

マイマイガ幼虫のふ化日と分散時期の予想法

—— 積算温量を求めるパソコン・プログラム ——

東 浦 康 友

はじめに

1986年から始まったマイマイガの大発生は1988年には25,000haに広がり、1989年もまた各地で発生しそうである。北海道では30年ぶりの大発生と言われているが、小面積の発生なら毎年どこかで起こるほどカツラやカンバ類の大害虫である。

マイマイガは5月初旬にふ化し、木の幹を登って風にのって分散する。今回の大発生では、分散した小さな幼虫がビニールハウスなどに侵入し、農作物に付着したり、食害するなどの被害も深刻である。幼虫がふ化する頃、ビニールハウスの開放部を寒冷紗(1mmメッシュ以下のもの)で覆うなど、工夫によっては幼虫の侵入を防ぐことができる。

ところが、幼虫のふ化は、ふ化前の気温に左右されるために年によりかなりちがう(表-1)。ここでは4月の毎日の最高・最低気温から5月のふ化日を予想する方法を紹介する。この方法によれば、半数の卵塊がふ化し始める日を3日前後の誤差で予測できる。

表-1 マイマイガ卵塊のふ化50%日と幼虫の分散時期(美唄市)

年	1977	1978	1979	1980	1981
ふ化50%日	5月14日	5月12日	5月14日	5月19日	5月8日
分散開始日	5月16日	5月14日	5月21日	5月22日	5月11日
50%分散日	5月22日	5月17日	5月22日	5月23日	5月18日
分散終了日	5月30日	5月24日	5月24日	5月26日	5月24日

ふ化日の予想は防除の際にも重要である。マイマイガの防除は、2~4齢幼虫期にスミチオンやディブテックスを散布すればよい。また、マイマイガの大発生はウィルス病などの病原菌が幼虫にまんえんして終息するのが普通だから、このような天敵微生物を有効に利用して大発生を未然に防ぐ技術も欧米や中国で開発されつつある。しかし、どのような防除方法を採用するにしても、薬剤やウィルスに弱い2~4齢の幼虫期に的確に防除することが大切である。この時期は幼虫ふ化後30~35日である。

ふ化日の予想法

幼虫のふ化は暖かい日が続けば早くなり、寒い日が続けば遅くなる。毎日の気温を加えていくと、ある温度に達したときにふ化する。毎日の気温と言っても、発育できないほどの低い温度がいくら続いても意味がない。幼虫が卵のなかで発育できる温度 マイマイガの場合は5以上の気温がどれほど続くかが重要である。3月には5以上の日はほとんどなく、4月には5以上の日が現れ、5月になると毎日のように5以上の日が続く。つまり、マイマイガのふ化日を予測するキーは4月の気温にある。4月が暖かい年は早くふ化し、寒い年は遅く

ふ化する。

発育に必要な最低温度以上の温度を毎日加算したものを有効積算温度と言い、度・日という単位で表す。以下は、単に積算温度と呼ぶ。表 - 1 に示した各年について、4月1日からの5以上の気温を、付録に示した方法で毎日加算し、4月30日までの積算温度を計算すると、ふ化日と一定の関係にあることが分かった。

4月1日から5以上の温度を加えて、半数の卵塊がふ化する5月X日を予想する式は、

$$X = 27.44 - 0.35 \times (\text{4月30日までの積算温度})$$

であった。つまり、27.44 から4月の積算温度の0.35倍を引いたものが、5月のふ化予想日となる。例えば、1981年の積算温度は54.82度・日であったから、 $27.44 - 0.35 \times 54.82 = 8.25$ となり、5月8日がふ化予想日である。これは実際のふ化日と合っている(表 - 1)。この式は次のようなことを意味している。4月の5以上の積算温度がゼロであっても、5月27日にはふ化する。4月の積算温度が1度増すごとに、0.35日ずつふ化が早まる。

予想はできるだけ早く立てられる方が良いが、各年とも誤差3日以内で予想するためには、少なくとも、4月1日～25日までの積算温度が必要であることが分かった。次の式を使えば4月25日にふ化日を予想できる。

$$X = 26.43 - 0.50 \times (\text{4月25日までの積算温度})$$

図 - 1 に、予想日が実際のふ化日と、どれほど合っているかを表 - 1 の5年間について示した。図 - 1 (左図) は4月25日までの積算温度を使った場合である。横軸に実際のふ化日を、縦軸に予想日を記してある。例えば、左図の左下にある点は1981年のふ化日で、点を下に降ろした横軸は5月8日となっている。つまり、この年の実際のふ化日は5月8日であったことが分かる。この点の縦軸の値は5月9日であり、上の式で計算した予想日が5月9日である。つまり、この年、1981年のふ化日は、4月25日までの積算温度を用いて誤差+1日で予想できたことを示している。図 - 1 の斜線上の点は、実際のふ化日と予想日がぴったりと一致し

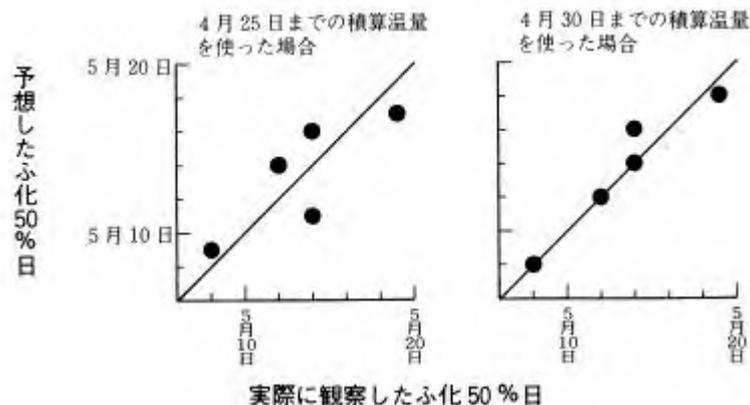


図 - 1 半数の卵塊がふ化し始めた日の観察値と予想値の対比

(左) 4月25日までの最高・最低気温から積算気温を求めふ化予想日を計算

(右) 4月30日までの最高・最低気温から積算気温を求めふ化予想日を計算

た年である。左図、つまり4月25日までの積算温量を使ったときには、ぴったりと一致した年はないが、4月30日までの積算温量を使用した右図では、5年のうち3年が誤差なしで予想できている。また、最大誤差は、4月25日までの積算温量を用いた予想では-3日(左図、中ほど下の点)、4月30日までの積算温量を用いた場合は+2日である(右図、中ほど上の点)。

積算温量とふ化日の相関係数は、4月30日までの積算温量を用いた場合、 $r = -0.97$ であり、4月25日までの温量を用いた場合は、 $r = -0.81$ である。

以上のように、積算温量さえ分かれば、上の式を用いて電卓で簡単にふ化日を予測できる。積算温量の計算はめんどうなので付録に解説した。パソコンに付録のプログラムを入れて計算していただきたい。

マイマイガふ化幼虫の飛び日

ふ化した幼虫は卵塊の周りで何日か集合した後(写真-1)、光に向かう性質を持ち(走光性と言う)、幹を登って行って風によって飛ぶ。ふ化直後は幹を登ることはなく、少なくとも3~4日間は卵塊の周りでふ化したあとの卵の殻を食べる。その後、最高気温が15を超える日に、いっせいに幹を登る。図-2左に示したように、ふ化直後に最高気温が20以上の日が続くと、ふ化から分散までの日数は平均4日間であった。いっぽう、図-2右のように、ふ化後低湯にみまわれると分散までに12日間もかかっている。分散のピークはふ化予想日以後、最高気温が20を超える日が2~3日続いたときである。ビニールハウスなどに幼虫が侵入する恐れのあるときは、ふ化予想日以後、少なくとも5月下旬までは開放部に寒冷紗を掛けるなどの対策が必要であろう。



写真-1 ふ化後卵塊のまわりに集合するマイマイガ幼虫

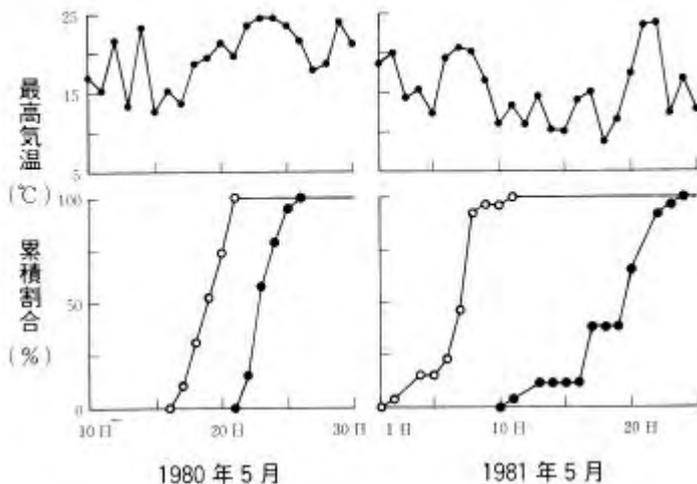


図-2 日最高気温の変化と累積ふ化率および累積分散率

その日までにふ化した卵塊の割合を白丸で示し、幼虫が幹を登って分散し終わった卵塊の割合を黒丸で示す(美唄市光珠内)。

(左)1980年 ふ化から分散終了までの平均日数は4日間

(右)1981年 ふ化から分散終了までの平均日数は12日間

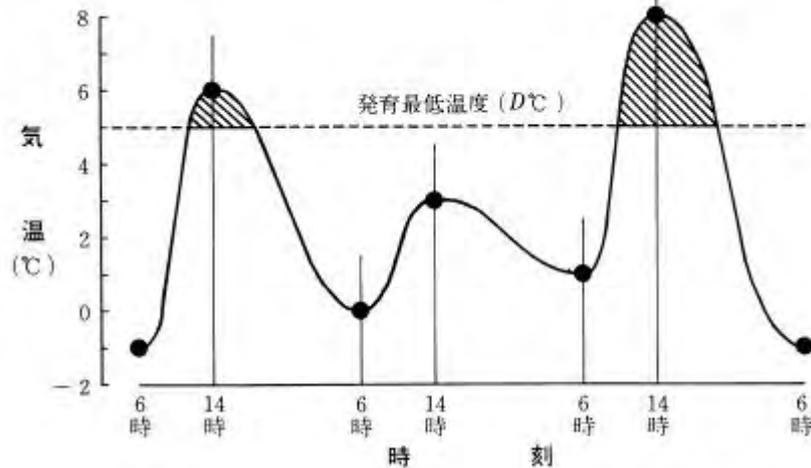
おわりに

今回提案した予測法は、ふ化日より半月ほど前に予想がたてられるのが特徴である。しかし実際には3日程度のずれは避けられない。ふ化日は5月の気温にも左右されるからである。とくにマイマイガの場合は積算温量とともに、その日の気温もふ化に影響をおよぼす。マイマイガは夏に卵として産み付けられてからすぐ発育を始め、越冬までに卵内で幼虫がほぼ完成している。つまり卵内幼虫越冬である。したがって5月のふ化前に低温が続くと予想日より遅れることがある。しかし、低温の後には高温が続くことが多いので、こういった年には分散までの日数はかからない。つまり分散する期間はふ化日ほどには年によるちがいは少ない(表-1)。遅くとも6月の第1週までである。付録には余市町での1988年のふ化予想日を、例として示した。4月25日までの気温をもとに計算すると5月8日と予想された。いっぽう、4月30日までの気温を使うと5月3日であった。4月25～30日に異常高温が続いたからである。5月に入ると低温の日が続いた。分散の初めは5月15日、ピークは5月20日と予想された。ふ化日や分散日の予想は実際の日とほぼ合っていた。

おわりにあたって、有益な助言を頂いた、後志支庁 中村 督造林係長、北後志地区林業指導事務所 千葉 博林業改良指導員に厚くお礼申し上げます。

付録 毎日の最高・最低気温から積算温量を計算するパソコン・プログラム

4月1日からの最高・最低気温を入力して積算温量を求める方法について解説する。最低気温は午前6時、最高気温は午後2時に起こるとして、最低気温と最高気温をサイン・カーブで結ぶ。次にまた、最高気温と翌日午前6時の最低気温をサイン・カーブで結ぶ。もし最高気温



付図 積算温量を計算する模式図

最低気温，最高気温が観察される時刻をそれぞれ午前6時，午後2時とし，これらの気温をサイン・カーブで結ぶ。発育最低気温 D （ここでは5）以上の面積を毎日加えて積算温量を求める。気温が D を超える（あるいは以下になる）時刻は $\arcsin(\sin^{-1})$ を使って計算する。

が発育最低温度（ D ）以上であれば， D 以上の面積を計算する（付図）。このようにして4月25日まで，あるいは30日までの D 以上の積算温量を求め，その温量をもとにふ化予定日を計算する。プログラムを付表に示す。

プログラムのDATAの部分には4月1日から順に最高・最低気温を入れていく。付表のDATAには余市町の1988年4月1日～25日までの最高・最低気温が5日間ごとに区切って入っている。4月30日までの最高・最低気温を使用する場合も，4月1日から順に最高・最低気温をDATAの部分に入れるだけで，他のプログラムはそのままで良い。

【付表】

```

10 DEFDBL A,D,S,T
20 K=0:STEM=0
30 INPUT "THRESHOLD TEMPERATURE=," ;D
40 INPUT "DATA = 25 OR 30          " ;B
50 IF K=B THEN 250
60 READ M1,M2
70 K=K+1
80 MX=M1
90 IF MX<=D THEN 50
100 IF M2>=D THEN T=0:GOTO 140
110 A= ( 2*D - M1 - M2 ) / ( M1 - M2 )
120 AS=ATN ( A/SQR ( - A*A+1 ) )
130 T=8*AS/3.1416+4
140 STEM=STEM+ (( M1+M2 ) /2 ) * ( 8 - T ) + (( M1 - M2 ) /2 ) * ( 8/3.1416 ) *
      COS ( 3.1416*T/8 - 3.1416/2 ) - ( 8 - T ) *D
150 IF K=B THEN 250
160 READ M1,M2
170 K=K+1
180 IF M2>=D THEN T=16:GOTO 220
190 A= ( 2*D - MX - M2 ) / ( MX - M2 )
200 AS=ATN ( A/SQR ( - A*A+1 ) )
210 T=16 - ( 16*AS/3.1416+8 )
220 STEM=STEM+ ( MX+M2 ) *T/2 - ( MX - M2 ) /2*16/3.1416*
      COS ( T*3.1416/16+3.1416/2 ) - T*D
230 IF M1<=D THEN 50
240 MX=M1:GOTO 100
250 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:STEM=STEM/24
260 IF B=25 THEN H=26.43 - .5*STEM ELSE H=27.44 - .35*STEM
270 PRINT USING "THRESHOLD TEMPERATURE    ##.##," ;D
280 PRINT USING "SUM OF TEMPERATURES      ####.##," ;STEM
290 PRINT USING "50%   フカ   ヨソウビ          5月 +##日," ;H
300 END
310 DATA 5.7, - 4.5,7.0,8.4,0.1,6.5, - 2.8,7.1, - 3.1
320 DATA 2.5,0.7,2.7, - 2.2,4.4, - 3.2,6.9, - 4.2,9.2, - 0.9
330 DATA 12.6, - 0.1,12.1,5.7,11.7,2.5,14.0,5.7,2,-0.5
340 DATA 9.2,2.1,15.4,2,18.9,3.9,11.9,5.6,9.1,3.3
350 DATA 7.1,3.3,7.5,3.2,5.8,0.3,4.3,0.4,9.7,1

```

プログラムの実行方法

プログラムの入力が終わったら RUN キーを押す。画面に “ THRESHOLD TEMPERATURE = ? ” と表れ、発育最低温度を聞いてくる。マイマイガのふ化日を予想するための発育最低温度は 5 度なので、5 を入力する（5 を押して RETURN キーを押す）。画面に “ DATA = 25 OR 30 ? ” と表れるので、4 月 25 日までの最高・最低気温なら 25 を入力し、30 日までのデータなら 30 を入力する。このプログラムの場合は 25 を入力する。これで計算が始まり、結果が画面に次のように表示される。

THRESHOLD TEMPERATURE	5.00
SUM OF TEMPERATURES	37.04
50% フカ ヨソウビ	5 月 + 8 日

一番上は入力した発育最低温度が 5 であることを示す。2 行目が 5 以上の積算温量を示し、37 度・日である。この温量から計算したふ化予想日が 3 行目である。ここがマイナスになると予想日が 4 月に繰り上がる。

ここではマイマイガのふ化日を推定するために積算温量を求めた。しかし、積算温度法則は生物の生長などに広く適用できるので、サクラなど樹木の開花日の予想などにもこの方法が有効である。このプログラムは、発育最低温度がちがっても、使用する最高・最低気温の日数がちがっても、そのまま使える。ただ、“ THRESHOLD TEMPERATURE = ? ” と DATA = 25 OR 30 ? ” と画面に表れたときに、使用したい発育最低温度と使用した日数を入力するだけで計算できる。

(道東支場)