

< 県学生科学賞・科学教育振興委員会賞 >
 「クマゼミの羽化」
 ～その条件と雌雄～

1 はじめに

私たち浜松市立高校自然科学部（旧生物部）では、セミの調査研究を2000年から始めた。本研究報告は「セミの研究 第7報」にあたる。

7年間、本校内のポプラ並木から採取したクマゼミの羽化殻は、2000年に445個、2001年70個、2002年192個、2003年273個、2004年331個、2005年328個、2006年193個の合計1832個である。

7年間、羽化殻調査を中心にセミの研究を続けていく中で、羽化の環境条件について特に大きな疑問がわいてきた。

今年度は、とくにクマゼミの羽化（羽化殻調査による気象条件と羽化、雌雄の割合、雌雄による羽化時期の違い）について調査・研究を続け、その中でも「羽化初日」の気象条件を明らかにするためにいくつかの仮説を考えた。また、仮説を検証し、不明な点が多いセミの幼虫の生態について研究するため、産卵後の木からの幼虫を土中で飼育し観察を続けている。

2 研究模式図

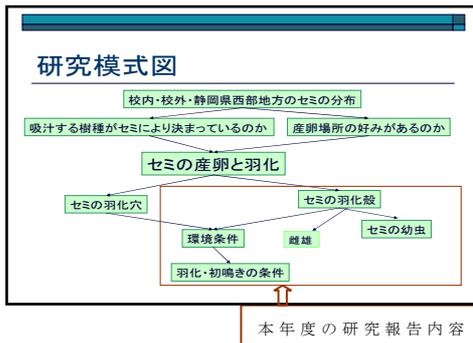


図1 研究の模式図

この7年間の毎夏に、本校内のポプラの木に生息するセミ（特にクマゼミ）の羽化殻調査を中心に行ってきた。上に示したこれまでの研究の発展模式図(図1)にあるように、さまざまな事項について研究してきたが、その中で、羽化時期に見られる法則性(「羽化初日」の気象条件)や雌雄の比とその羽化時期が大きな疑問となった。今回はそれらについての研究成果を報告する。

3 羽化殻の採取

(1) 羽化殻を採取した校内のポプラの位置については、校内の27本のポプラから10本を選び、北からA、B、Cの3つのブロックに分け、ついでに羽化殻を採集した。

(2) 羽化殻の採取方法と条件の測定

ア 気温と湿度

デジタル式温度湿度計 (Nakamura EX-900TRH) で気温、湿度を測定した。

イ 羽化殻の高さと雌雄

セミの羽化殻を発見したら、2mの棒とメジャーを使って高さを測る。そしてセミの羽化殻を取り、雌雄を判断する。

ウ 土壌温度と土壌湿度

セミが出てきたと思われる羽化穴にデジタル式温度計(N.T.-390)を地面にさし込み土壌温度を測り、次にデジタル式土壌湿度計(Nakamura DEMETRA PAT.193478)をさし込み土壌湿度を測る。

4 羽化の条件

セミの研究を続けていく中で、クマゼミの羽化初日や初鳴きを決定する気象条件があるのではないかと思い、毎年羽化殻を採取しその数を気象条件と照合し、その規則性を明らかにしようと試みた。

(1) 羽化と初鳴きの時期

ア 2001年,2002年

2001年は、羽化初日の正確なデータがとれていないため、羽化条件の検証対象から除外した。

2001年、2002年の2年間の観察の結果より、気圧が下がり、天気が悪くなった後、セミは羽化すると考えられ、気圧の変化と降水量が関係するのではないかと考えた。前日の悪天候により、土壌中の湿度が上がり土壌硬度が下がったため、土の中から幼虫が出てきやすく、多くの幼虫が羽化すると考えた。

イ 2003年

〈結果〉2002年に比べ、羽化殻が発見された期間が11日も長かった。

〈考察〉2002年までの調査と同様、悪天候の翌日に多く羽化が行われるという傾向は見られるが、他の日との差がよくわかりにくい結果となった。土壌が湿り羽化しやすい環境が整っていても気温が低いと幼虫の活動が鈍く、羽化が行われないうことが推察できた。2002年は短期間に集中して羽化殻が発見されたが、2003年は長期間に渡り羽化殻が発見された。この羽化期間の違いにも、低温が影響しているのではないかと考えられた。

ウ 2004年

2004年は羽化初日が分からなかったため、初鳴き日を元に、今までのデータより羽化初日を推測した。

〈結果〉2004年は2002年と2003年に比べて羽化するのが早く、羽化が集中して出てくる日が多かった。

〈考察〉2004年が2002年と2003年とくらべてより羽化するのが早かったのは、それらの年の同じ時期に比べて2004年は気温が高かったためと思われる。

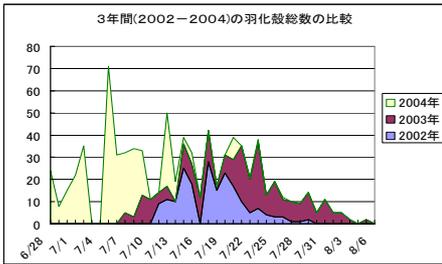


図2 3年間(2002～2004)の羽化殻数

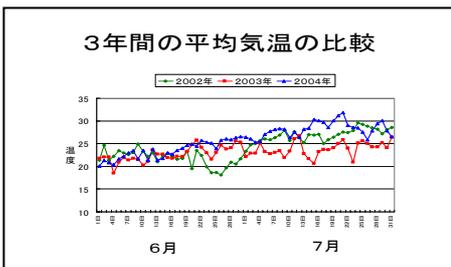


図3 3年間の平均気温

図2のように、この3年間で羽化日がだんだんと早くなっている。

この3年間の平均気温の変化は図3のようになり、やはりこの3年間で平均気温が上昇傾向にある。気温と羽化日には深い関係があるのではないかと考えた。

エ 2005年

〈結果〉2004年と比べてあまり羽化した日が集中していなかった。雄は長期にわたって羽化しているが、雌は約10日の間に集中して羽化していた。

〈考察〉2005年は、毎日の気温の変化が少なかったため、羽化が集中せず長期にわたって出たと思われる。

今回の結果より、雌が出始めたころから気温が高くなっていることに気づいた。

オ 2006年

〈結果〉今年は6月末から7月上旬にかけて、雨が降り続けていたために、雄が例年通り羽化できず、雌と同じ時期に出てくることになった。

〈考察〉例年であれば羽化予想日であるはずの6月末から7月初めの間に、長雨が続き続いたため、今年は、羽化がなかなか始まらなかった。しかし、雨の翌日の7月12日の晴れた気温の高い日に、今年最初の羽化が観察された。また、それまでの気温が低く、急に上がったときから雌が出始める傾向にある。

(2) 羽化の条件

クマゼミの初鳴きが、冷夏の2003年は7月17日、猛暑の2004年では、6月28日という違いに着目した。クマゼミが羽化を始める6月から7月の気温に注目し、気温のわずかな差がどのように羽化初日や初鳴き日に影響を与えているかを調べた。なお、2001年は調査の最初の年であったため、羽化初日は正確なデータが無く、そのため羽化条件の検証対象から除外した。

ア 2004年度の仮説

これまでのデータから、気温と羽化日の関係が大きいことが示唆される。そこで、2004年にこれまでのデータを整理し、気温と羽化日の関係を明らかにするため、仮説を考えながら検証した。データを検討し、『28～29℃を越えた日数が数日続いたときに、羽化殻の出現や初鳴きがある』と考えた。

イ 2005年度の仮説

2005年までのデータから、羽化と気象条件との関係をより詳しく検討することにした。2005年の仮説として、『羽化初日は、その12日前の最高気温が27℃以下で、その後の11日間の最高気温の積算温度が300℃以上である』と考えた。

ウ 2006年度の仮説

今年のデータでは、12日前の最高気温が30.7と高温で、その仮説(12日前の最高気温が27℃以下)に当てはまらなかったため、新しい仮説を考え、再度、データを検討した。

2002年から2006年の5年間に於いて、共通して言える仮説として、『羽化日の9日前の平均気温が25℃以下と低く、その後の8日間の積算温度が200℃前後で、かつその間に30mm以上の雨が降ると、羽化する』と考えた。

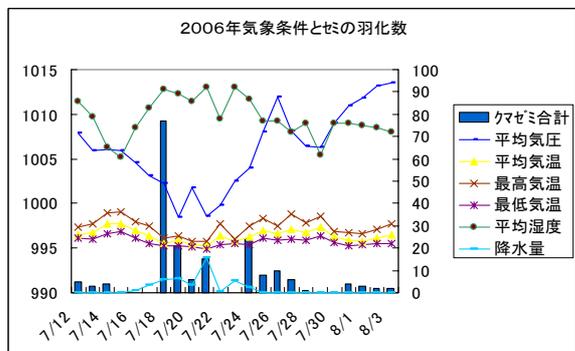


図4 2006年気象条件とセミの羽化数

日前	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2002	24.7	25.0	25.7	26.0	25.9	26.3	26.9	27.9	25.7	27.6
2003	24.1	25.6	25.3	22.1	22.9	22.9	25.1	23.2	22.8	23.1
2004	21.8	23.0	22.7	23.5	24.0	24.6	24.9	24.5	25.7	25.3
2005	23.0	23.2	22.9	22.2	23.2	24.8	24.9	26.1	28.1	27.4
2006	24.2	25.0	22.8	24.2	23.6	24.8	23.8	25.4	25.8	26.1

表1 各年の羽化日前の平均気温

日前	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2002								4.5	67.0	
2003				16.5	1.0	57.0	22.0		0.5	
2004							5.5	48.5		
2005		0.5	55.0	6.5						
2006			31.5	1.5	0.5	0.5	19.0	2.0	4.5	

表2 各年の羽化日前の降水量

〈考察〉これまでの調査により、悪天候の次の日に多くの羽化が行われるという傾向が見られる。これは、降雨により土壌がやわらかく羽化しやすい状況になったためと考えられる。また、気温が低いと羽化があまり見られないことから、幼虫にとって活動しにくい状況であったためと考えられる。土壌が湿り羽化しやすい環境が整っていても気温が低いと幼虫の活動が鈍く、羽化が行われないということが推察できる。羽化日の数日前を見ると、必ず気温の高い日が数日間見られる。よって、気温が高くなることにより、幼虫の活動が活発になり、羽化が行われると考えられる。

また、毎年南側のポプラの木から羽化が始まる。このことも、南側で日当たりの良い方が気温(地温)が高くなり、羽化の条件が早く整うことを示唆

していると考えられる。

5 羽化殻の雌雄

(1) 羽化殻の雌雄の判別

2002年に、羽化殻にある将来産卵管になる突起の有無で雄と雌を区別できることを文献より知り、雄、雌の割合の調査を始めた。クマゼミについて雄と雌の羽化殻数を調査し、その比や羽化時期の違いについての研究を行った。

〈調査方法〉

校内にある10本のポプラから採取したクマゼミの羽化殻を、雄と雌に分けて、それぞれの数を調査した。雄と雌の区別は、羽化後、産卵管になる突起の有無によって行った。

(2) 雌雄の比

2002年から2006年までの羽化殻調査による雌雄の比は、次の図5のようになる。

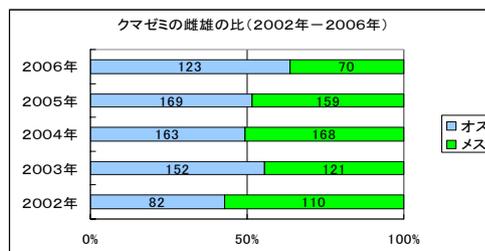


図5 クマゼミの雌雄の比 (2002年～2006年)

〈考察〉年によっても、採集された雄と雌の数に若干の差はあると思われるが、雄の多い年と雌の多い年があり、それらが一定の周期でくり返される可能性も考えられる。また、一部の爬虫類に見られるように、発生中の温度が性の決定に関係するのかもしれないと考えた。(クマゼミの染色体数が不明で、性の決定様式が分からなかったため)

2005年までデータからの仮説として、次のようないくつかの仮説を考えた。

雌雄の比率はその年の7月の平均気温に関係しているのではないかと考えた。

雌雄の比とその年の平均気温をまとめると、2002年の平均気温は26.9℃と普通で、雌の比率の方が高く、2003年は23.8℃と冷夏で雄の比率が高く、2004年は28.1℃と猛暑で雌雄の比が同じであり、2005年は25.7℃と普通であったので2002年と同じように雌の比率の方が高いのではと考えたが、雄の比率の方が高かったので、雌雄の比率は羽化した年の平均気温とは関係あるとはいえないことが分かった。

産卵の年の気温と関係あるのではないかと

えた。産卵の年を5年前と仮定し、5年前の7月の平均気温と比較すると図6のようになる。

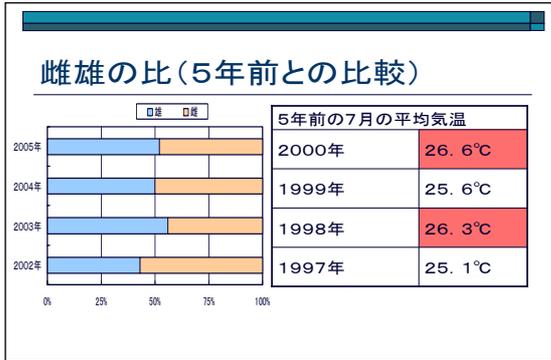


図6 雌雄の比(5年前との比較)

図6から、5年前が26°C以上の年は雄の比率が多いと言ったことが分かった。

そこで、『産卵の年の平均気温が高いと雄が多くなり、低いと雌が多くなる。』という仮説を考えた。これらの仮説についてはより詳しい検証の必要があり、今後の課題としたい。

一方、新聞等で広く知られるようになった熱帯性のクマゼミの分布域の北上の影響により、アブラゼミの総数は、2003年から2004年にかけては23個から14個とおよそ半数に減っていることがわかる。今後、アブラゼミのまとまったデータを得ることは、さらに困難になることが危惧される。

(3) 雌雄による羽化時期の違い

羽化殻採集を進めていく中で、初めは雄しか見つからず、途中から雌が見つかり始めたことに気づき、雄と雌とでは羽化時期に違いがあるのではないかと考えた。

2003年～2006年は、どの年も先に雄が羽化してから雌が出るという結果になった。

〈考察〉雄が雌より先に羽化する傾向が見られるが、これは雄が先に羽化し交尾の準備を整えた上で雌が羽化する方が、より効率的に交尾することができるからではないかと考えられる。つまり、雌の個体数がある程度まで増えた後、雄は鳴きはじめ、配偶行動をはじめると推測できる。

この、雌雄の出現時期が異なる原因について次のような仮説を立てた。『雄の羽化直後は未成熟であるため受精能力を持たず、数日の成熟期間が必要であり、そのため雌の羽化は雄より後になる』
 <検証実験>

この仮説を確かめるために、雄のセミの解剖を行った。

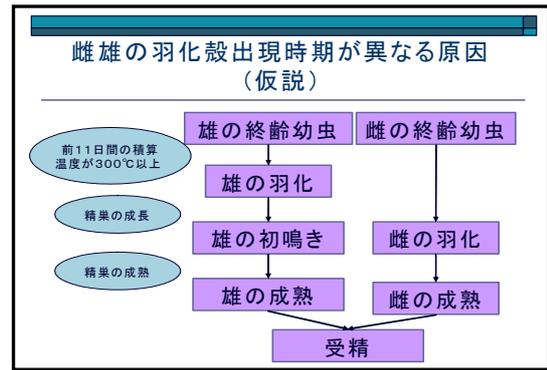


図7 雌雄の羽化殻出現時期が異なる原因

2005年7月4日に捕獲した羽化直後のまだ鳴けない未成熟な雄と、7月19日に捕獲した、既に鳴いている成熟した雄とを解剖し、精巣を取り出し、精子を観察し比較した。

未成熟の雄と成熟した雄の体長、体幅、精巣の長さ、精巣の幅は下表のようになり、グラフからも明らかなように、成熟した雄では各部分が未成熟の雄に比べて大きく成長している。



図8 体長の測定

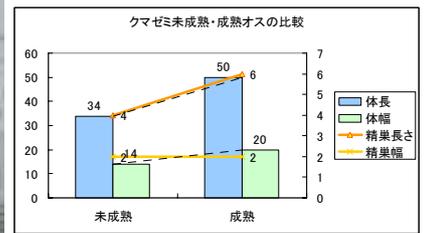


図9 クマゼミ未成熟・成熟雄の比較

また、羽化直後の未成熟の雄と成熟した雄のそれぞれの精巣より精液を生理食塩水にとり、顕微鏡で観察したところ、成熟した雄の精液では動いている精子が確認できたが、未成熟のものでは運動は確認できなかった。

このことより、『先に雄が羽化し、雌が後になるのは、雄の成熟が必要なためである』という仮説は立証された。

6 幼虫の飼育

産卵から何年後に羽化するか、その雌雄の比はどうかなどについて確かめるため、2003年に産卵されたセミの幼虫を飼育し、セミの幼虫の観察を継続している。

2003年、産卵痕のある支え木の一部を切り取り、ふ化した幼虫を飼育用の水槽で受け、幼虫を土中で飼育することを始めた。

2004年、捕獲した卵よりふ化した幼虫が飼育セ



図 10 飼育容器

ットの中で越冬し、生存していることを確認した。

下の写真は、2005年6月に飼育容器中に観察された、2齢幼虫(体長は5mmで前肢はスコップ状)と今年1月に土の上で見つかった脱皮殻と思われるものである。



図 11 2 齢幼虫
(赤鉛筆の先)



図 12 飼育容器土表面
で見つかった脱皮殻

7 まとめ

2003年までのデータから、前日までの悪天候により土壌湿度が上がり、土が柔らかくなったため、土の中から出てきやすく、羽化することが分かった。

2004年からは、気温と羽化日には、関係があると推察され、高温が数日間続くと、羽化すると考えられた。そこで、2005年には羽化初日は、その12日前の最高気温が27℃以下で、その後の11日間の最高気温の積算温度が300℃以上であるという仮説を立てた。

しかし、2006年の結果では、この仮説が当てはまらなかったため、新しく「羽化日の9日前の平均気温が25℃以下と低く、その後の8日間の積算温度が200℃前後で、かつその間に30mm以上の雨が降ると、羽化する」という仮説を立てた。

雌雄の比は全ての年によって様々で共通点は見られなかった。雌雄が交互に多く羽化していたので、交互に多く出るのかとも考えたが、今年度も雄の方が多く羽化したので、規則性はないことが分かった。羽化の年の平均気温で雌雄の比が決ま

るのかと思い、調べてみたが特に何もその関係は認められなかった。そこで、羽化の年の5年前の産卵の年の気温と関係があるのかと思い、調べてみたところ「産卵の年の平均気温が高いと雄が多くなり、低いと雌が多くなる」という関係が見られた。

雌雄の出現時期の違いについては、雄が雌より先に羽化することが、全ての年で共通していた。これは「雄が先に羽化し交尾の準備を整えた上で、雌が羽化する方がより効率的に交尾することができるからではないか」と考え、クマゼミの雄を解剖して調べてみた。未熟な雄と成熟した雄と調べると、成熟した雄には精子があり、運動性が見られた。この実験により仮説は正しいことが証明された。

本研究を始めるにあたり、貴重な御助言と御指導をいただいた元本校教諭・現桶ヶ谷沼ビジターセンター長 細田昭博先生、幼虫の飼育や研究について御指導・御助言いただいた元本校教諭・現静岡県立浜北西高等学校教諭 岡克彦先生に、この場を借りてお礼を申し上げます。

8 今後の課題

今後の課題として、木による羽化殻出現数の違いの要因、土壌湿度と土の固さと羽化との関係、土壌湿度と羽化殻の高さとの関係、気温と雌雄比との関係、気象条件と羽化・初鳴きの関係の仮説の検証、などについて調査研究を続けていきたい。

9 参考文献

- (1) 桂孝次郎・奥野晴三(1995)都市におけるセミのぬけがら調べ, 昆虫と自然 VOL30,NO.10 : P15-18
- (2) 北元敏夫(1995)高槻市ジャラ畑谷におけるヒグラシのぬけがら調査, 昆虫と自然 VOL30,NO.10
- (3) 浜口哲一(1995)セミのぬけがらの見分け方, 昆虫と自然 VOL30,NO.10 : P4-9
- (4) 東京管区気象台浜松測候所ホームページ <http://www.tokyo-jma.go.jp/>
- (5) 宮武頼夫・加納康嗣(1992) 検索入門 セミ・バッタ, 保育社