

地球温暖化がトンボに与える影響

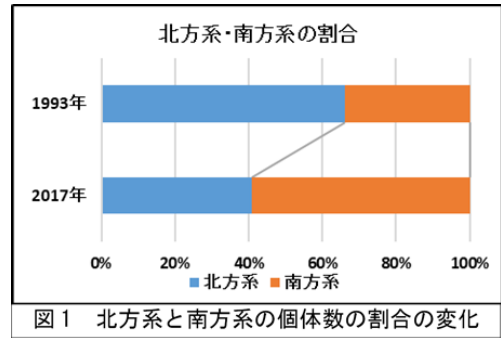


実施担当者 市立札幌旭丘高等学校
教頭 三関 直樹
教諭 綿路 昌史

1 はじめに

地球温暖化は二酸化炭素などの温室効果ガスが大気中に放出されることで地球全体の平均気温が上昇する現象である。最近ではこの現象によって海水面が上昇し、国が水没の危機に陥ったり、異常気象によって農業被害が発生するなど、地球温暖化の進行は人間社会はもちろん自然界にも猛威を振るっている。

本校生物部では長年にわたって北海道札幌市北区あいの里公園にあるトンネウス沼でトンボ相の調査を行っている。その中で調査開始当初と現在のデータを比較すると、ロシアやサハリンなどの北方を由来とする北方系のトンボの個体数が減少し、中国や台湾などの南方を由来とする南方系のトンボの個体数が増加していることが分かった（図1）。この現象は地球温暖化によるものと考え、卵越冬であるトンボ科アカネ属に注目して実験を行った。地球温暖化により産卵後の気温が高ければ、北方系種は発育ゼロ点が高いため卵は降雪前に孵化して幼虫となり、越冬できずに死亡し個体数が減少するが、南方系種は発育ゼロ点が高く、有効積算温度が降雪前では不足するため、孵化せず卵のまま越冬し個体数は減少しないと考えた。つまり、トンボの卵の成長が停止する温度である発育ゼロ点と発育ゼロ点を越えた成長に使われる温度を合計した有効積算温度において北方系種の方が南方系種に比べ低いのではないかという仮説を立て、卵の発育ゼロ点と有効積算温度を求める実験を行った。



2 実験方法

材料として用いたのはトンボ科アカネ属の中で特に個体数の減少が著しいアキアカネ（北方系）と個体数の増加が著しいナツアカネ（南方系）で、発育ゼロ点と有効積算温度を求める実験を行った。

トンボの採集は北海道札幌市北区あいの里公園内にあるトンネウス沼で行い、確実に受精卵を得るために雌雄の連結個体を採集した。採集した個体はその日のうちに、シャーレにくみ置きの水を入れ、雌個体の



腹端部を水面につけ、人為的に産卵させた。産卵させる際にはすべての卵を無作為に抽出するために全個体を一つのシャーレに産卵させた。この2種は浅い水たまりに産卵するので、実際の産卵環境に近くするためにシャーレの中に脱脂綿を敷き、それをガーゼで覆い、その上に卵を置き、卵が隠れる程度水を加えた。

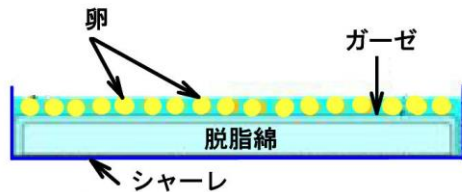
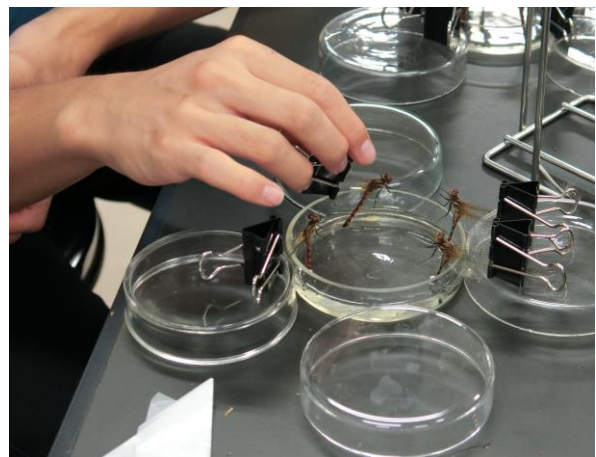
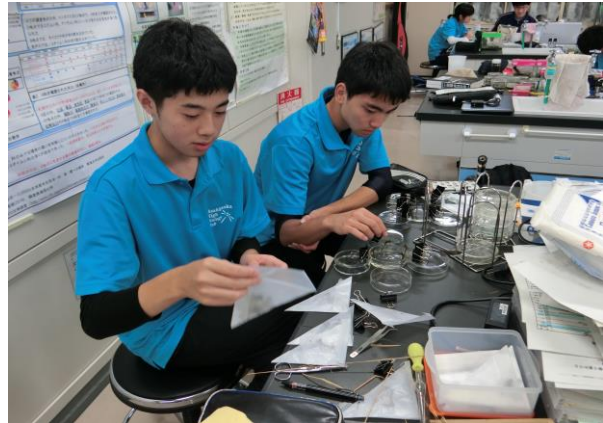


図2 飼育用シャーレ

採集した受精卵はシャーレ(直径 9 cm、深さ 2 cm)1個あたり 50個入れて、12.5℃、17.5℃、20.0℃、30.0℃に設定した恒温機(Kenis LH-240-N、Kenis A1201-2V、SHIMADZU BITEC-300)で飼育した。温度が一定に保たれているか確認するためにデータロガー (FOUETEC LITE0532P-RH) を使用し、記録間隔は 30 分にして測定した。実験に用いた卵の個数は、表 1 のようになっている。



3 結果

3-1 積算温度の算出

積算温度は一日ごとの恒温機の温度の平均を合計したものととした。積算温度の結果はグラフのとおりである(図3)。

表1 飼育温度と飼育卵数

飼育温度	アキアカネ	ナツアカネ
12.5℃	200個	200個
17.5℃	200個	200個
20.0℃	100個	100個
30.0℃	100個	100個

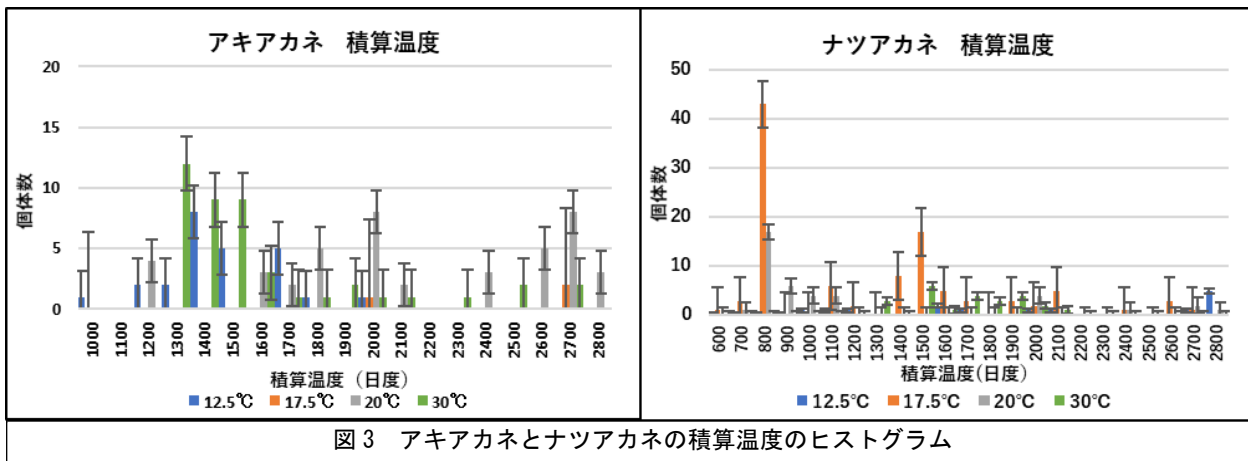


図3 アキアカネとナツアカネの積算温度のヒストグラム

3-2 発育ゼロ点の算出

発育ゼロ点はまず、縦軸を孵化速度、横軸を温度とした散布図を作成し、それに回帰直線を当てはめた。その回帰直線において縦軸の値が0になったときの横軸の値を発育ゼロ点とした。孵化速度は孵化に要した日数の逆数とした。

アキアカネ及びナツアカネの発育ゼロ点は次のグラフのとおりとなった（図 4）。アキアカネの発育ゼロ点は 4.89℃となった。また、ナツアカネの発育ゼロ点は 6.80℃となった。

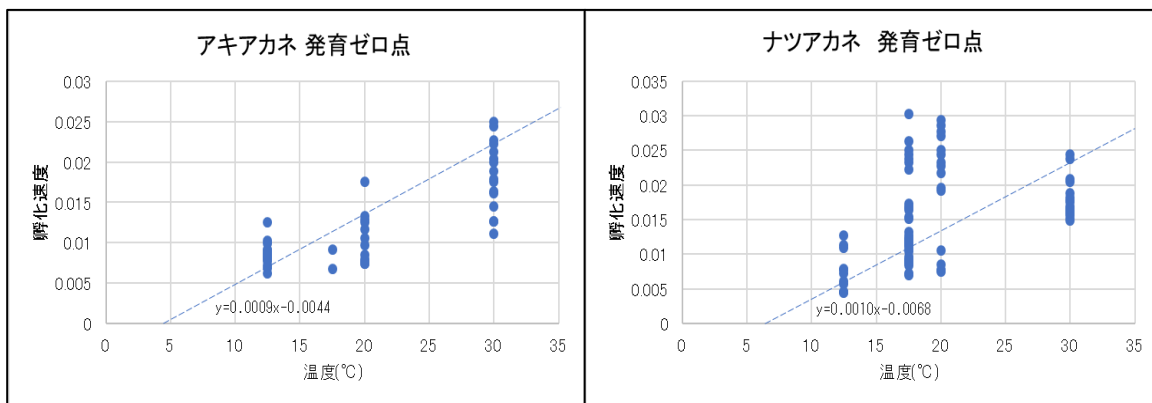


図 4 アキアカネとナツアカネの発育ゼロ点 孵化速度=1/孵化に要した日数

3-3 有効積算温度の算出

有効積算温度は以下の式を用いて求めた（図 5）。

$$\text{有効積算温度} = \text{積算温度} - (\text{発育ゼロ点} \times \text{孵化までの日数})$$

平均有効積算温度はアキアカネが 1299.79 日度、ナツアカネは 1140.50 日度となった。

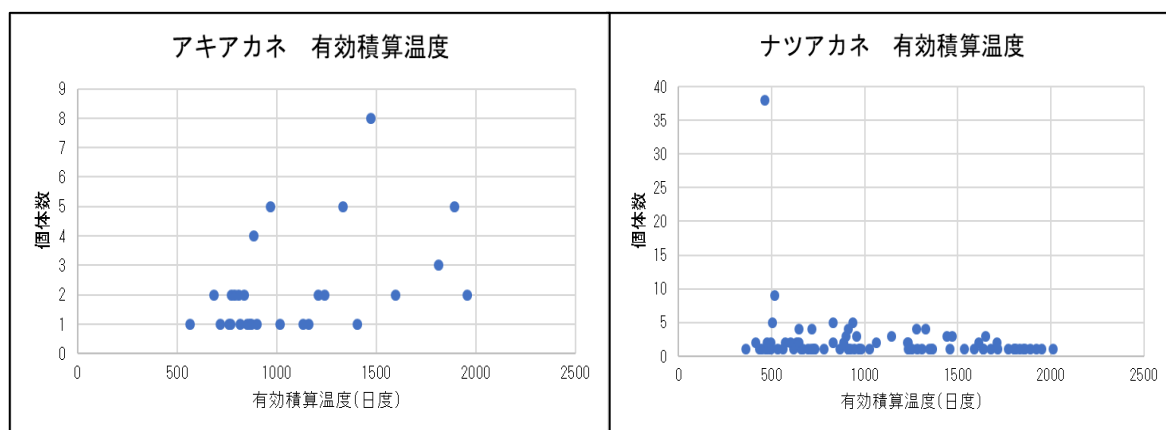


図 5 アキアカネとナツアカネの有効積算温度の散布図

4 まとめ

月	アキアカネ		ナツアカネ	
	現在	1℃上昇	現在	1℃上昇
8月	290.39日度	307.39日度		
9月	451.90日度	481.90日度	394.60日度	461.50日度
10月	250.72日度	281.72日度	191.51日度	260.64日度
11月	37.32日度	59.58日度	10.43日度	43.15日度
合計	1030.32日度	1130.59日度	596.53日度	765.29日度

表2 気温が上昇した場合の有効積算温度

発育ゼロ点、有効積算温度と札幌開発建設部の石狩川下流当別地区自然再生地区で測定された水温のデータを基に降雪前までに積算する有効積算温度を算出した。算出する期間はそれぞれの種が盛んに産卵しだす時期から水温が発育ゼロ点を下回る時期までとし、アキアカネが8月中旬以降でナツアカネが9月上旬以降とした。表2と図6と結果からアキアカネでは有効積算温度が1030.32日度未満の個体つまり、約33%の個体が降雪前に孵化し、幼虫越冬できずに死亡していることが分かった。また、ナツアカネでも有効積算温度が596.53日度未満の個体つまり、全体の約37%の個体が降雪前に孵化し死亡していることが分かった。

さらに、今後地球温暖化によって気温・水温が1℃上昇するとアキアカネでは1130.59日度未満の個体つまり、全体の約40%の個体が降雪前に孵化し、また、ナツアカネでは有効積算温度が765.29日度未満の個体つまり全体の約50%の個体が降雪前に孵化して越冬できずに死亡していると考えられる。よって、アキアカネの個体数が減少している現象は地球温暖化が原因であると考えられる。

仮説では発育ゼロ点・有効積算温度共にアキアカネの方が低いと考えていたが、実際には発育ゼロ点はアキアカネの方が低いものの有効積算温度はナツアカネの方が低いという結果となった。これは自然界において産卵から降雪前に卵の発育が止まるまでの期間がアキアカネに比べて短く、さらに、春先に再び発育を開始する時期がアキアカネに比べてナツアカネは遅いため、ナツアカネの有効積算温度は低いと考えられる。

本研究ではアカネ属の卵越冬する種が地球温暖化で個体数を減少させているしくみを解明することができたが、幼虫越冬の種やイトトンボ科についてはまだ不明な点が多く、今後さらに温暖化による影響を研究する必要がある。

謝 辞

トンボの採集・採集地については、地元の自然保護団体カラカネイトトンボを守る会の皆様、本校生物部卒業生の皆様からご指導いただきました。心より感謝いたします。水温のデータについては札幌開発建設部の皆様に提供していただきました。

また、本研究にご支援くださった公益財団法人 中谷医工計測技術振興財団様のお陰で幅広い研究活動ができました。心から感謝申し上げます。



参考文献

- 1) 斎藤四海智ほか.2017. 卵と幼虫の発育ゼロ点と有効積算温度を用いたアキアカネ保全に有効な中干実施日の検討
- 2) 桐谷圭治.2012. 日本産昆虫、ダニの発育零点と有効積算温度定数：第2版
- 3) 尾園暁ほか.2012. 日本のトンボ
- 4) 広瀬良宏ほか.2007. 北海道のトンボ図鑑
- 5) 杉村光俊ほか.1999. 原色日本トンボ幼虫・成虫大図鑑
- 6) 石田昇三ほか.1988. 日本産トンボ幼虫・成虫検索図説
- 7) 井上清ほか.1999. トンボのすべて