

セミ幼虫の地上出現と羽化行動：

クマゼミとアブラゼミの環境依存性比較

静岡県立静岡高等学校

2 年 竹内希海

1 動機・目的

幼少時から好きだったセミを捕ることに始まり、論文にまとめるのは 2018 年で 9 年目となった。夏の短い期間でも、毎年の調査や実験や観察の中で新しい発見と共に多くの疑問が出てくる。

これまでのデータの蓄積から、幼虫の出現場所や時期・時間・地上に出てきてから羽化するまでの行動など個体ごとの 1 つ 1 つの行動や生態が、気象条件や生息環境と関係していることがわかってきた。2018 年は特に、幼虫の出現と気象条件や生息環境の関わり、羽化行動と走光性の関わりについて調べようと考えた。

本研究の特徴は、抜け殻ではなく生きている幼虫を調べることで正確な出現の日時や場所を記録し、夕方地上に出てから羽化して翌朝飛び立つまでの行動や生態について観察・実験できる点にある。なお、羽化させた幼虫は、翌日採集地点に全て返している。

また、7 月から 8 月にかけて大きく変動するセミの種類・性別・数・体重などを継続調査することで、環境変化がセミに及ぼす影響を調べる目的がある。

そして、これまで何年も研究してきて積み重ねた考察を整理し検証していきたい。

2 方法・プロセス

これまでの研究の結果・考察から、幼虫はクマゼミ→アブラゼミの順でどちらの種類もオス→メスの順で出てくると考えられるので、2018 年もクマゼミのオスを捕り損ねないように、7/1 から調査を行い、8/25 に終了した。採集場所は、静岡市内の森下公園（駿河区八幡）・静岡大学（駿河区大谷）・清水山公園（葵区音羽町）とした。今回も、各場所のピークを逃さずより多くの幼虫を捕るために、1 日に 2 か所以上回るなどの工夫をした（Fig. 1a, 1b）。

（1） 時期による幼虫出現状況の推移

時期による幼虫の種類・性別・数の移り変わりについて調べ、記録した採集日時・種類・性別・数を基にグラフを作成する。2010 年以来継続しているセミ調査のデータ蓄積を目的とするだけでなく、以下のテーマを研究するための下地にする。

（2） 幼虫の分布と生息環境の関係

採集場所ごとの幼虫の分布をまとめ、それぞれの採集場所で捕れる幼虫の違い（種類・体重などの個体差・出現時期のズレ他）から、生息環境との関係について調べる。森下公園では 2011 年から 2014 年にかけての改修工事の影響で幼虫の採集数が減少したが、クマゼミの採集数は回復傾向にあり、アブラゼミは改修工事後の採集数は少ない状態が続いている。

（3） 気象条件や生息環境が幼虫に及ぼす影響

気象庁の HP から引用した気象データに加え、これまでの採集データや考察とも比較して幼虫の出現数の増減や、各種類の生息に適した環境などを考察する。

（4） 日没時刻と幼虫出現時刻の関係

日没時刻や採集時刻と幼虫の種類や数の関係について調べる。2016・2017 年の調査の中で、森下公園は 21 時～22 時という日没後かなり遅い時間帯でも採集できている。クマゼミの出現時間

帯がばらつく傾向にあるという可能性だけでなく、静岡大学や清水山公園に比べて人通りが多い森下公園は、警戒した幼虫の出現時間帯が遅くなっている可能性もあるという考察を確かめる。

(5) 地上に出た後の幼虫の羽化行動

幼虫が地上に出てから羽化場所に辿り着くまでの行動や羽化し始めるまでの時間などを調べる。

ア ライトトラップ実験（幼虫の走光性を調べる）(Fig. 2)

イ 明暗の選択に関するコンテナを用いた室内実験（幼虫の走光性を調べる）(Fig. 3)

ウ 自然環境に近い状況での幼虫の嗜好性の確認



Fig.1a. 持ち帰って観察・実験



Fig.1b. 背中に個体識別番号を書いて体重測定

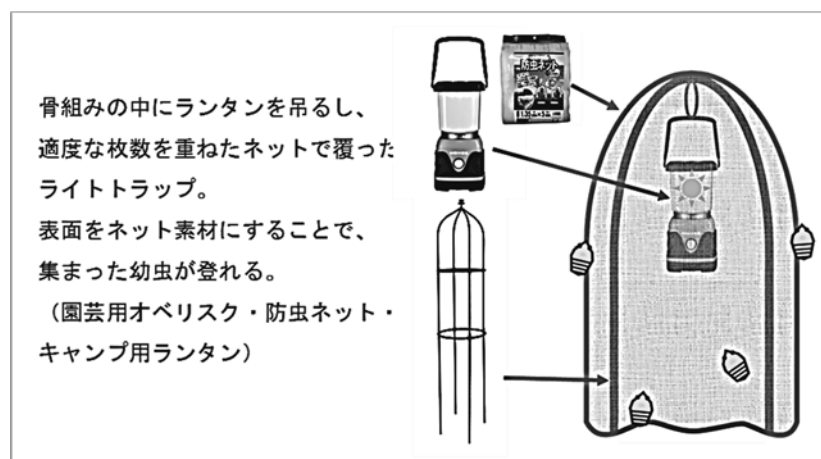


Fig.2. 自作のライトトラップ基本型



Fig.3. コンテナを使った明暗実験

3 結果・考察

2010 から 2018 年までに採集した幼虫・成虫の種類と数をまとめた (Table 1)。

(1) 時期による幼虫出現状況の推移

2010 年から 2018 年までの野外観察で、幼虫の性別ではオスがメスより先に出現し、種別ではクマゼミがアブラゼミより先に出てくことは、ほぼ毎年変わらないことがわかった。クマゼミはほぼ例年通りの数が捕れたが、アブラゼミは採集数が大幅に減少した (Fig. 4a, 4b)。

2018/6/29 の予備調査によると、森下公園は、7/1 以前にクマゼミのオスが出現し始めていた。森下公園の改修工事後、現在の形になったのは 2014 年である。それ以前は、植え込みや茂みの部分と開けた踏み固められたグラウンドとケヤキの大木が混在していた。開けた明るい場所がほとんどを占めるようになり、地表面の温度が上がりやすくなったのではないかと推察される。そのため、温度の上昇

を早く感じとってクマゼミ(オス)の出現が早まっていると推測した。

Table 1. 2010～2018 年に捕ったセミの数

	幼虫											成虫												
	クマゼミ		アブラゼミ		ツクツクボウシ		ニイニゼミ		ミンミンゼミ		計	クマゼミ		アブラゼミ		ツクツクボウシ		ニイニゼミ		ミンミンゼミ		ヒグラシ		計
	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス		オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	
2010年	55	78	69	86	2	0	0	1	0	0	291	81	77	57	44	22	7	14	3	8	2	0	0	315
2011年	114	131	111	65	1	3	1	2	0	1	428	69	86	54	23	25	17	7	1	3	5	1	1	292
2012年	113	117	78	91	0	0	0	1	0	0	400	118	113	116	91	40	42	12	9	14	15	1	0	571
2013年	156	191	116	118	5	1	3	2	0	0	592	134	142	209	107	21	27	13	10	17	10	1	0	691
2014年	155	119	144	117	5	3	2	6	0	0	551	59	25	67	20	15	2	45	18	24	14	0	0	289
2015年	131	172	118	106	5	3	2	7	0	0	544	8	3	38	40	4	2	23	20	15	11	2	0	166
2016年	147	117	139	162	4	6	2	5	0	0	582	7	4	14	16	3	2	19	7	28	9	0	0	109
2017年	126	109	94	95	3	1	1	5	0	0	434	1	0	7	5	2		10	10	11	2	0	0	48
2018年	129	149	38	51	3	1	0	5	0	0	376													
計	1126	1183	907	891	28	18	11	34	0	1	4198	477	450	562	346	132	99	143	78	120	68	5	1	2481

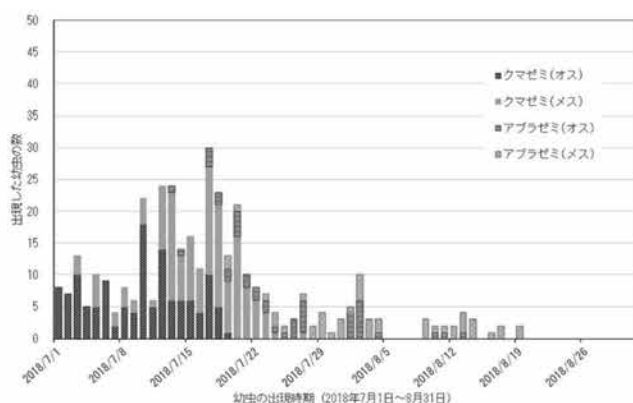


Fig.4a. 幼虫の種類・数の移り変わり (2018 年)

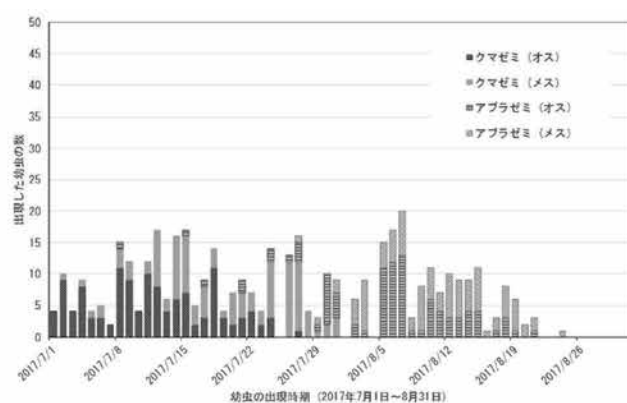


Fig.4b. 幼虫の種類・数の移り変わり (2017 年)

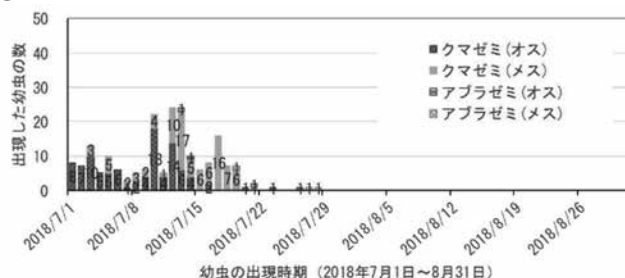


Fig.5a. 幼虫の種類・数の移り変わり (2018年 森下公園)

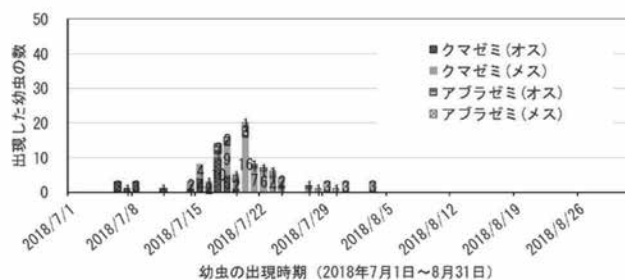


Fig.5b. 幼虫の種類・数の移り変わり (2018年 静岡大学)

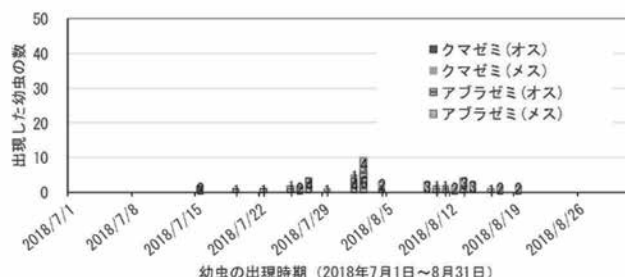


Fig.5c. 幼虫の種類・数の移り変わり (2018年 清水山公園)

(2) 幼虫の分布と生息環境の関係

(Fig. 5a～c, 6a～c)

森下公園では、クマゼミの採集数が回復しているのに対し、アブラゼミの採集数は少ないままだった。クマゼミは本来暖かい地域に多く、温度が高く湿度の低い乾燥した場所を好むのに対して、アブラゼミは清水山のような森林部の少し温度が低く、湿度が高めの場所を好む。改修工事後の森下公園は開けて乾燥した場所であり、クマゼミの好む環境に近いものとなっている。都市型公園の環境に適応するクマゼミと適応できないアブラゼミの違いが、このようなクマゼミとアブラゼミの数の差につながっているのだろう。

森下公園は開けて乾燥した都市型の公園、清水山公園は木が生い茂った山がある森林型、静岡大学はこれら2つの特徴が混在した場所である。このような生息環境の差が、幼虫の出現時期の差や分布に影響を及ぼしているのだと考えている。



Fig.6a.
都市型公園の森下公園



Fig.6b.
森林型公園の清水山公園



Fig.6c.
両方の特徴を併せ持つ静岡大学

(3) 気象条件や生息環境が幼虫に及ぼす影響

2015～2018 年の気温・湿度・降水量などの気象条件に加えて、地表面の温度上昇を考察する際に全天日射量も参考にした。

酷暑の 2018 年は、清水山公園ではアブラゼミがほとんど捕れなかった。例年の清水山公園は他の採集場所や街中よりも温度が 1～2℃ 低く、そのような環境を好むアブラゼミが清水山公園に多く分布しており、例年よりも温度が高くなった 2018 年の清水山公園の環境変化に対応できなかった個体がアブラゼミ採集数の減少に関わった可能性がある。また、清水山公園では雨が降った翌日に採集数や採集場所で羽化している個体数が少なくなることが多く、2017 年も大雨の後に幼虫が捕れなくなった。地表付近で地上に出るために待機していた幼虫が大雨によって水没してしまった、土砂とともに流されてしまったりした結果、個体数が少なくなってしまったと推測した。

(4) 日没時刻と幼虫出現時刻の関係

静岡大学で日没後すぐから日没後 1～2 時間の間に多く採集でき、清水山公園では日没時刻の前後に多く採集できることは例年通りの結果だった。クマゼミは、森下公園では 22:30～23:00 と遅い時間に多く捕れたが、静岡大学ではこれほど遅い時間には捕れなかった。森下公園は、他の場所に比べて外灯で明るく、人通りが多いことによる騒音や地面の振動が多いという環境を備えている。これらの環境条件が地中で待機している幼虫を警戒させ、遅い出現時刻と関係しているのかもしれない。

(5) 地上に出た後の幼虫の羽化行動

ア ライトトラップで使用した明かりの波長を Fig. 7 に示す。波長を見る限りどのライトも波長の偏りは見られず、幼虫が集まってもおかしくないものだったと考えられる。今回のライトトラップの実験では結果として 1 匹しか集まらなかった。原因として考えられるのは周囲の明るさと幼虫の少なさだと思う。静岡大学で設置したポイントはどこも周りに建物があり外灯で明るくなっていた。また、静岡大学でも清水山公園でも、成虫が多く鳴いている場所を選んで設置していた。しかし、特に清水山公園では設置したポイントの周りに抜け殻があまり見当たらなかった。日本セミの会の会報に載っていたライトトラップの設置では、周りが竹林で暗く幼虫の生息数も多かったため集まりやすかったようだった。ライトトラップの効果は思ったよりも少なく、周りの明るさや生息数などの条件次第なのだろう。

イ 明暗の室内コンテナ実験の結果を Fig. 8 に示す。

今回の実験には時期が終わりだったので使用したのはすべてアブラゼミだった。実験を行った幼虫 12 匹のうち、D (暗所) よりも L (明所) に長くいた幼虫は 9 匹、L より D に長くいた幼虫は 3 匹であった。また、統計ソフト「Instat」の Wilcoxon matched-pairs signed-ranks test を行った結果、 $P=0.0269$ で幼虫の L での滞在時間は D での滞在時間より有意に多いことがわかった。これらの結果から、アブラゼミ幼虫には正の走光性があるといえる。

ウ 自然環境に近い状況での幼虫の嗜好性の確認

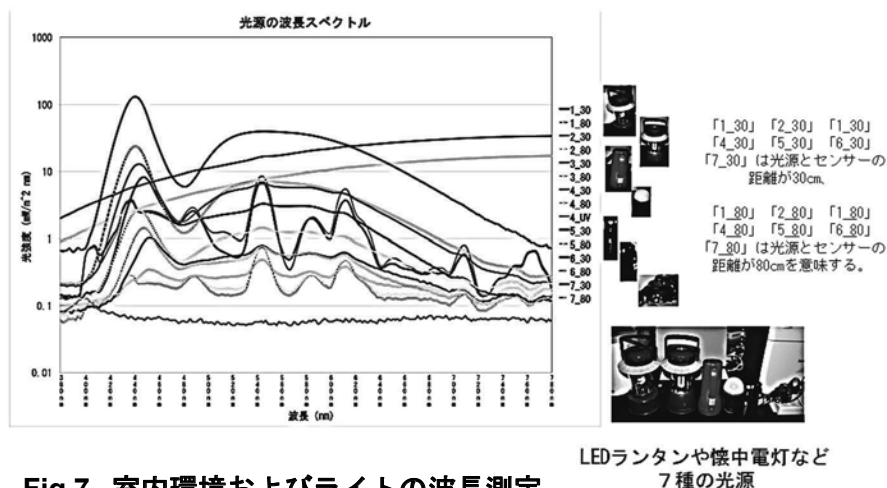


Fig.7. 室内環境およびライトの波長測定

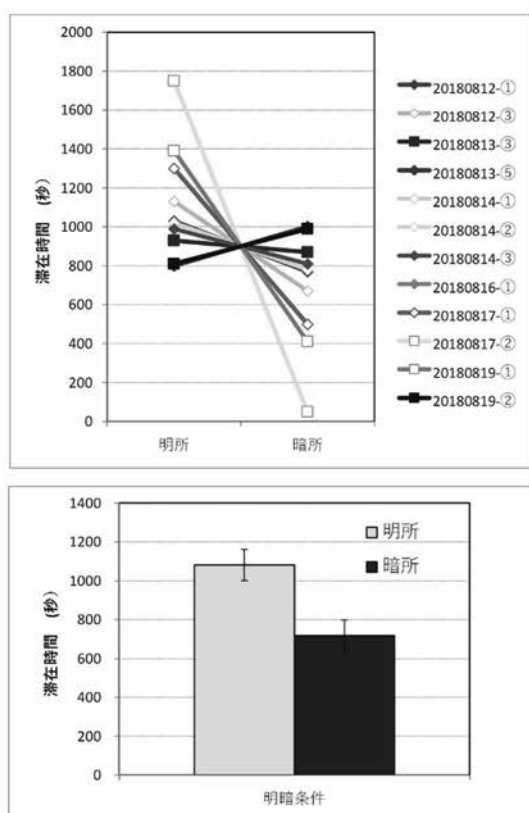


Fig.8. コンテナを使った明暗実験
(縦軸は滞在時間の個体別データと12
個体の平均値±標準誤差を示す)

5 感想・謝辞

2018年は思いがけず猛暑に見舞われるなどしてアブラゼミの採集数が大幅に減少したことは驚いた。しかし、これまでのデータと照らし合わせながら、採集数が減少した原因を考察することができた。データの蓄積はいつどこで役に立つかわからないが、蓄積すれば役に立つことが今回わかってよかったと思う。

最後に、助成金をいただいた「公益財団法人 山崎自然科学教育振興会」関係者の方々、貴重な情報をいただいた「日本ゼミの会」のみなさま、光環境測定・波長解析にご協力いただいた静岡大学理学部の成川礼先生、研究の進め方をサポートしてくださった静岡大学「未来の科学者養成スクール (FSS)」(JST グローバルサイエンスキャンパス委託事業)の先生方に感謝申し上げます。

高さ1mほどの本物の梅の木(鉢植え)に登らせると、枝から葉に移動しそのまま葉の裏で羽化する個体が多く、脱走した個体以外ほとんどが葉の裏を選択した。また、植木や仮想茂み、明暗のある窪みなどを用意した実験では明暗の嗜好性や羽化場所の高さに関しては個体数が少なくはっきりとした結果は得られな

かったが、これまでより規模を大きくして複雑な構造にした分、自由に動き回って場所を選んでいた。

走光性や羽化行動の実験をしていて気づいたのだが、とりあえず登ることを優先するなど幼虫の走光性はそれほど強いものではなく彼らの行動メカニズムの中では優先度の低いものなのではないか。

4 今後の展望

今後は、環境による影響の大きさが種や性別によって異なるしくみについて、野外観察や室内実験で明らかにしていきたい。また、環境要因の異なる特徴を持つ3か所で、調査場所の環境がゼミの生息数や行動生態に及ぼす影響を見続けたい。

これまでの研究で、地上に出た幼虫は羽化の体勢に入る時刻が各個体で決まっていて、その時刻が来たらどこでもどんな状態でも羽化が始まるが、その羽化時刻が来るまで必ずしもずっと動き続けるというわけではなく、羽化に向けた場所を見つけたら動きを止めて羽化のスイッチが入る時刻を待つこともあることがわかった。このような羽化行動のメカニズムの解析や走光性の種類ごとの違いなど幼虫の行動を詳しく解明する方法を探していきたい。