

スギカミキリ成虫の産卵数推定法

西村 正史*

A Method for Estimating the Number of Eggs deposited by a Sugi Bark Borer, *Semanotus japonicus*

Masashi NISHIMURA*

スギカミキリの成虫が後食をしないことに着目し、本種の産卵数を間接的に推定する方法を提案した。この推定法は、成虫の体重の減少量と産卵数との間に非常に高い正の相関があることを利用したものである。産卵数の推定にあたっては、捕獲された時点で成虫の体重とともに上翅長を測定し、さらに脱出後の経過日数にともなう体重の変化率の傾向を把握する必要がある。

1. はじめに

スギカミキリの成虫は、産卵管をスギの外樹皮の隙間に差し込んで卵を産み込むので、外樹皮を丁寧に剥いでいけば、産卵数を数えることが可能である(西村, 1988)。しかし、この方法では、調査に多大な労力を必要とするとともに、内樹皮に傷をつける危険性が非常に高くなる。内樹皮が損傷を受けた場合には、そこに障害樹脂道が発生し(山中, 1984)、この障害樹脂道から分泌される樹脂はスギカミキリ幼虫の最大の死亡要因であることが知られている(例えば、萩原・小河, 1970; 奥田, 1983)。このことは、外樹皮を丁寧に剥いで産卵数を調査すればスギカミキリ幼虫の生存率に大きな影響を及ぼすことを意味している。したがって、野外においてスギカミキリの産卵数を推定するためには、外樹皮を剥がさない方法を検討する必要がある。

ところで、スギカミキリの成虫は脱出時に栄養を保持しており、後食をしないで産卵するので、体重は産卵活動に伴い減少していく(西村, 1995; 高橋・小岩, 1993)。高橋・千葉(1993)は、この特徴に着目して、スギ林内で捕獲された成虫の上翅幅

から推定された脱出直後の体重に対する捕獲時点の体重の比率から、その時点までの産卵割合を推定する方法を提案した。しかし、この方法による推定値は産卵された割合であり、産卵数を推定するまでには至っていない。

そこで、脱出後1日以内の成虫を用いて、成虫の大きさと体重の減少量から産卵数を推定する方法を検討したので、その結果を報告する。

2. 材料および方法

2.1 産卵数の推定法

1988年に魚津市石垣新地内のスギ採種園で採取した被害木より、1989年4月8日から20日にかけて脱出した成虫を用いて、室内において脱出直後から死亡するまで、産卵数と体重を毎日調査し、その結果を利用して産卵数の推定法を検討した。

産卵数と体重の計測については、室内において以下のような調査方法によって行った。産卵場所としては、井上(1981)の方法に準じて飼育容器(直径が13cm, 深さ8cm)内にろ紙2枚を入れただけのもの(以後、ろ紙と言う)と、飼育容器内に1枚の

* 林業試験場

ろ紙をしき、その上にスギ丸太（直径がほぼ5 cmで、厚さがほぼ1 cm）2枚を並べて置いたもの（以後、丸太と言う）を使った。産卵場所としては、丸太がろ紙よりも適していることが井上（1981）によってすでに明らかにされている。このようにして調整された飼育容器に、脱出後1日以内の成虫を雌雄一対にして入れ、調査を開始した。雄は、調査開始後3ないしは4日後に飼育容器から取りだして、雌の単独飼育とした。雌の上翅長については、ノギスでmm単位で測定した。各供試個体の体重と産卵数は毎日午前9時から正午までの間に計測した。最初に体重を自動天秤で0.1mg単位で測定した後、産卵の有無を調べ、産卵が行われていれば産卵場所ごと容器から取りだして産卵数を数えた。そして、調査終了後に産卵場所を飼育容器内に戻し、最後にピペットで少量の水を与えた。

このような方法によって、ろ紙では13頭、丸太では12頭について調査した。しかし、調査開始後まもない時期に死亡した成虫、あるいは全く産卵しなかった成虫がいた。このような成虫は、今回の解析から除外したので、解析の対象となった供試個体はろ紙および丸太ともに11頭であった。

2.2 推定法の適用

提案された産卵数の推定法がどの程度の精度を持っているかを検討する必要がある。本来ならば、野外において調査しなければならないが、多大な労力を要するので、産卵場所として前節のろ紙の方法を適用して室内において1985年に調査した産卵数の結果を利用して、その精度を検討した。

この室内飼育では、産卵数の計測、体重の測定、水の補給が数日おきであったこと以外は、前節のろ紙と全く同じ方法で飼育を行った。供試個体は、4月11日に脱出した成虫10頭、17日に脱出した成虫10頭、23日に脱出した成虫6頭であった。これらの成虫は、1984年の秋に富山県大門町串田黒河新のスギ林で採取した被害木より脱出したものである。供試個体はすべて脱出後1日以内の雌成虫を使用した。

3. 結果および考察

3.1 産卵数の推定法

雌成虫の体重の減少量と累積産卵数は、図-1に示すようにどの供試個体についても、脱出後の経過日数ともなう増加する傾向にあることが観察さ

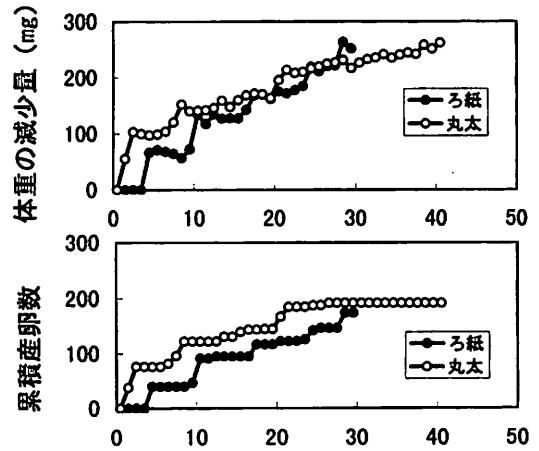


図-1 脱出後の経過日数ともなう体重の減少量（上段の図）と累積産卵数（下段の図）の変化の一例

れた。産卵数は累積されるので、一方的に増加したが、体重の減少量は、若干の減少が認められる日があった。これは、高橋・小岩（1993）が指摘しているように、供給された水分を飲んだために体重が一時的に増加したものと考えられる。しかし、このような若干の減少が認められても、体重の減少量は累積産卵数とほぼ同じパターンで一方的に増加していると考えられる。このことは、両者の間に何らかの比例関係が存在していることを示唆している。そこで、各供試個体ごとに産卵が終了した時点までを対象に、脱出直後から脱出後 t 日目までの体重の減少量を x 軸に、脱出直後から脱出後 t 日目までの産卵数を y 軸にとって、両者の関係を、ろ紙については図-2に、丸太については図-3に示した。両者の関係は切片0近くを通る直線回帰式で代表できそうであったので、切片0でかつ相関係数が最大になるように傾きを決めた。相関係数は、多くの場合、非常に高い値を示した（図-2、3）。

以上の結果から、脱出直後から脱出後 t 日目までの体重の減少量と産卵数を、それぞれ、 D_t 、 E_t とすると、両者の関係は、

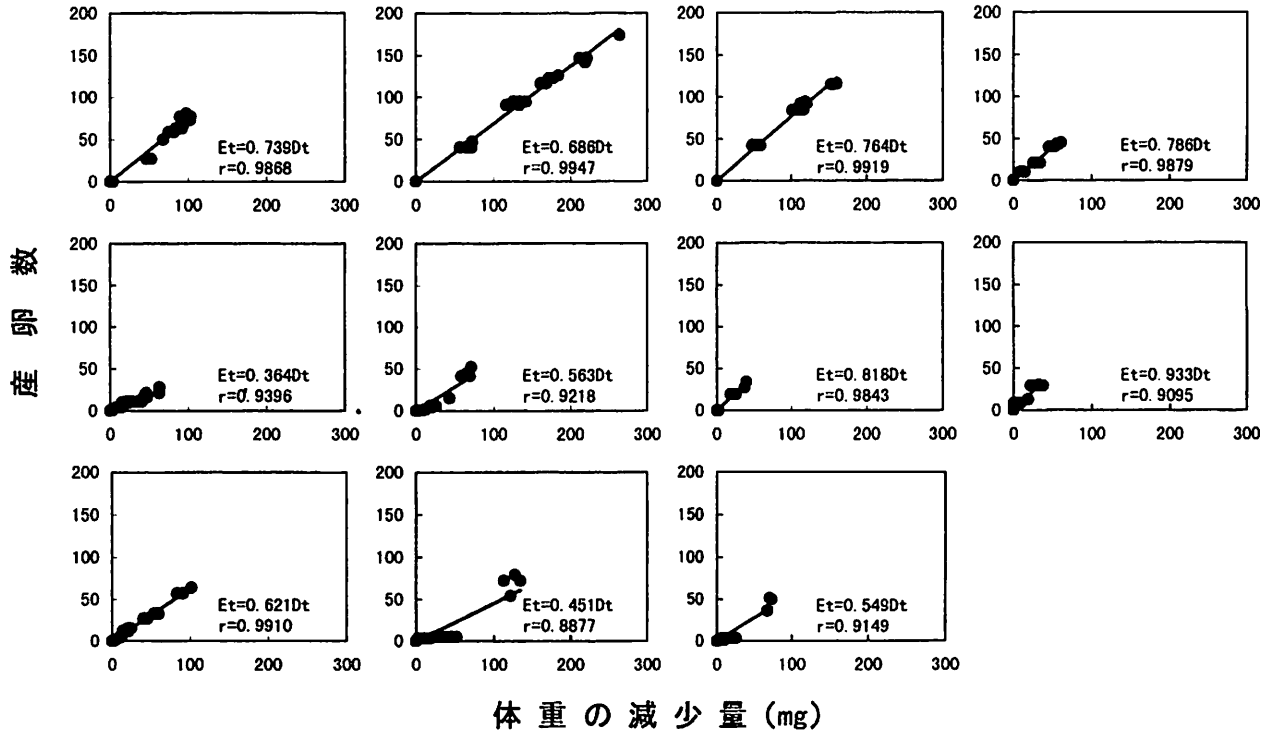
$$E_t = a D_t \quad (1)$$

で示すことができる。次に、脱出直後の体重を W_0 、脱出後 t 日目の体重を W_t とすると、 D_t は $(W_0 - W_t)$ であるから、(1) 式は、

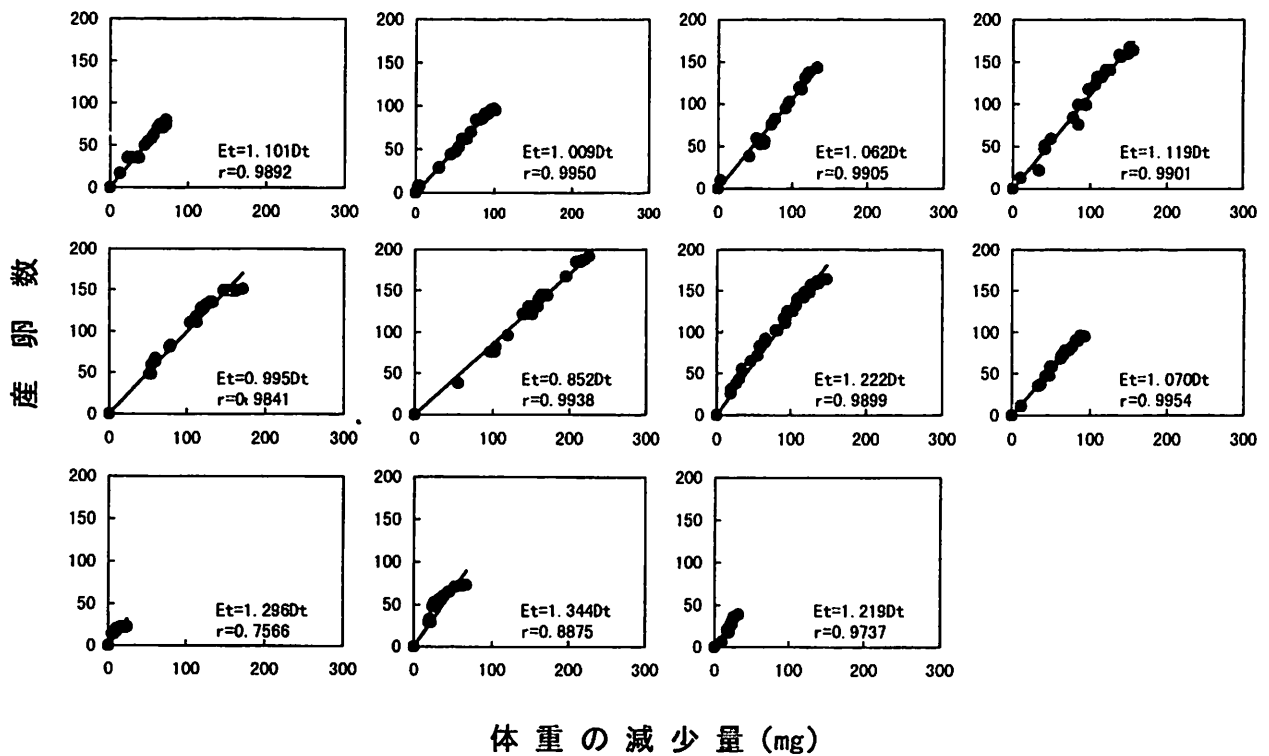
$$E_t = a (W_0 - W_t) \quad (2)$$

に書き換えることができる。

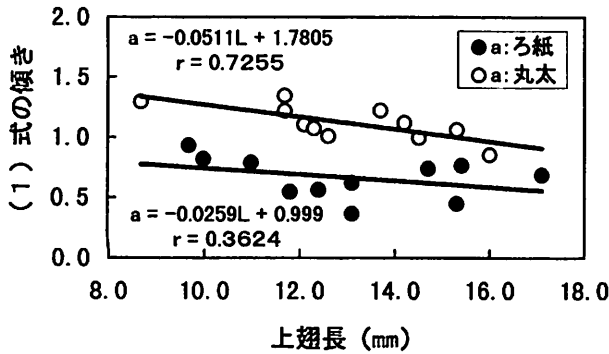
W_t は捕獲時点の体重であるから、成虫を捕獲し



図—2 ろ紙を産卵場所として調査した場合の、脱出直後から脱出後 t 日目までの体重の減少量と産卵数との関係
 図は供試個体ごとに示した。図内の r は相関係数を示す。図内の Et と Dt は本文参照。



図—3 丸太を産卵場所として調査した場合の、脱出直後から脱出後 t 日目までの体重の減少量と産卵数との関係
 図は供試個体ごとに示した。図内の r は相関係数を示す。図内の Et と Dt は本文参照。



図—4 上翅長と(1)式の傾きとの関係
図内の r は相関係数を示す。図内の a と L は本文参照。

た時点で簡単に測定することができる。また、 W_0 は、雌成虫の上翅長 L との間に、

$$\log W_0 = 2.9727 \log L - 2.1705 \quad (3)$$

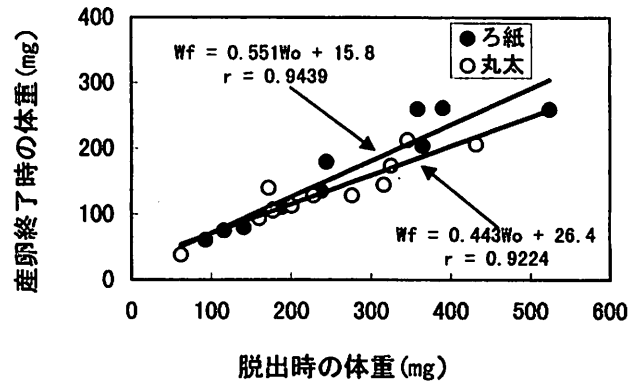
$$(r = 0.9907, d.f. = 121)$$

という関係が認められている(西村, 1995)ので、成虫を捕獲した時点で上翅長を測定すれば(3)式から脱出後1日以内の体重をほぼ正確に推定することができる。

(1)式あるいは(2)式の傾き a は、雌成虫の体重が1mg減少した場合の産卵数に相当し、この値は雌成虫が大きいほど減少する傾向がみられた(図—4)。丸太の場合には有意な負の相関関係にあるものの寄与率は比較的小さく、傾きはきわめて小さい値を示した。また、ろ紙の場合には有意な負の相関関係は認められなかった。したがって、傾きは、成虫の大きさによって影響を受けるものの、その程度はきわめて小さいと考えられるので、成虫の大きさに関係なく一定であるとして処理し、その平均値(±偏差)を求めた。丸太の場合は0.66(±0.17)、ろ紙の場合は1.12(±0.14)であった。

以上のことから、野外において雌成虫を捕獲し、次のような手順を踏めば、脱出直後から捕獲時点までの産卵数を推定することができる。すなわち、捕獲時点で、 W_f と L を測定する。次に、(3)式に L を代入して、 W_0 を推定する。そして、これらの値を(2)式に代入し、 a の値として0.66あるいは1.12を用いて、 E_i を推定することができる。

ところで、(1)あるいは(2)式は産卵が終了した時点までを対象とした。これは、産卵が終了した後も体重の減少量は増加する(図—1)ので、産卵数の過大推定を避けるためであった。したがって、



図—5 脱出直後の体重と産卵終了時点の体重との関係
図内の r は相関係数を示す。図内の W_f と W_0 は本文参照。

産卵が終了した時点は何らかの方法で事前を知っておく必要がある。そこで、産卵終了時の体重 W_f を x 軸にとり、 W_0 を y 軸にとって、両者の関係を、ろ紙と丸太の場合についてみたところ、ろ紙と丸太の直線回帰式のパラメータはほぼ同じような値を示した(図—5)。これら2つの直線回帰式は同一であると判断してよいか否かを共分散分析によって解析したところ、両者の傾きおよび切片は同じであること(傾き： $F = 1.347$, $0.05 < p$, 切片： $F = 2.425$, $0.05 < p$)が判明した。そこで、両方のデータを込みにして直線回帰式を求めたところ、

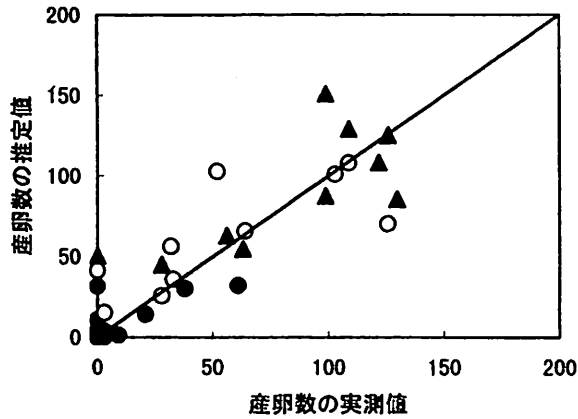
$$W_f = 0.514W_0 + 17.14 \quad (5)$$

$$(r = 0.9265, d.f. = 20)$$

であった。したがって、捕獲した時点において産卵が終了したか否かは、捕獲した時点で測定される L から(3)式を用いて W_0 を推定し、その値を(5)式に代入し、 W_f を推定する。そして、その値と実測値と比較し、実測値の方が小さければすでに産卵が終了した個体であると判定し、産卵数の推定には(5)式の回帰式による値を用いる。逆に、実測値の方が大きければ捕獲時点の体重を用いればよい。

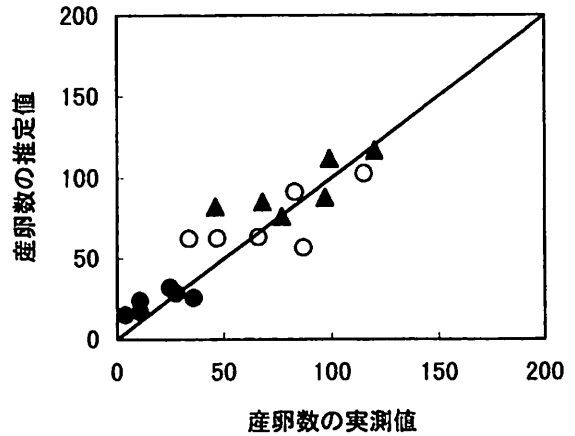
3.2 推定法の適用

前節で得られた推定法がどの程度の精度をもっているのかを評価するために、脱出日によって区分した3つのグループごとに、任意に選んだ3回の調査日までの産卵数を推定し、実測値と比較した。(2)式における傾きに0.66を用いて産卵数を推定した場合には、多少のばらつきはみられたものの、多くの推定値は $E_i = \hat{E}_i$ の周りにばらついており(図—6, 7, 8)、推定値はほぼ実測値に近い値を示したものと考えられた。しかし、(2)式の傾きに1.12を



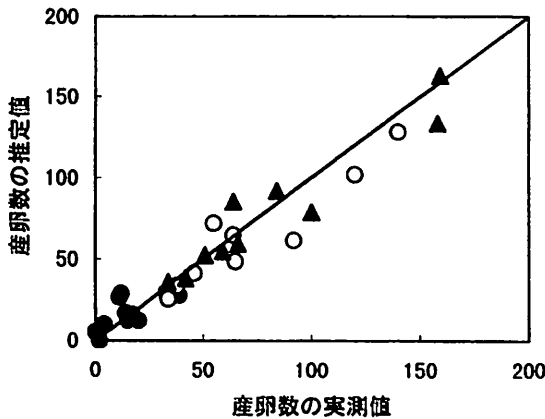
図一六 4月11日に脱出したグループの産卵数の実測値と推定値との関係

○は4月22日まで、●は5月2日まで、▲は5月13日までの両者の関係を示したものである。推定値は(2)式における傾きに0.66を用いた。



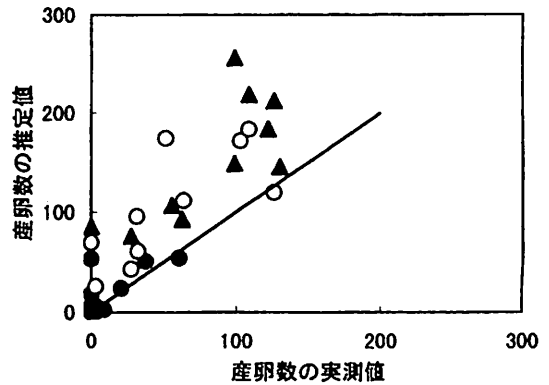
図一八 4月23日に脱出したグループの産卵数の実測値と推定値との関係

○は4月30日まで、●は5月8日まで、▲は5月14日までの両者の関係を示したものである。推定値は(2)式における傾きに0.66を用いた。



図一七 4月17日に脱出したグループの産卵数の実測値と推定値との関係

○は4月27日まで、●は5月4日まで、▲は5月11日までの両者の関係を示したものである。推定値は(2)式における傾きに0.66を用いた。



図一九 4月11日に脱出したグループの産卵数の実測値と推定値との関係

○は4月22日まで、●は5月2日まで、▲は5月13日までの両者の関係を示したものである。推定値は(2)式における傾きに1.12を用いた。

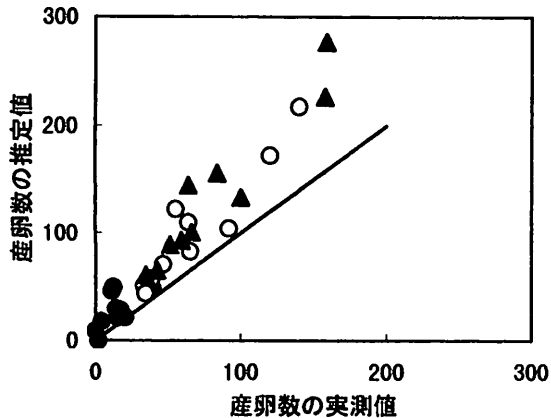
用いて産卵数を推定した場合にはすべての値が $E_i > \hat{E}_i$ となり (図一9, 10, 11), 明らかに過大推定であることが示された。

4. おわりに

野外において雌成虫を捕獲し、その体重と上翅長を測定することができれば、脱出直後から捕獲時点までの産卵数を推定することが可能であることが明らかになった (図一6~8)。しかし、図一9~11に示すように、(2)式の傾きの選択を誤れば推定値に偏りが発生することも明らかになった。したが

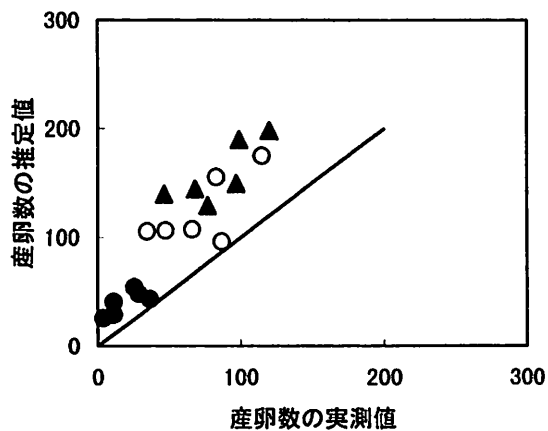
って、野外における産卵数を推定するためには、(2)式の傾きに0.66と1.12のどちらを選択するかについての基準を明らかにする必要がある。

ところで、産卵数の推定式を求めるために使用したデータと同じデータによって、脱出後の経過日数を x 軸にとり、産卵条件の違いによる両者の平均体重の変化率を y 軸にとって、体重の変化率曲線を検討した結果によれば、丸太はろ紙に比較して体重の減少が脱出後のより早い時期から始まり、両者の曲線には明らかな違いが認められている (西村, 1995)。産卵数を調査したい林分において、バンド法等を適



図—10 4月17日に脱出したグループの産卵数の実測値と推定値との関係

○は4月27日まで、●は5月4日まで、▲は5月11日までの両者の関係を示したものである。推定値は(2)式における傾きに1.12を用いた。



図—11 4月23日に脱出したグループの産卵数の実測値と推定値との関係

○は4月30日まで、●は5月8日まで、▲は5月14日までの両者の関係を示したものである。推定値は(2)式における傾きに1.12を用いた。

用し、同じ成虫を何回も捕獲することができれば、脱出後の体重の変化率曲線を推定することができるので、この結果を西村(1995)の結果と比較して、(2)式の傾きに0.66あるいは1.12のどちらかを選択すればよいと考える。しかし、より精度の高い推定値を得るためには、いくつかの産卵条件を設定して、産卵条件ごとの体重の変化率曲線のパターンと雌の体重が1mg減少した場合の産卵数、すなわち(2)式の傾き、との関係を数量的に明らかにする必要がある。

引用文献

- 萩原幸弘・小河誠司(1970)九州におけるスギのはちかみ発生事例とその分布特性. 森林病疫 19: 118~121.
- 井上重紀(1981)スギカミキリの産卵最適条件. 日林誌 63: 213~215.
- 西村正史(1988)スギカミキリの卵および若齢幼虫の樹内分布に関する若干の知見. 富山林技セ研報 1: 7~10.
- 西村正史(1995)スギ林におけるスギカミキリによる被害発生機構の解明に関する研究. 富山林セ研報 9: 1~77.
- 奥田清貴(1983)スギカミキリ幼虫の加害とスギの状態. 森林防疫 33: 8~11.
- 高橋健太郎・小岩俊行(1993)スギカミキリの体重変化について(I) -産卵による体重の変化-. 日林東北支会45: 91~93.
- 高橋健太郎・千葉一弘(1993)スギカミキリの体重変化について(II) -粘着バンド捕獲虫の体重から推定したバンドの効果-. 日林東北支会45: 95~96.
- 山中勝次(1984)針葉樹二次師部の樹脂道. 木材学会誌 30: 347~353.

Summary

I proposed a method for estimating the number of eggs deposited by a sugi bark borer, using the point that the adult weight decreased due to the fact that the borer did not feed at the adult stage. This method was deduced from high regression between the number of eggs deposited by the adult and the amount of the adult weight decreasing after adult emergence. Estimates of the number of eggs deposited can be obtained from the following data: weight of the adult and length of the elytra at the time captured, and the decreasing curve after adult emergence.