

1. はじめに

この記事は 2019 年 2 月に京都大学理学部が開催している体験型学習講座 ELCAS で発表したものである。この記事の内容は研究室で行われている凍結耐性の研究の一部となっている。

昆虫は脊椎動物などが持つ恒常性(ホメオスタシスともいい、生物の内部バランスの維持を意味する)を持たず、一般に変温動物と呼ばれる部類に属している。そのため、外気温が低下すると体温自体が低下していき、氷点下では体液の温度自体も大幅に低下し、体液の氷結の危険性が生じる。この実験では昆虫がどのようにして体液の凍結を防いでいるのか調べた。

2. 凍結耐性の種類

昆虫が持つ凍結耐性には、非低温適応性・凍結回避型・耐凍型の 3 種類が一般的に知られている。

・非低温適応性…名前の通り低温には適温しておらず、外気温が氷点下になると体温も氷点下になり、体液が凍結して死ぬ。主に亜熱帯や熱帯の、気温が氷点下にならない地方の昆虫に多く見られる。

・耐凍型…外気温が氷点下になった時に、肢などの生存にあまり重要でない器官に存在する氷核を中心とする氷塊を生成する。氷核は主に不凍タンパク質によって構成されている。これによって潜熱(凝固熱ともいう、液体が凝固して固体になる際に生じる熱)が生じ、その潜熱を利用して体内の重要機関を保護する。また、氷塊は溶質の少ない水分によって形成されるため、液体状態の体液の方に溶媒が移動し、体液の融点を引き下げる役割を果たす。極地などの寒冷地に生息する。

・凍結回避型…そもそも体液が凍らないように対策している。体液中に溶解しているグリセロールやトレハロースなどが体液の凝固点を下げることによって凍結耐性に役立っていると考えられている。温帯や亜寒帯、寒帯などで見られ、日本では比較的このタイプが多い。

この 3 つの凍結耐性を区別する方法として、対象の昆虫の体温を体液の過冷却点(ある液体がいかなる状況下においても必ず凝固する温度)まで下げることである。非低温適応性の昆虫だと氷点下(0°C)付近で凍結し、凍結回避型は過冷却点を迎えると凍結する。耐凍型の場合は過冷却点を迎えて凍結しても生存が可能である。

3. 使用したカメムシ

複数種のカメムシを用意し、カメムシの種間で凍結耐性に差が生じるかどうかを調査した。実験で使用したカメムシは、ツヤアオカメムシ・クサギカメムシ・ホソヘリカメムシの3種類である。

・ツヤアオカメムシ *Glaucias subpunctatus*

日本全国に生息する、大型のカメムシ。アオカメムシという名前がついているが、体色は完全に緑色である。成虫はスギ、ミカンなどの樹液や果汁を口吻から吸入し、幼虫はスギやヒノキの種子を食べる。成虫で越冬するが、急激に寒冷化すると死亡した本種の集団が目撃される。集合フェロモンという信号を出し、アオカメムシ同士で集合する傾向にある。ツヤアオカメムシの集合フェロモンは他のアオカメムシに対しても誘引効果があり、逆に別種のアオカメムシの集合フェロモンで本種が誘引されることもあるため、本種を捕獲するのにアオカメムシの集合フェロモンを用いたフェロモントラップというものも使用される。魚崎にもいるため、魚崎の夜の気温が急激に低下すると、光によって魚崎駅に誘引された本種が死亡し、朝のラッシュ時に踏まれた本種の死骸がよくみられる。



・クサギカメムシ *Halyomorpha halys*

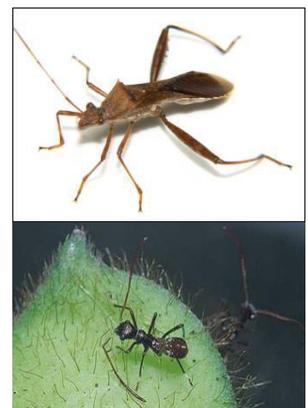
日本全国に生息する、大型のカメムシ。ツヤアオカメムシよりも大きい。様々な植物につき、果汁や穀物を襲うため農業害虫として扱われることも多く、その被害は世界の各国でも広がっている。



白い場所(日光のあたっている場所)に集まる傾向があり、あろうことか洗濯物に卵を産み付けることもある。産卵した個体の多くは死亡するが、一部の個体は成虫で越冬する。なぜかアオカメムシのフェロモントラップに引っかかるらしい。

・ホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris*

日本全国に生息している、細長いカメムシ。エダマメやインゲンマメなどのマメ科の植物の種子を食べるため、クサギカメムシと同様に農業害虫として扱われている。カメムシの中では移動速度が速いという側面を持ち、素早く隠れるのに長けている上に、外骨格が丈夫で固いため、素手で触ると痛いしくさいという農家真っ青の特徴を持つ。成虫で越冬する。幼虫は下の写真のように、アリ



に擬態している。擬態もかなり精巧なもので、クロオオアリなどと一緒
にいと人の目でも見逃すことがある。最近の研究では細菌と共生して
殺虫剤耐性を持つことが分かっている。

4. 実験方法

- (1) 対象のカメムシをサンプリングチューブの中に入れる
- (2) 昆虫の体を傷つけないように熱電対をチューブ内に入れる
- (3) 熱電対の先端をカメムシの体に接触させる

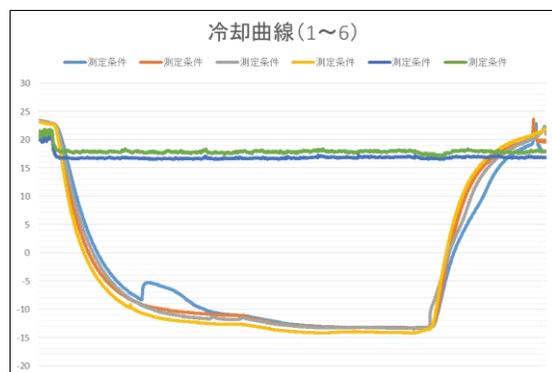
- (4) チューブを冷凍庫に入れ、チューブ内の温度を連続的に測定する

※実験の(2)でカメムシの体を傷つけると、傷から出る体液が氷結してしま
う(耐凍型のみ耐久可能だが、凍結耐久力は落ちる)上、カメムシ自体
が弱ってしまう。

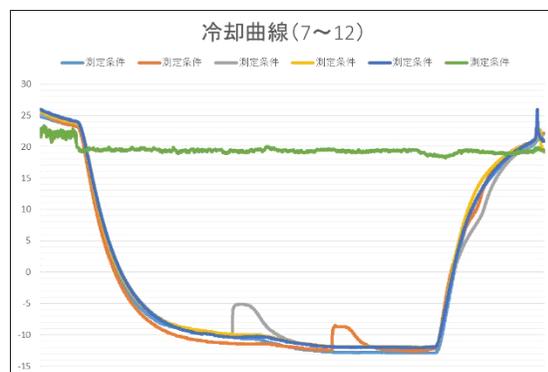
今回の実験では3種類のカメムシを4匹ずつ、計12匹のカメムシを
使用した。そして、1個体ずつに番号を振り分けて識別することにした。
番号1,4,7,10はクサギカメムシ、2,5,8,11はホソヘリカメムシ、3,6,9,12
はツヤアオカメムシと識別した。

5. 実験結果

番号1(クサギカメムシ),8(ホソヘリカメムシ),9(ツヤアオカメムシ)は
それぞれ過冷却点を迎えた。(過冷却点を迎えた個体の体温は小さな山と
してグラフに表示される)また、番号2,5,11(ホソヘリカメムシ)はかなり
弱ってはいたものの生存しており、実験終了後室温にさらすことで歩け
る程度まで回復した。



低温耐性のグラフ(番号1~6)



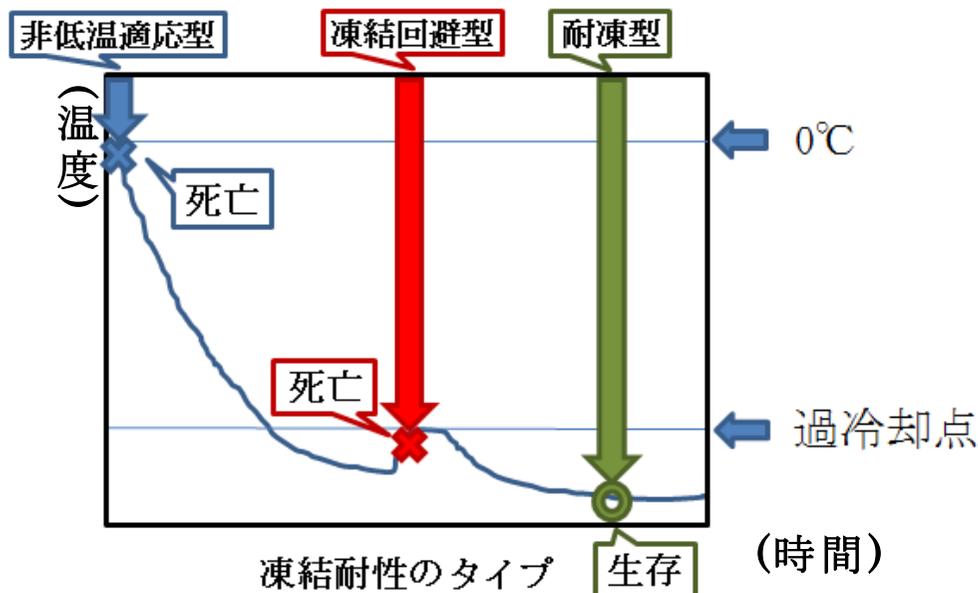
低温耐性のグラフ(番号7~12)

6. 考察

結果から、使用したカメムシは体温が過冷却点を迎えると死亡したた
め、非低温適応性か凍結回避型であると考えられる。また、ホソヘリカ
メムシでは過冷却点を迎えなかった個体は生存していたことから、ホソ

ヘリカメムシは凍結回避型であると考えられる。

(下図:昆虫の凍結耐性による温度と生死の関係のグラフ)



7. まとめ

食物連鎖において下位にあたる昆虫は、外気温の低下や氷結といった環境などの生命を脅かす要素に対して様々な低温耐性を持つことで対策を取り、それが昆虫のさらなる過酷な環境への進出や昆虫の多様性につながっていると考えられる。

8. 最後に

この ELCAS ポスターを制作するにあたって、分かりやすく楽しい授業で凍結耐性について教えて頂いた沼田教授と宇高助教授、実験のサポートをくださったチューターの相樂さん、またポスターを共同で制作した3名の方々に、この場でお礼をさせていただきます。

9. 参考文献

- ・ ELCAS グループ型学習生物学班ポスター
- ・ フェロモン研究の最先端 最終閲覧日:3月30日
(www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/inovlec2004/2-6.pdf)
- ・ 害虫に殺虫剤抵抗性を持たせる共生細菌を発見 最終閲覧日:4月1日
(www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/techdoc/press/120424/press120424.html)