

スーパーサイエンスハイスクール

平成29年度

課題研究論文集

平成30年3月

北海道滝川高等学校

目 次

防カビ剤に代わる食材を探せ！・・・・・・・・・・・・・・・・	1
（阿部 彩果 熊谷 もも 小泉 陽向子）	
滝川駅から滝川高校までの最速ルート・・・・・・・・・・	3
（高松 友輔 徳永 慧真 富井 崇章 丹羽 颯汰）	
笑顔の伝染について・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
（平手 綾乃 宮田 あさひ 山中 麻梨恵 宮腰 悠矢）	
汗と運動量の関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・	8
（佐々木 琉奈 高橋 明歩 渡邊 咲奈）	
EDP (Egg Drop Protect)	
ー落体のエネルギー吸収による物体の保護ー・・・・・・・・	1 1
（秋山 遼 藤原 諒祐 吉川 将生）	
色つき線香花火を作る・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1 5
（浅川 暉悦 家村 光 小林 丈流 佐藤 匡）	
チョコと音楽の勉強への影響・・・・・・・・・・・・・・・・	1 9
（中山 瑠菜 神 涼太 廣瀬 由弥）	
ブロッコリースプラウトの成長を促す要因の検討・・・・・・・・	2 2
（岸 ひかり 畑田 香音 堀 凌子）	
東滝川におけるカグヤコウモリの出産哺育集団の生態調査・・・・・・・・	2 5
（前川 伊織 太田 裕斗 若林 凌）	
リモートセンシングを用いたマガンの繁殖地における環境変化の解析・・	3 3
（河端 千尋 川越 聖哉 小川 暁史）	
宮島沼の底泥の有効活用方法について・・・・・・・・・・	3 9
（加藤 凜花 新谷 衣尋 工藤 桃花）	
身の回りのものでできるクレーター作り・・・・・・・・・・	4 3
（安田 理人 加藤 綸啓 酒井 春暉 中川 虎之介 吉田 龍也）	

防カビ剤に代わる食材を探せ！

北海道滝川高等学校理数科 阿部 彩果 熊谷 もも 小泉 陽向子

〔要 旨〕 安全でおいしいパンを作することを目的として、手作りパンを作り、カビ抑制効果があると知られている唐辛子、わさび、からしを混ぜ込むことで、保存性を高めることができるのではないかと考え、実験を行った。実験の結果からわさび、からしをパンに混ぜ込んだ時にカビの抑制効果があったことがわかり、特に、わさびのほうがからしよりも効果的であることがわかった

I はじめに

市販のパンの中には保存性の向上を目的として酢酸ナトリウムなどの添加物が含まれているものがある。

酢酸ナトリウムには発がん性を始めとし、さまざまな病気を引き起こす可能性がある。

ここでわたしたちは化学的に作られた添加物ではなく、カビを抑制することのできる食材を用いてパンの保存性を高め、安心でおいしいパンを作ることができるのではないかと考え、この題材を設定した。

パンに添加する食材にはカビ抑制効果があると知られている唐辛子、わさび、からしを用いた。

II 材料と研究方法

1. 材料、実験器具

手作りパンの材料

- ・滝川産ハルユタカ ・サラダ油 ・砂糖
- ・塩 ・イースト

生地練りこむ試料

- ・わさび・からし・唐辛子（粉末のものを各3%ずつ）

実験器具

- ・滅菌シャーレ ・インキュベーター
- ・ピンセット ・方眼シート ・サランラップ
- ・ガラス製シャーレ ・寒天 ・ブドウ糖

2. 実験方法

a. 予備実験

試料を混ぜた手作りパンを3cm角に切り、それぞれ4つの滅菌シャーレの中央に置いて蓋を閉める。シャーレの蓋の中央に方眼シートを張



図1 実験に使用した材料 図2 インキュベーター
り付け、パンのカビによって埋め尽くされた方眼の個数を比較する。シャーレはパンの乾燥を防ぐためラップに包み、温度 23℃、湿度 80% に保ったインキュベーター内に1週間保存して観察した。



図3 実験に使用したパン

b. 本実験

ガラス製のシャーレにブドウ糖を0.1%入れた寒天液を入れて作った寒天培地を2つ作り、それぞれにわさびとからしを同量ずつのせる。それらを温度23℃、湿度80%に保ったインキュベーター内で1週間保存し観察した。

III 結果

1. 予備実験

まず、できたパンの食味をしたところ、唐辛子を入れたパンに関しては、辛すぎるという班員の

意見が多かったことから、安全でおいしいパンの前提を満たしていない事がわかり、比較の対象から外した。

以下は、何も添加しなかったもの、からしを添加したもの、わさびを添加したものの結果である。（図4、図5、図6）



図4 何も添加しなかったもの

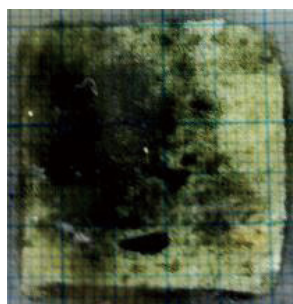


図5 からしを添加したもの

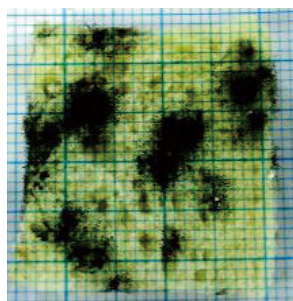


図6 わさびを添加したもの

わさびとからしを添加した際のグラフのマスを満たした数をグラフにあらわした。（図7）

わさびはパンの面積の20%、からしはパンの面積の40%をカビが占めていた。

2. 本実験

わさびとからしの比較を、寒天培地を用いて行ったところ、次のような結果が見られた。（図8、図9）

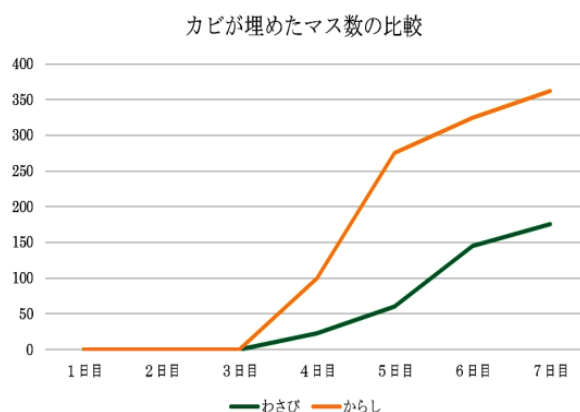


図7



図8 わさび



図9 からし

IV 考察

安全でおいしいパンというテーマのもと実験を行ったところ、わさびとからしに効果があることが分かった。また、パンに発生したカビの面積は、わさび20%、からしは40%だったことと、寒天培地の実験でわさびのほうがからしよりもカビが生えにくかったことから、わさびが最も効果があるということが分かった。

V おわりに

今後の課題として、パンの生地練りこむわさびの量を変えていき、最も効果的でおいしいわさびの割合を調べる必要があると思う。この実験が進み、いつか滝高生が作った「カビの生えにくいおいしいパン」が商品化され、多くの人に食べていただける日が来ることを願っている。

VI 謝辞

今回の実験を行うにあたり、多くのアドバイスをいただき協力していただいた松橋先生、鶴飼先生に感謝いたします。

滝川駅から滝川高校までの最速ルート

北海道滝川高等学校理数科 高松 友輔 徳永 慧真 富井 崇章 丹羽 颯汰

[要 旨] 数学班は「北海道滝川高校から滝川駅までの最速ルート」をテーマとして研究を行った。

まず滝川高校3年F組の生徒たちにいつも登校に使っているルートのアンケートを取り、最も使われているルートが最速ルートだと仮説をたてた。私たちは信号の色が変わる周期が登校にかかる時間に影響すると考え、詳しく調べた。結果は、信号の周期を調査期間の中では分からず、最速ルートを見つけれなかった。



図1 滝川高校から滝川駅までの最短ルート

I はじめに

北海道滝川高校理数科は毎年SSHの活動の一環で調べたい分野が同じ人を集めて班を作り、班ごとに各自でその分野に関連する一つの研究テーマを決めて調査している。

そこで私たち数学班は研究テーマを、滝川高校の生徒の半数近くが滝川駅を通学に利用していること、毎年遅刻する生徒がいることに注目して「自転車を使用した時の滝川駅から滝川高校への最速ルートを探す」にした。

目的は、私たち滝川高校生にも身近なもので、日常生活に役立つ研究になると考え「安全第一として遅刻を減らすためにより速く学校に到着できる道を探す」にした。

最速ルートの仮説は、実際に駅から通っている3年F組の生徒を対象に行ったアンケートを参考に決めた。〈図1〉

これは実際にグーグルマップで検索した時の写真で、点線でなぞられているルートが先ほど説明した仮説のルートである。

II 研究方法

最速ルートを通る為にできるだけ赤信号に引っかからない必要があると考えた。すべての信号が青であるタイミングを合わせることは一日の信号の周期がわからないと難しいので、一日の間の信号の周期を調べるために、赤と青の切り変わりが速い信号が多くあるルートを探した。それから、これらのルート上の全ての信号

の周期を測ることはできないので、いつでも安定して速く着くことができるルートを選び、そのルート上の信号の周期を、次の手順で調査していった。

- ① 信号の切り替わる仕組みについて調べる。
- ② ①を考慮に入れたうえで、より速く着くことができる最短ルートを候補に挙げる。
- ③ 実際に自分達で走ってみてかかった時間を計測し、一番速いルートを決める。

Ⅲ 結果

信号には、次の三つの種類がある。「定周期信号」、「押しボタン式信号」、「感知式信号」の三つで、初めに定周期信号とは時間が大きく影響する信号で、周期はある時間帯の中で一定であり、時間以外は影響しない信号だ。次に押しボタン式信号は押して変わるもので、押してから青になるまでが一定ではない信号だ。

最後に感知式信号は車を感知して変わり、車の交通量によって周期が変わる信号だ。定周期信号押しボタン式には、隣の信号と連動していてそれに応じて変わるものもあった。

このことから、押しボタン式信号は確実に**待ち時間が発生**することが分かった。また感知式信号は交通量によって待ち時間が左右されるため、待ち時間を予測することが難しいと考えた。この調査から、私たちは**定周期信号の時間の周期**を調べ、登校時間に青信号になる信号を予測することにした。

図2のように候補に出した最速ルート上にある信号に番号をふり、それぞれの信号の周期を測った。〈図2〉これから私たちがどのようにして調査したのかを説明する。

私たちは、信号の周期を歩行者の信号を基準に信号が赤から青に切り替わってから計測を始め、信号が点滅するまでを計った



図2 最速ルート上の信号の位置

表 1 計測結果

国道垂直方向	1回	2回	3回	4回	5回	国道方向	1回	2回	3回	4回	5回
①	28	28	28	28	28		18	17	17	18	18
②	25	25	25	25	25		24	24	24	24	24
③	18	18	18	18	18		28	28	28	28	28
④	33	33	33	33	32		36	36	36	36	36
⑤	23	23	23	23	23		31	31	31	31	30
⑥	70	73	73	76	77		28	28	28	28	28
⑦	31	31	31	31	31		20	20	20	20	20
⑧	39	39	39	39	39		17	16	16	16	16
⑨	50	37	35	35	35		46	47	48	48	48
⑩	35	34	35	35	34		71	71	72	71	71
⑪	28	28	28	28	28		76	76	76	76	76

つづいて表 1 が計測結果である。色のついて
いる信号は、私たちが調査している間に周期が
大きく変化したもので、またこの変化が見られ
た時刻が共に 3 時ごろだった。

そこから私たちは、3 時を境に周期が変化し
ているのではないかと考えた。しかし、それを
決定づけることができなかった。

結論は信号の変わる周期が分からず、最速ル
ートを出せなかった。

私たちの反省点は、「研究方法をもっと具体
的に検討しておくべきだった」、「信号の周期
を調べる時間が限られていた」の二つである。

IV 考察

今回の課題研究から、より確実に時間を短縮
するためには以下の三つのことが必要だと考え
た。一つ目は、待ち時間をなるべく減らすため
に「できる限り周期の短い信号を利用するこ
と」。二つ目は、信号により引っかからないよ
うにするために「信号が少ないルートを選択す
ること」。三つ目は、信号に何度も引っかから

ないように「その信号がどの信号と連動してい
るのかを見つけること」。そしてこの三つから、
距離や信号の周期、信号があるかどうかを考え
て登校することが大切だと考えた。

V 謝辞

この研究を卒業論文として形にすることが
出来たのは、滝川警察署の方々、滝川市役
所の方々の熱心なご指導や、北海道滝川高校
の 3 年 F 組の皆様が貴重な時間を割いてア
ンケート調査に協力していただいたおかげ
です。協力していただいた皆様へ心から感
謝の気持ちと御礼を申し上げたく、謝辞にか
えさせていただきます。

VI 参考文献

googleマップ

笑顔の伝染について

北海道滝川高等学校理数科 平手 綾乃 宮田 あさひ 山中 麻梨恵 宮腰 悠矢

[要 旨]笑顔が伝染する動画を見て、笑いが伝染する原因は笑い声にあると考えた。中でも「高く規則的な」笑い声が一番笑いを誘うのではないかと仮説を立てた。雨竜保育園・白樺幼稚園・滝川高校1・2年生・滝川高校教職員の方々に協力を要請し調査を行った。4回の調査から笑いには笑い声以外にも他の要因が強く結びついていることがわかった。

I はじめに

笑っている人がいて、その近くにいる自分も思わず笑ってしまうといった経験は誰にでもあるだろう。実際に、笑いが連鎖している様子を撮影した動画を動画サイト上でみることができる。(※1)これより笑いが伝染する事はわかっている。私たちは、その原因として声に着目し、どんな種類の笑い声が最も笑いを誘いやすいかを考え、「声のトーンが高く規則的なリズム」の笑い声が一番笑いを誘いやすいと仮定して検証をした。

II 実験方法

どのような笑い声がいちばん笑いを誘うのかを調査するために、声のトーンとリズムの2つの観点から笑い声を以下のAからDの4種類に分類した。

A:高い・規則的	B:高い・不規則
C:低い・規則的	D:低い・不規則

年齢層による違いを考慮し、対象を大人・高校生・幼児に分けて実験を行った。

大人の対象には、滝川高校の教職員男女12名ずつ計24名に協力を依頼した。調査方法は、1人ずつ個室に入ってもらい1種類の笑い声を約20秒間聞いてもらうというものだ。1種類の笑い声につき、男女3名ずつに聞いてもらうことになる。個室は滝川高校の空き教室を使用した。

高校生は同じく滝川高校の生徒(以下滝高生とする)に協力を依頼した。滝高生には方法を変えて2度実験を行った。1度目の調査方法は、まず男女2人ずつ計4人のグループを12グループ作る。そして4つの個室を用意し、1グループずつ入ってもらい、1種類の笑い声を約20秒間聞いてもらう。1種類の笑い声につき、計3グループに聞いてもらった。2度目は、1度目と同様のグループを3グループ作り、すべての笑い声を個室で1グループずつ聞い

てもらった。2度の実験で、個室は大人対象の実験と同様に滝川高校の教室を使用した。

幼児の対象には、雨竜保育園の園児に協力を依頼した。調査方法は、4人程度のグループを4グループ作り、別室に分かれて1種類の笑い声を約20秒間聞いてもらった。場所は雨竜保育園で行った。しかし、この方法ではうまくいかないことが多かったので、方法を変えて白樺幼稚園の園児を対象にもう一度実験を行った。その実験方法は、まず新密度を高めるために約30人の園児たちと2時間ほど遊んだ。広いスペースで一緒に体を動かしたり、ブロックや積み木を使った遊びを行った。その後、笑い声を聞いてもらったのだが、ただ聞いてもらうのではなく、4種類の笑い声を紙芝居のストーリーのなかに組み込んで、お話の一部として聞いてもらった。さらに、「音」に注目してもらうために、あえて絵のない真っ白な紙芝居を使用した。個室に分けたりはせず、対象の園児全員いっぺんに聞いてもらった。

III 結果

1. 滝川高校生

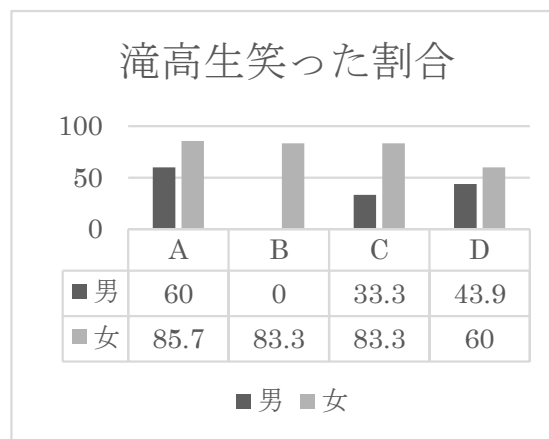


図1

グラフ(図1)より、全体的に女子の割合が高く、男女共にAの割合が高いことがわかる。

2. 滝川高校職員

グラフ(図2)より、高校生(図1参照)と比べても全体的に割合は低いことがわかる。また、A以外の男女差はあまり見られない。

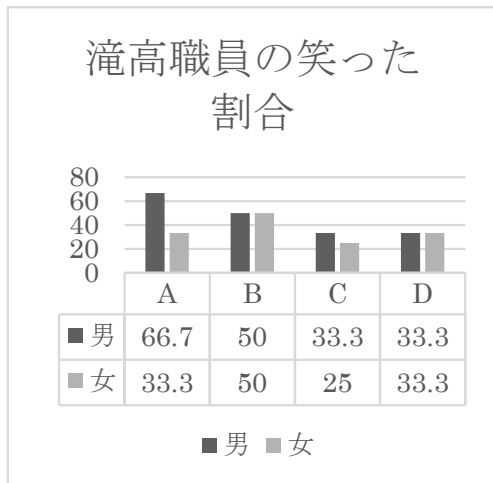


図2

3. 雨竜保育園

どの子もあまり笑顔を見せなかった。むしろ難しい顔をしている子が多く見られた。笑った子がいても少し私たちの顔を窺ってから笑い出していた。

4. 白樺幼稚園

1回目に流した笑い声には笑っていたが、2回目以降は2・3人しか笑っていなかった。

IV 考察

どの結果からもわかるように、自分たちの仮説通りには行かず、これといった結果は見られなかった。失敗した理由としては、実験条件がすべて一定ではなかったこと・被験者の数が足りずデータ不足であったことが挙げられる。しかし、被験者からの感想や実験の様子から笑顔の伝染に関係がある要因を推測した。

高校生での実験では、お互いのことを知っている・同じ学校の生徒であるという安心感や新密度が原因で笑う確率が高くなったのではないかと考えた。

一方で、職員の実験ではあまり関わりがない・緊張感が走るといった空気感があり確率は低くなったのではない

かと思った。また、この実験では理系・文系の先生で反応が偏るといった傾向も見られた。理系の人は声を聞かされた時点で、「何の音か」と考え難しい顔をする人が多かったが、文系の人は少し時間がたった後に笑うといった反応を見せた。

雨竜保育園では、人懐っこい子は笑ってくれたが、大体の子は警戒心が強く、私たちの顔を窺う素振りが多かった。やはり親密度が関わってくるのではないかと思った。

白樺幼稚園では、雨竜保育園での反省をもとに警戒心を解くために遊ぶ時間を設けたが、雨竜保育園の子よりは笑ってくれたが、帰りの時間や、お迎えの時間で他のことに気を取られてしまっていたので注目を向ける工夫が必要であると思った。

ただ、実験のやり方に少し緊張が入ってしまったので、反応がまばらになってしまった。

V 謝辞

実験に協力してくださった滝川高等学校、雨竜保育所、白樺幼稚園の教員・生徒・児童の皆様に深く感謝いたします。

VI 参考文献

※1笑いの連鎖

<https://www.youtube.com/watch?v=2RokHY7fPSE>

なぜヒトは笑うのか

<http://laughmaker.jp/1562/>

汗と運動量の関係

北海道滝川高等学校理数科 佐々木 琉奈 高橋 明歩 渡邊 咲奈

[要 旨] 私たちは、運動量と汗の関係を調査した。その際に運動量を一定にするために心拍数の値を基準とした実験を行った。記録から温度や湿度が高いときは汗の量が多いことが分かった。しかし、もしかすると心拍数が目標まで達するまでの時間に差があるために汗の量が変化しているのかもしれないと考え、心拍数が目標に達するまでの時間を調査したが、心拍数が目標に達するまでの時間にあまり差がなかったため、温度と湿度により汗の量が異なることが分かった。

I はじめに

私たちがこの研究をしようと思ったきっかけは部活動で同じような運動量をこなしても日によって汗の量が違うことに疑問を抱いたからである。私たちの身体の中では、絶えず物質が合成されたり分解されたりしていて、その時、エネルギーも産生される。エネルギーの大部分は熱として体温を維持するのに役立っている。しかし、余った熱は体の外に逃がして、体温が上がりすぎないようにしなければならない。そこで汗を利用しているのだ。汗をかくことを、“発汗”といい、発汗は体温を下げるためにもっとも効率的な方法である。汗が蒸発する時の気化熱により、体内の熱を逃がして体温を下げている。

運動した時に汗をかく理由は、運動すると筋肉が収縮し、筋肉を動かすために、よりたくさんの血液が筋肉に流れるからである。運動により筋肉の温度が上がると、その上にある皮膚の温度も上昇する。また、皮膚に分布している動脈は、筋肉にまず分布し、筋肉を通過してから皮膚にたどりつく場合が多い。運動のために筋肉が血液を必要とすると、結果的に皮膚に届く血液も増えることになり、発汗により温度を下げようとするのだ。

同じような運動量をこなしても汗の量が違うことを調べるのにまず注目したのは温度と湿度である。普段、私たち自身、温度が高いと暑いと感じやほり汗が噴き出、湿度が高いとじめじめとして不快感を感じ汗がじわじわ出ると感じるからだ。

実験をするにあたって、問題点が生じる。目に見えない運動量をどうやって合わせて比較するかということだ。そこで私たちは心拍数を使うことにした。理由は手軽に計測でき、数値として目に見えるからだ。イヤースенサーの心拍計付のエアロバイクを使用し、一般的に運動しているときの心拍数である140の状態を保つという方法をとった。

II 材料と研究方法

1, 使用したもの

- ・エアロバイク(心拍数測定可)
- ・温度計
- ・湿度計
- ・体重計
- ・タイマー



図1 エアロバイク

2, 研究方法

<実験1>

滝川市のトレーニングセンターに行き、体重を測った後、Tシャツを着替え、エアロバイクを漕ぐ。そのとき一般的に運動している状態の心拍数とされている140に達してからそれを保ちながら20分漕ぐ。その後、汗のかいたTシャツを脱ぎ、はじめに体重を測った際に着ていたTシャツに着替えふたたび体重を測る。その際の体重の変化を汗の量として記録する。

＜実験 2＞

温度を一定にし、湿度をかえて、自転車に乗ってから心拍数が目標（140）に達するまでの時間を記録する。



図 2 モニター

Ⅲ 結果

＜実験 1＞

実験 1 では下のようなデータが得られた。（表 1）

表 1 汗の量と温度と湿度の関係

	汗の量	温度・湿度
1	-0.5 k g	27.1℃ 67%
2	-0.1 k g	20.0℃ 63%
3	-0.4 k g	26℃ 64%
4	-0.3 k g	14℃ 54%

図 1 より 2 回目を除く 3 回のデータを見ると温度と湿度が高いときは汗の量が増えることがわかる。

＜実験 2＞

実験 2 で次のような結果が得られた。（表 2）

私たちはこの実験の結果を 2 つのとらえ方をした。4 回目を除く 4 回のデータを見ると、ひとつは同じ温度で湿度が高くなると心拍数が上がる時間が速くなるということ

である。

表 2 湿度と時間の関係

気温	湿度	時間
11 度	40%	5 3. 7 4 秒
10 度	50%	4 7. 7 7 秒
10 度	55%	4 4. 2 0 秒
10 度	60%	4 0. 4 9 秒
10 度	66%	4 6. 4 9 秒

もうひとつは時間だけに注目すると心拍数の上がるまでにかかる時間は最大で十数秒しか変わらず大きな差はないということである。

Ⅳ 考察

＜実験 1＞

実験より温度と湿度が高いときは汗の量が増えることがわかったが、心拍数が目標に達するまでの時間を計測していなかったため、もしかしたら気温や湿度ではなく心拍数が目標に達するまでの時間が異なるために結果に差が出たのかもしれないと考えた。

＜実験 2＞

実験より心拍数が上がるまでの時間は大体時間が変わらないことがわかったので湿度と温度が高いときは汗の量が増えるといえる。また、湿度が高くなると心拍数が上がる時間が速くなったので湿度は汗の量に影響がある可能性が高いと考える。

Ⅴ 終わりに

湿度が高いときに汗の量が増えるのかを実験したかったのだが温度や湿度を調節することができず、きちんとデータを集めることができないまま終わってしまった。また、被験者が一人だったことや研究期間が短くデータ量が少なかったこと、実験方法や目的に不備があり断定するには不十分なものとなってしまった。実験方法をもっと工夫し、データ量を増やして、より精密な器具を用いて実験を行うべきだったと思う。

VI 謝辞

今回私たちの研究に協力してくれた伊藤先生、日下先生をはじめとする先生方には心から感謝申し上げます。

VII 参考文献

湿度が高いとやたら汗をかくのはなぜ？湿気と汗の関係や対策とは？

<https://zatturaito01.net/situdo-takai-asewokaku-257>

夏の健康チェック “汗のはなし”

http://www.cranenet.or.jp/susume/susume03_08.html

EDP (Egg Drop Protect)

－落体のエネルギー吸収による物体の保護－

北海道滝川高等学校理数科 秋山 遼 藤原 諒祐 吉川 将生

[要 旨] 私達は、紙と卵を使用した落体のエネルギー吸収による物体の保護についての研究を行った。およそ70回にわたる試行の中で、空気抵抗や衝撃吸収に関して、全4種の仮説のもと、それらに応じて紙を用いたプロテクターを作製した。

まず、予備実験の段階で紙の容器によるエネルギー吸収が有効な手段であることが確認できた。次に様々な落下速度を減速するための手段を考察し、試行と改良を重ねた結果A4コピー用紙のみによる再現性と再利用性、かつ成功性に優れたプロテクターの作製、卵の保護に成功した。

I はじめに

そもそもEDP (egg drop protect) とは私たちが作った造語であるということを断っておく。海外で行われている「egg drop contest」や日本での「エッグドロップ甲子園」といった大会を模したものであるが、用いる紙や高度の条件等に若干の違いがある。

II 実験内容

1 基本条件

用いた道具は卵、A4 コピー用紙（折り目のない古紙）、鋏、定規、コンパス、セロテープ、スティックのみである。どこでもだれでも作ることができるものを目指していたため、厚紙など特殊なものではなく、手に入れやすいコピー用紙での製作を目指した。卵の平均の重さは平均して60.9g、長径が6cm、短径は3cmであった。尚、卵にひびが入った時点で、その卵は割れたとみなすこととする。卵に多少の質量差があることに関して、質量は速度に比べるとエネルギーの大小には大きく影響を及ぼさないため、無視できると考えた。

落下高度は9.4mである（地面から3階までの高さ8.1m＋落とす人の肩の高さ約130cm）。学校内で測れる高さとしてはエッグドロップ甲子園の公式条件10mに最も近いと判断した。

2 基本実験

初めに、卵はどの程度のエネルギーで割れるのかを確かめる実験を行った。長径から落下させた場合は高さ2cmで割れた。この時の速さは0.63m/s、エネルギーは0.012Jである。短径から落下させた場合は高さ4cmで割れた。この時の速さは0.89m/s、エネルギーは0.024Jである。

また、卵を何も包まない状態での落下実験を行った。地面到達直前での速さの理論値は13.6m/s、計測値は11.3m/sであった。この差は空気抵抗によるものであろう。風速には日によって差があり、計測ができなかった。

※速度は平均の速度であり、瞬間の速度ではない。以下の速度も同様である。また、速度の計測にはスマートフォンのアプリを使用している。

III 仮説と結果・考察

1 球型（衝撃吸収）

（仮説）

紙の使用枚数はA4コピー用紙2枚で、図1のように紙をばね状に折り曲げた物を内から外へと重ねて作製した。

球型は、まとわれた紙によって、360度どの方位から落ちてでも衝撃を吸収できる。（弾性力の利用）また、まとう紙は何重にもなっているため、中心の卵にかかる力は、相当抑えられるだろうと私たちは考えた。



図 1) 球型のプロテクター

(結果)

速度を計測すると約6.9m/sで衝撃を吸収しきれずに内部で卵が割れた。

また、紙の枚数を増やしても、卵は割れた。

(考察)

A4コピー用紙数枚程度の紙の弾性力だけでは、衝撃を吸収するのが難しい。卵は大破していたのでこれ以上枚数を増やしても、成功は見込めないと判断した。

2 四面体型 (衝撃吸収)

(仮説)

四面体という図形はメタンなどの分子の構造にもあるように、構造的に安定している上、卵が直接ほとんど紙に触れず、落下時に触れる面積も変わらないために成功が可能だと私たちは考えた。

ちなみに、この案は2016年度当時の1年F組理数科の物理の実験での個人の案を参考にして

いる。
構造としては、図2のように使用枚数は3枚であり、紙を丸めた固い棒を辺の数(6本)と、各頂点から中心の卵を繋ぐ円筒(4本)で構成されている。

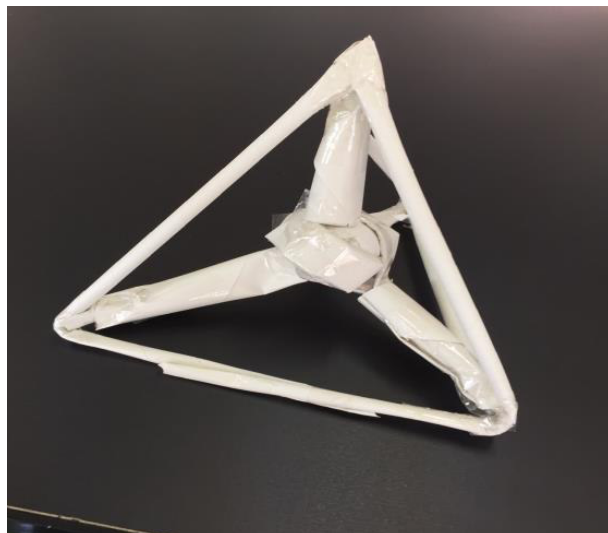


図 2) 四面体型のプロテクター

(結果)

衝撃を吸収しきれずに卵は大破した。

(考察)

卵が大破した理由として地面に到達し突然速度がほぼ0になった時、下向きに運動していた物体は慣性の法則によりそのまま下向きに運動しようとしたため、卵を支える紙の力は慣性力に耐え切れずに落下し、大きな衝撃を受けたためだということが考えられる。

改良の余地はあったが、自分たちの工作力が足りず、ここで断念した。

3 バルーン型 (減速 + 衝撃吸収)

(仮説)

物体の運動エネルギーの大きさ $\frac{1}{2} \cdot mv^2$ を出るだけ小さくすることを考えるにおいて、質量 m の変化は卵において考えると極めて小さく、紙の重さでしか抑えることができない。それに比べて速度 v は抑えることが十分可能であり、二乗されるために元と比べると相当量のエネルギーが減少すると考え、パラシュートの要領でプロテクターを作ることにした。

(プロテクターの構造)

このバルーン型のプロテクター(図3)はA4コピー用紙3枚で作成しており、箱の構造については、まず、パラシュートと箱の外側を作り、余った紙を500円玉くらいの大きさに破り、手で軽く握って箱の底と側面に敷きつめるというものになっている。

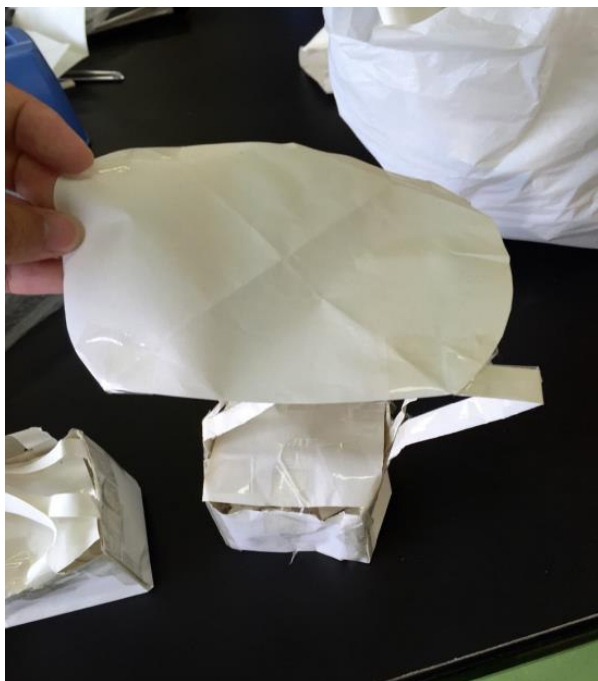


図3) バルーン型のプロテクター

(結果)

約60回の試行の中で改良を加えた結果、図3は一番速度が抑えられて、約3.61m/sである。成功率はすべてのものを平均して約60%、同じつくり方で一番成功率が高いものは約70%であり、一番使用枚数の少ないもので2枚半のものが成功している。

プロテクターの箱の部分の側面から地面に着地すると失敗することが多くみられた。

(考察)

失敗したものは風の影響や重心のバランスの悪さ、衝撃吸収のための箱の作り方の甘さなどが考えられ、落ち方も安定しないものが多かった。成功率を高めることは難しいと考えた。

(発見した課題)

落ち方が安定せず、成功率が低いと考えた。そこで「傘の部分に穴をあけると、空気の通り道ができるため落ち方が安定する」のではないかと考え、パラシュートの上部の円の中央に直径1cmの穴をあけて試したところ、穴をあけたほうがより落ち方が安定すると分かった。以後、パラシュートには穴をあけることにした。

4 テトラバルーン型(減速+衝撃吸収)

(仮説)

風の影響や重心のバランスなどから横から落ちてしまった場合、下部が箱では割れてしまうことが多いが、テトラバルーン型(図4)ではどこから着地しても守りきることができると考えた。



図4) テトラバルーン型のプロテクター

(結果)

プロテクターはすべてA4コピー用紙3枚で作製したものである。6回試行してすべて成功した。最高2回再利用することができた。

(考察)

すべて成功しており、今までバルーン型になかった再利用性（再使用性）があることが大きな進歩である。

A4コピー用紙の使用枚数が3枚ということ、試行回数が少ないことはバルーン型に劣る部分はあるが、それらは今後の課題において解決できるものとする。

IV 結論

Ⅲ 仮説と結果・考察で述べた4つのパターンの結果及び考察より、我々が作製してきた中で一番衝撃吸収に長けているプロテクターはテトラバルーン型であると言える。その根拠としては、試行は少ないが成功している割合が高いこと、ほかのパターンよりも落ち方が安定していることが挙げられる。

また、再利用性が高く、再現性も十分ある。

V 今後の課題

私たちが作製した中で最も物体のエネルギーを吸収できたのはテトラバルーン型であった。加えてこれは再現性、再利用性に優れ、本来の私たちの目標に近い結果といえる。とはいえ、いくつか改善点、追加実験の必要性があるので、下に挙げる。

- ① 全体的に試行回数が少ないので、試行回数を増やす。特にテトラバルーン型は試行回数が足りていないので、その必要がある。
- ② テトラバルーン型の枚数削減による2枚台への到達を目指す。
- ③ 落ち方がさらに安定すればよりテトラ型の足に費やす紙は抑えられるので、パラシュートの穴の大きさの違いによる落ち方の安定の違いを対照実験で調査する。
- ④ 風速などの条件を加味しての検証を試みる。

VI 参考文献

- ・ 衝撃吸収構造の研究と製作
<http://school.gifu-net.ed.jp/enahs/ssh/H22ssh/sc2/21023.pdf>
- ・ 工作用紙を用いた衝撃吸収構造の研究
<http://school.gifu-net.ed.jp/enahs/ssh/H25ssh/sc2/21324.pdf>
- ・ エッグドロップ®の基本的ルール
<http://monodzukurikidsfund.org/eggdropkoshien/basic-rules/>

VII 謝辞

実験の協力をしていただいた担当の板谷先生、大津先生をはじめとする諸先生方、2016年度北海道滝川高校1年F組の皆さんに感謝の意を申し上げます。

色つき線香花火を作る

北海道滝川高等学校理数科 浅川 暉悦 家村 光 小林 丈流 佐藤 匡

[要 旨]色つき線香花火の開発を目標として研究を行った。第一としてもとになる線香花火の研究(火薬を包む紙の種類、火薬の調合など)を行った。もとになる線香花火の研究がある程度形になったので、もとの目標である色つき線香花火の研究へ引き継ぎ、化学室にある「炎色反応」を起こす物質の化合物を添加し、線香花火に色を加える実験を行った。色を付けるための方法は手持ち花火や打ち上げ花火を参考にしている。結果としては、色を付けることには至っていない。

I はじめに

北海道滝川高等学校理数科では、SSHの活動の一つとして課題研究を行う。我々化学班は課題研究のテーマとしてオリジナルの線香花火(長手牡丹)を作ることを試みた。それは、赤や橙色に光る市販の線香花火とは一味違い様々な色をもった線香花火である。この研究を行うに至った経緯としては、青や緑といった線香花火を見たことがなかったので、より美しい線香花火を作り上げてみたいと考えたからである。その方法として火薬の製作を行っていく過程で、それぞれの薬品の混合比を変えながら炎色反応を発生させることができれば線香花火は色を変えるのではないかと仮説を立てた。火薬をこよる媒体に適切な紙は何かを決める実験から始まり、実際に線香花火の製作をしていた先行研究の火薬の調合比をベースにして対照実験を繰り返し、我々の火薬を確立させ、最終的に炎色反応によって色を変える実験に移ったが仮説の検証はできなかった。本論文では2016年4月より開始した我々の研究の歩みを報告したいと思う。

II 実験の概要と方法

【実験1】基本となる線香花火を作る

参考文献の試薬の割合をもとに再現した。

[試料]

<硝酸カリウム KNO_3 硫黄 S 炭素 C 鉄粉 Fe
塩化カリウム KCl >

火薬を包む紙は薬包紙とした。これらを〔硝酸カリウム：硫黄：炭素：鉄粉：塩化カリウム＝10：3：4：3：2(質量比)〕で混合する。この時、電子天秤は小数第4位まで量りとれるものを使用した。量った後は乳鉢に入れてよく粉砕、攪拌した。一つの花火には0.100gの火薬を使用した。作成した線香花火はスタンドで固定し火薬を入れたほうをチャッカマンで着火した。

【実験2】線香花火に適した紙を探す

薬包紙とは別にお花紙と厚さの違う書道用半紙4種を用意した。市販品の線香花火を丁寧に解体し、紙と火薬に分けた。分けた紙、火薬は今後の実験で対照用に利用した。紙から型を取り、大きさを統一した6種の紙にそれぞれ【実験1】で混合した火薬と市販品から取り出した火薬を入れてこよった。【実験1】と同様の方法で着火し、それぞれの燃え方の違いをみた。

【実験3】火薬に含まれる薬品ごとの働きを調べる

火薬を新しく混合するにあたって、各薬品の役割を調べることにした。一つの花火を作る際に、火薬に含まれる5つの薬品のうちある一つの量をもとの量から2倍、等倍、1/2倍、0倍にし、燃焼の違いを見た(表I参照)。この時、火薬を包み込んだ紙は【実験2】で最もよかったと思われるものを使用した。都合により、花火一つあたりに入れる火薬の量に変化が生じた。また、鉄粉については先の実験で結果が得られなかったため、追実験を行った。

[追実験]

これまでの実験で使用していた鉄粉（#100）とは別にそれよりも粒の細かな鉄粉（#250）を用意し、それぞれ同質量量りとり、耐熱皿にいれガスバーナーであぶった時の違いを見た。また、細かな鉄粉を今までの鉄粉と置き換え、線香花火を作成し。お互いの燃焼の違いを見た。

表Ⅰ 各薬品の役割を調べる実験

試薬	試した調合比(KNO ₃ :S:C:KCl:Fe)
(基本)	10:3:4:2:3
KNO ₃	0:3:4:2:3
	5:3:4:2:3
	20:3:4:2:3
	10:0:4:2:3
S	10:0.5:4:2:3
	10:6:4:2:3
	10:3:0:2:3
C	10:3:2:2:3
	10:3:8:2:3
	10:3:4:0:3
KCl	10:3:4:1:3
	10:3:4:4:3

【実験4】火薬の混合比を変える

【実験3】で得られた結果をもとに、参考文献の混合比よりも燃焼力を上げるため、硝酸カリウムの量を増やした。実験3で得られた結果より、硝酸カリウムの量を1.50倍、1.75倍、2.00倍とより数字を細かくして再度実験を行った。市販の線香花火と比較し、燃え方の細かい違いを見た。

【実験5】塩化銅を加え、線香花火の変化をみる

初めに予備実験を行い、本実験へと移行した。

[予備実験]

個体（粉末）の塩化銅（Ⅱ）を燃焼させても炎色反応による発光がみられるかを確認するため、少量の塩化銅（Ⅱ）を直接火にかけてみたところ、発光が確認できた。さらに、線香花火に塩化銅を加えるとどのような変化が起こるのかを確認するために塩化銅（Ⅱ）を0.01g加えてみたところ、炎色反応は見られず、燃焼力も弱まったことから、【実験3】で得られた結果と比較し、塩化銅（Ⅱ）は塩化カリウムと置き換えることとした。

[本実験]

塩化カリウムと同質量の塩化銅で置き換えて、線香花火とし燃焼の違いを見た。また、塩化カリウムと同量の働きをするとは確定できないので、塩化銅（Ⅱ）の質量も【実験3】と同様の方法で、数パターン試した。結果は、肉眼、ビデオ撮影にて確認した。

Ⅲ 結果

【実験1】

火花は僅かに散ったが、火球がすぐに落ちてしまい長持ちしなかった。

【実験2】

薄い半紙だと燃焼するのが早まりすぎてしまい、厚い半紙だと燃焼しにくかった。

【実験3】

表Ⅱ 薬品ごとの働き

試薬	薬品の増減による変化と推測した役割
KNO ₃	増)より激しく燃えた
	減)燃焼が弱くなった
	役割)燃焼を促進させている
S	増)安定はしなかったが火球が生成された
	減)火球ができなかった
	役割)火球を作る働き
C	増)変化が見られなかった
	減)すぐに燃え尽きた
	役割)温度を保つ働き
KCl	増)燃焼が弱まった
	減)燃えやすくなったが火球が生成されない
	役割)燃焼を抑制させる働き

[追実験]

粒の細かい鉄粉の方が火花の量が多かった。置き換えて線香花火を作成したところ、火花の散り具合が多くなった。

このことから、推測した鉄粉の役割は火花になる働きと考えた。

【実験4】

調合比を増やしていくにつれて燃焼が激しくなっていた。

【実験5】

炎色反応による発色は確認できなかった。また、塩化銅の質量を増やしていくと、着火すらしなくなった。

IV 考察

まず、今回の実験では全体的に結果が曖昧なことが多かったため、その原因を考える。線香花火はとても繊細であるため、薬品の量のわずかな誤差や紙の包み方などで結果が変わってくる。そのため、結果に差が出た場合があると考えられる。また、理論上成功するはずだった混合比等の実験が、薬品の量の誤差等で失敗していた可能性もある。

さらに、線香花火の作成者が不統一で不慣れであったこと、実験回数が少なかったことによる結果の不確定さ、紙の種類や薬品の役割等の複数の実験を同時進行したことにより、実験結果の原因が何か曖昧であることが考えられる。

次に、各実験での問題点・課題を考える。

【実験 2】

紙をすべて試したわけではないため、今後とも調査の必要がある。また、紙の種類や紙に含まれる成分が線香花火の燃え方に影響を与えるのかが曖昧であるため、その点についても検証が必要である。

【実験 3】

薬品が化学反応等により相互に影響を与えている可能性もあるため、今回の実験ではそれぞれの役割が完全に分かったとは言にくい。また、参考文献により使っている材料が異なっている場合もあり、今回使った薬品が最善とは言いきれないため、今後の検証では使用する薬品の種類を変えるという実験も必要となる。

【実験 4】

市販品は硝石などの自然界にあるものを使っているため、今回の実験で純粋な物質を使ったために燃え方が単調になってしまった可能性がある。また、燃焼力を増加させるために硝酸カリウムを増量したが、混合比を変えることによって他の薬品が相対的に減量されるため、それが燃焼に与える影響を検証する必要がある。

【実験 5】

塩化銅（Ⅱ）が塩化カリウムと同じ役割だと考え、置き換えて実験をしたが、塩化銅（Ⅱ）が燃焼に与える影響が完全に塩化カリウムと同じだとは考えにくいため、今後さらに詳しく検証する必要がある。また、今回の検証では塩化銅（Ⅱ）の実験しか行えていないため、他の銅の塩や、炎色反応を起こす他の金属塩についても実験を行う必要あると思われる。

最後に、炎色反応による線香花火への着色が確認されなかった理由を考えたところ、主に三つの理由が考えられた。一つ目は塩化銅（Ⅱ）の質量が少なかったことにより炎色反応の持続性が無かった、または光が微弱であったということである。これは塩化銅（Ⅱ）の質量を増やしつつ、十分に燃焼できる混合をすることによって解決できる。二つ目は温度が低かったことにより炎色反応が起きていなかったということである。これは線香花火の温度が足りなかったか、比熱の関係により塩化銅に十分な温度が与えられなかったということが予想される。これは今後の実験でまず前者か後者であるかを調べ、塩化銅（Ⅱ）に与えられる熱を増やすための混合をすることで解決できる。三つ目は炎色反応の光が微弱であり、他の燃焼による光によって確認できなかったということである。この場合は、そもそも炎色反応が起きる塩である硝酸カリウムが火薬に含まれているのに、カリウムの炎色反応が普通の線香花火で確認されない理由と、炎色反応が起きる塩が2種類含まれる場合の反応がどうなるかを検証し、炎色反応の光がどのような要因の光によって確認できなくなっているかを考える必要がある。具体的には、手持ち花火と線香花火の比較実験をして、炎色反応について解明していくことが考えられる。その後、結果をもとに考察をし、原因となる物質を増やす等をする必要がある。なお、いずれの場合でも詳しい混合比等は実験と考察を重ねて検証していかなければならない。

V まとめ

今回の研究では、炎色反応を用いることで線香花火の色を変えることができるのではないかという仮説は立証できなかった。しかし、先行研究をもとに火薬の調合比を模索することから始まり、どの紙が線香花火に最適なのか、火薬中の各薬品の性質はなんなのか、といった実験の過程で次々と現れる疑問に対し解決策を導き出し全員で一步步進んでいった経験はとても大きなものとなった。今後は炎色反応が確認されなかった理由を判明し、新たな混合比を考察する必要がある。

VI 参考文献

線香花火を作ろう

<http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/jikken/omo/omol9.htm>

線香花火における燃焼時間と火花の研究

<http://www.honjo-h.metro.tokyo.jp/site/zen/content/000027312.pdf>

色つき線香花火を作る

<http://www.takajo-hs.gsn.ed.jp/SSH/es3/09report/rep/0910.pdf>

線香花火に色はつくのか？

<http://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/093072.pdf>

VII 謝辞

今回私たちの課題研究を支えてくださった藤井先生をはじめとするお世話になったたくさんの先生方に感謝申し上げます。

チョコと音楽の勉強への影響

北海道滝川高等学校理数科

中山 瑠菜

神 涼太

廣瀬 由弥

【要 旨】 私たち学生にとっての本業は学業である。そこで、私たちは食べ物が勉強に与える影響について調べた。私たちが焦点を当てたのはチョコレート（以降チョコと呼ぶ）と音楽である。私たちの仮説は「チョコは勉強の効率を上げる」と「音楽は勉強の効率を下げる」の2点である。

実験内容としては勉強を暗記と計算の2分野に分けそれぞれにチョコと音楽が与える影響を調べ、チョコの有無、音楽の有無で結果を比較した。その結果、チョコは暗記できる量が増し、音楽は計算の速度が上がる事がわかった。

I はじめに

私たち2班は、今回の研究の題材を決める際に「やるなら自分たちの役に立つことを研究したい」と考えた。そこで私たちは、「自分たちが学生であること」また「来年受験を控えていること」という2点から勉強について研究することにした。

私たち学生は限られた時間の中で膨大な量の学習をしなければならない。そのような状況で必要とされるのは「どれだけ効率よく学習するか」と考える。そこから、私たちは勉強の効率を上げる方法の研究を始めた。

仮説は、「チョコは勉強の効率を上げる」「音楽は勉強の効率を下げる」の2点である。

仮説を立てた根拠を説明する。

1. チョコは効率を上げる

私たちは「勉強中に糖分をとるといい」と聞いたことがあった。脳は糖分をエネルギー源としているためである。

そして、糖分を含む食品の中でも自分たちが勉強中よく食べているのがチョコだった。調べてみるとチョコには糖分以外にも脳に様々な影響を与える成分が含まれていることがわかった。

a, テオブロミン

テオブロミンとはカカオに含まれる苦味成分である。これは、大脳皮質を刺激し、集中力、記憶力、思考力を高め、やる気をださせるとい

われている。また、カフェインの仲間だがカフェインに比べて興奮作用がゆっくりと上昇する為、長時間効果が期待できるといわれている。

b, 特有の香気成分

「フェニルアルデヒド」「ジメチルピラジン」「フェニルメチルヘキサナール」などのチョコ特有の香気成分は、中枢神経系に作用して集中度を向上させる作用が認められている。

c, ビタミン・ミネラル

チョコには脳の代謝に必要な栄養素の「ビタミンE」「ナイアシン」などのビタミン類、「カルシウム」「マグネシウム」「亜鉛」「リン」などのミネラルも含まれており、特にカルシウムとマグネシウムのバランスが良いことが注目されている。

この3点からチョコは集中力を上げるため勉強の効率を上げると考えた。

2. 音楽は効率を下げる

私たちは音楽を聴きながら勉強をしている人を良く見かける。これに対して「本当に集中できているのか」という疑問を抱いていた。というのも、音楽を聴くことで音楽を聞き流しているときも無意識に聴覚を使う。勉強方法によって最低限視覚は使うため同時に2つの感覚を働かせることになり、集中力が分散されることになる。

また、音楽に意識が向き勉強に集中できなくなってしまうことが考えられる。

この2点から音楽は勉強の効率を下げる
と考えた。

II 材料と研究方法

1. 材料

- ・百マス計算（足し算）
- ・百式英単語
- ・明治ミルクチョコレート
- ・スマートフォン
- ・イヤホン
- ・シャープペンシル
- ・紙

今回は、計算力を測る方法として、「百マス計算」を用いた。これは、短時間で実験を行うことができるため、限られた研究期間の中で試行回数を多く重ねられると考えたからだ。

暗記という点においては、本校の英語の授業でも使用されている「百式英単語」という教材を利用した。

2. 実験方法

まず、チョコを用いた実験の方法について説明する。

百マス計算においては、まず初めに2種類の百マス計算を行い、そのタイムを計測した。その後チョコを2かけ食べ、同じ百マス計算を行った。チョコは明治ミルクチョコレートの板チョコに統一し、一度の実験に対し1人当たり2かけ使用した。1枚の百マス計算を終えるごとに2分間休憩し、チョコを食べた後は消化のため10分空けることとした。

百式英単語の暗記においては、初めに10分間で20単語を口に出しながら紙に書き、覚える作業を行った。その後10分間空けスペルを書くテスト、意味を答えるテストを行った。次に百マス計算同様、チョコを2かけ食べ10分間空けてから、同じように新たな20単語を読み書きし、テストをした。

次に、音楽を用いた実験方法について説明する。

音楽は「アップテンポの曲」「スローテンポ

の曲」「歌詞のある曲」「歌詞のないBGM」の4つの項目に分け、それぞれの項目で測定した。「歌詞のある曲」はRADWIMPSの「前前前世」を使用した。「アップテンポの曲」は上記の曲のテンポを変えずに、ピアノ演奏のものを、「スローテンポの曲」は上記の曲のスローテンポでピアノ演奏のものを、そして、「BGM」は勉強の効率がUPするといわれている作業用BGMを使用した。

百マス計算では、チョコを用いた実験同様、最初に2種類の百マス計算を行った後にイヤホンで曲を聴きながら同じように行った。

百式英単語の暗記でも、チョコレートを用いた実験と同様の方法で実験を行い、2度目の実験時に曲を聴きながら行った。そして1度目と2度目の実験のテストの正答率を比較した。

実験の試行人数は3人、試行回数はそれぞれの条件下で20回ずつである。

III 結果

1. 百マス計算

図1は各条件において、百マス計算にかかった時間を示したものである。縦軸は5つの条件ごとに3人が1枚の百マス計算にかかった平均の時間(秒数)である。

チョコを食べた場合が平均75.3秒と最も時間がかかった。同じく、スローテンポの曲を聴いた場合も時間がかかる結果となった。逆にBGM、アップテンポの場合は、それぞれ平均64.7秒、66.6秒といずれも、普通に実験を行った場合よりも速くなった。

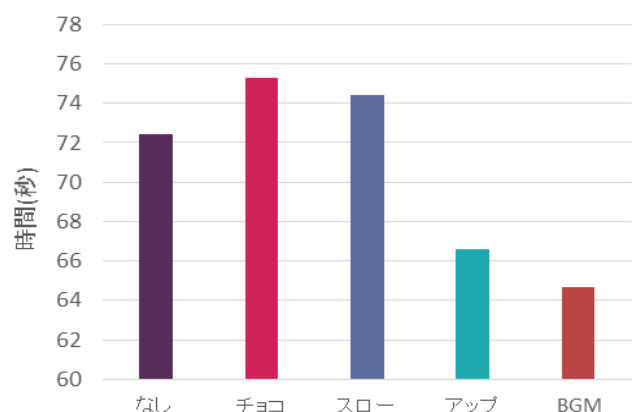


図1 百マス計算の結果

2. 百式英単語

図2は各条件において、百式英単語の単語を正確に暗記できた確率(以下正答数)を示したものである。縦軸は5つの条件ごとにテストをした際の正答率である。

アップテンポの曲を聴いた場合は普通に比べ正答率が約5%とかなり下回っていた。また、スロー、アップ、BGMの数値の平均を計算すると、約72%と、やはり普通よりも悪い結果となった。反対に、チョコを食べた場合は、驚くことに、普通よりも正答率が約3%も上回っていた。

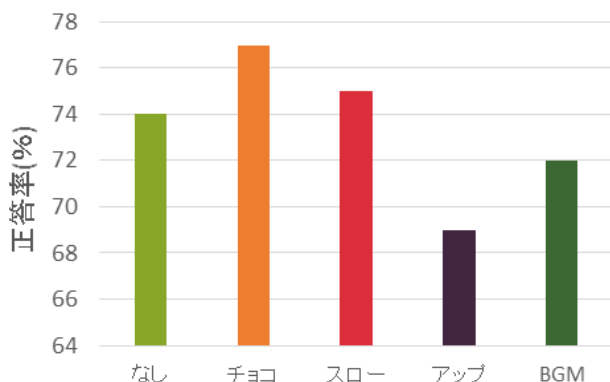


図2 百式の結果

IV 考察

1. 百マス計算

まず結果からチョコは、仮説とは異なり、計算には効果がないことがわかる。原因としては、はじめに述べたチョコに含まれる成分が計算力に対しては作用しなかったことが考えられる。むしろ、チョコを食べたことで満足し、リラックスした状態となって計算が遅くなってしまったと推測できる。

次に音楽は、仮説どおり効率が下がったのはスローテンポのみであった。また、スローテンポは極端に結果が悪くなったことに対して、アップテンポやBGMは結果が良くなった。これは実験者の計算スピードが音楽のテンポにつられたためと思われる。このことから、音楽を聴くことは計算の効率に大きく関与していると考えられる。

2. 百式英単語

結果よりチョコは、暗記力に大きな効果があ

るとわかる。これは、チョコに含まれる成分が作用したためと思われる。それだけではなく、チョコを食べたことによるリラックス効果が、計算には逆効果だったのに対し、暗記にはとても良い影響を与えたのではないだろうか。

次に音楽は、スローのみ通常より少し上回ったものの他のアップ、BGMと合わせて考えると、効率が下がるという仮説が正しいと言える。この結果は他よりもはっきりと結果がでたため、信頼するに値するものと思われる。

V 終わりに

今回の結果をまとめると、

「計算の効率をより高めるにはアップテンポの曲を聴きながら行う」

「暗記の効率をより高めるには暗記を行う前にチョコレートを食べる」

ことが有効であるとわかった。

ただし、今回行った3名については上記の考察ができるが、正確なデータを収集するためにはより大人数での実験が必要と考えられる。

また、結果が顕著に現れたチョコレートだが、糖分及び他の成分がどれだけ吸収できたか測定できないため、チョコレートの成分が影響したためであると完全に断言することはできない。精密な検査機器などを使って体内に取り込まれた成分を調査することができれば、より根拠のある考察ができると考えられる。

VI 謝辞

最後に、今回の調査・実験にご協力いただいた、加藤先生をはじめとする滝川高校の教職員の皆様に心から感謝申し上げます。

ブロッコリースプラウトの成長を促す要因の検討

北海道滝川高等学校年理数科 岸 ひかり 畑田 香音 堀 凌子

[要 旨]植物の成長における、ヒトの音声・接触の影響について調べた。ブロッコリースプラウトを材料に用い、根の伸長の程度を影響の基準にした。「ヒトに接するように優しく触れたり、声をかけたりすると根の伸長が促される」と仮定し、刺激の種類を音声・接触、それぞれ4種類に分類し、各々3反復ずつ実験を行った。その結果「葉の裏をなでる」ことが最も根の伸長を促すことがわかった。

I はじめに

近年、植物の栽培時に音楽を流すと成長が促されるという報告が多い（文献1.）。植物の成長における追肥以外の要因についてはあまり調べられていない。そこで私たちは、ヒトの音声や接触が植物の成長に及ぼす影響について、ブロッコリースプラウトを用いて調べた。その結果を報告する。

II 材料と研究方法

1. 材料（写真1.の左上、写真3.）

- ・ブロッコリースプラウトの種子（トーホク「ブロッコリーの芽」）



写真1. 実験材料



写真2. 霧吹きで種子に水を与えている様子



写真3. ブロッコリースプラウトの種子

2. 研究方法

a. 実験の準備

①種子を入れた際に、乾いたコットンの上で、種子が転がって移動してしまうのを防ぐため、各容器にピペットで 5mL の水を入れた。

②底直径 5.4cm・高さ 7cm のカップの底にコットンを敷き、ブロッコリースプラウトの種子を 10 粒ずつ、カップに入れる。

③②のカップに、霧吹きで 15 プッシュ (約 1.5mL) 水を与え (写真 2.)、バットに並べたカップにバットサイズの段ボールを 1 つかぶせる。これは、ブロッコリースプラウトが成長に日光を必要とせず、また、1 つの段ボールにすることによって各々の条件をそろえるためである。

④実験期間中は、毎日水を 15 プッシュずつ与え、温度、湿度を記録し、写真を撮った。

b. 実験の設定 (表 1.)

①接触実験

あ. 表をタップする

い. 裏をタップする

う. 表をなでる

え. 裏をなでる

※タップ…葉を 1 枚ずつ人差し指で、3 回/秒の間隔で 6 回叩き刺激する。

※なでる…葉を 1 枚ずつ人差し指で、2 回/秒の間隔で 6 回なでて刺激する。

②声かけ実験

A. ポジティブな内容の肉声

B. ネガティブな内容の肉声

C. ポジティブな内容の機械音声

D. ネガティブな内容の機械音声

※機械音声…アプリ「iTextSpeaker」

・ポジティブな言葉

「大好き」「大きくなあれ」「ありがとう」

・ネガティブな言葉

「大嫌い」「枯れてしまえ」「ばかやろう」

※水やりの際に、3 語連続・3 回反復で声かけをした。

お. または E. 何もしない (対照群)

※各々 2 カップずつ用意し、2 週間観察した。

表 1. 実験 1 の刺激の種類

接触	声かけ
あ. タップ表	A. ポジティブ生
い. タップ裏	B. ネガティブ生
う. なでる表	C. ポジティブ機
え. なでる裏	D. ネガティブ機
お. 何もし	E. 何もし

スプラウトは、葉の先端を定規の 0 のメモリに合わせ、スプラウトをまっすぐに伸ばし、茎と根の境目の数値を読み取り、計測した。接触実験の結果、声かけ実験の結果は以下ようになった。(表 2. 表 3.)

表 2. 実験 1 の結果 : 接触

順位	種類	平均の長さ(cm)	E. との差
1位	え. なでる裏	9.45	+0.66
2位	い. タップ裏	9.37	+0.58
3位	う. なでる表	9.06	+0.27
4位	お 何もし	8.79	±0
5位	あ. タップ表	8.66	-0.14

表 3. 実験 1 の結果 : 声かけ

順位	種類	平均の長さ(cm)	E. との差
1位	C. ポジティブ機	8.97	+0.18
2位	E. 何もし	8.79	±0
3位	D. ネガティブ機	8.49	-0.30
4位	A. ポジティブ生	8.47	-0.32
5位	B. ネガティブ生	8.36	-0.43

次に、実験 1 の刺激を組み合わせれば、よりよい結果が得られるのではないかと考え、実験 1 の結果を踏まえて以下の組み合わせ実験 (以下、実験 2) を行った。組み合わせは以下のとおりである。(表 4.) これは、接触実験の 1 位と声かけ実験の 1 位を組み合わせたもの、接触実験の最下位と声かけ実験の最下位を組み合わせたもの、接触実験の 1 位と声かけ実験の 2 位から最下位までを組み合わせた 4 通り、声かけ実験の 1 位と接触実験の 2 位から最下位までを組み合わせた 4 通り、の計 10 通りである。

表4 実験2の組み合わせ

接触×声かけ	
BB. なでる裏×ポジティブ機	WW. タップ表×ネガティブ生
あ. タップ裏×ポジティブ機	A. なでる裏×何もなし
い. なでる表×ポジティブ機	B. なでる裏×ネガティブ機
う. 何もなし×ポジティブ機	C. なでる裏×ポジティブ生
え. タップ表×ポジティブ機	D. なでる裏×ネガティブ生

今回実験1として、表1で示した実験を行い、実験2として、接触実験と声かけ実験の組み合わせ実験を行ったので、その結果を報告する。

III 結果と考察

1. 実験1

接触実験において、裏を触るものが、表を触るものより上位にきた（表2. 参照）ので、スプラウトの葉の裏の気孔や葉緑体には、刺激を感知する仕組みがあるのではないかと考えた。また、なでたもののほうがタップするものより、良い結果となった（表3. 参照）ので、接触時間が長いほうがよく成長するのではないかと考えた。

2. 実験2

実験2の結果は以下ようになった。（表5.）10個中8個が「何もしない」よりも根が伸びた。また、上位3個が「裏をなでた」ものだった。しかし、音声の刺激については

1位を「ポジティブな機械音声」が占めたものの、ポジティブかネガティブか、肉声か機械音声か、どちらが良いとは言えない。

表5. 実験2の結果

順位	種類	平均の長さ (cm)	「何もなし」 との差
1位	C. なでる裏×ポジティブ生	9.32	+0.74
2位	A. なでる裏×何もなし	9.17	+0.59
3位	B. なでる裏×ネガティブ機	9.16	+0.58
4位	う. 何もなし×ポジティブ機	9.07	+0.49
5位	WW. タップ表×ネガティブ生	9.01	+0.43
6位	い. なでる表×ポジティブ機	8.85	+0.27
7位	BB. なでる裏×ポジティブ機	8.62	+0.04
8位	え. タップ表×ポジティブ機	8.60	+0.02
9位	E. 何もなし	8.58	±0
10位	D. なでる裏×ネガティブ生	8.24	-0.34
11位	あ. タップ裏×ポジティブ機	7.65	-0.93

IV まとめ

今回の実験より、葉の裏を刺激することは成長を促す作用があることを発見した。このような結論に至ったのは、実験1の結果では1位を、実験2の結果では上位を、「葉の裏をなでる」という項目が上位を占めたためである。しかし今回の実験だけでは、回数が少なく、データ不足なため、この結論が確かであるとは言いきれない。なので、今後もこの実験を続け、データを増やしていくことが重要だと思う。

V 参考文献

1. 音楽は植物の成長に影響を与えるか?」柴原未早
www.nagano-c.ed.jp/seiho/risuka/2005/2005-12.pdf
(H29.6.14.)
2. 「音刺激の植物気孔開度に与える影響」平松康平、毛利建太郎、難波和彦
mama.agr.okayama.ac.jp/kenkyu/96/kohei/yousi.htm
(H29.6.14.)
3. 「植物の接触感知に関わるタンパク質を発見」
津釜大侑、柳参奎、高野哲夫
<http://www.a.u-tokyo.ac.jp/topics/2016/20160418-3.html> (H29.6.14.)

東滝川におけるカグヤコウモリの出産哺育集団の生態調査

北海道滝川高等学校理数科 前川 伊織 太田 裕斗 若林 凌

[要 旨] 東滝川の農機具倉庫に生息するカグヤコウモリ (*Myotis frator*) の哺育集団について生態調査を実施した。この農機具倉庫で行った計10回の現地調査の結果から、以下のことが観察された。

- ① 飛び出し個体数のカウントを日没後から行い、5月14日～7月3日の調査にかけて個体数が増加し、7月16日～10月19日において減少した。最高カウント数は7月3日の427頭であった。また個体数の推移は例年とほぼ変わらなかった。
- ② 主なねぐらとして倉庫内天井部の梁周辺を利用していることがわかり、そのねぐら位置の特定のために、落下しているフンの分布を記録した。その結果本種は倉庫内の様々な場所を利用している可能性が示された。
- ③ 倉庫内を自動撮影カメラで動画撮影をしたところ、アライグマやキタキツネなどの野生動物が撮影された。
- ④ 倉庫西側の林で夕方～翌朝まで50kHzで超音波の録音調査をしたところ、7月は6月より頻繁に超音波が録音された。これらの結果から次のような考察を行った。

- ① ねぐら位置の調査から、複数の小集団が倉庫内の別々の場所にねぐらを作り、大規模なコロニーを形成している。
- ② 倉庫内で撮影された動画にはアライグマやキタキツネが倉庫を出入りしたり、落下幼体を捕食する様子が見られたため、これら2種はこの地域に生息するカグヤコウモリの捕食者であると考えられる。
- ③ 6月と7月に行った林での録音調査で超音波の録音頻度に差があったのは、7月が哺育の盛んな時期であり授乳する必要があるため、何度も倉庫に戻ることが原因であると考えた。

I はじめに

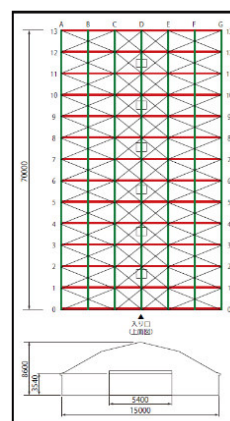
2012年7月、東滝川の農機具倉庫内をねぐらとするカグヤコウモリの大集団が発見された。その後、地元のNGO「たきかわ環境フォーラム」が中心となって、2013年4月からこの農機具倉庫でさまざまな調査が始まった。滝川高等学校理数科は同時期より継続してカグヤコウモリの生態を調査してきた。

カグヤコウモリはヒナコウモリ科ホオヒゲコウモリ属に分類され、大きさは前腕長約40mm、体重6~11g、翼開長約180mmで昆虫を主食とする小型コウモリである。コウモリの生態や分布状況については未解明な点が多いことが現状だ。

ここで、東滝川に生息するカグヤコウモリの生態についてこれまでの調査で判明したことを次に示す。

本種の行動には、季節的な変化があり、毎年季節ごとに特定の行動をしている。4月～5月にかけて倉庫に集合し、6月中旬～7月下旬までに出産する。出産後はそこで哺育を行い、9月中旬ごろまでには倉庫を離れ、別の場所へ移動していく。秋以降のねぐらや越冬場所については不明である。また、倉庫に生息する個体すべてがメスであることも分かっており、6月～9月における捕獲調査を行った結

果オスの成体は1頭も見られなかった。オスの生息場所は不明である。彼らがねぐらとして利用しているのは滝川市東滝川に位置する北海道立総合研究機構花・野菜技術センター内にある倉庫の一つであり、標高は60~80m、周囲には牧草地、ため池、雑木林が点在する場所である。倉庫の寸法は、高さ8600mm、幅15000mm、奥行70000mm、開口部の寸法は、高さ3540mm、幅5400mmである(図I-1)。



図I-1 農機具倉庫



II 調査方法

使用した器具

- ・カウンター
- ・バッドディテクター（以下BD）
 - ……Magenta Bat4
- ・自動撮影カメラ
 - ……Bushnell トロフィーカメラXLT-HD
- ・ICレコーダー
 - ……OLYMPUS Voice-Trek V-863
- ・三脚

1. 飛び出し個体数のカウント

5月14日～10月22日の期間で計11回、倉庫から飛び出す個体数をカウントした。カウントは日没の数分前から倉庫内外の各自所定の位置に待機し、コウモリをカウントした。また、BDを併用し倉庫内からコウモリの超音波が確認されなくなった時点でカウントを終了した。その際、音によるコウモリへの影響を避けるため、BDの音声確認にはイヤホンを使用した。飛び出した数から倉庫内へ戻った数を引いたものをその日のカウント数として記録した。

2. ねぐら位置の調査

6月12日～8月18日の6回の調査で、倉庫内でのねぐらの分布を調べるために、糞が集中的に落ちている場所を記録した。また、7月16日の調査からは、壁の内側からコウモリの動く音や幼体のものと思われる約25kHzの超音波が確認されたため、以降3回の調査ではその場所も記録した。

3. 自動撮影カメラ

6月12日～10月22日の調査で、自動撮影カメラ2台を用いて夕方～翌朝までの約12時間倉庫の入口と内部を倉庫内から撮影した。また、倉庫内に落下幼体があった場合は、1台を落下幼体の撮影に用い、入口のみを撮影した。自動撮影カメラは動くものに反応して1分間の動画を撮影するように設定し、高さ約40cmの三脚に取り付けて設置した。

4. 林での録音調査

日没～日出までの林内でのコウモリの活動に時期による違いがあるか調べるために、以前コウモリの飛行が確認されていた倉庫西側の林で、BDとICレコーダーを用いて50kHzの超音波の録音を行った。高さ約1mの三脚にBDを取り付け、マイクを北に向けて録音を開始し、調査日の夕方の日没前から翌朝までの約12時間録音した。得られた音声データをAudacityというソフトでグラフ化し、

超音波の録音頻度を比較した。

III 調査結果

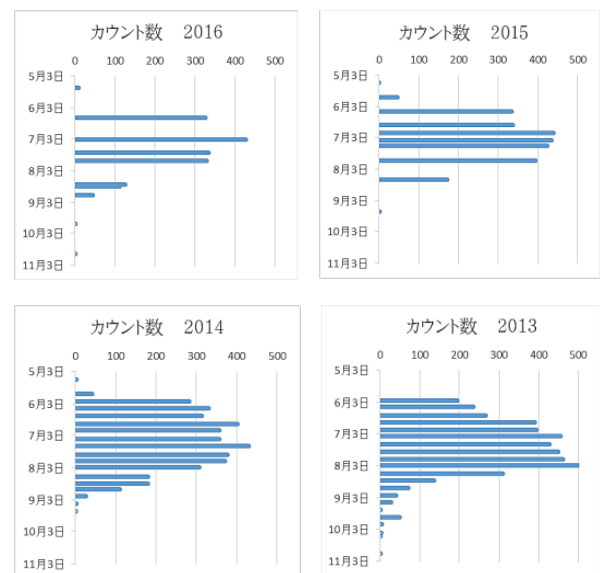
1. 飛び出し個体数カウント

6月12日～10月19日までの10回の調査日とその結果の表（表Ⅲ－1）を示す。また、2016年と2015年の滝川高校によるカウント及び、たきかわ環境フォーラムによる2013年と2014年のカウントのグラフを示す（図Ⅲ－1）。

カウントは5月14日から7月3日にかけて増加し、少し減った後7月24日までは300以上を維持し、8月16日から9月23日まで減少し、2カウントとなった。2015、2014、2013年においても同様のカウント数の変化を見ている。10月19日が不明となっているのは、調査開始時すでにコウモリが飛んでいたためである。

最高カウント数は、2016年が427カウント、2015年が435カウント、2014年が431カウント、2013年が510カウントであり、年々減ってはいるが、時期も違うため単純に比較することはできない。

9月19日から10月22日の間は2頭のコウモリが円を描きながら倉庫を出入りするように飛んでいた。そのため、正確には飛び出し個体数ではない。



図Ⅲ－1 飛び出し個体数 2016,15,14,13

表Ⅲ－１ 2016 飛び出しカウント数

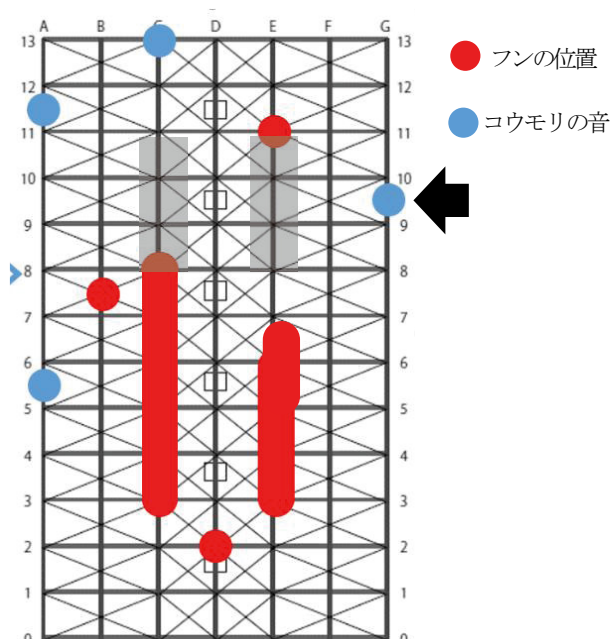
日付	入感	カウント数
5 月 14 日	19:01	10
6 月 12 日	19:29	327
7 月 3 日	19:32	427
7 月 16 日	19:19	334
7 月 24 日	19:17	330
8 月 16 日	18:44	126
8 月 18 日	18:40	112
8 月 26 日	18:32	45
9 月 23 日	17:45	2
10 月 19 日	不明	不明
10 月 22 日	16:42	2

※入感……BD でコウモリの超音波が確認された時刻。

※カウント数は、全ての調査へ行った 1 名のデータを使用した。

2. ねぐら位置の調査

糞の分布とコウモリの音が聞こえた場所の図を示す(図Ⅲ－2)。図中の下が倉庫入口である。また、■(網掛け部分)には、2m 以上の棚が置いてあるため、糞が落下しているかどうかは確認できなかった。倉庫内の壁際には農機具が置いてあるため、糞は落下していたが、正確に把握できなかったため図には示さなかった。



図Ⅲ－2 糞の落下位置とコウモリの音の場所

コウモリの糞は、C、Eの梁の下に集中して落ちており、それ以外の図で示した場所においても調査ごとに新しい糞が確認できた。

また、壁からのコウモリの音は7月16日以降から調査を行った。日没前になると、壁の内側でガサガサという何かが動くような音が聞こえ始め、25kHzの超音波がBDで確認できるようになった。飛び出し後は聞こえなくなったため、この音は、コウモリによるものとみなした。特に音が大きかった9~10-Gの壁(矢印の部分)からは、実際に壁と屋根の隙間から飛び出しが確認された。ただし、このコウモリの音については、7月16日の調査で初めて気付いただけで、それ以前からあったことも考えられる。

3. 自動撮影カメラ

6月12日から10月22日までの調査で合計239本の動画が撮影され、そのうち、倉庫入口と内部の動画が130本、落下幼体の動画が109本であった。倉庫入口と内部では、アライグマとキタキツネが多く撮影された。落下幼体の撮影では、親と思われるコウモリが近くを飛び回る様子が多く撮影された。それぞれの動画の撮影日及び内容についての表を示す(表Ⅲ－2、表Ⅲ－3、表Ⅲ－4)。

表Ⅲ－2 アライグマの動画

日付	倉庫入口	倉庫内部	動画の内容
5月14日	20:45:36		1頭が外へ出ていく
6月12日	02:21:14		1頭が外へ出ていく
	04:25:48		1頭が倉庫へ入る
7月3日	22:40:44		1頭が倉庫へ入る
	22:42:05		1頭が倉庫へ入る
	22:44:33		1頭が倉庫へ入る
7月18日		03:04:21	1頭が周辺をうろつく
		03:05:50	1頭が周辺をうろつく
		03:07:22	1頭が周辺をうろつく
		03:23:17	1頭が周辺をうろつく
8月16日		21:00:33	1頭が入口の方へ
	21:06:43		1頭が外へ出る
	03:33:03		1頭が入口を出入りする
9月23日		20:37:47	1頭が入口の方へ
	20:45:03		1頭が外へ出ていく
	20:51:17		1頭が外へ出ていく
	23:45:46		2頭が倉庫へ入る
	23:47:10		2頭が入口付近をうろつく
	23:48:41		2頭が入口付近をうろつく
10月22日	03:16:40		1頭が外へ出ていく
		04:20:15	1頭が倉庫内部へ
	04:27:55		1頭が倉庫へ入る

※20:45:36 は動画がその時刻から撮影されたことを示す

※日付はカメラを設置した日であり、撮影時刻が0時を超えるものは正確にはその翌日が撮影日である

表Ⅲ－3 キタキツネの動画

日付	倉庫入口	倉庫内部	動画の内容
7月14日	23:27:21		1頭が入口を出入りする
7月17日	00:35:57		1頭が外へ出る
9月23日		04:40:57	2頭が倉庫内部へ
	04:47:48		2頭が入口付近をうろつく
	04:52:07		2頭が倉庫へ入る
	04:55:12		1頭が外へ出る
	05:10:15		1頭が倉庫へ入る
		05:30:16	1頭が入口の方へ
	05:37:42		1頭が外へ出る

表Ⅲ－4 落下幼体の動画

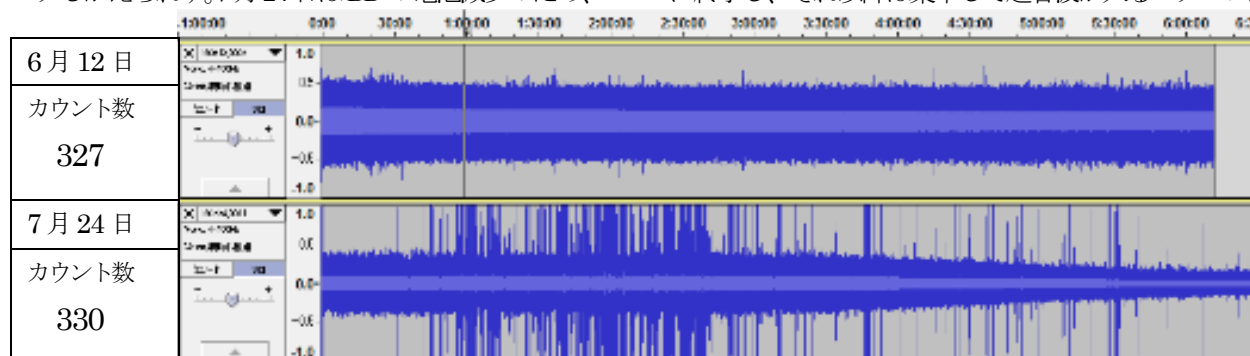
日付	動画数	落下場所	動画の内容
7月14日	17	13-A	1頭の落下幼体を壁につかまらせて撮影、14日22:31:04～23:30:02の間に画面から消える。落下したと思われる。
7月17 ～18日	25	5-C～D	床の1頭の落下幼体を撮影、17日19:31:37～20:30:18の間に幼体が画面からいなくなる。
7月18 ～19日	52	5～6-B	床の2頭の落下幼体を撮影、18日19:27:27から親らしきコウモリが周囲を飛び、助けようとする。18日20:54:47から1頭が画面から消える。22:10:01からもう1頭も消えた。その後ほとんどコウモリが飛ばなくなり、19日03:01:58、03:03:36にアライグマが周囲の匂いを嗅ぎながらうろつく様子が見られた。
7月24 ～25日	20	8-C	鉄パイプの途中につかまった1頭の落下幼体を撮影、24日20:41:39から、親らしきコウモリが周囲を飛び、助けようとする。23:00:50から消えた。その後は変化がなかった。
	9	10-E	床の1頭の落下幼体を撮影、その後は変化がなかった。
7月25 ～26日	11	5-D	床の1頭の落下幼体を撮影、25日20:16:38に幼体をキタキツネが捕食。その後は変化がなかった。

4. 林での録音調査

5月14日から10月22日までに11個の音声データを得ることができた。しかし、夏の録音では林の中の虫の声が多く入り、グラフ化した際にコウモリの超音波との区別をつけることが難しかったため、いくつかのデータは利用することができなかった。そこで、利用可能なデータの中でカウントがほぼ同数であった、6月12日と7月24日の2つのデータを比較した。この2つのデータをAudacityで処理したグラフをしめす(図Ⅲ－3)。なお、6月12日はICレコーダーの充電がなくなったため、開始約6時間のデータしかえられず、7月24日はBDの電池減少のため、

開始約7時間のデータのみコウモリの超音波が確認可能であったため、図Ⅲ－3には開始6時間30分のデータのみ示した。

グラフの上下に飛び出た部分(以下バンド)がコウモリの超音波であり、これは実際に音声を聞いて確認をした。6月12日に比べ7月24日は頻繁に超音波が録音されていることがわかる。録音の開始はいずれも約19時であり、6月12日の飛び出しは20時の少し前に終了し、それから、録音終了までに一定の頻度で超音波が入るパターンが続いた。7月24日の飛び出しが終了したのも20時の少し前に終了し、それ以降は集中して超音波が入るパターンが



図Ⅲ－3 6月12日、7月24日の音声データグラフ

※2つのデータで中心のバンドの太さが違うが、これは録音時のBDの音量による違いであると考えられる。

またそれにより、6月12日の超音波のバンドが分かりにくくなっている。

22 時ごろまで続いた。その後は、一定の頻度で超音波が入るパターンが続いた。

IV 考察

1. 大規模コロニーの形成について

ねぐら位置の調査から、倉庫内で最も多くのコウモリがねぐらをとっているのはC,Eの梁であるが、図Ⅲ-2から、その他の場所にもねぐらがあることがわかる。また、前述した通り倉庫の壁側にも多くの糞が落下していることから、ねぐらは、倉庫内の様々な場所に点在していると考えられる。

カグヤコウモリは本来小集団で生活する樹洞性のコウモリである。そのため、この東滝川のような大規模なコロニーは珍しく、どのような理由によりできたのかはよくわかっていないが、ねぐらの点在する状況から、このコロニーは小集団が集まることで形成されていることが考えられる。

つまり、このコロニーは繁殖期にコウモリの小集団が複数集まることでできる一時的なコロニーである可能性がある。ここから推測すると、カグヤコウモリの小集団は春に繁殖のために倉庫へ集まり、繁殖を終えるとそれぞれの小集団が別の場所で越冬、オスとの交尾を行うという1年のサイクルで生活しているという仮説が立てられる。このように考えると、倉庫に集まるコウモリの秋以降のねぐらや越冬場所が不明な理由を説明することができる。

今回のねぐら位置の調査だけでは、この仮説についての証拠が非常に少なく、断言することはできないが、「その可能性があるデータが得られた」ということは言うてよいだろう。

2. 倉庫を利用するコウモリ以外の動物

今回の自動撮影では、アライグマとキタキツネが倉庫を出入りしていることが分かった。また、動画の表Ⅲ-2、Ⅲ-3では、入口と内部での出入りの順番に不自然な箇所がある（例えば、最初の動画で入口から外へ出た場合、それまでずっと倉庫内にいたことになる）。これは、カメラが動くものを感知してから撮影を開始するまでに少しのインターバルがあることが原因であり、動きを感知して撮影を開始した時にはすでに通り過ぎた後で、なにも映らなかったという動画があったためだと考えた。こうした何も映っていなかった動画は、表にない調査日でも複数あり、これらの中にもアライグマやキタキツネを感知していた

動画があったと考えられる。そのため、実際の倉庫への出入りの回数は表で示したよりも多かったと考えてよい。

アライグマ、キタキツネともに2頭が同時に撮影されたことから、倉庫を利用する個体は複数いることがわかる（9月23日 23:45:46、23:47:10、23:48:41、04:40:57、04:47:48、04:52:07）。

落下幼体の撮影においてもこの2種が撮影された。7月18～19日の落下幼体の撮影では、03:01:55、03:03:36の2つの動画でアライグマが幼体のいた場所でのおいをかぎながら周囲をうろついていた。これは明らかに幼体を探す行動である。7月25～26日の撮影では、20:16:38の動画でキタキツネが幼体を捕食した。



図Ⅳ-1 落下幼体とアライグマの画像

※左の矢印の場所に幼体がいる。右はその約8時間後の画像。



図Ⅳ-2 キタキツネの捕食画像

これらの倉庫への出入りと、幼体の探索、捕食行動から、アライグマとキタキツネは幼体の捕食を目的として倉庫を利用しており、東滝川におけるカグヤコウモリの捕食者であると考えられる。ただし、倉庫はあくまで主要な餌場ではないと思われる。これは、餌の豊富な夏の撮影回数から推測できる。また、アライグマは冬ごもりをするために秋ごろ倉庫を出入りしていることも考えられる。

3. 哺育時期における行動パターンの違い

6月12日と7月24日で図Ⅲ-3のような超音波の録音頻度に差が生じたのは、7月24日が哺育の盛んな時期であったことが原因であると考えた。

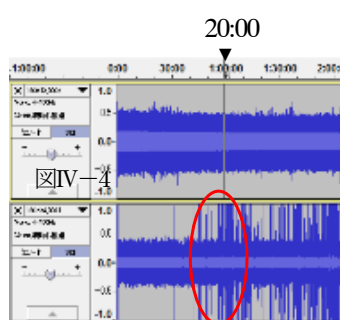
ここで、たしかわ環境フォーラムによる 2014 年の倉庫入口での 50kHz 超音波の録音データのグラフの一部を示す(図Ⅳ-3)。このグラフから、6 月から 7 月にかけてコウモリの夜中の倉庫への出入りが非常に増えることがわかる。これは、まだ飛ぶことができず、餌を取ることができない幼体に親コウモリが母乳を与えるために、ねぐらへ何度も戻るためであると考えられる。

林での録音調査でのバンドの集中もこれが関係していると考えられ、この場合のバンド集中の原因は次の二通り考えられる。

原因①、カグヤコウモリがこの林を倉庫へ出入りする際の通り道としている場合。

原因②、カグヤコウモリがこの林を餌場として利用している場合。

前者の場合、飛び出しが終了した 20 時には、カグヤコウモリは倉庫から離れるため、一度バンドが入らなくなるはずだが、7 月 24 日のグラフを見ると、その時間にもバンドの集中が見られる(図中○の部分)。このことから、



原因は後者のほうであると考えた。

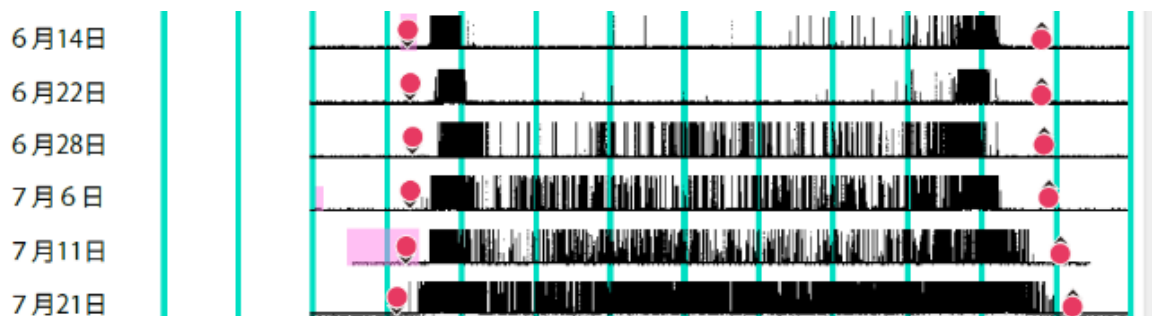
6 月 12 日にはほとんどバンドが入っていないため、カグヤコウモリは繁殖期前の 6 月には、林を利用せず、繁殖期である 7 月になると利用

し始めることがグラフから読み取れる。

つまり、繁殖期には幼体へ授乳するために何度も倉庫へ戻らなければならないので、多くのコウモリが遠くの林ま

でいかずに近場の林をエサ場とするようになるという行動パターンの変化が起こると考察した。

今回は倉庫前の林のみの録音調査だったが、倉庫周辺の他の林についても録音調査を実施し、また、より多くの時期のデータを比較することで、さらに詳しい行動パターンの変化を分析することができると考えられる。



図Ⅳ-3 たしかわ環境フォーラム 2014 年 4 月 26 日～9 月 27 日のカグヤコウモリの音声記録の一部

※左の●が日没を、右の●が日出を表し、1 目盛り 1 時間である。

V 補足資料

1, 使用機材



図 V - 1 Magenta
Bat4



図 V - 2 OLYMPUS
Voice-trek V-863



図V-3 Bushnell
トロフィーカメラ XLT-HD



図V-4 林内録音装置

2, 落下幼体の測定結果の表

測定日時	落下場所		前腕長	体重	性別	開眼
7月14日 20:41	13 - A		21 mm	2.8g	♂	あり
7月17日 17:50	5 - C~D		16 mm	不明	♀	なし
7月18日 5:32	5~6 - B		28 mm	不明	♀	あり
7月18日 5:32	5~6 - B		16 mm	不明	♂	なし
7月24日 18:16	7 - D		31 mm	4.6g	♀	あり
7月24日 18:20	8 - C		35 mm	5.3g	♀	あり
7月24日 20:08	10 - E		33 mm	3.3g	♀	あり
7月25日 17:28	5 - D		30 mm	3.8g	♂	あり

VI 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力して頂いた北海道立総合研究機構花・野菜技術センターをはじめ、資料を提供してくださったたきかわ環境フォーラムの皆様、熱心にご指導してくださった長澤先生に心から感謝を申し上げます。

VII 参考文献

たきかわ環境フォーラム(2016) 北海道滝川市内の農機具倉庫を利用するコウモリたち

カグヤコウモリ *Myotis frater* の出産・哺育集団を中心に(1)(2)

<http://ecoup.la.coocan.jp/>

リモートセンシングを用いたマガンの繁殖地における環境変化の解析

北海道滝川高等学校理数科 河端 千尋 川越 聖哉 小川 暁史

[要 旨] マガン *Anser albifrons* は極東シベリア帯を繁殖地とし宮城県伊豆沼を越冬地とする水鳥であり、両間を1年の間に移動する。近年、最大中継地の一つである北海道宮島沼では繁殖地からの移動に変化が見られており、これに関する調査が必要とされている(牛山ほか、2014)。そこで移動変化の要因を考察するために、繁殖地の気候変動に伴う環境変化モデルを設けた。本研究では、モデルの検証のために衛星リモートセンシングに用いられる植生指数NDVIを算出し、これを指標とした巨視的かつ継続的な環境モニタリングを試みた。その結果、経年的に融雪時期が早期化し植生の出現もこれに伴って早期化していることが示唆された。

I はじめに

マガン *Anser albifrons* はロシア極東部に生息する渡り鳥であり、毎年日本宮城県伊豆沼との間を行き来する水鳥である (Fig. 1)。

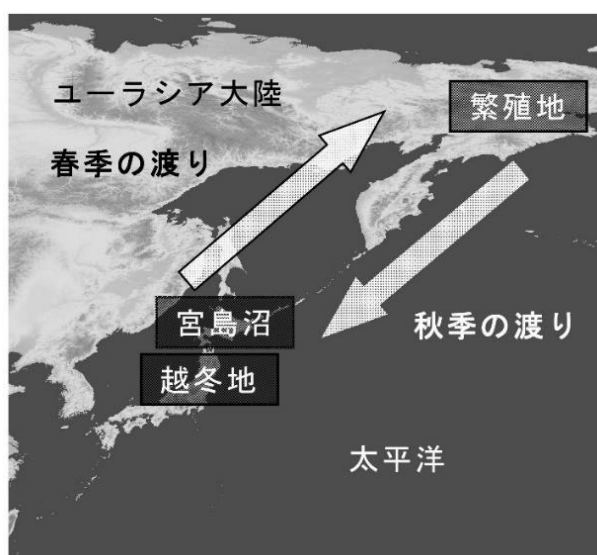


Fig. 1 マガンの生息域と渡り経路

(春季に利用する繁殖地はロシアのシベリア帯に点在している。また冬季は伊豆沼で越冬する。宮島沼を中継地としてこの地域間を渡る。)

そのマガンの秋季の移動において、近年宮島沼における経年的な飛来数の変動が起きているという報告がなされている(牛山ほか、2014)。以下にマガンの宮島沼への秋季渡来状況を示す (Fig. 2)。

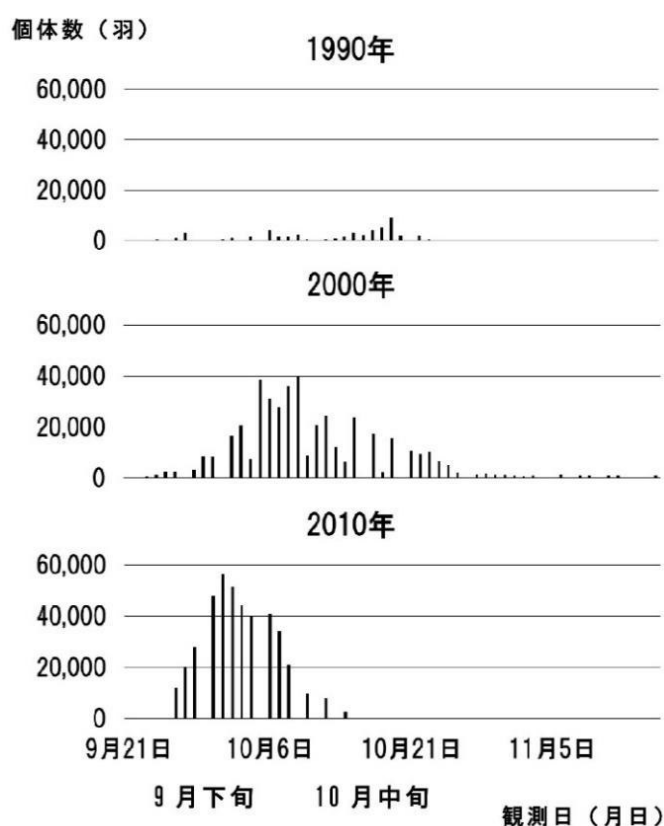


Fig. 2 宮島沼におけるマガン秋季渡来数
(宮島沼水鳥・湿地センターによるデータをもとに作成)

近年のマガンの渡来状況の傾向として、早期集中化が挙げられる。個体数は過去の狩猟などの影響により大幅に減少してしまっていたが、1971年に国の天然記念物に指定されたことや狩猟自粛などの保全活動によって個体数は回復し、現在では増加傾向である。そのような状況で今日では宮島沼へ渡来するマガン個体数の増加と一極集中が引き起こされている。

本研究で注目したのは個体渡来数のピーク時期である。1990年代でそのピークは10月中旬であった。しかし、2000年及び2010年以降は経年的に渡来時期が早期化し多数の個体群の渡来が9月下旬からみられるようになった。

渡来の早期化がみられる原因として、繁殖地の経年的な環境変化によるものと牛山ら(2014)により示唆されている。マガンの繁殖地のひとつであるロシア・アナディリの1983年から2015年までの5月平均気温の推移を以下に示す(Fig. 3)。

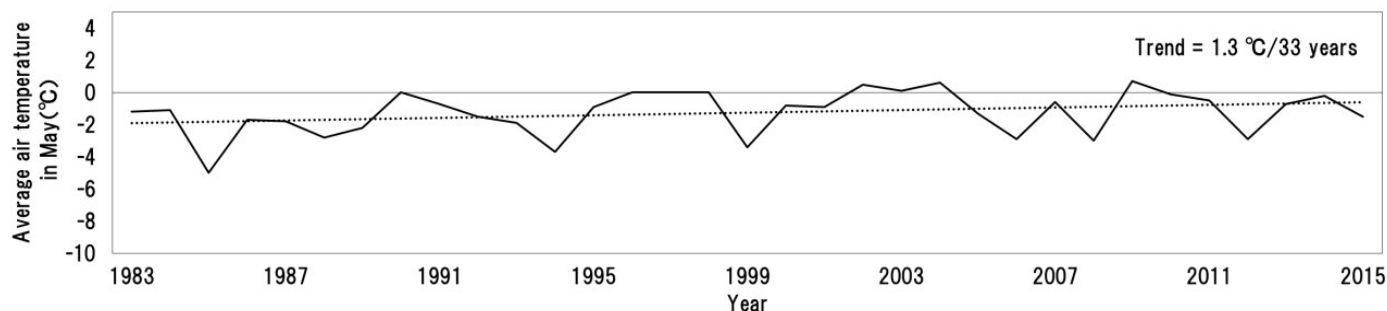


Fig. 3 マガンの繁殖地の5月平均気温

マガンの繁殖地のひとつであるアナディリの5月平均気温を気象庁が提供する1983-2015年間の気象データを元に算出した。33年間の平均気温の変化率を最小二乗平均法で計算し、変化率を近似したところ、約1.3度の気温上昇がみられた。

5月は繁殖地のツンドラ気候帯で融雪の開始時期に当たり、この時期の温度上昇は融雪時期の早期化をもたらすと考えられる。これらはマガンが抱卵するために必要な草地の出現の早期化を同時にもたらし、繁殖時期の早期化に繋がると考えられる。また、融雪時期の気温上昇は草地の拡大をもたらし、繁殖地の拡大にも繋がる。繁殖地の拡大はマガンの繁殖率の向上に寄与し、経年的な個体数の増加に繋がっていることが考えられる。以上のように、秋季渡来状況の早期化が説明される。本研究ではこれを「環境変化モデル」とし、繁殖地の環境変化の把握、及びその知見による生態への影響を考察した。

II 環境変化を把握するリモートセンシング

気温上昇に伴う繁殖地の環境変化は仮説にすぎなく、環境モニタリングによる検証が必要である。

そこで本研究では仮説検証のため、マガンの繁殖地の巨視的かつ連続的な環境モニタリングについて、リモートセンシングによる環境変化の解析を試みた。

リモートセンシング (Remote sensing) はその名の通り、センサーによる遠隔地の探査を意味する。主に人工衛星に搭載したセンサーが広く利用されている。

本研究ではアメリカ地質調査所(USGS)の運用するLandsat衛星を用い、繁殖地の近年の環境を経年的に観測した。その観測調査から得られた情報をもとに推測される環境変化を挙げ、日本への移動に影響を与える要因となるか考察した。

III 研究方法

1. 調査対象地域の概要

調査対象地域は現在までに衛星追跡(呉地, 1990)によって判明しているマガンの繁殖地、ロシア・チュコト地方のペクリニイ湖沼群である(Fig. 4)。



Fig. 4 調査地域の位置 (マーカー下端)

2. 植物活性状況の経年調査

融雪時期の気温上昇は繁殖地における草地の出現を同時に促進させると推測される。この検証のためリモートセンシングを用い、融雪時期及び繁殖時期の繁殖地のモニタリングをするために植生指数 NDVI (Normalized

Difference Vegetation Index) を指標とする調査手法を試みた。NDVI は植物中のクロロフィルの光の反射特性を利用した植物活性状況の把握方法のひとつとして、リモートセンシングのために考案された。NDVI は以下の式より与えられる。

$$NDVI = \frac{IR - RED}{IR + RED}$$

NDVI は植物がレッドエッジと呼ばれる独特な光学的特性をもつことから考案された。植物中に含まれる光合成色素のひとつであるクロロフィル類の反射スペクトルにおいて、その独特な光学的特性がみられる (Fig. 5)。

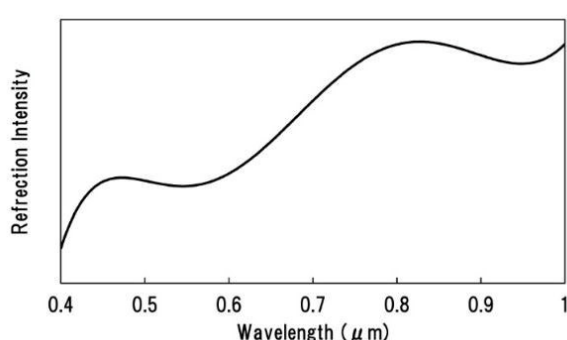


Fig. 5 植物中のクロロフィル類の反射スペクトル

植物は可視光のうち赤色域を主に吸収しており、それよりも波長の長い赤外域は高い輝度で反射している。そのため赤色域の反射輝度と赤外域の反射輝度には大きなギャップがあり、この差を用いて植生の存在を推定できる。また地表面の植物バイオマスがより多くなることによって反射のギャップはさらに大きく広がり、NDVI は理論的に大きくなることになる。IR は衛星画像の近赤外域バンド、RED は赤域バンドを示している。本研究で使用した Landsat-5, 7 では IR:Band4、RED:Band3 であり、Landsat-8 では IR:Band5、RED:Band4 である。算出される値は-1~1 となり、値が大きいほど植生が活性状態にあることを意味する。0 以下は水域や裸地となる。

時期については 2000 年、2001 年以降における衛星データが利用可能な年を対象とした。はじめに、2000 年については各年の植物活性の微細な変化を把握することを目的として解析した。これらの年の中で雪の残る 3 月及び 4 月から融雪が起り植生域の現れる 5 月、繁殖が終了し再び植生域が雪に覆われる 8 月までの衛星データの内、利用可能な各月の NDVI を算出した。また NDVI の算出には QGIS を用いた。

算出された値のうち対象地域内で最大値をその月の NDVI (NDVI_{MAX}) とした。これは NDVI_{MAX} とバイオマスの相関関係が一般的に指摘されており、NDVI_{MAX} による植生の現存量が推測可能であるためである。その後算出された各年の NDVI を総合的に比較し、植物活性に基づく環境変化を解析した。NDVI を算出する際には大気補正等のプロセスを考慮せず Landsat 衛星により観測された放射輝度値を用いた。

また、2000 年と 2016 年について年間の同時期に撮影された 5 枚の NDVI 画像の積算値を示す ΣNDVI を計算し、これらの積算値の差の有無について視覚的かつ定性的検証を試みた。ΣNDVI は異なる年代においても同時期に取得された NDVI を用いるため、これらの積算値によりそれぞれの年代の長期的な植生状況を把握することが可能である。そのため 2000 年と 2016 年の ΣNDVI に大きな差が確認された場合、これらの時期の長期的な植生状況が異なっていることを意味する。これにより時間経過によって現れた環境変化を推測することが可能である。

IV 結果

1, 2000 年における過去の植生解析

2000 年におけるマガンの宮島沼への秋季最大飛来数は 40,080 羽 (宮島沼水鳥・湿地センター提供) であり、個体数の増加が顕著となり飛来時期についても早期化がみられている年である。衛星画像の質についても近年になるほど高くなり、NDVI の算出は比較的容易であった。2000 年から 2016 年までの NDVI の算出結果を以下に示す (Fig. 6)。2000 年代の衛星画像データは比較的過去のものであり、近代の環境変化を比較するためにも、本研究ではこの時期の植生活性状況を繁殖地の通年の指標となる環境とした。

植生については 2000 年の解析からマガンの繁殖地は 5 月中旬では積雪に覆われており、確認できないことが示唆された。融雪は 2000 年において 5 月中旬に開始している。7 月には NDVI が植生と判断できる閾値の 0.1 を超えていることから、繁殖地での融雪後の植物活性も確認できた。10 月にはすでに植物活性が落ち込んでいることから秋を迎えて積雪が始まりつつあることが示唆された。2000 年については気象庁によるアナディリの気温観測から 20 年近く経過しているため、すでに気温上昇が確認されているが、繁殖地の気候把握の基礎的なモニタリングが出来た。

2, 2000 年以降における近代の植生解析

融雪開始は2001 年以降において例年4 月中には確認できなかった。しかし、2016 年については4 月 25 日からすでに植物活性を判断する閾値を超えていた。このことから、融雪開始が例年より早期に起こっていることが示唆された (Fig. 7)。この傾向は5 月においても確認された。例年では5 月下旬まで繁殖地は積雪に覆われており、植物活性は見られない。しかし4 月同様に 2016 年では5 月 18 日において植物活性が確認された (Fig. 8)。

また7 月における NDVI にも経年的な数値の増大変化が見られた (Fig. 9)。

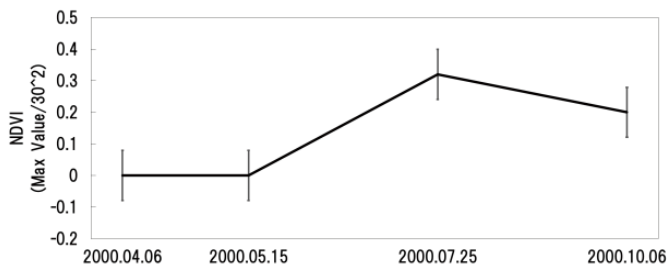


Fig. 6 2000 年の年間 NDVI の推移

また、2000 年から 2016 年の各年において取得した年間 NDVI 推移をすべて並べた (Fig.10)。4 月、5 月、7 月各月の NDVI 推移が増大変化していたように、各年の年間 NDVI 推移も同様に時間経過に伴い増大していた。特に融雪以降の NDVI 上昇は近年ほど顕著にみられており、植物活性がより早期に引き起こされていることが示唆された。

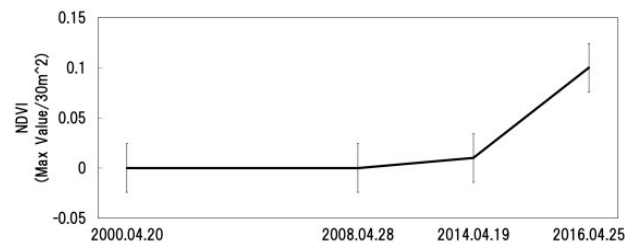


Fig. 7 2000 年代の 4 月時期 NDVI の推移

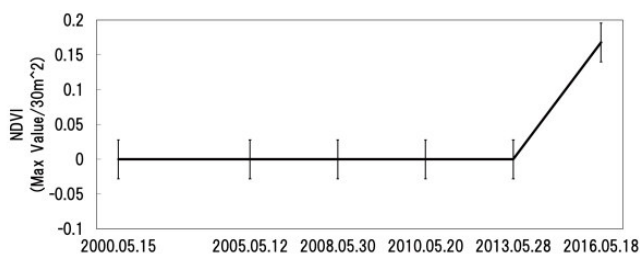


Fig. 8 2000 年代の 5 月時期 NDVI の推移

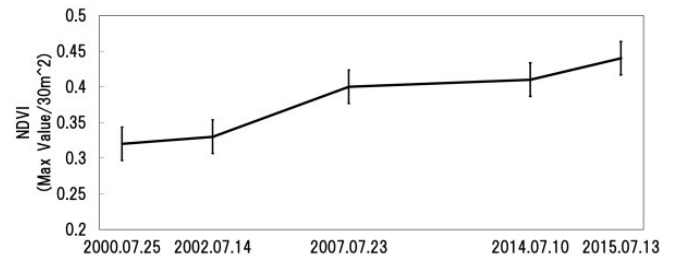


Fig. 9 2000 年代の 7 月時期 NDVI の推移

※Fig. 6～9 横軸「観測年.月.日」を示す。

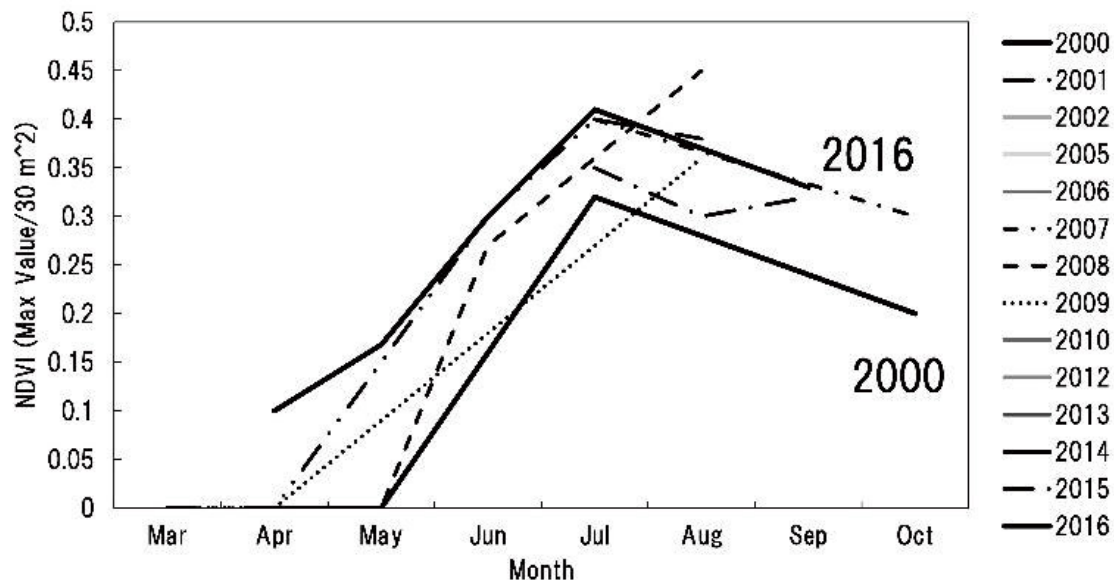


Fig.10 2000 年代の各年の年間 NDVI の推移

Σ NDVIについては4月初旬及び下旬、5月、7月、10月の5時期について差が約5日以内になるような時期のNDVIを積算し、画像化した(Fig.11)。

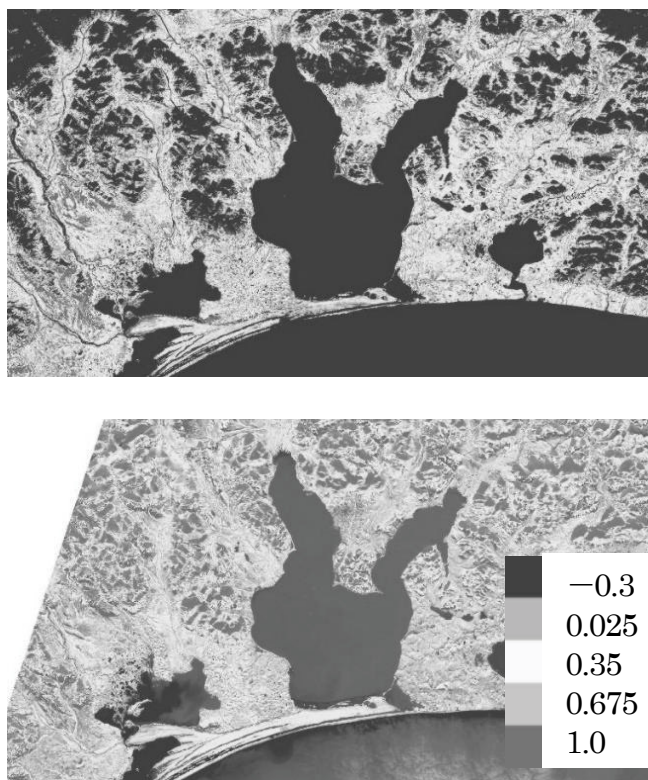


Fig.1.1 2000年(上)と2016年(下)の Σ NDVI

2016年については衛星画像の取得位置に異なるものが含まれてしまうため、積算値が正しく導出されないために左上部に欠損箇所があるが、それを除いてすべての時期については同じ軌道上から撮影された画像を使用し解析を行った。

V 考察

1. 環境変化に関する考察

本研究の調査で2000年以降において従来は積雪に覆われていた4月、5月時期の早期な植物活性が確認された。また、7月には経年的に植物活性が盛んになり始めたことが確認された。いずれの結果も繁殖地の気温上昇から推測される環境変化と合致しているといえる。

4月、5月時期の植物活性の早期化は融雪の早期化に起因しているものと考えられる。融雪の早期化は繁殖地の5月平均気温が上昇していることにも合致し、環境変化モデルとも齟齬はない。特に近年になると融雪状況はより加速しており、今後も気温上昇といった気候変動の影響を受けていくものと考えられる。

また、今回はNDVIを用いた大きな規模での植生活性状況の推定を行ったが、今後は繁殖地での実測等が必要になると思われる。植物活性はマガンの繁殖地における繁殖開始や抱卵環境の良し悪しを左右するため、衛星画像では判別できないミクロな規模での観測が必要である。しかし、本研究の衛星画像を用いた地表面の観測で経年的な環境変化を指摘することができ、今後のガン類調査、研究の方向性について検討する際の一助になると思われる。

7月の観測ではNDVIの経年的な増大状況、すなわち植生活性の経年的な増加が見られることが示唆された。これは4月、5月時期の観測によるNDVIのトレンドから考えて妥当な結果といえる。この時期の植生活性化はシベリア帯の永久凍土域の減少や気温上昇による融雪水減少に起因する湿地域の減少によるものと考えられる。これは Σ NDVI画像(Fig.11)の2000年と2016年の定性的な比較により確認できる。例としてペクリニイ湖沼群の周囲の植生活性状況の長期的な継続が挙げられる。今後は積雪量や融雪時期、融雪後に形成される湖沼の開放水面積等も環境変化の指標として取り入れた調査を行うことで、詳細かつ正確な環境変化把握が可能になるだろう。

NDVIの年間トレンドを比較したグラフ(Fig.10)では繁殖地で起こっている環境変化が要約的に窺え、近年ほど植物活性が早期にみられる結果となった。ただし、各年の植生状況はその前年度の積雪量や年間の気温状況など、多様な影響を受けるために、それぞれを比較したときに単調な増加が見られるわけではない。そのため7月までのNDVIの変化は年によって様々であり、過去のトレンドが最近のものを上回るものも確認されている。しかし、経年的な変化を積み重ねていくことで、夏季の植生活性状況が確かに増加していることが示された。

また、今後はマガンの利用する地域をより限定的に絞り観測地域の正確性を向上させることが必要である。調査ではNDVI_{MAX}のみを指標としたが、より短い周期での観測によって得られたNDVI_{MAX}をはじめとする指標を利用することで、より妥当性のある結果が得られると期待される。

2. マガンの生態への影響

本研究ではマガンの繁殖地において気温上昇に伴って環境が変化し、その影響を受け、マガンの秋季渡来状況に変化が現れたという「環境変化モデル」を設けた。そこでリモートセンシングによる調査を行い、繁殖地における融

雪時期の早期化とそれに伴う植生活性の早期化を明らかにした。環境変化モデルでは草地といった植生はマガンの繁殖に重要な役割を担っており、繁殖成績へ影響を与えうる要因としている。本研究では植生状況の経年的な活性化を指摘し、推測される生態への影響や宮島沼における経年的な渡来数増加も矛盾なく説明出来たと言える。

5月にはマガンが北海道や大陸を出発し、繁殖地に到着する時期にあたる。本研究では5月時期の植生活性状況の経年的な早期化を指摘した。繁殖時期は融雪とともに開始すると一般的に考えられており、やはりこの時期の早期の植生活性が繁殖スケジュールの早期化をもたらしていると考えられる。マガンの全体的な繁殖スケジュールの早期化は繁殖終了も早期にもたらし、これによって南下の準備や時期も同調し早まっているものと考えられる。また、気候の安定化に伴い抱卵数の上昇と孵化率の上昇（一般に鳥類の一腹卵数は周辺環境が良いと多くなる傾向にある）が起こっているとすれば近年の経年的な個体数の上昇が矛盾なく説明できる。これは牛山ら（2014）が指摘した宮島沼における秋季の渡来時期早期化と合致し、今後は繁殖地における調査を並行していくことで根拠ある知見もたせると考える。また、繁殖地への北上開始時期も中継地での栄養確保および北上開始時の栄養状態に大きく影響を受ける。そのため最大中継地の宮島沼周辺や北海道中央フライウェイのうち利用する地域でのマガンの栄養状態や採食状況の観察が今後重要になると考える。

また7月は繁殖地における融雪がほとんど終了し、植生活性が最盛期を迎える時期である。この時期においてマガンはすでに抱卵を終え、ほとんどの巣で幼鳥が生まれている（柏木、2004）。この時期、マガンは繁殖地に自生するドジョウツナギ属、スゲ属などを採食し、秋の南下に備えている。そのため、この時期の植生の活性化はマガンの栄養状態や渡来準備の完了に重要な役割を担っている。繁殖地における植生が近年早期に活性するようになり、繁殖地の拡大に繋がれば栄養状態の改善や渡来準備の完了が早期化し、南下する渡来の開始時期も早くなっていくことが予想される。他にも、繁殖時の栄養状態の改善により、渡来個体群の幼鳥率の向上、特定時期の渡来個体群数の増加が考えられる。これについては渡来先である北海道、越冬地である宮城県伊豆沼、さらには東アジア地域の様々な生息地での観測や調査により繁殖成績、及び繁殖地状況の評価が可能である。今後もガン類の生態に関して多角的な側

面から継続的な研究が必要である。

以上のことを踏まえ、展望に北海道宮島沼や宮城県伊豆沼といった日本地域に飛来するマガンの幼鳥率と本研究の調査結果との比較が挙げられる。先述の通り、幼鳥率については繁殖成績を推測することが可能であり、環境変化に伴うマガンの生態、繁殖行動への影響を調査することが出来ると考える。

VI 謝辞

本研究を遂行するにあたり、宮島沼水鳥・湿地センター 牛山 克巳氏、宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 嶋田 哲郎氏には貴重なマガンに関する計数データの提供やご指導を頂きました。心より感謝いたします。

VII 引用文献

- 牛山克巳、森口紗千子、天野達也（2014）：宮島沼におけるマガン研究と保全管理、日本湿地学会誌、湿地研究 vol.5 No.1 December 2014、6-7
- 呉地正行（1999）：人工衛星用小型位置送信機を用いたガン類の追跡調査と渡り経路の解明
〈<http://www.jawgp.org/anet/jg00344a.htm>〉
2017年6月14日参照
- 柏木実（2004）：マイナピルギナからの便り 2003年繁殖調査報告から
〈<http://www.jawan.jp/rept/rp2004/rp040421kashiwagii-j77.html>〉
2017年6月14日参照

宮島沼の底泥の有効活用方法について

北海道滝川高等学校理数科 加藤 凜花 新谷 衣尋 工藤 桃花

〔要 旨〕 現在宮島沼では浅底化が進み、約50年後に消滅されている。そこで、我々は宮島沼の底泥の有効活用方法をテーマに研究した。底泥は、マガンの糞等を含んでいることから肥料としての活用（A）、また粘土質であることから多孔質セラミックとしての活用（B）を試みた。（A）は培養土と底泥の比率を変えて、植物を育てた。（B）は汚水に入れて、浄水効果の有無を調べた。（A）では肥料として適さないが（B）では一定の浄水効果が見られるという結果に至った。

I はじめに

宮島沼は周囲からの農業排水の流入口からの土の流入、渡り鳥の糞の堆積により浅底化が進み約50年後には消滅してしまうと言われている。

そこでその底泥を有効に利用できる方法を考え、肥料としての活用、多孔質セラミックとしての活用が挙げた。

A 肥料としての活用

「栄養が多く含まれている底泥と培養土を混合させると、発芽数、成長率、収穫数が多くなる」という仮説を立てた。

B 多孔質セラミックとしての活用

「粘土質の土を焼いたら多孔質セラミックになり浄水効果がみられる」という仮説を立てた。

II 材料と研究方法

A 肥料としての活用

表1 材料・器具

材料・器具	個数
ミニひまわり（種）	1袋
ハウセンカ（種）	1袋
小ネギ（種）	1袋
枝豆（種）	1袋
培養土	1袋
プランター	10個
宮島沼の底泥	約20kg

実験方法

私たちは「栄養が多く含まれている底泥と培養土を混合させると、発芽数、成長率、収穫量が多くなる」という仮説を検証するために下記の表2の条件で栽培実験を行った。期間は7月4日から9月15日まで育て観察・比較を行った。

表2 条件

植物	比率（底泥：培養土）
ミニひまわり (a)	9:1
(b)	7:3
(c)	5:5
(d)	3:7
(e)	1:9
ハウセンカ (f)	9:1
(g)	7:3
(h)	5:5
(i)	3:7
(j)	1:9
小ネギ (k)	9:1
(l)	7:3
(m)	5:5
(n)	3:7
(o)	1:9
枝豆 (p)	9:1
(q)	7:3
(r)	5:5
(s)	3:7
(t)	1:9

B 多孔質セラミックとしての利用

表3 材料

材料・器具	個数	特徴
宮島沼の底泥		乾燥しているもの
pH測定器	1個	
ビーカー	5個	500ml
COD パックテスト	4本	
カロリーメイト	1本	200ml
紙パック	7本	100ml
ラップ		

実験方法

はじめに、底泥を砕いて細かくしふるいにかけて水道水を加えよく混ぜる。そして紙パックの型に入れて乾燥させ、陶芸用の窯を使い800℃で24時間焼き、セラミックをつくった。

・耐水性と吸水性の調査

3個のビーカーにそれぞれ水道水を400ml入れ、乾燥させ固めた底泥、セラミック、何も入れないものに分けビーカーの中に入れビーカーにラップをし、1週間放置した後、pH測定器、パックテストでpHとCODを測定した。

・浄水剤として実用性の調査

液体のカロリーメイトを蒸留水で1000倍に薄め、二つのビーカーに分けて焼いたセラミックを入れたものと何も入れないものに分けそれぞれラップをし、一週間放置する。その後パックテストでCOD、pH測定器でpHを測定し、変化を記録した。

Ⅲ 研究結果と考察

Aにおいてはあまり成功とは言えない結果だった。ミニひまわりの成長のグラフ（%は培養土に対しての底泥の割合）を見ていくと、底泥の割合が多いほど草丈が低いことがわかる。

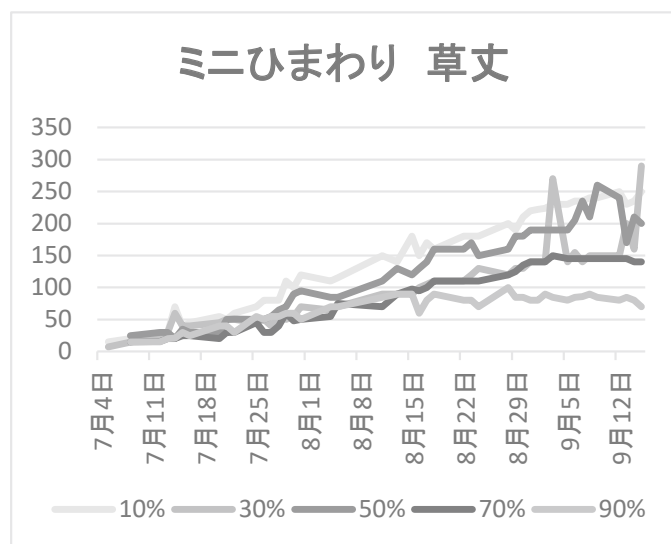


図1 ミニひまわりの草丈の成長

この原因は、底泥が粘土質で保水性・浸透性に欠けていたために、植物に十分な水分がなかったからだと思われる。また、底泥が硬すぎたために根が育ちにくかったことも考えられる。

BはAに比べ、仮説に近い結果が出た。底泥を乾燥させ固めた際、気泡が抜けきってなかったため、もろくなってしまい半分や三分の一にわれてしまった。焼くと色が灰色から赤褐色に変わり、重さも軽くなった。乾燥させ固めただけの底泥は水に溶け、崩れた。焼いたセラミックは崩れず、水を35.84 g 吸収した。pH測定は、水道水のみのものが6.0、底泥を入れたものが4.2、セラミックをいれたものが4.8となり、底泥もセラミックも酸性になってしまったが、セラミックのほうが中性に近かった。この実験により乾燥させ固めただけの底泥はセラミックとして使えないことがわかった。何も入れていない汚水は1週間室温で放置したため腐敗臭がしたが、セラミックとした底泥の入った汚水は腐敗臭はせず、溶液の濁りも薄くなっていた。これは多孔質セラミックの小さい穴に汚れが吸着されたためだと考えた。CODを測定したところ何も入れなかった溶液よりセラミックを入れた溶液の方が数値は低くなったためCODの数値が小さいほど有機物が少ないことを示すので、浄化されたと考えられる。また、pHは何も入れなかった

溶液は9.7、セラミックの入った溶液は6.4となり、純水のpHである7に近い数値となった。この実験では、調べきれなかったことが多い。例えば宮島沼の底泥の量、宮島沼の湖水を全て浄化するのに必要なセラミックの量、実際にかかるコストなど。まだまだ研究は必要である。

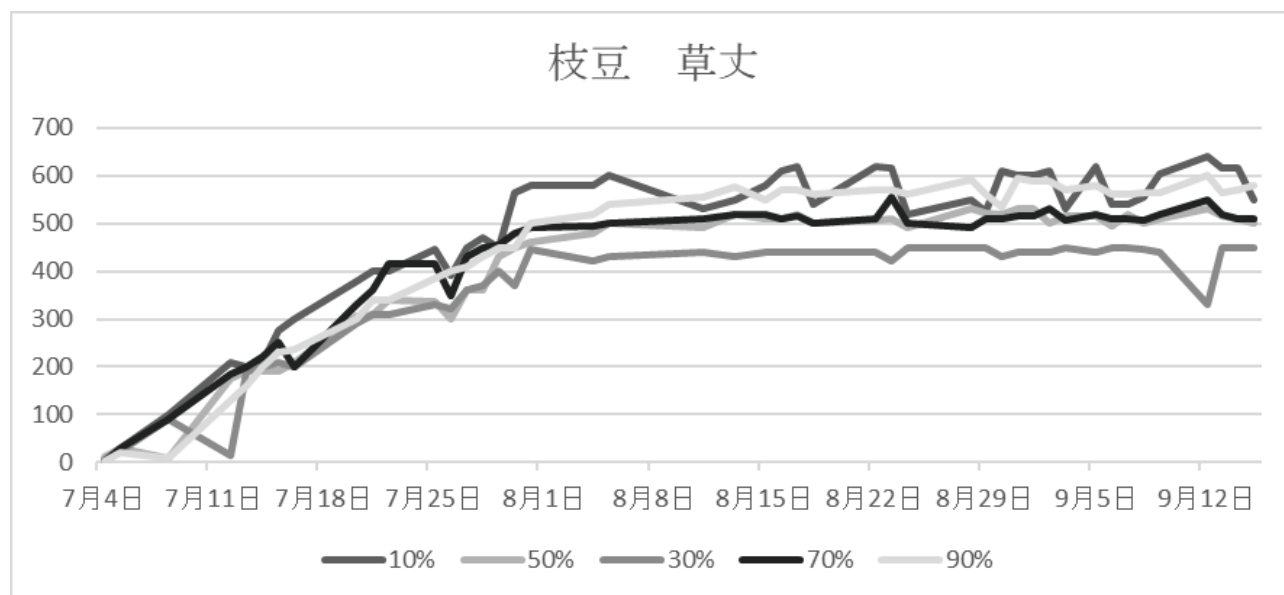


図 2

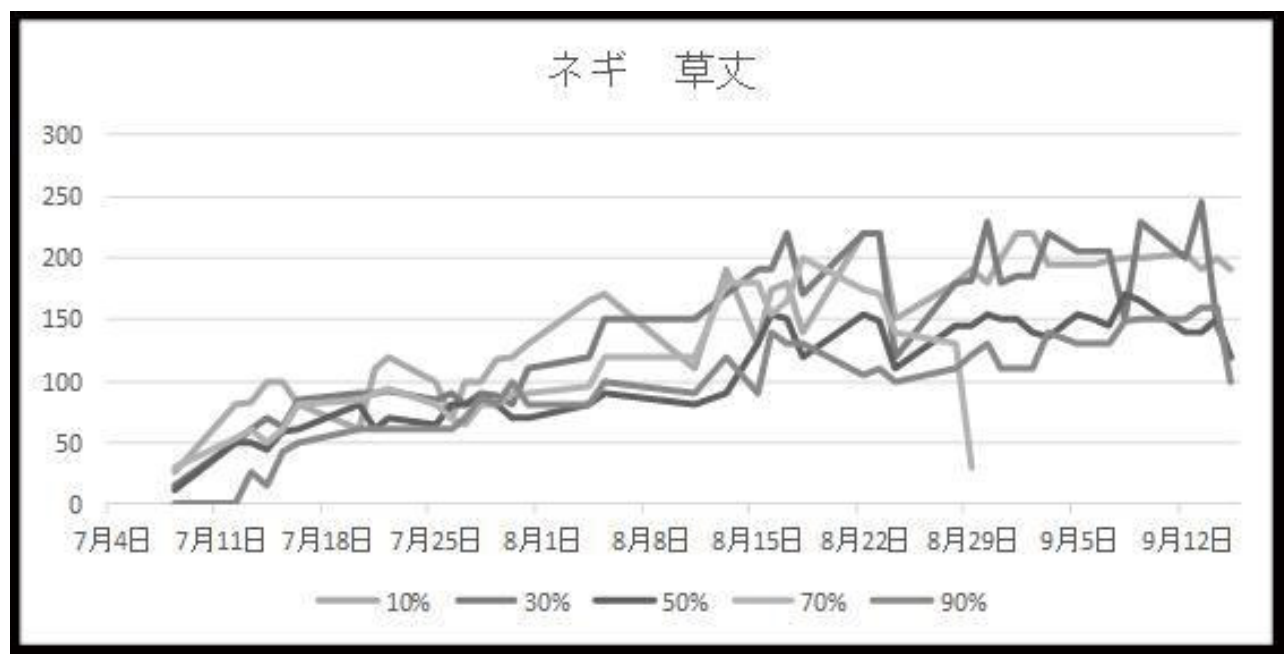


図 3

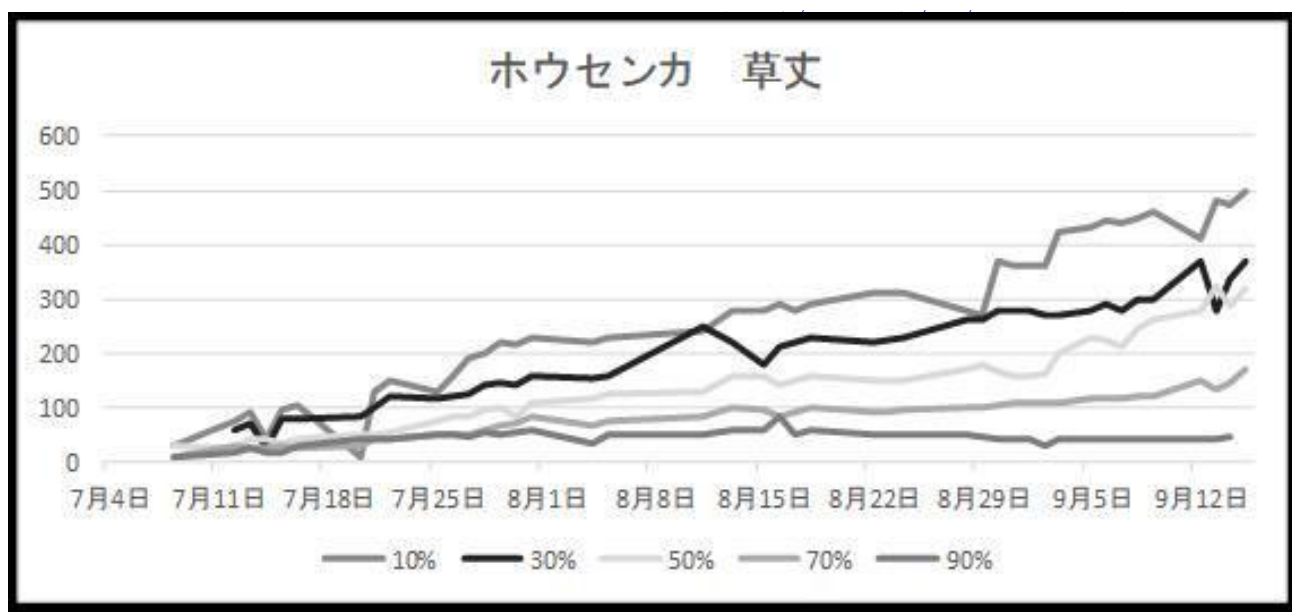


図 4

Ⅳ まとめ

「栄養が多く含まれている底泥と培養土を混合させると、発芽数、成長率、収穫数が多くなる」という仮説は実際には底泥が少ないほど成長するため、結果としては肥料としての活用には向かないことがわかった。

「粘土質の土を焼いたら多孔質セラミックになり浄水効果がみられる」という仮説は私たちの予想どおりであった。

今後、この研究結果を宮島沼の水に実際に効果があるのか研究したい。

Ⅴ 謝辞

この研究に携わってくださった佐々木先生をはじめとする先生方ありがとうございました。

Ⅵ 参考文献、参考ホームページ

湖沼、ため池における浚渫底泥の物性と利用
<http://www.okayama-u.ac.jp/jp/press/data/181130/shiryou7.pdf>

湖沼底泥（ヘドロ）を活用した生物付着性の高い多孔質セラミックス
<http://www.kougise.pref.ibaraki.jp/peri>

身の回りのものでできるクレーター作り

北海道滝川高等学校理数科 安田 理人 加藤 綸啓 酒井 春暉 中川 虎之介 吉田 龍也

【要 旨】私たちは身の回りにあるものでクレーターを作りたいと思い、それが形成される仕組みについて研究を行った。仮説として「球の直径が大きければ大きいほどクレーターの深さと直径は大きくなる。」と「空気中では、球の速度よりも質量の方がクレーターの大きさに関係してくる。」の2つを立てた。そこで、砂と球を用いてクレーターの形成の擬似実験を行った。球を落とす高さや球の種類や大きさを変えて繰り返し、結果から、球の質量が大きくなるとクレーターの直径は大きくなることと、球の種類によってでき方が変わることが分かった。

I 研究目的

私たちは、宇宙についての研究をしたいと思い、星や小惑星の衝突ならば簡易的に実験ができると考えた。そこで、私たちのできる範囲でクレーターを作り、落下させる物体の重さ、質量、材質、落下高度を変えたときに、クレーターのでき方にどのような変化がみられるかを研究課題とすることにした。

ここでクレーターの予備知識を説明する。クレーターとは、惑星や衛星の表面にみられる円形のくぼんだ地形である。太陽系内のガス惑星を除く、すべての天体に存在している。地球にも多くのクレーターが存在していたが、河川などによる浸食、風化によって数が減少した。私たちにとって、一番身近なクレーターは月のクレーターだろう。クレーターができる要因としては、隕石衝突説と火山爆発説がある。

II 材料と研究方法

実験の概要は、材質が異なる球を砂に落とし、球の直径や球を落とす高さの条件を変えて砂の上にできたクレーターの形成の違いを調べるというものである。実験に用いた器具は以下の通りである。

- ・紙ねんど球(自作)
- ・鉄球

※紙ねんど球、鉄球ともに直径 1cm,3cm,5cm のものを使用

- ・砂(豊浦珪石鉱業 豊浦珪砂)
- ・デジタルノギス
- ・竹ぐし
- ・棒

- ・スマートフォン
- ・メジャー
- ・プラスチック容器(砂を入れるもの)
- ・スタンド

この実験を行う前に、予備実験を行った。予備実験は、本実験で球を落とす高さの条件の設定、班員の役割分担を目的に行った。その結果、高さの条件を 1m,2m,3m に設定することにした。これは、学校で可能な範囲でできるだけ高さを変えて、球の速度を変化させるためである。

以上より、実験を行うにあたって設定した条件は、以下の通りである。

- ・高さを 1m,2m,3m、球の直径を 1cm,3cm,5cm でそれぞれを組み合わせ実験を繰り返す。
- ・クレーターの直径と深さの計測ができるだけ正確なものになるように、砂の高さを一定にする。

また、役割分担は、

安田…落球 加藤…撮影 中川…計測 酒井、吉田…落球条件設定に決定した。

これらに則して本実験を行った。

本実験の内容は以下のとおりである。

○場所…滝川高校体育館、地学教室

○下準備

- ① プラスチック容器に砂を入れ、実験場所に設置する。
- ② メジャー、スタンド、カメラを設置する。

○実験手順

- ① 砂をならして平らにする。
- ② 球を落とす高さを測り、砂上に落ちるように落球

位置を調整する。

- ③ 安全を確認し、球を落とす。
- ④ 球が砂上に着地したのを確認し、デジタルのぎす、竹ぐし、棒を用いてクレーターの直径と深さを計測する。

この 5 つの手順を、球の直径、落とす高さを変えて繰り返す。

- ③ 計測した値から、棒の直径を引いて、球の直径を足す。
この値を、クレーターの深さとする。

○計測方法

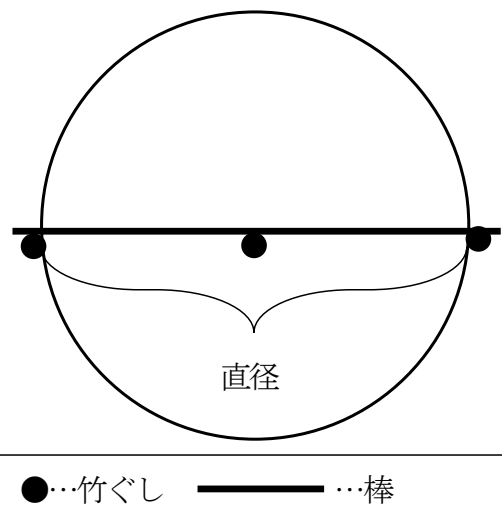


図1 クレーターの直径の計測方法

- ① 竹ぐしをクレーターの中心と両端（円の外側）にさす。
- ② 棒をさした竹ぐしに沿わせる。
- ③ デジタルノギスで両端の竹ぐし間の長さを計測する。
この値をクレーターの直径とする。

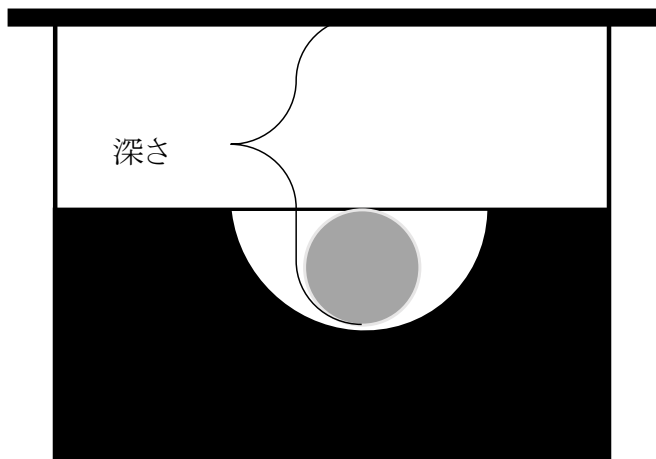


図2 クレーターの深さの計測方法

- ① 棒をプラスチック容器の上に乗せる（図ではプラスチック容器は書いていない）。
- ② 棒の上部から、球の上部までの高さをデジタルノギスで計測する。

Ⅲ 結果

表1 実験結果(計測値)

		落とす高さ					
		1 m		2 m		3 m	
		直径	深さ	直径	深さ	直径	深さ
鉄球	1cm	46.2	95.6	42	98.5	53	101.5
		48.3	95.4	45.9	99.2	46.69	98.6
		44.1	97.5	48.3	99.7	49.9	101
		50	97.8	45.3	100.7	49.4	100.1
	3cm	81.9	106.4	90.4	112	104.8	109.7
		82.1	108.9	102.3	119.6	107.8	108.4
		77.1	106.6	108.4	120.6	110.3	111.5
		74.6	105.7	97.8	116	110.6	109.4
	5cm	115.7	116.8	138.4	128.1	171.5	108.2
		113.3	117.9	124.5	123	152.5	111
		113.3	120.2	118.5	122.6	158.1	110.2
		119.8	120.9	125.6	124.8	132.6	107.1
紙粘土	1cm	44	88.6	34.7	93.6	39.9	92.7
		42.5	91	38.8	89.8	42.1	89.8
		39.1	86.6	37.3	90.8	44	89.1
		32.7	88.3	40.7	89.3	45.8	91.9
	3cm	63.5	92	65.8	93.3	81.1	92.2
		66.3	92.8	70.3	96.1	78.5	90.1
		73.5	97	67.5	93.1	89.1	87.2
		76.3	94	70.5	92.5	82.8	85.7
	5cm	93.2	93.7	101.4	97.5	118.6	90.9
		105.9	96	104.5	100.4	121.5	93.7
		89.8	90.6	115.3	81.2	132.1	95.1
		79.8	94.3	103.5	80.5	124.4	95.6

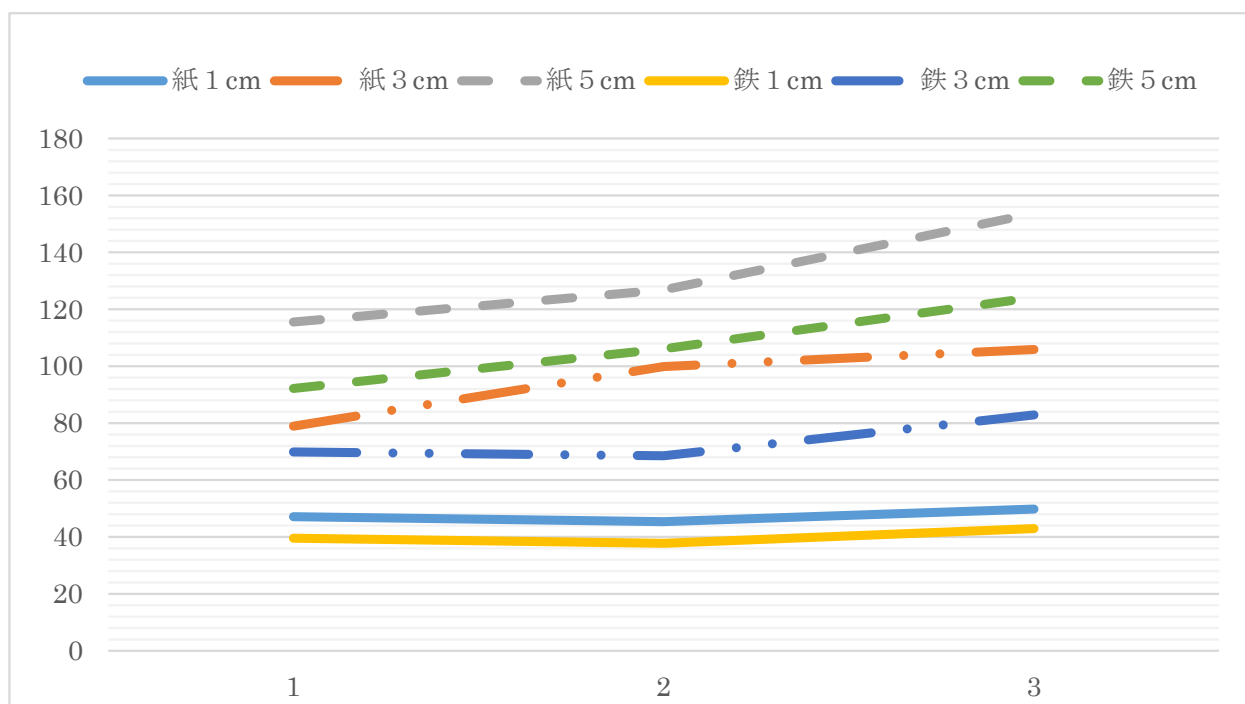


図3 直径 (mm)

縦軸：直径 (mm) 横軸：落球高度 (m)

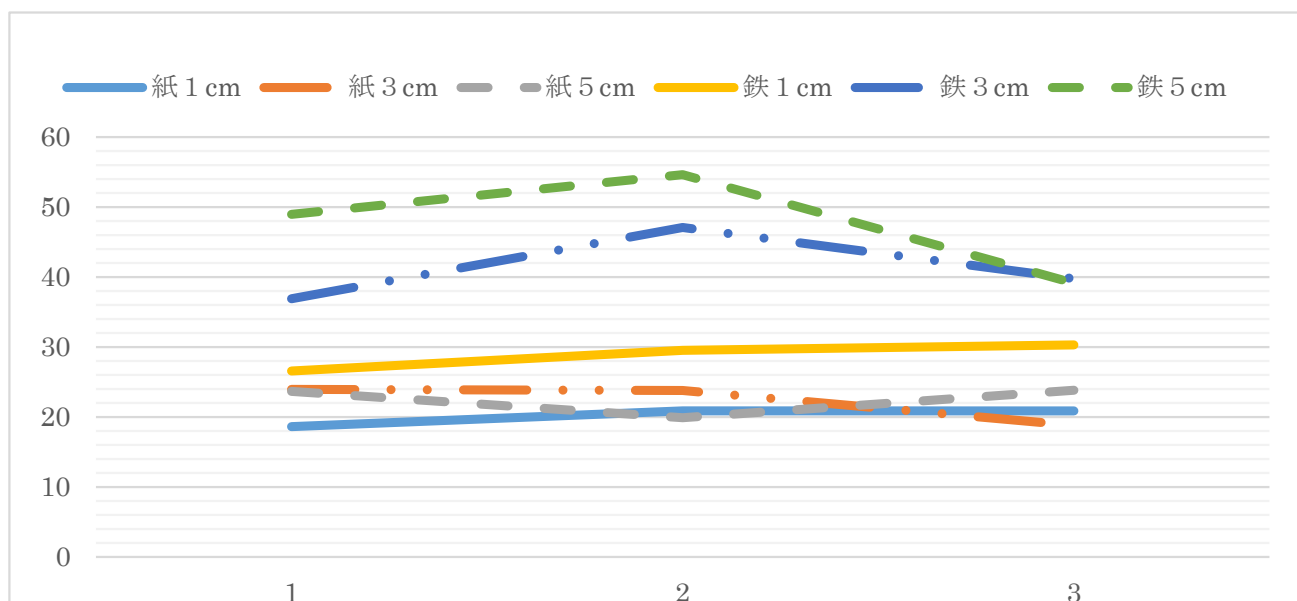


図4 深さ (mm)

縦軸：深さ(mm) 横軸：落球高度(m)

図3より、鉄球、紙粘土の球の直径が大きくなるにつれて、できるクレーターの直径は大きくなることが分かった。また、そのときできたクレーターの深さは、鉄球では直径と同じく大きくなることが分かった。紙粘土では鉄球とともに大きくなると考えたが、よい結果が得られなかった。それは、実験の途中から砂の状態を常に同じにするために砂を攪拌したためだと考えられる。

また、図4より、落とす高さは高くなるにつれて、できるクレーターの直径はともに大きくなることが分かった。深さでは一定の傾向が見られたとは言えなかった。また、落下速度は、それぞれほぼ自由落下とみなせることができるという結果が出た。

IV 考察

仮説①「球の直径が大きければ大きいほど、クレーターの深さと直径は大きくなる」について

結果から、直径に関しては仮説通りだと言える。深さに関してはデータにばらつきが見られた。この理由として、砂が水分を吸い、固くなってしまったことと、その影響により途中で砂を攪拌させてしまい、同じ条件で実験できなかったことが考えられる。

仮説②「空気中では、球の速度よりも質量の方がクレーターの大きさに関係してくる」について

結果から、直径は鉄球と紙ねんどの球の速度にあまり

違いが無い中で、質量の大きい鉄球の方が大きくなった。深さも同様に鉄球の方が大きくなった。

V まとめ

紙ねんどについては、球の直径が大きくなるにつれてクレーターの直径・深さも大きくなった。鉄球については、クレーターの直径では紙ねんどと同様の傾向が見られたが、深さではこの傾向は見られなかった。

原因は先述の通り、砂の状態が変化した影響が大きいと考えられるので、改善点としては一定の室温・湿度・砂の状態（攪拌の可否）で実験を行うことが挙げられる。

また、今回は実際にクレーターが形成される環境と異なるので、それも考慮に入れると、その仕組みの解明に近づくことができるのではないかとと思われる。

終わりに、我々の研究を進めるにあたって宮城大学の論文を参考にした。宮城大学の論文は実験の内容はほぼ同じで、相違点は球の直径が異なっていたことである。我々のグラフと比較すると傾向がほぼ同じであることが分かった。

VI 参考文献

宮城教育大学 (2000)

「教室で行う衝突型クレーター形成の模擬実験の開発」

水谷仁 (1980)

「クレーターの科学」 財団法人 東京大学出版会