉ, J. P. and R. I. GARA : Volatile attractants from ponderosa pine attacked by bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **21**, pp. 251~274, (1962).
- 26) VITÉ, J. P., R. I. GARA and H. D. VON SCHELLER : Field observations on the response to attractants of bark beetles infesting southern pines. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **22**, pp. 461~470, (1964).
- 27) VITÉ, J. P. and D. L. WOOD : A study on the applicability of the measurement of oleoresin exudation pressure in determining susceptibility of second growth ponderosa pine to bark beetle infestation. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **21**, pp. 67~78, (1961).
- 28) WOOD, D. L. : The attraction created by males of a bark beetle *Ips confusus* (LeCONTE) attacking ponderosa pine. *Pan-Pacif. Ent.*, **38**, pp. 141~145, (1962).
- 29) 山口博昭 : 北海道の風倒地の穿孔虫による立木被害発生に関する一考察, 67回日林講, pp. 244~247, (1957).
- 30) 山口博昭 : ヤツパキクイ (*Ips typographus* L. f. *japonicus* NIJIMA) の繁殖, 行動, 分散に関する研究II, 再寄生について, 林試北海道支場年報 (1958), pp. 147~153, (1959).
- 31) 山口博昭 : 北海道の風倒地における穿孔虫の発生分散機構 (第2報), 風害翌年 (1955年) における風倒挫折木での穿孔虫の増殖, 林試研究報告, **151**, pp. 53~73, (1963).
- 32) 山口博昭・平佐忠雄・小泉 力・高井正利・井上元則・小杉孝蔵・野淵 輝 : 北海道の風倒地における穿孔虫の発生分散機構 (第3報), 立木被害の発生推移 (1956~1958年), 林試研究報告, **151**, pp. 75~135, (1963).

Ecological Researches on the Ezo Eight-spined Engraver,
Ips typographus L. f. *japonicus* NIJIMA, with Special Reference to
 its Reproduction, Behavior, and Dispersal III
 Effect of some factors upon the flight and attack activity

Hiroaki YAMAGUCHI and Chikara KOIZUMI

(Résumé)

A widespread wind damage to our forests in 1954 was followed by an outbreak of bark beetles. From 1954 to 1958 research on the beetle infestations on wind-thrown and stand-

ing trees was carried out, the results of which have already been published¹⁾²⁾³⁾.

This paper is based on the experiments conducted in 1957 to obtain a better understanding of flight behavior and infestation of the Ezo eight-spined engraver, which was the most destructive species in the bark beetle outbreak.

Method:

By using trap logs the effect of the following factors upon the flight and attack activity were investigated; that is, the effect of (1) climatic factors, (2) light intensity where the logs were placed and (3) presence of saw dust and branches along with the logs.

Seven experiment plots 3 meters apart from each other were set up in the open field approximately 20 meters distant from the southern edge of forests. Various kinds of 3×3 meters vinyl sheets were used to obtain a gradient of light intensity. Each sheet was suspended 1 meter at the southern end and 1.5 meters at the northern end above the ground. Relevant characteristics are:

- Plot No. 1 Open (No roof)
- No. 2 Under a roof of transparent vinyl sheet
- No. 3 } Under a roof of different thickness of translucent vinyl sheet
- No. 4 }
- No. 5 }
- No. 6 Under a roof of black vinyl sheet
- No. 7 Open, with saw dust and branches

The middle part of a tree trunk of Ezo spruce was cut into 14 logs of 1 meter length, two of which were placed respectively so that the areas of bark surface would be nearly equal in each plot. The beetles attracted to the trap logs were collected at 1-hour intervals. As reported in the next paper⁴⁾, the majority of the beetles so attracted were males.

During the early flight period (May 23 to May 28) the first experiment was conducted and was repeated later in the season (July 28 to August 2). In the second experiment almost all the beetles attracted were considered to be re-emerged beetles, because the emergence of any young adults originating from the broods of overwintering adults had not been observed in this district.

Results and discussion:

(1) Effect of climatic factors

Figures 1 and 2 show the results of 1-hourly collections of the beetles in plot No. 7 along with weather data. As seen in these figures, a close relation between the number of beetles attracted and the air temperature, and the effect of the latter upon the beetle flight were apparent.

The number of beetles attracted was quite few at air temperatures below about 20°C and increased greatly with increasing temperature above that point. This phenomenon was especially clear in the first experiment, in which a nearly linear relationship between mean temperature and the number of beetles per hour on log scale was obtained (Fig. 3). In the second experiment the result was obscured by the influence of precipitation on the one hand and by the delayed response of re-emerging beetles to the air temperature on the other hand (Figs. 2, 4).

(2) Effect of light intensity

Light intensities were recorded in each plot at 1-hour intervals from 8 a. m. to 5 or 6

p. m. The results are summarized in Table 1. Relative values are expressed as percentages of the light intensities in the open (plot No. 1) for each plot. No significant difference was found between plots No. 3 and No. 4 in the first experiment and among plots No. 2-4 in the second experiment. As seen in Table 4 as a example, however, the differences among the plots became more distinct for the time when the most of the beetles were attracted in a given day.

Table 2 shows the number of beetles collected from each plot during the experiment period and the attack densities after about 2 months exposure. No beetles, or very few of them, came to the trap logs in plot No. 6 where the light intensity did not exceed 15% of those in the open, and the maximum value observed was only 2,200 lux.

In the other plots the logs had received nearly the same attacks after about 2 months exposure, but quite different numbers were obtained for the first 6 days. During these days, as described before, all the beetles attracted were removed from the logs at 1-hour intervals. In the initial attack, therefore, flight of the beetles appeared to be oriented toward the host in a slightly shaded place rather than that in full sunlight or in a considerably shaded place. After the first invasions had occurred, however, this effect of light upon the flight was masked probably by the beetle-caused attraction.

(3) Effect of saw dust and branches

Plots No. 1 and No. 7 were used in this study. In the latter plot saw dust and branches were placed along with the trap logs.

One-hourly collections of the beetles from trap logs produced the results summarized in Table 6. The beetles, most of which were males, showed a definite preference for plot No. 7 at the initial step of host selection. As there was not any other basic difference between two plots, this seemed to be associated with the presence of saw dust and branches; probably and more specifically the resinous substance exuded from such materials that has been demonstrated recently by several investigators (e. g. RUDINSKY 1966) as volatile attractants of the scolytid beetles.

-
- 1) INOUE, M. and H. YAMAGUCHI : Report of the Hokkaido Branch, Government Forest Experiment Station, Special Report 4, pp. 72~94, (1955).
 - 2) YAMAGUCHI, H. : Bull of the Government Forest Experiment Station, No. 151, pp. 53~73, (1963).
 - 3) YAMAGUCHI, H. *et al.* : *ibid.* pp. 75~135, (1963).
 - 4) KOIZUMI, C. and H. YAMAGUCHI : *ibid.* No. 204, pp. 129~134 (1967).