

## エゾマツ天然林の伐採後の虫害枯損と ヤツバキクイムシ成虫の動態\*

中山 基\*\*・古田公人\*\*・高橋郁雄\*\*\*  
佐藤義弘\*\*\*・井口和信\*\*\*

### Death of Ezo-spruce around Log Depots after Partial Cuttings and the Dynamics of Adult Spruce Beetles

Motoi NAKAYAMA\*\*, Kimito FURUTA\*\*, Ikuo TAKAHASHI\*\*\*  
Yoshihiro SATO\*\*\* and Kazunobu IGUTI\*\*\*

#### 1. 緒 言

ヤツバキクイムシ (*Ips typographus japonicus* NIJIMA) はエゾマツ類の穿孔性昆虫の一種で、台風などによる風害後に大発生してエゾマツ生立木を枯らし、被害を拡大させることで知られている。しかし、大規模な風倒木が生じるような風害後ばかりではなく、天然林では通常の年においても老齢木を中心に虫害枯損を発生させており、枯損量は林分成長量に匹敵するともいわれている (山口, 1961)。

ヤツバキクイムシが森林施業のなかで最も問題となるのは伐採後の枯損であろう。天然林の伐採によって、伐採地や土場の周辺で虫害枯損が発生しやすいことはかなり以前から指摘されており (小泉, 1977), とくに土場では集積された丸太で繁殖したものが周辺の生立木を攻撃して枯損させたと考えられる例も少なくない (生態学談話会, 1968)。エゾマツは林業上重要な樹種であるが、人工造林や天然更新が難しく、蓄積のほとんどは天然林に存在している。ヤツバキクイムシによる虫害枯損の防止は天然林管理のうえでの最重要課題の一つとなっている。また現在、北海道各地にアカエゾマツ造林地が広く造成されているが、成林後の間伐や収穫時にはヤツバキクイムシの加害が心配される。この点からも伐採地でのヤツバキクイムシによる枯損防止法の確立は緊急の課題となっている。

ヤツバキクイムシによる枯損防止法の確立にあたっては、伐採にともなう生立木への加害機構の解明が必要であるが、そのためにはヤツバキクイムシ個体群と寄主であるエゾマツ両者の動態の解析が必要であろう。とくにヤツバキクイムシについては平常状態での成虫の動態が、エゾマツについては枯損の発生環境の解析がまず必要であると考えられる。

ヤツバキクイムシの研究はわが国でも古くから行われているが、その多くは風害後の大発生時の個体群に関するものであり (たとえば山口ほか, 1963; 古田ほか, 1985), 平常状態でのヤツ

\* 本研究は文部省科学研究費 01860017 によるものである。

\*\* 東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

\*\*\* 東京大学農学部附属演習林北海道演習林

University Forest in Hokkaido, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo.

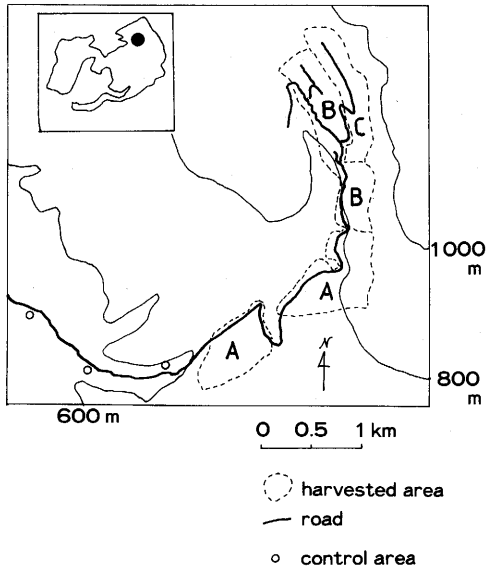


図-1 試験地図

A, 1987年春伐採林分; B, 1987年秋伐採林分; C, 1988年春伐採林分

Fig. 1. Map of the study area

A, harvested area in the spring of 1987; B, harvested area in the autumn of 1987; C, harvested area in the spring of 1988.

バキクイムシについてはわずかに小泉(1977)が伐採後の虫害発生を, FURUTA(1989)が平常時と大発生時の個体群特性を比較検討しているなど, 若干の研究があるにすぎない。またヨーロッパではヤツバキクイムシの原亜種(*I. typographus*)について合成の集合フェロモンを用いた大量誘殺による防除の実用化がすすめられているのをはじめ(BAKKE *et al.*, 1983), 生態や防除に関して多くの研究成果の蓄積があるが, 伐採にともなう枯損の発生機構についてはほとんど研究がなされていない。

今回, 伐採林分での虫害枯損の発生防止を目的に, 東京大学北海道演習林内のエゾマツ天然林において (1) 集合フェロモントラップを用いたヤツバキクイムシ成虫の動態調査, (2) 枯れやすい木をまえて判別できるかどうかの検討, (3) 土場周辺における枯損の発生環境の解析, (4) 枯損木の伐倒・搬出がその後の枯損の拡大に影響するかどうかの検討を行った。またあわせて, 集合フェロモントラップによる枯損防止効果を調べた。これらの研究の結果, 土場周辺の枯損の発生状況がかなり詳細に把握され, トラップの効果も確かめられたため, その結果を報告するとともに, 枯損の発生をおさえる方法について提言をおこなうこととした。

研究にあたり, 渡辺定元林長はじめ東京大学北海道演習林の各位のご援助を戴き, とくにエゾマツの選木には大屋一美技官にご協力をお願いした。またトラップについて東京大学農学部森謙二教授にご教示を, シェル化学斎藤進氏には格別のご配慮を戴いた。あつくお礼申しあげる。

## 2. 試験地および方法

### 1) 試験地

試験地は北海道富良野市に位置する東京大学北海道演習林内の標高 500~900 m のエゾマツ天然林に設定した(図-1)。すなわち第 11, 12 林班の標高 700~900 m の地域において 1987 年春と秋, 1988 年春の 3 回にわたり平均伐採率 15% の択伐施業がおこなわれた。この伐採林分に伐採区試験地(以下, 伐採区と略)を設定し, 現在伐採を行っていない第 7, 10 林分の標高 500~

600 m のところに対照区試験地（以下、対照区と略）を設定した。伐採区ではフェロモントラップによるヤツバキクイムシの捕獲調査、エゾマツ枯損調査を行い、対照区では捕獲調査を、それぞれ 1987 年から 3 年間実施した。

試験地の林況は、エゾマツを主体としてトドマツ、ミズナラ、ダケカンバなどが上層を形成する針広混交林で、少数のアカエゾマツ（本文中ではエゾマツに含めて取り扱った）も混じっている。中層木はトドマツ、シウリザクラ、ナナカマドなどがあり、林床はクマイザザに被われているところが多い。なかでもエゾマツは大径木が多く、樹高は 20~30 m、胸高直径は標準的なもので 40 cm 大きなものでは 70 cm を越えるものもあってエゾマツ林としてはすでに老齡過熟林分であるといわれている。

## 2) 方法

### 集合フェロモントラップによる捕獲

使用した集合フェロモン、デイスペンサー、筒型トラップは古田ほか(1985)に報告したものである。なおこのほかに黒色箱型のトラップ (Theysohn: 西ドイツ・シェル化学製) も用いた。

伐採区に 200~300 m 間隔で、林道に沿ってほぼ直線状につくられた 23 か所の土場のうち、8 か所 (延べ 10 か所) の土場のほぼ中央に筒型と箱型のトラップを 1 個ずつ 20 m 程度の間隔をあけて設置し、対照区の林道上に 1 km ほどの間隔で 3 か所に筒型のトラップを 1 個設置した。ヤツバキクイムシ成虫を定期的に捕獲して活動状況を推測するとともに、トラップによる防除効果を調べた。このうち土場については、1987 年は 2 か所に設置したが、いずれもその年の春に造成され夏まで使用されたものである。1988 年と 89 年はそれぞれ 3 か所 (このうち 2 か所は 87 年と同じところ) と 5 か所で、ともに前前年秋または前年春に造成・使用された土場である。

トラップは 1987~89 年に、越冬を終えた成虫が飛翔し始める 5 月下旬に設置し、8 月下旬または 9 月上旬までのおよそ 110 日間野外に置いた。この間、フェロモンデイスペンサーは中頃に 1 度交換し、捕獲虫はほぼ 2 週間ごとに回収した。捕獲されたヤツバキクイムシの性比は雌にかたよってほぼ一定であるので (FURUTA, 1989), 各トラップ、各回ごとにでたらめに選んだ 100 頭とそれ以外にわけて乾燥器で乾燥してから重量を測定し、捕獲数を推定した。

### 枯損調査

土場周辺のエゾマツ枯損の実態を把握するため、全土場周辺のコンパス測量を行い、胸高直径 20 cm 以上のすべての樹木について胸高直径の計測を行い、立木位置図を作成した。この際、土場に直接面する林縁木から林内に向かって 2・3 本奥の木までを含む領域を土場周辺と規定し、したがって土場から 20 m の範囲について位置図を作成した。枯損調査は毎年 10 月に実施した。

### 枯損の予知

エゾマツ天然林の作業現場では、エゾマツの位置や外観から枯れやすいものを経験的に予測できるということをしばしば耳にする。そういうことが可能であるなら、伐採の指標とすることができるため、この点を検討した。まず、1987 年春に造成された 8 か所の土場周辺のエゾマツ全木について、樹形や樹皮の様子、作業車両による根の傷みを同年 5 月に観察した。また、同時に、作業経験の深い数名の職員により、1~2 年のうちに枯損しそうだ経験的に予測されるエゾマツの選木を行った。選木時点ではいずれも外見的には健全と思われる木であったが、判断の基準はおおよそ土場との位置関係、樹形、葉色、根の傷み、ヤニの流出などであった。これらの木についてその後の枯損の有無を 2 年間観察した。

表-1 土場の枯損率 (y) の重回帰分析  
Table 1. Multiple regression analysis for the mortality of Ezo-spruce

要 因	自 由 度	F 値	有 意 性
土場面積 ( $x_1$ )	1	10.027	$p < 0.05$
ha あたりエゾマツ本数 ( $x_2$ )	1	17.216	$p < 0.002$
エゾマツの割合 ( $x_3$ )	1	5.963	$p = 0.05$
トラップの有無 ( $x_4$ )	1	13.777	$p < 0.01$
誤差	18		
回帰式 (y)	4	12.915	$p < 0.002$ ( $r = 0.861$ )

回帰式:  $y = 0.0174x_1 + 0.697x_2 - 1.26x_3 - 15.3x_4 + 20.9$

### 枯損木の伐倒・搬出とその後の枯損

エゾマツ天然林では枯損木の処理がその後の枯損の発生に影響するという事はなかば常識となっている。したがって、とくに枯損木の伐倒・搬出がその後の新たな枯損の発生を誘発するかどうかを6か所の土場で検討した。これらの土場は1987年に伐採した林分に位置し、その年の春に造成したもので、1988年に枯損が発生したものである。すなわち3か所では'88年秋に伐倒・搬出したが、残る3か所はそのまま放置し、その後の枯損を比較した。

## 3. 結果と考察

### 1) 土場の枯損率

伐採林分では伐採の翌年にあたる1988年あるいは89年に枯損が大量に発生した。それらの枯損のほとんどは土場の周辺20m以内のところで発生し、その外側で発生したものはきわめて少なかった。

伐採の翌年は虫害枯損が発生しやすい(小泉, 1977)。エゾマツ本数枯損率は0%から47.1%までの大きな振れがあった。これがなにによって決定されているかを明らかにするため、枯損率を目的変数とし、8個の説明変数による重回帰分析を行った。説明変数には土場面積 ( $m^2$ )、土場に積載された丸太の材積 ( $m^3$ )、土場周辺20mの範囲についてのhaあたりエゾマツ本数、エゾマツ以外の樹木の総本数、エゾマツの割合をアークサイン変換した値、エゾマツの土場外縁からの距離の平均値 (m)、エゾマツ胸高直径の平均値 (cm)、トラップの有無(有:1, 無:0)をとった。その結果、土場面積、エゾマツ本数、エゾマツ割合、トラップの有無の4変数について有意性が高く(表-1)、これらの変数について求めた重回帰式はよく適合した。土場面積が大きく、エゾマツ本数が多く、エゾマツ割合が高いところで枯損率が高く、トラップを使用すれば枯損率が低下すると推論される。

どのようなエゾマツが枯れやすいかを知るため、位置図を作成したすべてのエゾマツについて胸高直径階別枯損率を図-2に示した。胸高直径の小さいものは枯損率が15%程度であるが、大きいものは40%以上にもなり、大径木に枯損が多い傾向がある。トラップを使用した土場でも同じような傾向が見られるが、どの直径階でも枯損が少なくなっている。胸高直径、健全木と枯損木の本数、トラップの有無を3次元分割表により分析したところ、胸高直径と健全・枯損本数 ( $x^2 = 15.066^{**}$ )、トラップの枯損本数 ( $x^2 = 50.875^{**}$ ) の間に有意な交互作用が検出された。大径木に枯損が多いこと、トラップの枯損抑止効果の存在は明らかである。

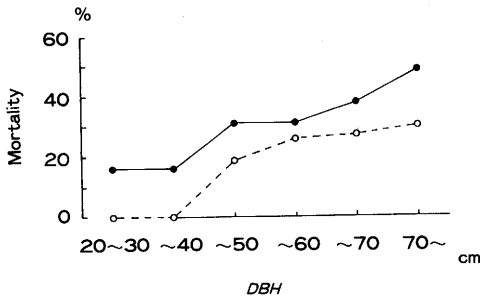


図-2 土場へのトラップの設置の有無とその周辺のエゾマツ胸高直径階別枯損率 (○),トラップ設置土場; (●),トラップ非設置土場

Fig. 2. Relationship between size of Ezo-spruce and mortality rate of the spruce around log depots where traps were deployed (○) or not deployed (●).

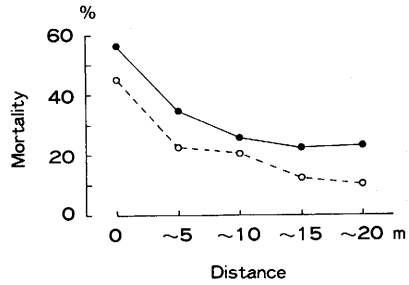


図-3 土場外縁からの距離別エゾマツ枯損率 (○),トラップ設置土場周辺; (●),非設置土場

Fig. 3. Relationship between the distance of Ezo-spruce from the edge of a log depot and the mortality rate of the spruce when pheromone traps were deployed (○) or not deployed (●) in the depot.

表-2 土場中心からの方位による枯損木本数

Table 2. Number of dead Ezo-spruce standing in the four directions of log depots

	北	東	南	西
健全木	168	146	154	133
枯損木	32	29	20	22

$$\chi^2_{cal} = 2.222 < \chi^2_3(0.50) = 2.366: N. S.$$

土場外縁からの距離と枯損率の関係は図-3に示した。土場外縁からの距離は土場の中に残された生立木を0mとし、外縁から1~20mについては5mごとに4段階にわけて表した。なお胸高直径による層別はおこなっていない。3次元分割表による分析では土場外縁からの距離と枯損・健全本数 ( $\chi^2 = 19.824^{**}$ )、トラップと枯損・健全本数 ( $\chi^2 = 42.351^{**}$ )とのあいだに有意な交互作用があり、土場から遠ざかるにつれて枯損率が低下していること、トラップを設置した土場の周辺ではどの距離でも枯損率は低下していることが明らかである。しかし、トラップに近いところほど枯損率が低くなる傾向は見られない。

伐採後にエゾマツが枯れやすい理由の一つとして、伐採による日照条件の急激な変化があげられる(生態学談話会, 1968; 小泉, 1977)。しかし、土場中心から4方位にわけて、それぞれの方位別の枯損本数について枯損本数を比較したが、有意な差はみられなかった(表-2)。日照条件の変化が枯損をひきおこすとすれば、土場の北または東側に位置する木に枯損が多いはずであるが、そうした傾向はなかったと判断される。

土場の周辺で枯損が発生した場合の枯損木のとりあつかいに関し、枯損木を伐倒・搬出した場合(搬出区)とそうでない場合(放置区)について、その翌年の枯損発生を比較した。それぞれ3か所の土場の周辺のエゾマツ総本数は当初は94本と75本であり、枯損発生初年度の枯損本数

表-3 エゾマツ枯損要因の判別分析

Table 3. Discriminant analysis of the mortality of Ezo-spruce

健全木の本数=280

枯損木の本数=84

要 因	自由度	F 値	有意性
胸高直径 ( $x_1$ )	1	40.086	$p < 0.002$
土場外縁からの距離 ( $x_2$ )	1	18.813	$p < 0.002$
半径 6 m 以内の胸高直径 40 cm 以上のエゾマツの本数 ( $x_3$ )	1	10.749	$p = 0.002$
誤差	360		

判別式:  $z = -0.0625x_1 + 0.0963x_2 - 0.596x_3 + 2.51$ 

平均判別率=0.706

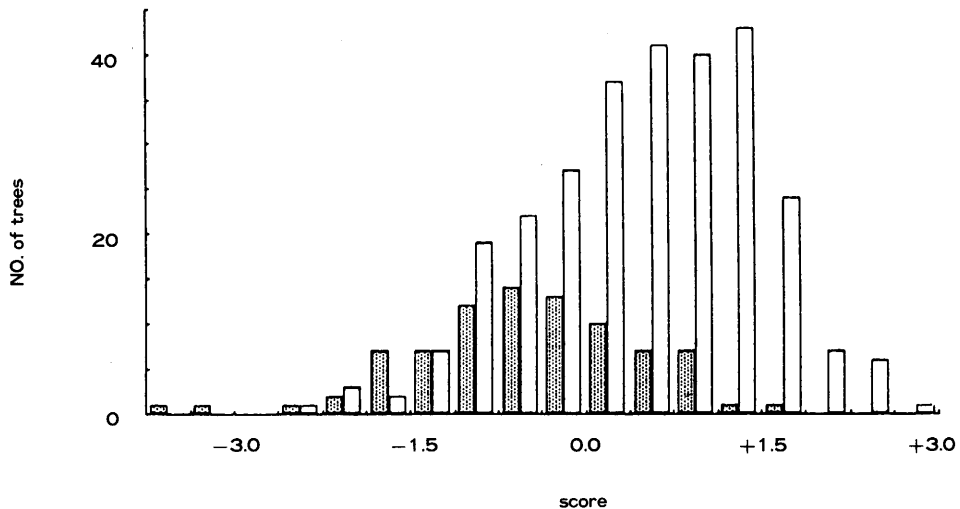


図-4 枯損木 (黒) と生残木 (白) のそれぞれの判別得点の頻度分布

Fig. 4. Frequency distribution of the scores in a discriminant function of living (□) and killed (■) Ezo-spruces.

は 24 本 (19.5%) と 15 本 (14.4%), 次年度の枯損本数は 24 本 (25.5%) と 8 本 (8.0%) であった。正確確率検定により両区の枯損本数を比較したところ, 初年度には差はなかったが, 次年度には有意な差があらわれた。これまでから経験的に指摘されてきたように, 枯損木の伐倒・搬出は新たな枯れをひきおこすことが確認されるとともに, 越冬後の成虫が広く分散する性質を持つことを示唆している。

## 2) 健全木と枯損木との判別

エゾマツは群を形成して成育するため, 群を単位とした取り扱いが必要であるとされている (生態学談話会, 1968)。したがって枯損木と生残木との線形判別分析による類別を行うにあたっては, 胸高直径, 土場外縁からの距離に加えて, エゾマツ各個体の周辺 6 m 以内に存在する他個体の本数を要因とした。6 m とは平均的な成木のおよその力枝長であり, 他個体はエゾマツとそれ以外にわけ, エゾマツについては胸高直径 40 cm 以上の大径木とそれ以外にわけて数えた。

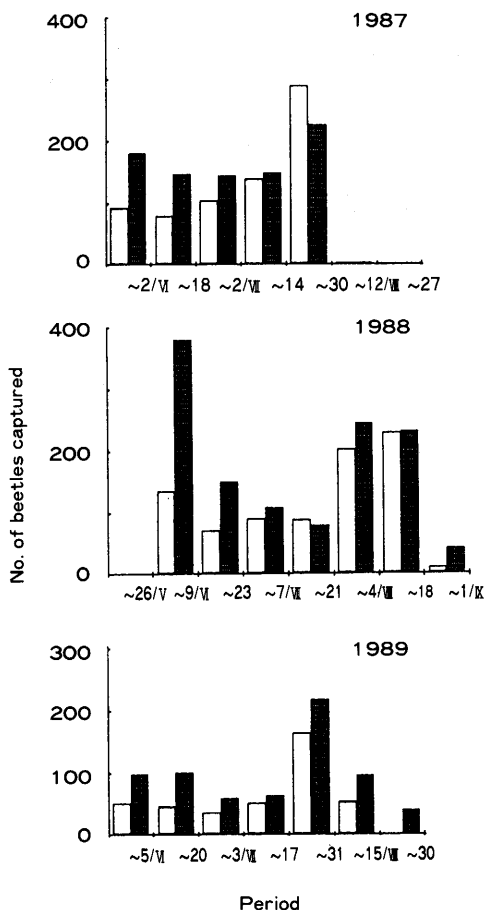


図-5 箱型(■)と筒型(□)のトラップ, 1トラップ1日あたり誘殺数

Fig. 5. Number of spruce beetles captured per day per pipe trap (□) or box trap (■).

トラップを設置していない土場についての分析の結果(表-3), 胸高直径, 土場からの距離, 半径6m以内のエゾマツ大径木の本数が判別に寄与する有意な要因であり, それから導かれる判別式の判別率も高かった。この判別式に, 位置図を作成した全エゾマツ個体をあてはめて判別得点(z)を求めたところ, 生残木の多くは正の領域に, 枯損木の多くは負の領域に分布した(図-4)。したがってエゾマツ林の伐採にあたっては, 個々のエゾマツの判別得点を求めることにより, 負の判別得点をもつものを枯損しやすいものとして, 土場の造成に先立って判別率0.71で判別することができることになる。

樹形, 樹皮の様子, 根の傷みなどによる特徴を以下のような基準で数量化し, 伐採後2年間の枯れについて判別分析を試みた。

- 樹形: 1. 標準, 2. 下部の枝が短い, 3. 枝は樹幹の上半のみに着生, 4. 枝は幹上方1/3程度
- 枝の偏り: 1. 力枝の長さで3倍以上あり, 2. なし
- 樹皮: 1. 細かい, 2. 普通, 3. 粗い
- 根の傷: 1. 断根, 2. ふみつぶし, 3. なし

表-4 エゾマツ天然林の害虫枯損防止のための作業法  
Table 4. Forest treatments for preventing the mortality of Ezo-spruce

作業段階	目 的	内 容
I	土 場 候 補 地 選 定	1. エゾマツ密度、エゾマツ割合共に低い林分を選ぶ 2. 候補地外縁から外側 5 m に大径木はない (エゾマツ) 3. 候補地外縁から外側 20 m に大径木は少ない (エゾマツ)
II	土 場 造 成	1. 面積はできるだけ小さくする
III	伐 採	1. 土場内にエゾマツは残さない 2. 大径木は群れとしてとりあつかう 3. 伐採によって大きな穴を林冠にあげない
IV	ヤツバキクイムシ管理	1. トラップを 1~2 個土場中央に設置する
V	被 害 拡 大 防 止	1. 虫害枯損木は伐倒せず、放置する

しかしながら、こうした要因では枯れやすい個体を判別することはできなかった。また、経験的にみて枯れやすい木と判断された 11 本のその後 2 年間の枯損率は 36.4% で、同一区域にあるその他の 100 個体については 13.0% であった。正確確率検定法による検定では有意な差はみられなかった。

### 3) トラップの形状と誘殺数

図-5 に示した伐採区の筒型と箱型のトラップの誘殺数について、年次、トラップの形、時期について三元分散分析を行ったところ、それぞれについて有意となった。箱型のトラップは筒型のものよりも多くのヤツバキクイムシを誘殺することが確認された。箱型のトラップには気温の高い時期などに多数のシテムシ類が入り、ヤツバキクイムシを摂食したことが観察されている。筒型のトラップではそうしたことはないの、箱型と筒型のトラップ間の捕獲数の差は実際には一層大きなものと考えられる。

筒型のトラップにはヤツバキクイムシの捕食者であるアリモドキカッコウムシ (*Thanasimus substriatus*) が多数捕獲されることは以前から指摘されており (古田, 1986), 今回もトラップあたり多い年で平均約 2000, 少ない年で 400 が誘殺された。しかし、箱型のトラップは多い年で約 100, 少ない年は全く捕獲されなかった。箱型のトラップの場合は、カッコウムシが集合フェロモンに集まってきてトラップに入り込んだとしても脱出できるためであろうと思われる。こうしたことから判断すれば、枯損防止のためには筒型よりも箱型のトラップのほうが好ましいといえよう。

### 4) 虫害枯損防止

エゾマツ林の伐採後の虫害枯損は土場の周辺に限られるが、そこでの枯損率は 40% 程度にも達することがある。枯損は土場の面積が大きく、エゾマツ密度が高いところほど激しいことが確認された。また大径で、土場に近く、群状に生えているエゾマツが枯れやすいことが明らかになり、胸高直径、土場外縁からの距離、エゾマツ各個体を中心とする半径 6 m 以内で胸高直径 40 cm 以上のエゾマツ本数を計測することにより、判別式によって枯れやすい木を判別することができる。

エゾマツ林の伐採にあたって枯損の発生を防止するための作業を表-4 に示した。すなわち、ま



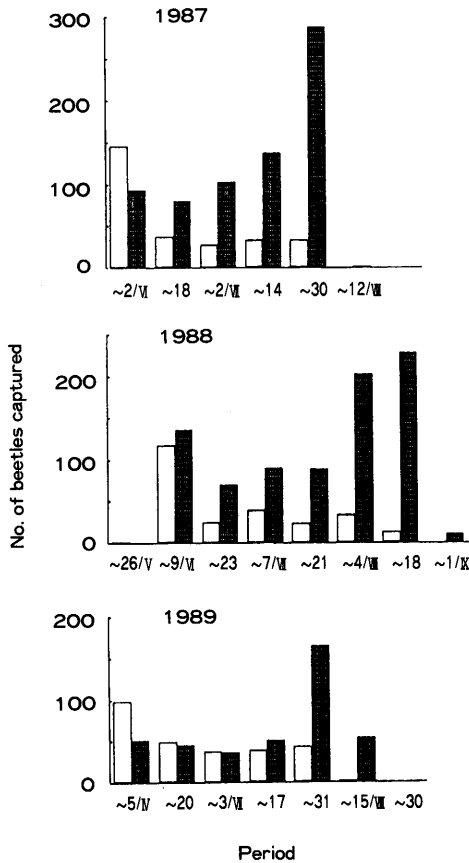


図-6 フェロモントラップ, 1トラップ1日あたりヤツバキクイムシ誘殺数の時期的変化 (●), 伐採区; (○), 対照区

Fig. 6. Change of the number of adult spruce beetles captured per trap per day in log depots (●) and in a not harvested stand (○).

重要なことは適切な土場の造成である。このためには林分のなかでもエゾマツ密度が低く、とくに大径木が少ないところを選び、できるだけ面積を小さくして土場を造成することが肝要である。その際、土場予定地の中にエゾマツがあれば、それらを伐採対象から除外せず、伐採しておくほうがよいであろう。こうした処置により、枯損の発生はかなりの程度に抑えられるものと考えられる。

フェロモントラップの設置が枯損発生を抑制することは以前からも知られていたことであり(古田ほか, 1986), また今回も確かめられた。しかし、トラップのみでは枯損を完全に防止することは不可能である。したがって、トラップの使用が法的に可能になれば、上記のような配慮をはらって土場を造成したうえでトラップを使用することは効果的であろう。もっとも、こうした処置をおこなってもヤツバキクイムシの密度や気象条件によってはなお多少の枯損の発生は避けられないであろう。その際、枯損木の伐倒・搬出はかえって被害の拡大をひきおこす場合が少なくないため、伐採せずに放置することが望ましい。

### 5) ヤツバキクイムシ成虫の動態と枯損

伐採が始まった1987年から3年間の伐採区の土場と対象区でのトラップ1台あたりのヤツバキクイムシ誘殺経過を図-6に示した。既に述べたようにトラップは伐採区では筒型と箱型の2

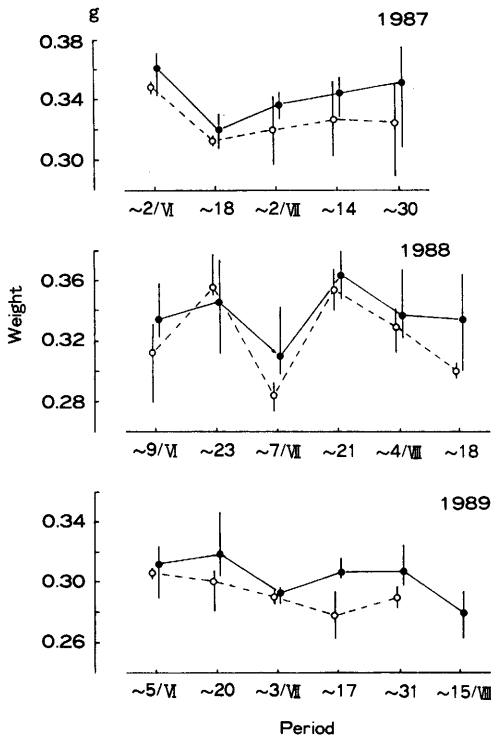


図-7 ヤツバキクイムシ成虫 100 頭あたりの乾燥重量の時期的変化 (●), 伐採区; (○), 対照区

Fig. 7. Change of the dry weight of the adult spruce beetles captured by pheromone traps in log depots (●) and in a not harvested stand (○).

種類使用したが、ここでは対照区との比較のため筒型のトラップだけについて示している。

図によれば伐採区と対照区ではヤツバキクイムシの誘殺総数は明らかに異なるが、捕獲数の時期的変化も明瞭に異なっている。すなわち、伐採区では風害後の大発生時と同様（古田ほか、1986）、活動初期にあたる春に小さな山があり、その後、6月中旬から増加しはじめ、7月中旬から8月上旬にかけての夏に大きな山がある2山型となっている。これに対し、対照区では5月下旬から6月上旬にかけての活動初期に多数捕獲され、その後は少なくなるL型となっている。伐採区では再寄生虫の活動が始まる6月中旬（古田、1986）に誘殺されるものがふえはじめ、夏には体色などから判断して新成虫が誘殺されている。これらの成虫の活動がとくに活発であったことが特徴的であるといえよう。これに対し、伐採を行っていないところでは越冬を終えて飛び出した成虫の活動は盛んであるが、その後は再寄生や新成虫発生の時期に対応したような形の活動が見られないことが特徴的である。

土場の条件は1987年とその他の年では大きく異なる。すなわち、トラップの設置は1987年には丸太が積載されていた土場に、その他の年は前年に土場として使用された、いわば土場あとに行っている。しかし、土場としての条件の異なる1987年と88年の伐採区の捕獲総数はそれぞれ1トラップあたり1万頭、1万2千頭で差はみられないのに対し、1988年と条件の等しい89年は5700頭で、明らかに差がある。しかし、対照区では3年間3600~3800頭の、ほぼ同数の捕獲があった。したがって、土場での捕獲数の多少は丸太の有無のような土場条件に直接的に依存したもの、あるいは地域全体の個体群密度の変化を反映したものというよりも、伐採区の個体群密度と繁殖とに依存したものと考えられる。

表-5 伐採後のヤツバキクイムシ個体群の特性  
Table 5. Characteristics of the spruce beetle population after loggings in a forest

年			1987	1988	1989
伐採時期			春	前年秋, 同年春	なし
ヤツバキクイムシ 誘殺数 <sup>1)</sup>	伐採区	春 <sup>2)</sup>	93	113	49
		夏 <sup>3)</sup>	233	235	117
	対照区	春 <sup>2)</sup>	98	78	83
		夏 <sup>3)</sup>	35	25	23
ヤツバキクイムシ 体重 <sup>4)</sup>	伐採区	春 <sup>5)</sup>	0.361 g	0.334 g	0.312 g
		夏 <sup>6)</sup>	0.351 g	0.334 g	0.307 g
	対照区	春 <sup>5)</sup>	0.350 g	0.312 g	0.306 g
		夏 <sup>6)</sup>	0.324 g	0.300 g	0.290 g
繁殖場所			伐倒木残材	伐倒木残材 立木	立木
立木枯損			なし	あり	あり

<sup>1)</sup> 1 トラップ 1 日あたり個体数

<sup>2)</sup> 春設置後 1 か月間の平均

<sup>3)</sup> 夏のピークとそれにつく捕獲数の平均

<sup>4)</sup> 100 頭あたり乾重

<sup>5)</sup> 設置後約 2 週間分

<sup>6)</sup> 夏のピーク時

100 頭あたりの乾燥重量をみると、どの年にも伐採区と対照区とでは捕獲された成虫の重さに有意な差があり、伐採区で捕獲された成虫のほうが重い(図-7)。したがって、伐採区と対照区では生理的に異なる個体が捕獲されている可能性が高い。注目されることは年により体重に差があることである。これまでの研究から、きわめて好適な条件下の個体群は 100 頭あたりおよそ 0.4 g、大発生のきわめて高密度な個体群は 0.3 g である(FURUTA, 1989)。今回の調査では同一年次でも捕獲時期により体重には差があるが、5 月下旬から 6 月はじめに捕獲された越冬後の成虫、あるいは夏の捕獲数のピーク時の個体の体重についてみると、1987 年が重く、1989 年が軽い。その他の時期についても 1989 年個体は軽い傾向が伐採区、対照区ともにみられる。

ヤツバキクイムシには発育した近くで寄生するものと、長距離飛翔をしてから寄生するものがある(BOMBOSCH, 1983)。また、羽化成虫のうちの大多数はすぐにはフェロモンに反応せず、長距離飛翔をしてから反応するが(GRIES, 1985)、飛翔能力には個体差が大きい(FORSSE and SOLBRECK, 1985)。これらの指摘は成虫の行動が個体間、あるいは環境条件によって変化することを示している。

伐採区と対照区を比較すると(表-5)、春の捕獲数には顕著な差はないが、再寄生虫や新成虫が活動する夏に伐採区では多く誘殺されている。したがって、越冬後の成虫と再寄生虫、あるいは夏の成虫とは行動的にかなり異質であると考えざるを得ない。越冬後の成虫には広域に分散したあとでフェロモンに反応する個体の割合が高く、再寄生虫や新成虫には長距離飛翔をせずにフェロモンに反応する個体の割合が高いのではなかろうか。

ヤツバキクイムシの誘殺数や体重と枯損の関係を年ごとにみると、1987 年は伐採された木の

残材（枝や幹などの放置されたもの）で繁殖したと思われる。これら残材は生立木よりも繁殖に好適であるといわれており（小泉，1977），新成虫は比較的重い個体が多いように見える。この年には立木枯損がなく，それほど多数の新成虫が出現したとは思われないが，土場では多くの新成虫が誘殺された。脱出後すぐにフェロモンに反応した個体の割合が高かったものと思われる。

1988年は前年に続いて伐採が行われ，伐倒木の残材での繁殖は前年と同じように行われたであろう。しかもそのほかに，前年春に伐採された5か所の土場（その年にトラップを設置した土場は除いている。以下，同様）のうち4か所で，それぞれ18～32%，1987年秋に伐採された8か所の土場のうち2か所で，それぞれ4～5%の立木枯損が発生した。したがって，伐採区全域としては前年よりもはるかに多くの新成虫が羽化したと思われる。しかし，枯損の発生した土場のトラップでの夏の誘殺個体数は枯損のなかった1987年とほぼ等しかった。新成虫で脱出後すぐにフェロモンに反応する個体の割合は前年よりも小さかったと推測される。

1989年春は，対照区で捕獲された個体数は前年とほぼ同じであったが，伐採区は半減した。エゾマツ林としての1988年と89年の違いは，1989年の場合は前年秋または同年春に伐採がおこなわれなかったことである。立木枯損は1987年春伐採の8か所の土場のうち5か所で，それぞれ25～48%，1987年秋伐採の5か所の土場のうち4か所で，それぞれ9～30%，前年（1988年）春に伐採された5か所の土場のうち2か所で，それぞれ11～21%発生した。この年の新成虫は体重が軽く，誘殺数も前年の半分以下であった。脱出後すぐにフェロモンに反応する個体の割合は，前年よりも一層低下したと考えられる。こうしたことから，伐倒木の残材で繁殖すれば，体は大きく，脱出後すぐにフェロモンに反応する個体が多いが，立木で発育すれば体は小さく，長距離飛翔をしてからフェロモンに反応する個体の割合が高くなるのではないかと推測される。

エゾマツ林の立木枯損は伐採当年には少なく，その翌年から3年間ほどにわたって発生する例が多い。その理由として，残材で繁殖して密度が高くなり，利用できる残材が無くなると，周辺の生立木を攻撃して枯らすと考えられている（生態学談話会，1968；小泉，1977）。しかし，枯損の発生が残材の有無とヤツバキクイムシの個体数だけに支配されているのであれば，立木枯損は毎年拡大していくはずであるが，実際はそうはならない。また1988年には1987年春に伐採した土場で集中的に枯損が発生したが，1987年秋や88年春に伐採したところは隣接するにもかかわらずほとんど枯れなかったことの説明はつきにくい。また同じように伐採するのであっても，虫害木を伐倒した場合はその年にも枯損は拡大する。したがって，ヤツバキクイムシによる虫害枯損の発生にはエゾマツの生理条件が重要な役割を果たしていることが明らかである。すなわち，エゾマツは平常の状態ではヤツバキクイムシに対して抵抗性をもっているが，伐採後の時間の経過とともに，とくに夏，さらに続いて冬を越すことによって抵抗性が低下すると考えるのが妥当である。伐採した年には枯れが発生しないことは，その年のヤツバキクイムシの活動期にはまだ抵抗性の顕著な低下がないことを意味する。その翌年に枯れが集中的に発生し，その後は少なくなることは，その年の活動期には抵抗性をもっとも低下していて，その後は徐々に回復することを示唆している。ただ，引き続いて虫害木を伐採すれば，回復は遅れ，したがって枯損の拡大がおこるのであろう。伐採後の枯損の防止のためには伐採にともなう無機的環境の変化，ヤツバキクイムシの繁殖条件，そこから羽化してくる個体群の特性，さらにエゾマツの生理的条件の変化を明らかにすることが必要であろう。

## 要 旨

エゾマツ天然林の伐採後の虫害枯損の発生防止を目的に、東京大学北海道演習林内においてヤツバキクイムシ成虫の動態と枯損の発生環境を解析し、集合フェロモントラップの効果調べた。

1987～88年に伐採された林分に造成された23の土場の外縁から20mのところまでに成育する樹木の胸高直径を測定し、位置図を作成した。このうち8か所(延べ10か所)の土場の中央に20mほど離してトラップを2基ずつ設置した。

伐採林分での枯損は土場の周辺に集中して発生し、エゾマツの本数枯損率は最大47%に達した。土場ごとの枯損率は土場面積(m<sup>2</sup>)、エゾマツ密度、エゾマツ割合で説明された。個々の木についてみると、胸高直径が大きいもの、土場の外縁に近いものに枯れやすい傾向が顕著であった。胸高直径、土場の外縁からの距離、エゾマツ各個体から半径6m以内にあるエゾマツ大径木の本数を測定し、判別式にあてはめることにより、70%の確率で枯れやすいものを判別することが可能である。

枯損木の伐倒・搬出は翌年の枯損の拡大をひきおこし、トラップの設置は枯損の抑制に効果があることが判明した。トラップは筒型と箱型を比較したが、箱型のほうが捕獲数が多かった。

以上のことから、枯損を抑制するにはエゾマツ密度が低く、かつ大径木のないところに、できるだけ小面積の土場を作り、土場の中や際にエゾマツ大径木を残さないことが重要である。土場の造成に配慮したうえで、トラップの使用が法的に可能となれば、トラップを使用することにより、枯損を大幅に抑えることが可能である。しかし、それでもなお枯れが発生した場合は伐採せずに放置することが望ましい。

キーワード: エゾマツ, 伐採, 枯損, ヤツバキクイムシ, フェロモントラップ

## 引用文献

- BAKKE, A., T. SAETHER and T. KVAMME: Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus*. Medd. Nor. Inst. Skogforsk. **38**, 1-35, 1983.
- BOMBOSCH, S.: Einige Gedanken über die Grundlagen des Einsatzes von Fallen zur Überwachung und Bekämpfung des Buchdruckers *Ips typographus*. Z. ang. Ent. **96**, 242-247, 1983.
- FORSSE, E. and C. H. SOLBRECK: Migration in the bark beetle *Ips typographus* L.: duration, timing and height of flight. Z. ang. Ent. **100**, 47-57, 1985.
- 古田公人: ヤツバキクイムシの若干の個体群特性の風害後における変化。科研報告書「風害地における天然更新促進技術の開発」, 東京大学農学部, 39-44, 1986.
- FURUTA, K.: A comparison of endemic and epidemic populations of the spruce beetle (*Ips typographus japonicus* Niiijima) in Hokkaido. J. Appl. Ent. **107**, 289-295, 1989.
- 古田公人・高橋郁雄・安藤祥一・井上 真: ヤツバキクイムシ (*Ips typographus japonicus* Niiijima) の風害後の繁殖と大量誘殺による枯損防止。東大演報, **74**, 39-65, 1985.
- ・森 秀樹・寺崎幸夫・高橋郁雄: フェロモントラップによるヤツバキクイムシ防除試験。日林誌, **68**, 75-77, 1986.
- 小泉 力: 北海道における針葉樹天然林の伐採にともなう穿孔虫の被害。林試研報, **297**, 1-34, 1977.
- GRIES, G.: Zur Frage der Dispersion des Buchdruckers (*Ips typographus* L.). Z. ang. Ent. **99**, 12-20, 1985.
- 生態学談話会: エゾマツ, トドマツ天然林の生態と取り扱い。林業科学技術振興所, 50 pp., 1986.
- 山口博昭: 天然生林における虫菌害の実態。北方林業, **13**, 26-28, 1961.
- ・平佐忠雄・小泉 力・高井正利・井上元則・小杉孝三・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). 林試研報, 151, 75-135, 1963.

(1990年4月16日受理)

### Summary

For the purpose of preventing death of remaining live Ezo-spruce after harvest, stand factors of dead trees and the effect of synthesized aggregative pheromone traps on the mortality of the trees were analyzed in the Tokyo University Forerst in Hokkaido.

In the forests where selection cuttings were held in 1987-88, 23 log depots were made. Most dead trees occurred in the surrounding area of the depots (as far as 20 m deep from the edge of a depot). Mortality of Ezo-spruce in the areas was 0-47%. Mortality rate of spruce around a depot was determined mostly by the area of the depot ( $m^2$ ), spruce density and the percentage of spruce in the area. Large trees (larger than 40 cm in DBH) and the trees near depots were more to be killed by the spruce beetle *Ips typographus japonicus* Nijima. When DBH of a tree, distance from the edge of a depot and the number of large spruce standing in a circle around the tree (12 m in diameter) were measured, probability of death of a tree was able to be forecasted with 70% precision.

Removal of dead trees caused further death of Ezo-spruce next year, but the deployment of pheromone traps in depots contributed to a decrease in mortality.

It was, thus, ascertained that the most important thing for the prevention of death of standing spruce after harvest was to make small log depots in parts of the stand in which spruce density and the percentage of spruce are low.

Some population parameters of the spruce beetles captured by pheromone traps were examined. The data suggested that overwintered adult beetles have a tendency to long-range dispersal before entering into trees.

**Key words:** Ezo-spruce, Harvesting, *Ips typographus*, Killed tree, Pheromone trap