

マツノマダラカミキリ供試虫数と羽化時期の推定精度*1

鈴木敏雄*2 · 吉永憲市*2 · 吉田成章*3

キーワード：マツノマダラカミキリ, 羽化時期, 推定精度, サンプルング

I. はじめに

マツ材線虫病の防除, 特に予防散布のために, 多くの自治体でマツノマダラカミキリの羽化時期の調査がされている。毎年秋, 冬に地域内の被害林から採集したマツ丸太を網室内にいれ, 初夏から羽化数の調査がなされている。この場合, 被害丸太数は多い方がいいことはわかっているが, 枯損マツの中の寄生率, 生存率, 被害材の入手性等の問題があり, 必ずしも十分といえない標本数によって羽化の時期が推定されている場合がある。過去の調査事例を見るとサンプル数は30頭から数百頭と年によって一定していない場合も多い。パーセント表示をすることから, 常識的に100頭以上の成虫にした方がいいという程度の目安でサンプル数を決定していたと思われる。しかし, 年による変動を解析する場合, 羽化日の推定精度を考慮せずに議論しても仕方ない。また, 予防散布のためには羽化が始まる日が重要と考え, 羽化の初期の数値(初発日: 羽化初日, 5%羽化日等)を使うことがあるが, この数値が果たしてどの程度の精度があるのかについては検討されてこなかった。これらの検討には, 母集団からのサンプルングが有効である。井筒屋化学産業では, 1981年から九州各地で多量の被害材を採集し, 羽化の調査を行ってきた。

年によって羽化数は異なるが, 同一被害地からの羽化数が6,700以上という年がある。これらの頭数は, 防除しなければ数千本の枯損木が発生する数~100ha程度の被害林に相当し, 母集団と想定してもいいと考えられる。そこで, これらのデータを利用し, コンピューターシミュレーションにより羽化調査のサンプル数はどの程度必要かを検討した。

II. 材料と方法

採集した被害材は熊本市花園の4棟の網室に搬入した。採集日は一定しないがおおむね11月である。網室の大きさは縦×横×高さが3.2×4.5×2.0mで, 屋根は防虫ネットで直射が当たる構造である。

5月1日から8月13日まで毎日羽化した成虫を記録した。欠測はない。

1981年から1989年まで深田村, 有明町で採集された被害材の羽化記録について, 使用するデータの検討をした。各年の羽化パターンを図化し検討した。ピークの羽化日を中心にほぼ対称になっている年は深田1983年の1件であった。最も羽化数の多い深田1986年のデータ(データ数6,746)は比較的対称性が保たれていたことからこれを使用することとした。一般的に使用する場合, 対称性のないものの方がばらつきが大きくなると判断されることから, 2つのピークをもつ深田1982年のデータ(データ数3,230)を使用した(図-1)。

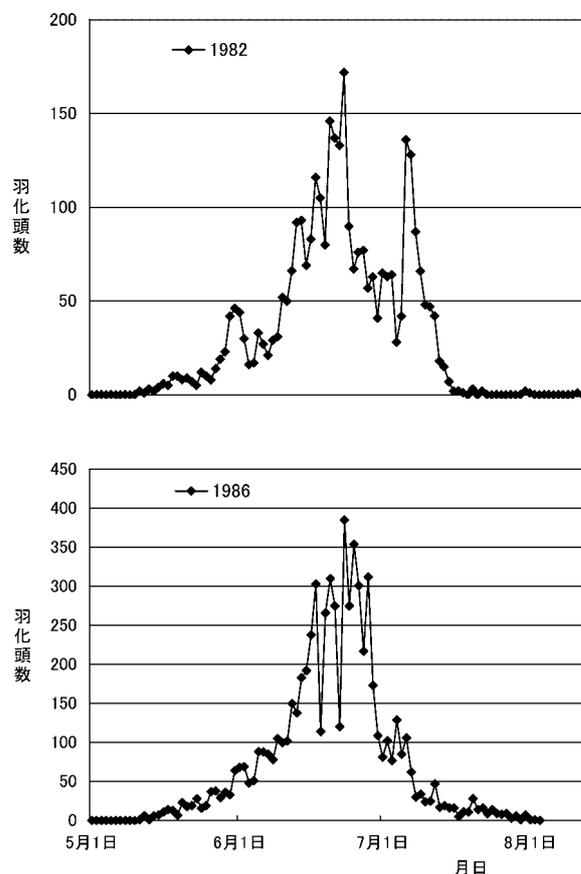


図-1. ランダムサンプルングに使用した年の羽化パターン

*1 Suzuki, T., Yoshinaga, K. and Yoshida, N.: The accuracy of the estimation for emergence periods of *Monochamus alternatus*.

*2 井筒屋化学産業(株) Izutsuya Chemical Industry Co., Ltd., Kumamoto 860-0072

*3 福岡県筑後市古島5-1 Kojima 5-1, Chikugo, 833-0035

使用したデータは羽化日の羽化数が記録された頻度分布の形になっているので、このデータを個体ごとの羽化日に展開し、番号を振った。サンプリング数は30, 50, 100, 150, 200, 250, 300とした。ランダムサンプリングはエクセルのRAND関数を使って個体番号を発生させ、必要個体数を抽出し、平均値を算出した。この作業を各抽出数について100回行い、平均値の標準偏差を算出した。

また、このデータで初発日、50%羽化日を算出した。50%羽化日はこれまで使われてきた「累積羽化率が50%を超した日」として計算した

欠測の評価のために、同データを使って土曜、日曜の羽化を月曜の羽化とするデータを作成した。

なお、平均羽化日等は5月1日を1として計算、表示している。

Ⅲ. 結果

もっともデータ数の多い深田1986年のデータから抽出した事例を図-2に示した。自動的に生成されることから、サンプル数とばらつきの関係は抽出ごとにそれ自体ばらつくが、この図は其中で比較的スムーズな関係になった事例を示した。期待されるとおりにサンプル数が多くなるに従えばらつきが小さくなった。このデータの標準偏差はサンプル数が30頭では ± 2 日以上であるが、150頭以上では ± 1 日以下となった(表-1)。この事例では、150頭以上サンプル数を増加させても標準偏差の減少は大きくなかった。2つのピークをもつパターンの1982年の場合もサンプル数30では2日以上の標準偏差であるが、200頭以上で1日以下となった。

上記データの初発日、50%羽化日を表-2, 3に示した。サンプルの初発日は母集団の初発日と同じか以降ということになることから、母集団からの遅れ日数で示した。30頭では2週間程度の遅

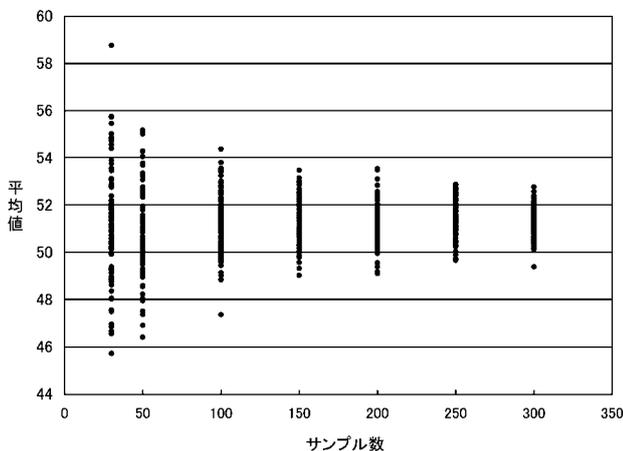


図-2. 1986年のデータから抽出したサンプル数と平均値100頭のばらつきの状態

れとなった。サンプル数が多くなるにつれて遅れ日数は少なくなったが4日程度にとどまった。標準偏差も平均の半分程度であり、母集団の初発日をとらえることはほとんどないことを示した。50%羽化日は羽化が50%を超えた日をとったが、平均値はほぼ母集団の50%羽化日と同じであった。標準偏差も表-1の平均羽化日と同様の関係を示した。2つのピークをもつ母集団の1982年の場合、50%羽化日の推定値が少し悪くなったのは、母集団が1986年の半数程度であったためと思われる。

同じデータで欠測を想定した場合の平均羽化日と50%羽化日とサンプル数の関係を、それぞれ表-4と5に示した。1982年の50%羽化日のサンプル数150についてみると標準偏差は1.00で、欠測を想定した場合のそれは0.78とあまり変わらないが、1986年では標準偏差1.24に対し欠測を想定した場合は2.05と増加した。

Ⅳ. 考察

サンプル数が30頭では、平均羽化日、50%羽化日とも ± 3 日弱の標準誤差を見込む必要があることがわかった。この数字は意外に小さいといえるかもしれない。 ± 1 日以下の精度で推定したい場合は150頭以上が必要である。ただし、サンプリングをくりかえしていると時々 ± 1 日を超える標準偏差が現れることから、確実に推定するには200頭は必要である。

初発日はサンプル数300頭でも3日程度の標準誤差を見込む必要があり、推定精度が非常に低いことが確認された。初発日の推定は羽化データの最初の日とするのではなく、平均羽化日、50%羽化日から逆算したほうがより高い精度で推定できると見られる。例えば、対照地域の標準の羽化パターンを用意しておき、平均羽化日、50%羽化日から22日前といった推定の方がより母集団に近いものと判断される。5%羽化日の精度の検討はしなかったが、初発日の解析から、この場合も50%羽化日から逆算した方がより精度が高いことが類推される。

1週間に2日程度の欠測は、平均羽化日では欠測がない場合と大差ない精度で推定できる。しかし、1986年のように母集団の50%羽化日が欠測日にあたった場合、誤差が大きくなる。欠測のあるなしにかかわらず、50%に達する直前の日の羽化率と50%を超えた日の間で線形補間をおこない、50%羽化日を算出すれば精度は平均羽化日と同程度まであがると判断される。

想定した母集団が正規分布に似た形をしている場合と2つのピークをもつ場合の差は大きくなかった。羽化パターンは、年によって様々な形をとるが、2つのピークを持つものはワーストケースに属すると見られるので、今回の解析の数値は多くの事例で適用できると考えられる。

今回のコンピューター上のシミュレーションの結果は、今後の羽化調査に必要な供試頭数の参考のみならず、過去の羽化調査の評価にも参考になるものと判断される。

表-1. 平均羽化日のサンプルサイズと平均の標準偏差

年	統計量 / サンプルサイズ	30	50	100	150	200	250	300	母集団
1982	平均の平均	52.8	52.3	52.6	52.4	52.4	52.4	52.4	52.5
	平均の標準偏差	2.35	1.68	1.29	1.10	0.92	0.83	0.66	
1986	平均の平均	51.1	51.1	51.2	51.4	51.2	51.3	51.3	51.4
	平均の標準偏差	2.12	1.72	1.19	0.93	0.82	0.77	0.79	

表-2. 初発日のサンプルサイズと平均の標準偏差

年	統計量 / サンプルサイズ	30	50	100	150	200	250	300
1982	平均 (母集団の初発日からの遅れ)	12.4	10.8	6.9	6.0	4.6	4.5	3.9
	標準偏差	6.4	8.9	4.3	3.4	2.9	2.8	2.8
1986	平均 (母集団の初発日からの遅れ)	13.6	10.3	7.6	6.2	5.3	4.8	4.3
	標準偏差	6.2	5.1	4.7	3.0	3.2	2.6	2.7

表-3. 350%羽化日のサンプルサイズと平均の標準偏差

年	統計量 / サンプルサイズ	30	50	100	150	200	250	300	母集団
1982	平均	52.9	52.5	52.5	52.6	52.7	52.8	52.8	53
	標準偏差	2.55	1.60	1.08	1.00	0.78	0.77	0.72	
1986	平均	51.9	51.5	52.2	52.1	52.1	52.4	52.1	52
	標準偏差	2.46	1.71	1.39	1.24	0.97	1.03	0.86	

表-4. 欠測を想定した場合の平均羽化日のサンプルサイズと平均の標準偏差

年	統計量 / サンプルサイズ	30	50	100	150	200	250	300	母集団
1982	平均	53.4	52.8	52.8	52.8	52.8	52.9	52.9	52.5
	標準偏差	2.42	1.59	1.11	0.99	0.81	0.85	0.71	
1986	平均	51.5	51.4	51.8	51.8	51.6	51.9	51.8	51.4
	標準偏差	2.27	1.76	1.24	0.91	0.80	0.75	0.62	

表-5. 欠測を想定した場合の50%羽化日のサンプルサイズと平均の標準偏差

年	統計量 / サンプルサイズ	30	50	100	150	200	250	300	母集団
1982	平均	53.2	52.7	52.6	52.7	52.8	52.8	52.8	53
	標準偏差	2.59	1.38	0.97	0.78	0.62	0.72	0.66	
1986	平均	52.3	52.2	53.0	52.1	52.1	52.4	52.1	52
	標準偏差	2.59	2.11	1.63	2.05	0.72	1.13	1.27	

(2008年12月6日受付; 2008年12月18日受理)