

〈第40回山崎賞児童・生徒の部優良賞〉

クモの巣の粘球の強度は？～粘力の秘密4～

三島市立錦田学校

2年 石川真麻

1 動機

接着剤の研究を始めてから4年目、クモの巣の研究を初めてから3年目になります。クモの巣の研究の中でも1年目は、様々なクモの巣で研究をしましたが、2年目はジョロウグモとコシロガネグモの2種類に絞って研究をしました。今年度は、さらに種類を絞り、ジョロウグモの巣についての研究をしました。

1年目は、“糊の科学の秘密”というテーマで、どの家にもありそうな市販の接着剤・物をくっつけるための土台などを使って、それぞれの接着剤と物との相性の研究をしました。その中でもボンド類についての研究を2年目にやろうと考えていました。私が接着剤についての研究をやろうと思った理由は、“自分で接着剤を開発し、世界の人々に役立てる”という思いがあったからです。医療現場では、手術をするときに針と糸を縫い合わせています。縫わずに接着剤で行うことができれば、手術をするときに針を入れるという痛みがなくなり、医者も楽に作業をすることができると考えました。そのため、市販の接着剤を使っているだけでは、医療現場のための接着剤が開発できないと思いました。

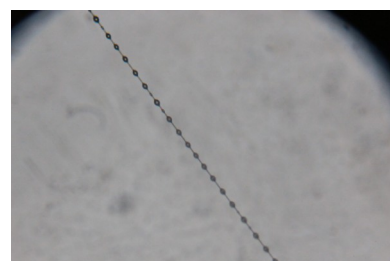
そこで、2年目からは新たな接着剤を探したいと思い、接着剤のようにベタベタとしている“クモの巣”についての研究を始めました。接着剤を自分で作り、医療現場に役立つ接着剤にするという方法もありますが、とても高度な技術や知識が求められ小・中学生である私にとっては困難なことだと考えました。そのため、すでに接着剤のような状態にあるクモの巣を使うことで、医療現場に役立つ接着剤にすることができると考えました。そして、自然のものであるクモの巣を使うことによって、自然に優しい“SDGs”な接着剤ができると考えています。

今年度は、クモの巣の横糸をだけを取り出して検証しました。横糸同士の間隔が異なることや縦糸が混ざっていることによって正確なデータとはいえない部分があります。それを正確なデータにするため横糸を取り出すことで「粘球の研究」に近づくことができると考えました。

2 粘球とは

クモの巣についている粘性のある球体です。円網の巣の横糸のみについています。

写真1 クモの巣の粘球



3 目的

横糸を取り出し、昨年度よりもより正確なデータを出すことです。また、粘球の個数の数え方をより良いものにし、粘球の大きさを求めなおすことです。来年度の粘球を取り出す研究を見据えた研究をするのが今年度の目的です。

4 仮説

粘球の大きさは、昨年度は0.15mmでしたが、方法を変えるため0.2~0.3mmであるとお予想します。横糸を取り出す研究では、縦居を取ることににより横糸のみが残り、横糸を取り出すことができるようになると思います。

5 結果

<疑問 1.クモの巣が張られている場所>

(1) 動機

研究に使うためのクモの巣がどのようなところにあるのかという研究をしています。昨年度からの傾向をもとにしながら採取をしています。今年度は、昨年度水平の巣をあまり採取することができず、垂直の巣で研究していたため、今年度は垂直の巣のみを採取することにしました。

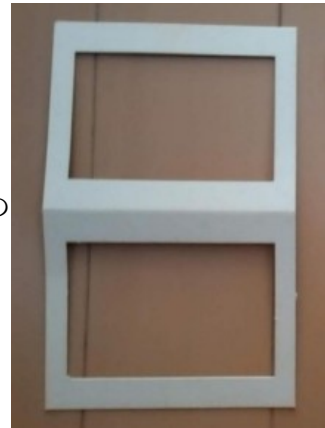
(2) 目的

垂直の巣の場所の傾向をつかむことです。クモの様子も観察し様々な観点からクモの巣の成長などに関連付けていきたいです。

(3) 方法

スライドマウンドと呼ばれる、昔のカメラのフィルムをスライド用にするためのマウンドを使用します。枠になっているため、真ん中が空いているところや薄くバラバラにならないところなどが採取に適していると思い使用しています。この方法は、3年前のクモの巣の実験をするときから変えずに使用しています。

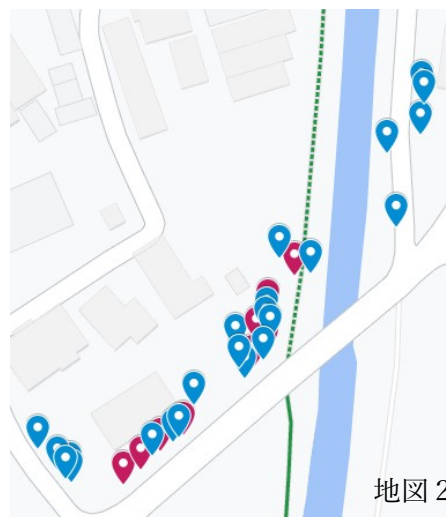
写真2 スライドマウンド



(4) 仮説

クモの巣は、堤防の近くに多いと思います。

(5) 観察結果



昨年度のデータをもとに今年度探したため、昨年度の地図と重なる点が多くみられました。クモの巣は、毎年同じように作る傾向があり、同じようなところに何匹も作っていました。

<疑問 2.粘球の大きさはどれくらいだろうか>

(1) 動機

昨年度、粘球の大きさは0.15mmであるという結果が出たが、もっとより多くのデータを使うことで確かなデータにできると考えました。また、より正確な測定方法で測定し、確かなデータを得るために研究をしました。

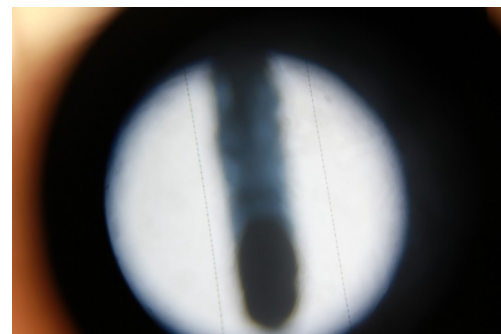
(2) 目的

粘球の量の目安が付き、接着剤にするとときにどれくらいできるかということを考えることができるようになります。昨年度の方法を改め、確かなデータを出すことです。

(3) 方法

顕微鏡を使い、粘球の観察をし、プラスチックに線を描くことでピントを変えずに測ることができるようになりました。線の長さは2mmとし、線の上に何個の粘球があるのかを写真を撮り、粘球を数えることで測定しました。

写真3 粘球測定時の写真



(4) 仮説

0.2～0.3mmであると予想します。

(5) 実験結果

粘球の大きさ			
	クモの巣の番号	2mmの粘球の数	粘球一粒の大きさ
(1)1	(20)-1	39	0.05
(1)2		52	0.03
(1)3		32	0.06
(2)1	(21)-2	51	0.03
(2)2		47	0.04
(2)3		40	0.05
(3)1	(22)-2	31	0.06
(3)2		39	0.05
(3)3		45	0.04
(4)1	(30)-1	36	0.05
(4)2		61	0.03
(4)3		50	0.04
(5)1	(29)-2	66	0.03
(5)2		65	0.03
(5)3		37	0.05

表1 粘球の大きさ

表から、粘球一粒の大きさの直径の平均は、約0.04mmでした。ただ、範囲が広いため、クモの巣や測る場所によって大きく異なっていました。

(6) 考察

昨年度の結果と大きく異なったため、昨年おDの計測・計算の仕方があまりよくない結果であったということがわかりました。

<疑問3.クモの巣の横糸を取り出すためにはどうしたらよいのか？>

(1) 動機

横糸を取り出す研究をし、最適な方法を見つけ、粘球のの面を作ることが必要だと考えます。疑問4.へとつなげることができるようにするための研究を行います。

(2) 目的

粘球の面を作り、粘球の面の強度を調べる疑問4.へとつなげるために横糸を取り出し、最適な方法を見つけようと思います。

(3) 方法

- ア スライドガラスに取り出す
- イ 複数の糸を同時にスライドガラスに取り出してみる
- ウ 間隔が狭い巣で横糸を取り出す

エ 縦糸に集める

オ ピンセットで横糸を取り出す

(4) 仮説

縦糸を恥じすことで、横糸のみの状態になり横糸を取り出すことができると考えました。

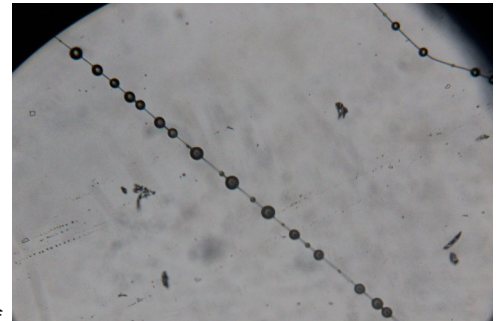
(5) 結果

ア スライドガラスに取り出す

横糸を切り出し、スライドガラスに乗せても糸として維持することができるか確かめました。

スライドガラスの上に乗せても粘球は維持できることがわかりました。ものの上でも形の変化はあまりなかったため、物にくっつけても大丈夫であるという結論になりました。

写真4 スライドガラスにのせた粘球



イ 複数の糸を同時にスライドガラスに取り出してみる

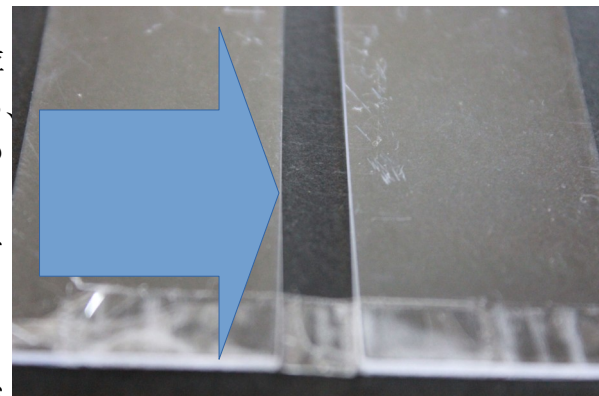
複数の糸を同時に取り出しても大丈夫かということを確認しました。

一本一本取り出したが、スライドガラスの上では透明であったため、糸が見えなくなり研究ができなくなってしまいました。

そのため、黒い紙の上でやりましたが、紙の繊維の方が目立ってしまい、粘球の観察をすることはできませんでした。

そこで、スライドガラス2枚の間に隙間を作るように並べ、その間に横糸をくっつけ採取する方法でやったところ、うまく取り出すことができ、間隔はまだ広いが横糸のみの粘球の面のようなものを作ることができました。しかし、スライドガラスの数に限りがあり、今後すべての研究においてスライドガラス2枚の間に横糸を取り粘球の面を作っていくことは難しいと感じました。

写真5 取り出した横糸



仮説では、縦糸を取り出すことで横糸のみが残ると考え、縦糸と横糸を同時に取り出してみましたが、縦糸を一緒にとるため、混ざってしまい、横糸を取り出すことはできませんでした。

先ほどのスライドガラス2枚の間に隙間を作るように並べ、間に横糸をくっつける方法の反省点を生かし、紙を使用して研究をしましたが、同じように取り出すことができました。しかし、少量しか取り出すことができなかったため、大量に取り出すことができるための方法を考える必要があると思いました。

ウ 間隔が狭い巣で横糸を取り出す

イの研究では、紙を使用しても少量しか取り出すことができていないため間隔の狭い巣で取り出すことでより多く取り出すことができると考えました。イの研究よりも紙の間を狭くし、縦糸が混ざらないようにしましたが、混ざってしまい、粘球の面を作ることができませんでした。クモの巣の間隔が狭ければたくさん集めることができるというわけではなく、間隔が狭いと混ざる可能性が上がってしまうことがわかりました。

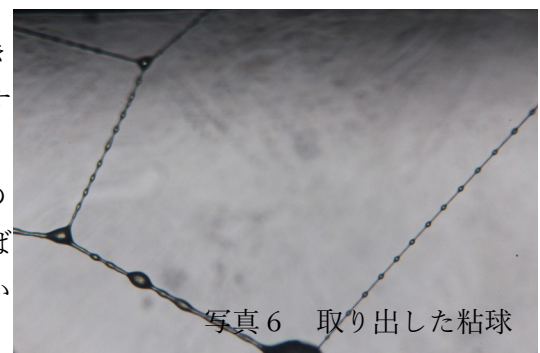
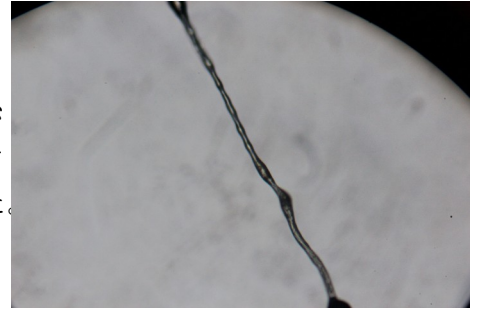


写真6 取り出した粘球

エ 縦糸に集める

ウの研究をやっている中で、縦糸のみを取り出すため、縦糸を引っ張っているとクモの巣が縮むことがわかり、そのことを利用することにより粘球の面を作ることができると思いました。結果は、粘球の形を確認することができませんでした。

写真7 縦糸に集めた粘球



オ ピンセットで横糸を取り出す

今までは、プラスチックの板をこすり合わせとる方法で行っていました。しかし、こすり合わせることで糸が切れてしまっていたため、より多くの横糸を無駄なく取り出すことができるのかを考え、ピンセットを使って下からすくいあげるイメージで取り出すことで無駄なく正確により多くの横糸をあつめることができると考えました。結果は、10本で約2mmの幅の粘球の面を作ることができました。そして、200本並べると、2cm幅の粘球の面を作ることができました。

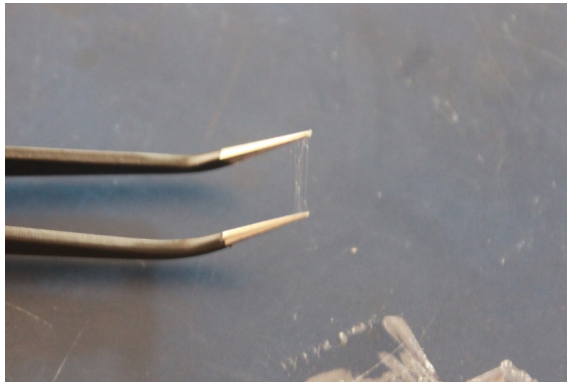


写真8 10本の横糸を並べた様子

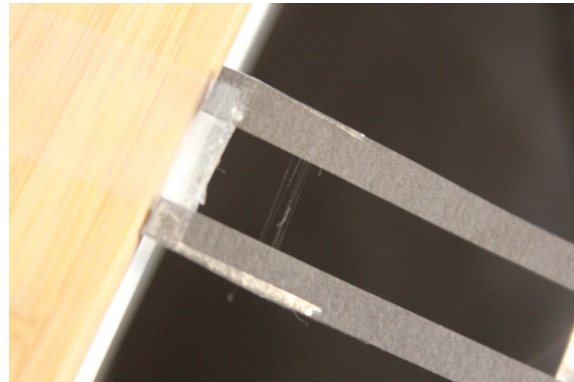


写真9 横糸をくっつけた様子

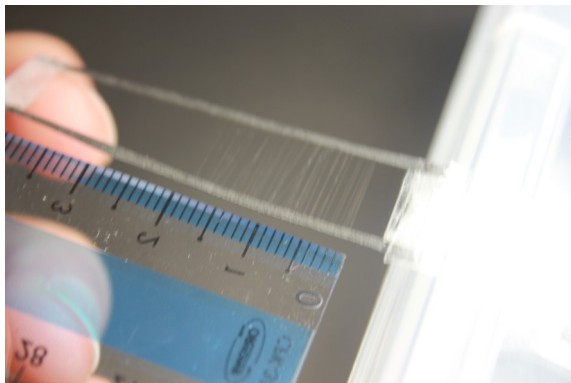


写真10 横糸を200本つけた様子

(6) 考察

粘球の面を作るためには横糸をピンセットですくうように切り出すことで、数えながらやることができ、取り出しやすくなるということがわかりました。縦糸を取り出す方法は、縦糸と横糸がくっついてしまうため、仮説と結果は異なりました。また、粘球の面は横糸200本で2cm幅にすることができるということがわかりました。

<疑問4.粘球の面の強度はどれくらいか>

(1) 動機

疑問3.で粘球の面を作ることができたため、粘球の面の強度を調べる研究をします。強度がわかることでどれくらいの量を取り出せばよいかという目安をつけることができるようになります。

(2) 目的

粘球の面の強度を調べ、どれくらいの強度があるのかを知ることです。

(3) 方法

粘球の面にした状態で袋をくっつけ、中に食塩を入れどれくらいの重さに耐えることができるのかという方法で落下したときの食塩の量と袋の重さから強度を求めます。

(4) 仮説

0.6～0.7g ぐらいの重さに耐えることができると思います。

(5) 結果

ア 一枚の紙をくっつける

コピー用紙 (0.011g) をくっつけることができるかを調べると、くっつくことがわかりました。

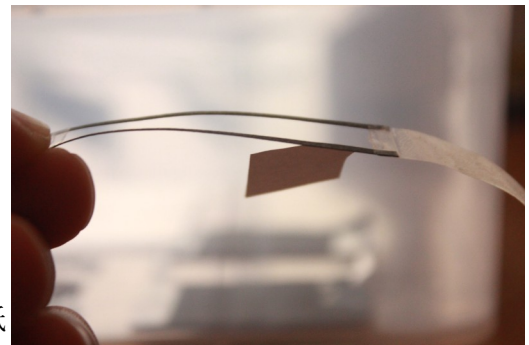


写真11 粘球の面についているコピー用紙

イ 粘球の面はどれくらいの重さに耐えることができるだろうか①

袋と粘球がくっつく面の黒い紙の大きさを 3mm×10mmにし、大きさを 1cm×1cmにしましたが、粘球の面が切れてしまい、袋をくっつけることができませんでした。



写真12 袋の様子

ウ 粘球の面はどれくらいの重さに耐えることができるだろうか②

イは、疑問3.で作った粘球の面を使っていましたが、巣が切れてしまい実験をすることが出来なかったため、横糸の取り出し方を変え再度研究をしました。そのため、クモの巣をそのまま取り出し粘球の面を作りました。横糸の幅に合わせて枠を作りました。

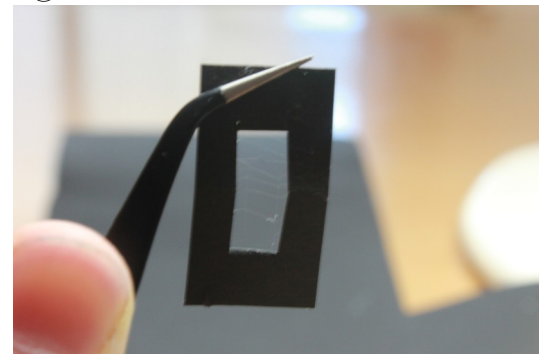
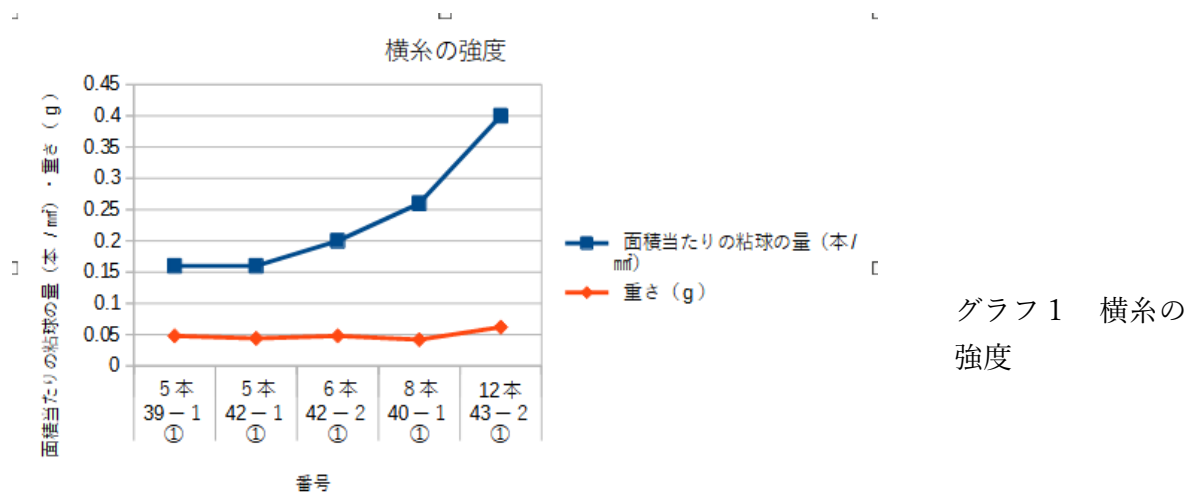


写真13 枠につけた横糸

横糸の強度			
番号	本数	面積当たりの粘球の量 (本/mm)	重さ (g)
39-1①	5本	0.16	0.048
42-1①	5本	0.16	0.044
42-2①	6本	0.2	0.048
40-1①	8本	0.26	0.042
43-2①	12本	0.4	0.062

表2 横糸の強度



粘球の強度は、横糸の本数が増えるほど重さが増えるので重さと本数はつり合いの関係があるということがわかりました。粘球の強度は体積が約 0.1 本/mm²あたり約 0.04g ぐらいでした。

(6) 考察

粘球の数と重さはつり合いの関係が成り立つということがわかりました。粘球の強度は体積が約 0.1 本/mm²あたり約 0.04g ぐらいでした。疑問 3.で作った粘球の面の強度は 10 本/mm²なので、約 4 g であるといえます。

6 考察

クモの巣の粘球は約 0.04mm ととても小さく、ピンセットで取り出した横糸は強度を測定する時に切れてしまったため、クモの巣は縦糸と横糸がそれぞれの働きをしてできていると考えられます。10 本/mm²あたり約 4 g の重さに耐えることができたため、増やすことで重たいものでもくっつけることができるのではないかと思います。

7 結論

クモは同じようなところに巣を作るため、クモの巣がある場所をおぼえておくことにより採取することができるようになります。ジョロウグモの粘球の大きさは 0.04mm でした。粘球の面は約 4 g の重さに耐えることができます。横糸の粘球の強度と重さはつりあっているということがいえます。今年度は全てジョロウグモで研究をしたため、ジョロウグモの結果です。そして、この研究は SDGs と関わりがあると考えています。まだ、接着剤を作ることにはできていませんが、今後接着剤を作ることができたらより関わりが生まれると思います。現在は目標 15、接着剤にすることが出来たら目標 3、目標 16 などといった取り組みに関わりを持つことができます。

8 今後の研究について

ジョロウグモのみの研究であったため他のクモの巣だとどうなるのか、採取した場所によっても粘球の大きさは異なるのか、巣の中でも大きさにばらつきがあるのか、途中で切れてしまっていたりしたので正確に 200 本取り出すためにはどうしたらいいのか、強度を調べる研究では、もっと横糸の数を増やすと結果は変わるのか、クモの巣の成分やクモの糸の出し方と結び付けるとどのようなことがわかるのか、など様々な新たな疑問があるので今後解決し、接着剤として医療現場で役立つ接着剤を作りたいです。

