

マイマイガ大発生終息過程の死亡要因

東浦康友* 上条一昭*

Mortality factors during the declining phase of a gypsy moth outbreak in a larch plantation in Hokkaido, Japan

Yasutomo HIGASHIURA* and Kazuaki KAMIJO*

はじめに

マイマイガは広葉樹林やカラマツ造林地でたびたび大発生してきた。多くの場合、大発生は急激に終息することが知られており、同じ林分が何年も続けて被害をうけることは少ない(篠原 1964)。

1973年に北海道富良野盆地の5カ所で大発生があった。いずれも5~15年生の若いカラマツ造林地で数ヘクタールが丸坊主にされた。さらに1974年にも2カ所で同じような局所的な大発生があった。これら7カ所とも丸坊主になったのは1年かぎり、大面積にひろがることなく終息した。ここで報告する中富良野町中富良野での、2年間の終息の過程はこれらの典型的な1例であったと思われる。

この研究を行うにあたって、林業試験場浅川実験林の片桐一正室長に天敵微生物の同定をしていただいた。厚く感謝の意を表す。

調査地

中富良野町中富良野の北東の小高い丘に児童公園がある。この裏側のカラマツ造林地約4haが、1973年夏にマイマイガの大発生によって丸坊主になった。調査地はこの一画に1974年春、設置した。このあたりは5~15年生のカラマツ一斉造林地で、調査地のものは7年生、平均樹高6.4m、立木本数はha当り2,500本であった。この他に補助的な調査を上富良野町江花と富良野市麓郷で行った。この2カ所はいずれも1974年に大発生がおこった。

調査方法

産卵雌・卵

アイマイガは8月中旬に数百粒の卵を1卵塊として樹幹下部に産みつける。ほとんどの場合、1雌は1卵塊しか産卵しないので、卵塊数を産卵雌数とみなした。また、卵塊の大きさ、すなわち縦と横の長さの積は、その卵塊の卵粒数と高い相関がある(東浦 1974)。したがって、1本の本あたり卵粒数は、1本の木あたり卵塊数と卵塊の大きさを調べて推定した。卵塊数を調査した木は、1974年が25本、1975年が40本であった。卵塊の大きさの測定はそれぞれ68個と30個について行った。

* 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15号 昭和53年3月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No. 15, March, 1978]

幼虫・蛹

卵のなかで幼虫態で越冬したマイマイガは、5月中旬にふ化する。ふ化後数日間は、卵塊上に集合しているが、1週間以内に幹をのぼり分散する。幼虫数の調査は、ふ化後1週間以内の分散定着時に開始し、以後定期的に行った。調査は調査木の枝4本について幼虫・蛹数を数える方法をとった。4本の枝は樹冠中段と下段から2本ずつとり、長さは1mとした。幼虫・蛹数の調査木の数は、1974年が6本、1975年は最初は10本、2・3回目15本、4回目以後は30本であった。調査回数は1974年が8回、1975年は7回であった。なお卵と幼虫・蛹の密度を比較するために、以下の方法で卵数を1mの枝あたり卵数に換算した。すなわち、1975年の10本の調査木について樹高、クローネの直径、上・中・下段別の枝数を測定し、樹冠形を円錐近似して1本の木あたり総枝長を推定した。この枚数には不定枝は加えない。この総枝長で、1本の木あたり卵数を割ることによって、1mの枝あたり卵数を推定した。1本の木あたり総枝長は、61.2 ± 8.6 m であった。

寄生性天敵

寄生性天敵の種類と寄生率の調査は、幼虫を採集して飼育する方法と、調査枝で観察した死亡数から推定する方法の2つを実施した。

飼育に供するための幼虫の採集は調査木以外の木から行った。餌には美唄市の試験場構内のカラマツを与えた。餌の殺菌はしなかったが、同じカラマツで飼育した美唄産マイマイガは正常に発育したので、餌からウイルス病などに感染する可能性はなかったと考えられる。1974年には個体飼育を行った。採集頭数は毎回の調査のときに30~34頭ずつで、終齢幼虫だけは100頭であった。1975年の採集頭数は、3齢期に100頭、終齢期は極端に数が減ったため8頭だけであった。飼育途中に寄生性昆虫が脱出したものは、その種類を調べた。また、天敵微生物によって死亡した幼虫は、解剖して寄生昆虫の有無を確かめた。

調査枝での観察によると、マイマイガ幼虫から脱出した寄生蜂は枝でまゆを作った。したがって、調査枝で寄生蜂のまゆを数えて、寄生蜂による死亡幼虫数を推定し、生命表に寄生蜂の種類ごとに記入した。

結 果

発育経過と齢期間の推定

発育経過をあきらかにすることは防除を適確に行うためにも重要である。1974年の個体数調査のときに各齢幼虫の頻度分布を求め、山中ら(1972)の方法によって発育経過と齢期間を推定した(図-1)。1975年は、ふ化日が3日早かったが、各齢にも2~3日早く達したので、齢期間には差はないものとした。

生存曲線と生命表

1974年と1975年の卵塊密度と卵密度を表-1に示した。この表の枝あたり卵粒数と各調査時の枝あたり個体数を生存曲線として図-2に示した。密度のちがいににもかかわらず、両年とも生存曲線の型はだいたい類似してい

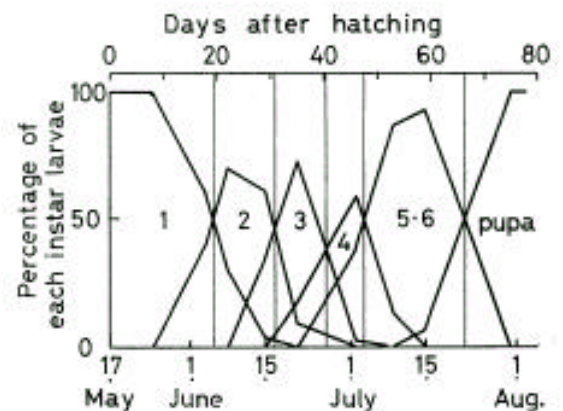


図-1 マイマイガの齢構成と齢期間
Fig. 1 The age distribution of the gypsy moth in 1974

表-1 卵および卵塊密度

Table 1. Densities of gypsy moth eggs and egg masses.

Year	1974	1975
木あたり卵塊数 Number of egg masses per tree	6.48 ± 1.48	0.70 ± 0.37
平均卵塊サイズ Mean egg mass size(cm ² :D)	4.18 ± 0.92	5.36 ± 0.78
木あたり卵数 Number of eggs per 1m branch	2,188	305
1mの枝あたり卵数 Number of eggs per 1m branch	35.8	4.98

Note: Number of eggs contained in each egg mass was calculated by the following formula. $N=82.8 D - 8.4 (r^2 = 0.77)$

Where, N: Number of eggs contained in a egg mass.

D: Product of length times width of egg mass.

る。すなわち、急激な個体数の減少は、1 齢初期と 3 齢以後および終齢期位後におこった。生存曲線に齢期間をあてはめ、各齢初期の個体数をよみとって生命表を作成した(表 - 2)。1 齢幼虫数だけは、分散定着後の幼虫数として第 1 回調査の枝あたり幼虫数を用いた。この 1 齢幼虫数と卵数との差は、ほとんどが分散による消失であると思われる。両年の生命表を比較すると、死亡率はすべての齢期で 1974 年より 1975 年の方が高い。この差は卵から 1 齢幼虫まではわずかであるが、2 齢以後に大きくなる。3.4 齢期の死亡要因は、1974 年では核多角体ウイルス (NPV) や不明の要因が大部分をしめているが、1975 年には 4 種の寄生蜂による死亡率が 54.2% に達し、主要な死亡要因となっている。NPV による死亡は両年とも 1 齢後期から現れた。1974 年には蛹まですべての齢期で病死虫が観察され、NPV による死亡が高率におこったと思われる。とくに、1974 年 6 月 24 日には、枝先に多数の病死虫が集合するという NPV に特徴的な状態を観察した。この病死虫はすべて 3 齢幼虫であった。このほかの死亡要因としては、アオクチブトカメムシ (*Dinorhynchus dybowskii*) による捕食があった。こ

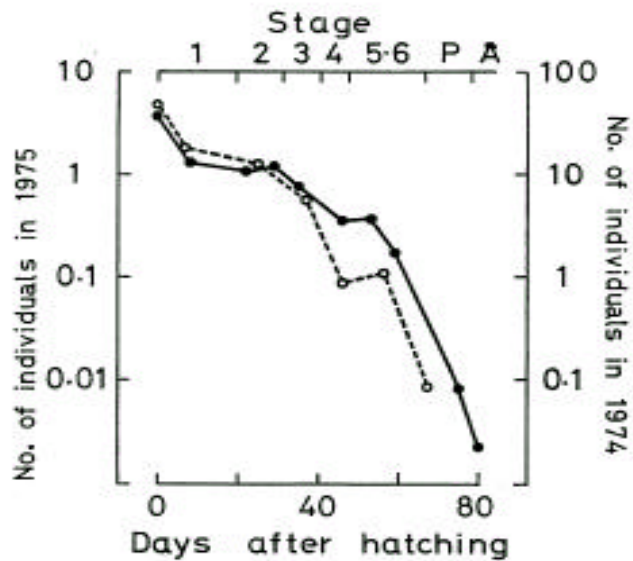


図 2 マイマイガの生存曲線

1mの枝あたり平均個体数で示す。実線は1974年、破線は1975年。

Fig. 2 .

The survivor-ship curves of the gypsy moth. The number of insects is shown as the average number of individuals per one meter branch.

The solid line indicates the survivor-ship curve in 1974 and the broken line indicates that in 1975 .

表 2 中富良野でのマイマイガの生命表

Table 2. Life tables for gypsy moth Nakafurano.

Life table for 1974				
Stage	1x	Fdx	dx	100qx
Egg	1000	dispersion&unknown	631.8	63.2
1st	368.2*	NPV & unknown	54.5	14.8
2nd	313.7	NPV & unknown	26.0	8.3
3rd	287.7	<i>A. liparidis</i>	10.5	3.6
4th		NPV & unknown	180.0	62.6
			190.5	66.2
5th& 6th	97.2	<i>A. liparidis</i>	4.7	4.8
		NPV & unknown	78.5	80.8
			83.2	85.6
Prepupa	14.0	Tachinids	2.3	16.4
		NPV & unknown	4.7	33.6
			7.0	50.0
Pupa	7.0	Tachinids	2.3	32.9
		NPV & unknown	4.4	62.8
			6.7	95.7
Adult	0.3			
Life table for 1975				
Stage	1x	Fdx	dx	100qx
Egg	1000	dispersion&unknown	633.5	63.4
1st	366.5*	NPV & unknown	69.5	19.0
2nd	297.0	NPV & unknown	106.1	35.7
3rd	190.9	<i>A. liparidis</i>	53.5	28.0
4th		<i>Apanteles sp</i>	10.0	5.2
		<i>Hyposoter vierecki</i>	36.8	19.3
		<i>Casitaria anastomosis</i>	3.3	1.7
		NPV & unknown	70.6	37.0
			174.2	91.2
5 th & 6th	16.7	unknown	16.7	100.0

* Number of the 1 st instar larvae after dispersion.

のカメムシは6月初旬から出現し、終齢幼虫をも捕食することを確かめたが、捕食量を評価することはできなかった。

以上のように、大発生翌年の世代死亡率は99.97%になり、2年後には調査枝では蛹が発見できず、卵塊も200本の木を調べたかぎりでは発見できなかった。3年後の1976年にも200本の木を調査したが卵塊はなかった。大発生の終息期は2年間で終わり、3年目からは潜伏発生期にはいったと考えられる。

寄生性昆虫の寄生率

今回の調査で得られた寄生蜂はつぎの5種類であった。*Apanteles liparidis* BOUCHE', *Apanteles* sp., *Rogas lymantriae* WATANABE, *Casinarina anastomosis* UCHIDA*, *Hyposoter vierecki* TOWNES et al.*。

これらはいずれもマイマイガ若齢幼虫に産卵し、3・4 齢幼虫から脱出する。*A. liparidis* だけはふたたびマイマイガの幼虫に産卵し、終齢幼虫から脱出する。大発生後2年めの1975年には、飼育による結果でも3・4 齢幼虫から脱出する寄生蜂は種数も寄生率もともに増加した(表-3)。上富良野と麓郷でも、大発生後1年めの寄生率は、この調査の1975年よりも低い。終齢幼虫から脱出する寄生性昆虫による死亡率は野外では低かったが(表-2)、飼育による結果では50%以上であった(表-4)。寄生バエの種類は不明であるが、少なくとも2種以上であった。

表 3 マイマイガ 3.4 齢幼虫の寄生率
Table 3. Parasitism of 3rd and 4th instar gypsy moth.

Collected Site	Nakafurano		Kamifurano*	Rokugoh*
	1974	1975	1975	1975
Year	1974	1975	1975	1975
Collected date	15,22 June	13 June	20 June	13 June
No. Reared	60	100	33	47
<i>A. liparidis</i> BOUCHE'	8.3	23.0	18.2	6.4
<i>Apanteles</i> sp		20.0	3.0	4.3
<i>Hyposotervierecki</i> TOWNES et al.		7.0	3.0	
<i>Rogaslymantriae</i> WATANABE		1.0		
% Parasitism	8.3**	51.0	24.2**	10.7**

*: The outbreak occurred in 1974.

** : Difference between each percentage of parasitism and 51.0% is significant(p<0.01).

表 -4 マイマイガ終齢幼虫の寄生率

Table 4. Parasitism of 5th and 6th instar gypsy moth
in Nakafurano, 1974-1975 .

Year	1974	1974
Collected date	15 July	21 July
No. Reared	100	8
<i>A. liparidis</i> BOUCHE'	32.0	50.0
Tachinids	20.0	
% Parasitism	52.0	50.0

* この2種の同定はU. S. National MuseumのDr. R. CARLSONによった。なお,*Apanteles* sp.は未記載種

5種の寄生蜂のなかでは、*Apanteles*属2種の寄生率が高かった。*A. liparidis*は多寄生で3・4齢の寄主から平均7頭の幼虫が脱出した。蛹化期間は平均6日間であった。*Apanteles* sp. は単寄生で、淡い黄色のマコを作る。卵寄生蜂は、この調査から発見できなかった。

核多角体ウイルス(NPV)

この調査地から得られた天敵微生物は核多角体ウイルス(NPV)だけであった。1974年に採集時期ごとの病死率を調べたところ、1齢と3齢幼虫期で高く、3齢期には50%に達した(図-3)。7月31日に採集した蛹(108頭)では、採集のときすでに病死していたものの34%、1週間後の病死率は50%であった。NPVは蛹期でも主要な死亡要因として働いたと思われる。

飼育後、幼虫の病死がすすむ様子は採集時期によって異なった(図-4)。5月25日に採集した1齢幼虫では、飼育後7日めに高いピークがあった。このとき他の幼虫はほとんどが2齢になっていた。5月25日に採集した幼虫のうち病死した11頭は、1頭が2齢であった以外はすべて1齢幼虫のときに病死し、残ったものは成虫となることができた。ところが6月3日に採集した幼虫は、飼育後すぐに病死がおこりはじめ病死したものは1頭をのぞいて1週間以内に死亡した。齢別病死数は、1齢8頭、2齢2頭、3齢1頭で、飼育をはじめたとき1齢であったもの(12頭)は1齢期でのみ病死した。NPVは6月上旬に、1齢幼虫に病死を起こしたと考えられる。6月15日と22日採集の幼虫の病死のピークは、22日と25日ではほとんど同じであり、齢別病死数も6月15日のものが2齢1頭、3齢16頭、4齢3頭、6月22日のものが3齢15頭、4齢1頭、5齢1頭であった。ともに大部分は3齢幼虫で病死している。このことは調査地で6月24日に観察した3齢幼虫の集団病死の事実と一致する。以上の結果から6月下旬までのNPVによる死亡のおこり方は、6月上旬に1齢幼虫で死亡するものと、6月下旬に3齢幼虫で死亡するものとの2つのピークをもつと考えられる。5月25日

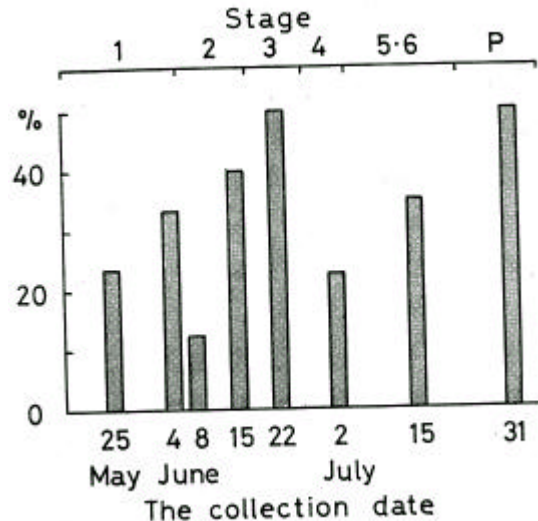


図-3 採集時期ごとのNPVによる死亡率

Fig. 3. Percent mortality of gypsy moth due to NPV one week after collection (1974 only).

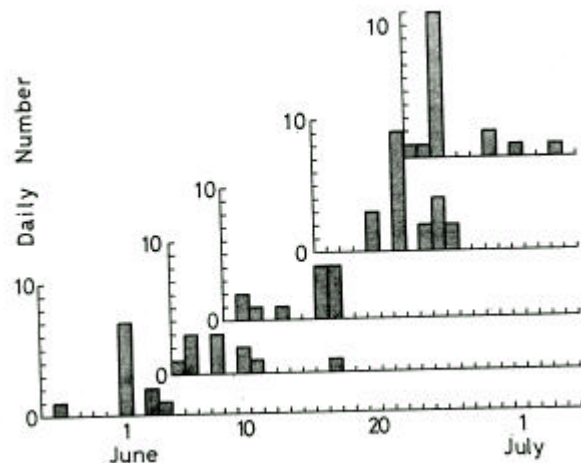


図-4 飼育幼虫の採集後のNPVによる死亡経過
採集日は5月25日、6月4日、8日、15日、22日で、飼育幼虫数はそれぞれ、34匹、30匹、32匹、30匹、30匹である。

Fig. 4. Daily number of the larvae killed by NPV for each larval collection (1974 only). Larvae were collected on 25 May, 4 June, 8 June, 15 June and 22 June and the number of larvae was 34, 30, 32, 30, respectively.

採集の幼虫以外は7月5日で飼育をうちきったが、病死がおこるのは飼育後のかぎられた期間だけであった。採集日ごとの全病死率は5月25日から順に、32%、37%、38%、67%、57%で6月8日までの採集幼虫と、6月15日からの採集幼虫とでは病死率に有意な差があった ($P < 0.05$)

1975年には個体飼育をしていないが、6月13日(ふ化後29日)に採集した幼虫の、10頭ずつの飼育結果では10日後に22%の病死率であった。1974年よりは病死率は低かったと思われる。

考 察

今回の調査地の卵塊密度を、過去の大発生の密度と比較してみよう。調査地の1974年の卵塊密度はha当り16,200個(ha当りの立木本数が2,500本であるから、表-1より)で、これは中富良野や被害林分の中でも最高の密度であった。北海道斜里郡東藻琴村のシラカンバ天然林と、同郡清里町の3齡級カラマツ林では、それぞれ46,000個/ha、25,000個/haであった(東浦・上条1977)。また赤祖父(1973)は富山県高岡市の広葉樹林で調査し、最高の区画で10,400個/haと報告している。アメリカ合衆国の広葉樹林の記録では約3,000個/haである(CAMPBELL 1967)。丸坊主になったときでも、樹種や樹齢によって卵塊密度は異なると思われるが、すべてオーダーは 10^4 であった今回の発生は面積的には小さかったが、密度としては過去の大発生と同程度の高さであった。

一般にマイマイガの大発生はウイルス病や疫病などのまんえんによって急激に終息するといわれている。今回の調査結果でも、NPVは重要な死亡要因の1つであった。古田・東浦(1974)がこの調査地から1973年秋に卵を採集して調べたNPVの経卵伝染による病死率は12%であった。初期の経卵伝染による病死率がこのように低くても、NPVは1974年の重要な死亡要因となり、大発生を終息にむかわせる働きをした。NPVの経卵伝染があるかどうかは、大発生後の防除事業の要・不要を判断するうえで考慮すべきことであろう。

NPVのまんえんの様子は不明な点が多いが、DOANE(1970)は低温などの環境条件の変化による誘発が考えにくいことから、卵の表面にNPVが付着して次世代にもちこまれ、このNPVによる病死虫がさらに感染源を増加させるという考えを提出した。経卵伝染によってNPVをとりこんだ幼虫のほとんどは、1齡幼虫のとき病死することが知られている(DOANE 1971, 東浦 1974)。今回の調査でも分散定着直後(1974年5月25日)に採集して飼育した幼虫の病死は1頭をのぞいて1齡後期におこった。また残りの病死をまぬがれた幼虫は発育を完了することができ、野外および2・3齡期の採集飼育幼虫で観察した3齡期での大量の病死はおこらなかった。以上のことから6月下旬に観察した3齡幼虫期での病死は、6月上旬に経卵伝染によって病死した1齡幼虫が感染源となっておこったと思われ、DOANE(1970)の考えを支持している。

1975年にはNPVによる死亡率は低下したと思われた。しかし、寄生蜂による死亡率が上昇したために、3・4齡期の死亡率は1974年より高くなった。*A. liparidis*の3・4齡幼虫への寄生率は、1974年は8.3%であったが、1975年には23.0%に達した(表-3)。3・4齡幼虫から脱出する*A. liparidis*は1齡後期の幼虫へ卵を産み込まれたものである。そこで、*A. liparidis*に寄生された幼虫数を、便宜上2齡になった幼虫数に寄生率をかけて求めると、1974年は143,000頭/ha、1975年は52,000頭/haとなった。したがって1975年は*A. liparidis*に寄生された幼虫数は低下したにもかかわらず、マイマイガ幼虫密度の低下によって相対的に寄生率が上昇したものと考えられる。この調査地で得られた5種の寄生蜂すべてが、交代寄主を必要とするものである。これらの寄生蜂の働きはマイマイガの密度だけでなく、交代寄主の密度にも影響されるであろう。今後、交代寄主をもふくめた調査が必要とされる。

今回の発生は局部的ではあったが、密度は過去の大発生と同程度であった。1974年にはNPVによる死亡が高率におこり、密度の低下した1975年には寄生蜂による死亡率も増加した結果、大面積にひろがることなく終息した。

文 献

- 赤祖父愷雄 1973 高岡市におけるマイマイガの異常発生について。森林防疫 22 : 214-217
- CAMPBELL, R. W. 1967 The analysis of numerical change in gypsy moth populations. For. Sci. Monograph 15 : 1-33.
- DOANE, C. C. 1970 Primary pathogens and their role in the development of an epizootic in the gypsy moth. J. Invert. Pathol. 15 : 21-33.
- DOANE, C. C. 1971 Transovum transmission of nuclear polyhedrosis virus in relation to disease in gypsy moth populations. Proc. 4th Intern. Colloq. Insect Pathology. 25-28 Aug. College Park, Maryland. 285-291.
- 古田公人・東浦康友 1974 北海道富良野市周辺におけるマイマイガの発生(1)。森林防疫 23 : 168-170
- 東浦康友 1974 北海道富良野市周辺におけるマイマイガの発生(2)。森林防疫 23 : 170-172
- 東浦康友・上条一昭 1977 マイマイガの産卵場所。昭51 林業研究発表大会論文集 : 106-107
- 篠原均 1964 マイマイガの発生とカラマツ造林地の被害について。第75回日林講集 405-408
- 山中久明・中筋房夫・桐谷圭治 1972 ハスモンヨトウの生命表と生物的死亡要因の評価。応動昆 16 : 205-214

S u m m a r y

In 1973 and 1974 outbreaks of the gypsy moth *Lymantria dispar* L., occurred in larch plantations 5-15 years old at several localities in central Hokkaido and all the population densities declined suddenly two years after their peaks. The population trend was investigated in 1974 and 1975 at Nakafurano, one of these outbreak areas, where complete defoliation of larch occurred in the early summer of 1973, and no egg masses were found in the autumn of 1975. The life tables during the regression of the outbreak are given. Although there were differences in the population densities in 1974 and 1975, the survivorship curves were similar in form. Excluding disappearance by air-borne dispersal in the first instar, mortality increased rapidly after the second instar. In 1974 a nuclear polyhedrosis virus caused great mortality, especially on third instar larvae and pupae. Of the first instar larvae collected from the field held, 32 percent were killed by the virus, while the remaining larvae complete their development. This may suggest that the heavy mortality in the third instar was caused mainly by virus inoculation originating from the killed first instar larvae.

Parasitism was not high in 1974 but in 1975 it increased greatly, since 54.2 percent of the third and fourth instar larvae were parasitized. Of seven species of parasites obtained *Apanteles liparidis* BOUCHE which is gregarious and has two generations per year on the gypsy moth, was the most important in both years. A solitary *Apanteles* sp., which is an undescribed species, *Hyposoter vierecki* TOWNES *et al.*, and at least two species of Tachinids were common in 1975. No parasites were obtained from the eggs.