

風と街路と樹の関係に関する研究 Part2 !!

～風と街路にどのような関係があるのか～

千葉市立打瀬中学校

1 研究の動機・目的

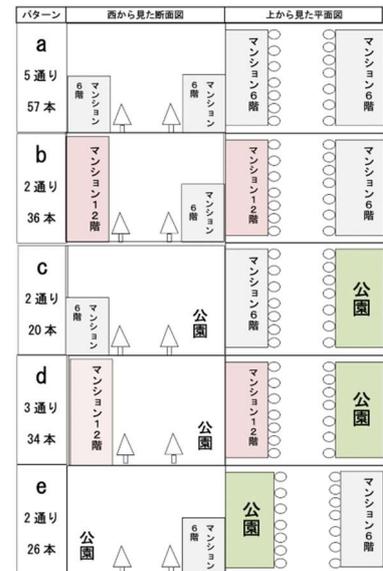
千葉市美浜区打瀬地区は、海岸近くにあるため風が強い。そのことが顕著に表れたのが、2019年の台風15号である。この台風の影響として、根こそぎ倒れていてしまっている街路樹が多く見られた。しかし、この台風15号以前からも街路樹が傾いている傾向があった。そのため去年は、街路樹が傾くのは普段打瀬地区に吹き込んでいる風によるものだと仮定し、街路樹の枝葉の傾く方向や、偏りを一本一本調べた。その結果から、街路樹の傾く方向や偏りに違いがあるのは、建物の高さや配置によって風力や風向が変化しているためではないかという考察に至った。そのため今年度は、建物の高さや配置の違いによって風力や風向がどのように変化し、街路樹に影響を与えているのかを明らかにすることを目的とした。

2 研究の内容と方法

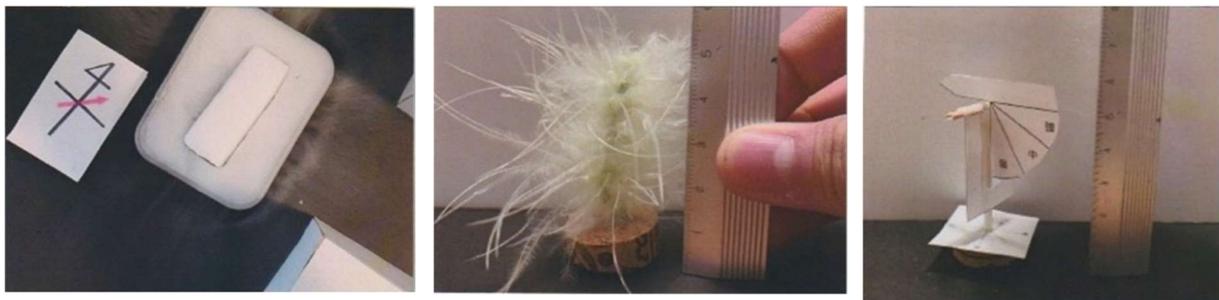
- 方法①： 去年の調査結果からみた樹への影響の分析。
- 方法②： ドライアイス煙を用いて、風の流れ方を調べる。
- 方法③： 樹の模型を用いて、樹への影響の仕方を調べる。
- 方法④： 街路中の各地点の風向と風力を調べ、パターン毎の違いをみる。
- 方法⑤： ①と②～④の比較

※今回、研究を行う上で、以下の定義づけを行った。

- ・影響： 「風が樹に及ぼす影響」、「被害や傾きの総称」とする。
- ・被害： 「樹の枝葉の偏り」や、「枝が折れていること」とする。
- ・傾き： 「樹が『幹から』曲がっていること」とする。枝が曲がっていても「傾き」とは呼ばない。



[資料1] 街路パターン



[資料2] 左から方法②、③、④の実験装置

3 研究の結果

(1) 方法①：現地調査（昨年実施）の結果の分析

- ◎ 高層沿いの街路は、他の街路と比べて被害の程度が大きく本数も多かった。
- ◎ 樹の北西面に被害が出るのが 38 本で、そのうちの 25 本が街路の北側だった。
- ◎ 樹の北面に被害が出ていたものは 33 本で、そのうちの街路に対する位置が北側の 15 本は建物がある方向に被害が出ていた。また、残りの 18 本は街路に対する位置が南側の樹だった。樹には側面だけでなく上や下に被害が出るものもあった。
- ◎ 同じ構造の街路でも影響の程度に違いがあった。

(2) 方法②～④：模型実験

- ◎ 風は建物に当たるとカーブして進行方向を変え、渦になった。その後、街路に平行に進んだ。
- ◎ ドライアイスの煙が途中で消えてしまうため、詳しい風の動き方はわからなかった。
- ◎ 街路の北西側や、南西側の建物の角に小さな渦ができる。
- ◎ 西側に樹の被害が出た。
- ◎ 北と南で樹の被害の差は見られなかった。
- ◎ 街路は北側は風が強いが、南側は弱い。
- ◎ 北に建物がない（パターン b）では、西の端にしか風の影響は見られなかった。

(3) 方法⑤：方法①と②～④の比較

- ◎ (1) と (2) で同じような現象が見られた場合と、異なる現象が見られた場合があった。
- ◎ 特に街路の北側は同じ現象になりやすいが、南側は異なることが多かった。風の流れを見えるようにしたが、模型の実験と現地調査の樹への影響が出たところの結果が、違うようすになることが多かった。
- ◎ 全部の街路の組み合わせで、風の強くあたっている可能性がある場所での調査結果と矛盾することが多かった。
- ◎ 風の向きと傾きの様子を観察したが、とくに街路の北側が低層で南側が空地の組み合わせと同じような結果が見られた。
- ◎ 風の様子を 3 種類の実験方法で見えるようにしたが、それぞれの方法で観察できることが違っていた。それらの関係性については、今回はわからなかった。



[資料3]街路パターン a の方法②、③、④の実験結果

4 研究の結論

- ◎ 樹への影響が北西面に対して多いことから、南西の風が建物から反射したのではないかと仮定して、南西の方角から模型の建物間の街路に風を送ると、風が建物にあたってカーブしていく様子が見られた。
- ◎ ドライアイスによる実験によって、風が建物の模型の壁にあたってカーブすると渦を作ることがはっきり見ることができた。
- ◎ カーブした風は、建物に挟まれた街路に沿って進むように見えた。
- ◎ 渦は街路の模型の中で不規則に発生し、複雑な動きをしており、その作用は詳しくはわからなかった。
- ◎ 風が建物の模型にあたってできたカーブは光のような入射角と反射角があるような直線的なものではなく、ゆるやかであるように見えた。片方に建物がない部分の場合は直進したり、拡散したりすることがあった。
- ◎ 観察から強い影響があると考えていた高層と低層の模型の建物の実験では、高さの変化による風の進み方の違いはよくわからなかった。
- ◎ 高層の建物の模型は横に長いので、低層と低層の間の時と比べて、より風を街路に引き込んでいる様子が見られた。
- ◎ 今回の実験で建物の配置や高さによる風の流れ方の違いは見られなかったが、これは今回使用した風が地面と平行だったためではないか。
- ◎ 調査結果と実験結果を比べたところ、街路の北側は結果がほぼ一致した。このため、街路の北側は南西の風によって影響が出ていると説明できる。
- ◎ 調査結果と実験結果を比べたところ、街路の南側は結果が一致しなかった。このことから、街路の南側は南西以外の方向から吹く風の影響ではないかと考えられる。

5 今後の課題

今後の課題として挙げられるのは以下の通りである。

- (1) 現地調査では、街路のパターンによって街路樹への影響に違いが見られたが、実験ではほとんどの街路のパターンで同じ結果になった点。
- (2) 現地調査では、街路樹の被害の度合いは各街路でばらつきがあったが、実験では西側が高く、東に向かうほど弱まっていった点。
- (3) 現地調査では、街路樹の被害が多い範囲は北西だったが、実験では西が多かった点。
- (4) 本実験では風向を南西のみに設定したため、別の方向からの風の影響がわかっていない点。
- (5) 渦が実際どのように作用しているのかという点。

6 指導と助言

身近なところから研究課題を見つけ、細かな調査、実験を行っている。しかし、レポート中の表や図が何を示しているのか、図中の記号や数字が何を表しているのかなどの説明が不足していたため、指導を行った。また、考察を行う時間が少なかったのではないかとこの部分が見受けられた。今後はより考察を深め、新たな課題を明確にし、さらなる研究につなげていくことを期待する。

(指導教諭 三本木 慎之介)

北方系アゲハと南方系アゲハの生態の違いについて

～キアゲハとジャコウアゲハの比較より～

千葉市立幸町第二中学校
第2学年 鈴木 禎人

1 研究の動機

私は10年にわたりジャコウアゲハの飼育と観察を行っている。自分の畑でジャコウアゲハの食草であるウマノスズクサを育てており、これまでも様々な実験を行い生態について調べてきた。特に3年前の夏の異常な暑さで畑のウマノスズクサが枯れ、ジャコウアゲハが全滅してしまったことから、環境の変化がジャコウアゲハに与える影響について関心を持つようになった。また、兄がキアゲハの生態について長年研究をしており、北方系のアゲハであるキアゲハと南方系のアゲハであるジャコウアゲハではどのように生態が違うのか、環境による影響はどのように違うのかということについて興味を持つようになった。



キアゲハ(左)とジャコウアゲハ(右)

このことから、キアゲハとジャコウアゲハの生態の違いと環境変化による影響の違いについて調べることにした。結果を得られるだけの実験データを集めるのに3年かかったが、ある程度の結果を得ることができたため、実験と結果についてまとめることにした。

2 研究の方法と内容

この研究では、以下の3つのことについて調べた。

(1) キアゲハとジャコウアゲハの休眠条件についての実験方法

キアゲハとジャコウアゲハの休眠条件を比較するにあたり、キアゲハの休眠条件については兄が長年研究し、得ている結果があるため、今回の実験においてはジャコウアゲハの休眠条件を調べ、キアゲハとジャコウアゲハの休眠条件について比較検討することにする。

キアゲハの休眠条件を調べる実験において、日長と温度を変化させてどのような条件で休眠するかを調べているため、同手法を用いてジャコウアゲハの実験を行うこととした。

(2) キアゲハとジャコウアゲハの休眠明けの条件についての実験方法

キアゲハとジャコウアゲハが春先に休眠から明ける条件について比較するため、キアゲハとジャコウアゲハの休眠蛹を作り、一定期間冷蔵庫で保存した後、冷蔵庫から取り出す。その際、日長と温度の条件を変えてどの条件で羽化が起こるか調べ、キアゲハとジャコウアゲハの違いがあるか比較した。

(3) キアゲハとジャコウアゲハの同期化の条件についての実験方法

休眠から明ける際には、蛹の間に一定期間の低温環境に置かれないと一斉羽化(同期化)が起きないことが知られている。実際に低温環境である期間はどの程度必要なのかを調べるため、キア

ゲハとジャコウアゲハの休眠蛹を作り、冷蔵保存する期間を変えて保存する。冷蔵保存後、長日・高温下に置き、一斉羽化が起こるかどうか実験し、低温環境がどの程度必要なのか、また、キアゲハとジャコウアゲハで違いがあるのかについて比較検討した。



実験の様子

3 研究の成果とまとめ

(1) キアゲハとジャコウアゲハの休眠条件

今回の実験においては、ジャコウアゲハの休眠条件を確定するまでには至らなかったものの傾向をつかむことはでき、キアゲハとジャコウアゲハの休眠条件の違いを知ることができた。キアゲハは高温下(29℃)であっても3齢期以降が短日になることでほとんどが休眠すると考えられ、日長による影響が強いと考えられる。これに対し、ジャコウアゲハは3齢期以降が短日になっただけでは完全には休眠しない。ジャコウアゲハが休眠するには短日なることに加えて低温となることが必要であり、キアゲハよりも休眠決定における温度の影響が強いと考えられる。

これは、キアゲハは比較的寒い地方にも生息しており、寒い地方においては日長が短くなると寒くなる可能性が高いため、日長が短くなることで休眠を決めるのではないかと考えられる。一方、ジャコウアゲハは比較的暖かい地方に生息しており、暖かい地方においては日長が短くなってきてもまだ十分暖かい可能性があるため、日長に加えて温度が下がることによって休眠を決定するのではないかと考えられる。

(2) キアゲハとジャコウアゲハの休眠明けの条件

休眠明けの条件についての実験では、キアゲハとジャコウアゲハともに、休眠から目覚める条件は温度が高くなることであることが分かった。日長の長短による大きな違いは見られず、休眠明けの条件は温度による影響が大きいと考えられる。温度の高低は羽化までの期間に影響し、温度が高い程羽化までの期間が短くなることが分かった。また、キアゲハとジャコウアゲハでは、15℃の環境、20℃の環境ともにキアゲハよりもジャコウアゲハの方が羽化までに日数がかかっており、キアゲハの方が温かくなってすぐに反応するのに対してジャコウアゲハの方が温度に慎重である様子が見られた。これは、キアゲハは寒さに比較的強く、春先に暖かくなった後少し寒くなるような状況でも活動できるためであると思われる。これに対し、ジャコウアゲハは温暖な気候での活動が適しており、確実に暖かくなってから羽化するために温度が高い日が長く続いてから羽化するものと考えられる。加えて、えさである食草との関連も考えられる。セリ科植物は比較的涼しい場所を好むため、ある程度温かくなれば芽を出しているため産卵場所も存在する。しかし、ウマノスズクサは確実に温かくなしないと芽を出さないため、食草の発生周期に合わせて羽化しているということも考えられる。

(3) キアゲハとジャコウアゲハの同期化の条件

キアゲハとジャコウアゲハの同期化についての実験では、多くのことが分かった。キアゲハは休眠しても高温・長日の環境においておくと1ヶ月くらいで徐々に羽化をしてくる。一方、ジャコウアゲハは、一度休眠すれば少なくとも4ヶ月以上は羽化をしてこないことが分かった。この原因として、キアゲハは春先暖かくなると早く反応して羽化をしてくるため、場合によっては、春に育つ幼虫が休眠に入る可能性もある。そのため、その年の活動期間内に羽化ができるように休眠蛹になってもその後高温の環境が続けば羽化をするのではないかと考えられる。

一方、ジャコウアゲハは春先に暖かくなってもすぐには羽化せず、暖かい期間が長く続いてから慎重に羽化を決める。このため、春先の幼虫が休眠蛹になることはほぼないと考えられる。秋に休眠するのであれば、多少暖かい日が続いたとしてもその後寒くなる可能性が高く、冬の期間を確実に避けるためには長期にわたって休眠をした方が有利になるため、一定期間はどのような環境でも羽化してこないものと考えられる。



羽化のようす

2つ目に、キアゲハとジャコウアゲハの同期化のために必要な寒冷期間の長さについてである。キアゲハは寒冷期間が3ヶ月くらいから同期化の傾向が見られるようになる。一方、ジャコウアゲハでは寒冷期間が4ヶ月くらいから同期化の傾向が見られる。キアゲハよりジャコウアゲハの方が必要とする寒冷期間が長かった。この原因として、ジャコウアゲハは、温暖な地域に生息しており、寒冷期間が短い温暖な地域に生息する場合は、食草であるウマノスズクサが生えている期間も長いと考えられる。そのような場合には、ジャコウアゲハは同期化しない方が有利になるのではないかと考えられる。なぜなら、ジャコウアゲハは外敵に襲われる心配が少ないためチョウにまでなれる個体が多い。そのため、同時期に多くの幼虫がいなくても子孫を残せる可能性が高い。それよりも一斉羽化して局地的にしか生えていないウマノスズクサを取り合い、共食いとなる方が生き残れる可能性が低くなる。このことから、暖かい環境であれば一斉にではなく、徐々に羽化をした方が生き残れる可能性が高くなるため、同期化が起こらないのではないかと考えられる。しかし、寒冷期間が長い比較的寒い地域では、食草であるウマノスズクサが生えている期間に限られ、活動期間も短くなるため、同期化して一斉に羽化し時期を合わせた方が子孫を残すためには有利に働くのではないかと考えられる。

3つ目に同じ期間であっても夜のみ寒くなり昼暖かい環境では、同期化が起こりづらくなるということである。キアゲハは、一日中寒い状態では同期化できた期間であっても、夜だけ寒く昼が暖かい環境ではばらつきができ、同期化しづらくなると考えられる。一方、ジャコウアゲハにおいては、昼暖かく夜だけ寒い（昼は20℃以上あり夜も冷蔵庫では3~5℃程度で氷点下にはならない）環境では休眠を継続せず、羽化をしてしまうことが分かった。

4 今後の問題点

今回の実験において、多くの実験を行ったが、生物を対象にしているので、思うようにいかないことも多く、苦労も多かった。しかし、身近な生物が環境に見事に適応している様子を見ることができた。近年の環境変化によって、生態の変化がどうなっていくのかがとても気になるので、今後に関心を持って観察していきたいと思う。傾向はつかめたものの実験数が足りないものもあり、さらに結果を確実なものにするためには、もっと多くの実験数をそろえる必要があると思う。特にジャコウアゲハの休眠の条件についてはまだわからないことが多く、どのような条件でジャコウアゲハが休眠を決めるのかについて今後さらに実験を重ねて調べたいと思う。

5 指導と助言

基本的な実験方法については兄から引き継いだ確立した手順があるため、それを順守させた。予想よりも家庭での生育がうまくいかず、より多くのデータを集めるために生存率向上の手立てと、実験目的と考察が明解になるように指導した。 (指導教諭 佐藤 祐一)

1 研究の動機や目的

家にある加湿器の取扱説明書を見ていたら、「エッセンシャルオイルがプラスチック製のタンクの外側についたら、すぐにふき取るように」と書かれていた。もしそのままにしたらどのような影響が出るのか知りたくなり、研究したいと思った。

- (1) エッセンシャルオイルをプラスチックに垂らすと、どのような影響があるか。
- (2) 影響があった場合、影響を与えるスピードや様子は全て同じなのか
- (3) 影響があった場合、どのような成分が影響を与えているのか。

2 研究の内容と方法

- (1) 10種類のエッセンシャルオイルが6種類のプラスチックに影響をもたらすか比較実験

方法 小さく切った6種類のプラスチック片に、数滴ずつ10種類のエッセンシャルオイルをそれぞれに垂らす。垂らした直後と、1日後の様子を観察する。

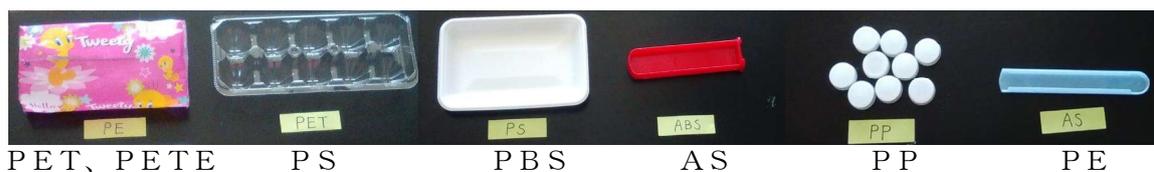
結果 [表1参照] ※表中の表記内容について他の結果も同様に扱う

－：反応なし ±：色がはがれた +：中が少し溶けたり、溶けて穴が開いたりした ++：ほとんど溶けた

[表1] エッセンシャルオイルの種類とプラスチックの影響

エッセンシャルオイルの種類	実験	実験	実験	実験	実験	実験
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6
	PET PETE	PS	ABS	AS	PP	PE
① ダマスクローズ Abs.	－	－	－	－	－	－
② オレンジスイート	－	++	－	－	－	±
③ フランキンセンス	－	++	－	－	－	±
④ ゼラニウム	－	－	－	－	－	±
⑤ ティートウリー	－	++	－	－	－	±
⑥ ペパーミント	－	+	－	－	－	±
⑦ ユーカリ	－	++	－	－	－	±
⑧ ラベンダー	－	+	－	－	－	±
⑨ レモン	－	++	－	－	－	±
⑩ ローズマリー	－	+	－	－	－	±

実験 1-1 実験 1-2 実験 1-3 実験 1-4 実験 1-5 実験 1-6



〔資料 1〕 実験に用いたプラスチック

(2) リモネンに関する実験

a. 「リモネン」の成分が、「ポリスチレン(PS)」に影響を与えているか調べる。

方法 PSを2～3cmの大きさにカッターで切り、シャーレに入れる。リモネンを含む生活用品の液体を垂らし観察する。〔表 2〕 使用する商品（リモネンを含む商品）の種類と成分

	商品の種類	成分
①	エッセンシャルオイル (オレンジスイート)	リモネン (95.75%)、シルセン、 α -ピネン、パレンセン、サビネン、リロナール、オクタナール、デカナール
②	IH&ガスコンロ用クリーナー (ウエットティッシュタイプ)	アルカリ電解水、発酵エタノール、d-リモネン
③	テープはがし (強力タイプ)	石油系炭化水素、イソプロピルアルコール、リモネン、酢酸n-ブチル
④	住居用合成洗剤	界面活性剤 (4%ポリオキシエチレンアルキルエーテル)、アルカリ泡調整剤、安定化剤、d-リモネン、金属封鎖剤、酵素、香料
⑤	リモネン	メチルイソプロペニシクロヘキセン (リモネン 98.4±0.4) 他オレンジ成分残留物 (1.2～2%)

結果 表 3 参照 ※ 〔表 3〕 リモネンの成分のポリスチレンへの影響

	商品の種類	直後	1日後
①	エッセンシャルオイル (オレンジスイート)	++	++
②	IH&ガスコンロ用クリーナー	-	-
③	テープはがし(強力タイプ)	+	+
④	住居用合成洗剤	-	-
⑤	リモネン	++	++

b. 「リモネン」の成分がポリエチレン (PE) の色をはがしたりポリスチレン (PS) を溶かしたりする様子を、拡大して観察する。

c. 「リモネン」を含んだ商品 (①～④) と「リモネン」(⑤) では、油汚れを落とす効果において、どちらも同程度の効果を得られるのか調べる。

(3) ピネンに関する実験

a. 「ピネン」という成分がプラスチックに影響を与えているのかを調べる。

方法 「リモネン」よりも「ピネン」を多く含むエッセンシャルオイル4種類を、6種類のプラスチックに2～3滴ずつ垂らす。垂らした直後と1日後の様子を観察する。

結果 表 4 参照 ※ 〔表 4〕 ピネンを多く含むエッセンシャルオイルのプラスチックへの影響

エッセンシャルオイルの種類	ピネン含有率	リモネン含有率	PET PETE	PS	ABS	AS	PP	PE
① ヒノキ	37.34%	1.23%	-	+	-	-	-	±
② フランキンセンス	41.70%	12.16%	-	++	-	-	-	±
③ ジュニパー	53.06%	53.06%	-	++	-	-	-	±
④ サイプレス	51.45%	54.45%	-	++	-	-	-	±

- b. 「リモネン」が全く含まれていないテレピン油（成分は主に a-ピネンと b-ピネンで、リモネンを含まない）でも、「リモネン」と同様にプラスチックに影響を与えるのかを調べる。

結果 表5参照 ※ **【表5】 テレピン油のプラスチックへの影響**

		PET PETE	PS	ABS	AS	PP	PE
①	テレピン油	—	+	—	—	—	±

3 研究の成果とまとめ

- (1) エッセンシャルオイルをプラスチックに垂らすと、影響があるものとなないものがあり、その中でもポリスチレン（PS）は影響が大きく、よく溶ける。
- (2) プラスチックを溶かしたエッセンシャルオイルの中には「リモネン」と「ピネン」という成分が含まれていた。
- (3) リモネンはプラスチックを溶かす働きがあり、リモネンが多く含まれているほど、よく溶ける。
- (4) ピネンには、多少ポリスチレン（PS）を溶かしたり、ポリエチレン（PE）を変形させたり、色の加工をはがしたりする働きがあるが、リモネンに比べてプラスチックに与える影響は小さい。

リモネンとピネンに何か共通していることがないか、もう一度実験に用いたエッセンシャルオイルの成分について調べてみたら、リモネンとピネンはどちらも「テルペン系炭化水素」というグループの「モノテルペン炭化水素」に属していることがわかった。だから、2つは物質が持つ特徴や構造が近かったのだろう。リモネンとピネン以外のテルペン系炭化水素に属する物質なら、プラスチックに影響を与える可能性がある。リモネンとピネンを含んでいない「ラベンダー」のエッセンシャルオイルも、プラスチックに影響を与えたが、成分を調べると、リモネンとピネンとは別のテルペン系炭化水素を含んでいた。プラスチックに影響がなかった「ダマスクローズ」と「ゼラニウム」のエッセンシャルオイルは、テルペン系炭化水素が何も含まれていなかった。つまりエッセンシャルオイルにテルペン系炭化水素に属する物質が含まれていると、プラスチックに影響を与える可能性があるといえる。

4 今後の課題

ピネンを多く含み、マツを原料としているテレピン油にはいくつかの製法があると知った。その中で亜硫酸テレピン油は、他のテレピン油とは異なり、p-シメンが主成分だと知った。エッセンシャルオイルの中に、p-シメンが含まれているものもあったので、p-シメンとプラスチックの関係についても調べたい。今回の実験に様々なエッセンシャルオイルの成分をよく比較することで、最初の動機であったプラスチックを溶かす何かに近づけたのではないかと思う。今後の研究でも、実験結果とそれがもつ情報をよく精査して考えていきたい。そして考察で考えたテルペン系炭化水素とプラスチックの関係を明らかにできたらいいなと思う。

5 指導と助言

最初に得られた実験結果からリモネンが原因ではないかと考察し、その後も実験を重ね、PSを溶かす原因物質の特定に近づいた。実験から得られたデータとエッセンシャルオイルの特徴や成分を丁寧に比較し、共通する点を見出すことができた。オイルの温度や濃度、物質の含有率をそろえる等、条件制御をして反応が変わるか試してみるとよい。 (指導教諭 小玉 春恵)

シジュウカラ子育て記録

～親鳥の行動観察とヒナの成長～

千葉市立 真砂中学校
第1学年 遠藤 和喜

1 研究の動機・目的

庭にかけた巣箱で、今年の春シジュウカラが子育てをした。子育ての様子や餌、巣材、行動範囲などに興味を持ち、観察・研究した。

シジュウカラの子育て、ヒナの成長までの様子を明らかにし、巣材の種類、餌の種類、親鳥の行動範囲、餌の与え方、頻度について調べた。

2 調査について

(1) 調査期間

2021年2月11日～8月（子育て期間：2021年2月11日～5月4日 全84日間）

(2) 調査方法

- ① 家の中から双眼鏡を使用し、親鳥を観察。
- ② 巣の中の様子は、親鳥がいない時に、ファイバースコープで観察、撮影。
- ③ 巣立ち後、巣を取り出して、巣材や産座の中のものを調べた。
- ④ えさは、親鳥が運んできた時にカメラで記録し、後で種類を同定した。
- ⑤ 親鳥の行動範囲は、親鳥を追跡しながら記録した。

3 観察について

(1) 観察記録

① 下見期（2月11日～3月15日）

初めて巣箱をのぞいた。メスのネクタイ（胸の真ん中の黒い線）が曲がっていて、オスはネクタイが少し細いことを確認。メスが先に巣箱に入り、約1か月後オスが入る。

② 巣作り期（3月16日～3月31日）

ペアで巣材を運んでいた。コケ類や毛を何度も運んでいることを確認。

③ 卵期（4月1日～4月8日）

8個の卵を確認。大きさは1.7cm。茶色の斑点があり、模様は1個ずつ異なっていた。

[資料1]

④ 抱卵期（4月9日～4月16日）

卵には変化なし。メスは巣の中、オスが餌を取ってメスに与えていた。

⑤ 赤子・成長期（4月17日～5月3日）

8羽のヒナを確認。目は黒く大きく、くちばしは黄色かった。[資料2]

順調に成長し、ネクタイ模様も見えるようになった。産座からはみ出し、口を大きくあけてえさを待っていた。[資料3]

⑥ 巣立ち (5月4日)

親鳥が鳴いて外へ誘導。なかなか出てこなかったが、翌朝、全ての巣立ちを確認。

⑦ 巣立ち後の記録 (5月5日～5月18日)

親鳥とヒナがいる様子を確認。はじめ、ヒナの飛び方はフラフラしていて、家の柱にぶつかっているヒナもいた。その後、飛び方もフラフラせず飛んでいた。[資料4]



[資料1]



[資料2]



[資料3]



[資料4]

(2) 巣について

① 巣の形状

縦 14.5 cm、横 10.0 cm、産座縦の直径 6.0 cm、産座横の直径 7.0 cm、産座の深さ 3.5 cm

② 巣材

コケ類、動物の毛、綿 (化学繊維)、スズランテープ、枯れ草、木の枝、網戸の網、糸、花のおしべとめしべ、植物の葉、ビーズ、ビニール [資料5]

③ 遺物

鳥の羽、フン、カタツムリの殻 [資料6]



[資料5] コケを運ぶ様子



[資料6] カタツムリの殻としん

(3) 親鳥の行動について

① ヒナに与えていたエサについて

昆虫の幼虫 (ガ、キリガ、マイマイガ、チャドクガ、シジミチョウ、ハバチ)、昆虫の成虫 (ガ、シャクガ類、ガガンボの仲間、ムシヒキアブ、ハナアブ)、その他節足動物 (バッタ目、オニグモの仲間) [資料7]

② 行動範囲について

えさを取りに行く方向を観察し、行く回数が多い方向に行き待ち伏せする。シジュウカラが出て行った方向を肉眼で確認する。どの木に行ったか、どの方向へ行ったかを確認し、地図に記録する。

[資料8]



[資料7]



[資料8]

4 まとめ

巣作りから、8個の卵の孵化、巣立ちまでを観察できた。巣材は、主にコケ（コツボゴケ）が使用されていた。その他、人工物なども使用されていた。周りの環境を利用していることがわかった。

親鳥の行動範囲は、巣から約30～170mだとわかった。

えさ運びの回数は、60分あたり11～29回だった。えさ運びは日没前後の4～6分程で終わっていた。

5 指導と助言

長期間継続的な観察をし、子育てや餌、行動範囲について等、丁寧に調べている。今後も研究を深め続けてほしい。

(指導教諭 秋元 有里奈)

「花見川塩」の生成

～どこまで河口に近づけば塩が採れるのか～

千葉市立花園中学校
第3学年 松井 沙樹

1 研究の動機・目的

塩は人が生きていくうえで欠かせない要素の一つである。近年の災害等の影響で道路や港湾が使えなくなってしまった時に塩は自給できるのか、身近な海で塩は採れるのか、疑問に感じたのが、本研究を進めようと思ったきっかけである。千葉市は、東京湾に面しており、実験をする環境としては十分だと感じた。学区内には、印旛沼から東京湾へ流れる花見川が流れている。花見川が海とつながっているということは、もしかしたら、家の近所の花見川でも塩が採れるのではないかと思った。実験をするなら、できるだけ近くから塩を採りたい、それが本研究のテーマである。

2 研究の内容と方法

(1) 研究方法

- ① 川水を地点ごとで、バケツにロープを括り付けることによって採水する。
- ② 自宅に川水を持ち帰り、鍋で蒸発させる。
- ③ 塩の結晶を抽出するためには、ゆっくりと沸騰させる必要があるため、煮詰めたところで火からおろし、アルミカップに移した後に天日干しすることにより、結晶を抽出する。
- ④ 抽出された塩の量をそれぞれ測定することによって、塩分量を計算しつつ、比較する。
- ⑤ 以上をまとめ、考察する。

(2) 採水地点

地点番号	地点名称	検見川浜からの距離(km)
1	瑞穂橋	3.9
2	浪花橋	3.3
3	房総往還	3.0
4	真砂大橋	2.2
5	J R 京葉線	1.3
6	磯辺橋	0.4
7	花見川突堤	0



①瑞穂橋



②浪花橋



③房総往還



④真砂大橋



⑤JR京葉線



⑥磯辺橋



⑦花見川突堤

(3) 実験器材

準備した実験器材は、以下の表のとおり。

	実験器材	使用目的
現場に持参	ペットボトル	採水用。強風によりペットボトルが舞い、川面に着水しないため、後にバケツに変更
	バケツ	
	ロープ	バケツで汲んだ水の回収用
	試料保管用ペットボトル7本	各地点で採水したサンプルの保管用
実験用	鍋	採水した川水の蒸発用。塩の結晶をゆっくり抽出するため、量が1/3程度になるまで煮詰め、以後は天日干しとする
	ガスコンロ	
	ビーカー	容量の計測用
	ろうと	不純物除去用。ろ過紙は、コーヒーフィルターで代用
	ろ過紙	
	アルミカップ	塩分の結晶観察及び重量計測用
	デジタル計り	蒸留した重量測定用



バケツ、ロープ、ペットボトル



鍋



ビーカー、ろうと、ろ過紙



アルミカップ、デジタル計り

3 研究の成果とまとめ

(1) 抽出された結晶量

	地点名称	空容器(g)	空容器+結晶量(g)	結晶の重さ(g)
1	瑞穂橋	2.31	2.54	0.23
2	浪花橋	2.48	2.81	0.33
3	房総往還	2.43	2.77	0.34
4	真砂大橋 [※]	2.49	3.00	0.51
5	J R 京葉線	2.40	3.00	0.60
6	磯辺橋	2.53	3.41	0.88
7	花見川突堤	2.41	3.30	0.89
参考	九十九里浜	2.50	3.89	1.39

(2) 追加実験

瑞穂橋付近の川水からも塩類の結晶が抽出できたが、この塩類は海水を由来とするものなのか、あるいはもともとの上流である印旛沼に塩分が含まれているのか疑問に感じた。北総台地は、火山灰を主とする台地であり、塩の主成分であるナトリウムは多く含まれていない。そのため、瑞穂橋付近の川水の塩類は、海水を由来とすると仮説を立てて、上流の印旛沼から塩分が流れてきていないことを証明するため、印旛沼の水を同様にして蒸発させて結晶量を確認した。

(3) 研究結果のまとめ

- ① 検見川浜から上流へ約3.9 kmさかのぼった瑞穂橋付近における花見川の川水にも塩類が含まれている。瑞穂橋付近で川水を採取して、一日に必要な塩分量1.5 gを得るためには、(衛生上はともかくとして) 326 gの川水を蒸発させれば良い。
- ② 河口から離れれば、塩分濃度は下がるが、正確な測定のためには、より多くの川水を蒸発させる必要がある。
- ③ 追加実験から、上流の印旛沼には塩分はほとんど含まれていないことが確認され、瑞穂橋で採取した塩類は、海水由来と考えられる。

「各地点から抽出された結晶」



4 今後の問題点

気象や潮汐、さらに上流の降水による河川流量によっては、塩分濃度に変化が生じる可能性がある。本実験は、8月19日時点で採水したものであり、月ごと、あるいは季節ごとにサンプルを採取することによって、安定的に花見川産食塩の生成が可能か実証することができる。

塩分を含む密度の多い液体は、下部を流れることを踏まえれば、表層水のみではなく、中層、下層の水をサンプルとして採取する必要がある水温や密度等の性質が異なる液体は、混ざりにくく、比重の高い塩水は底部を流れていた可能性がある。川の底部であれば、より塩分濃度の高い川水が採水できた可能性があった。今回は、実験器材と安全上の制約から、岸壁に近い表層水のみ採取となったが、より正確な実験サンプルを採取するためには、採取する深度を変える工夫が必要だった。ただし、バケツを川底に着地させられとしても、バケツを引き上げる過程で表層水と混ざる可能性があり、この方法での検証は難しいと考える。

5 指導と助言

データ整理が的確であり、表やグラフも見やすくわかりやすい。実験の方法に独創的なアイデアが見られ、発想能力の高さがうかがえる。また、根気強く広域でデータを取っており、その実験結果をもとに、追加実験の必要性に気づき、さらに範囲を広げて調査をしている点が素晴らしい。改善点としては、正確で客観的な塩分濃度を算出する方法が考えられるとよりよいことが挙げられる。

(指導教員 柴田 航)

ダイコンが太くなるとき、ダイコンはどのくらい大きな力で
土を押しているのか

～物理的な手法によってダイコンが土を押す力を考察する～

千葉市立花園中学校
第1学年 渡辺 恭行

1 研究の動機

店の野菜コーナーで、太くてまっすぐなダイコンが沢山並んでいるのを見たときに「なぜ、このように太くてまっすぐなダイコンが数多く育つのか」という問題を見付けた。

そこで、ダイコンが土を押している様子や力の大きさを調べたら、太くまっすぐ育つ理由を説明できるのではないかと考えて、研究テーマを設定した。

2 研究の目的と方法

本研究の目的は、ダイコンが太くなる様子を観察するとともに土を押す力の大きさを物理的に測定することである。そのために以下2つの視点で研究計画を立てた。

(1) 研究の方向性を定める実験 (2) 力の測定

これらの視点について「問題発見→予想→方法→結果→考察→新たな問題発見…」というサイクルで明らかにする。

3 研究の内容

(1) 研究の方向性を定める実験

まず、約300本のダイコンを地点1、2で育てながら、研究の方向性を以下のように探った。

- ① 畑の土を深さ30cmまで10回耕す。
- ② 黒色のマルチシートをかけ、直径10cmの穴(土が見える部分)にホームセンターで売っている一般的なダイコンの種を植える。
- ③ 二つの地点に合計300粒植え、ダイコンの育ち方を観察しながら、どのような条件ならばダイコンが太くまっすぐ育つのかを考えた。

(2) (1)の結果と考察

300本のダイコンのうち、まっすぐに太く育たないダイコンが約40%見られた。そこで、太くてまっすぐなダイコンを育てるために、「ダイコンが土を押す力の大きさ」と「『大根十耕』」というように、何度も何度も土を耕す理由の2つに視点を絞って研究を進めることにした。

(3) ダイコンが土を押す力の測定

- ① 塩化ビニルパイプ中で育てる。(図1) →パイプを壊さない程の弱い力で押していた。塩化ビニルパイプの内側の形に沿って円柱形で育ったダイコンは1本もなかった。
- ② 狭い場所でダイコンを育てる。→主根は細く、長い。
- ③ ダイコンの成長する先に障害物を置く。→【失敗】



図 1 塩ビパイプの中で育てたダイコンの様子

- ④ 畑で地上に出ているダイコンの長さを調べた。→主根が太いと地上部分が長い。
- ⑤ メスシリンダーで土の粒を調べた。→粒の細かい土、荒い土の2種類へ分かれた。
- ⑥ 水の浸透時間を測定した。→土の粒が細かいと水の保持時間が長い。
- ⑦ ダイコン周辺に水を流す。→水はダイコン表面に集まる。
- ⑧ 土を耕す回数と成長の関係を調べた。→回数が多い程、まっすぐに育つ。
- ⑨ 土粒の大きさと成長の関係を調べた。→土の粒が大きいほど主根が細い。
- ⑩ ビー玉をダイコン周辺に埋めて移動の仕方を調べた。→ビー玉の動きでは土を押しす力を観察できなかった。
- ⑪ 成長前後の土の断面の観察をした。→土の密度の変化を観察できなかった。
- ⑫ 土の質量を測定した。→ダイコン周辺に近い程、土の密度は小さかった。
- ⑬ ダイコンの水分量を測定した。→ダイコンの約96%は水であった。
- ⑭ 土の水質量を測定した。→どの場所の土でも水の水質は同じ。
- ⑮ ダイコンの側根の生え方を調べた。(図2) →側根は右回りの螺旋状。
- ⑯ ダイラタント流体実験をした。(図3) →物体の質量が軽い程、速く沈む。



図 2 ダイコンの側根が螺旋状右回りに生えている様子



図 3 物体が流体に沈む様子

4 研究のまとめ

(1) 研究の成果と課題

親戚から聞いた「大根十耕」、つまり、土を十分に耕すことで、土が柔らかく細かい粒子になり、土がダイコンの成長によって移動しやすくなると考える。そして、ダイコンは土に弱くてゆっくりとした力を何度も何度もかけることで、土を押し退けて成長していると結論付けた。

さらに、研究を通して、ダイコンが雨や人（水やり）など外部から与えられる水、もしくはダイコン自身から土に出している水を利用しながら土を柔らかくし、ゆっくりとした速さ、小さな力で押し、太く育っていくことが各実験から示された。その際、ダイコンに生えている側根がねじの役割をして、ダイコンが下に伸びることを助けている。さらに、土の粒が大きい、もしくは硬い場合、ダイコンの主根もしくは側根がレーダーのような役割をして、土の柔らかい部分を探しだして、ダイコンが曲がって成長したり、二股以上に分かれたりする。そして土の移動には水の存在が必要不可欠であり、「ダイコンの主根が水を出して土を柔らかくしている」という仮説を立てるに至った。しかし、現段階では、それを証明することができなかった。

今後はダイコンが土を押しす力の大きさやダイコンと土の間の水のやり取りについて、もっと客観的なデータを示して考察したい。

(2) 研究の感想

たくまっすぐなダイコンを育てること、力の大きさを測定することは難しいことが分かった。この研究で農家の努力やありがたみを深く考えるようになった。

世界中で食品ロス、食糧自給率、食品の安全性が深刻な問題になっているが、私たちがこれらの問題に関して興味をもち、農家の苦労や努力を知ることが大切である。そして、世界中の人ができる「身近な行動」を起こす提案をすることが、私たち世代の使命だと考える。私の研究論文が人々の意識や生活実践の変化に少しでも影響を与えることができれば嬉しい。

5 指導と助言

ダイコンの成長の仕方に疑問をもち、まずは育ててみて、そこから実験の方向性を定めている。仮説を明確に立て、その究明のために試行錯誤を繰り返しながら粘り強く検証を重ねる姿勢が素晴らしい。特に力の測定については、ダイコンの周りの土の柔らかさや、土がどう移動しているか、周辺の水の様子や側根の生え方など、多面的に調査しており、実験の信憑性を高めることに繋がっている。また、新たな課題についてもよく考えられており、継続研究が非常に楽しみである。助言としては、ダイコンが土を押しす力について、数値化された客観的なデータが必要になるであろうと考えられる。本来ならば中学校3年で学習する「仕事」の計算方法などを先に学習すると、より物理的なアプローチの仕方が閃くのではないだろうか。

(指導教諭 柴田 航)

カイコが家畜になれたわけ

＝クワコとの同時飼育でわかったこと＝

千葉市立緑が丘中学校
第1学年 谷本 惟音

1 研究の動機や目的

カイコは、牛や豚などと同じ家畜として認められ、ミツバチとともに、「家畜昆虫」と言われている。しかし、カイコ以外にも、糸を吐き、繭を作るガの幼虫はたくさんいる。その中でもなぜカイコが、家畜として選ばれたのか気になり、調べたいと思った。

2 研究の方法と内容

カイコを実際に飼育し、繭が収穫されるまでの過程を調べる。また、カイコの原種であるクワコや、同じチョウ目で繭を作るヤママユを飼育し、繭を収穫することで、カイコが家畜として選ばれた理由について調べる。

実験1：カイコの飼育から繭が収穫されるまでの過程を探る

カイコガが産卵する様子を観察し、卵をふ化させる。その後、ふ化した幼虫を飼育し、繭を収穫する。収穫した繭から、糸を取り、どのくらいの糸が取れるのか調べる。

実験2：クワコの飼育からカイコとの相違点を探る

カイコの原種であるクワコを幼虫から飼育し、カイコとの様子の違いを比較する。野外観察を通して、クワコの繭や、卵がどのように生まれているかを調べる。

実験3：ヤママユの飼育からカイコとの相違点を探る

カイコと同じチョウ目の他種であるヤママユを幼虫から飼育し、繭が取れるまでの過程を調べる。また、繭から実際に糸をとってみる。

3 研究の成果とまとめ

実験1：カイコガに産卵させることに成功し、609匹の幼虫をふ化させることができた。ふ化後、終齢まで育て、自作のまぶしを用いて繭を収穫することができた。収穫時、540匹が生存し、生存率は89%であった。繭から糸を取ることができ、糸の長さは1300m取ることができた。



資料1 ふ化後のカイコ

実験2：飼育した14匹のうち、7匹が繭を作る前に死んでしまった。また、4匹は寄生バエに、1匹が寄生バチに寄生されていた。観察した繭には、小さな穴が空いているものがあった。クワコの卵は、1か所にまとめて産んであるものもあったが、1つ1つがばらばらに産まれているものが多かった。



資料2 クワコと繭



資料3 寄生された繭

実験3：ヤママユはカイコのように、繭を作る場所を限定することが難しく、勝手な場所に繭を作る。糸取りはカイコの繭同様、簡単に巻き取ることができるが、取ることのできる糸の長さは、600m～700mとカイコの半分程度の糸しかとることができない。ヤママユの糸は天蚕糸と呼ばれ、カイコの糸よりも高価で取引されてきた。カイコは共食いをしないことが多いが、ヤママユはエサが足りなくなると、共食いをすることがある。



資料4 ヤママユの繭

4 研究の結果とまとめ

研究を通して、以下の4つの点から、原種であるクワコや、チョウ目他種であるヤママユなどに比べて、家畜として適しているため、カイコは家畜になることができたのではないかと考えた。

① カイコは飼育が容易である

カイコはクワコの幼虫と比べおとなしく、クワの葉を与えていれば、安心して飼うことができる。クワコは寄生虫に寄生されることが多いが、カイコは寄生や病気が少なく、生存率が高いことがわかった。

② 卵が扱いやすい

カイコは人間が決めたところに卵を産み、1か所にまとめて卵を産む。卵自体の管理もしやすく、温度や湿度を調節することで、ふ化させたい時期に合わせることができる。



資料5 自作のまぶし（すすき）

③ 糸を容易に取り出すことができる

カイコはクワコに比べ、繭から糸が取りやすい。ヤママユは糸が取り出しやすく、カイコの糸よりも高価で取引されるが、カイコの繭のほうがより多くの糸を取り出すことができる。また、まぶしを用いることで、カイコの習性を利用して回収しやすい場所に繭を作らせることができる。一方でヤママユは、繭を作る場所の限定が難しく、繭の回収が容易ではない。



資料6 自作のまぶし（猫よけマット）

④ エサとなるクワが栽培しやすい

害虫が多いと農薬を使うことになり、エサとして与えにくくなるが、クワの木は害虫が少ないため農薬の使用は必要ない。桑には他の生物には毒になる物質を含むため、カイコやクワコ以外の生物に食べられてしまう心配が少ない。

5 今後の展望

今回の実験には、事前に仮説を立てて臨み、仮設に近い結果を得ることができた。その一方で、黄色の繭同士から生まれたカイコが、白い繭をたくさん作ったことや、繭になる直前で原因不明の病気で死んでしまったことなど、いくつかの疑問点が残った。

これらの疑問点を新たな課題として、また研究したいと思った。

6 指導と助言

今回の研究では、カイコの飼育だけでなく、原種のクワコや、チョウ目の他種との比較を通して、カイコの家畜としての優位性を示している点が高く評価できる。今後は、対照実験を行い、比較しやすくなるように助言した。

（指導教員 大平 知輝）

スクラッチプログラミングを用いた

共振する振り子の研究

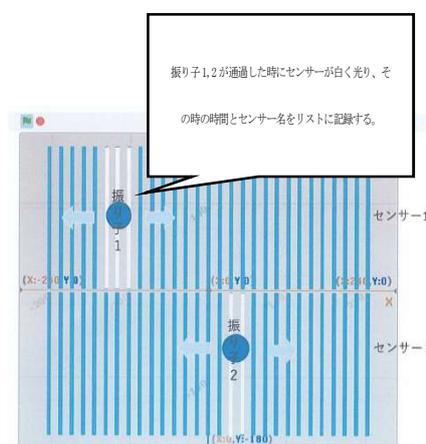
千葉市立 真砂中学校
第1学年 松田 七海

1 研究の動機

小学校の時に、理科で学習した振り子の運動に興味をもち、振り子の共振について調べた。より細かく、正確に測定してみたくなり、スクラッチプログラミングを使って、測定プログラムを自作しようと考えた。

2 プログラムについて

- (1) 振り子の動きに反応するかどうかを確認。
- (2) センサーを等間隔に並べ、名前を座標として使えるように、番号にした。振り子が通過した時間と、センサーの名前(位置)を記録させる。
- (3) 二つの振り子を同時に測るため、センサーを2段にした。
- (4) 無駄なデータを省くために、一つのセンサーが0.5秒以内に反応したら、データを取らないことにした。
- (5) センサーの数を調整し、29個にした。[資料1]



[資料1] 実際の測定画面

3 実験方法と結果

(1) 実験1 (振り子の共振を確認)

目的 糸の長さが同じ振り子は共振することを確認する。

方法 振り子1: 40 cm、振り子2: 20 cm

振り子3: 50 cm、振り子4: 40 cm

重さは全て 20g

1番の振り子を揺らした時、他の振り子の様子を観察する。

[資料2]

結果 糸の長さが同じ振り子4だけが揺れた。

(2) 実験2 (振り子の共振の観察)

目的 共振する2つの振り子の運動を観察する。

方法 糸の長さ: 2つとも 40 cm、振り子の重さ: 2つとも 20g

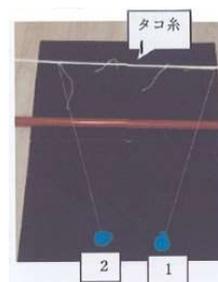
片方の振り子を揺らした時、2つの振り子の動きを観察する。

[資料3]

結果 振り子1を揺らすと振り子2も揺れ始めて、しばらくしたら振り子1が止まって振り子2だけが揺れた。これを何回も繰り返した。



[資料2]



[資料3]

(3) 実験3 (共振する振り子の測定)

目的 自作のプログラミングを使って2つの振り子が交互に止まったり揺れたりする運動を、もっと細かく正確に測定する。

方法 糸の長さ：2つとも40 cm、振り子の重さ：2つとも20g
スクラッチプログラミングにある「モーションセンサー」を同じ間隔で29本並べた。2つの振り子を同時に測るために、センサーを2段にした。センサーが反応したら、反応したセンサーの番号と時間をデータファイルに記録する。[資料4]



[資料4]

結果 振り子が止まってから、また止まるまでの周期の平均は「49.88秒」。振り子が1往復する周期の平均は、両方とも「1.325秒」だった。

(4) 実験4 (振り子の糸の長さを変えた実験)

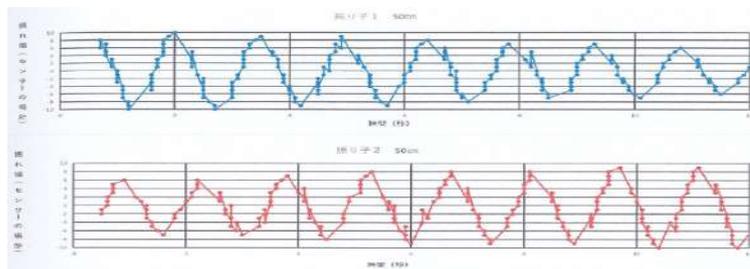
目的 プログラミングを使って、色々な長さの振り子で詳しく測定し、止まってからまた止まるまでの周期と、1往復する周期を調べる。

方法 糸の長さ：振り子1、振り子2ともに、50、40、30、20、10 cm
重りの重さ：2つとも20g

実験3と同じように、パソコンのカメラを上に向け、振り子の下に置いて測定する。

[資料5]

結果 1往復する周期と、止まってからまた止まるまでの周期は、振り子の糸の長さが長くなるにつれ長くなった。



[資料5]

(5) 実験5 (タコ糸をたるませた場合の実験)

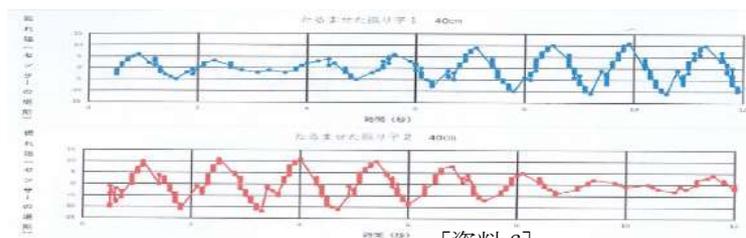
目的 タコ糸をたるませて、40 cmの振り子で詳しく測定し、実験4と同じように1往復の周期と、止まってからまた止まるまでの周期を調べる。

方法 糸の長さ：両方40 cm、重りの重さ：両方20g

実験4と同じように、パソコンのカメラを真上に向け、振り子の下に置いて測定する。

[資料6]

結果 1往復の周期と、止まってからまた止まるまでの周期は、実験3と比べてどちらも短くなり、それぞれ「1.34秒」、「14.11秒」だった。



[資料6]

4 まとめ

スクラッチプログラミングを自作したことにより、正確に複数の測定をし、グラフ化することができた。2つの振り子を一人で同時に、正確に測定できた。

タコ糸の張り具合で周期が変わった。様々な条件が、振り子の共振に影響することがわかった。今後は、2つの振り子だけではなく、3つの振り子での共振を測定してみたい。

5 指導と助言

自作のプログラムにより振り子の共振を証明できた。このプログラムを更に改良して、様々な運動の規則性を証明してほしい。

(指導教諭 秋元 有里奈)

備長炭電池から取り出せる

発電エネルギーを大きくするための研究

千葉市立有吉中学校
第2学年 水野 優哉

1 研究の動機と目的

2019年9月に千葉県を襲った台風15号により発生してしまった停電で電気がない生活を強いられ、電気がない生活がどれほど大変なことかを思い知った。身の回りのもので、簡単に作ることでできる実用的な電池に関して調査を進めたところ、備長炭電池を知った。備長炭から取り出せる発電エネルギーを大きくするための方法を知りたく、この研究をすることとした。

2 研究の方法と内容

(1) 事前調査

文献やインターネットを利用して、備長炭電池の発電の仕組みや発電出力に関する製作、発電出力の評価方法を調査した。

- ・「備長炭電池の最良条件を探る」工藤正成・指導教員岡崎裕
- ・「備長炭電池の放電の正極、負極の酸化還元反応についての電気化学的な実験による検証」谷川直也・喜多雅一（兵庫教育大学教育実践学論集） 他

(2) 備長炭電池の基本作製条件と評価条件

備長炭電池の発電出力の評価方法は、発電力や発電力量で評価されておらず、モーターの回している時間や電極間の電流や電圧の測定結果から発電量を計算し、その時刻までの累積した発電力量を求める方法を採用した。

(3) 実験1 普通の木炭電池と備長炭電池の発電力の違い

[方法]

- ① 木炭電池と備長炭電池をそれぞれ作製する。
- ② テスターにつなぎ電流と電圧を測定する。

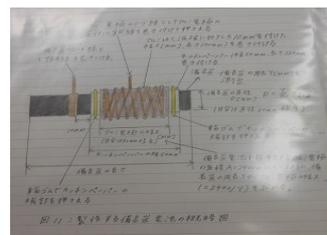


図1：備長炭電池の概略図

(4) 実験2 電解質溶液の違いによる備長炭電池の発電力の違い

[方法]

- ① 備長炭電池に使う電解質溶液（基本のもの）を使いテスターにて発電力を調べる。
- ② ①の基本的な電解質溶液に食塩水・重曹・クエン酸などを混ぜ、て新たな電解質溶液を作り、テスターを使って発電力を調べ①と比較する。



図2：燃料電池の仕組み

3 研究の結果

(1) 実験 1

- ① 木炭電池の発電力Pは、電圧と電流が非常に小さいため、測定直後から3分後までほぼ0であった。
- ② 備長炭電池の発電力Pは、測定直後では、195 mWであり、時間の経過とともに減少して3分後では、約 75 mWであった。これより、備長炭のほうが、発電力が高い。

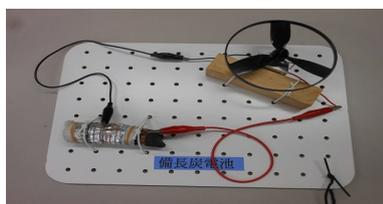


図3：プロペラ付きの備長炭電池

(2) 実験 2

表1：実験2で用いた電解質溶液

		サ ン プ ル					
		A	B	C	D	E	F
電解質溶液	水 (g)	400	400	400	400	400	400
	食塩 (g)	104	104	104	104	104	104
	重曹 (g)			40	40	40	
	クエン酸(g)					20	20
電解質溶液 の条件	温度(°C)	70	25	70	70	70	
	時間(分)	3	3	3	3	3	3
備長炭の粉					○		
備 考		基本条件	温度効果	+重曹	* 1	* 2	+クエン酸

* 1：サンプルCに備長炭の粉を加えたもの

* 2：重曹とクエン酸を加えたもの

サンプルEが最も発電力が高いことが分かった

データをまとめ、時間と発電力の関係をグラフに示した。

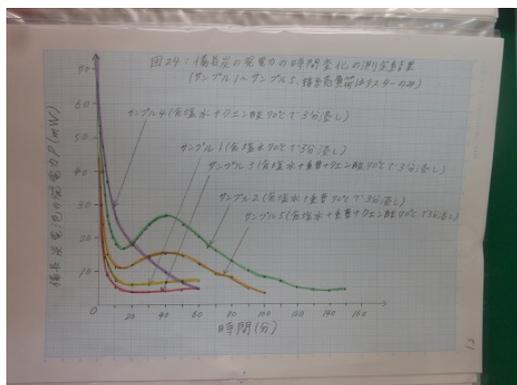


図4：備長炭電池の発電力

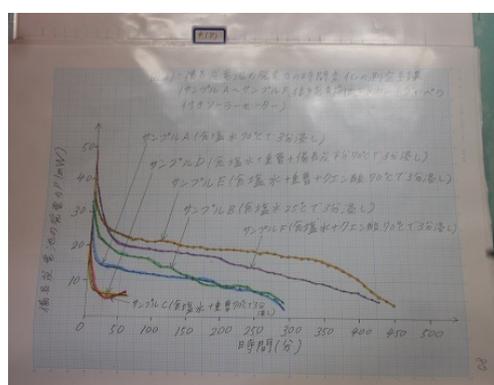


図5：備長炭電池の累積発電力

4 考察

実験1では、備長炭のほうが、木炭に比べて抵抗が小さく電流が流れやすいことが分かった。また、実験2では、飽和食塩水に重曹とクエン酸を混ぜると発電力が最も高くなることがわかった。これは、電解質の中で大量のCO₂が発生し、備長炭表面の穴に付着して電子を受け取りやすくしたからだと考える。

今回の実験では、備長炭電池の開放電圧や電流と電圧の時間変化を測定するだけでなく、それらの測定結果から、発電力や累積発電の量（発電エネルギー）の時間変化を評価する方法を用いることで、電解質溶液の違いによって備長炭電池の中で起こる化学反応や発電への影響をより詳しく考えることができた。このような発電の評価方法は、備長炭電池の発電力や累積発電力量を大きくするための有効な方法と考えられる。

5 指導と助言

身近な物質を使って有効なエネルギーを作り出すための研究だったが、レポート用紙100枚を超える膨大なデータの研究になった。

この研究が活かされ、大規模な災害に備え、どの家庭でも簡単に使えるような実用化を期待したい。時間と労力を使った、中身の濃い研究となっている。

(指導教諭 小関 正子)

車体への空気抵抗と燃費の関係

千葉市立有吉中学校
第2学年 浅野 瑛彦

1 研究の動機と目的

小学校5年生のときに「車」に関して、走る・止まる・曲がるについての研究をした。6年生の時には「飛行機」に関して、空を飛ぶ仕組み・翼のはたらきについての研究をした。

小学校での研究を踏まえて、車や飛行機の運動に大きく作用している「空気抵抗」や「燃費」について興味を持ち、本研究では、「空気抵抗」や「燃費」の影響について研究することとなった。

2 研究の方法

(1) これまでの研究結果の整理

- ① 「空気抵抗」研究の足掛かりとして、これまで研究した、車の基本性能と力強い飛行機の研究結果を整理し、本研究につなげていく。
- ② 書籍や、インターネットで情報収集

(2) 実験

- ① 実験1 自動車模型の作製
 - ・動力や重さの条件が同一のもの
 - ・車体の前部の角度が異なる模型の作製
(30度 60度 90度)



図1：角度の調整
(クーペ型 前部角度 30度)

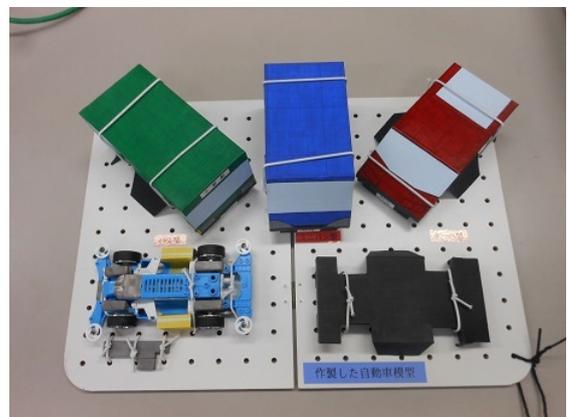


図2：作製した自動車模型
(赤クーペ型 青ミニバン型 緑バス型)

- ② 実験2 車体の形状と空気抵抗の関係を調べる実験

[直線コース] 左右に高さ3cmの壁を作り、全長5mの直線コースを作り、「無風」「向かい風・弱」「向かい風・中」「向かい風・強」の状態で行走、計測する。

- ③ 実験3 空気抵抗と燃費の関係を調べる実験

[周回コース] 直線コースを二分割にし、半円の曲線コースを組み合わせ、一周10mの周回コースを設置し、単3電池2本で自然に停止するまで、反時計回りで何周(何m)走行できるかを計測する。

3 研究の結果

(1) 自動車模型

ベース（前部の角度 0度） 450g 前部角度の違う車体 50g
 前部角度 クーペ型 30度、ミニバン型 60度、 バス型 90度

(2) 車体の形状と空力抵抗の関係

表 1：走行距離 5m の平均時間（秒）

	無 風	向かい風・弱	向かい風・中	向かい風・強
ベ ー ス	3.29	3.59	3.61	3.69
ク ー ペ	3.58	3.63	3.75	3.82
ミニバン	3.65	3.83	3.94	4.20
バ ス	3.86	3.91	4.14	4.25

- ① 各車両が加速し、車体前部の角度が上がるほど、風が強くなるほど、空気抵抗の影響を受平均時間が遅くなる。
- ② ミニバン型とバス型は、「無風」と「風・強」の時間差が顕著に開き、空気抵抗の影響を著しく受けている。
- ③ 前部の角度が30度と60度の間に、空気抵抗を受けやすくなる境界線があると考えられる。

(3) 空力抵抗と燃費の関係

表 2：走行距離（周）

	ベース	クーペ	ミニバン	バ ス
10回の平均	122.4	117.2	109.8	102.9

- ① 車体前部の角度が上がるほど、空気抵抗を受け走行した距離が短かった。
- ② ベースのみと、バス型の平均を比較すると、その差は19.5周あった。
- ③ 各車体が受ける空陸抵抗の大きさが、燃費にも影響を与えていることが解った。

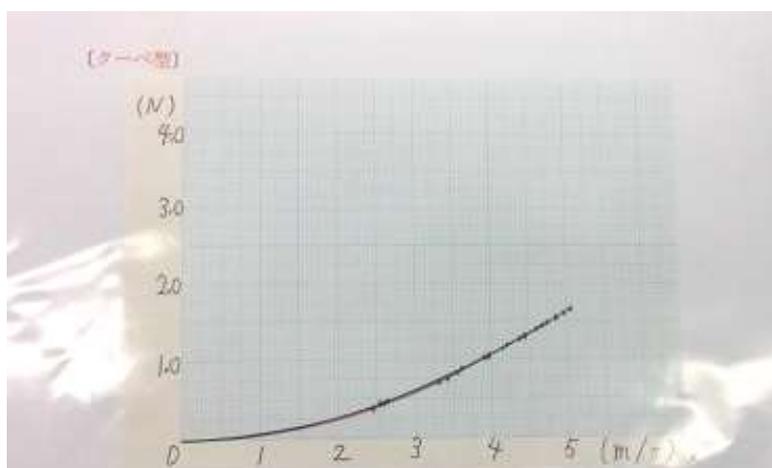


図 3：クーペの空気抵抗の計算値

4 考察

空力抵抗の算出をして、速度（時速）と比較した結果、全ての車体において、加速と同時に空力抵抗の値も上昇する。

無風と風ありの状態では、風が強くなるほど、空気抵抗の値が上昇し、速度は、出にくくなる。グラフから考えると、車体の前部角度が上がることに比例して、グラフの曲線も緩やかなものから傾斜のあるものになっていく。

理想の車体を考えると、飛行機の翼の断面を逆さにしたような形で、高速走行すると車体を浮かせる揚力がはたらき、地面を押し付けようとする「負の揚力」を発生させるとともに燃費を向上させる。空気抵抗についての研究を続け、将来の職業選択に生かしていきたい。

5 指導と助言

小学生の時の研究を中学生になり、内容を広く、深く考えて研究をしている。

実験データも多くじっくりと時間をかけて取り組んでいる。また、実験機材を自作で準備し、大きさや重量、角度を考えて精密に製作していて、オリジナリティあふれる研究になっている。さらに正確に作成している結果、データの信頼度が高い。

COVID-19の中、家で取り組むなど、今年の研究にふさわしいものになっている。

(指導教諭 小関 正子)

斜面を用いた方法と引張り法による材質の静止摩擦係数の測定

千葉市立有吉中学校
第2学年 小粥 隆史

1 研究の動機と目的

僕は学校の部活動で卓球部に所属している。僕が卓球をする上で大切だと思うことの1つに「回転」がある。この「回転」に注目して、卓球のラバーにかかる摩擦力を調べることはできないだろうかと疑問に思った。しかし、動いている物体の摩擦力をはかるのは困難なため、今回は静止摩擦力をはかることにした。

2 研究の方法

(1) 文献調査（摩擦力や静止摩擦係数について調べた）

- ① 実験を通して学ぶ理科大好き実験教室の実践 - その5「摩擦力」
- ② 摩擦力、摩擦係数などに関するインターネット内の情報

(2) 実験1：斜面を使って静止摩擦係数を求める

斜面を使った実験装置を用いて「プラスチック」「木材」「紙」の静止摩擦係数の違いを調べる。



図1：斜面をつかった実験装置



図2：おもりの外観
(プラスチックを貼ったとき)



図3：おもりの外観
(木材を貼ったとき)

(3) 実験2：水重りを引張り力として静止摩擦係数を求める

水重りを引張り力とした実験装置を用いて「プラスチック」「木材」「紙」の静止摩擦係数の違いを調べる。



図4：実験2の装置の外観



図5：実験2の様子

(4) 実験 3：水重りを引張り力として卓球ラバーの静止摩擦係数を求める

水重りを引張り力とした実験装置を用いて卓球ラバー「テンション」、「粘着」、「粒高」の静止摩擦係数の違いを調べる



図 6：卓球ラバー「テンション」



図 7：卓球ラバー「粘着」



図 8：卓球ラバー「粒高」

3 研究の結果

(1) ① 以下の a と b を実験の方法の参考にした

- a. 実験を通して学ぶ理科大好き実験教室の実践 - その 5 「摩擦力」
- b. 日本科学教育学会論文集 37 巻 (2013)

② 以下のサイトを用いて、摩擦力、摩擦係数の原理を参考にした

静・動摩擦係数 (JIS K7125) 摩擦・摩耗特性 株式会社 DJK

<http://www.djklab.com/service/koubunshibussei/690>

(2) 実験 1：斜面を使って静止摩擦係数を求め、各材質の静止摩擦係数の値は以下に示す。

表 1：実験 1 の結果

		重り底部の材質			
		クロームメッキ	プラ板	木	紙
板の材質	ベニヤ板 (化粧塗装)	0.369	0.252	0.389	0.360

(3) 実験 2：水重りを引張り力として卓球のラバーの静止摩擦係数の違いを調べた。その値を以下に示す。

表 2：実験 2 の結果

		重り底部の素材		
		プラ板	木	紙
板の材質	ベニヤ板 (化粧塗装)	0.252	0.389	0.360
	プラ板	0.260		

(4) 実験 3：水重りを引張り力とした実験装置を用いて卓球ラバー「テンション」、「粘着」、「粒高」の静止摩擦係数の違いを調べた。その結果を以下に示す。

表 3：実験 3 の結果

		重り底部の材質
		プラ板
卓球のラバー	テンション	2.014
	粘着	2.765
	粒高	0.815
	テンション水濡れ	0.865

4 考察

実験1では、ベニヤ板と重り底部との静止摩擦係数の大きさは、プラ板が最小で、クロームめっき≒紙<木材の順番であった。これは、プラ板に比べ、紙や木材は繊維があり摩擦が大きくなるためと考えられる。

実験2では、静止摩擦係数はプラ板<木材<紙順番となったが、全体的に斜面を用いた方法に比べ引張り法の方が静止摩擦係数は大きくなった。プラ板とプラ板の組み合わせは、静止摩擦係数の大きさが一番小さくなった。斜面を用いた方法に比べ、この引張り法の方が、静止摩擦係数が大きくなった理由として、注射器を用いて容器に少しずつ水を加える方法で引張り力を増やしてゆくが、水を足す作業で細やかな調整が難しく、過剰に入ってしまった可能性がある。

実験3では、卓球ラバーの静止摩擦係数は実験2のような通常の方法と比べるととても大きな値となった。また、静止摩擦係数は粒高<テンション<粘着の順となった。ラバーの用途から考えられる順序となった。一方で、テンションを水でぬらすと大幅に静止摩擦係数が下がり、粒高と同じくらいの値となった。

卓球のラバーはボールに効率よく回転をかけることができるように普通の材料に比べて、摩擦係数が大きい材料を使用している。その値は実験1・2の材料に比べて2倍~6倍にもなることがわかった。

ラバー別に見てみると、粒高はボールに回転をかける機能はほとんどなく、テンションは標準的にボールに回転をかける機能を持っている。粘着はボールに回転をかける機能に特化した特徴がある。この静止摩擦係数の測定結果はそのラバーごとの機能を具体的に裏付けた形になった。また、ラバーの表面積を比べてみると、「粘着」のラバーは、ボールが当たった際にボールに吸い付くので他のラバーに比べて接地面に広範囲に長時間当たる。「テンション」のラバーは接地面に広く当たるが、短時間に離れるので摩擦が「粘着」よりも小さい。「粒高」はラバーの表面が円柱を並べた構造になっている。

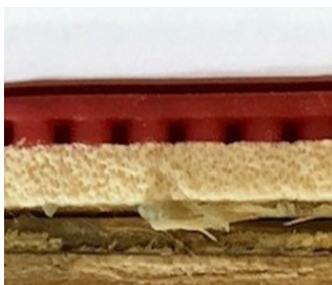


図9: ラバー「テンション」

断面図



図10: ラバー「粘着」

断面図

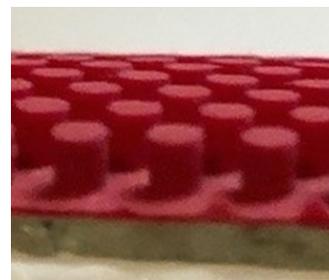


図11: ラバー「粒高」

断面図

そのため、「テンション」に比べて表面積が小さく、ボールに当たる範囲が狭くなるので摩擦が一番小さいと考えられる。水で濡らしたテンションの静止摩擦係数の値が下がったのは雨の日にタイヤがスリップしやすいのと同様の現象が起きていると考えられる。すなわち、ラバーとプラ板の間に水の層ができて潤滑油のような役割をして滑りやすくなっていると考えられる。

5 指導と助言

本研究は、自分の所属している部活動での経験から疑問を感じ研究を開始し、自分なりに条件を考え設定している。また、実験のために自分で実験装置を作成している。そして、何度も実験を繰り返しているので、考察に説得力がある。卓球のラバーの表面の形状に着目して摩擦係数の違いを明らかにしている。これらの点で本研究は高く評価できる。

(指導教諭 加藤 太一)