

動物繊維の可能性～ミノ糸とクモ糸の特性より～

愛媛県立松山南高等学校 シルク班

西岡愛佳 明神莉々花 渡部華子 指導教諭 佐々木謙一

1. はじめに

先行研究¹⁾より、現在ミノムシ糸の方がクモ糸を超える強さを持っていることが分かっている。また、クモ糸に紫外線を照射することで照射後の破断強度が増加することからミノムシ糸にも紫外線を照射することで破断強度が増加するのではないかという仮説を立てて、本研究を始めた。ミノムシ糸は石油などから人工的に作る糸ではないため、生産過程でのCO₂放出を削減し、地球温暖化防止に繋がる。また、将来は、現在の洋服などに使われるよりも頑丈な繊維で洋服を作ることができないかと考える。



図1 アシナガグモ



図2 チャミノガ

2. 研究項目・方法

(1) ミノムシとクモの体長と糸の太さの相関

ミノムシとクモの体長を測定する。ミノムシは黒フェルトと透明な下敷きを重ねた上を歩かせ、クモは四角形に折ったストローに巻き付けてそれぞれ糸を採取する。顕微鏡でマイクロメータを用いて糸の太さを測る。体長が大きいミノムシほどミノムシ糸の太さは太くなるのか、体長が大きいクモほどクモ糸の太さは太くなるのかを明らかにした。

(2) ミノムシとクモの体重と糸の太さの相関

ミノムシとクモの体重を測定する。(1)と同様にしてミノムシ糸とクモ糸を採取し、顕微鏡でマイクロメータを用いて糸の太さを測る。体重が大きいミノムシほどミノムシ糸の太さは太くなるのか、体重が大きいクモほどクモ糸の太さは太くなるのかを明らかにした。

(3) クモ糸の紫外線照射前後の強度変化

クモをストローにぶら下げて糸を100回巻き取る。採取した糸を一つに束ね、フォースセンサーを用いて破断強度を測る。これを紫外線を当てていないクモ糸の破断強度とする。採取した糸を巻き付けたストローに254nmの紫外線を1時間照射する。紫外線照射した糸を束ね、フォースセンサーを用いて破断強度を測る。これを紫外線を照射したクモ糸の破断強度とする。紫外線を照射したクモ糸と照射していないクモ糸の破断強度を比較する。紫外線を照射するとクモ糸の破断強度が強くなったことを確認することで先行研究の信憑性をより確かにした。

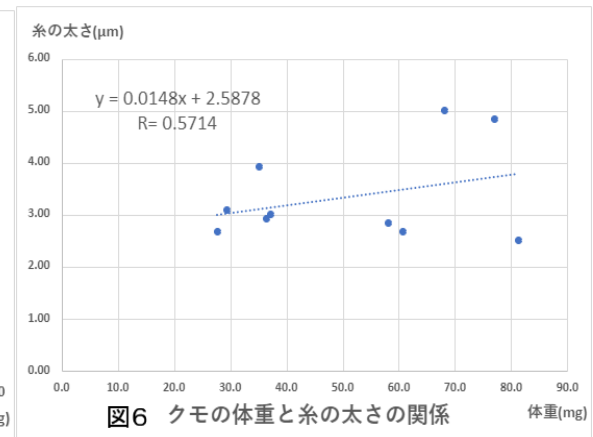
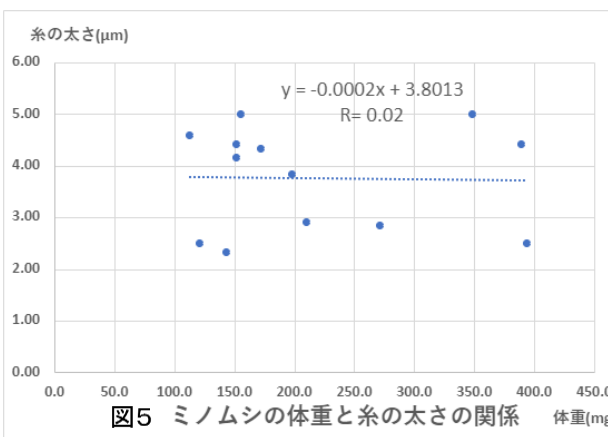
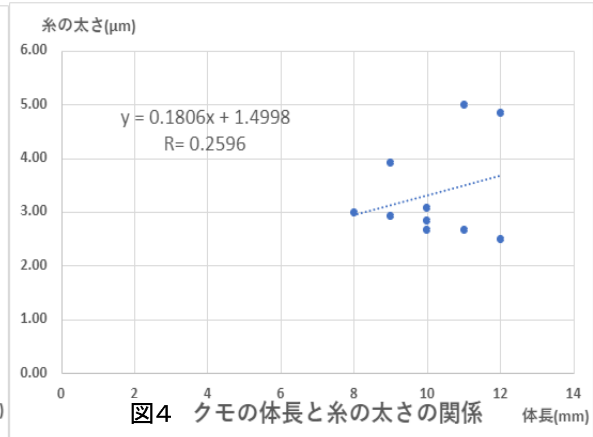
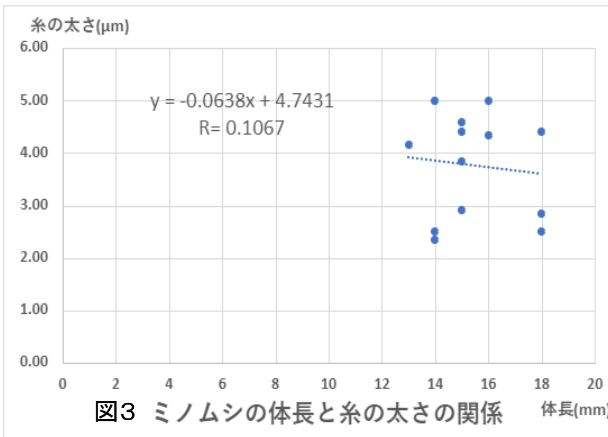
(4) ミノムシ糸の紫外線照射前後の強度変化

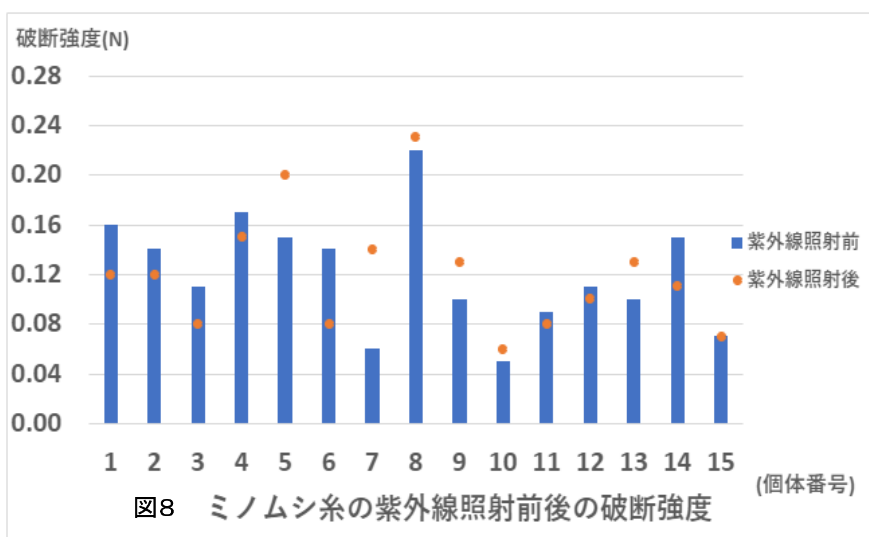
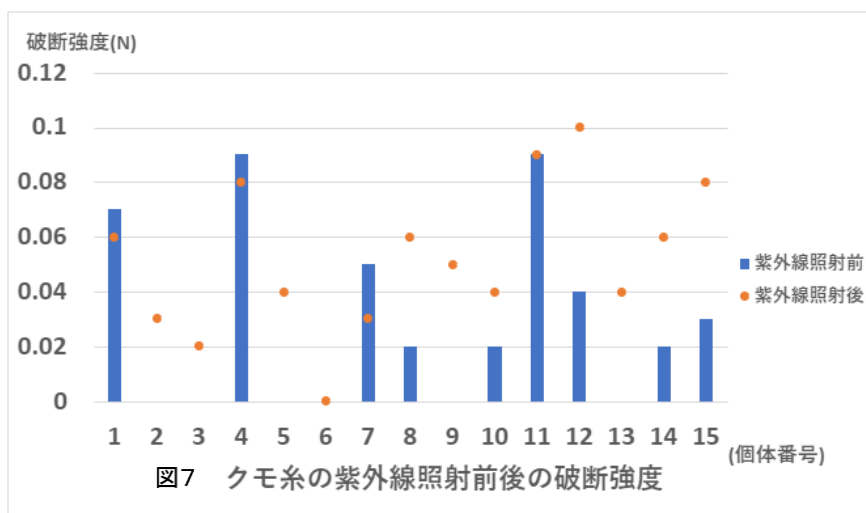
ミノムシを銅線にぶら下げて糸を100回巻き取る。採取した糸を一つに束ね、フォースセンサーを用いて破断強度を測る。これを紫外線に当てていないミノムシ糸の破断強度とする。採取した糸を巻き付けたストローに254nmの紫外線を1時間照射する。紫外線照射した糸を束ね、フォースセンサーを用いて破断強度を測る。これを紫外線を照射したミノムシ糸の破断強度とする。紫外線を照射したミノムシ糸と照射していないミノムシ糸の破断強度を比較する。

ミノムシ糸もクモ糸同様紫外線を照射すると破断強度が強くなるかを調べた。

3. 結果

- (1) ミノムシの体長と糸の太さとの関係を回帰直線で求めたところ相関係数=0.1067 でほぼ相関がなく(図3)、クモの体長と糸の太さとの関係を回帰直線で求めたところ相関係数=0.2596 で弱い相関があった(図4)。
- (2) ミノムシの体重と糸の太さとの関係を回帰直線で求めたところ相関係数=0.02 とほぼ相関がなく(図5)、クモの体重と糸の太さとの関係を回帰直線で求めたところ相関係数=0.5714 でやや強い相関があった(図6)。
- (3) ほとんどの個体で紫外線照射後の方が破断強度は強くなった。また、個体番号 2, 3, 5, 6, 9, 13 の紫外線照射前の値が 0N である。これは、フォースセンサーの測定最低値が 0.01N のため実際の破断強度がそれ以下で測定値が表示されなかったと考える(図7)。
- (4) 15 個体中 9 個体は紫外線照射後のほうが破断強度が弱くなり、6 個体は紫外線照射後のほうが破断強度が強くなり、個体によって紫外線照射後の破断強度の変化にはばらつきがあった。(図8)。





4. 考察

(1) ミノムシとクモの体長と糸の太さの相関

ミノムシの体長と糸の太さにはほぼ相関がなかった。このことから、ミノムシの体長はミノムシ糸の太さに影響を及ぼさないと示唆された。クモの体長と糸の太さには弱い相関があった。このことから、クモの体長はクモ糸の太さに影響を及ぼす可能性があるとして示唆された。体長の大きいクモほど栄養状態が高く、より太い糸を作り出すことが可能になるのではないかと考えた。

(2) ミノムシとクモの体重と糸の太さの相関

ミノムシの体重と糸の太さにはほぼ相関がなかった。このことから、ミノムシの体重はミノムシ糸の太さに影響を及ぼさないと示唆された。クモの体重とクモ糸の太さには強い相関がみられた。このことから、クモの体重はクモ糸の太さに影響を及ぼすと示唆された。体長同様、体重の大きいクモほど栄養状態が高く、より太い糸を作り出すことが可能になるのではないかと考えた。

(3) クモ糸の紫外線照射前後の強度変化

クモ糸に紫外線を照射することで破断強度が強くなった。このことから、クモ糸は日ごろから

日光下で使用され紫外線に当たる時間が長いと紫外線による増強効果があるのではないかと示唆された。

(4) ミノムシ糸の紫外線照射前後の強度変化

ミノムシ糸に紫外線を照射すると、15 個体中 9 個体は紫外線照射後のほうが破断強度が弱くなり、6 個体は紫外線照射後のほうが破断強度が強くなり破断強度の変化にはばらつきがあった。半数以上のミノムシ糸が紫外線を照射することで破断強度が弱くなったことからミノムシ糸に紫外線を照射すると破断強度が弱くなると考える。ミノムシは日ごろからミノの中で生活し、ミノの中では紫外線がほぼ紫外線が当たらないため増強効果を持ち合わせていないのではないかと考える。

5. まとめ

クモ糸に紫外線を照射すると破断強度が強くなり、ミノムシ糸に紫外線を照射すると破断強度の変化にはばらつきがあったため必ずしも紫外線照射後の破断強度が強くなるとは限らないことがわかった。また、今後の課題としてミノムシ糸に 365nm の紫外線を照射する。254nm で実験を行ったところ破断強度の変化にはばらつきがあったため、さらに弱い 365nm の紫外線を照射することで破断強度が強くなるのか調べていきたいと考える。

6. 参考文献

- 1) Taiyo Yoshida, Takuya Tsubota, Kohji Tashiro, Akiya Joraku & Tsunanori Kameda (2019). A study of extraordinarily strong and tough silk produced by bagworms. *Nature Communications*, 10(1469).
- 2) 鎌田航己、二村佳杏、山川さくら (2020). 「クモの牽引糸の破断強度とその増強」『令和元年度愛媛県立松山南高等学校理数科課題研究論文集』愛媛県立松山南高等学校, p. 34-37.
- 3) 大崎茂芳(2015) 「クモ糸の不思議」日本家政学会誌, 66(10), 521-528.