

静岡市におけるセミの行動生態学的研究 2016

静岡大学教育学部附属静岡中学校
3年 竹内 希海

1 研究の目的・意義

僕は、セミが大好きで論文にまとめ始めて今年で7年目になった。本研究は、抜け殻ではなく生きたセミの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たつまでの行動や生態について観察・実験できる点にある。今年は、幼虫の出現時期や数などと気候・採集場所の関係や、幼虫が羽化場所を決めるまでの行動、羽化場所の条件などについて、調査・実験を行った。また、7年間の研究から得られた考察をまとめ、その考察がどう推移していったかを整理する。

2 研究の方法・プロセス

今年も、クマゼミ幼虫のオスを捕り損ねないよう、7月1日から調査を行い、幼虫がほとんど捕れなくなった8月21日に終了した。採集場所は、幼虫・成虫共に静岡市内の森下公園・静岡大学、清水山公園の3ヶ所とした。

- (1) 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、過去6年分のデータや気象データなどと比較する。
- (2) 採集場所ごとの幼虫の分布をまとめ、各採集場所で捕れる幼虫の違いについても調べる。
- (3) 幼虫が地上に出てくる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。
- (4) 各個体の体重を調べ、場所や時期、種類や性別による違いについて考察する。
- (5) 地上に出てから羽化するまでの幼虫の行動について調べる。
- (6) 幼虫の羽化場所の条件(高さ、明暗)の種類や性別ごとの違いについて調べる。
- (7) 2011年から2014年まで続いた森下公園の改修工事が及ぼした影響を推測する。
- (8) 成虫オスの鳴き方の仕組み・体の構造について調べる。

3 結果と考察

(表1) 2010～2016年に捕ったセミの数

6年間で捕ったセミの種類・数を表1に示した。

- (1)～(7)の各研究項目に関して、2010年からの考察を整理しながら、今年(2016年)の考察と合わせて表2にまとめた(図1～2)。

(8) 観察のためにオスのツクツクボウシ2匹を連れ帰ったところ、室内で鳴き始めたので実験と観察を行った。

① 1匹が鳴き始めると、もう1匹も鳴き始める。2匹共に鳴き止んでい

る時に、カメラで録音してあった他個体の鳴き声を聞かせると、反応して鳴き始めた。止んだ後、鳴き声を流すとまた鳴き始める、を

幼虫	クマゼミ	クマゼミ	アブラゼミ	アブラゼミ	ツクツクボウシ	ツクツクボウシ	ニイニイゼミ	ニイニイゼミ	ミンミンゼミ				
	オス	メス	オス	メス	オス	メス	オス	メス	メス				
2010年	55	78	69	86	2	0	0	1	0	291			
2011年	114	131	111	65	1	3	1	2	1	429			
2012年	113	117	78	91	0	0	0	1	0	400			
2013年	156	191	116	118	5	1	3	2	0	592			
2014年	155	119	144	117	5	3	2	6	0	551			
2015年	131	172	118	106	5	3	2	7	0	544			
2016年	147	117	139	162	4	6	2	5	0	582			
計	871	925	775	745	22	16	10	24	1	3389			
成虫	クマゼミ	クマゼミ	アブラゼミ	アブラゼミ	ツクツクボウシ	ツクツクボウシ	ニイニイゼミ	ニイニイゼミ	ミンミンゼミ	ミンミンゼミ	ヒグラシ	ヒグラシ	
	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	81	77	57	44	22	7	14	3	8	2	0	0	315
2011年	69	86	54	23	25	17	7	1	3	5	1	1	292
2012年	118	113	116	91	40	42	12	9	14	15	1	0	571
2013年	134	142	209	107	21	27	13	10	17	10	1	0	691
2014年	59	25	67	20	15	2	45	18	24	14	0	0	289
2015年	8	3	38	40	4	2	23	20	15	11	2	0	166
2016年	7	4	14	16	3	2	19	7	28	9	0	0	109
計	476	450	555	341	130	99	133	68	109	66	5	1	2324

繰り返した。他個体の鳴き声に反応して鳴いたのは、採集場所がよく見られるセミの大合唱が起こる仕組みと同じだと考えた。

②照明を消すと、それまで鳴いていたのがすぐに鳴き止み、その後照明をつけると再び鳴き始め、消すと鳴き止んだ。何度も繰り返せた。明るくしたら鳴き、暗くしたら鳴き止んだのは、ツクツクボウシが光に反応しているからだと思う。走光性があるかはわからないが、光に敏感なのは確かだと思う。

(表2) 2010～2016年の調査からわかったこと

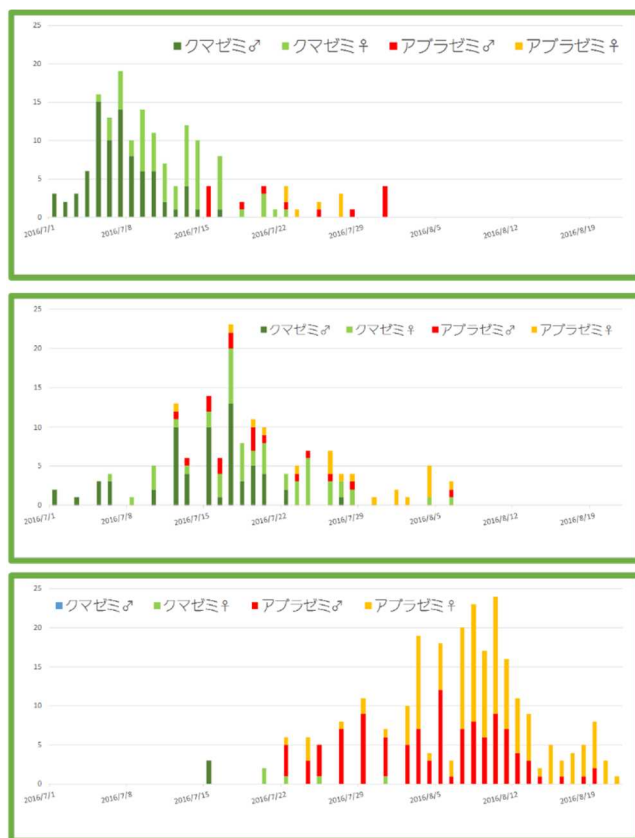
(1) 時期による幼虫の種類や性別の違い
〈2010年〉クマゼミの次にアブラゼミ、どの種もオスからメスの順にでてくることがわかった。オスが先に出てくるのは、縄張り確保するためだと考えられる。雨の日でも、幼虫は地上に出てくる。茂みの下は少しの雨なら影響が少ないので、幼虫は雨を気にせず出てくるらしい。
〈2011年〉出現時期について、クマゼミの次にアブラゼミ、オスが先でメスが後という2010年の結果が裏付けられた。
〈2012年〉クマゼミの次にアブラゼミ、オスが先でメスが後という順番は変わらなかった。また、雨が降って地面が柔らかくなると、幼虫が出てきやすいのではないかなと思う。この年、幼虫を見つけるのが大変だった。夏を通じて気温が低めで、出てくる幼虫の数が少なかったのだろうか。
〈2013年〉クマゼミの次にアブラゼミ、オスが先でメスが後という順番は変わらなかった。
〈2014年〉例年より早く7/2にクマゼミのオスの幼虫が捕れたのは、6月下旬の気温が高かったのも、早く夏が来たと幼虫が感じたためだろうか。
〈2015年〉幼虫が多く捕れる時（多く地上に出てくる時）は、気温が高いことを感じとって地上に出てきているのではないかと考えた。
(2) 場所ごとの幼虫の分布
〈2016年〉2016年の森下公園は7/1に初めて行った時に、すでに10個以上穴が開いていた。幼虫は、6月下旬の気温が高く降水量も多くあったことを感じ取って早く個体が出たのではないかな。7月下旬が採集数のピークだった静岡大学は、例年のようなピークがなく、その頃気温が下がっていた。その低温期の後に気温が急に上がって2、3日すると、清水山公園のアブラゼミの採集数が増えた。気温が上がって幼虫の出現数が減り、その後気温が上昇して地中の幼虫が感じ取ると出てきたと言えるのではないかな。梅雨の後半にあたる7月の降水量が今年は極端に少なく、そのままに梅雨明けした。幼虫に影響を与え、数のばらついた出現や出現数の減少につながったかもしれない。
〈2010年〉ケヤキの木で幼虫がよく見つかり、決まった場所で決まった種類の幼虫が見つかる。
〈2011年〉46.6%の幼虫がケヤキの木で見つかったのも、やはりケヤキを幼虫が好むのだろう。
〈2012年〉脱け殻や穴の数が実際に捕れる成虫や幼虫の数と合わないことから、幼虫の多くは茂みから出てくると考えられる。清水山公園は、他の採集場所に比べて気温が低いから、クマゼミが少ないのかもしれない。
〈2013年〉清水山公園では、アブラゼミの割合が他の場所に比べてとても多い。木がたくさん生い茂り、地面が湿っているうえ、ひんやりと少し涼しい環境がアブラゼミに適しているのだろうか。
〈2014年〉クマゼミ→アブラゼミ、オス→メスの順は変わらなかったが、森下公園→静岡大学→清水山公園の順で出てくる時期がずれていた。地面に直射日光が当たり、地面が乾いている森下公園、木がうっそうと生い茂っていて昼でもひんやりとしている清水山公園、樹木の種類や数の多く、森下公園と清水山公園の両方の特徴を持つ静岡大学、という環境の差によるものだろうと思う。
〈2015年〉森下公園でも、静岡大学でも、ほとんどがケヤキやその周辺で採集した幼虫だった。それに対して清水山公園では、ケヤキで捕れる幼虫はいなかった。また、同じケヤキの木でも場所によってクマゼミが多かったり、アブラゼミが多かったりしている。おそらく、地面の固さの違いなどのいくつかの要因によるものではないかな。
〈2016年〉今年も、森下公園→静岡大学→清水山公園と発生する時期がずれていた。森下公園と静岡大学でクマゼミが1番捕れた場所は、どちらもケヤキが狭いエリアに数本あり周りが少し芝生のある乾き気味の地面だ。クマゼミはこのような地面を好むのだろう。一方、アブラゼミが1番多く捕れる清水山公園Cブロックはサクラなどの木が多く、日陰になっていて、枯れ枝が大量に積まれた所もある、全体的に少し湿った場所だ。アブラゼミはこのような場所を好むのだろう。
(3) 日没時刻と採集時刻、幼虫の種類や数の関係
〈2010年〉幼虫が出てくるピークは、日没後5分から25分だった。天気が曇りや雨の時は、林や植え込みの中は早く暗くなるので幼虫の出現時刻が早まるのだろう。
〈2011年〉クマゼミは日没時刻を3～40分過ぎてもよく見つかり、遅く出てくる個体も多いようだった。クマゼミは、日没時刻を気にしないのかもしれない。一方、アブラゼミは、日没後早めの時間帯に多く捕れた。アブラゼミは、日没時刻に敏感なのかもしれない。
〈2012年〉日没時刻前に出てくる幼虫は昨年までほとんどいなかったが、今年は何匹も捕ることができた。日没時刻より前に出てくる個体が出た日は曇りや雨の日で暗くなるのが早く、気温も低めのときだったと思う。幼虫は暗くなり気温が低くなった頃に出てくる。このような日は日没時刻が早いと幼虫が感じ、早く出てくるのかもしれない。
〈2013年〉雨の日には幼虫が地上に出てくるための穴を開けると、雨水が入ってきて幼虫が死んでしまうことがある。また、地上に出て少し深い水たまりにはまれば溺れてしまう。これらのことから、雨の日でも幼虫は出てくるが数は少なく、出てきた幼虫のほとんどは雨の影響を受けにくい茂みから出てきた幼虫だと考えた。この年も、クマゼミよりアブラゼミのほうが日没前に捕れる個体の数が多かった。やはりアブラゼミの方が、光に敏感なのだろう。

〈2014年〉クマゼミは20時台になっても穴から幼虫を捕ることができた。また、アブラゼミが多く捕れる採集期間後半になると、日没時刻を1時間過ぎると見つけるのが難しくなった。このことから、クマゼミよりアブラゼミのほうが光に敏感だとわかると思う。森下公園は茂みが無くなって明るくなり、人通りが多くなったことで幼虫が警戒し、日没時刻をだいぶ過ぎても地上に出てくるタイミングをずらして出てきているようだ。
〈2015年〉2015年のクマゼミは、全体の85パーセントが日没後30分以降に出てきたのに対し、アブラゼミは日没前後30分以内に出てきた幼虫と、日没後30分以降に出てきた幼虫が半々くらいだった。アブラゼミが、クマゼミより地上の明るさに敏感であるということにつながると思う。
〈2016年〉今年、森下公園に22時ごろ採集に行き10匹以上捕れたことがあった。森下公園は警戒して地上に出てくるのが遅い幼虫が多く、採集時間が遅い方にばらつくのだろう。静岡大学で幼虫の出現時刻がばらついているのは森下公園と清水山公園の特徴を併せ持っているからだと考えた。清水山公園で日没前後30分以内に多く捕れるのは光に敏感なアブラゼミの割合が高く、木が生い茂っている部分が多いため早く暗くなり幼虫が早く出てくるからだろう。
（4）採集場所の環境や種類、性別による幼虫の体重の違い
〈2010年〉幼虫の体重は個体差が大きかったが、オスよりメス、アブラゼミよりクマゼミの方が重かった。オスは、鳴くために腹部が空洞になっているが、メスはその部分に産卵のための栄養が詰まっているため重いと考えた。時期による移り変わりを見ると、時期の中盤になっていくにつれて重い個体が出てきて、時期の終わりは小さくて軽く、弱い個体が出てくるといえる。
〈2011年〉オスよりメス、アブラゼミよりクマゼミの方が重いという結果は2011年と同じだった。
〈2012年〉オスよりメス、アブラゼミよりクマゼミの方が重いという結果は2011年と同じだった。2012年は、クマゼミのメスに軽い個体が目立ち、平均値が低くなった。
〈2013年〉2013年は、2012年に比べてクマゼミのオスとメスの体重が軽かった。2013年は、10日も早く梅雨明けしたために、地中の木の根から摂取する栄養分が少なくなったのかもしれない。アブラゼミのオスの最小値と最大値の差が大きくなった。2013年は、多く採集できた分、個体差も大きくなったと考えた。
〈2014年〉オスよりメス、アブラゼミよりクマゼミの方が重いという結果をこの年も確認することができた。採集期間の後半に、小さくて弱そうな個体が木の低い所で場所を決めているのをよく見かけるので、時期の終わりは出てくる時期を逃した、体力のない個体が出てきて、体重が全体で軽くなると考えていた。しかし、今年はそのような結果にならなかったのも、また次年以降考えたい。
〈2015年〉この年は、時期の終わりに体重の個体差が大きくなり、ばらついた。時期の終わりに出てくる、体力のない個体の影響だと考えている。場所別に見ると、クマゼミもアブラゼミも、清水山公園や静岡大学が重く、森下公園の個体は軽かった。樹木の種類も数も少なく、地面が乾いている森下公園は、樹木の種類や数の多い静岡大学や木がうっそうと生い茂った清水山公園に比べて、土壌が良くないのだろう。また、各採集場所の中でも、落ち葉などが堆積しているブロックは、他のブロックに比べて体重の平均値が高かった。
〈2016年〉クマゼミ・アブラゼミのオス・メス共に時期の終わりごろになるとばらつきが大きくなった。また、時期の終わりに見られる、体が小さく体力のなさそうな個体が出てくることで、時期の終わりは体重のばらつきが大きくなるのだろう。これまでは、時期の終わりの幼虫が体重が軽く、体力のない個体だと考えていた。しかし、今年の調査結果などから、時期の終わりの幼虫全てが体力のない個体ではなく、時期の終わりに出てくる体重の軽い個体が、体も小さく体力がないのだと考えた。
（5）地上に出てからの幼虫の行動
〈2010年〉幼虫は、羽化する体勢になると動かなくなり、その時点で足が外れたらもう1度つかみ直すことはできない。クマゼミのオスは、羽化場所を探す際に他の個体につかみかかるようにしてケンカしていた。
〈2014年〉幼虫のケンカにの経験では、クマゼミもアブラゼミもオスが先につかみかかり、メスはそれをよけることがほとんどだった。①の考察にあったようにオスは縄張り意識が強いので、相手につかみかかる行動が見られるのではないかと考えていた。また、幼虫がまだ中にいる状態の穴に手を入れたときクマゼミはすぐにつかんでくるが、アブラゼミは奥へ逃げる個体が多かった。このことからアブラゼミよりクマゼミの方が縄張り意識が強いといえるかもしれない。
〈2015年〉これまでは羽化場所へのこだわりが強かったり、体力があったりするほど長く動き回るのはないかと考えていたが、2015年の観察結果から、羽化の体勢に入る時刻がそれぞれの幼虫で決まってい、その時刻が来たらどこでも羽化が始まる。その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スイッチ時刻を待つこともあると考えた。
〈2016年〉地面にさすタイプの羽化台で、1匹の方より複数匹の方が長く動き回ったのは、幼虫同士でお互いに邪魔し合ったからかもしれない。また、木と発泡スチロールを比べると、発泡スチロールでは、置いた後ずっと発泡スチロールの地面を歩き続ける個体が多かったのは、発泡スチロールでは足場をつかみにくいと感じた幼虫（足の力の弱い個体やアブラゼミを含めて）が多く、なかなか羽化に向けた場所を見つけれなかったからだろう。
（6）幼虫の羽化場所の条件
〈2010年〉クマゼミもアブラゼミも丸い棒より四角い棒の方を好んだ。四角い棒の方が棒の幅が広く、幼虫がつかまりやすいからだろう。クマゼミもアブラゼミも高い所を好んだが、クマゼミはてっぺんから少し下がった所、アブラゼミはてっぺんに近い所を好んだ。高い所を好むのは、天敵を避けるため、太陽の光に体を当てて羽を乾かすためかもしれない。羽が乾いた成虫は、室内の照明や朝の窓際など光の方に集まっていた。
〈2011年〉今年も、クマゼミよりアブラゼミの方が、より高い場所を好んだ。また、アブラゼミは、コの字型の台の、裏の部分（葉っぱの裏で羽化するときのような姿勢）もクマゼミより好むようだった。この姿勢で羽化すると、抜け殻から体を出すイナパウアーの姿勢が楽にできる、その後起き上がる角度が小さくて済むなど、羽化が少し楽になるのかもしれない。
〈2012年〉今回の実験でも、クマゼミもアブラゼミも高い所を好んだが、クマゼミは真ん中あたりで羽化する個体の割合も高かった。クマゼミは、あまり高い所へのこだわりがないのかもしれない。
〈2013年〉幼虫は明るい場所を好む傾向があるようだった。幼虫には、走光性があるのかもしれないが、台を暗くするために、暗い側につけた覆いが邪魔だっただけかもしれない。
〈2014年〉今回も、幼虫は明るい場所を好むという傾向が見られた。クマゼミもアブラゼミも、成虫が夜に街灯に向かって飛んでいる姿をよく見かける。やはり、幼虫にも走光性があるのだろう。

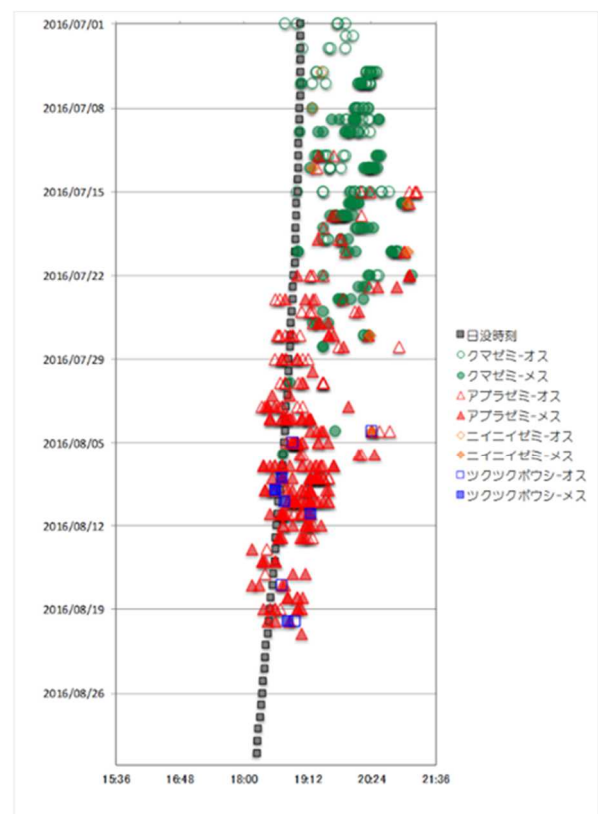
〈2015年〉今回の実験でも、幼虫が明るい場所を好むということが分かった。これは、クマゼミもアブラゼミにも共通して言えることだと思う。 〈2016年〉棒をぶら下げるタイプの羽化台ではやはり、クマゼミよりアブラゼミの方が高い場所へのこだわりがあり、幼虫は明るい場所を好むようだった。幼虫は本来、暗い地中から夜に出てきて羽化するので明るさはあまり気にしなさそうだが、成虫が持っている走光性は幼虫の時から持っているのかもしれない。2013年の明暗の実験で、暗くするための覆いを幼虫が嫌った可能性を考えたが、今回の明暗の実験で、浴槽の壁面と発泡スチロール板の隙間を選んで羽化する何個体かがいたので、狭いことは、羽化場所として避ける条件ではない可能性が高い。
(7) 森下公園の改修工事 〈2012年〉森下公園の西側の茂みでは全く幼虫が捕れなくなった。土ごと入れ換えてしまったため、幼虫がいなくなったのではないかな。 〈2013年〉この年は、アブラゼミの数が大幅に少なくなった。整地によって土が固くなり、地上に出られない個体がいるのかもしれない。また、茂みがなくなったことで成虫が産卵する場所が減り、今後に影響が出るだろう。 〈2014年〉2014年に幼虫が捕れたのは、すべて改修工事前からあるケヤキの周りだった。この場所は、もともとクマゼミが多く、アブラゼミが少ない場所だった。これも、アブラゼミが減少した理由の1つだろう。 〈2015年〉2015年は、芝生に覆われていて、改修工事前の土が比較的残っている場所で、ニイニゼミの幼虫を2匹採集することができた。このことから、ニイニゼミよりは体力のあるアブラゼミの発生数が増加し、再び定着する可能性は十分にあると考えられる。 〈2016年〉今年は、昨年に比べてクマゼミもアブラゼミも多く捕れた。クマゼミは、7月の中旬くらいに、どの時間に行っても20匹くらい捕れる時期があった。アブラゼミも、昨年より捕れている実感があつた。おそらく、クマゼミもアブラゼミも、森下公園の環境の変化に対応することができたのだろう。特に、Bブロックは穴の数が増え、抜け殻も多かった。今後は、クマゼミもアブラゼミも森下公園の環境に慣れ、より数が増えると考えた。

4 今後の展望

今年(2016年)の研究では、成虫オスの腹部の形態と鳴き方の関係に関してはオスの死がいを集めるまでしかなかったもので、標本を作ったり器官を細かく観察したりして、これまで撮った動画と比較しながら今後まとめる。森下公園の改修工事がセミに及ぼした影響に関しては、改修後産卵された個体が地上に出てくる頃に、新たなことが多くわかってくると考えている。現在の森下公園はセミにとっては生息しにくい環境なので、今後も推移を調査したい。



(図1) 採集場所ごとの幼虫の種類・数の移り変わり(2016年)



(図2) 日没時刻とセミを捕った時刻・種類別(2016年)