

クマゼミとアブラゼミの羽化時期決定要因について

～地温と水分含有率との関係

静岡県立清水東高等学校
自然科学部生物班 1年 白鳥舜

1 要旨

セミは世代時間が長く、飼育や幼虫の地下生活の観察が困難なので、調査や研究が充分に行われておらず、その生態について未知のことが多い（林、税所 2015）。そして羽化については、サクラの開花のように暖かい地方から始まることが知られている（橋本、佐藤 1979、林、税所 2015）が、羽化時期を決める要因についての決定的な記述を見たことがない。

私はこれまでの研究で、数mほどしか離れていない気象条件が同じ場所でも、地温が高い区域ではクマゼミの羽化時期が早いことを発見した。一方アブラゼミは羽化時期のずれが曖昧だったので、地温感知を左右する他要因があるのではないかと考えた。

そこで今回新たに土壌含水率に着目して調査したところ、クマゼミ、アブラゼミとも羽化時期と地温に相関関係が見られ、特にアブラゼミでは土壌含水率に羽化時期が左右されたと考えられる顕著なデータが得られた。このことから、どちらの幼虫も羽化時期を決める主要因は地温であり、副要因として土壌含水率があり、種により土壌含水率への反応の強さは異なると考えた。そして、この二要因を直接感知して判断しているのではなく、これらの影響で決まる、幼虫室内の気温と湿度とを感知して羽化時期を決めているのではないかという新説を提唱した。

2 研究目的

セミの研究を始めて6年目になる。同じ調査地で羽化時期推移の調査を継続し、毎年ほぼ同じ時期に、クマゼミ雄、クマゼミ雌、アブラゼミ雄、アブラゼミ雌の順で、約1週間ずつずれて羽化していることが分かった。そこで羽化時期決定要因は、年によって異なる天候の影響を受けにくいものなのだろうと考えた。また、近くの別の公園では調査地と出現時期が違くと毎年感じていたので、その環境の違いから、時期の違いの原因は日照条件ではないか考えた。そして、毎年ほぼ同じである日長と密接な関係があり天候による影響が少ない地温こそが羽化時期の決定要因であり、それぞれの種と雌雄で異なる特定の羽化温度へと地温が高まった時期に羽化することで、毎年同じ時期に羽化しているのではないかと考えるようになった。しかし、書籍やインターネットで調べても、暖かい地方で早く出現する（橋本、佐藤 1979、林、税所 2015）という記載のみで、羽化時期決定要因に関する決定的な記述はなかった。そこで、羽化時期決定要因が地温であることを証明しようと、2年前から調査を始めた。エリア分けを試行錯誤して昨年初めて、同じ調査地内の数mしか離れていないエリア同士で、地温の高いエリアのクマゼミの羽化数推移が地温の低いエリアより一週間早いことを確認した。一方アブラゼミでは両エリアのずれがはっきりしなかったため、日照条件に左右される地温以外の要因との関連を疑い、幼虫の地温感知に土壌湿度が影響しているのではないかと考えた。

そこで今年は、土壌含水率を測定して羽化時期との関連を調査した。同時に、別の調査地でも同じ事象が確認できるかを調査した。

3 研究方法

静岡県駿河区の宮竹神社（従来の調査地）と高松神社（新しい調査地）において、日当たり条件で選出したエリアで、地上から高さ3.5mまでの抜け殻全てを6/24～8/25の期間に週に一度採集し、種および雌雄を分けて集計した。

宮竹神社では、9本の木を含む「宮竹東」、7本の木を含む「宮竹西」を、高松神社では、6本の木を含む「高松A」、5本の木を含む「高松B」、4本の木を含む「高松C」を調査エリアとした。

各エリアの地温と調査地の気温を測定した。地温は17:00に一番高くなり、一日中、シーズン中、各エリアの地温が高い順番は変わらないことを2016年に調査済みなので、6/25、7/15、8/6（全て晴天日）の、宮竹神社は17:00前後、高松神社は17:30前後に測定した。地下10cm以下で地温は安定する（佐藤2009）ので、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の地温を測定し、地上60cmの日陰温を気温として測定した。

各エリアで土壌含水率を6/26、7/15、8/6（全て降雨から2日以上経過した晴天日）に調査した。羽化直前のアブラゼミの幼虫室（幼虫が過ごす土中の空間）は、地表のすぐ下まで縦に坑道型に伸びていて、幼虫はその中を移動して過ごす（橋本、黒沢1977）ので、地表から5-10cmの深さの土を掘り出し、約1cmのふるいにかけて約180mLを採集して重量測定し、乾燥した室内で2週間以上風乾して再度重量測定し、含水率（白井1982）を算出した。

4 結果

宮竹神社のクマゼミ雄では、宮竹東と宮竹西で初出現と羽化数ピークが同週だったものの、宮竹西のピークはその次週にも続いた（図1）。クマゼミ雌では、初出現、ピークともに、宮竹東が宮竹西より1週早かった（図2）。

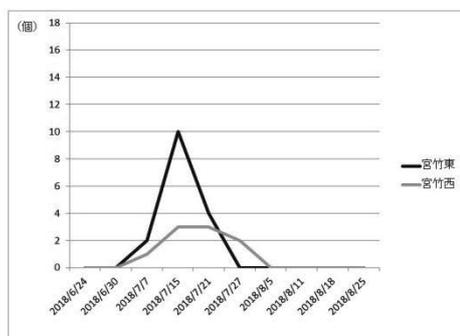


図1 宮竹神社における各エリアのクマゼミ雄の羽化数推移

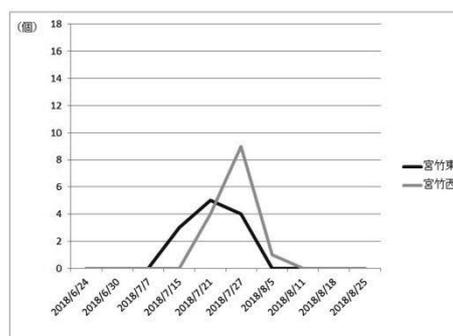


図2 宮竹神社における各エリアのクマゼミ雌の羽化数推移

アブラゼミでは雌雄ともに、宮竹東と宮竹西の羽化数ピークが同時で、宮竹西の初出現が宮竹東より1週早く、出現期間全体も長く、宮竹西が宮竹東を覆う形で羽化数推移が重なった。（図3、4）

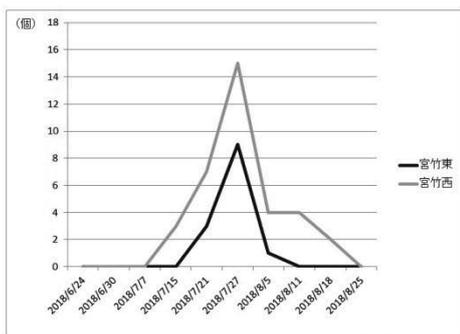


図3 宮竹神社における各エリアのアブラゼミ雄の羽化数推移

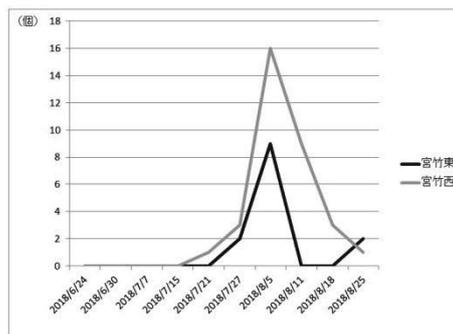


図4 宮竹神社における各エリアのアブラゼミ雌の羽化数推移

地温は、宮竹東が宮竹西より常に1℃程度高かった。(図5)

土壌含水率は、宮竹東が宮竹西より常に低く、梅雨期間中の6/26には5.5%で、宮竹西の13.2%と比較して著しく低かった。8/6には宮竹東2.4%、宮竹西5.5%まで下がった。(図6)

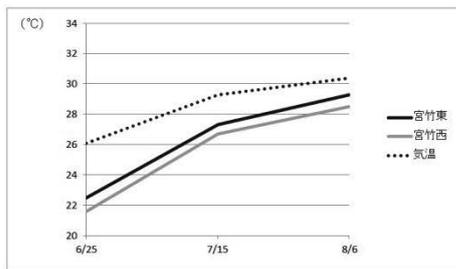


図5 宮竹神社における気温と各エリアの地温の推移
各日17:00、地温は地下15cmを測定。

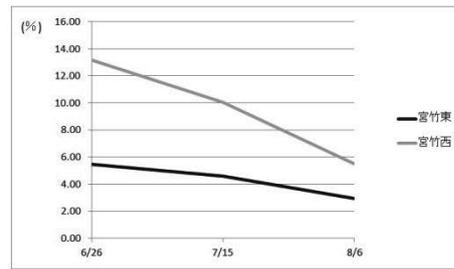


図6 宮竹神社における各エリアの土壌含水率の推移
土壌含水率は深さ5~10cmの土壌を採集し、2週間以上風乾して算出。

高松神社のクマゼミでは、雄の初出現が高松A、高松B、高松Cの順で1週ずつずれて起き、雌は高松Aが高松Bと高松Cよりピークが1週早かった。(図7、8)

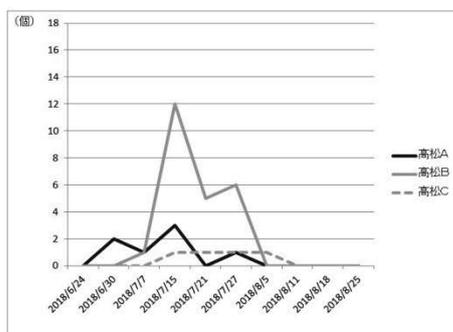


図7 高松神社における各エリアのクマゼミ雌の羽化数推移

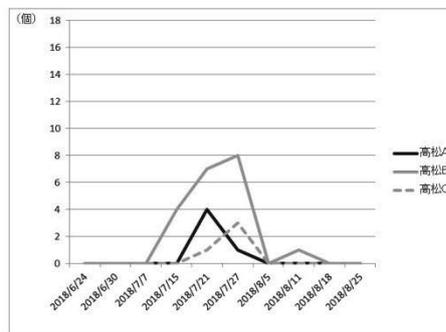


図8 高松神社における各エリアのクマゼミ雄の羽化数推移

アブラゼミは、雄は初出現とピークがともに、高松Aと高松Bより高松Cで1週遅かった。高松Aでは出現2週目の伸びが大きく、高松Bの同週の伸びは小さかった。雌では、ピークが、高松A、高松C、高松Bの順で1週ずつずれた。高松Bは、初出現が高松Aと同時で高松Cより早かったが、その後羽化数が伸びず、ピークは高松Cより後になった。(図9、10)

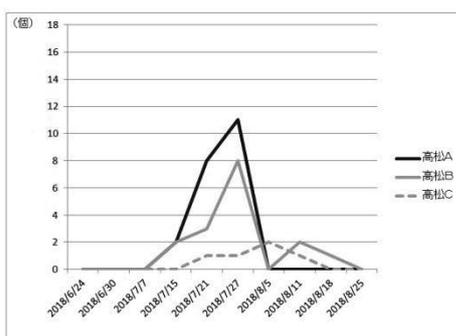


図9 高松神社における各エリアのアブラゼミ雄の羽化数推移

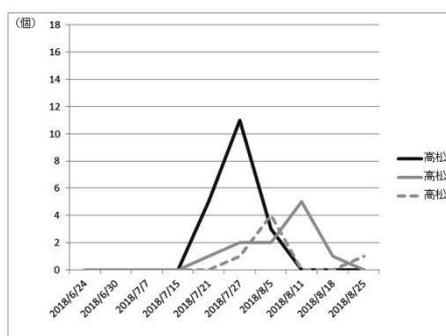


図10 高松神社における各エリアのアブラゼミ雌の羽化数推移

地温は、高松Aが高松B、高松C (6/25は測定なし) より2~5℃も高かった。高松Bは、高松Cより1℃弱高かった。(図11)

土壌含水率は、7/15の時点で全てのエリアで8.5%以上だった。高松Bで7/15に6/26より高まったが、8/6には高松Aに迫るほど低くなった。(図12)

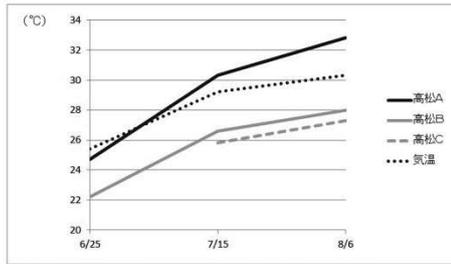


図11 高松神社における気温と各エリアの地温の推移
 各日17:00。地温は地下15cmを測定。
 高松Cは、6月25日測定無し。

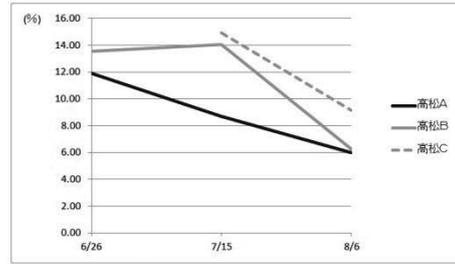


図12 高松神社における各エリアの土壌含水率の推移
 土壌含水率は深さ5～10cmの土壌を採集し、2週間以上風乾して算出。
 高松Cは、6月26日測定無し。

5 考察

宮竹神社のクマゼミでは雄の初出現が同週になったものの、宮竹東で宮竹西より羽化数推移が約1週早かった(図1, 2)。同神社のアブラゼミは、雌雄ともに両エリアの羽化数推移がほぼ同じ時期に重なった(図3, 4)。この結果は、昨年(図省略)と同様だった。

宮竹神社のクマゼミは、地温が高かった宮竹東(図5)の羽化数推移が、地温が低かった宮竹西より1週早かった(図1, 2)ことから、クマゼミは地温の高まりを感じて羽化をしていると考えた。

高松神社のクマゼミでは、高松Aと高松Cで総羽化数が少なかったものの、雄は地温の高いエリアから順に1週ずつずれて初出現した(図7)。雌は高地温域の高松Aで他エリアよりピークが1週早かった(図8)。そこで、高松神社でも宮竹神社と同様に、地温の高まりによってクマゼミが羽化していると考えた。

一方アブラゼミでは、宮竹神社で地温の異なる両エリアの羽化数推移が重なった(図3, 4)。両エリアの7/15時点の土壌含水率は、宮竹東が4.6%、宮竹西が10.0%で、本来羽化時期が遅くなると考えられる宮竹西が5.4%も高かった(図6)ことから、土壌含水率が高いと、羽化時期が前倒しになると考えた。

高松神社のアブラゼミでは、雄で高松Aと高松Bの初出現とピークが重なったものの、出現2週目の伸びが高松Aでは大きく、高松Bでは小さかったので、羽化数推移は高松Aの方が早い印象を持った(図7, 8)。宮竹神社での低含水率エリア(宮竹東)では全測定で6%以下だったが、高松神社でこの含水率になったのは、8/6だけで、アブラゼミの羽化が始まる7/15時点では高松神社の全てのエリアで、宮竹神社の高含水率エリアと同等かそれ以上の含水率だった(図6, 12)ので、高松神社全体を高含水率エリアと判断した。そこで、雄の結果は、高含水率エリア同士では地温の高いエリアから羽化数推移が進むことを示していると考えた。高松Bの初出現が高松Aと同週になった(図9)のは、この頃(7/15)の高松Bの含水率が非常に高く(図12)、初出現がより前倒しになったためと考えている。

アブラゼミ雌では、ピークが、高松A、高松C、高松Bの順で1週間ずつずれ(図10)、地温の高い順(図11)にならなかった。高松Bは、初出現は高松Cより早かったが、その後羽化数が伸びず、ピークは高松Cより後になった(図10)。これは、アブラゼミ雌が、地温が充分高まったと判断して羽化するこの時期(8/6)に、高松Bの土壌含水率が急激に低下した(図12)ことで羽化が先送りになり、ピークが遅くなったためと考えた。

以上より、クマゼミもアブラゼミも地温の高いエリアから羽化が進むが、アブラゼミは土壌含水率が高いと羽化が前倒しに、低いと先送りになると判断した。

クマゼミとアブラゼミの羽化は、土壌含水率が高いはずの6月には起こらず、暑くなってから本格的に始

まることから、羽化決定の主要因は、土壌含水率ではなく、地温であると考えている。降雨が少ない年でも雨が当たりにくい場所でも、夏には羽化が見られることも、これを裏付けていると考えられる。しかし、土壌含水率が高いと羽化が早まることから、土壌含水率は副要因として羽化時期決定に関係していると考えた。

その上で、セミの羽化条件の感知について考えると、幼虫が、幼虫室の壁から地温と土壌含水率を感知して、その情報を複合して羽化を判断しているというよりは、この二要因が合わさった一つの事象を感知していると考えた方が自然ではないかと思った。そして、地温の影響で幼虫室内の温度（以降、幼虫室温）が決まり、土壌含水率の影響で幼虫室内の湿度（以降、湿度）が決まり、それらを合わせて感じているのではないかという考えに至った。人間は、同じ気温でも湿度が高いと体感温度が上がる。セミにも人間の体感温度のようなものがあると考えると、土壌含水率が上がると湿度が上がり、本来の幼虫室温より温度を高く感じて、羽化を前倒しに決めるのではないかと考えられる。つまり、幼虫が感知しているのは地温や土壌含水率そのものではなく、これらの要因で決まる幼虫室温であり、この温度感知には、人間でいう体感温度のような、湿度に感覚が左右される機構があると考えた。

以上より、羽化時期を決定する直接要因は、幼虫室内の温度と湿度から判断される、幼虫室温の高まりであると考え、セミの羽化時期決定方法として、この新説を提唱する。

6 今後の展望

両種ともに、昨年は数年に一度起こると言われている大量発生年だったが、今年は調査開始以来一番羽化数が少ない年だった（2014-2018の調査より）。小さな社の日向側と日陰側という、ごく限られたエリア同士で羽化時期のずれが見られるということが肝要の研究であり、エリアを拡大できないので採集数は限られるが、今年は特に少なかった。しかし、一昨年（エリア分けは後年と異なる）、昨年に続いて同じ傾向を示し、再現性を確認していることから、少ない採集数でも充分信頼に足る結果であると判断している。

野外における生物研究は、長い時間が必要となる。私は、大量発生を突き止めて幼虫年数を探る研究を、10年計画で5年前から遂行中だ。この経年継続調査の中で羽化時期決定要因に疑問を持ち、3年を費やしてようやく納得できる結論に到達した。そしてまたこの間に、新たな疑問をいくつか見つけている。今後は、セミの生態に関する新しいテーマに取り組みつつ、羽化数推移の調査を継続したいと思っている。

7 謝辞

この研究は、静岡県立清水東高等学校 自然科学部生物班における個人研究として行いました。論文の執筆に当たりご指導いただいた顧問 漆畑信之先生、ご協力いただいた生物班班員の皆様、ご助言いただいた理科担当の先生方、および応援して下さった囲基部顧問 石川文男先生、同部員の皆様、静岡市立南中学校の先生方、藤浪万知子先生、静岡市立宮竹小学校の先生方、ありがとうございました。

8 引用文献

- 橋本治二、佐藤有恒 1979 科学のアルバム 16 セミの一生 あかね書房
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
佐藤信治 2009 ぼくの庭にきた虫たち3セミ観察記 農文協
橋本治二、黒沢良彦 1977 学研の写真図鑑 セミ 学習研究社
白井清恒 1982 土壌水分量の測定法 農業気象 (*J. Agr. Met.*) 37(4):333-335