

カラマツヤツバキクイの繁殖に及ぼす

密度の影響

鈴木重孝*

Effect of attack density on the brood production of the larch bark beetle, *Ips cembrae* HEER

Sigetaka SUZUKI

はじめに

1981年8月23日の台風15号は、洞爺丸台風(1954年)に次ぐ大きな森林被害を北海道にもたらした。被害材積は天然林、人工林あわせて370万 m^3 に達し、そのうちカラマツ林の被害は129万 m^3 であった。さらに同年10月23日夜には道北地方にひと晩で70cmもの湿雪が降り、Ⅲ～Ⅳ齢級のカラマツ林を中心に21万 m^3 の被害がでた。これらの被害地は、図-1にしめしたように広範囲にわたり、被害量も多かったため、流通上の制約もあって被害木整理が3年間にまたがる計画となった。その場合、整理の遅れた被害林分はカラマツヤツバキクイ(*Ips cembrae* HEER)の絶好の繁殖場所となり、大量の枯死木がでる危険性が予測された。

この種の生態や防除法に関しては、加辺(1949)、井上(1951)、井上・小泉(1952)、篠原(1976)、鈴木・新田(1981)などの報告はあるが、大規模な風害や雪害の後でこの種がどのような発生のしかたをするのか、またそれに対してどのような対策を講じるべきかといった点については明らかでない。そこで今回の風雪害を機会に、カラマツヤツバキクイの密度が増加する機構、立木被害発生とその伝播機構、天敵の働き、薬剤の効果などで、今まで十分に明らかにされていなかった事がらを調べ、今後の防除対策に資することになった。調査期間は1982年から1984年までの3年間の予定である。その第1報として、1982年度の調査結果をもとにカラマツヤツバキクイの発生消長ならびに密度と繁殖との関係をとりとまとめた。

本文に入るに先だち、調査地設定に便宜をはかっていただいた鶴川町、津別町、足寄町、美瑛町、下川町役場の担当者、調査に際し助言・協力をいただいた北海道林務部造林課石田常正森林保護係長ならびに調査を直接に手伝っていただいた胆振支庁、網走支庁、十勝支庁、上川支庁の担当者、胆振東部、美幌、足寄、旭川、名寄地区林業指導事務所の各位に対して感謝の意を表す。

調査地および調査方法

調査地は風害跡4か所、雪害跡1か所の計5か所の町有林内に設定した(図-1)。それらは次のとおりである。

勇払郡鶴川町有明(1959年植栽)

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido 079-01

[北海道林業試験場報告 第21号 昭和58年12月, Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment, Station No. 21. December, 1983]

網走郡津別町字大昭 284 番地の 2 (1965 年植栽)
 足寄郡足寄町中足寄 124-3 番地 (1961 年植栽)
 上川郡美瑛町字美瑛原野 7514 番地 (1961 年植栽)
 上川郡下川町パンケ 40-3 (1961 年植栽)

以上の調査地内に、切倒したばかりのカラマツを 1 ~ 2 m の長さに玉切りし、直径 12cm 以上の丸太のみを約 30 本そろえて餌木として設置した。餌木の設置日は、鶴川町から順に 1982 年 5 月 6 日、5 月 11 日、5 月 12 日、5 月 13 日、および 5 月 19 日である。

これらの餌木を原則として 1 週間ごとに見回り、穿入孔を見つけ次第それに番号テープをつけ、野帳に記入した。また最初の繁殖が終り新成虫が飛び出してくる頃に、餌木丸太を任意に 5 本ずつ選びだして 50cm 幅で環状に剥皮し、穿孔孔ごとに、母孔数、母孔長、産卵数および发育ステージ別の生存虫数、死亡虫数を調べた。そして 2 回目の発生を調べるために新しい餌木をその時点で設置し、調査を 9 月中旬まで続けた。

またこの種の发育経過を知るために、調査日ごとに剥皮調査もあわせて行った。

結果と考察

1. 1982 年の発生活消長

1982 年は 5 か所の調査地においていずれも年 2 世代の繁殖であった。越冬成虫の活動開始は予想以上に早く、鶴川町では餌木を設置した 5 月 6 日にはすでに風倒木の一部に穿入しているのを確認した。また足寄町、美瑛町、下川町でも同様であった。とくに足寄町では風害木の一部に前年のうちに穿入・繁殖した痕跡が認められたので、一部の地域では 1981 年 8 ~ 9 月に 2 世代目の繁殖があったものと考えられる。各調査地における最初の穿入確認日、餌木において穿入孔数が最も多くなった日、越冬成虫による 1 回目の穿入・繁殖 (1 回目繁殖と略す) ならびに次世代成虫による穿入・繁殖 (2 回目繁殖と略す) に際しての穿入孔密度を表 1 にしめた。

最初の穿入確認日については、鶴川町と下川町とで 2 週間の差がある。また餌木において穿入孔数が最も多かった日には約 30 日の差ができています。これは越冬成虫の活動時期に地域差があることを示唆している。また穿入孔密度にも多少の差が認められた。従って調査結果の検討に当っては常に地域差の有無に注意した。

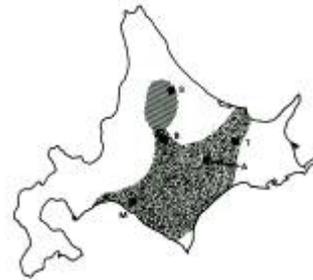


図-1 台風 15 号および湿雪の被害区域と調査地の位置
 Fig. 1. Areas of moderate to severe damage of the forests by the Typhoon-15 and the wet snow-fall in Hokkaido, 1981.

Damage by Typhoon 台風被害
 Damage by wet snow-fall 湿雪害
 Survey plot 調査地
 M 鶴川 Mukawa
 T 津別 Tsubetsu
 A 足寄 Ashoro
 B 美瑛 Biei
 S 下川 Shimokawa

表-1 各調査地において最初に穿入を確認した日、穿入孔数が最も多くなった日、および 1 回目と 2 回目の繁殖時の穿入孔数密度

Table 1. The days when the attacks of the first generation of the larch bark beetle were first observed and when the number of attacks reached a peak, and the density of the entrance holes per square meter at five survey plots.

調査地 Survey plots	最初に穿入を 確認した日 Day when the attacks were first observed	穿入孔が最も 多くなった日 Day when the number of attacks reached a peak	1 m ² 当りの 穿入孔数 Number of the entrance holes per square meter	
			First attack	Second attack
Mukawa	May 6	May 17	—	—
Tsubetsu	May 11	May 29	80	85
Ashoro	May 12	June 9	52	64
Biei	May 13	June 24	69	27
Shimokawa	May 19	June 16	59	83

2. 穿入孔数と母孔数

カラマツヤツバキクイは雄が先に穿入して交尾室をつくり、雌はあとから飛来する。そして1頭の雌は1本の母孔をつくる。従って穿入孔数は穿入を試みた雄の数を、母孔数は雌の数を表わしている。この穿入孔数と母孔数との関係を図-2にしめた。

調査地間では差が認められなかったが、1回目繁殖と2回目繁殖とがそれぞれ別の一次回帰直線となった。これらの直線の勾配は1雄に対する雌の割合を表わしている。この値に有意な差があるということは、1回目繁殖と2回目繁殖とでは、繁殖に関与する個体群の性比が異なっていることを意味する。そこで実際に繁殖が行われた穿入孔すべてについて調べた性比を表-2にしめた。

美瑛を除いた他の調査地は、1回目繁殖より2回目繁殖の方が性比が高くなっている。しかしこれまで性比について調べられた *Ips* 属の2種では、新成虫はいずれも1対1の性比であり(小泉・山口, 1967; THOMAS, 1961), カラマツヤツバキクイの場合も同様であろうと推察される。にもかかわらず、1回目よりも2回目繁殖において性比が高くなっているのは、羽化・分散の過程におけるこの種の集合フェロモンの作用と考えられる。すなわち

Dendroctonus frontalis (GARA, 1967; COSTER & GARA, 1968; SCHOWALTER ら, 1981), *Ips confusus* (VITÉ & GARA, 1962; BORDEN, 1967), *Ips paraconfusus* (HAGEN & ATKINS, 1975) および *Dendroctonus pseudotsugae* (ATKINS, 1966; 1975) などで明らかにされたこれらキクイムシの分散・集合の行動と集合フェロモンとの関係から推測すると、カラマツヤツバキクイの場合も、1回目の繁殖で羽化した雄成虫が集合フェロモンに対してマスクされ分散していくのに対し、雌は雄よりも感受性が強いために、わずかに残っている集合フェロモンに誘引されて最初の繁殖場所にとどまるためと考えられる。2回目繁殖において性比が低くなっている美瑛は、1回目繁殖の調査で餌木を設置した場所から50mほど離れた場所につくられた土場積みの材を調査対象にした。ここでは性比が他とくらべて低かったばかりでなく、穿入孔密度も27個/m²と半分以下となり、また母孔

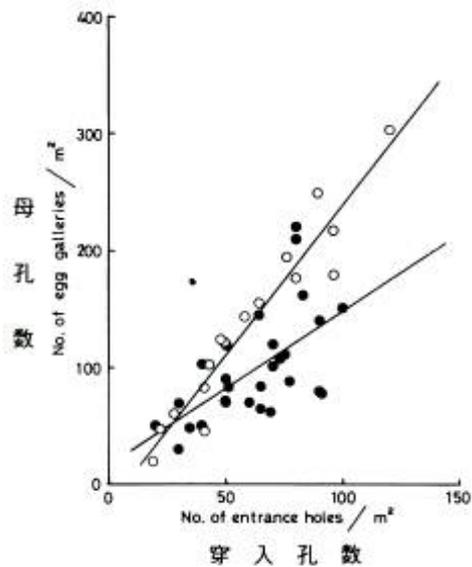


図-2 穿入孔数と母孔数との関係
 Fig. 2. The relationship between number of egg galleries and number of attacks (entrance holes) per square meter.
 ● 1回目の繁殖 First attack
 $Y = 16.3 + 1.33x$ ($r^2 = 0.36$)
 ○ 2回目の繁殖 Second attack
 $Y = -17.9 + 2.58x$ ($r^2 = 0.96$)

表-2 1回目繁殖と2回目繁殖における性比の違い
 Table 2. Sex ratios (♀/♂) in the first and second attacks of beetles at four survey plots.

	1回目繁殖 First attack	2回目繁殖 Second attack
Tsubetsu	2.4	2.6
Ashoro	1.9	2.5
Biei	2.2	2.0
Shimokawa	1.9	2.1
Mean	2.0	2.4

がつくられていない交尾室の出現率が13%にも達した。これらの事実は、前述の集合フェロモンの作用により雌成虫が最初の繁殖場所に多く残るといふ仮説を強く裏づけている。

3. 母孔長と産卵数

母孔長と産卵数との間に比例関係が成り立つことはすでに井上・小泉(1952)によって報告されている。この調査においても同様の関係が認められた。図-3に示したように、1回目繁殖と2回目繁殖とは2本のほぼ平行した直線となり、両者の勾配には有意差が認められなかった。井上・小泉(1952)は江別市野幌において平均直径26cmのカラマツ丸太を使って、また小泉ら(1971)は標茶町で径級7~12cmのカラマツ枯損木の調査から、それぞれ同じ値($b=2.5$)をえている。さらにTHOMSON&SAHOTA(1981)やWAGNERら(1982)もそれぞれ *Dendroctonus rufipennis* と *D. frontalis* とを使って、単位母孔長当りの産卵数は穿入密度や穿入時期、温度などによって左右されないことを実験的に確かめている。従ってカラマツヤツバキイの場合も、直線の勾配すなわち母孔長1cm当りの産卵数は気温や寄主の条件などにほとんど左右されずにほぼ一定の値をとると考えられる。

次に2回目繁殖の直線が1回目繁殖のそれを下へ平行移動した形、すなわち同じ母孔長でも産卵数が少なくなっている理由を考えてみる。まず考えられるのは産卵能力の差であるが、1母孔当りの最多産卵数をみると、1回目繁殖が 69.8 ± 38.9 (平均値 $\pm 95\%$ 信頼限界値)、2回目繁殖が 67.3 ± 39.1 と両者の間にまったく差がない。従って産卵能力の差ではない。考えられるもう一つの理由は、2回目繁殖に携わる雌成虫が未熟で、卵が成熟するまでに栄養摂取のための後食をしたということである。すでに述べたように、2回目繁殖に際して、羽化した雌成虫がわずかに残っている集合フェロモンに誘引されて最初の繁殖場所にとどまる割合が高いこと、そしてこれらの雌成虫はすぐ産卵できるほど成熟していないことは十分に考えられる。2回目繁殖において、母孔の最初の2~3cmにしばしば見受けられる産卵されていない部分は、これら雌成虫の後食痕と考えられるので、これらの部分を除外すると両者の直線は一致すると思われる。

4. 母孔数と母孔長、産卵数

次に山口・小泉(1959)がヤツバキイで報告したように、寄生密度(=母孔数)と母孔長、産卵数との関係をみておく。

図-4に母孔数と平均母孔長との関係をしめた。平均母孔長に調査地間の差がみられないことから、母孔数を20孔/m²ごとに区分けして集計し、それぞれの平均値を図にプロットした。1回目繁殖、2回目繁殖とも母孔数が80~100孔/m²で平均母孔長が最大となる同形の曲線でその関係を表わすことができる。

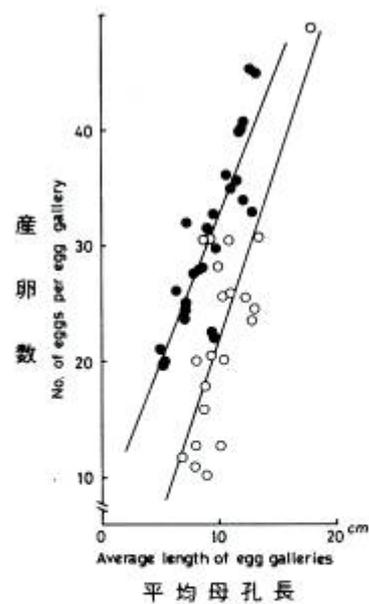


図-3 平均母孔長と産卵数との関係
 Fig. 3. The relationship between number of eggs and average length of egg galleries per gallery.
 ● 1回目繁殖 First attack
 $Y = 7.24 + 2.53 x (r^2 = 0.70)$
 ○ 2回目繁殖 Second attack
 $Y = -8.28 + 3.01 x (r^2 = 0.54)$

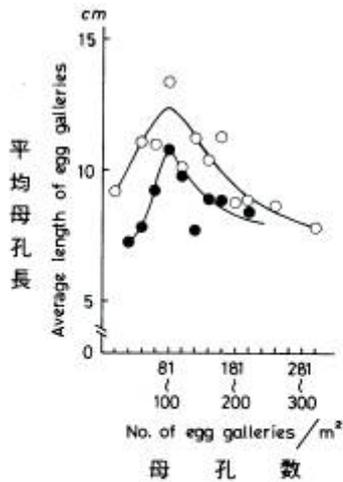


図-4 母孔数と平均母孔長との関係

Fig. 4. The relationship between average length of egg galleries and number of egg galleries per square meter.

● 1回目繁殖 First attack
○ 2回目繁殖 Second attack

これをみる限りは母孔数 80~100 孔/m²の場合に最も長い母孔を雌成虫がつくるように考えても不思議ではない。しかし平均母孔長の最大値は穿入時期によって異なり、あとから穿入する個体の平均母孔長は短くなる事実が観察されている。また SAHOTA&THOMSON (1979) は *D. rufipennis* で, WAGNER ら (1981) は *D. frontalis* でそれぞれこれと同様の結果をえている。従って、平均母孔長が最大値をとる 80~100 孔/m²より少ない寄生密度では、寄主の条件が穿入と母孔作成に適さないようになっていたために、母孔数も少なく母孔長も短くなったと考えた方が合理的である。そして母孔数 80~100 孔/m²という密度は成虫を最初に大量穿入した時の密度をしめし、それ以上の密度において平均母孔長が短くなるのは遅れて穿入した個体が短い母孔しか作らないためと思われる。

また2回目繁殖は1回目繁殖よりも常に平均母孔長がながく、2回目繁殖における長い母孔長が寄生密度にはあまり影響されないことをしめしている。

母孔数と1母孔当りの産卵数との関係を図-5にしめた。1回目繁殖では母孔数が210孔/m²までしかデータがない。この範囲で1母孔当りの産卵数はほぼ一定であった。2回目繁殖では1母孔当りの産卵数は、母孔数の増加に反比例して減少している。両者の間にこのような違いが生じた原因は現在の資料ではわからない。

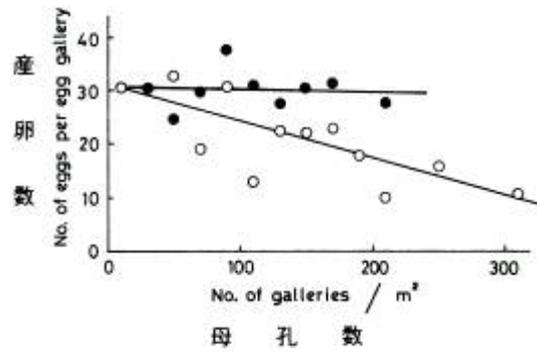


図-5 母孔数と産卵数との関係

Fig. 5. The relationship between number of eggs per egg gallery and number of galleries per square meter.

● 1回目繁殖 First attack
 $Y = 30.8 - 0.095 X$ ($r^2 = 0.006$)
○ 2回目繁殖 Second attack
 $Y = 31.0 - 1.33 X$ ($r^2 = 0.56$)

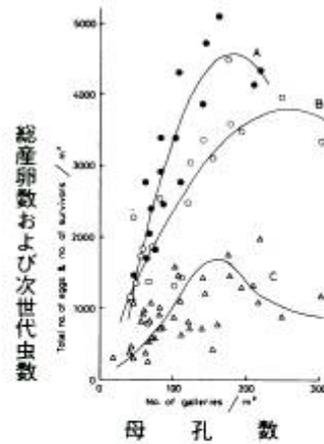


図-6 母孔数と総産卵数および次世代虫数との関係

Fig. 6. The relationships between total number of eggs deposited and the number of survivors (Δ) and number of galleries per square meter.

● 1回目繁殖 First attack
○ 2回目繁殖 Second attack
A $Y = -0.18 X^2 + 66.0 X - 1427$
B $Y = -0.56 X^2 + 28.81 X + 59.03$

5. 母孔数と総産卵数、次世代虫数

図-6は母孔数と総産卵数および次世代虫数との関係をしめしたもので、次世代虫数は7月と9月の剥皮調査時点に生存を確認できた成虫、蛹、幼虫ならびに卵をすべて含めた生存虫数で表わしてある。そのため次世代虫数としては数が多めに評価されている。

母孔数と総産卵数との関係は、1回目繁殖と2回目繁殖とでは多少の違いが認められるが、両者とも2次曲線で近似できた。1回目繁殖は母孔数180孔/m²で総産卵数が最大となり、2回目繁殖は260孔/m²で最大となる。

カラマツヤツバキクイ成虫の餌木丸太への穿入は、最高気温が20℃を越える日が2~3日続くと一度に大量に行われ、その後は徐々に減っていく。そして遅れて穿入した雌成虫のつくる母孔は短く、それゆえ産卵数も少ない。また1回目繁殖の調査は7月中旬に行ったので、初めの穿入期に穿入数が少なかった丸太に再寄生が集中的に行われ、最終的には母孔数が多くなったものもある。図-6の曲線Aを折り曲げる原因となった母孔数200孔/m²以上の2つの点はそうした例である。さらに2回目繁殖(曲線B)でも同様の現象がみられたうえ、母孔数の最も多い丸太では303孔/m²の母孔のうち22%の67孔がまったく産卵されていない。従って図-6では穿入時期の異なる母孔をすべて一緒にして1m²当りの寄生密度で扱っているために、あたかも最適密度をもつかのような曲線がえられたものと思われる。穿入日を同一にして密度だけを変えた場合は、山口・小泉(1959)がヤツバキクイでえたのと同様のいわゆる飽和型の増加曲線が期待できるのではないかと考えている。

以上のような母孔数と総産卵数との関係は、樹皮下における成虫間の競争によって生ずる。これに対し母孔数と次世代虫数との関係は、食物をめぐる幼虫間の競争によって支配されている(BEAVER, 1974)。

図-6の曲線Cは母孔数と次世代虫数との関係をしめしたものである。ここでは1回目繁殖との間に大きな差がなかったため同一のものとして扱った。母孔数150~160孔/m²で次世代虫数が最大となる曲線となった。これは内田・中島(1961)がヤソバキクイの野外調査でえた結果と似たものである。これに対し山口・小泉(1959)はこの関係でも飽和型の増加曲線をえている。この両者の違いは、前者が穿入時期の異なったものをすべて一緒に扱っているのに対し、後者は穿入日をそろえている点にある。穿入時期が異なれば孵化時期も異なる。遅れて孵化した幼虫は早くに孵化した幼虫にくらべて競争には不利であり、また過密そのものが幼虫すべてを死に導く(BEAVER, 1974)。こうした幼虫間の競争の結果として、穿入時期の異なるものをすべて一緒に扱った場合には、みかけ上は最適密度をもつ曲線となるものと考えられる。

要 約

1981年8月の台風15号および10月の湿雪によって、カラマツ造林地に合計150万m³の被害がでた。被害のあった地域から鶴川町、津別町、足寄町、美瑛町、下川町の各町有林を選んで調査地を設け、カラマツヤツバキクイの発生消長および密度と繁殖との関係を調べた。

1. 1982年はいずれの調査地でも年2世代の繁殖をした。越冬成虫の1回目の穿入は早いところで5月初旬に始まる。穿入の最盛期は地域によって差があり、5月中旬から6月中旬まで約30日の幅があった。

2. 単位面積当りの母孔数は、穿入孔数の増加に正比例する。そして1回目繁殖よりも2回目繁殖の方が雌の割合が多かった。

3. 母孔当りの産卵数は母孔長が長くなると比例して増加し、母孔数の増加とは反比例的である。

母孔 1 cm 当りの産卵数は 1 回目繁殖も 2 回目繁殖も同じであった。

4. 単位面積当りの母孔数と平均母孔長, 総産卵数および次世代虫数との関係は, いずれも最適密度をもつ曲線となった。これは穿入日の異なる母孔すべてを一緒にして密度を表わしたためと考えられる。

文 献

- ATKINS, M.D. 1966 Laboratory studies on the behavior of the Douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* HOPKINS. Can. Ent. 98 : 953-991
- 1975 On factors affecting the size, fat content and behavior of a scolytid. Z. ang. Ent. 78 : 209-218
- BEAVER, R. A. 1974 Intraspecific competition among bark beetle larvae (Coleoptera : Scolytidae). J. Anim. Ecol. 43 : 455-467
- BORDEN, J. H. 1967 Factors influencing the response of *Ips confusus* to male attractant. Can. Ent. 99 : 1164-1193
- COSTER, J. E. and R. I. GARA 1968 Studies on the attack behavior of the southern pine beetle. II. Response to attractive host material. Contrib. Boyce Thompson Inst. 24 : 69-76.
- GARA, R. I. 1967 Studies on the attack behavior of the southern pine beetle. I. The spreading and collapse of outbreaks. Contrib. Boyce Thompson Inst. 23 : 349-354
- HAGEN, B. W. and M. D. ATKINS 1975 Between generation variability in the fat content and behavior of *Ips paraconfusus* LANIER. Z. ang. Ent. 79 : 169-172
- 井上元則 1951 カラマツヤツバキクイの生態と防除. 植物防疫 5 : 221-224
- ・小泉 力 1952 カラマツヤツバキクイの寄生数と被害の伝播度について (唐松喰虫研究第 2 報). 日林講 61 : 151-153
- 加辺正明 1949 餌木誘引に依るカラマツオホキクヒムシの生態調査に就て 22p. 前橋営林局.
- 小泉 力・山口博昭 1967 ヤツバキクイの繁殖・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. 林試研報 204 : 129-134
- ・—————・秋田米治 1971 パイロットフォレストにおけるカラマツヤツバキクイの被害と枯損との関係. 林試北支年報 (1970) : 140-146
- SAHOTA, T. S. and A. J. THOMSON 1979 Temperature induced variation in the rates of reproductive processes in *Dendroctonus rufipennis* (Coleoptera : Scolytidae) : A new approach to detecting changes in population quality. Can. Ent. 111 : 1069-1078
- SCHOWALTER, T. D., D. N. POPE, R. N. COULSON and W. S. FARGO 1981 Patterns of southern pine beetle (*Dendroctonus frontalis* ZIMM.) infestation enlargement. Forest Sci. 27 : 837-849.
- 篠原 均 1976 カラマツ間伐材とカラマツヤツバキクイの繁殖について. 北方林業 29 : 152-154
- 鈴木重孝・新田季利 1981 北見地方におけるカラマツヤツバキクイの被害と防除試験 北方林業 33 : 61-66
- THOMAS, J. B. 1961 The life history of *Ips pini* (SAY) (Coleoptera : Scolytidae). Can. Ent. 93 : 384-390
- THOMSON, A.J. and T.S.SAHOTA 1981 Competition and population quality in *Dendroctonus rufipennis* (Coleoptera : Scolytidae). Can. Ent. 113 : 177-183

- 内田登一・中島敏夫 1961 北海道の風倒木地帯におけるヤツバキクイ *Ips typographus* LINNÉ の異常発生に関する 2, 3 の考察. 北大演林報 21 : 149-168
- VITÉ, J. P. and R. I. GARA 1962 Volatile attractants from ponderosa pine attacked by bark beetle (Coleoptera : Scolytidae) Contrib. Boyce Thompson Inst. 21 : 251-273
- WAGNER, T. L., R. M. FELDMAN, J. A. GAGNE, J. D. COVER, R. N. COULSON and R. M. SCHOOLFIELD 1981 Factors affecting gallery construction, oviposition, and re-emergence of *Dendroctonus frontalis* in the laboratory. Ann. Entomol. Soc. Am. 74 : 255-273
- , W. S. FARGO, L. L. KEELEY, R. N. COULSON and J. D. COVER 1982 Effects of sequential attack on gallery construction, oviposition, and re-emergence by *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera : Scolytidae). Can. Ent. 114 : 491-502
- 山口博昭・小泉 力 1959 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 I. 寄生密度と繁殖との関係. 林試北支年報 (1956) : 39-47

Summary

The larch bark beetle, *Ips cembrae* HEER, readily attacks standing larch trees (*Larix leptolepis* GORDON) when the beetle populations are high, in Hokkaido.

The bionomics of this beetle was studied at five survey plots ; Mukawa, Tsubetsu, Ashoro, Biei and Shimokawa, in 1982. In four of these areas much damage was caused to the larch plantations by the Typhoon-15 on August 23, and the other one by the heavy snow-fall on October 23, in 1981 (Fig. 1).

1. The beetle had two generations in 1982. Attacks of the first generation occurred in the first week of May and extended to the middle of July. Regional differences of about 30 days were found in the dates of the peak of attack by the first generation in spring.

2. The number of egg galleries per square meter increased proportionally with increasing attack density (number of the attacks per square meter). The average sex ratio was 1 male to 2.0 females in the first attack, and 1 male to 2.4 females in the second attack.

3. The number of eggs deposited per gallery increased directly with gallery length, while it decreased with increasing attack density. The mean oviposition rate was 2.5 eggs/cm both in the first and second attacks.

4. Optimal relationships were found between the following three numbers and the final attack numbers ; namely, the mean length per gallery, the total number of eggs per square meter and the number of survivors. These phenomena observed in the present study may be considered the result of the attack pattern of the parent adults and the prolonged oviposition period.