

セミの幼虫が地上に出るタイミングについて

静岡県立静岡高等学校
生物部 2年 白鳥紗羅

1 要旨

セミは身近な生物である一方、その生態については未知の事が多く、解明のためにデータの蓄積が必要とされている。これまで、クマゼミとアブラゼミを対象に羽化時の幼虫行動に関する実験を繰り返して、その行動特性を研究してきた。今回は、羽化のために幼虫が地上に出る過程について調査した。

幼虫が抜けた後の穴（抜け穴）の数を毎日記録したところ、29 日間の調査期間に 5 つのピークが形成された。各種気象データとの比較で、地温上昇の 3 日後に抜け穴数が増加すること、その日に降水量が増加すると抜け穴数が増加しないことが示された。周囲エリアの抜け殻採集数などとの比較で、それぞれのピークがセミの各種雌雄それぞれの出現によるものと考えられた。そこで、セミの幼虫はある程度決まった時期にクマゼミ雄、雌、アブラゼミ雄、雌の順で出現し、主な出現日（羽化日）はその時期の中で地温の上昇を感知した 3 日後となるが、出現予定日に降雨があると少し先送りになると考えた。

また、幼虫が地表に穴を開けた時間帯は昼夜同程度だった。そこで、出現日には 24 時間ランダムな時間に地表に穴を開け、明るかった場合は暗くなるまで穴の中で待機してから、暗かった場合はそのまま地表に出て羽化に至ると考えた。

2 研究目的

セミは日本人にとって夏の風物詩ともいえる昆虫で、とても身近な存在だ。その羽化については、背が割れて殻から抜け出し成虫となる様子（橋本、黒沢 1977、橋本、佐藤 1979）が広く紹介されている。しかし、そこに至るまでの行動について詳しく紹介する資料はほとんどなく、クマゼミとアブラゼミを対象にした羽化時の行動特性の調査を 7 年前から続けている。

これまで、好む羽化角度について（2014 静岡市児童生徒自由研究コンクール優秀賞）、360° どの角度でも羽化できるのかについて（2015 自然科学観察コンクール（シゼコン）佳作）、羽化時の明るさに対する反応について（2016 静岡県学生科学賞科学教育振興委員会賞）、好んで選ぶ羽化場所の条件について（2017 静岡県学生科学賞科学教育振興委員会賞）、好む羽化場所の条件は幼虫が複数になると変わるのかについて（2018 静岡県学生科学賞県教育長賞）、抜け殻のそばを羽化場所を選ぶのかについて（2019 自然科学観察コンクール（シゼコン）二等賞、静岡県学生科学賞県教育長賞）、羽化するために登る木の選び方について（2020 静岡県学生科学賞県教育長賞）調べた。これまで「幼虫が地上に出てから木に登り羽化が完了するまでの全ての過程の行動」について明らかにしたので、今年、その前段階の「幼虫が地上に出る行動」について研究した。同時に、過去の研究結果から、地上に出る直前から羽化が完了するまでの幼虫の行動についてまとめた。

幼虫は、5～7 年とも言われる長い地中生活の後に、条件の整った夏の夜に羽化のために地上に出て速やかに羽化する（橋本、黒沢 1977）（この事象を以降、出現と呼ぶ）と言われている。これまでの経験から、大雨の日などは羽化しないという感覚を持っているので、今回、地上に出るタイミングと気象条件の関連性を調べることを主目的に、幼虫が地上に出た後の穴（以降、抜け穴と呼ぶ）を調査することにした。

3 研究方法

静岡市駿河区の宮竹神社（図1省略）の社の東側に位置する穴が観察しやすい区域（約60㎡ 図2省略）を調査域とし、7/9～8/6の29日間、朝（6時～7時30分ごろ）に、直径2cm程度以上の穴（図3）をクマゼミとアブラゼミの抜け穴と判断して調査し、前日夜に出現した分として実際の調査日の前日の日付で記録した。また、日中カラスが中にいる幼虫を捕食しようと穴を広げることよくあったが、その穴も抜け穴として翌朝記録した。抜け穴は、毎朝記録後に全て埋めた。

（1）抜け穴数と気象条件の関係について

幼虫の出現日と気象条件の関連性を調べるために、調査域の抜け穴数推移と実測および気象庁発表の気象データを比較した。

抜け穴調査域で、18時に地上10cmの気温・湿度（7/9～8/6）と地下15cmの地温（7/12～8/6）を測定した（図4省略）。日没頃（調査期間では19時頃）から幼虫が多く出る（橋本、黒沢1977、林、税所2015）とされることから、予備調査としてその前の時間の17、18、19時の温湿度を測定したところ、雨天日（7/9）は大きな変化は見られず、晴天日（7/10）は気温の下降とそれに伴う湿度の上昇が見られた（図5省略）。そこで、幼虫の行動を妨げる可能性が低く日没に近い時間である18時を測定時間とした。気温・湿度は、地表に開いた穴の中から幼虫が感知する可能性のある、地表付近（10cm）を乾湿計で測定した。地温は、地下10cm以下で安定する（佐藤2009）ことと、羽化直前のアブラゼミは、地表のすぐ下まで縦に坑道型に伸びた幼虫室で過ごす（橋本、黒沢1977）ことから、地面に串で開けた穴に棒状の温度計を差し込んで地下15cmの温度を測定した。

また、静岡地方気象台の最高気温、全天日射量、合計降水量データ（気象庁HP）を併せて使用した。ただし、合計降水量1mm/日以下の場合は0mm/日として処理した。

さらに、抜け穴数とその3日前の実測地温の推移を比較した。

（2）抜け穴数のピークについて

各種セミの出現はそれぞれ毎年ほぼ同じ時期に起こり、クマゼミとアブラゼミおよびそれぞれの雌雄の出現時期には一定のずれがある（白鳥舜2019）ことから、抜け穴数推移で見られた5つのピークがそれぞれの出現によるものと考え、それを特定するために分析した。

調査域の抜け穴数推移と宮竹神社（約750㎡・立ち入り禁止のため除外した区域150㎡を含む）全域の抜け殻採集数推移を比較した。抜け殻は、6/19に前年の抜け殻の残りが無い事を確認した上で、6/26（出現なし）～8/28に週に一度、地上から高さ3.5mまでのクマゼミとアブラゼミの抜け殻を全て採集し、それぞれの種で雌雄を分けて集計した。この採集は、幼虫年数の特定のための継続調査8年目の一環として行った。

また経験上、クマゼミはどんな状態の地面からでも出現するが、比較するとアブラゼミは、乾いた硬い地面からは出現しにくく湿った軟らかい地面から出現しやすい。そこで、抜け穴のピークを形成したセミの種類を予想するために、調査域を降雨時の地面の濡れやすさで2つのエリアに分け、抜け穴数推移を比較した。雨に濡れにくく硬い地面をエリアⅠ（約40㎡）、雨に濡れやすく軟らかい地面をエリアⅡ（約20㎡）とした。

（3）セミ穴が開く時間について

18時の時点ですでに多くの穴が開き始めていることに気づき、穴が開く時間について調査した。

1.5cm程度以下の穴（図3）（以降、セミ穴と呼ぶ）の数を、抜け穴と同様に7/19から記録した。セミ穴は、覗くと幼虫が見える穴と、少し奥にいるらしく見えない穴があった。また、日中、カラスが中にいる幼虫を捕食しようとセミ穴を広げることよくあったが、その穴も18時以前のセミ穴として記録した。そして、翌日の朝、セミ穴から幼虫が出て抜け穴となっていることを確認し、18時以前から開いていた穴数と18時以降に開いた穴数を記録した。



図3 抜け穴とセミ穴の様子
左: 抜け穴(幼虫が地上に出た後の穴)。7時撮影。
右: セミ穴(幼虫が地上に出る前の穴)。18時撮影。
写真では、幼虫の複眼・単眼・後頭楯が見られる。

4 結果

抜け穴数の推移を図6に示す。

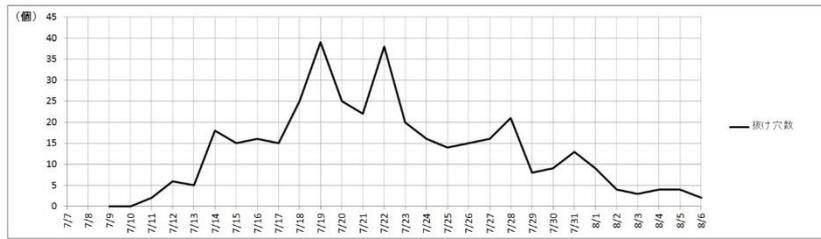


図6 抜け穴数の推移
抜け穴は、クマゼミとアブラゼミのものと考えられる直径2cm程度以上の穴を翌朝調査し、前夜に出現した分として前日の日付で記録した。

- 7/14、19、22、28、31 にピークが見られた。
- 7/29 に減少。

(1) 抜け穴数と気象条件の関係について

気温・地温・最高気温、全天日射量、湿度、合計降水量の推移をそれぞれ図7～10に抜け穴数の推移と共に示す。

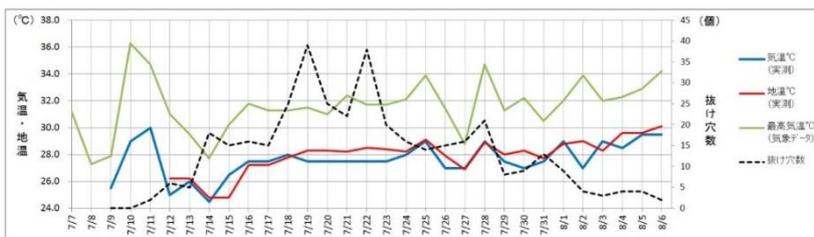


図7 気温・地温・最高気温と抜け穴数の推移
気温は地上10cmを、地温は地下15cmを、調査域で18時に実測。
最高気温は、静岡地方気象台のデータを使用。
抜け穴は、クマゼミとアブラゼミのものと考えられる直径2cm程度以上の穴を翌朝調査し、前夜に出現した分として前日の日付で記録した。

- 気温・地温・最高気温は、7/14、31 下降、7/28 上昇。7/19、22 は、地温は上昇、気温・最高気温は同程度か少し下降。
- 最高気温は、7/10 に著しく上昇。
- 地温と最高気温の推移が類似。

- 全天日射量は、前日より7/14、19、31 減少、7/22、28 増加。
- 全天日射量は、地温と最高気温の推移に類似 (図7)。

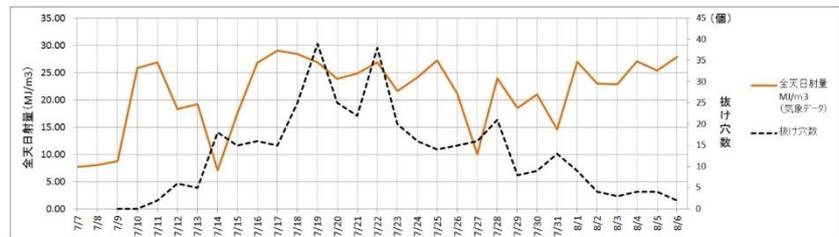


図8 全天日射量と抜け穴数の推移
全天日射量は、静岡地方気象台のデータを使用。
抜け穴は、クマゼミとアブラゼミのものと考えられる直径2cm程度以上の穴を翌朝調査し、前夜に出現した分として前日の日付で記録した。

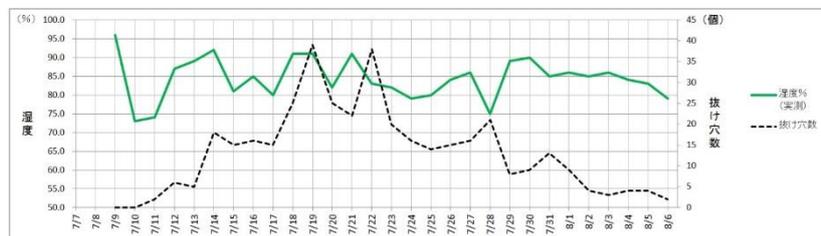


図9 湿度と抜け穴数の推移
湿度は、地上10cmを調査域で18時に実測。
抜け穴は、クマゼミとアブラゼミのものと考えられる直径2cm程度以上の穴を翌朝調査し、前夜に出現した分として前日の日付で記録した。

- 湿度は、前日より7/14 上昇、7/19 同程度、7/22、28、31 下降。

- 降水量は、7/13、30、8/2、に前日より増加。

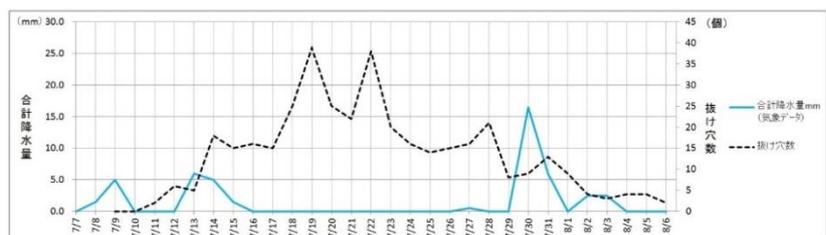


図10 合計降水量と抜け穴数の推移
合計降水量は、静岡地方気象台のデータを使用。
抜け穴は、クマゼミとアブラゼミのものと考えられる直径2cm程度以上の穴を翌朝調査し、前夜に出現した分として前日の日付で記録した。

抜け穴数とその3日前の地温の推移を並べて図11に示す。

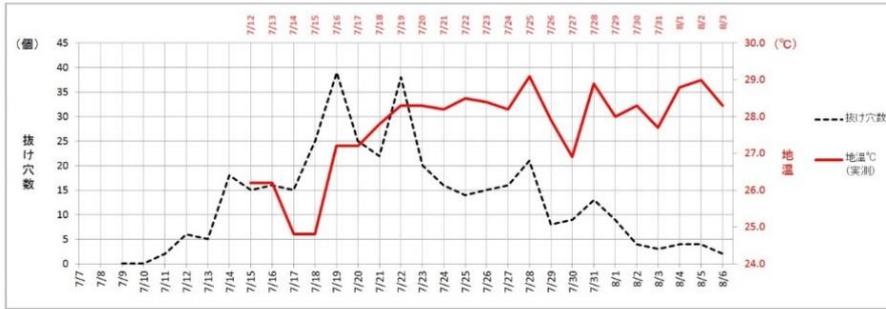


図11 抜け穴数と3日前地温の推移
 抜け穴数推移(黒)に、その3日前の地温推移(赤)を重ねて示した。
 抜け穴は、クマゼミとアブラゼミのものと考えられる直径2cm程度以上の穴を翌朝調査し、前夜に出現した分として前日の日付で記録した(黒)。
 地温は、地下15cmを調査域で18時に実測(赤)。

- 抜け穴数ピークの3日前にあたる地温は、7/16が2.4℃、7/19が0.5℃、7/25が0.9℃、7/28が2.0℃上昇。
- 7/29の抜け穴数減少の3日前にあたる7/26に地温が1.2℃下降。

(2) 抜け穴数のピークについて

各種雌雄別の抜け殻採集数の推移を図12に示す。

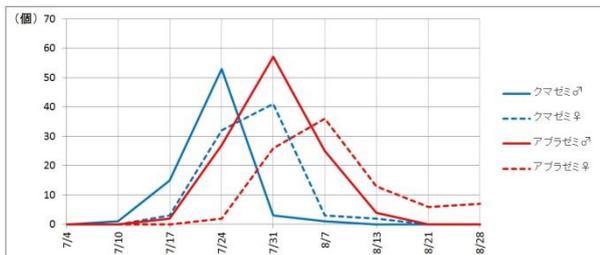


図12 宮竹神社全域におけるクマゼミとアブラゼミそれぞれの雌雄の抜け殻採集数の推移
 週に1度、地上3.5mまでの抜け殻を全て採集した。

- 7/24 クマゼミ雄、7/31 クマゼミ雌とアブラゼミ雄、8/7 アブラゼミ雌のピーク。

抜け殻調査日に合わせて合算した抜け穴数と、種雌雄を合算した抜け殻採集数の推移を図13に示す。

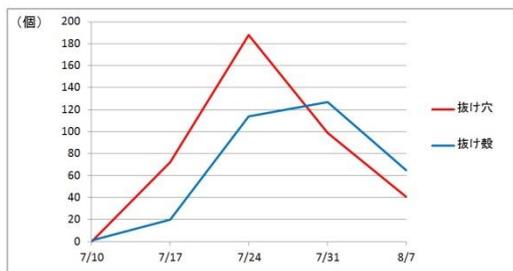


図13 抜け穴数推移と抜け殻採集数推移の比較
 抜け穴数は、抜け殻採集日に合わせて、1週間分を合計して算出。
 抜け殻採集数は、各種雌雄を合計して算出。

- ピークは、抜け穴数 7/24、抜け殻採集数 7/31。

2つのエリアの抜け穴数の推移を図14に示す。

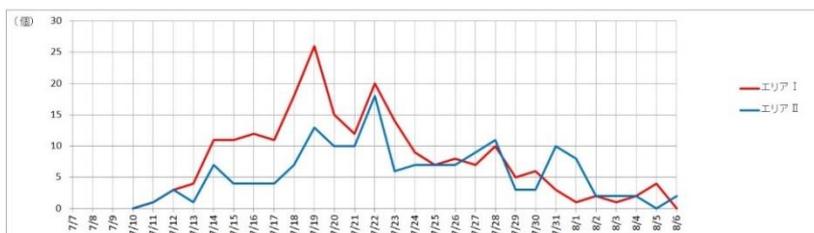


図14 2つのエリアにおける抜け穴数の推移
 図6の抜け穴数推移を、2つのエリアに分けて示した。
 エリアIは、乾いた硬い地面の区域。
 エリアIIは、湿った軟らかい地面の区域。
 エリアIとエリアIIの面積比は約2:1。

- エリアIIに比べてエリアIは、7/14、19約1.5~2倍、7/22、28同程度、7/31約1/3。

(3) セミ穴が開く時間について

朝の調査時から 18 時まで開いていたセミ穴数と 18 時以降翌朝調査時まで開いた抜け穴数の割合を図 15 に、期間中のそれぞれの割合を図 16 に示す。同時に、気付いたことを記す。

- ・8/4、5 全て昼間、半数以上の日に昼間が 40～60%。(図 15)
- ・期間中総計の昼間と夜間の割合が同程度。(図 16)
- ・朝、小さなセミ穴を数回確認した。主に出現数が多い日だった。(観察)。
- ・夕方に穴の中に見えた幼虫は、全て上を向いていて複眼、単眼、後頭楯(鼻のように見える部位)が見えた(図 3)。
- ・夕方のセミ穴は、カラスによって穴を広げられたり食害にあった穴を除いて、翌朝全て抜け穴になっていることを確認した(観察)。

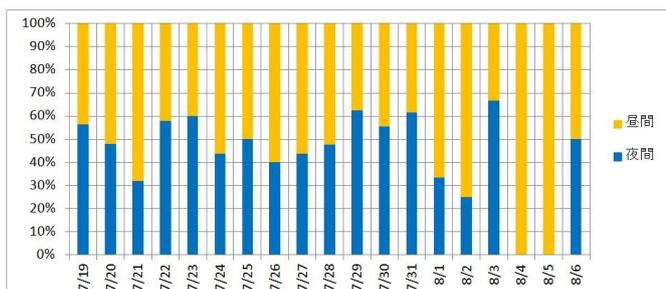


図15 各調査日における昼間と夜間に開いたセミの穴数の割合
昼間は、朝の調査時間(6時～7時30分)から18時まで。
夜間は、18時から翌朝の調査時間(6時～7時30分)まで。

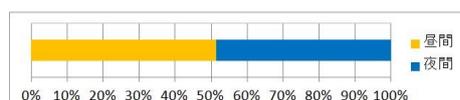


図16 昼間と夜間に開いたセミの穴数の期間中合計の割合
全調査日の穴数を昼夜それぞれで合計して算出。

5 考察

(1) 抜け穴数と気象条件の関係について

兄の過去の研究で、幼虫は主に地温によって左右される地中の幼虫室内の温度上昇を感知して羽化時期を決め、その決定時には、決まった温度になることよりも、それまでより上昇したということに強く反応すると考えている(白鳥舜 2019)。

抜け穴のピークが見られた7/14、19、22、28、31(図6)に、気温・地温・最高気温の動きはそれぞれ前日より下降、同程度か下降(地温は上昇)、同程度か下降(地温は少し上昇)、上昇、下降と一貫性が無い(図7)ことから、出現の主要因ではないと考えた。同様に、全天日射量と湿度も、各抜け穴数ピーク日にそれぞれ減少と増加(図8)、上昇と下降(図9)が見られ、一貫性が無いことから、主要因ではないと考えた。

そこで、抜け穴数推移と相関のあるデータを探した。すると、抜け穴のピークが見られた7/19、22、28、31の3日前に当たる7/16、19、25、28に地温が前日より0.5～2.4℃上昇し、抜け穴数の減少が見られた7/29の3日前に当たる7/26に地温が1.2℃下降して(図11)、推移に顕著な相関がみられた。そこで、地温が前日より大きく上昇したことをきっかけに羽化時期を決めて、その3日後に幼虫が出現すると考えた。

また、地温と最高気温、全天日射量の推移は類似している(図7、8)が、これは、全天日射量が最高気温と地温に強く影響を及ぼしている結果と考えられる。そして、地中の幼虫が直接感知する可能性が高いのは地温であると考えた。しかし、地温データに比べて最高気温データは入手しやすいので、今後最高気温の推移から出現数の増減時期を予想できると考えた。

さらに、前日に比べて降水量の増加が見られた7/13、30、8/2には、抜け穴数は減少か同程度で、大きな増加は見られなかった(図10)。そこで、降雨時には幼虫の出現は先送りにされる傾向があり、降雨当日の出現数が大きく増加することはないと考えた。しかし、今回の調査期間中はほとんど降雨が無く、経験上感じていた大雨で羽化が先送りになる現象を明確には示せなかった。

以上より、幼虫は、地温が前日より上昇したことをきっかけに羽化日を決め、その3日後に出現するが、その当日が雨天の場合は出現が先送りになると結論付けた。

3日前地温が未測定の7/14の抜け穴数ピーク（図11）について、最高気温から地温の上昇を推定すると、最高気温が7/10に著しく上昇して（図7）、地温も同様だったと推定できるので、予想ピーク日は7/13となる。しかし7/13は降雨初日で降水量の増加が見られ（図10）、出現が先送りになった結果、翌日の7/14にピークになったと考えられる。これは、上の考察と矛盾しない。

(2) 抜け穴数のピークについて

兄の過去の研究で、クマゼミ、アブラゼミの順に出現すること、各種で雄、雌の順に出現すること、同種の雌雄の出現時期の差は1週間弱と考えられること、大雨で1つのピークが2つに分散することがあること、調査年によって、クマゼミ雌の後にアブラゼミ雄がピークを迎えるパターン（A）か、クマゼミ雌とアブラゼミ雄が同時に迎えるパターン（B）になる（図17）ことが示されている（白鳥舜 2019）。今年も、抜け殻採集数がパターンBであり、クマゼミ雄、クマゼミ雌とアブラゼミ雄、アブラゼミ雌の順にピークを迎えていることが分かった（図12）。

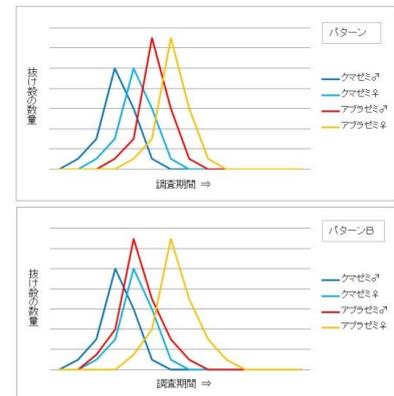


図17 クマゼミ雌雄およびアブラゼミ雌雄の羽化数推移の模式図
上(パターンA):クマゼミ雌、アブラゼミ雄、雌の順ですべて推移する。
下(パターンB):パターンAに似るが、クマゼミ雌とアブラゼミ雄が同時期に推移する。
〔白鳥舜2019〕より転載

また、兄の過去の研究から、宮竹神社では、日照条件（地温）の違いから、東エリアは西エリアより約1週間出現が早い傾向があることが分かっている（白鳥舜 2019）。今年も、東エリアでの抜け殻採集数が伸びず多くの抜け殻が西エリアで採集された一方、抜け穴調査域は東エリアに設定していた。そこで、抜け穴数と抜け殻採集数の推移に1週間のずれが起こると予想されるため、調査間隔と記録方法が異なる両者の採集結果を同一条件にして比較したところ、実際に抜け穴数が抜け殻採集数より1週間早い推移をたどっていた（図13）。

それを基に抜け穴数の各種ピークを予想すると、7/17までにクマゼミ雄の、7/24までにクマゼミ雌とアブラゼミ雄の、7/31までにアブラゼミ雌のピークが見られると考えられた。そこで、抜け穴数推移に見られた5つのピーク（図6）は、7/14がクマゼミ雄、7/19、7/22がそれぞれクマゼミ雌かアブラゼミ雄、7/28、31がアブラゼミ雌のピークで、アブラゼミ雌のピークは2つに分散したと考えた。

さらに、抜け穴調査域をクマゼミが多く出ると考えられるエリアⅠとその他のエリアⅡに分けて推移を示したところ、7/14、19のピークでエリアⅠからの出現が60%以上を占め、7/22、28、31のピークでエリアⅠからの出現が52%以下だった（図14）。そこで、抜け穴数の7/14、19のピークはクマゼミ、7/22、28、31のピークはアブラゼミであると考えた。そこで、7/14がクマゼミ雄、7/19がクマゼミ雌、7/22がアブラゼミ雄、7/28、31がアブラゼミ雌のピークであると判断した。これは、同種の雌雄で出現時期が1週間弱ずれるという過去の観察結果（白鳥舜 2019）と矛盾しない。

以上より、抜け穴数に見られた5つのピークは、各種雌雄で多く出る時期が異なるために起きたと考えた。時期が早い順に、クマゼミ雄、クマゼミ雌、アブラゼミ雄、アブラゼミ雌と考えられる。また、7/31の5つ目のピークは、アブラゼミ雌の7/28のピークに続いて出現予定だった幼虫が、7/29の3日前地温の下降と7/30の当日降雨によって出現を2日先送りにし、3日前地温が上昇し当日降水量が減少した7/31に出現したために起きたアブラゼミ雌の分散ピークであると考えている。

(3) セミ穴が開く時間について

これまでの実験の幼虫採集時に、日没ごろに、小さく開いた穴の中で羽化時刻を待つ幼虫の姿がよく見られたので、夕刻～夜に穴を開けて外の様子を覗くと考えていた。しかし、今回、前日の穴

を完全に埋めながら朝夕と同じ調査域を観察し続けたところ、朝6時過ぎの時点で中に幼虫が入っている小さなセミ穴が数回見られた（観察）。そこで、昼間と夜間に開いた穴を区別して記録したところ、半数以上の日で昼間に開いた穴数と夜間に開いた穴数の割合が40～60%（図15）で、期間中総計では、昼間と夜間の割合が同程度だった（図16）。また、主にピーク時期の早朝に小さく開いたセミ穴が数回見られたこと（観察）から、昼間は夕刻だけに偏って穴が開くとは考えにくく、幼虫は24時間いつでも穴を開けていると考えた。そして、全てが昼間に開いた8/4、5（図15）は出現終わりの時期に当たり、抜け穴数が4個と著しく少なかったため、小さな偏りが大きな割合となった結果と考えた。

しかし、羽化は日没前後から夜間に見られるので、幼虫はランダムな時間に穴を開けるが、穴を開けた時に外が明るかったら暗くなるまで待機してから地上に出て羽化し、穴を開けた時に外が暗かったらそのまま地上に出て羽化をすると考えた。幼虫の多くは夕方から宵にかけて地上に這い出す（林、税所2015）と言われるのは、昼間にセミ穴で待機していた個体が日没ごろにまとめて地上に出る結果ではないかと考えた。また、小さく開いたセミ穴の中で、幼虫が地表に顔を出さない状態で上を向いて待機していた（観察）が、羽化前の幼虫は光を感知する単眼も形を認識する複眼もその機能がある（昨年の研究 白鳥紗羅2020）ことから、この時点では、複眼の間にある3つの単眼による明るさの感知だけをして昼夜を判断しているのではないかと考えた。

また、18時の時点で中の幼虫が確認できたセミ穴は全て、翌日の朝には幼虫が出て抜け穴となっていた（観察）ことから、穴を開けたら翌朝までに地上に出ていると考えた。したがって、いつ地上に出て羽化するかの判断は、穴を開けてから外気温や湿度で決めるのではなく、穴を開ける前に地温や降雨の状況で行っていると考えた。その場合、地温は幼虫室内の室温として、降雨は地面に伝わる雨粒の振動で感知するのではないかと考えている。また、今回は調査期間中に台風などの豪雨は無く、数日間豪雨が続き続いた場合などの調査が出来なかったため、晴天の朝に穴を開けて、夕刻前から荒天が数日継続された場合などの待機時間については、不明である。

以上より、幼虫は24時間ランダムに地表に穴を開け、外が明るければ暗くなるまで穴の中で待機してから、暗ければそのまま外に出て羽化をすると考えた。また、穴を開けた場合は、その夜に穴から出て羽化に至り、従って、地温や降雨を感知して出現日を決めるのは穴を開ける前の段階の幼虫室の中で行われていると考えた。

以上（1）～（3）により、セミの幼虫はある程度決まった時期にクマゼミ雄、雌、アブラゼミ雄、雌の順で出現するが、主な出現日（羽化日）はその時期の中で地温の上昇を感知した3日後となること、ただし出現予定日に降水量の上昇（降雨）があると出現日が少し先送りになること、その感知は地上に穴を開ける前に地中の幼虫室内で行っているであろうことが分かった。幼虫はこの時期には地表間近の地中にいる（橋本、黒沢1977）ので、地温を幼虫室内の室温として、降雨を地面に伝わる振動として感知することは可能であろうと考えている。また、出現日には24時間ランダムな時間に地表に穴を開け、外の明るさを単眼で感知し、明るかった場合は暗くなるまで穴の中で待機してから、暗かった場合はそのまま地表に出て羽化に至ると考えた。

6 今後の展望

研究開始前には、幼虫は羽化の1～7日前に夏季の地温上昇に伴う幼虫室内の温度上昇を感知して羽化時期を知り、羽化日もしくはその数日前の夕方以降に地表に穴を開け、気温や湿度といった外の様子を感じ、穴から出て羽化をするか、穴の中で次の夜を待つかを決めているのではないかと考えていた。しかし、今回の研究により、より詳しい地温感知時期や、予想外の時間帯にも穴を開けている

らしく、また、穴を開けた後に羽化日を先送りにすることはないらしいことが分かり、とても驚いた。これらは、これまで本やインターネットで見た事のない新しい知見であり、とても大きな成果が得られたことに満足している。

論文中で何度も引用した兄の研究は、出現（羽化）を決める要因と時期を探るために4年間継続したもので、まず特定の出現時期が優先され、さらに地温（と土壌の水分含有率）の影響を受ける幼虫室内の室温の感知をきっかけに出現が決まるのではないかという結論に達している。今回、幼虫行動として毎日の抜け穴調査に取り組むことにした私に、地温測定を提案して知見の提供をしてくれたことで、私の研究に幅が出たと感じている。

私がこれまで主に続けていた研究は、実験条件下での幼虫の行動観察を手法に行動学的にセミの生態に迫るもので、兄の研究は、主に週に一度の抜け殻採集を手法に統計学的にセミの生態に迫るものであり、興味の方に違いはあったがお互いの調査を手伝い合って遂行してきた。昨シーズンをもって兄がセミ研究から離れることになり、一緒に採集を続けていたことから、幼虫年数特定のために継続した7年分のデータの引き継ぎを受けた。来年は、このデータに今期と来期のデータを加え、兄とは別のアプローチで幼虫年数の謎に迫る分析をしたいと考えている。

また、今年は、昨年まで行っていた幼虫を用いた実験を行わなかったが、調査の中で羽化行動に関わる新しい観察と発見が出来た。それを踏まえ、2019年にまとめた「セミの羽化時の行動について」を更新し、巻末に付録しておく。（付録省略）

7 謝辞

この研究は、静岡県立静岡高等学校生物部における個人研究として行いました。調査の実施をご理解いただいた宮竹神社総代ならびに氏子の方々ありがとうございました。個人研究を応援いただいた静岡県立静岡高等学校生物部顧問 佐野恵子先生および生物部部員の皆様、静岡市立宮竹小学校の先生方、静岡市立南中学校の先生方ありがとうございました。セミの出現と地温の関連に関する知見を提供していただいた兄 白鳥舜さん、および当時兄をご指導いただいた静岡県立清水東高等学校自然科学部生物班顧問 漆畑信之先生ありがとうございました。

8 引用文献

白鳥紗羅 2020 静岡県小・中・高等学校児童生徒 理科研究発表論文集 2020年版 高校生部の部 p11-15 静岡県理科教育協議会
白鳥舜 2019 静岡県小・中・高等学校児童生徒 理科研究発表論文集 2019年版 高校生部の部 p65-69 静岡県理科教育協議会

気象庁HP <https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

佐藤信治 2009 ぼくの庭にきた虫たち3セミ観察記 農文協

橋本洽二、佐藤有恒 1979 科学のアルバム 16セミの一生 あかね書房

橋本洽二、黒沢良彦 1977 学研の写真図鑑セミ 学習研究社

林正美、税所康正 2015 改訂版日本産セミ科図鑑 誠文堂新光社