

## 物理

### 回転するボールのバウンドによる軌道の変化

長野県木曾青峰高等学校 課題研究  
2年 松原凱矢、入倉ひらら、中村優太  
原悠真、吉田ゆい、四柳奈々

#### 1. 動機及び目的

横回転のボールのバウンド後の回転方向についての先行研究[2]では、100 cmの高さから落下させたボールは、200 cmの高さから落下させたボールよりもバウンド後に逆回転になる回転速度が遅いという結果を得ていた。ここから、回転速度がバウンド後の回転方向に影響し、回転の向きが変わる境界が存在することを知った。そこで本研究では、縦回転のボールでのバウンドによる軌道の変化を研究することにした。

#### 2. 方法

##### 用いた器具

- ・7号球のバスケットボール
- ・自転車のホイール（主動輪）
- ・ローラー（補助輪）
- ・塩化ビニル管（支柱）
- ・おもり（水が入ったペットボトル）



(矢印はボールの回転方向)

上の画像のような実験装置を使用する。

解析しやすいようにバスケットボールの溝に着色し、主動輪と補助輪に接するように乗せる。主動輪を用いてボールを反時計回りに回転させる。ボールの回転の速さをボールのバウンド前後の回転速

度の変化と、進行方向の距離の変化が現れるように変え、回転するボールを落とした。その後のボールの回転速度やボールが横向きに移動する速度、移動距離をスローモーション撮影が可能なカメラで測定した。

#### 解析方法

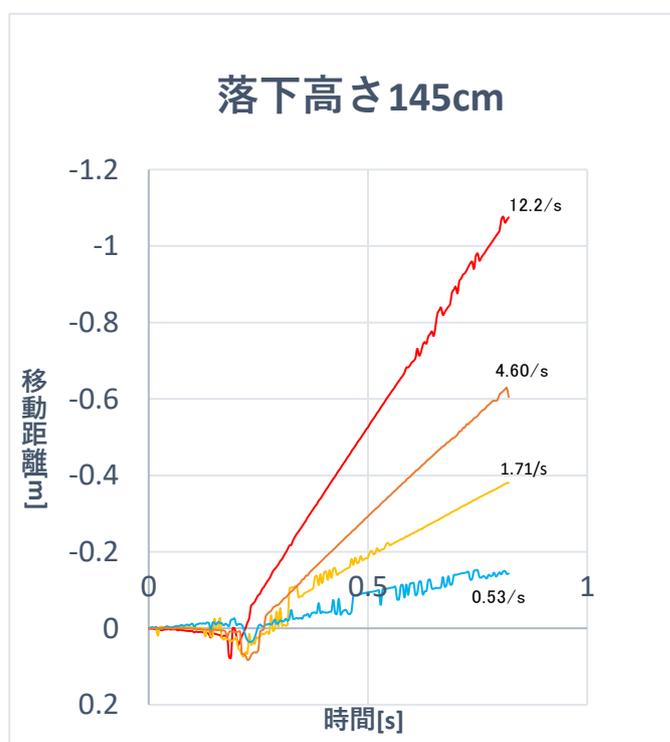
撮影した動画を解析アプリを用いて一コマずつの画像にし、ボールの回転する角度を導く。

#### 予測

バウンド後の横方向の移動距離、回転速度はバウンド前の回転速度に比例する。

#### 3. 結果と考察

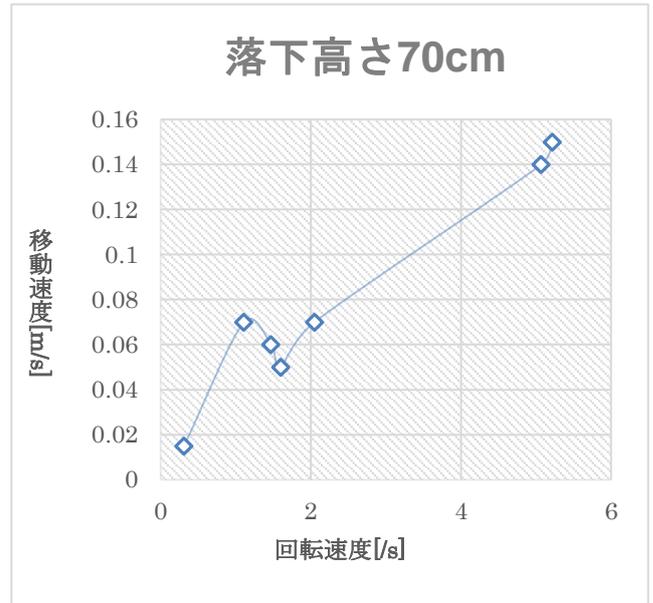
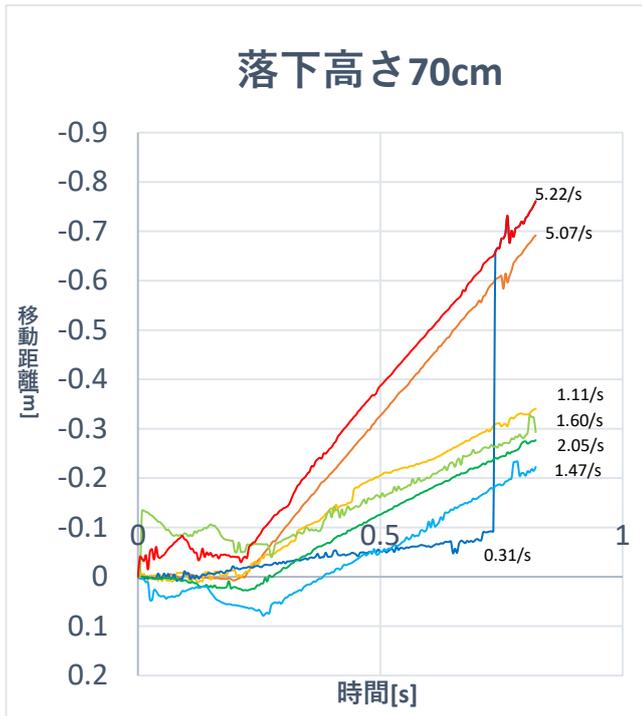
【実験1】落下高さが145cmのとき  
横方向の移動距離



【実験1】では始めの回転速度が速いほど移動距離も長くなる。無回転ではほぼ同じ地点でバウンドし、バウンド後の回転も起きていないとわかる。

先行研究の落下高さが高いほうが回転の向きが変化しやすいという結果から落下高さによってもバウンド前後の回転速度に影響すると考え、落下高さを変えて実験2を行った。

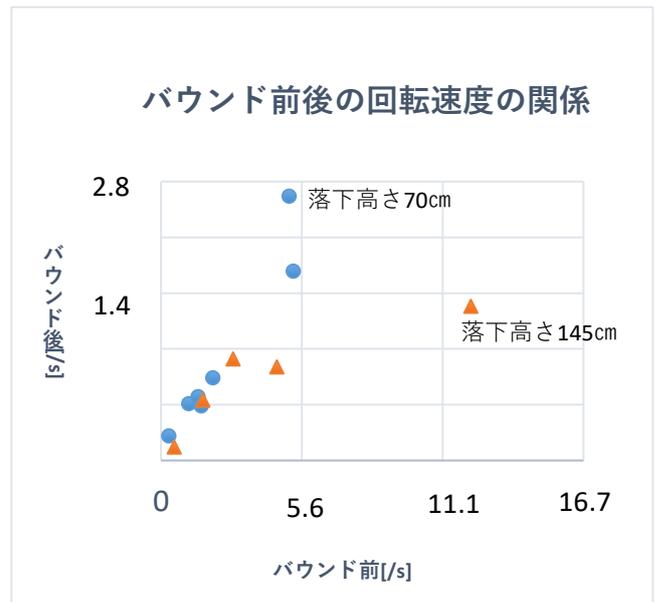
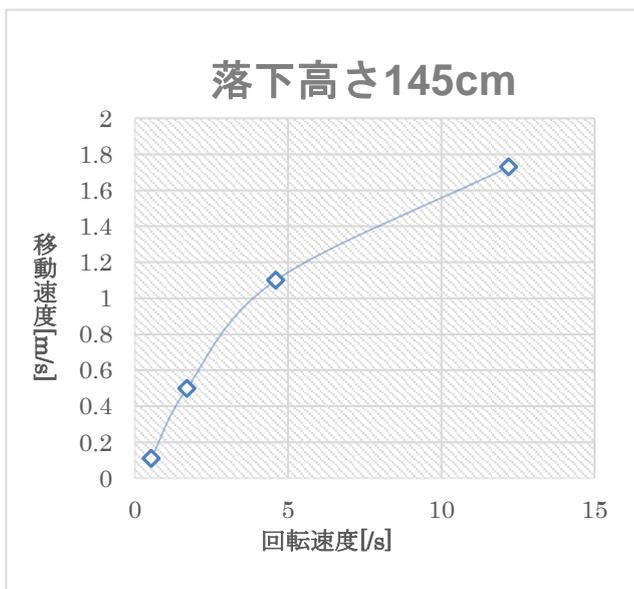
【実験 2】 落下高さが 70cm のとき  
横方向の移動距離



この 2 つのグラフから、落下高さ 145cm の場合、結果を近似する曲線は途中から傾斜が緩やかになり、落下高さ 70cm の場合、結果が一直線上に乗ると分かる。

【実験 2】のグラフから落下高さが高い時でも低い時と同様にボールの回転速度は移動距離を大きくするということが読み取れる。回転の速いとき、遅いときと同じような結果が得られた。

以下は実験 1 と 2 の水平方向の移動速度を求め、ボールの落下高さ別にバウンド前の回転速度と移動速度の関係を表したグラフである。



バウンド前後の回転速度の関係を表したグラフについても、落下高さ 145cm の結果を近似する曲線は途中から傾斜が緩やかになり、バウンド前後の回転速度の関係に変化があると考えられるのに対し、落下高さ 70cm のグラフは結果が一直線上に乗りバウンド前後の回転速度の関係に途中での変化はないことが読みとられる。

このことから、バウンド前の回転速度と移動速度の関係とバウンド前後の回転速度の関係は共通しているといえる。また、落下高さ 70cm と 145cm では、145cm のほうがバウンド後の回転速度はより遅くなることが読み取れるが、データ数が不十分であるため、これらの事柄について確定するにはさらにデータ数が必要である。

#### 4. 反省

落下高さを比較しやすい値にして実験を行うことができなかった。また、ボールの空気圧をどの実験も統一にして実験することができなかった。さらにデータの個数を増やし、関係性を読み取りやすくすべきである。

#### 5. 参考文献

[1] 富山東高等学校 物理 2 班 「バウンド時のボールの回転の変化について」 (2016).

[2] 木曾青峰高校 物理班 「ボールのバウンド前後における回転の変化」 (2018).

階段上でのドミノの運動

長野県木曾青峰高等学校

2年 池口翔、高本智広、新田涼馬  
中島菜緒、中村結月、美齊津葉生

1. 動機及び目的

平面上で倒れるドミノは、間隔が広すぎても狭すぎても速く倒れず、ドミノを倒すためには最適な間隔がある。また先行研究には「斜面では上りは斜面の角度が小さいほど速い、下りは大きいほど速い」とあった。[1][2]

そこで、私たちは、斜面上ではなく階段上ではどうなるのかに興味を持ち調べることにした。本研究では階段上に並べたドミノを上段からと下段からと別々に倒した際、上り下りでどちらのほうが速く倒れるのか、またドミノを配置する間隔と階段の段差がドミノの倒れる速さに及ぼす影響を明らかにする。本研究では日本ドミノ協会公式規格[2]のH46×W23×D8mm、質量8.6g、ポリスチレン製のドミノを使用する。

2. 実験の方法

図1

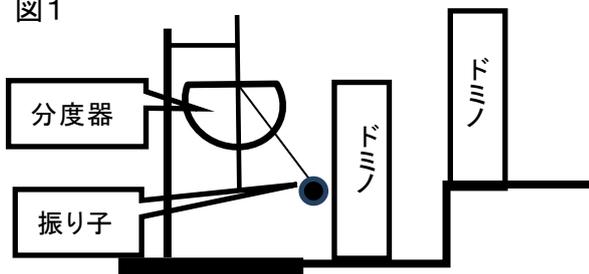
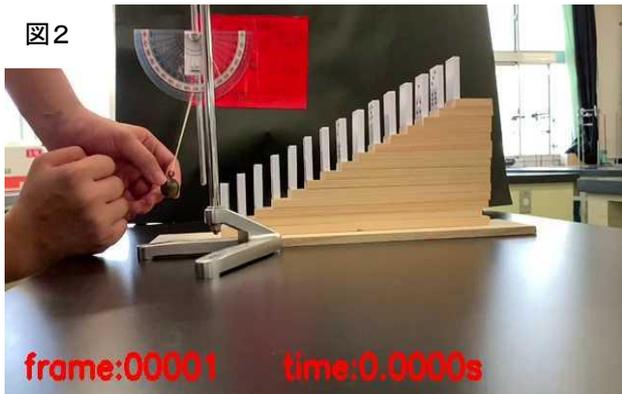


図1のように階段上に配置したドミノを端から倒す。倒す際に変える条件は階段の段差、上り下り、ドミノの間隔であり、変えない条件はドミノの倒し方である。20°に振り上げた振り子を使い、毎回同じ衝撃でドミノを倒し始める。

① 図2は実際の実験の風景である。このようにドミノが倒れている様子を撮影する。

図2



- ② 1つのドミノがその次のドミノに当たり、そのドミノが動き始めた時刻を『倒れ始めた時刻』と定義し、解析する。振子が1つ目のドミノに当たり、動き始めた時刻を0として、それぞれのドミノが倒れた時間を測定した。
- ③ ②を基にして縦軸をドミノの位置、横軸をそのドミノが倒れた時間とするx-tグラフを作成する。そしてグラフの近似曲線の傾きからドミノが倒れる速さを求める。
- ④ ドミノを倒す条件を変えて全パターンを①から③の順に行う。
- ⑤ ドミノの倒れる速さをグラフにまとめる。

3. 実験結果【1】

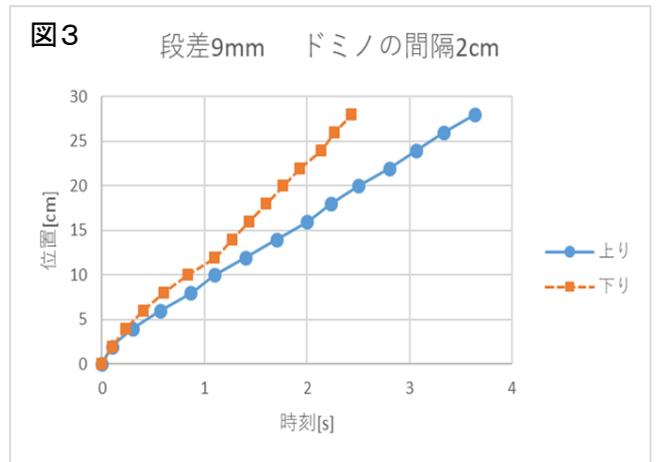
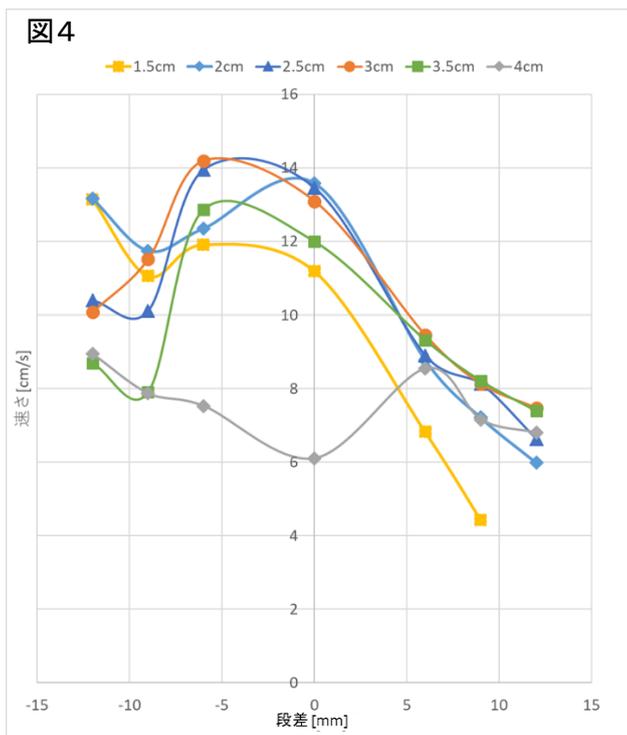


図3は段差9mm、ドミノの間隔2cmの場合の上りと下りのv-tグラフである。図3に示されている通り、上り下りどちらの場合も倒れていくにつれグラフが直線になっている。初めは倒れる速さが一定にはなっていなかった。しかし次第に速さが一定になることがわかった。また下りのグラフの方が、傾きが急であることから、下りの方が上りよりも速く倒れることが分かった。次に段差を変えても、ドミノの間隔を変えても同じことが言えるかどうか調べた。私たちは実験結果【1】のように下りの方が速くなるならば、段差が大きいほど速くなるはずだと予想した。

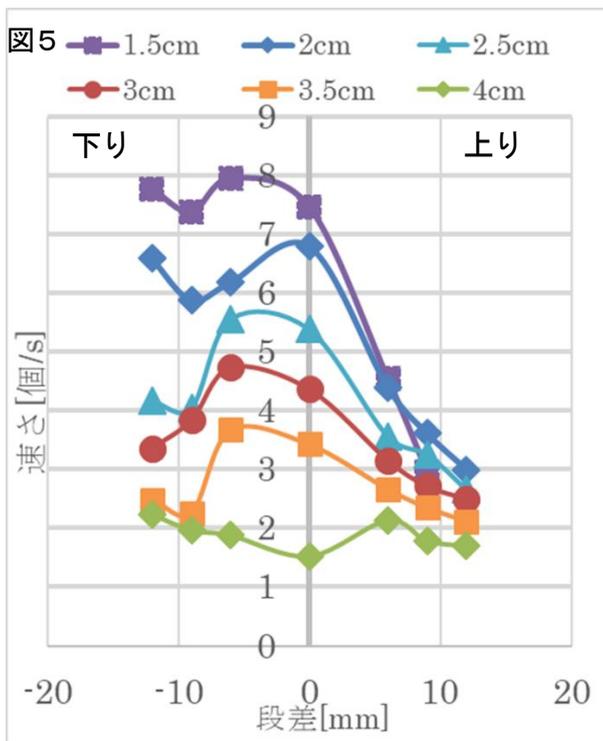
実験結果【2】

一段の段差の高さが6.0~12mmの階段をつくる。段差なしも用意する。また、ドミノ間隔を1.5~4.0cmまで変えて実験を行い、結果を図4のようにまとめた。横軸の負の値は下る運動、正の値は上る運動を示している。段差なしの部分に注目してみると、ドミノの間隔が2.0cmの場合が最も速く倒れていることが読み取れる。これは先行研究の「ドミノが最も速く倒れる間隔がある」という結果を再現している。さらに私たちは、上りにおいては3.0cmや3.5cmが最速であり、下りにおいては2.0cmや1.5cmが最速という結果を得た。上りや下りや、段差によってドミノが最も速く倒れる間隔は変化するようである。しかしこのグラフには交差が多く、

一般的な法則性が見えにくい。



そこで、私たちは一秒間に何cm倒れるかではなく、一秒間に何個ドミノが倒れるかに注目し測定結果を整理しなおした。すると図5のようなグラフになった。図5の横軸の負の値は下る運動、正の値は上る運動を示している。グラフから、段差-9.0 mmの部分でドミノの倒れる速度が一度小さくなるという、異常な振る舞いが発見された。



またドミノの倒れる速度は基本的には上りよりも下りの方が速くなるのがグラフの右側と左側を比べわかった。しかし、間隔が広い 4.0cm は例外で下りの方が

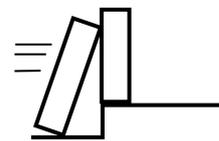
遅くなることもあり、私たちの予想とは異なり「段差が大きいほどドミノの倒れる速度が速いというわけではない」ということが実証された。

#### 4-1.考察

私たちは、データを見直し、ドミノが倒れる速度の違いは隣り合うドミノが接触する場所の違いで生じるものと考えた。

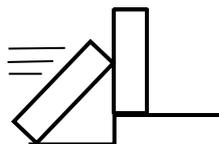
##### ① ドミノの間隔が短い場合

上側が叩かれることで勢いに乗って倒れるため速度が速くなる。



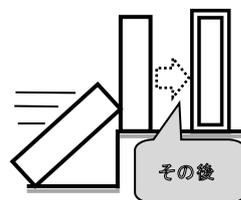
##### ② ドミノの間隔が広い場合

①と比べるとドミノ間隔が広い場合接触までに時間がかかる。そのため①より速度が遅くなる。



##### ③ ドミノの間隔がさらに広い場合

下側が叩かれるため倒れる前に接触されたドミノが一瞬横移動する。そのため、①や②よりさらに速度が遅くなる。

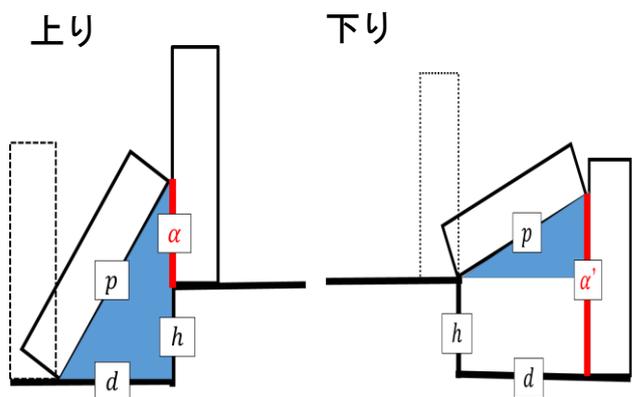


#### 4-2.検証

下の図は、上りと下りのドミノが次のドミノを叩く様子を表した図である。私たちはドミノの叩かれる位置と接触する位置から地面までの長さがドミノの高さに占める割合を求めた。

##### ① 側面を叩く場合

太線の長さを  $\alpha$  と呼ぶ。  $\alpha$  は上りと下りの両方に存在している。また、下りの場合に存在しているものは  $\alpha'$  と呼ぶ。



$$d = \text{ドミノ間隔(mm)} \quad h = \text{段差(mm)}$$

$$p = \text{ドミノの高さ(mm)}$$

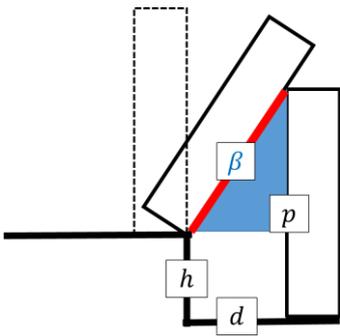
三平方の定理を利用して  $\alpha$ 、 $\alpha'$  を求めると

$$\alpha = -\frac{h}{p} + \sqrt{1 - \left(\frac{d}{p}\right)^2}$$

$$\alpha' = \frac{h}{p} + \sqrt{1 - \left(\frac{d}{p}\right)^2}$$

② 隅を叩く場合

太線の長さを  $\beta$  と呼ぶ。 $\beta$  は下りの場合にのみ存在している。



① と同様にして  $\beta$  を求めると。

$$\beta = \frac{\sqrt{d^2 + (p - h)^2}}{p}$$

これらの式を使って求めた値と個/s をまとめると  $\alpha$ 、 $\alpha'$  に関しては図6、 $\beta$  に関しては図7のグラフになった。

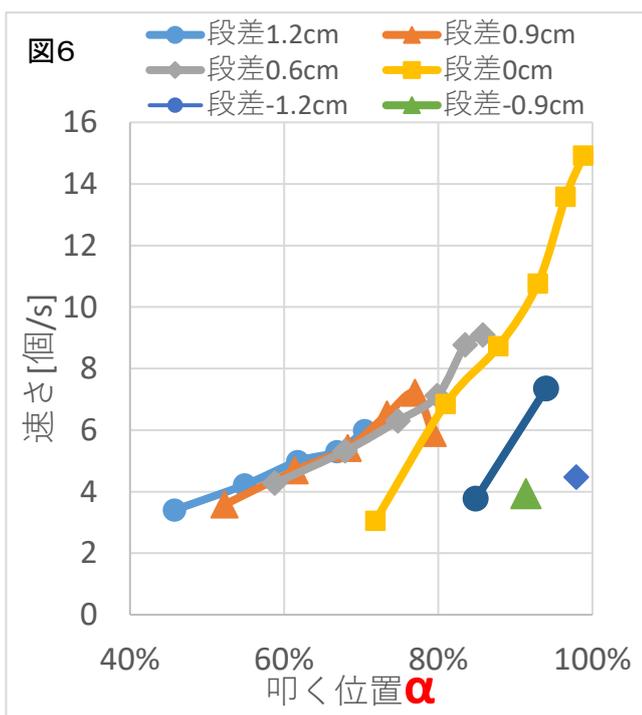
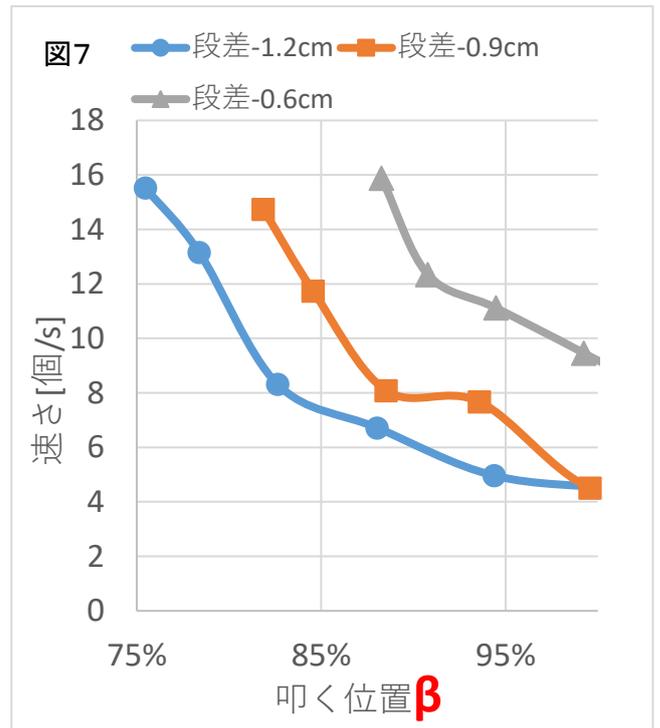


図6では段差によらず、すべての上りの値が同じ曲線

上についた。つまり、倒れる速さは  $\alpha$  のみで決まるといえる。また、 $\alpha$  が大きくなると速さも速くなった。また、 $\alpha'$  の場合のグラフは  $\alpha$  の曲線上にのらなかった。



一方、図7では、段差によって速さが変化し、値が同じ曲線上にのらなかった。つまり、 $\beta$  のみでは速さは決まらない。よって、上りの場合、速さは叩く位置によって決まるが、下りの場合はそうでないという検証結果になった。

5. 全体のまとめ

- ・ドミノには素早く倒れる間隔がある。ドミノ間隔が広すぎても狭すぎてもドミノの倒れる速さは遅くなる。
- ・ドミノは上りよりも下りのほうが早く倒れる。ただし、ドミノの間隔が広すぎる時は例外である。その原因については今後調査する必要がある。
- ・倒れる速さのふるまいは段差-9.0mm 周辺で変化する。その理由もまだ明らかにできていない。
- ・上りの速度は叩く位置  $\alpha$  で決まる。下りの速度が何で決まるかは今後調査していく。
- ・再現性については付録を参照

6. 反省と課題

- ・段差-9.0mm で大きく変化しているところが気になったので調べる。

7. 参考文献

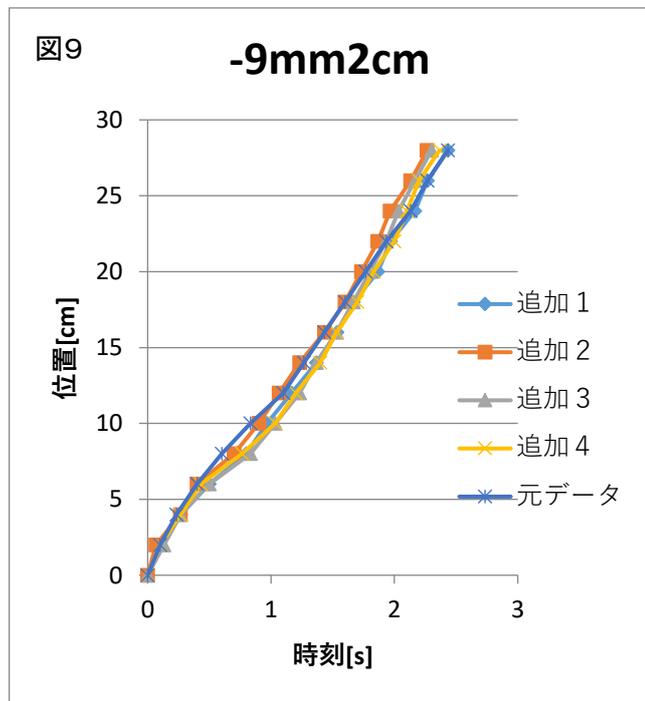
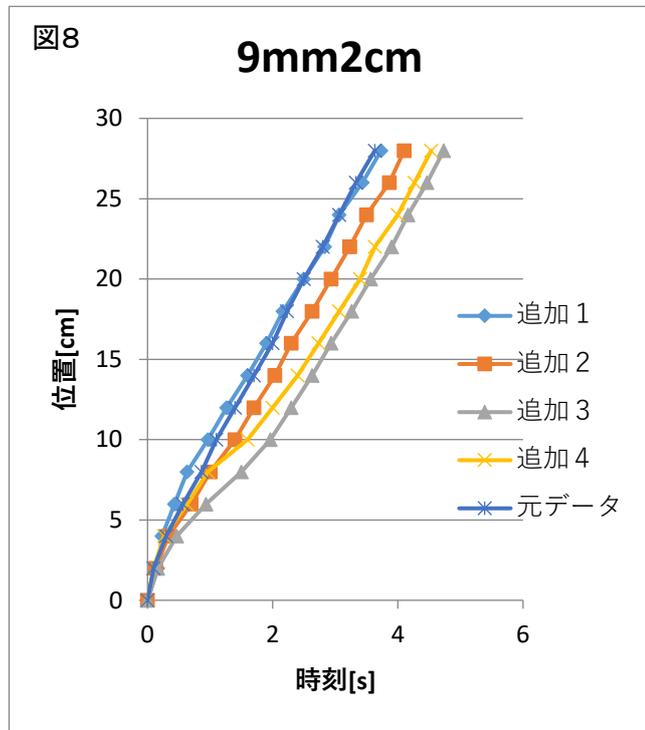
- [1] 岐阜県恵那高校理数科 「ドミノ倒しの研究」平成24年  
<https://school.gifu-net.ed.jp/ena-hs/ssh/H24ssh/sc3/31211.pdf>
- [2] NPO 法人 日本ドミノ協会

<https://www.domino.or.jp/> (2020年11月6日 閲覧)

## 8. 付録

実験の再現性を確認するために段差 9.0mm、ドミノ間隔 2.0cm の上りと下りの実験を追加で各 4 回ずつ行うと図8、図9のようになった。

であり、標準偏差が 1.0cm/s 未満である。また、本研究の全ての実験は同じ環境で行っているため、他の間隔、段差についても同様の再現性ある。



振子を手動で操作している影響か、特に上りにおいて、時刻が小さい部分でバラツキが大きい。しかし、本研究で注目しているのは、一定の速度に落ちついた所の値(直線になってからの傾き)であり、その値の再現性は十分に高いといえる。具体的には  
上りでは平均値 6.6cm/s 標準偏差 0.27cm/s  
下りでは平均値 13cm/s 標準偏差 0.97cm/s

# 物理

## ハニカム構造頂上決戦

長野県木曾青峰高等学校

2年 向井 光輝 原 悠太

岩原 夏輝 神山 耕輔

鈴木 朝日

### 1. 動機及び目的

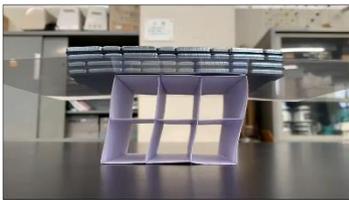
ハニカム構造とは、正六角形または正六角柱を隙間なく並べた構造のことであるが、広義には正六角形に限らず立体図形を隙間なく並べたものをハニカムと呼ぶ。正多角形のハニカム構造は、正三角形、正四角形、正六角形の3種類しかない。ハニカムとは英語で「ミツバチの巣」という意味であり、多くの蜂の巣がこのような形をしていることから名付けられた。ハニカム構造は、強度が高く衝撃吸収が優れていることから、建造物の建設材料や飛行機の翼の内部、段ボールなどに利用されている。

ハニカム構造について、私たちはどのようなハニカム構造の強度が一番高いのかという疑問を抱いた。今回の実験では、角の数が異なる正多角柱のハニカム構造で、強度の最も高いハニカム構造はどのような形なのか明らかにし、形と強度の関係を調べることを目的とする。

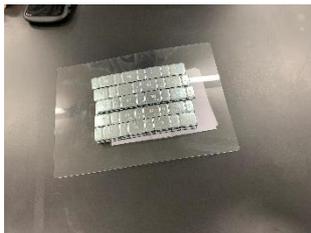
### 2. 方法

一断面当たり外接円半径 2.0cm、奥行き 10cm の立体が 6 個集合した模型を製作する。模型は断面が正三角形、正四角形、正六角形の三種類を使用する。

模型の上に下敷きを敷き、その上に 60g の重りを 10 秒ずつ間隔をあけて置いていく。

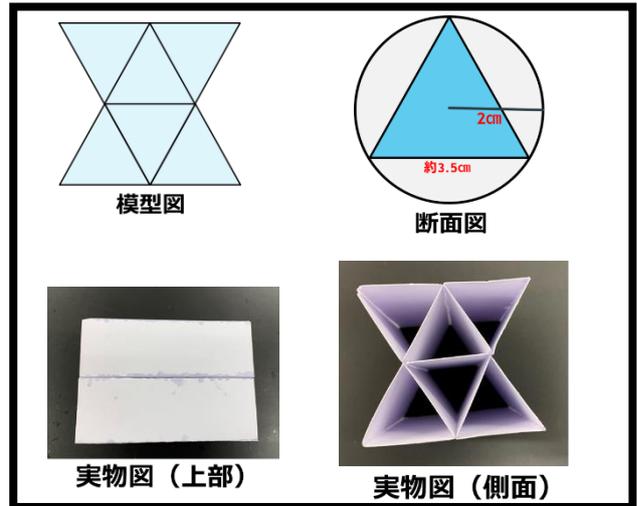


実験中

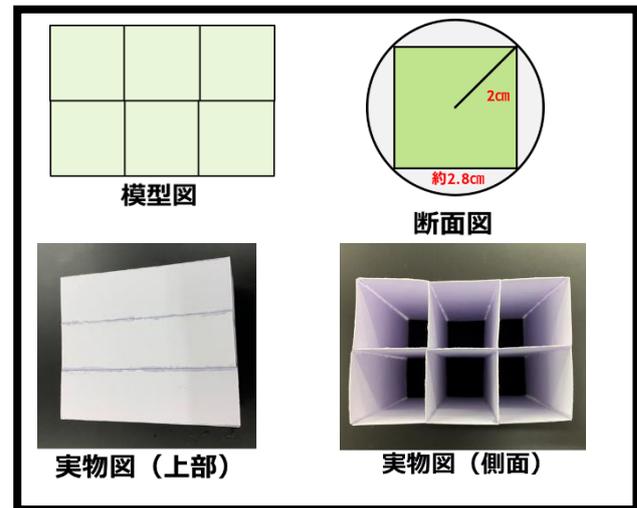


実験後

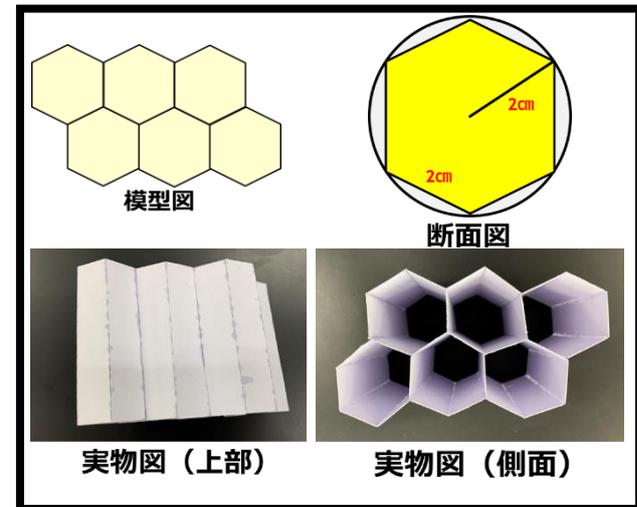
### 使用した模型とその断面図は以下の通り 正三角形



### 正四角形

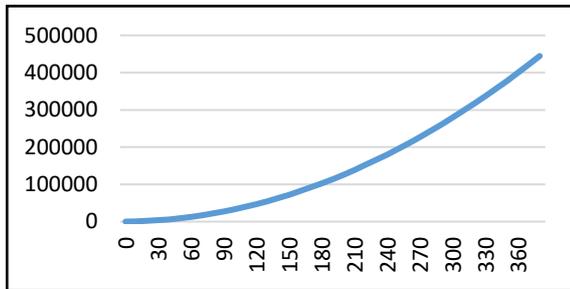


### 正六角形



模型が壊れた時の重りの重さ、壊れるまでの時間、壊れ方、耐久値を調べる。模型が壊れたとは、模型の形が崩れて重りを乗せられなくなったときとする。本実験における耐久値は一つの重りに対して時間（s）×乗っている重り（g）で一つの重りに対する負荷を出し、それをすべて足したものとする。

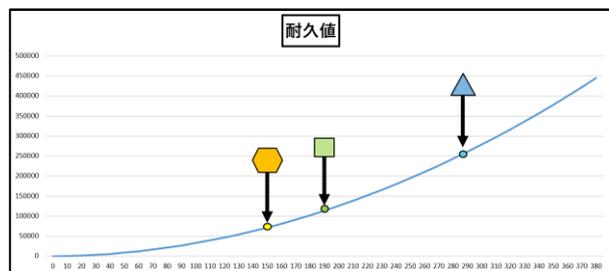
また、各模型の壊れ方について、比較をする。



### 3. 結果

実験を行うと、次のような結果が得られた

	時間 (s)	耐えた重さ (g)	耐久値 (g × s)
三角形	290 秒	1740 g	261000
四角形	188 秒	1080 g	102600
六角形	149 秒	840 g	63000



壊れ方に注目すると

三角形は、壊れる直前まであまり模型全体に変化なく、模型の一部が壊れた。

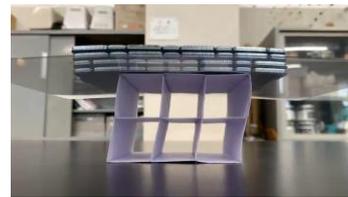


壊れる前

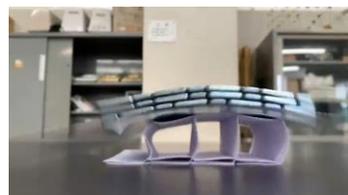


壊れる瞬間

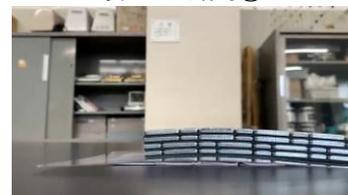
四角形は、斜めに傾きながら、折りたたまれたように壊れた。



壊れる前



壊れる瞬間①



壊れる瞬間②

六角形は、隅に負担がかかりそこから壊れた徐々に歪むように壊れた。



壊れる前①



壊れる前②



壊れる瞬間

#### 4. 考察

結果から、最も耐久値が高い断面が正三角形の模型は、断面が正四角形の模型の約2倍、断面が正六角形の模型の約4倍耐久値が高いことが分かった。そこで、それぞれの断面の内角の和に注目すると、正三角形の内角の和は正四角形の1/2倍、正六角形の1/4倍であることから、耐久値と内角の和は反比例に近い関係にあるのではないかと考えた。

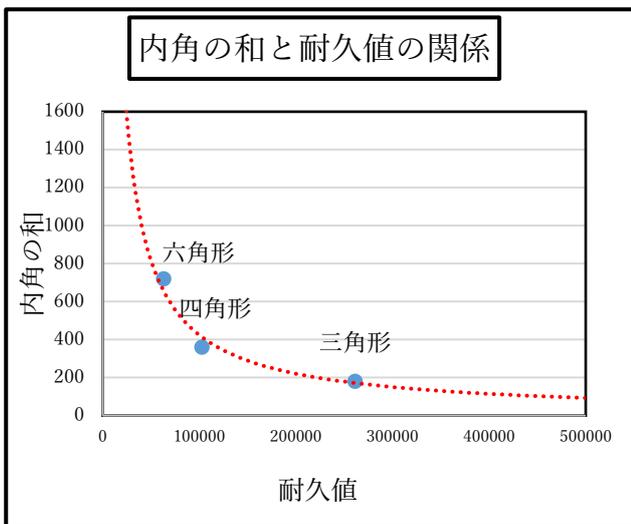
接合面は横からの負荷にはとても弱いため接合箇所が一番少ない三角形の耐久値が一番高くなったと考えられる。また六角形は面同士の接合面が模型の中では一番多く模型を設置した際設置面が他模型よりとても小さかったため安定性がなくなり耐久値が一番低くなったと考えられる。

逆に壊れ方に注目すると、三角形は急に壊れ、四角形と六角形は徐々に壊れたことから、建築に向いているのは、壊れる直前に変化が生じる、四角形と六角形だと考えた。つまり、強度だけでみると三角形はハニカム構造の頂上と言えるが、建築においては、どの構造が頂上だと決めることができない。

断面の立体を組み合わせて実験を行いたい。今回の実験では、手作業で模型を製作したため、歪みやずれが生じてしまったので、より正確な模型を製作する方法を考えたい。

#### 6. 参考文献

- 1) 秋田県立大学 システム科学技術学部 建築環境システム学科 「ハニカム構造の可能性」 (2018年)
- 2) 小川俊夫 岡崎徳臣 「各種ハニカム構造の圧縮強度について」 (1993年)
- 3) 小笠原永久 白鳥正樹 宮原進 于強 「ハニカム構造材料の衝撃吸収特性に関する研究」 (1997年)



#### 5. 反省と課題

今回の研究では、どの構造が頂上だと決定付ける実験結果は得られなかったが、ハニカム構造の耐久値と断面の内角の和の関係について新たな疑問が生まれた。

そのため、今後は模型の大きさを変えた時に同様な結果になるか確かめたい。また、複雑な構造での耐久度についても調査したいため、形の異なる

### 電子レンジのマイクロ波が植物の成長に与える影響

長野県木曾青峰高等学校 理数科 課題研究  
2年 安藤真弥 太田望心 征矢叶羽

#### 1. 研究の動機及び目的

昨年度の本校理数科課題研究における「植物に対するストレスとその反応～マイクロ波が植物に与える影響～」により、マイクロ波を照射することで植物の成長が抑制されることが示唆された[1]。一方、先行研究の中には、マイクロ波の照射により植物の成長の促進が報告されたものもある[2]。このことは、マイクロ波が条件により植物の成長を抑制する場合と促進する場合があることを示唆している。私たちはその点に興味を抱き、家庭用電子レンジのマイクロ波が植物の成長に与える影響を評価することを試みた。マイクロ波の照射が植物の成長を促進する条件を特定することができれば、植物の有効育成への利用へとつながることが期待される。

#### 2. 実験方法及び結果

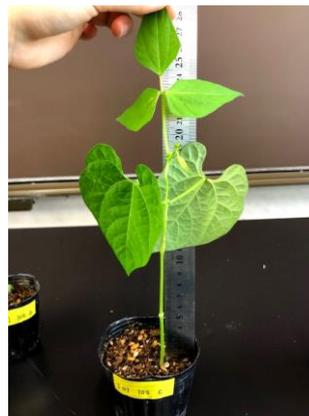
- ・供試種子 (実験1) インゲンマメ(つるなしいんげん ニチノウ)
- (実験2) インゲンマメ(つるなしいんげん タキイ)
- ・家庭用電子レンジ (ハイアールジャパンセールス 株式会社/CZ-M1706B)
- ・インキュベーター (SHIMADZU/LH-60 形)

#### 実験方法

(実験1) 発芽9日後のインゲンに電子レンジのマイクロ波を照射する。電子レンジの出力は200Wとし、5秒間、10秒間、30秒間の系を各3個体ずつ用意する。コントロールは4個体とする。各系を5s, 10s, 30sと表し、それぞれの3個体をa, b, cとする。7日間同時刻(午前8時)に照射を行い、照射開始日を含めて13日間(2020年7月30日～8月12日)茎の長さの測定をする。観察期間中は室温で管理した。

(実験2) 発芽6日後のインゲンに電子レンジのマイ

クロ波を照射する。電子レンジの出力は200Wとし、5秒間、10秒間の系を各6個体ずつ用意する。実験1より、30秒間照射した個体は全て枯死したため、30秒間の系は用意しない。コントロールは4個体とする。各系を5s, 10sと表し、それぞれの6個体をa, b, c, d, e, fとする。3日間同時刻(午前8時)に照射を行い、照射開始日を含めて14日間(11月7日～11月20日)茎の長さの測定をする。観察期間中は25℃に設定したインキュベーターで管理する。



枯死していない状態



枯死した状態

#### 結果

(実験1)

観察1日目を経過日数0日とする。

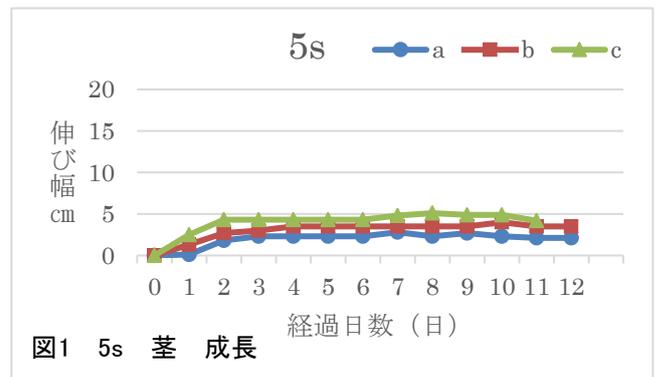


図1 5s 茎 成長

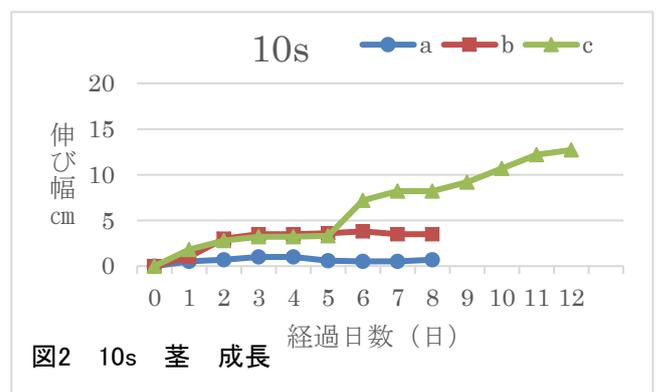
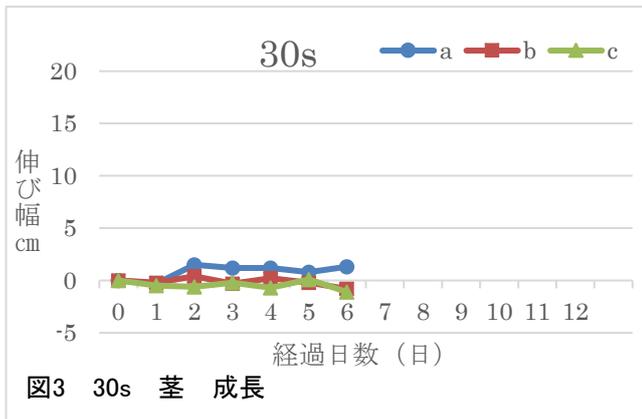
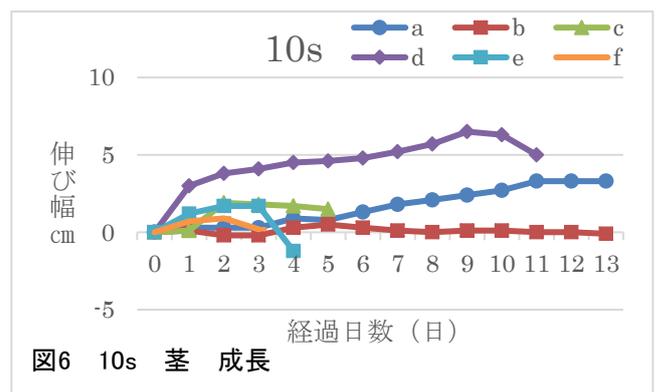
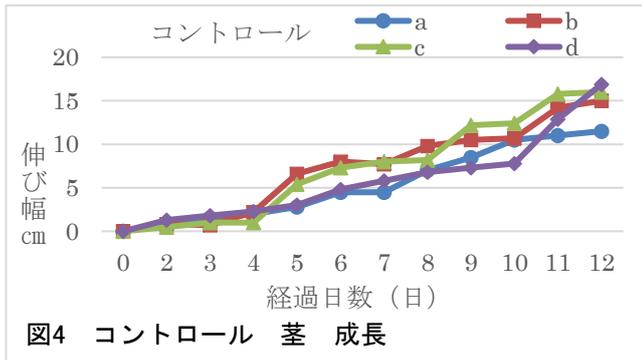
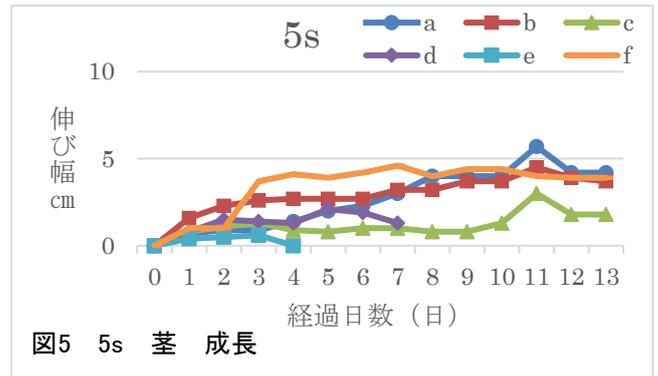


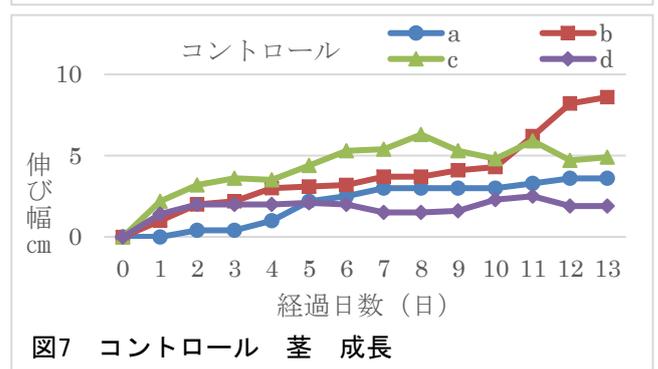
図2 10s 茎 成長



(実験 2)



〔5s〕1日目から2日目にかけてすべての個体に成長がみられた。3日目からは大きな成長はみられず、個体cは11日目に枯死した。(図1)



〔10s〕個体cは5日目から6日目にかけて大きな成長が認められた。個体a,bが8日目に枯死したのに対し、個体cは測定最終日まで成長が続いた。(図2)

〔5s〕観察初期に大きな成長は認められなかった。個体a,cは10日目から11日目にかけての成長が観察された。個体dは7日目、個体eは4日目に枯死した。(図5)

〔30s〕個体aは1日目から2日目にかけての成長がみられた。3日目からは成長が認められず、6日目にはすべての個体が枯死した。(図3)

〔10s〕個体dの1日目の成長が大きいことが観察された。個体dは他の個体と比べ伸び幅が大きいのが、11日目に枯死した。個体c,e,fは5日目までに枯死した。(図6)

〔その他〕5s、10sの観察初期の成長がコントロールに比べて大きいことが認められた。10s照射の個体c(10s-c)は20日目に花が咲いた。同時期のコントロールでは蕾の形成が観察されていた。

### 3. 考察

実験1より、マイクロ波を照射した個体は、観察初期においてコントロールに比べ成長が大きいことから、マイクロ波が植物の成長促進に影響した可能性がある。しかし実験2より、マイクロ波を照射し

た個体において、観察初期の成長が大きいことが観察されたのは 10s-d のみであるため、実験 1 の再現性は得られていない。

実験 1 より、10s-c は最終日まで成長を続けたものの、コントロールとの成長の差異は認められない。このことは観察初期 7 日間での電子レンジのマイクロ波の照射は観察後期の成長に影響しないことを示唆している。

インゲンが枯死した要因の 1 つとして、マイクロ波照射の際に電子レンジの庫内側面に個体が接触し、損傷した可能性がある。植物体がより小さい段階で照射するなど、電子レンジの庫内側面に接触しないための工夫が必要である。

実験 2 において、5s-a, 5s-c の 10 日目から 11 日目にかけての成長は、どちらも 12 日目にグラフが下降しているため計測誤差である可能性が高い。

実験 2 で使用したインキュベーター内は、風通しが悪く光が当たりにくいいため、植物が成長しにくい環境であったと考えられる。

#### 4. 残された課題と今後の展望

植物の発芽のタイミングが一定ではないため、播種する数を増やし、実験に用いる個体を選抜することで、より精度の高い結果を得られることが期待できる。

購入時期が異なることで、同じ種子の入手が困難になる。また、観察を行う時期によって気温に差があるため、温度管理を行い、条件を揃える必要がある。

計測誤差が生じた可能性があるため、計測の基準を厳密に定めることで、より正確なデータを得られるように留意したい。

#### 5. 参考文献・URL

- [1] 植物に対するストレスとその反応～マイクロ波が植物に与える影響～ 長野県木曾青峰高校 理数科課題研究 7 班 (2019)
- [2] マイクロ波刺激による植物の有効育成 堀越智 (2017)

[3] Microwaved Water-See What It Does To Plants

<https://rense.com/general70/microwaved.htm>

(2021 年 1 月 12 日時点)

# プールの中の微生物による水質浄化作用の研究

長野県木曾青峰高等学校 課題研究 生物班  
2年 上小路美咲 原萌夏

## 【要約】

本研究では、プールの中に生息する微生物のはたらきについて研究をした。実験試料は、活性汚泥と木曾青峰高校のプールの水とした。実験方法として、まず、それぞれのビーカーに牛乳10mLを加え、水質を汚濁した後に溶存酸素量を計測した。そして、エアレーションを行いながら1時間毎の様子を記録した。実験開始から17時間後にそれぞれのビーカーの溶存酸素量を計測した。その結果、活性汚泥と牛乳の溶存酸素量は7mg/Lから9mg/Lに変化し、プールの水と牛乳の溶存酸素量は7mg/Lから7mg/Lと変化しなかった。このことから、プールの水には水質浄化作用が弱いまたは見られないということが考えられた。一方、プールに生息する微生物を植物性、動物性に区分したところプールに生息する微生物の多くは植物性であり、活性汚泥中の多くは動物性であった。したがって、活性汚泥中にみられる動物性の微生物の有無が、水質浄化作用に起因していると考えられた。

## 1. はじめに

昨年の理数科課題研究で蒲沼・栗山・小林・斎藤・向井(2019)は、木曾青峰高校の2年間放置されたプールの中に生息する微生物の生態について明らかにした<sup>1)</sup>。私たちは、この研究に興味をもち、プールの中に生息する微生物のはたらきについて関心をもった。

水中に生息する微生物のはたらきとして、水質浄化が例に挙げられる。水質浄化作用をもつ微生物は、「活性汚泥」として下水処理場などで利用されている。なお、活性汚泥とは、下水などに含まれる有機物を酸化分解する微生物を含む泥状の沈殿物のことである<sup>2)</sup>(図1)。

活性汚泥に関わる研究はいくつか確認することができ、例えば、富山県総合教育センター(2014)は活性汚泥法<sup>※</sup>に注目し、活性汚泥中の微生物の種類と特徴を明らかにしている<sup>3)</sup>。

しかし、先行研究からは、微生物の水質浄化作用を明らかにするための調査方法の検討を含め、プールに生息する微生物の水質浄化作用に関して、基礎的知見が得られていないという課題がある。

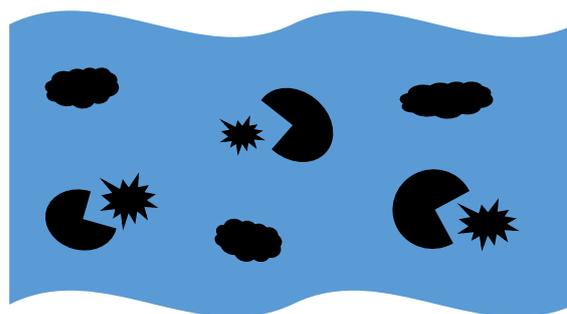


図1 活性汚泥のイメージ図

## 2. 目的

木曾青峰高校の2年間放置されたプールに生息する微生物の水質浄化作用に関わる基礎的知見を得る。

### 3. 方法

#### 3-1 実験試料

本研究では、活性汚泥(木曽福島浄化センター, 2020年9月9日採水)と木曽青峰高校のプールの水(2020年9月10日採水)を実験試料として使用した。活性汚泥中とプールの水に生息すると思われる微生物を表3に示す。なお、活性汚泥、プールの水はともに、ポリビン(1L)に入れ、10°Cに設定したインキュベーターで実験開始まで保存した。

#### 3-2 実験方法

まず、活性汚泥、プールの水をビーカーに500mLずつ入れ、それぞれに含まれる溶存酸素量を溶存酸素キット(AZ-D0-10, 共立理化学研究所)で計測した。次に、牛乳10mLをメスシリンダーで測り、活性汚泥、プールの水にそれぞれ加えた。この際にも、活性汚泥+牛乳、プールの水+牛乳の溶存酸素量を計測した。

そして、エアレーションを行いながら、1時間毎の様子を記録した。実験開始から約17時間経過した後に、活性汚泥+牛乳、プールの水+牛乳の溶存酸素量を計測した(図2)。



図2 実験の様子

### 4. 結果

本研究では、溶存酸素量の値が大きくなる場合、「水質浄化作用がある」とし、値が小さくなる場合、「水質浄化作用が弱い(みられない)」とした。

活性汚泥のみとプールの水のみの溶存酸素量を計測したところ、それぞれ9mg/Lであった。一方で、活性汚泥およびプールの水に牛乳を加えた場合では、それぞれ溶存酸素量が7mg/Lとなった。つまり、牛乳を加えたことにより、水質が悪化したのである(表1)。

実験開始から17時間後において、活性汚泥に牛乳を加えた試料では、溶存酸素量が7mg/Lから9mg/Lに変化し、プールの水に牛乳を加えた試料では、溶存酸素量が7mg/Lのまま変化がみられなかった。また、いずれの試料においても、時間の経過に伴い徐々に濁りがなくなる様子が観察された(表2)。

表1 溶存酸素量の時間経過

試料	溶存酸素量	日時
活性汚泥のみ	9 mg/L	9/11 13:00
プールの水のみ	9 mg/L	9/11 13:00
活性汚泥+牛乳(最初)	7 mg/L	9/11 14:30
プールの水+牛乳(最初)	7 mg/L	9/11 14:30
活性汚泥+牛乳(最後)	9 mg/L	9/12 7:30
プールの水+牛乳(最後)	7 mg/L	9/12 7:30

表2 時間ごとの実験の様子

試料	様子	時間
活性汚泥+牛乳	白く濁っていた	14:30
プール+牛乳	白く濁っていた	(実験開始)
活性汚泥+牛乳	表面に気泡があった	
プール+牛乳	表面に白く細かいものが浮いている	15:30
活性汚泥+牛乳	気泡が多くみられた	
プール+牛乳	下のほうが少し透明になった	16:30
活性汚泥+牛乳	薄茶色になっていた	
プール+牛乳	白く濁っていて、膜のようなものがあった	18:30
活性汚泥+牛乳	少し白色がなくなった	
プール+牛乳	少し色が薄くなった	19:30

## 5. 考察

結果より、プールの水は、活性汚泥に比べて水質浄化作用が弱い、または水質浄化作用がないと考えられた。このことから、プールの中の微生物が活性汚泥中の微生物に比べて、水質浄化作用を示さないことが推察された。

一方で、プールに生息する微生物の中には、活性汚泥中でみられる微生物も存在する(表3)。そこで、微生物を植物性と動物性に区分したところ、プールに生息する微生物の多くは植物性であり、活性汚泥中にみられる微生物のほとんどは動物性であった。したがって、活性汚泥中にみられる動物性の微生物の有無が、水質浄化作用に起因していると考えられた。

表3 プールの水と活性汚泥中に見られる微生物

木曽青峰高校プール	
<b>〈植物性〉</b> ファカス属、ウロトリカ属、グロエオキスチス、ペラネマ、クリプトモナス	<b>〈動物性〉</b> ナベカムリ属、フロントニア属、スピロスタム属、ウロセントラム属、ゾウリムシ属、アンフィレプタス
活性汚泥	
<b>〈植物性〉</b> なし	<b>〈動物性〉</b> ペラネマ、バルカンフィア、アメーバ、アルケラ(ナベカムリ)、ユーグリファ、リトノッス、トリティグモストマ、アスピディスカ、オキシトリッカ、レパデラ(ウサギワムシ)、セファロデラ(カシラワムシ)、ロタリア(ヒルガタワムシ)、ボルティケラ(ツリガネムシ)、エピステリス(エダワカレツリガネムシ)、カエトノツス(イタチムシ)、ディプロガスター(センチュウ)、アエオロソマ(ベニアブラミミズ)、モイナ(タマミジンコ)

蒲沼・栗山・小林・斎藤・向井(2019)および富山県総合教育センター(2014)を参考に作成した。

なお、水質浄化作用が微生物の量的な差に影響しているとも考えられるが、活性汚泥とプールで生息する微生物種が異なる点から、微生物の量的視点からの考察には検討の余地があると思われる。

## 付記

※活性汚泥法とは、好気性微生物に水中の有機物を処理させることである。

## 謝辞

活性汚泥を提供していただきました、柴田亭様をはじめ株式会社エステム長野の皆さま、木曽福島浄化センターの皆さまに心より厚く御礼申し上げます。

## 主要参考文献

- 1) 蒲沼愛, 栗山遥, 小林あいり, 斎藤美花, 向井琴音(2019)「放置されたプールにおける生態系—微生物の生態に着目して—」『令和元年度理数科課題研究報告集』6-1 頁-6-5 頁
- 2) 飯島電子工業株式会社「測定用語辞典」  
[https://www.iijimaec.co.jp/knowledge/glossary\\_mlss\\_2.html](https://www.iijimaec.co.jp/knowledge/glossary_mlss_2.html) (最終確認: 2020年11月5日)
- 3) 富山県総合教育センター(2014)「活性汚泥中の微生物」  
[http://digirika.el.tym.ed.jp/wp-content/uploads/2014/02/2-3\\_kasseiodei\\_biseibutsu.pdf](http://digirika.el.tym.ed.jp/wp-content/uploads/2014/02/2-3_kasseiodei_biseibutsu.pdf) (最終確認: 2020年11月6日)

地理

木曾町の地形から考える高校生の防災意識改革  
～水害編～

長野県木曾青峰高等学校 課題研究  
2年 菊池快星、小林凜花、奈良駿介

1. 動機および目的

藤岡(2016)によると、発信されている防災情報が社会に十分に受け取られておらず、今後の防災には国・地域・行政および学校教育が重要であると述べている。近年日本全国で洪水や地震災害をはじめとする自然災害が増える中でこの木曾地域もいつ被害に見舞われるかわからない状況にあり、災害の要因の1つとして地形が大きく関係していることが報告されている(例えば、鈴田ほか, 2011)。そこで、地形に目を向けて防災判断ができるかが私たち学生の課題であると思ったため、災害を回避する対策について災害前にできる知識やその意識を高めることを目的とする。

2. 方法

木曾青峰高校2学年生徒に質問紙調査を実施し、本校生徒の防災に対する意識・知識の現状を知ることと課題を類推する。また課題解決に向け実際の災害に対応できるような知識が身につく方法を提案し実施する。

3. 結果と考察

1回目の質問紙調査は本校の生徒が防災においてどんな状況なのか知るために、令和2年度7月豪雨災害のことを交えて2学年生徒(n=96人)を対象に行った(7月)。

～1回目の質問紙調査結果～

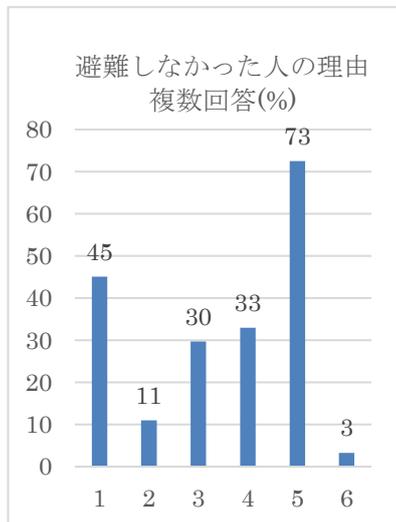


図1

- 図1 アンケートの項目内容
- 1 親が決めたから
  - 2 自分で決めたから
  - 3 避難勧告が出ていたから
  - 4 ニュースや防災情報から
  - 5 自分の周りの状況から
  - 6 その他

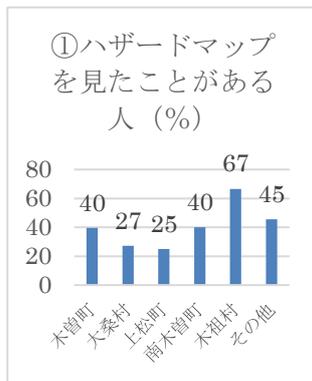


図2

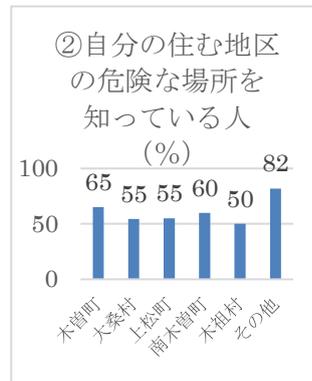


図3

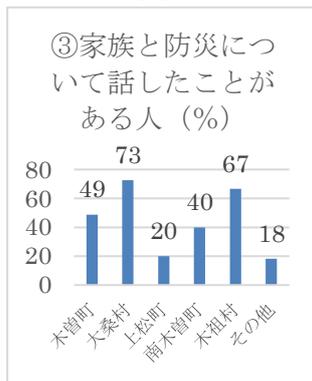


図4

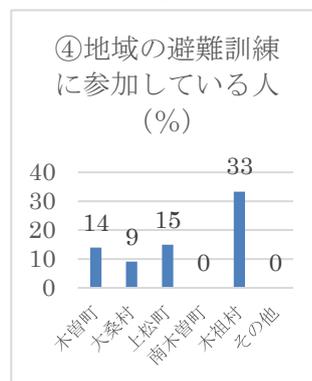


図5

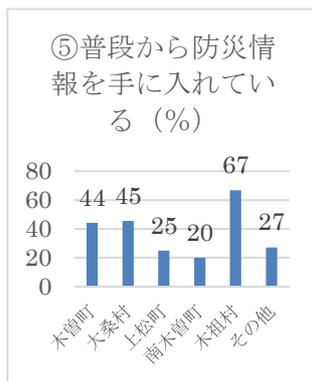


図6

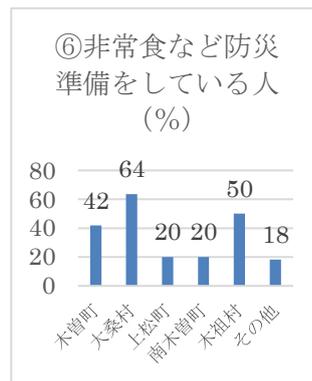


図7

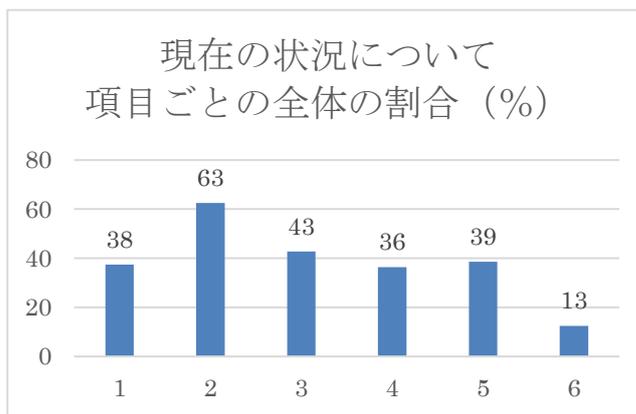


図8

～1回目の質問紙調査の考察～

図8から【2自分で決めたから】がほかの項目に比べて顕著に低いことから、「自分で判断」ができないことが本校の課題と考えられる。「自分で判断」して避難行動をとることや防災意識を高めるためには自然環境に関する知識が必要であり、その点を補う活動が必要だと考える。

また、図3より、自分の住む地区の危険な場所を知っている人が63%に対して図1のハザードマップを見たことがある人が38%と低い割合が出ている。これは、ハザードマップを見ずに危険な場所を判断している人が多いこと、危険と判断した場所が本当に危険な場所かどうか確かめている人が少ないことが考えられる。また、危険な場所を正しく判断するためには地形の成因などから危険箇所を認識する知識を得ることが必要である。

これらの考察から、現在本校の生徒に自然環境に関する知識がどのくらいあるのか把握するために、さらに質問紙調査を実施した。

～2回目の質問紙調査の結果～

2回目の質問紙調査は1回目の質問紙調査の考察をもとに2学年生徒(n=110)を対象に行った(9月)。2回目の質問紙調査の質問①、②の結果を地形の成因や地質などについて触れている回答とそうでない回答に分けた(図9)。

<p>① 住んでいる地域の災害リスクがあるとする理由は？</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・理由あり 13 →理由はあるが、根拠が不明確。</li> <li>・理由なし 77</li> <li>・回答なし(分からない、リスクがない) 20</li> </ul>	
<p>② 自宅がどんな場所に建っていますか？</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・理由あり 0</li> <li>・理由なし 108</li> <li>・回答なし(わからない) 2</li> </ul>	
<p>③ 学校の防災訓練は将来役に立つか？</p> <p>はい 82    いいえ 13</p>	

図9

～2回目の質問紙調査の考察～

図9より地形の成因や地質について触れられていない回答が多く(77)、地形的要因にふれていても根拠が不明確である回答がみられる。これは、自分の住む地域の山、川、池、崖など形態のみに着目しており、地形の成因や地質に基づいて考えている人が少なく、自然環境に関する知識が足りていないことが分かる。

学校の防災訓練について「災害が学校外で起きた場合あまり役に立たない」と回答した人が多いことから、学校外でも活用できる内容が必要である。

2つの質問紙調査から地形の成因や防災に重要となる自然環境に関する知識の充実をはかることが必要と考え、本校の生徒に向けた防災パンフレットを作成することにした。

4. 防災パンフレットの作成、配布

木曾町の地形は木曾川やその支流によって形成されており、パンフレットでは特に水害に関する防災意識を高めるため川が形成する地形に着目して成因を説明できるよう工夫した。また地形の特徴からどんな災害リスクがあり、どこへ避難するのか自ら判断できることを念頭に作成した。身近な地域に目を向けることでより具体的で本校の生徒にとって分かりやすくなると考えたので、木曾町の地形に着目した。

作成したパンフレット



～パンフレットの有効性の検証～

防災意識や知識の向上に対する、パンフレットの有効性を検証するため、本校1年4組(令和2年度)の生徒(n=30)を対象に質問用紙調査を実施した。質問用紙調査では、段階評定法を採用し、パンフレットを渡す前と後で実施した。質問項目については、「当てはまる」「やや当てはまる」「どちらともいえない」「やや当てはまらない」「当てはまらない」の五件法で回答を求めた。なお、質問項目は、木曾町の地形や防災にかかわる知識や意識を確認する項目を4つ設定した(表1)。

分析ではまず評定尺度である「当てはまる」「やや当てはまる」「どちらともいえない」「当てはまらない」をそれぞれ5点、4点、3点、2点、1点の間隔尺度に読み替えた。次に、得られた回答が否定的か肯定的かを見るために一標本のt検定を実施した。t検定については降旗大樹(2018)を参考にした。

一標本のt検定については初めに、各回答項目の平均値を求め、設定した5点から1点の中央値である3点と求めた平均値との間で実施することとした。その際、帰無仮説を「平均値が3に等しい」、対立仮説を「平均値が3に等しくない」とし、平均値が3より有意に高ければ質問項目に対する肯定的な回答、3より有意に低ければ質問項目に対する否定的な回答と判断した。また、パンフレット渡した後の質問紙調査においては、「パンフレットを読んだことで木曾町の地形の成因と水害の関係性が理解できた」と「パンフレットを読んだことで防災への関心が高まった」といった項目の調査も実施した。

表1 前後で比較する質問紙調査項目

1	木曾町の地形がどのようにしてできたか理解している
2	木曾町の地形の成因(成り立ち)と水害の関係について理解している
3	木曾町の地形と水害について家族や友人に説明できる
4	水害に対しての避難所がどのような理由でそこに建っているのか説明できる

～質問紙調査の結果と考察～

段階評定法による質問紙調査の結果を表2に示す。

表 2 質問紙調査の結果

No.	質問項目	平均値	
		事前	事後
1	木曾町の地形がどのようにしてできたか理解している。	▼ 2.03*	△ 4.39
2	木曾町の地形の成因(成り立ち)と水害の関係について理解している。	▼ 2.00*	△ 4.15*
3	木曾町の地形と水害について家族や友人に説明できる。	▼ 1.70*	△ 3.46*
4	水害に対しての避難所がどのような理由でそこに建っているのか説明できる	3.14n.s.	△ 4.29*

p < 0.05, n.s.有意差なし △:質問項目に対して有意に肯定的  
▼:質問校 m 区に対して有意に否定的

質問項目1～3については、パンフレットを渡す前は否定的な傾向が見られたが、パンフレットを渡した後に、肯定的な傾向へ変化した。また、質問項目4は、パンフレットを渡した後、肯定的な傾向へ変化した。したがって、いずれの項目においても、パンフレットを渡した後に平均値が肯定側へ有意に変化したことより、パンフレットは防災意識や知識の向上に寄与したと考えられる。

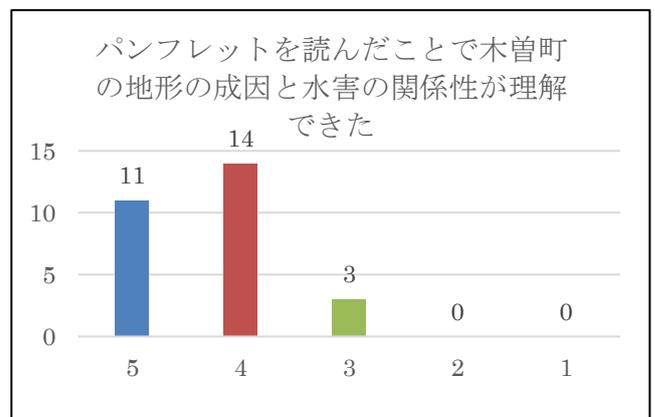


図10

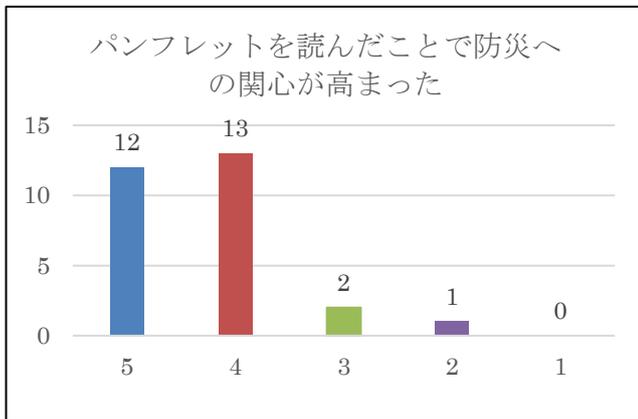


図11

図10、11により、パンフレットを読んだことで水害に対する防災の意識や知識の向上が見られ、防災への関心も高まったことが分かる。

#### 4. 研究のまとめ

今回の研究により、木曽青峰高校の生徒の防災に関する意識や知識が足りていないことが課題として挙げられた。この課題を解決するために、特に地形の成因や災害の要因として大きく影響する自然環境に関する知識の充実を図ることが必要だと考え、本校の生徒向けの防災パンフレット、特に水害についてのもので作成し、配布した。パンフレットの有効性を検証するために行った質問紙調査からパンフレット配布後の水害に対する防災の意識や知識の向上が見られた。

#### 5. 反省と課題

質問紙調査の質問が漠然としたものであり質問に対して色々な捉え方ができたため、地形の成因や地質などに着目した回答が得られなかった。もっと熟考して欲しい質問紙調査結果が得られるようにすべきだった。

パンフレットを作成するにあたってハザードマップなどから地形を考察したため、地形についての詳細な説明等が不足した。より詳細に地形について理解を深めるためには地形分類をすることが必要である。

#### 6. 謝辞

本研究にあたり、質問紙調査にご協力いただいた木曽青峰高校2学年生徒と1年4組(令和2年度)の皆様、そして質問紙調査の分析においてご協力いただいた降籙大樹先生に深く感謝申し上げます。

#### 7. 参考文献

藤岡達也(2016):「持続可能な社会と地域防災、学校防災—繰り返される自然災害に対する防災教育の現状と展望—」第四紀研究 55(4)

鈴木祐三, 木下隆史, 白井勝二, 古川勝秀(2011):「洪水氾濫を推定する地形学的アプローチに関する考察」水文・水資源学会誌 第24巻 第2号

大石道夫 水谷武司(1969):「地形条件から見た扇状地の土砂災害について」

国土交通省 国土地理院

<https://www.gsi.go.jp/common/000190162.pdf>

木曽町土砂災害・洪水防災マップ (中畑、中島、新万郡、丘の上、山平、中組、富田町、八沢、上の段、本町、上町、大手町、城山地区 降籙大樹(2018):「高校生物における環境倫理の多元性を指向した環境教育の研究「生物基礎」の生態分野の事例として、筑波大学大学院教育研究科平成29年度修士論文」

アンケート① (大雨について)

課題研究6班

① 自宅のある地域を教えてください。

木曾町 上杉町 大桑村 尚木曾町 その他 ( )

② 避難はしましたか。

はい いいえ

・どうしてそうしましたか、当てはまるものすべてにチェックをしてください。(項目にない場合はその他の欄に記述してください。)

「はい」を選んだ人

- 親(保護者)が避難すると決めたから。  自分で非難すると決めたから。
- 避難勧告が出ていたから。  ニュースや防災情報から判断した。
- 自宅の周りの状況から判断した。
- その他

「いいえ」を選んだ人

- 親(保護者)が避難しないと決めたから。  自分で非難しないと決めたから。
- 避難勧告が出ていなかったから。  ニュースや防災情報から判断した。
- 自宅の周りの状況から判断した。
- その他

アンケート② (現在の状況について)

・現在のあなた(ご家庭)の状況を教えてください。当てはまるものすべてにチェックをしてください。(項目にない場合はその他の欄に記述してください。)

- ハザードマップを見たことがある。  自分の地区の危険な場所を把握している。
- 家族と防災について話したことがある。  非常食などの防災準備をしている。
- 普段から防災情報を入手している。  地域の避難訓練に参加している。
- その他

アンケート③ (学校の防災訓練について)

・学校の防災訓練についてあなたが思うことを教えてください。当てはまるものすべてにチェックをしてください。(項目にない場合はその他の欄に記述してください。)

- 実際に災害が発生したときに役に立つと思う。  実際に災害が発生したときに役に立つと思わない。
- 自主的に参加している。  参加させられている。
- その他

課題研究7班 アンケート

年 組

前回のアンケートご協力ありがとうございました！前回のアンケート結果よりハザードマップを見たことがある人が少なく、危険な場所を知っている人が多いことがわかりました。この点に疑問を持ち詳しく知りたいため今回のアンケートにご協力よろしくお願ひします。記述は書ける範囲で、書けない場合は「分からない」と書いてください。

① 住んでいる地域の災害リスクがあるとする理由は？

② 自宅がどんな場所に建っていますか？

③ 学校の防災訓練はこれからの将来に役に立つと思いますか？

はい いいえ

上のように判断する理由を書いてください

高校生の防災に関するアンケート (2/10)

課題研究として高校生の防災について研究しています。ご協力をお願いします。以下の質問に対して「当てはまる～当てはまらない」として[]に1つチェックをつけてください。

1. 木曾町の地形がどのようにできたか理解している  
 当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない
2. 木曾町の地形の成因(成り立ち)と水害の関係について理解している  
 当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない
3. 木曾町の地形と水害について家族や友人に説明できる  
 当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない
4. 水害に対しての避難所がどのような理由でそこに立っているのか説明できる  
 当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない
5. ハザードマップを見たことがある  
 当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

高校生の防災に関するアンケート (2/12)

パンフレットの内容を確認した上でアンケートに回答をお願いします。

1～6の設問に対して「当てはまる～当てはまらない」として[]に基づきチェックをつけてください。

7、8は設問の下にある枠に自由に記述してください。

1. 木曽町の地形がどのようにできたか理解している

当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

2. 木曽町の地形の成因（成り立ち）と水害の関係について理解している

当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

3. 木曽町の地形と水害について家族や友人に説明できる

当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

4. 水害に対する避難所がどのような理由でそこに立っているのか説明できる

当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

5. パンフレットを読んだことで木曽町の地形の成因と水害の関係性が理解できた

当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

6. パンフレットを読んだことで防災への関心が高まった

当てはまる  やや当てはまる  どちらともいえない  あまり当てはまらない  当てはまらない

7. パンフレットを読んで分かったことや気づいたこと、感想を教えてください。

8. パンフレットでもっとこうした方がいいなど改善した方がいい点があれば教えてください