

セミを生物指標とした都市環境を考えさせる野外生態実習教材の開発

－ セミの分布を決める要因は何か －



実施担当者 北海道旭川北高等学校校
教諭 磯 清志

1 はじめに

理科教育において実験・実習は重要であるが、生態分野での野外実習教材は非常に少ない。理由としては、従来の生態学の主な研究対象が原生的な自然であり、学校周辺にないこと、生物相が地域で異なり全国共通の教材が開発しにくい等が考えられる。特に都市部での教材の入手は難しい。

一方で、2018年には世界人口の55%にあたる42億人が、都市部で生活するようになった。膨張する都市環境を保全し、生態系から受ける恩恵を管理することが急務とされている。このような情勢にも拘わらず、児童・生徒が都市環境について学ぶ機会はほとんどない。

そこで、本研究では以下のような教材を開発する。

特別な観察器具を必要とせず、都市部でも容易に採集できるセミの抜け殻を生物指標とすることで生徒と教師にとって取り組みやすい教材とする。

野外調査と並行して室内での飼育操作実験を行い、セミの生態と環境条件との関係を明らかにし、野外調査の結果を科学的に考察できる教材とする。

2 方法

2-1 抜け殻と環境調査

(1) 調査地

旭川市は人口35万の北海道第二の都市で上川盆地の中心にあり、周囲を山地に囲まれている。本研究では市周辺部の山地から市中心部へ公園の規模によって、森林公園(69.6~225ha)・大公園(18~52.4ha)・小公園(1.3~4.4ha)の3グループ14調査地点を選んだ。森林公園は3地点、大公園は4地点、小公園は7地点を設定した。さらに、森林公園は歩道に沿って幅6mの調査区を2~6区、大公園は歩道や植栽などで少なくとも2辺を区切られる調査区3~4を設けた。なお、小公園は市民の利用頻度が最も高い。

(2) 抜け殻調査

抜け殻の存在は親虫の産卵から幼虫期、羽化までをその場所で完了したことを示す。つまり、抜け殻は環境との関係を密接に反映すると考えられる。なお、旭川市内全域を対象にした抜け殻調査は今まで行われていない。昨年度は7月に森林公園1カ所、大公園2カ所で実施した。今年度は5~8月に全調査地点で毎月行った。調査に先立って昨年の抜け殻はすべ

て除去した。また、セミの発生は生息地によっては年次変動が大きく、ほとんど発生しないこともある¹⁾。そのため、2年間の調査では、発生を把握しきれない可能性がある。そこで、最近の文献で記録を補填した²⁾。

(3) 環境変数

都市化に伴って変化すると考えられる環境要因を環境変数として5つ設定した。都市化の尺度としては人工建造物被覆率（人工建造物が調査地点の半径1km内の地表を覆う割合）を用いた（表1）。

表1 調査地で測定した環境変数

| 環境変数 | 範囲 | 説明 |
|-------|------|------------------------|
| 人工建造物 | 0 ~ | 調査地中心から半径1Km内の樹冠面積率（%） |
| 樹冠被度 | 0 ~ | 調査区中心から半径30m内の樹冠面積率（%） |
| 樹木多様度 | 0~1 | 調査区内の樹木のSimpsonの多様度指数 |
| 土壌硬度 | 0~40 | 山中式土壌硬度計による土壌硬度（mm） |
| 含水率 | 0 ~ | 調査区の土壌の水分含有率（%） |

2-2 潜土実験

セミは枝に産卵し、孵化した1齢幼虫が潜土し、土壌中で幼虫期を過ごす。そのため、土壌の含水率や硬度（密度）が生息に影響する³⁾。土壌の含水率と土壌密度を操作して幼虫が潜土できるか調べた。幼虫は、孵化後3時間以内の新鮮な個体を供試した。

①含水率と潜土率

幼虫が潜土できる土壌の含水率を調べるために、5mmメッシュの篩にかけた林地の表土を恒温乾燥器で110℃、24時間乾燥後、水を加え、含水率0~20%の土壌を調整した。この土壌を入れたスチロール容器に幼虫を9個体ずつ入れ、半日後、潜土した個体を数えた。

②土壌密度と潜土率

幼虫が潜土できる土壌密度を調べるために、円筒型スチロール容器に含水率10%の土壌を65mm入れ、上部から均等に圧縮して高さを65（圧縮なし）、60、55、50mmとすることで、密度0.9、1.0、1.1、1.2g/cm³の土壌を調整した。幼虫は9~12個体入れ、含水率の操作実験と同様に潜土個体を数えた。また、圧縮前後の土壌の構造および潜土した個体の行動も観察した。

3 結果

3-1 抜け殻と環境調査

(1) 抜け殻調査

ニイニゼミ377個、エゾハルゼミ301個の抜け殻を採取した。昨年は多数の発生があったエゾゼミ属は全く発生しなかった。文献を含む全調査で合計5種の抜け殻を記録した。小公園では記録されず、大公園で2~3種、森林公園で2~5種を記録した（表2）。

エゾハルゼミは全調査地で記録され、コエゾゼミ、エゾゼミ、アカエゾゼミ、ニイニゼミの順で発生場所数が減少した（ただし、アカエゾゼミとニイニゼミは同数）。ニイニゼミの発生は局所的で、明るい疎林内の高茎草本の草原かその周辺の3調査区に限られた。

表2 抜け殻調査の結果 +：文献²⁾のみの記録、○：文献と本研究の両方、●：本研究で初めて記録された。（ ）は今年度の採取個数。

| 種名 | 小公園 7地点 | 大公園 | | | | 森林公園 | | | 発生調査地数 |
|-----------------------------------|------------|-------|----|----|----|------|------|----|--------|
| | | 見本林 | 神楽 | 春光 | 花咲 | 突哨 | 旭山 | 嵐山 | |
| <i>Platyleura kaempferi</i> ニイニゼミ | - | - | - | - | - | ● | ●(6) | - | 2 |
| <i>Lyristes bihamatus</i> コエゾゼミ | - | + | + | + | ● | ○ | ○ | - | 6 |
| <i>Lyristes japonicus</i> エゾゼミ | - | - | + | - | - | ○ | + | + | 4 |
| <i>Lyristes flammatus</i> アカエゾゼミ | - | - | - | - | - | ● | + | - | 2 |
| <i>Terposia nigricosta</i> エゾハルゼ | - | ○(61) | ○ | ○ | ● | ○ | ○ | ○ | 7 |
| 種数(個数) | 0 | 2(61) | 3 | 2 | 2 | 5 | 5 | 2 | |

(2) 抜け殻と環境変数の関係

①環境変数と公園グループの関係

4つの環境変数に森林公園、大公園、小公園の3群間で有意差が認められた。また、都市化の尺度である人工建造物被覆率と土壌硬度は公園規模が小さくなるにしたがって高くなった。

都市化との間に有意差が認められなかった樹木多様度は以下の抜け殻との関係の分析から除いた。

②環境変数と抜け殻の存在の関係

抜け殻の発生場所の記録が一定数得られた3種について、抜け殻の存在と環境変数の関係をロジスティック回帰分析した。

グラフ縦軸の1は抜け殻が存在したこと、0は存在しなかったことを表す。ニイニゼミは土壌硬度が15mmより小さい場所に分布している一方で、同じ硬度でも不在の場所が多くあった(図1)。そのため、抜け殻の存在を環境変数で説明できなかった。コエゾゼミとエゾハルゼミでは抜け殻の存在を最もよく説明したのは、土壌硬度、次に含水率だった。抜け殻の存在の境界(抜け殻の存在=0.5)は含水率で16~17%、土壌硬度で15~16mmにあった(図2)。

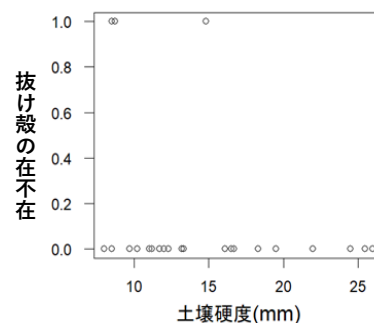


図1 ニイニゼミの抜け殻と土壌硬度

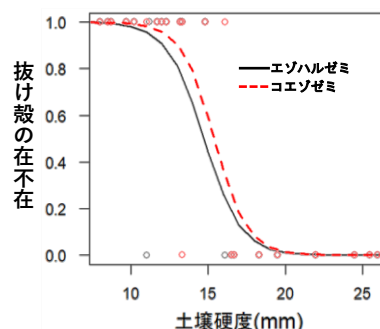


図2 抜け殻の存在と土壌硬度

3-2 潜土実験

1齢幼虫は以下の方法で得た。冬に卵休眠するコエゾゼミは、2月に森林公園で産卵枝を採取、25℃ 16L8D下で、毎日水に1分間、浸漬し、孵化を誘導した。非休眠卵を産むエゾハルゼミとニイニゼミはそれぞれ6月と7月に雌成虫を捕獲し、産卵後、コエゾゼミ同様に孵化を誘導した。保温・保湿開始後、コエゾゼミは65日、ニイニゼミは31日で孵化したが、エゾハルゼミは孵化しなかった。

幼虫の体長はコエゾゼミで $2.1 \pm 0.1\text{mm}$ ($n=12$)、ニイニゼミは $1.0 \pm 0.1\text{mm}$ ($n=20$)だった。ニイニゼミの幼虫で土壌の含水率を操作した実験では、5%以上で全ての個体が潜土した。

一方、土壌密度の操作実験でニイニゼミは全く圧縮しない土壌でのみ潜土した(図3)。

また、潜土した個体を観察すると、土壌の団粒構造の間隙を通過して移動していた(図4)。

一方、コエゾゼミは密度が高い程、潜土率が減少した。しかし、最も密度の高い 1.2g/cm^3 で上昇した(図3)。実験後の観察でこの実験区だけ土壌表面に小さな亀裂が見られた。

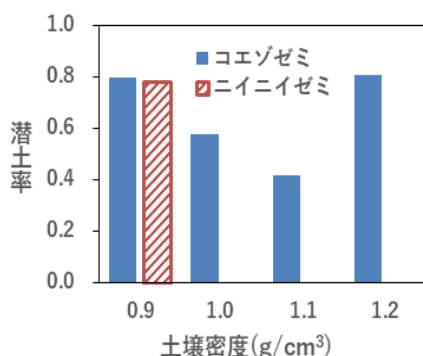


図3 土壌硬度と潜土率 ($n=10\sim 12$)



図4 土壌の間隙を通過して移動する個体

4 まとめ

コエゾゼミ幼虫は土壌を掘削して潜土するが、ニイニイゼミ幼虫は土壌の団粒構造の間隙を利用して潜土することがわかった。したがって、セミの分布に影響する要因は中型種のコエゾゼミでは土壌硬度、小型種のニイニイゼミでは踏圧による土壌の団粒構造の破壊である。

セミの抜け殻調査は環境教育の一環として博物館などが中心となり、全国で実施されているが、セミの分布やその年変動から環境の変化を推測するに止まっている^{4,5,6)}。本研究により、抜け殻は土壌環境の生物指標として有効であることが示唆できたことから抜け殻調査に科学的な根拠を与えることが期待できる。

今後の研究課題としては、1 齢幼虫の体の大きさが潜土の方法に関係するのかを検証したい。

というのは、体長 2mm のコエゾゼミの 1 齢幼虫は土壌を自力で掘削して潜土したが、体長 1mm のニイニイゼミ幼虫は土壌の間隙を利用して潜土した。では、この 2 種の間際の大きさのエゾハルゼミ幼虫はどのような潜土方法をとるのか、また、コエゾゼミより大型のエゾゼミやアカエゾゼミはより硬い土壌でも掘削し、潜土できるか確かめたい。

これらを検証するためには今年、孵化の誘導に失敗したエゾハルゼミと受精卵を入手できなかったエゾゼミ、アカエゾゼミで誘導方法を確立しなければならない。異なる温度設定で孵化を誘導し、発育零点を決定、有効積算温度が求めたい。セミでは有効積算温度はほとんど明らかになっていないので新たな知見を得えられる⁷⁾。また、有効積算温度が求められれば、異なる種でも孵化日を揃えて実験の精度を上げることも期待できる。

さらに、今年はエゾゼミ属が全く発生しなかったために抜け殻調査ができなかった。来年、発生すれば、抜け殻の個数も含めた多様度を求め、多様度と環境要因との関係をより多くの種と比較したい。

これらの研究を通してセミを土壌環境の生物指標にした都市環境を児童・生徒に考えさせる教材を完成させたい。

謝 辞

旭川市土木部公園みどり課、突哨山運営協議会に現地調査の許可を、日本セミの会山田耕平氏には飼育方法のご指導と文献を、西田貞二氏には文献をいただいた。また、公益財団法人 中谷医工計測技術振興財団には科学教育振興助成の支援をいただいた。

参考文献

- 1) 小川雄一(2015) 改訂版 日本産セミ科図鑑. 誠文堂新光社, 東京.
- 2) 西田貞二, 松本英明(2014) 旭川市および近郊に産するセミ科昆虫—最近の確認情報を含めて—*Jezoensis* (40): 15-30.
- 3) Moriyama Minoru, Numata Hideharu(2015) Urban soil compaction reduces cicada diversity. *Zoological Letters* (2015),1.
- 4) 船橋市(2020) モニタリング調査実施結果について (令和 2 年度セミのぬけがら調査)
<https://www.city.funabashi.lg.jp/machi/kankyau/010/p086359.html>
- 5) 札幌市(2021) 2020 年札幌市セミ調査について.<https://www.city.sapporo.jp/museum/event/2020/semi/index.html>
- 6) 金沢市(2020) セミのぬけがら調査.
https://www4.city.kanazawa.lg.jp/s/25001/sizen/awtga/semi_nukegara/semi_nukegara.html
- 7) 桐谷圭治(1997) 日本産昆虫、ダニ、線虫の発育零点と有効積算温度. 農業環境技術研究所資料 (21).

以上