

セミの羽化 6

～本当に抜け殻のそばを選んで羽化しているのか～

静岡市立南中学校

3 年 白鳥紗羅

1 はじめに

セミの抜け殻はよく不自然に集まっている（図省略）。一昨年の実験では、16 枝もある羽化台に毎晩 1 個体ずつ放し続けて羽化場所の条件を調査したが、一部の場所に抜け殻が集中する様子が見られた（図省略）。そこで、①抜け殻が足場になり、羽化場所としてより適した場所になった可能性、②そこが一定の条件を満たす羽化に適した場所で、抜け殻の存在とは関係がない可能性、③抜け殻がある場所を好んでいる可能性、の 3 つを検討し、②と③の可能性があるという結論に達した。

現在までの研究で、まず良い条件の場所（4（2）で記述）を選び、そしてそこに抜け殻があればその近くで羽化すると考えている。そこで今年は、今年の抜け殻、去年の抜け殻、抜け殻の模型を付ける枝と、何も付けない枝の 4 種類を用意してどの枝のどこで羽化するかを観察し、抜け殻の存在と羽化場所の関係および抜け殻の認識方法について考察することを試みた。さらに、6 年間の研究の集大成として、“幼虫が木に登り始めてから羽化するまでの全ての過程”の行動を明確に示し、まとめた。

2 方法

夜に近所で羽化場所を決める前の幼虫を採集し、持ち帰ってすぐに羽化台に放した。クマゼミは 7/19～8/12（計 42 個体）、アブラゼミは 7/24～8/14（計 36 個体）、の期間に行った。幼虫に個体番号（クマゼミ 1xx、アブラゼミ 2xx、実施順末尾 2 桁（x01～）で表示）を付けた。

羽化台は、地面に垂直な幹に約 42cm の枝を約 45° の角度で、最上段（高さ約 90cm）、下段（高さ約 35cm）にそれぞれ四方に 4 列、合計 8 本取り付けて作った（図省略、7-2）。枝に枝番号をつけ、クマゼミ用 2 台（以下Ⅰ、Ⅱと記述）、アブラゼミ用 2 台（以下Ⅲ、Ⅳと記述）を準備した。枝は以下①～④の 4 種類（図省略）とし、上下段それぞれに対局に配置して付けた。①『今年』（枝 2、8）：今年の同種の抜け殻を、枝先から 4 cm、11 cm、根元から 10 cm の場所にゴム（無臭）で付けた。②『去年』（枝 1、7）：昨年採集しておいた同種の抜け殻を、20 分以上煮沸後風乾したもの（無臭）を①と同様に付けた。③『縄』（枝 3、5）：ヤシ繊維の縄を、3%以下の台所用塩素系漂白剤に半日浸け、よく水洗後 20 分以上煮沸し、1 日天日干ししたもの（無臭）を、各種の抜け殻の大きさに丸めて、①と同様に付けた。④『なし』（枝 4、6）：①の抜け殻の場所に、同じゴムのみを付けた。（①、②、③に付けたものを以降＜抜け殻＞と記述する。）全ての“無臭”は主観による。

照明条件による羽化場所の偏りを防ぐため、羽化台を毎回 90° 回し、枝 2 列が家側（北西）になる位置で屋外の定位置に常設した（図省略）。遮光カーテンで家の灯かりが外に漏れないようにした。家の外側には施設照明が 2 種類あり、点灯日（2 種：南・東方面から同時、1 種：東方面からのみ）と消灯日があり、点灯日は各羽化台上段の 4 本の枝に直接光が当たった。各日の照度は結果の図に併記した（図省略、7-2）。照明条件と羽化台の方角の組み合わせは、大きな偏りが出ないように調整した。

羽化台の南東面（外側の明るい面）の幹の根元の定位置に、毎晩一匹ずつ幼虫を放した。（幼虫が真上に登ると 4 種類の枝の付け根を通過する枝配置。）翌朝抜け殻の場所を記録して除去した。

結果を、放した場所との位置関係、羽化場所（枝の位置、枝先の向き、枝の種類、枝上の位置）で分析した。放した場所との位置関係の分析では、南東側の幹と東向きおよび南向きの枝を真上、裏側

を反対とした。枝の位置の分析では、「枝先」(枝の先端)、「おんぶ」(<抜け殻>に掴まっている)、「さわり」(<抜け殻>に触れている)、「その他」(前述3つに当てはまらない場所)と分けた。また、「おんぶ」と「さわり」を合わせて、「くっつき」とした。

幼虫の雌雄については、今までの観察から行動に違いが見られないと考えている(2014、2016、2017、2018の実験より)ので、今回の分析では区別しなかった。

また同時に幼虫の様子を観察し、気付いたことを書き留めた。

3 結果と考察

各羽化台の結果を、図(図省略、7-2)と表(表省略)にまとめた。

(1) 放した場所と羽化場所の位置関係について

殆どの個体が真上の位置を選んだ(図省略)。

幼虫はまず真上に登って、その近くの枝で羽化する(2017)ことが再確認された。

(2) 各照明条件における羽化場所の位置(上段枝、下段枝、幹)について

IVを除いて、2種点灯日には上段下段両枝で羽化したが、1種点灯日には上段だけで見られた。IVでは1種2種両点灯日とも上段下段両枝で羽化が見られ、1種点灯日に2種点灯日より下段枝で羽化する割合が増えた。消灯日は、各羽化台で結果がバラバラだった。(図省略)

クマゼミは2種点灯日には明るすぎる最上段の枝を避けて下の枝を選び、1種点灯日には明るい最上段の枝を選ぶ傾向がある(白鳥紗羅 2017)ことが再確認された。アブラゼミでは、2種点灯日に1種点灯日より最も明るい最上段の枝を選ぶ傾向がより強くなる(2017)が、IVはその通りで、IIIは異なる結果になった。これは、IIIは近くに白壁があり、外部照明が劣化して一昨年より暗くなったことで白壁の反射の影響を受けたためと考えている。

(3) 各照明条件における羽化した枝の方角について

I、II、IVでは、南と東から照明が当たる2種点灯日には南側、東から照明が当たる1種点灯日には東側の枝で多く羽化した。IIIでは、2種点灯日に東側の枝の割合が少し増えた。(図省略)

この明るさ域では、より明るい方角の枝を羽化場所を選ぶことが示された。この二方角の枝の照度はほぼ同じなので、幼虫が微妙な明るさを感じていると考えた。IIIで傾向が違ったのは、南側照明から一番遠く、白壁の反射(上述)の影響も受けた結果と考えている。

そして、幼虫は形を識別するより明るさを感じ取る方が得意なのではないかと気付いた。すると、枝そのものの明るさだけでなく、枝先方向の明るいもの(場所)に向かっている可能性も考えられ、その結果、傾向から外れる羽化台が出たと考えられる。また、今年の結果も、アブラゼミよりクマゼミの方が、明るさに対する感度が高いことを示していると考えている。

(4) 羽化した枝の種類について

IVを除いて、『なし』で羽化した個体が、他種の枝に比較して一番多く、I : 33%、II : 43%、III : 28%だった。IVでは、『なし』でも他種の枝と同じ割合で22%だった。(図11)

それぞれの枝種で割合の差に傾向はなく、枝に<抜け殻>が付いているかいないか、どんな<抜け殻>がついているかは、羽化する枝選びに強い影響がないと考えた。つまり抜け殻の有無は、

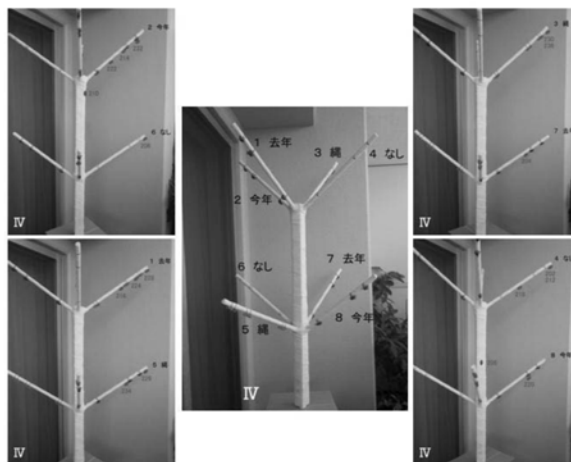


図7-2(改) 羽化台IVにおけるアブラゼミの羽化場所の記録
毎日抜け殻を除去し、羽化台の設置方角を変えて実験した。設置場所と別の場所で撮影した。
中央:全景、左上:左奥列、右上:右奥列、左下:左前列、右下:右前列。
赤丸は抜け殻の付いた位置、赤い数字はその個体番号、黒い数字は枝番号。
枝にはあらかじめ抜け殻などを付け、以下の4種とした。
枝1・7:匂いを抜いた去年の抜け殻、枝2・8:今年の抜け殻。
枝3・5:匂いを抜いた縄張りの抜け殻の模写、枝4・6:抜け殻なし(輪ゴムのみ)。
外部施設照明点灯時には、上段の枝全体に直接光が当たった。
施設照明2種点灯時:上段枝5.0-7.6lx、その他0.7-1.1lx。
施設照明1種点灯時:上段枝2.1-2.5lx、その他0.6-1.0lx。
施設照明消灯時:上段枝0-0.1lx、その他0-0.1lx。

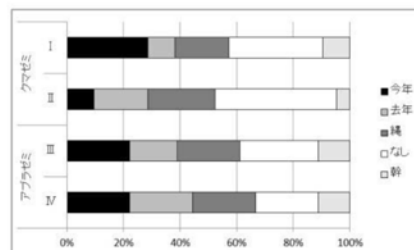


図11 各羽化台において羽化した枝の種類
今年: 今年の抜け殻、去年: 去年の抜け殻、枝: 抜け殻の模写を付けた枝。
なし: 抜け殻状の物を付けていない枝。

位置条件（真上）、明るさ条件より、弱い要素であることが示されたと考えている。

(5) 羽化場所の枝上の位置（状態）について

4種の枝で比較すると、Iを除いて、『今年』では枝先で羽化する個体が見られず、「おんぶ」の個体が多く、＜抜け殻＞に絡む状態の割合は、II：100%、III：75%、IV：75%と、非常に高かった。また、アブラゼミでは、「おんぶ」は『今年』の枝でしか見られなかった。（図省略）

＜抜け殻＞のある枝3種の合計（『あり』とする）と『なし』の枝を比較すると、『なし』では「枝先」で羽化する割合が多く（最低III：40%～最高IV：75%）、『あり』ではその割合が『なし』より減少（最低III：27%～最高II：45%）する傾向があり、「くつつき」の割合は全羽化台で1／3以上（最低I：33%～最高III：64%）を占めた。（図13）

一昨年の実験では著しく枝先に人気があったので、『あり』の枝にも「枝先」に羽化できる場所を空けておいたにもかかわらず、「枝先」で羽化する割合が、3台では『なし』より減少した。そ

こで、＜抜け殻＞のある枝を選んだ場合は、「枝先」を選ぶのと同等の高い確率で＜抜け殻＞のそばを選ぶと考えた。そしてこれは、一昨年検討した抜け殻が偏る原因（1. はじめに記述）の、②抜け殻の存在は無関係で単に好まれる場所だったという可能性を否定する結果であり、抜け殻の偏りは、③抜け殻のそばを好んで羽化場所にするという結論を示したと考えている。

また、『あり』の3種の枝を選んだ割合の差が顕著でないこと（図11）と、＜抜け殻＞に絡む羽化は、IIの『去年』を除くすべての『あり』の枝で見られたこと（図省略）から、幼虫は、匂いなどの精度の高い指標ではなく、『縄』を抜け殻と同一視する程度のぼんやりとした目視で確認している可能性が高いと考えた。

しかし、『あり』の3種の枝の中では、3台の『今年』で「枝先」で羽化した個体が見られず、「くつつき」が著しく多かった（図省略）。一昨年に一番人気があった場所である「枝先」が見られなかったのは、『今年』だけだったことから、『去年』や『縄』の＜抜け殻＞になく、『今年』の＜抜け殻＞だけが持つ魅力的な要素があることを示していると感じた。

(6) 羽化の観察で気付いたこと

- ・「さわり」の個体は、枝全体を行き来して良く調べた後に、＜抜け殻＞に絡む場所で羽化していた。クマゼミはアブラゼミより、じっくり選ぶ傾向があった。

- ・クマゼミの『なし』と幹で羽化した個体は、歩いている途中で止まり、そのまま羽化する個体も見られた。（『あり』を見て戻り、『なし』で羽化した個体もいた。）

- ・人工的に付けた＜抜け殻＞に「おんぶ」や「さわり」の姿勢で羽化する様子は、普通の抜け殻に同様の姿勢で羽化する様子と同じだった（図14、省略）。

以上より、クマゼミとアブラゼミの幼虫は、ぼんやりと目視で確認し、枝を選んでからじっくり確認して、枝先と同等かそれ以上の確率で、抜け殻のそばを羽化場所を選ぶという結論に達した。また同時に、抜け殻が何らかの信号（匂いなど）を出している可能性は否定できず、もし出ている場合はごく弱いものである可能性が高いという結論に達した。

4 セミの羽化時の行動特性のまとめ

6年間の研究で得られた知見をまとめた。

(1) 詳しい羽化手順の紹介

羽化写真と手順（図表省略）を詳しくまとめた。（表には、一般的な「羽化開始（背中が割れ始める時）」

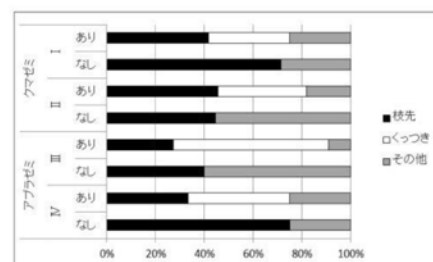


図13 ＜抜け殻＞のある枝と無い枝での羽化場所の比較
今年の抜け殻、去年の抜け殻、抜け殻の模倣をそれぞれ付けた3種の枝を
合わせて「あり」として示した。
枝先: 枝の先端、くつつき: 抜け殻の物におんぶかさわりの状態、
その他: 前3つ以外の枝上の場所。

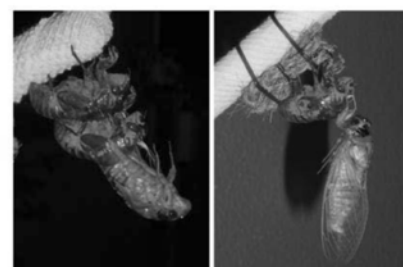


図14 抜け殻状の物におんぶするような状態で羽化したクマゼミ
左: 数日前の抜け殻につかまって羽化する様子(2017)。
右: 縄(模倣)につかまって羽化する様子(2019)。

の前に前兆行動（詳細省略）があること、前兆行動までは羽化開始時間は未定で、前兆行動後は体勢が乱れても一定の時間が経過すると羽化が始まってしまうこと、などを記載した。）

（2）羽化場所選びについて

アブラゼミは日没前後から、クマゼミは完全に暗くなる頃から地面の穴を出て、近くの木などを目指して歩く。木にたどり着くと、まずまっすぐ上に登る（2017）。羽化台程度の高さでは、最上段の枝まで登ることが多い（2017、2018）。そしてその周辺や枝で気にいる場所を探す、アブラゼミは明るい場所を好む傾向がクマゼミより強い（後述、2016、2017、2019）。

どちらのセミも、自然程度の暗さの時は明るい場所を選び（2016）、微妙な明るさの違いも判断できる（図省略）。照明下では、クマゼミとアブラゼミで選ぶ明るさは異なり、クマゼミは明るすぎると少し暗いところを、アブラゼミは明るいところを選ぶ（2016、2017、2019）。クマゼミは、明るすぎる（50 lx程度以上）と、なかなか動き出さず羽化完了までに時間がかかり、羽化しないこともあるが、アブラゼミはすんなり羽化する。そして、室内（300 lx程度）の人がいる場所では、部屋の端方向を選んで、アブラゼミは全てが、クマゼミも約半数が比較的すんなり羽化する。（2016）

多くが枝葉の先端部を好んで選ぶ（2017、2018、2019）。その周辺に抜け殻があれば、その近くで羽化する（図省略、13、2017、2018、2019）。「抜け殻」の判断は厳密でなく、おそらく目視で判断している（図11）が、本物の抜け殻でより多くの偏りが見られる（図省略）。

体勢は、普通枝の下に真横～頭を上方にして垂直の角度の間です（2014、2015）が、縦横360°全ての角度で可能である（2015、2017、他年観察）。「前兆運動」のまだ動ける時に危険があると、体の向きを変えてしまい、そこで動けなくなることで、頭が下などの異常角度での羽化が起こることがあり（2016観察）、自然環境下でも、1.6%程度の割合で、異常角度の抜け殻を確認できる（2015）。

（3）羽化場所選びで見られるクマゼミとアブラゼミの性格の違いについて

羽化台程度の狭い場所に複数登った場合、クマゼミはケンカして、アブラゼミは譲り合って、羽化場所を決める。クマゼミは明るさと無関係に上の枝、先端部を選ぶ傾向が強くなり、アブラゼミは上の明るい枝を遠慮して下の枝を選ぶ個体が増える。クマゼミは、体の大きい個体ほど上の枝の先端部を取り、小さい個体は下の枝で素早く羽化する傾向があるが、アブラゼミは、体の大きさによる羽化場所の差が見られず、強いて言うとも体の大きい個体が先端部を選ぶ傾向があるだけである。（2018）どちらのセミも、他の個体との距離を15 cm以上取る。また、二種のセミを混ぜると、クマゼミは自由に羽化場所を決め、アブラゼミはそれを避けて遠くで羽化をする（2018観察）。

クマゼミは、競争心が強く、力で良い羽化場所を選ぶ傾向があり、アブラゼミは、穏やかで譲り合いの精神を持ち、空いているところで良い羽化場所を選ぶ傾向がある。これは、クマゼミは、他種より体が大きく、羽化場所を巡って争っても負けなかった結果に獲得した性質であり、アブラゼミは、自身より強いクマゼミと競合して羽化することが多く、好戦的な個体は争いに負けて穏やかな個体が生き残りやすかった結果に獲得した性質であると考えている。

5 感想

6年間の研究で、500匹程度の幼虫を自宅で羽化させた。成虫の行動半径を超えないようにごく近所だけ採集した。自然環境に悪影響を与えないことを最優先に研究を続けてきた。今年の研究で、幼虫が木に登り始めてから羽化に至るまでの、全ての工程を理解するための実験のデータが揃ったと思う。セミの羽化時の行動について、本に書いていない小さな疑問を解明し続けることで、セミが何を考えてどんな風に行動しているのかが良く分かったと感じている。今、その成果をまとめられてとても満足している。

6 謝辞

この研究では、宮竹小学校から照度計をお借りしました。鈴木団先生はじめ宮竹小学校先生方、および南中理科担当の三ツ井涼先生、吉田壮登先生はじめ南中学校の先生方、ありがとうございました。