

異なる土壌pH条件下におけるカタバミ2型の発芽特性

神奈川県立厚木高等学校

2年 I組 β 1班

1. 要旨

地球温暖化に伴う植物の枯死や生育不良による不作は、私たちの生活に深刻な影響を及ぼす問題である。本研究では、高温耐性が示唆されているアカカタバミに着目し、アルカリ性土壌に対する耐性をカタバミと比較することで、アカカタバミの生態的特性を明らかにすることを目的とした。

恒温器内で異なる2種類の土壌pH条件を設定し、カタバミおよびアカカタバミを育て、その発芽率を観察した。得られたデータを統計的に検定した結果、土壌条件の違いはカタバミ2型の発芽の可否には影響を及ぼさない可能性が示されたが、カタバミ2型の発芽所要日数には影響を与える可能性が示された。

2. 背景・目的

Oxalis corniculata (緑葉のカタバミ)の集団内に*Oxalis corniculata f. rubrifolia* (アカカタバミ)が混在しているのを確認したことをきっかけに本研究に着手した。アカカタバミはカタバミの遺伝子多型の一つであり、DNA解析により、都市化以前には出現頻度が低かったが、アスファルトなどによる高温環境の増加に伴い増加した可能性が示唆されている。^{1,3}



図1 カタバミ(左)とアカカタバミ(右)

これまでの先行研究では主に高温条件に着目し、アカカタバミ増加の要因が検討されてきた。一方、都市部では高温以外にも、コンクリートに囲まれた環境による土壌性質の変化が生じていると考えられる。日本の緑地土壌は一般に弱酸性から中性であるのに対し、都市部の土壌はコンクリート中の水酸化カルシウムの影響により、アルカリ性に傾きやすい。

そこで本研究では、都市部における環境要因の一つとして土壌pHに着目し、酸性土壌、中性土壌、アルカリ性土壌におけるカタバミとアカカタバミの発芽特性を比較・検討することを目的とした。

3. 仮説

緑葉のカタバミは酸性土壌で、赤葉のカタバミはアルカリ性土壌で、それぞれ他方よりも有意に高い発芽率を示す。

4. 方法

当初はバッファー溶液を用いて酸性、中性、アルカリ性の土壌でのカタバミ、アカカタバミの発芽の違いを観察する予定であったが、材料の用意の難しさや同じバッファー溶液でそれぞれのpHに合わせる事が困難だったことから、本実験では中性、アルカリ性での比較をした。緑葉のカ

①中性土壌(pH7)	カタバミ	
	アカカタバミ	
②アルカリ性土壌(pH8~9)	カタバミ	
	アカカタバミ	
温度:15°C	光・水:常時	種:15粒ずつ

図2 実験設定一覧

タバミ(以下カタバミ)と赤葉のカタバミ(以下アカカタバミ)の種子をそれぞれ15粒ずつ、土壌①バーミキュライトのみのpH7程度の中性土壌と、チョークの粉(炭酸カルシウム)を加えて弱アルカリ性にしたバーミキュライトのpH8~9のアルカリ性土壌(土壌②)に播種し、15°Cに設定した恒温器で生育し、発芽した数を播種からの経過日数とともに記録する。

また、観察及び記録において本研究では、芽が地表面に出現した時点を「発芽」、当該観察時点までに発芽が確認された個体数を「累積発芽個体数」、1日あたりで新たに発芽が確認された個体数を「新規発芽個体数」と定義した。

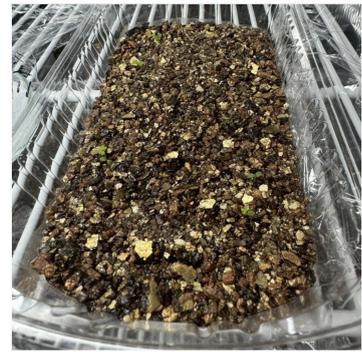


図3 実験に用いた生育環境

5. 結果

日ごとのカタバミ、アカカタバミの累積発芽個体数は以下の表1の通りである。得られたデータから以下の3つの検定を行った。

検定①

まず、4週間目の観察時点でカタバミ及びアカカタバミの累積発芽個体数についてカイ二乗検定により比較した。カタバミは土壌①において10個体、土壌②において7個体、アカカタバミは土壌①において6個体、土壌②において7個体であった。有意確率は5%と設定した。その結果、土壌pHとカタバミ2型の発芽率の間に関連はないとする帰無仮説は棄却されず、両型間において累積発芽個体数に有意差は示されなかった。

検定②

ここでは対応のない検定を用い、カタバミおよびアカカタバミそれぞれについて、土壌①と土壌②間の1日あたりの累積発芽個体数の差の平均を比較した。有効数字は5桁である。カタバミにおける差は(ア):2.3571、アカカタバミにおける差は(イ):0.28571であった。自由度は41であり、有意確率は1%と設定した。その結果、(ア)と(イ)は等しいとする帰無仮説は棄却され、土壌①と土壌②間の累積発芽個体数の差に、カタバミとアカカタバミの間で有意差が示された。

検定③

ここでは対応のあるt検定を用い、2つの標本の差はないとする帰無仮説(以下帰無仮説 H_0)をそれぞれ立てて、発芽までにかかる日数の平均についての比較を行った。同型のカタバミについての土壌①と土壌②間での比較(以下(A))と、同じ土壌についての別型のカタバミ間での比較(以下(B))である。ただし、この検定ではデータ数を揃えるため、先行して発芽した9個体のみを比較する。有効数字を5桁と設定すると、1個体あたりの平均発芽所要日数は、カタバミは土壌①において14.333日、土壌②において21.778日、アカカタバミは土壌①において27.667日、土壌②において26.667日だった。有意確率は1%と設定した。

(A)ではカタバミについて帰無仮説 H_0 は棄却され、土壌①と土壌②間における発芽までにかかる日数に有意差が示された。アカカタバミについては帰無仮説 H_0 は棄却されず、土壌①と土壌②間における発芽までにかかる日数に有意差が示されなかった。(B)では土壌①について帰無仮説 H_0 は棄却され、別型のカタバミ間における発芽までにかかる日数に有意差が示された。土壌②につ

いは帰無仮説H₀は棄却されず、別型のカタバミ間における発芽までにかかる日数に有意差が示されなかった。

種類、条件/日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
カタバミ、土壌①	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10	10	10	10	10	11	12	12	12	12	13	13	13	13	13	14		
カタバミ、土壌②	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	8	8	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
アカカタバミ、土壌①	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6	6	6	8	8	9	9	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11
アカカタバミ、土壌②	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	3	4	7	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

表1 カタバミの種類と土壌の条件別の累積発芽個体数

種類、条件/生育温度	1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
カタバミ、土壌①	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
カタバミ、土壌②	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
アカカタバミ、土壌①	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	0	0	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
アカカタバミ、土壌②	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

表2 カタバミの種類と土壌の条件別の新規発芽個体数

カタバミ(土壌①,土壌②)

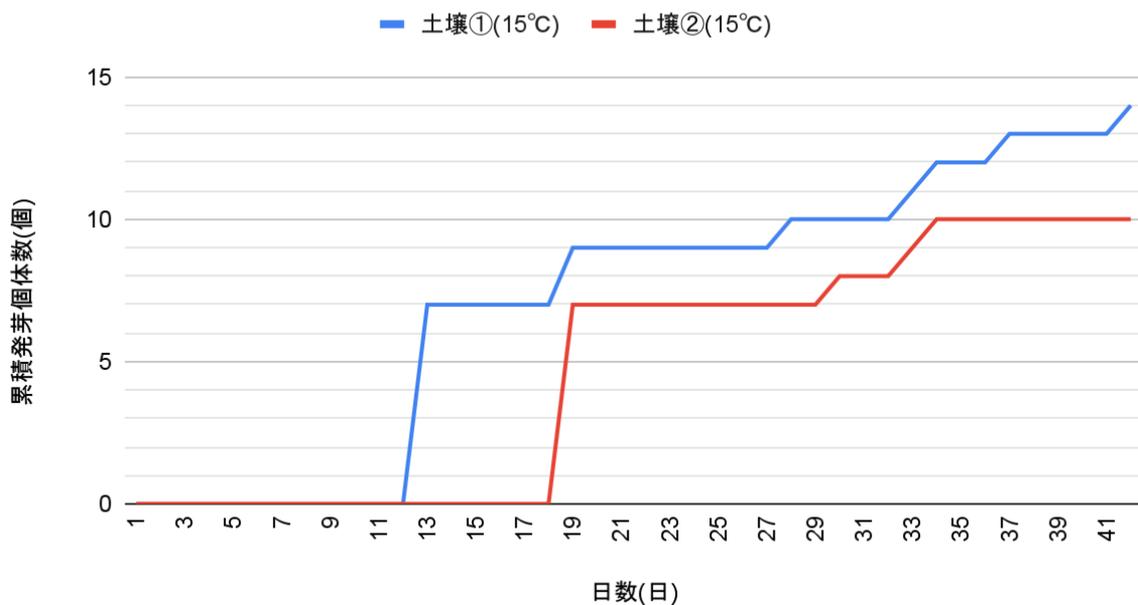


図4 土壌①②で発芽したカタバミの累積個体数

アカカタバミ(土壌①,土壌②)

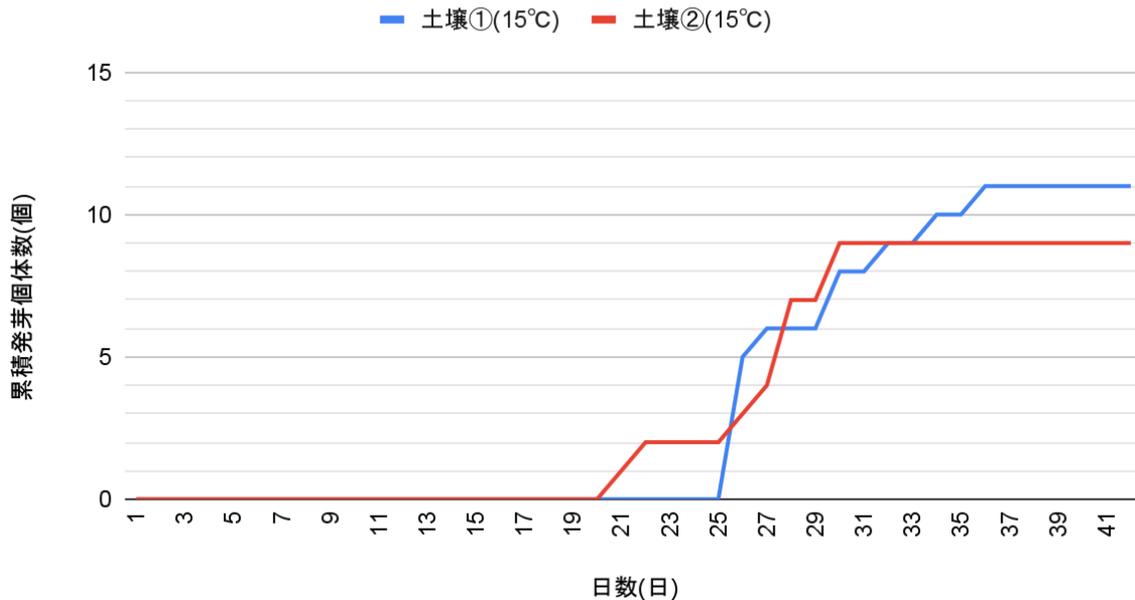


図5 土壌①②で発芽したアカカタバミの累積個体数

6. 考察

検定①では、土壌pHとカタバミ及びアカカタバミの累積発芽個体数に有意差は示されなかった。この結果から、両型の発芽の可否は、本研究で設定した土壌pH条件(中性及びアルカリ性)の範囲内では、土壌pHに強く依存しない可能性が示唆される。

検定②では、土壌①と土壌②間の1日あたりの累積発芽個体数の差の平均に、カタバミとアカカタバミの間で有意差が示された。この結果から、本研究で設定した土壌pH条件下において、カタバミ2型はそれぞれ集団として異なる発芽挙動を示し、条件間の差が大きいカタバミは発芽においてアルカリ性土壌の影響を受けやすく、差の小さいアカカタバミは発芽においてアルカリ性土壌の影響を受けにくい可能性が示唆される。

検定③では、(A)の検定結果から、本研究で設定した土壌pH条件はカタバミの発芽所要日数へ影響を及ぼすのに対し、アカカタバミの発芽所要日数には大きな影響を及ぼさない可能性が示唆される。

また、同じく検定③では、(B)の検定結果と表1からアカカタバミはカタバミよりも発芽に要する日数が長い可能性が示唆される。

7. 結論

以上の結果から、カタバミおよびアカカタバミの発芽の可否は、設定した土壌pH条件に依存しない可能性が示唆された。その上、設定した土壌pH条件においてカタバミ2型はそれぞれ集団として異なる発芽挙動を示し、カタバミはアルカリ性土壌の影響を受けやすく、発芽個体数、個々の発芽所要日数に対し変化をもたらす一方、アカカタバミは発芽個体数、個々の発芽所要日数のいずれに対しても大きな影響は受けにくい可能性が示唆された。

8. 今後の展望

今後の展望は主に次の2点、【実験条件の最適化】【結果の要因の解明】である。

【実験条件の最適化】

本研究を終えて実験条件の再検討を要する点がいくつか認められた。

①データ数

本研究では、かずさDNA研究所より同じ条件で生育したカタバミ及びアカカタバミの種子を提供していただいた。一様な種子の数が限られていたことに加え、実験の成立可能性を考慮し、取得できたデータ数が十分とは言えなかった。今後は資料数を増やし、より信頼性の高い結果を得られるようにしたい。

②自然環境の再現性

本研究では土壌pHの違いのみに着目した比較実験を行ったが、今後は照明条件を調整した日照時間の再現や温度条件の制御、さらに水分量を調整することで都市部土壌の乾燥状態を再現するなど、より精緻な環境条件下での実験が望まれる。

③比較条件の改善

本研究で行った土壌pHによる比較実験で使用した2つの土壌pHの差は1~2と小さかったため、カタバミ及びアカカタバミの発芽において有意差が出にくかった可能性もある。そのため、植物の生育に問題がない範囲でpHの幅を広げた比較実験が望まれる。

【結果の要因の解明】

本研究では、土壌pHがカタバミおよびアカカタバミの発芽に与える影響について、それぞれ結論を得ることはできた。しかし、なぜこのような結果が得られたのかについて、科学的な解明には至らなかった。さらに、以前研究所より助言を受けたように、土壌pHと金属イオンの存在や、植物が分泌する有機酸との関係を調べることで、発芽特性に影響する要因の解明を進めることが期待される。

9. 参考文献

1)岡田英 毎日新聞 散歩で見つけた「世界的発見」なぜ雑草カタバミは赤く進化したのか

<https://mainichi.jp/articles/20250118/k00/00m/040/136000c> 2025年5月20日閲覧

2)定年退職した大学教授の新たな冒険 note 温暖化に適応する植物たち:赤いカタバミの謎

<https://note.com/3233400r/n/n1a0acd976f7c> 2025年5月20日閲覧

3)佐藤 光彦、飯村 秀明、平岡 桐子、白澤 健太 みんなのカタバミ, みんなでカタバミ

https://www.jstage.jst.go.jp/article/seibutsukogaku/102/9/102_102.9_477/_article/-char/ja 2025年5月21日閲覧

4)Yuya Fukano, Wataru Yamori, Hayata Misu, Mitsuko P. Sato, Kenta Sirasawa, Yuuya Tachiki, Kei Uchida Science Advances From green to red : Urban heat stress drives leaf color evolution

<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abq3542> 2025年11月13日閲覧

科学的に見る退色

神奈川県立厚木高等学校
2年 1組 β2班

1. 要旨

本研究は退色の変化を数値化することを目的とする。シアン、マゼンタ、イエローの3色についてUVCライトを当てた際の退色の変化を色差計を用いて計測した。その結果、赤緑軸における変化はマゼンタ、黄青軸における変化はイエローの退色と関係性があることが示された。

2. 背景・目的

先行研究よりシアン染料とマゼンタ染料の褪色は顕著であり、マゼンタ染料に関しては耐光性に問題がある²と分かった。そのため色ごとに退色の仕方にどのような違いがあるのかについて、数値化することで検証することを目的とした。また、色素の分子構造に注目し、光に当てることでその構造にどのような変化が起こるのかを考察したいと考えた。

3. 方法

まず一辺3cmの正方形に切り、実験する色(マゼンタ、シアン、イエロー)を印刷した三種類のコピー用紙を用意する。マゼンタを印刷した紙をA、シアンをB、イエローをCとする。

クリーンベンチの中にABCをそれぞれ一枚ずつ入れ紫外線を照射する。3日ごとにABCを一枚ずつ追加することによって紫外線の照射日数を紙ごとにずらす。これを約一ヶ月間行う。

照射実験終了後、色差計(color muse2)を使用して紫外線を照射していない元の色と紫外線を照射したABCの色差(ΔE)、明度(ΔL)、赤緑軸(Δa)、黄青軸(Δb)を比較する。

4. 結果

日数 (日)	マゼンタ	イエロー	シアン
3	1.09	-1.46	-1.423
6	1.7767	-1.2567	-1.466
9	3.0667	-1.7067	-1.53
12	4.7933	-1.7633	-1.47
15	6.2633	-1.43	-1.48
18	7.5866	-1.0733	-1.52
21	8.97	-1.24	-1.476

表1 経過日数(日)と ΔE の変化

日数 (日)	マゼンタ	シアン	イエロー
3	1.09	-1.42	-1.46
6	1.78	-1.47	-1.26
9	3.07	-1.53	-1.71
12	4.79	-1.47	-1.76
15	6.26	-1.48	-1.43
18	7.59	-1.52	-1.07
21	8.97	-1.48	-1.24

表2 経過日数(日)と ΔL の変化

日数 (日)	マゼンタ	シアン	イエロー
3	-4.81	0.137	1.13
6	-7.03	0.07	1.51
9	-9.57	0.54	1.73
12	-12.5	1.29	1.51
15	-15.3	2.28	1.36
18	-16.9	2.16	1.02
21	-18.8	2.75	1.12

表3 経過日数(日)と Δa の変化

日数 (日)	マゼンタ	シアン	イエロー
3	6.8333	5.54	-2
6	10.0767	7.31	-3.1867
9	12.9033	8.69	-4.4533
12	15	9.82	-7.4933
15	17.11	11.4667	-9.1367
18	18.5133	11.9567	-10.9833
21	19.3633	12.5667	-12.2033

表4 経過日数(日)と Δb の変化

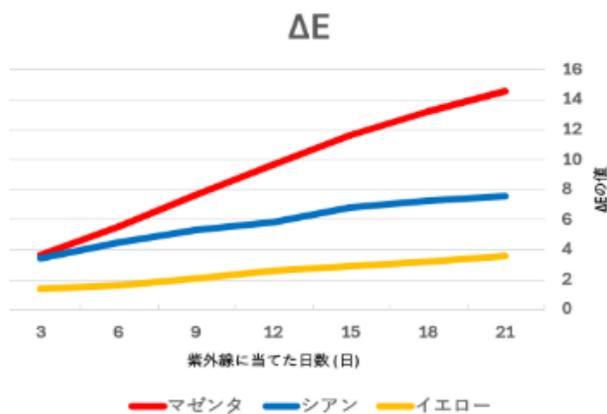


図1 経過日数(日)と ΔE の変化

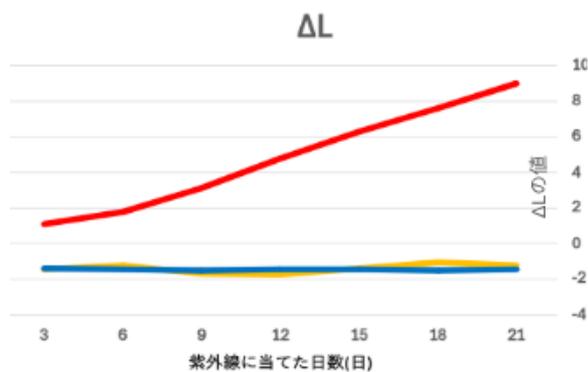


図2 経過日数(日)と ΔL の変化

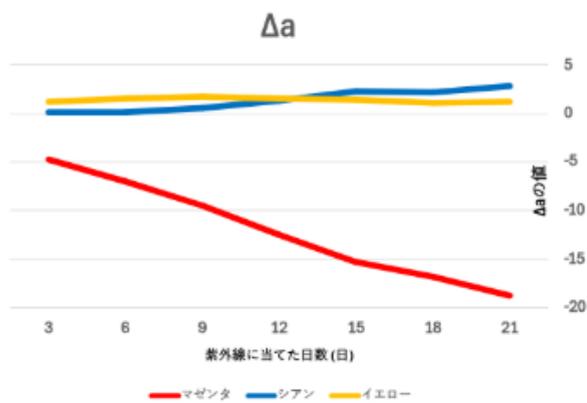


図3 経過日数(日)と Δa の変化

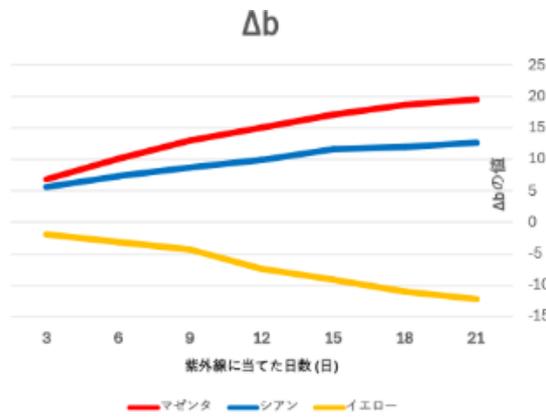


図4 経過日数(日)と Δb の変化

上の表とグラフから分かることをまとめると、まず色差はマゼンタが一番大きく、シアンとイエローはほとんど同じくらいとなった。次に、明度差はマゼンタだけが大きく変化した。また、赤緑軸に関して同様にマゼンタだけが大きく変化し、値がマイナスのため、赤色みが弱くなったと分かるが、最後の黄青軸だけはシアン、マゼンタ、イエローの順に変化が大きくなり、イエローは値がマイナスのため、黄色みが弱くなった。

5. 考察

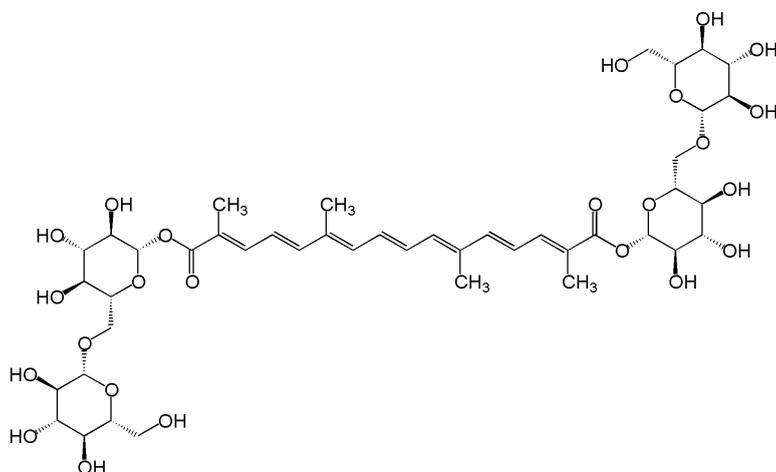
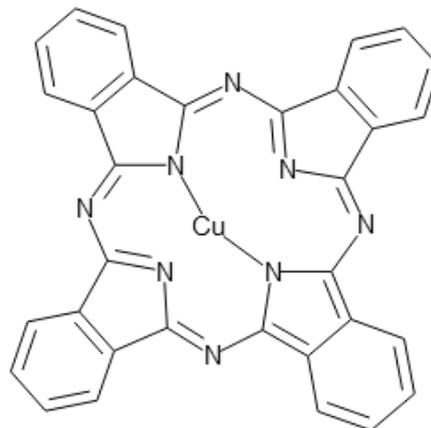


図5 カーミン6B(左上)、フタロシアニンブルー(右上)、クロシン(下)の構造式

退色の変化がマゼンタ、イエロー、シアンの順で強く見られたので、なぜこのような結果が出たのか、一般的な色素の構造から考察する。その際、マゼンタはカーミン6B、イエローはクロシン、シアンはフタロシアニンブルーの構造式と仮定した。まず、マゼンタとイエローについて、2色の色褪せのしやすさの違いはアゾ結合にあると考えられる。アゾ結合の二重結合の中には光を吸収しやすい π 電子が散らばっている。今回の実験のように強い紫外線を当てると、 π 電子が励起状態になり、結合が切れ、色素が壊れる。カーミン6Bはアゾ結合をもつため、マゼンタとイエローではこのような違いが出たとわかる。次にイエローとシアンについて、この2つの色褪せのしやすさの違いは共役系にあると考えられる。イエローの共役系は直線であるため不安定で結合が切れて共役系が短くなる。それに伴い吸収する光の波長も短くなり色が変化する。一方でシアンの場合共役系は環状構造である。そのため共役系は壊れにくくイエローに比べて色褪せがしにくいとわかる。

6. 結論

各軸の変化の大きさの比較から、色が褪せるということは明度が大きくなることだと考えられる。また、赤緑軸の変化はマゼンタの、黄青軸の変化はイエローの褪色に強く影響しており、赤緑軸と黄青軸は色により影響の大きさが変わるが、明度とそれに伴う色差の変化の影響は共通している。そしてこの変化はインクに含まれる特定の結合が切れ色素が破壊されることによって起こると考えられる。

7. 今後の展望

今回の実験で使用したのはUVCで、私たちの日常生活に馴染みの薄い種類の光である。よって、UVAやUVB、太陽光などの光を使って結果の差異を見ることが挙げられる。

また、今回は化学的視点で実験を行ったため、光のスペクトルとの関係など、物理的視点で見ることも考えられる。

8. 参考文献

1)紙の耐光性 平松友佳里 2025年6月16日閲覧

<https://drive.google.com/file/d/1B0owm8AstmVh9fGDvhPvmn-W1eaARZRG/view?usp=drivesdk>

2)インクジェットインク用高耐候性シアン、マゼンタ染料技術の開発 富士フイルムホールディングス株式会社 2025年6月17日閲覧

https://asset.fujifilm.com/www/jp/files/2019-10/4c8ac4e5e8256ada238892404a4b97e7/rd_report_ff_rd054_007.pdf

3)紫外線による色素の退色 学校法人金光学園 2025年6月16日閲覧

https://www.konkougakuen.net/ssh%20hp/2014chem_UV.pdf

4)X,Y,Z の A,B,C一測色学の基礎一 矢口博久 2025年6月16日閲覧

<http://www.vision.phys.waseda.ac.jp/vision/koumokuPDF/06kaisetu/E1990.02.02.06.pdf>

5)色褪せの原因を探る～色褪せと紫外線の関係～ 藤枝市高洲中学校 大川夏実 2025年6月16日閲覧

<https://gakusvu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/h24/122021.pdf>

タイトル キリンの模様と気候の関係について

神奈川県立厚木高等学校

2年 1組 β3班

1. 要旨

アフリカには様々な模様のキリンがおり、その模様の違いの理由については様々な議論がなされている。本研究では、色ごとに異なる温められやすさによって起こる「対流」という現象と気候に着目し、キリンの模様は彼らが快適に過ごすために体表で対流を起こし、それが生息地の気候と関係するのか調べた。模様を温め対流の様子と温度変化を測定し、模様と気候には関係が見られることがわかった。

2. 背景・目的

黒と白のような、温度上昇の差が大きい2色の組み合わせの縞模様を温めると、円を描くように対流が起きることが知られている。これに関連して、アフリカに生息しているシマウマの縞模様は、低緯度の地域になるにつれ、縞が多くなっている。これは体表で起こる対流の数を増やし、より温暖になるほど体表で空気を循環し、冷却効果を高めていると考えられている。私達はこのような対流の起きやすさが他の動物の模様でも起きるのか興味を持った。そこで着目したのがキリンである。キリンには4つの亜種が存在し、それぞれ模様が異なっている。私達はこの模様が対流を起こすのか、また生じる対流の強さが生息地分布に関係しているのかを調べた。

3. 仮説

一年を通した平均気温が高い地域のほうが上下差が起りやすく、対流が起きやすい

4. 方法

【先行研究である希望が丘高校の「縞模様が起こす対流」の再検証】

〈材料〉

水槽(幅36×奥行22×高さ26(cm))、牛乳パック、絵の具(黒、白、赤)、白熱電球(100V90W)、スタンド、駒込ピペット

〈手順〉

1、開いた牛乳パックの白い面に、白と黒の絵の具で縞模様を描く。これを「シート」と呼ぶことにする。

シートは縞の数を2・4・6分割に変えて3枚作成する。

2、水槽(幅36×奥行22×高さ26【cm】)にシートを敷く。その上から水道水6Lを入れ、水を落ち着かせる。

3、駒込ピペットで、水で溶いた赤い絵の具を浮かないように水中のシート上に静かに置く。水面の上から6.5cm、0.5cmの高さに温度計を設置する。

4、水槽の上からスタンドで固定した白熱電球を当て、赤い絵の具の様子を観察する。

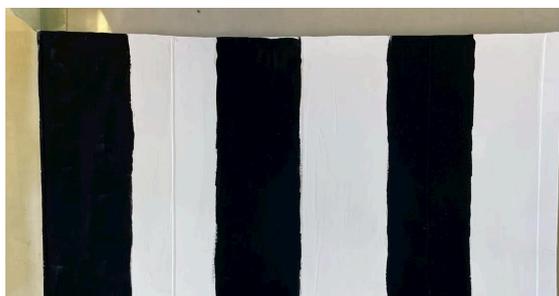


図1 実験装置

図2 使用した牛乳パック

【キリンの模様の検証】

【先行研究である希望が丘高校の「縞模様が起こす対流」の再検証】と類似の方法で行う。シートは模様の再現性が重要なため、4種の模様を、それぞれ同じ縮尺で印刷したB5用紙を用いる。この紙を「キリンのシート」と呼ぶことにする。

〈手順〉

- 1、模様が濡れないように、水槽の下にキリンのシートを敷く。
- 2、水道水を水面が水槽底部より3cm高くなるまで入れ、水を落ち着かせる。
- 3、駒込ピペットで、水で溶いた赤い絵の具を浮かないように水中のシート上に静かに置く。模様の明色部、暗色部に分け、それぞれ水面の上から2.5cm、0.5cmの高さに温度計を設置する。
- 4、水槽の上からスタンドで固定した白熱電球を当て、赤い絵の具の様子と温度の変化を記録する。

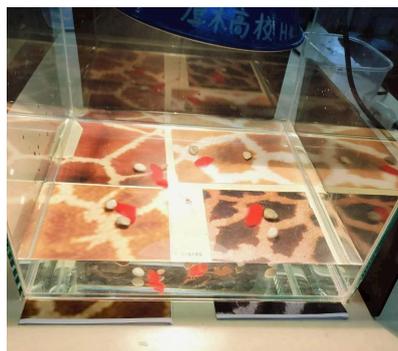


図3 実験装置の様子

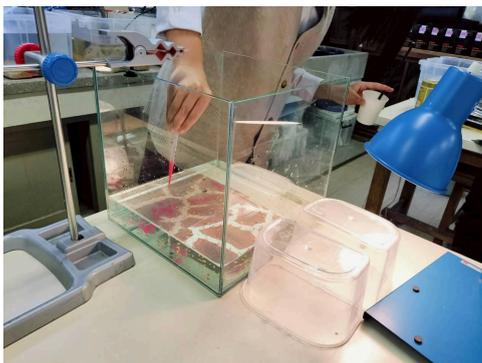


図4 絵具を垂らす様子

5. 結果

【先行研究である希望が丘高校の「縞模様が起こす対流」の再検証】

先行研究で示されていた通り、対流を確認することができた。

【キリンの模様の検証】

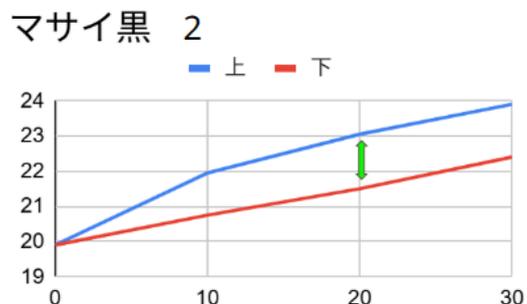
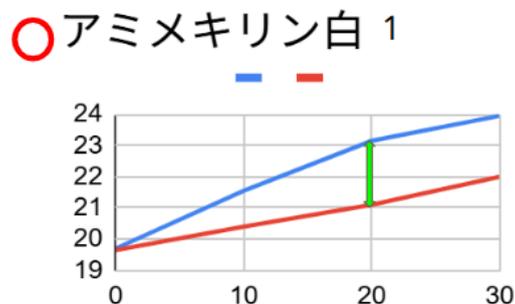
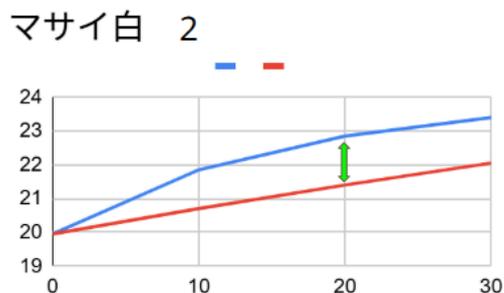
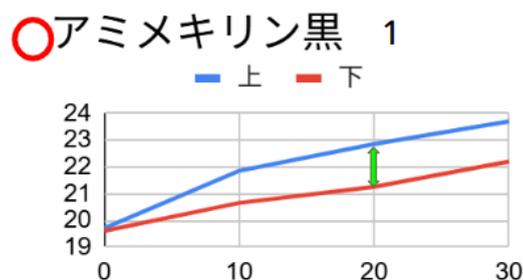
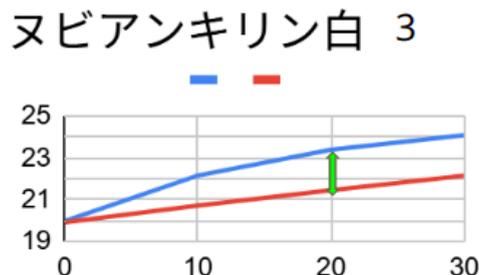
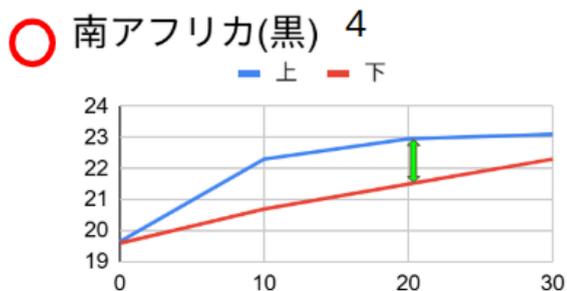
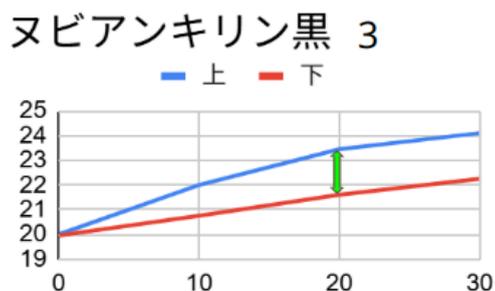
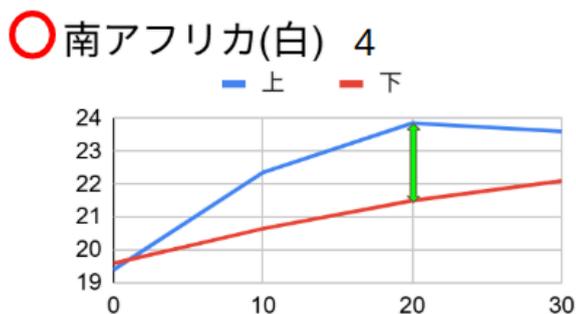


図5,6,7,8,9,10,11,12 各キリンの明暗部に分けた上下の温度変化

このグラフではそれぞれの模様のうちより明るいほうを白、暗いほうを黒としている。

上のグラフは縦軸に温度[°C]、横軸に実験開始からの経過時間[分]をとっており、青いグラフが水面から2.5cm、赤いグラフが水面から0.5cm点の温度変化を表している。このグラフは白と黒、それぞれの上部和下部で測った温度の推移を示しており、赤丸は対流が起きたことを表している。本実験では、キリン各種の白色部および黒色部における上部と下部の温度差に注目し、その種間差を比較した。この温度差は緑の矢印で示した。差を比較しやすくするため、比較時刻は実験開始から20分後に統一した。このグラフより、対流が確認できた南アフリカキリンおよびアミメキリンでは、対流が確認できなかったヌビアンキリンおよびマサイキリンに比べて、白色部・黒色部それぞれにおける上部と下部の温度差の差が大きいことがわかる。

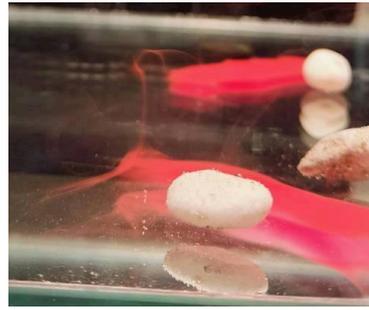
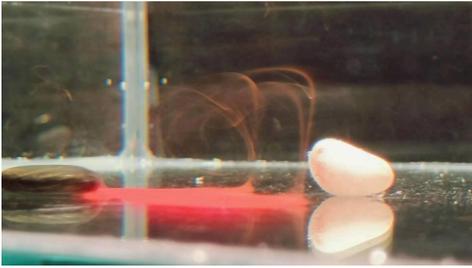


図13,14 模様あり(アミメキリンと南アフリカキリン)で実験した場合の対流の起き方

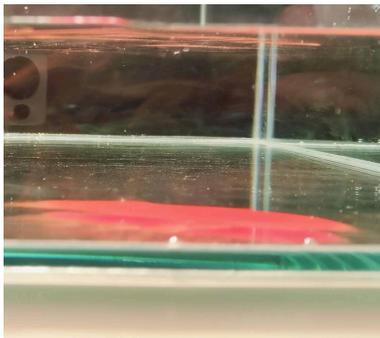


図15 模様なしの白紙で実験した時の様子

模様なしの場合は対流は起きず、アミメキリンと南アフリカキリンの2つでのみ対流を見ることができた。

6. 考察

物理的考察

本実験での対流は、暗色部と明色部での温度差を大きくする、もしくは、境界線を長くすることで起きやすくなると言える。以上を踏まえて各種キリンの結果の原因を考察する。

アミメキリンおよび南アフリカキリンでは、実験データからも暗色部と明色部の温度差が大きかった。また、斑点が大きかったり、境界に切れ込みがあったりして暗色部と明色部の接触面積が大きく、熱が移動しやすい。さらに斑点が十分に大きいので、温められた空気塊がまとまりを持って上昇しやすい。これら3要素が重なって対流が起きたと考えられる。

一方、ヌビアンキリンでは斑点が大きく一見北アフリカキリンと類似しているものの、模様は四角く整然としており境界長が相対的に短いため、温度差が空間的に分散されやすい。また、マサイキリンについても、斑点が小さいことから、温められる空気塊が小さく、この2種類は対流が起きにくかったと考えられる。

以上より、キリンの模様はすべての亜種で同一の体温調節効果を持つわけではなく、特定の模様構造をもつ亜種においてのみ、対流という追加的な放熱効果が生じると考えられる。

地理的考察

4亜種はいずれも高温のサバンナ帯に生息し、年間平均気温や日射条件に大きな差はないため、対流の有無は気温や日射量といった単純な環境要因だけでは説明できない。そこで、生息地の気候区分を下に気候との関連性を総合的に考察する。なお、今回は温度変化における差があまり見られなかったため、生息地との関係は、模様が対流を起こしたか否かという観点のみで比較する。

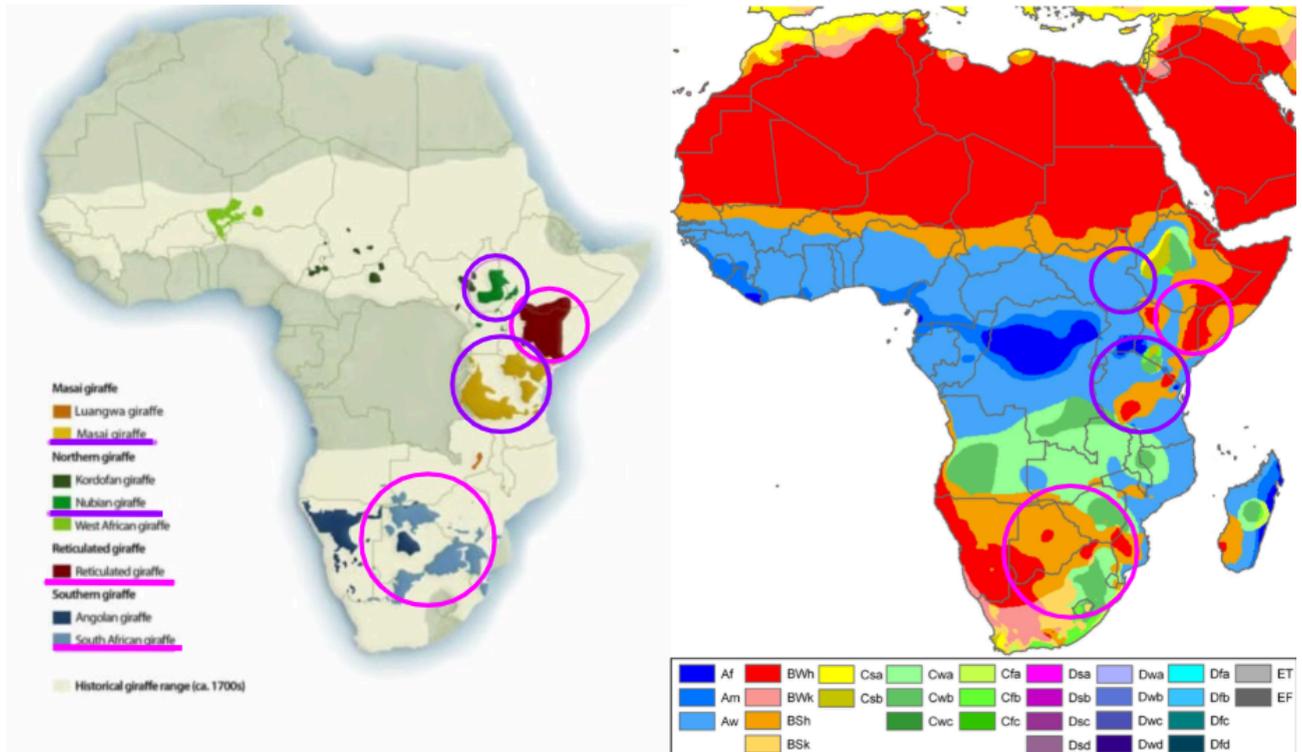


図16 キリンの亜種ごとによる生息分布と、アフリカの気候区分

左図の丸で囲まれている、赤と水色がアミメキリンと南アフリカキリン、緑と黄色がヌビアンキリンとマサイキリンの生息地を示している。また丸を右の気候区分に対応させ、生息地と気候区分を比較している。図より、対流が起きたアミメキリン及び南アフリカキリンは主にBSH(ステップ気候)地域に生息している。このような乾燥した環境では空気中の水蒸気量が少なく、熱拡散が抑えられるため、皮膚表面の暗色部と明色部の間に生じた局所的な温度差が空気中へ分散されにくい。その結果、局所的な温度差が保たれ、対流が起きやすい。対して、対流の起きなかったマサイキリンやヌビアンキリンは主にAw(サバンナ気候)地域に生息している。一方、湿潤な環境では熱が速やかに周囲へ拡散し、すぐに温度差がなくなるため、同様の模様構造を持っていても自然対流が成立しにくい。このことから、キリンの体表模様の対流効果は、模様構造そのものに加え、乾燥度の高い気候条件下で特に機能すると考えられる。同じ模様でも生息環境の差で対流による放熱効果が異なるとすれば、効果が高い地域では対流の起きやすい模様を持つ亜種が生き残り、低い地域では模様による放熱効果が現れにくく、それが地域による模様の差の一因になったのではないかと考えられる。

ただし、広大であるキリンの生息地の中で、模様が起こす局所的対流が及ぼす影響は軽微なものであると推測できる。よって、模様構造の違いにはメラニン色素や遺伝など他の要素の影響が十分に考えられ、本研究で私達が考察した内容は、あくまで副次的な要因であると考えられる。

7. 結論

キリンの模様による対流は亜種によって差がある。また、模様の構造と生息地の環境が、キリンの進化、競争の過程で模様の違いを生んだ一因となった可能性がある。

8. 今後の展望

より正確な値を出すために2つのことを考える。1つは照明の改善。水槽全体を一定の熱で照らせるような電球を使用する。2つ目は温度計とサーモグラフィーの使用。今回温度計の誤差による影響も大きかったので温度計の改善。また流れを見るためにサーモグラフィーを有効的に使っていきたい。今回は水中で行ったが今後は空気中で行い、キリンの住んでいる環境により近づけた実験を行いたい。

また、キリンは亜種の中に更に種が存在し、今回実験で使用した模様以外にも複数種あることが確認されている。本実験では時間の関係で実施できなかったが、今後の研究で未実施の模様に関しても調査し、より正確な生息地との関係を調べたい。

9. 参考文献

希望ヶ丘高校 (2021) 『SS 希望 卒業論文集』縞模様が起こす対流 神奈川県立希望ヶ丘高等学校

大阪大学 大学院 生命機能研究科 シマウマの模様はなぜ
https://www.fbs.osaka-u.ac.jp/labs/skondo/download_files/Newton.pdf 2025/5/1閲覧

日本大学理工学部 縞状熱源から発生する熱対流の数値シミュレーション
<https://www.cst.nihon-u.ac.jp/research/gakujutu/61/pdf/P-2.pdf> 2025/5/1閲覧

National Institutes of Health How the zebra got its stripes: a problem with too many solutions
<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.140452> 2025/5/1閲覧

愛媛県立とべ動物園 アフリカのキリン キリン保全財団(Giraffe Conservation Foundation: GCF)
<https://www.tobezoo.com/tobetopics/2022/06/14/20220614152816-0d327834ea83f835c0b1f72c057632d8d139a360.pdf> 2025/5/15閲覧

Wikipedia ファイル:Africa Köppen Map.png
https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB:Africa_K%C3%B6ppen_Map.png 2026/01/30閲覧

勝手に曲がる水切り石

神奈川県立厚木高等学校
2年 1組 4班 β

1. 要旨

石の水切りとは、石を水面に向かって投げて何回跳ねるかを競う遊びである。しかし、今回の実験ではどのような形の石が最も曲がりやすいかを調べた。石が跳ねやすい条件を先行研究より調べ、石の形以外の条件を先行研究と合わせた。発射した後の石を上からスローカメラで撮影し、動画を解析した。円盤型、正三角型、正四角型、ブーメラン型の順番で曲がりやすいということがわかった。

2. 背景・目的

子供の頃にしていた遊びについて研究しようと思い、特に石の水切りについて興味をもったことがこの研究に至る大まかな背景である。当初我々が考えていた研究内容は石が跳ねる条件であったがすでに先行研究によって石と水面の角度は 20° 、石の速さ 12m/s 、石の回転数 14回/秒 であると明らかにされている。このことから、我々独自の研究をするために勝手に曲がるという要素を付け加えた。目的は、水切りをする石にはどのような形が最適なのかを調べ、誰でも曲げることのできる水切り石の開発をすること。

3. 仮説

ブーメラン型の石は普通(円盤型)の石よりも曲がる。

4. 方法

石を打ち出す装置を作成する。装置の概要は、石に磁石を装着し、石を乗せる台座にも磁石を入れその台座をモーターで回転させ一緒に回転している石を打ち出す。(図1)

次に、様々な形の石をポリスチレンで作成する。曲がる石の規則性を見つけるため、最初に円板状の石、ブーメラン型(三又)の石、正三角形型の石、正方形型の石で実験を行う。

石を装置で射出し、石を射出した位置から石が一回目に跳ねた位置と二回目に跳ねた位置の、石の発射方向に対して垂直な距離を測定し(図2)、それをデータに収めた。各形、20回ずつ測定する。

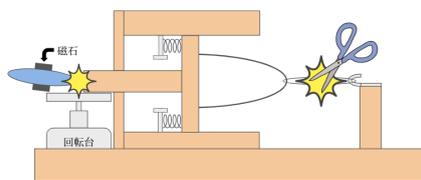


図1 装置の概要

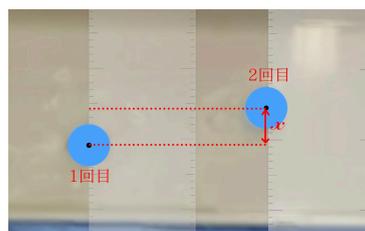


図2 計測方法

5. 結果

[表1] 形による曲がった割合の比較と二回目まで着水した回数

	円盤	正方形	正三角形	ブーメラン
曲がった割合の平均	0.151	0.112	0.124	0.0767
二回目まで着水した回数	18	15	20	10

二回目も着水できなかった原因としては一回目に着水した地点が水槽の端に近く水槽の壁に衝突してしまうこと、曲がりすぎて壁に衝突してしまうこと、一回目に着水したまま跳ねずに沈んでしまうことがあった。

ブーメランは一回目に着水したあとに跳ねずにそのまま沈んでしまうことが多かった。

四角は一回目に着水したあとに曲がりすぎて二回目に着水せずに計測不能になってしまうことが多かった。四角形と三角形の実験ではそもそも着水しないことが多く、計測不能になることが多かった。

6.考察

結果より、円盤型、正三角型、正四角型、ブーメラン型の順番で曲がりやすいということがわかる。ここで各型の形の特徴に注目すると、曲がりやすい型ほど角が少なく単純な形であり、曲がりにくい型ほど角があったり型の周の形が複雑であることがわかる。よって単純で角が少ない形であれば曲がりやすく、複雑で角が多い形であれば曲がりにくいと考えることができる。その理由として考えられるのは、角が少ないほど空気の流れを乱す要素が少なくなり、揚力の力を強く活かすことができる。以上のことから、円盤型が平面で考える限りの形の中で最も曲がりやすいのではないかと考える。

7.結論

単純で角が少ない形だと、空気抵抗を乱す物が少なくなることで、揚力を受けることができる。その揚力によって物体の中の左右の圧力が非対称になりカーブするので、単純で角が少ない円盤型が一番曲がりやすい。

8.今後の展望

今回使用した装置は打ち出したときに石の回転が止まってしまっていたので、石が回転しながら打ち出せる装置を作ることが必要である。ブーメラン型を作成する際、側面の形状に十分留意せず、角張った形のままで実験を行った。しかし、実際のブーメランでは側面がやや丸みを帯びており、その方が揚力が発生しやすいと考えられる。このような立体的で複雑な形を考慮すると結果が変わる可能性がある。

9.参考文献

①ClearWaterProject(クリアウォータープロジェクト)水切り～川に行ったら石を投げよう～[世界チャンピオンが教えます]

https://www.kawa-asobi.net/stone-skipping/20171010_5033 2025年9月29日閲覧

②レファレンス協同データベース 水面に向かって石を投げ、石が何回飛び跳ねたかを競って遊ぶ水切りが、どうすれば上手にできるのかがわかる児童書が読みたい。

https://crd.ndl.go.jp/reference/entry/index.php?id=1000296068&page=ref_view 2025年9月29日閲覧

③高松第一高等学校 <http://www.taka-ichi-h.ed.jp/img/H26-01.pdf> 石の水切り
2025年12月11日閲覧

タイトル ふすまを用いたセルロースの抽出

神奈川県立厚木高等学校

2年 1組 β 5班

1. 要旨

ふすまは主に飼料として利用されているが、セルロースを含む植物性資源である。輸入依存度の高いセルロースの原料としてふすまを活用できれば、資源の有効活用や自給率の向上につながると考えられる。そこで、本研究では、ふすまからセルロースを抽出し、その有用性を検証することを目的とした。ふすまを水酸化ナトリウムで処理し、遠心分離によって精製した後、酵素分解を行い、生成した糖の有無を呈色反応およびベネジクト反応により確認した。その結果、ベネジクト反応が確認され、セルロースの抽出に成功したと考えられる。以上より、ふすまはセルロース原料として利用できる可能性が示され、新たな用途創生が期待される。

2. 背景・目的

小麦粉の製造過程で発生するふすまの用途の大半は飼料であるが、一部は食品として利用される。一方で、様々な製品に加工可能なセルロースの原料であるパルプ材はそのほとんどを輸入の木材に依存している。そこで、廃棄物であるふすまからセルロースを抽出することが可能であるのならば、ふすまにセルロースの原料としての新たな用途を創生できると同時に、セルロースの海外依存を減少させ、資源の有効利用とセルロースの自給率向上につながると考えた。

3. 仮説

パルプなどからセルロースを抽出して紙を作ることが可能であるならば、同じくセルロースを含むふすまからもセルロースを取り出し、利用できると考える。

4. 方法

1: ふすま約1.3gと6mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液125gと純粋125gを入れたものを2つ用意する。

2:1の溶液を6日間放置する。

3: 1の溶液を4つのCENTRIFUGE TUBE50ml(以下チューブと表記する)に分け、4000rpmの遠心分離機⁵⁾に5分間かける。

4: 3の溶液の上澄み液を取り除く。

5:4に1の溶液を加えて4000rpmの遠心分離機に5分かける。

6:3,4,5の手順を1の溶液がチューブに全て移し終えるまで繰り返す。(実験では3回行った)

7: チューブを4000rpmの遠心分離機に10分かけ、上澄み液を取り除く。

8: チューブに残った沈殿物に純水を加え、4000rpmの遠心分離機に5分かけ、上澄み液を取り除く。その上澄み液をpH試験紙で調べる。これらの作業を7回行った。その後、4000rpmの遠心分離機に10分かけ、上澄み液を取り除き、pH試験紙で調べる。最後に4000rpmの遠心分離機に40分かけ、上澄み液を取り除き、pH試験紙で調べる。

9:4本のチューブのうち、2本のチューブにセルラーゼ「オノズカ」を0.1gを入れた。

10:9の2本のチューブをウォーターバスに浸け、52℃で保ち、2時間温めた。

11:セルラーゼを入れたチューブとセルラーゼを入れていないチューブ1本ずつにベネジクト液を加え、ウォーターバスに漬けて、78℃に保ち、10分間温める。

12:残っているセルラーゼを入れたチューブとセルラーゼを入れていないチューブ1本ずつに、ヨウ素溶液を入れる。

5. 結果

図 方法8の結果

pH7前後になった

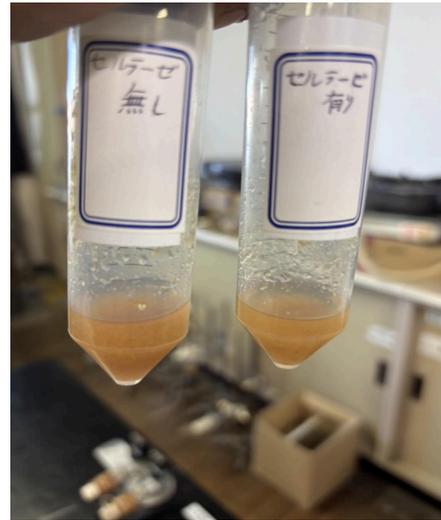
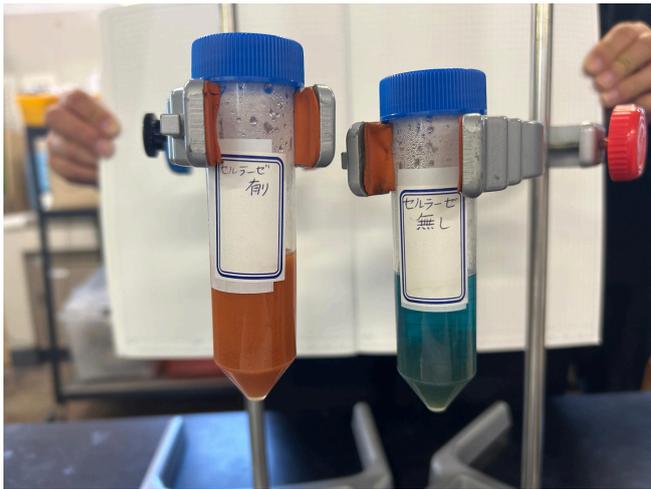


方法11、12の結果

	ヨウ素液	ベネジクト液
セルラーゼあり	茶色のままで変化なし	赤褐色に変化した
セルラーゼなし	茶色のままで変化なし	青色のままで変化なし

図 方法11の結果

図 方法12の結果



6. 考察

ふすまは水酸化ナトリウムによってセルロースとその他の物質に分離される。その後遠心分離機によってその他の物質を取り除いた。実験の結果から、デンプン等は存在せず、セルラーゼによって糖が発生することでセルロースの存在が確認できる。

7. 結論

ふすまからセルロースを抽出することが可能である。

8. 今後の展望

本研究により、ふすまからセルロースを抽出できることが分かった。今後は、抽出したセルロースを用いて、実際に紙を製造することを目標としたい。また、ふすまからセルロースをより早く、効率的かつ短時間で抽出する方法についても検討していきたい。

9. 参考文献

1) 磯貝明(2003)『セルロースの科学』朝倉書店

2)株式会社ニッポン PowerPointプレゼンテーション

<https://www.nippon.co.jp/ir/announcement/presentation/pdf/2023-7.pdf>

(最終閲覧 2025年9月28日閲覧)

3) 日本製紙グループ CNF研究所 セルロースナノファイバーの製造技術と用途開発

<https://www.nipponpapergroup.com/research/organize/cnf/>

(最終閲覧 2025年9月28日閲覧)

4) 日本製紙連合会 製紙産業の現状 パルプ材

<https://www.jpaa.gr.jp/states/pulpwood/index.html>

(最終閲覧 2025年9月28日閲覧)

5) 山田 琳央・津村 潤之介・山本 和弥 竹粉末からナノセルロースの抽出

https://kitakyushu.repo.nii.ac.jp/record/2000107/files/9.C%E5%B1%B1%E6%9C%AC_2022%E7%A0%94%E7%A9%B6%E5%A0%B1%E5%91%8A.pdf

(最終閲覧 2025年9月17日)

協力: 株式会社ニッポン中央研究所

より解けにくい靴紐の条件

神奈川県立厚木高等学校

2年 1組 β6班

1. 要旨

本研究では、靴紐の結び目の安定性を物理的に検証し、安全性の向上を目的とする。結び方と素材をそれぞれ比較して解けるまでの歩数に着目した歩行実験と、靴紐に加わる引張力の分析を行った。その結果、横結びと縦結びには微小な構造の違いがあると示唆され、ゴム製のほうがメッシュ製よりも解けにくいことが明らかになった。

2. 背景・目的

身近な題材である靴紐を対象とし、張力・摩擦力・振動などの物理現象が紐の結び目の安定性に与える影響について検証を行うことで、靴紐の解けによる事故や不便を軽減する。先行研究より、靴紐は揺れと衝撃によって解け、結び方(結ぶ力・紐の交点数)が解けやすさに影響する¹⁾²⁾ということから、摩擦力の高い複雑な結び方ほど解けにくいことが明らかになっている。

3. 仮説

靴紐の解けにくい条件は存在する。

4. 方法

実験1-1:結び方が解けやすさに与える影響の実験(1)

本実験では、結ぶ前の固結びが進行方向に対して横向きである。(図1参照)



図1 横向きの結び目の拡大図
比較した結び方の種類は次の2つである。

①横結び:結び目の向きが進行方向に対して横向きになる結び方

②縦結び:結び目の向きが進行方向に対して縦向きになる結び方

※蝶々結びを作る際の紐の回す向きによって、結び目の向きに自然と違いが生じている。強引に向きを変えているわけではない。

・使用道具

体育館履き、縫い針、糸、メトロノーム

・手順

1. 体育館履きの紐を横向きで固結びし、交差する部分を糸で縫い付けて固定する。
※本実験ではこの状態に戻ったときに「靴紐が解けた」とみなす。

2. 左右の靴に結び目を引っ張る際に持つ場所に印をつける。

3. 横結び、縦結びでそれぞれ結ぶ。

4. 解けるまでの歩数を測定する。これを10回ずつ行う。

※1 上限を1000歩とする。

※2 メトロノーム120回/分に合わせて歩く。

※3 輪に太さの均一な棒を差し込み、限界まで引っ張り、結び目の大きさを統一する。

実験1-2:各結び方の構造の違いの有無を検証する実験

実験1-1より、私たちは以下2点の違いが結び目の解けやすさを左右していると考えた。

1)各結び方の構造の違い

横結びに比べ、縦結びは締まりにくい、または力を受けやすいなどの構造をもつのではないか。

2)運動方向に対する結び目の向き

実験1-1にて縦結びが早く解けたのは、結び目の向きが運動方向と同じため、よりほどける方向に力を受けていたのではないか。

この2点について考えるために、まず次のような図を用いて、靴紐のほどけるときの動きについてシミュレーションを行った。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
右足	65	85	135	79	66	85	21	29	70	69
左足	37	22	88	51	44	39	57	64	32	25

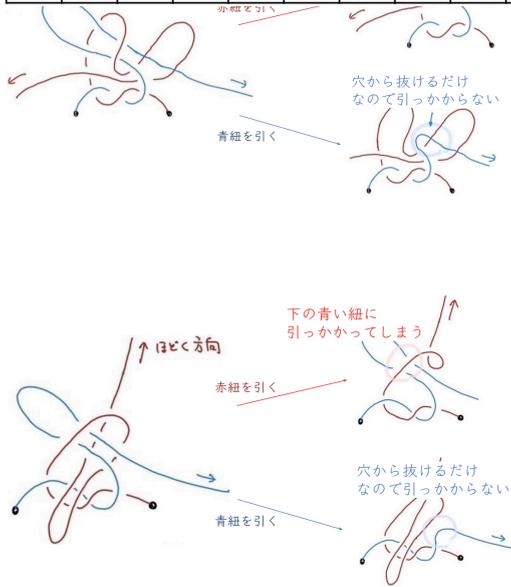


図2 横結びの解け方の仕組み
図3 縦結びの解け方の仕組み

上図シミュレーションの実証

・道具

体育館履き、電子バネばかり

・手順

1. 靴紐を縦向きまたは横結びで結ぶ。
2. 電子バネばかりで左右の紐を片方ずつ引き値の変化を調べる。

実験1-3:結び方が解けやすさに与える影響の実験(2)

実験1-1では固結びの向きが横向きだったが、
(図4参照)



図4 縦向きの結び目の拡大図

・道具

体育館履き、縫い針、糸、メトロノーム

・手順

1. 体育館履きの紐を縦向きで固結びし、交差している部分を糸で縫い付けて固定する。

2~4. 実験1-1の手順2~4と同様に行う。

実験2:素材の違いによる変化の実験

以前の発表において、「ゴム製の紐は早く解けやすい」という意見が得られた。これを踏まえ、素材の違いが靴紐の解けやすさに与える影響について次の実験を行った。

・道具

メッシュ製の靴紐(体育館履き)、ゴム製の靴紐、電子バネばかり

・実験準備

1. ゴム紐を薄手の布に縫い付け、固結びを固定する。

(紐の長さは体育館履きの靴紐と統一)

2. ゴム製の靴紐がついた布を靴に巻き付けて固定する。

※このとき靴が萎むのを防ぐため、靴の中に物を入れる

3. それぞれの紐の先を折り曲げた状態で固定し輪を作る。

・手順

1. 2種類の靴紐それぞれで横結びをし、靴を床にn回打ちつける。
 2. 紐先の輪に電子バネばかりを掛け、進行方向に対して垂直に引く。
 3. 靴紐が解けるまでに電子バネばかりが示した最大値を記録する。これを3回ずつ行う。
- ※1 nは10~50の範囲で10回刻みで変化させる
- ※2 メッシュ製とゴム製で結び目の強さに差が生じないように、紐の幅を考慮して印を付け、同一条件で作成

5. 結果

実験1-1:結び方の違いが解けやすさに与える影響の実験(結ぶ前の固結びが進行方向に対して横向き)

実験より以下の結果が得られた。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
右足	426	535	420	494	310	237	247	508	362	444
左足	1000 (解けなかった)									

表1 横結びが解けるまでの歩数(歩)

(結ぶ前の固結びが進行方向に対して横向き)

表2 縦結びが解けるまでの歩数(歩)

(結ぶ前の固結びが進行方向に対して横向き)

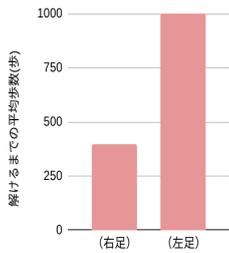


図5 横結びが解けるまでの平均歩数(歩)
(結ぶ前の固結びが進行方向に対して横向き)

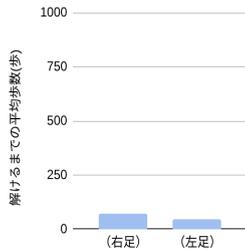


図6 縦結びが解けるまでの平均歩数(歩)
(結ぶ前の固結びが進行方向に対して横向き)

図5,6横結びのほうが解けにくいことが明らかである。

実験1-2:結び方による構造の違いの有無を検証する実験
実証より以下の結果が得られた。

	赤い紐	青い紐
横結び	×	○
縦結び	×	○

表3 実験1-2実証結果
バネばかりが値の変化を示した場合○
0のまま変わらなかった場合×

どちらも赤い紐を引くときは値が変わらず、青い紐を引く時に値が変化した。

実験1-3:結び方の違いが解けやすさに与える影響の実験(結ぶ前の固結びが進行方向に対して縦向き)
実験より以下の結果が得られた。

表4 横結びが解けるまでの歩数(歩)
(結ぶ前の固結びが進行方向に対して縦向き)
表5 縦結びが解けるまでの歩数(歩)
(結ぶ前の固結びが進行方向に対して縦向き)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
右足	678	192	390	547	127	355	210	173	122	195
左足	1000	102	196	144	223	145	343	86	172	326

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
右足	228	95	206	34	140	86	139	69	45	156
左足	133	54	83	49	67	138	157	32	52	148

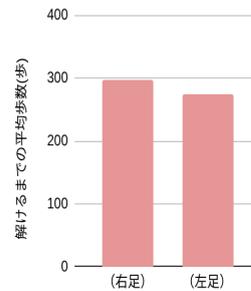


図7 横結びが解けるまでの平均歩数(歩)
(結ぶ前の固結びが進行方向に対して縦向き)

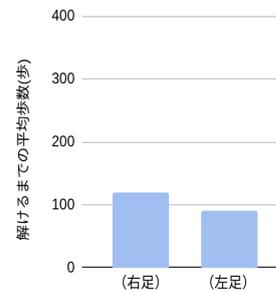


図8 縦結びが解けるまでの平均歩数(歩)
(結ぶ前の固結びが進行方向に対して縦向き)

図7,8より横結びのほうが解けにくいことが明らかである。

実験2:素材の違いによる変化の実験
実験により以下の結果が得られた。

	1	2	3	平均
10回	0.58	0.37	0.77	0.57
20回	0.61	0.67	1.02	0.76
30回	0.78	0.99	0.79	0.85
40回	0.87	0	0	0.29
50回	0	0	0	0

表6 メッシュ製の紐 加えた力の最大値(N)

	1	2	3	平均
10回	2.12	2.1	0.81	1.67
20回	2.83	1.39	1.52	1.91
30回	1.94	1.64	1.22	1.6
40回	1.65	1.51	1.92	1.7
50回	0.76	1.55	2.19	1.5

表7 ゴム製の紐 加えた力の最大値(N)

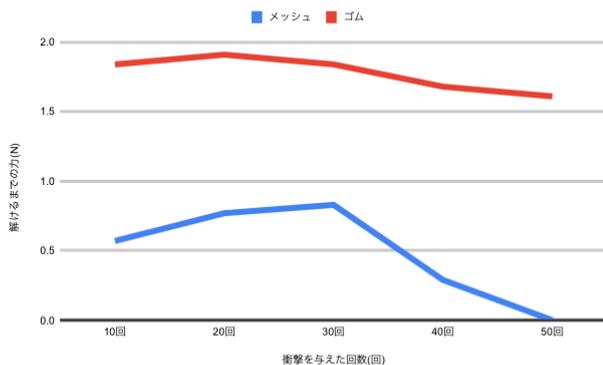


図9 加えた力の最大値の平均値
縦軸平均値(N)、横軸打ち付けた回数(回)

6. 考察

実験1-1,2,3より

実験1-1の結果より、横結びの方が解けにくいと考えられる。

この結果から、4.方法 実験1-2で示した2つの要因が考えられた。しかし、実験1-2より、横結びと縦結びでは、左右の紐の動きに大きな差はないことが示唆された。

しかし、実験1-3より、結ぶ前の固結びの方向を変化させても、依然として横結びのほうが解けにくいという結果が得られた。したがって、2つの結び目の解けにくさの違いは構造の違いにあることが考えられるが、実験1-2より、それぞれの紐の動きには違いが見られないことが明らかである。しかし、シミュレーションで用いた図を見ると、縦結びでは固結びと接している部分が一点で、青紐と赤紐が交差している関係になっているのに対し、横結びでは固結びと同じ方向に結び目ができているため、かかる摩擦の範囲が大きくなることが考えられる。このことから、横結びの構造は、力が加わっても解けるまでの長い時間に摩擦力が働くことで解けにくくなっていることが示唆される。このことは今後追実験を行い検証する必要がある。

しかし、解けるまでの歩数の差が、実験1-1では大きかったが、実験1-2では小さくなっていることから、結び目の向きに対する運動方向が関係している可能性は排除できないという考察に至った。

実験2より、ゴム製の靴紐のほうがメッシュ製よりも解けにくいということが明らかになった。この結果は、実験の動機になった意見とは逆の結果となった。これには2つの要因が考えられる。

1つ目は、紐の表面に働く摩擦力がゴム製の方が大きいため紐が滑りにくいということ、2つ目は、ゴム製のほうが結び目が締まる方向により大きな弾性力が働いているということである。

2つ目について、ゴム製の紐にかかる弾性力には種類があると考えられる。

①縮もうと内側に締まる力

②元の本の紐に戻ろうと外側にかかる力

靴紐の結び方においては①の効果が大きいことが考えられ、ゴムの弾性力は靴紐が締まる方向に働くことが考えられる。

7. 結論

靴紐は微小な空間やズレで解けやすさが変化し、色々な要素が組み合わさって解けやすさに影響を与える。

本実験では、横結びで、ゴム素材の靴紐が最も解けにくい条件であった。

8. 今後の展望

実験1-1,3において、2つの結び目に微小な構造の違いがあるかどうかを検証するため、試行回数を増やす。

歩行実験において、解けるまでの歩数に左右差が生じたため、その原因を検討したい。

また、本実験では、結び方と靴紐の素材に着目して解けにくさを比較したが、靴紐の解けにくさを与える要因は他にも存在すると考えられる。例えば、靴紐の使用年数や紐の長さ、気候条件による紐の状態変化などが挙げられる。そのため、別の観点からも靴紐の解けやすさの違いを検討したい。

9. 参考文献

[1]SOCIETY A MATHEMATICAL,PHYSICAL AND ENGINEERING SCIENCES

Christopher A. Daily-Diamond,Christine E. Gregg, Oliver M. O'Reilly

『The roles of impact and inertia in the failure of a shoelace knot』

<https://rovalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspa.2016.0770> (2025年6月18日閲覧)

[2]千葉県千葉市立花園中学校第2学年 進藤さくら
『どうして靴紐はほどけるの？ Part 2』

https://www.city.chiba.jp/kyoiku/gakkokyoiku/kyoiku-shido/documents/28_07.pdf(2025年6月18日閲覧)

[3]Ian Fieggen 『Ian's Shoelace Site – Standard Knot Flip Book』

<https://www.fieggen.com/shoelace/standardknotflipbook.htm> (2025年12月27日閲覧)

ペーストの感想破壊による割れやすさについて

神奈川県立厚木高等学校

2年 1組 β7班

1. 要旨

水に粉を混ぜた液体(以降ペーストと呼ぶ)を一定の方向に揺らし、その後静かに乾燥させると揺らした方向と垂直にペーストのひび割れが生まれる。これらの現象の起こる条件について調べる。

2. 背景・目的

先行研究からペーストを一定方向に揺らすと割れ方に規則性が現れるということを知り、従来のこの特性に関する研究では具体的にどのような条件下でこういった反応が起こるのか気になった。

3. 方法

1. ペーストを作る*
2. 容器に0.5cmの高さになるようにペーストを入れる
3. 容器を揺らす*
4. 揺らし終わったものを静かに直射日光に当たらないところに移動させる
5. 3日以上乾燥させる

この1～5の工程を実験毎に条件を変え繰り返した。

*1: 炭酸カルシウムと純水を体積比が44:56になるようにして混ぜたもの

*2: 人の手で揺らす。距離は片道8cmで固定し往復させる。速さは実験によって変更した

4. 結果

① 容器を変えた実験



図1:プラスチックシャーレ

図2:ガラスシャーレ

図3:金属トレイ

図4:ボウル

②容器の凹凸を変えた実験

素材 粗さ	ガラス	プラスチック	ワセリン
40			
500			

表1

ガラスシャーレと金属トレイでは揺れに対して垂直なひび割れの傾向が出た一方、プラスチックシャーレと金属ボウルでは特定の方向のひび割れは見られなかった。

5. 考察

- ・同形状の異なる材質で作られた容器の比較からペーストの割れはプラスチックやガラスなどの材質に影響がある。
- ・ペーストの割れは表面の粗さに影響がある。ただし、現時点だとそれがどのような傾向にあるかは特定できていない。
- ・ボウルなどの特殊形状によって表面に力がかかりやすい部分がある場合、そこに割れが集まると考えられる。

6. 結論

ペーストの乾燥破壊による割れ方は容器の材質や形状、表面の凹凸に関係がある

7. 今後の展望

表面の材質や粗さの違いによる割れ方の違いについてそれぞれの条件に対してより精密な対照実験を行い、その割れ方について詳しく調べる。

8. 参考文献

1. [ペーストはどうやって「ゆすり」を記憶するか](#)
鳥取大学 応用数理工学科
[http://www.damp.tottori-u.ac.jp > ~ooshida > article](http://www.damp.tottori-u.ac.jp/~ooshida/article)
2. [ペーストへの流れの刷り込みと乾燥記憶破壊](#)
京都大学基礎物理学研究所
[https://www.yukawa.kyoto-u.ac.jp > nakahara](https://www.yukawa.kyoto-u.ac.jp/nakahara)
3. [122058 - 学位論文要旨詳細 - 東京大学](#)
東京大学
[http://gakui.dl.itc.u-tokyo.ac.jp > cgi-bin > gazo](http://gakui.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/cgi-bin/gazo)

(全て最終閲覧日1月31日)

ダイラタンシー現象

神奈川県立厚木高等学校
2年I組β8班

1. 要旨

先行研究にてダイラタンシー流体の緩衝材運用に向けた研究を発見。使用されていた溶質は片栗粉のみだったため、腐敗による強度の低下を考慮し、砂やシリカゲルを用いてダイラタンシー流体製作を試みた。千里浜でダイラタンシー現象が見られる事を参考に進めたものの、流体製作の段階で実験が滞ってしまった。結論としてダイラタンシー流体の製作はできなかったが、本実験で用いた物質の粒子の形状や、水と混ぜたときの反応をもとにダイラタンシー現象の見られる条件を研究した。

2. 背景・目的

先行研究にてダイラタンシー流体の緩衝材運用に向けた研究を発見。

→市販の気泡緩衝材よりも高い緩衝力が実証されていた。

しかし、ダイラタンシー現象に使われていたのは片栗粉のみであったため、他のもの(食用以外)を使えないかと考え実験を開始した。

当初、本実験の目的は腐敗による緩衝力減少のリスクを考慮し、片栗粉以外を使ったダイラタンシー流体を用いて、先行研究の実験方法を参考に緩衝力を研究するものであった。しかし流体製作の段階で実験が滞ってしまったため目的を変更。片栗粉以外を使ったダイラタンシー流体製作の条件を研究することにした。

ダイラタンシー現象とは、片栗粉などの粒子の隙間に水が入り込んだ状態の液体に、衝撃が加わることで最密充填構造が完成し固体のように振る舞う現象のことである(図1参照)。また、衝撃による緊張が解けた際、最密充填構造が崩壊し隙間から水が漏れ出すことで再度液体に戻るのも特徴である。これらの反応は「せん断増粘性」とも言われており、流体を混ぜる速さや力を加える速さ(せん断速度)が増すと、流体の粘度が増す反応と説明される。

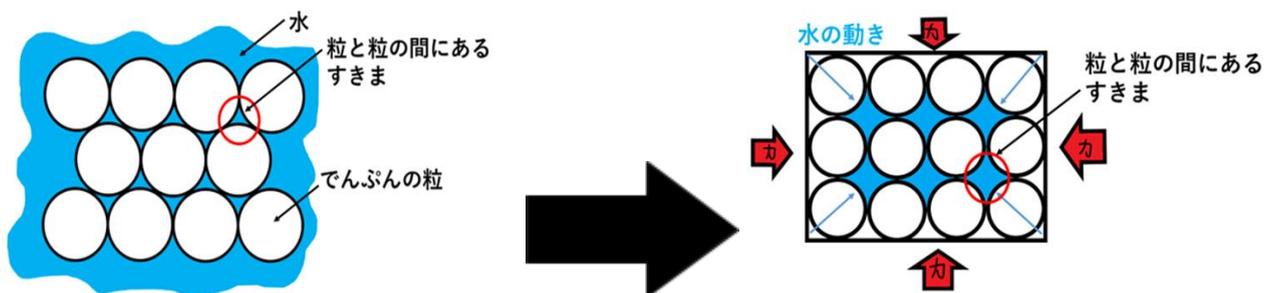


図1 ダイラタンシー現象の粒子の動き

3. 仮説

本実験ではダイランシー現象の仕組みを元に、粒子のサイズによる影響が一番大きいと考え、次のような仮説を立てた。なお通し番号は実験・結果の項目と対応しており、仮説①の検証を実験①で行い、結果①でまとめている。

・仮説①

“千里浜”では約0.1～0.2mm前後の砂が集まっているため、ダイランシー現象により車での走行が可能である。これをもとに、校庭の砂でも0.150mm前後の砂を集めればダイランシー現象が見られる。

・仮説②

シリカゲルを用いることで粒子サイズを統一できるため、砂と比べ安定した反応が見られる。

4. 方法

・実験①

0.150～0.125mmのふるいを用いて0.150～0.125mmの砂(以下砂A)、それ以下の大きさの砂(以下砂B)の2種類を集め、水と混ぜる。

・実験②

「PPLS実験用シリカゲル 500～800目(25 μ m～18 μ m) 300g」を購入し、シリカゲル20gを透明なプラスチック容器に入れる。駒込ピペットで水を少しづつ加えていき、ダイランシー現象が見られる量を質量比で検証した。

・参考実験(実験③とする)

砂、シリカゲル、片栗粉、小麦粉をそれぞれ顕微鏡で観察した。

※小麦粉は水への溶け方を比較するため

5. 結果

・結果①

<砂A>手触りが固く片栗粉と比べて粉っぽさはなかった。水を加えて振ってみたが混ざらず、すぐに沈殿して泥ができた。

<砂B>手触りは砂Aと比べて柔らかく、片栗粉に近い粉っぽさがあった。水を加えてみると泥水となった。

砂Bは水と混ぜた後しばらく静置させ、完全に沈殿した時点で上澄み液を捨て、砂を回収した。

→水と混ざる砂を集めることには成功したが、衝撃によって水と分離する反応を見ることは難しかった。

粒子直径のばらつきや量の確保が課題になったため、実験対象をシリカゲルに変更した。

(実験②へ)

・結果②

シリカゲルに水を加えたとき、水が少ない間は湿った状態のまま固まった。しかし、一定量を超えると途端に液体化した。

水と混ざるのにも偏りをなくすため薬匙を用いてかき混ぜながら、液体化する際の質量比を模索したところ、シリカゲルと水の質量比がおおよそ20:37(g)の 때가境であった。この値は水と混ぜる作業を5回行った平均値として算出しているが全てにおいてほとんど差は見られなかった。

・また比較対象として小麦粉を水と混ぜた。はじめは小麦粉の撥水性により水と混ざらなかったが、混ぜ続けると滑らかになった。今回は水の量が少なかったため生地のようにまとまった。

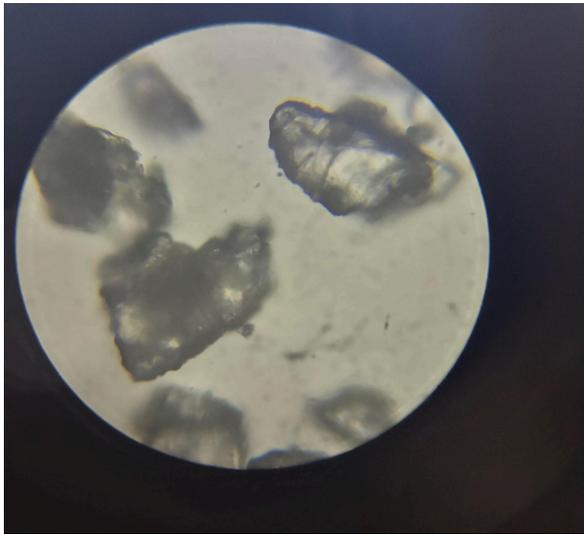
→水への溶け方は比較的片栗粉に近かった。水を吸収する反応までは十分に見られたが衝撃によって水を放出する反応は見られなかった。

粒子サイズの統一や吸水性の課題は改善された一方で、放水性の課題解決の目処が立たなかったため、粒子の形状を観察した。(実験③へ)

結果③



↑ 図2 シリカゲル



↑ 図3 砂B



↑ 図4 片栗粉



↑ 図5 小麦粉

・結果③

水と滑らかに混ざった片栗粉や小麦粉は、粒子の形状が球状で丸みがある粒子だった。一方、砂やシリカゲルは角のある粒子であった。

6. 考察

実験③より、粒子直径が同じでも形状の違いによって水への溶け方が変わると言える。また、シリカゲルは一般的に乾燥剤として使われているが、その構造は多孔質構造と呼ばれる、粒子に細かい穴が空いた構造である事が分かっている。このことから実験②について、加える水が一定量に達するまではシリカ

ゲルの各粒子が吸水し、含める最大量を超えた途端水に溶け出し、液体化したと考えられる。このことから物質が水に溶ける反応は、粒子の大きさや形状以外に、粒子の構造にも関係があると考えられる。

ここで、片栗粉の粒子構造について調べることにした。

片栗粉は明層(分子配列が整っていて固い層)と暗層(分子配列が乱れていて水が入りやすく柔らかい層)の2層から構成されており、これらが年輪上に交互に重なっている。したがって、片栗粉の粒子そのものがクッション性を持っていると言える。

このことから、片栗粉がダイランシー現象を発現しやすい理由は粒子の形状や大きさに加え、この構造が影響していると考えられる。

7. 結論

片栗粉を用いたダイランシー流体は、粒子直径や形状の他に、粒子の構造が深く関わっていることが分かった。また、千里浜や学校のグラウンドの砂の粒子は片栗粉のような層状構造を持たない。したがって、千里浜で見られるダイランシー現象は片栗粉の場合とは違う原理で起きている、あるいは別の現象によって車での走行ができる、と言う可能性が考えられる。

8. 今後の展望

車で走行可能な砂浜は世界規模で見るとまだいくつもある。それらの砂の供給源や、構成鉱物の割合、粒子直径、形状などをもとに共通点を探することで、砂を用いたダイランシー現象の仕組みについて考察できると考える。

9. 参考文献

福井県立武生高校 2022

“ダイランシーの緩衝材への利用とSDGsへの貢献”

<https://www.takefu-h.ed.jp/wp-content/uploads/2022/12/%E3%83%80%E3%82%A4%E3%83%A9%E3%82%BF%E3%83%B3%E3%82%B7%E3%83%BC%E3%81%AE%E7%B7%A9%E8%A1%9D%E6%9D%90%E3%81%B8%E3%81%AE%E5%BF%9C%E7%94%A8%E3%81%A8SDG%E3%81%BD%93%E3%81%B8%E3%81%AE%E8%B2%A2%E7%8C%AE.pdf>

2025年5月1日閲覧

加藤 寿美子, 松生 勝 糊化過程における馬鈴薯澱粉粒の構造と力学的特性

https://www.istage.ist.go.jp/article/ihei1951/34/1/34_1_3/article/-char/ja/

2025年12月29日閲覧

石川県立大学 千里浜侵食のメカニズムを探る新しい手法—ルミネッセンス法

<https://seeds.ishikawa-pu.ac.jp/pickup/1023>

2026年1月6日閲覧

JAMSTEC 千里浜の砂石川県

https://www.jamstec.go.jp/50th/suberanai/plaver/pref_ishikawa.html

2026年1月6日閲覧

タイトル

神奈川県立厚木高等学校
2年 1組 β9班

1. 要旨

地層の解析や沈殿の解析において、沈降速度の法則性の発見は大いに役立つ。本研究では、物体の表面積と沈降速度の関係を明らかにすることを目的とした。一定質量の粘土を用いて落下と変形を繰り返し、0.1秒ごとの速度のグラフを作成した。その結果、少なからず表面積が沈降速度に影響を与えることがわかった。

2. 背景・目的

先行研究では、空気中での小球の動きは研究されていたため、水中での物体の動きの変化を研究テーマとした。先行研究では水中での物体の動きは球形での研究しか行われていないので、水中での様々な形状の物体の落下運動を調べる。

3. 仮説

水中の物体の落下運動において、表面積の増加に伴って沈降速度も増加する。

4. 方法

・道具

水槽(深さ60cm)、定規(長さ15cm)、小麦粘土、スマートフォン、スタンド

・実験方法

① 35gの小麦粘土を用意する。

② 定規で変形、表面積の計測を行い、水中に落下させる。尚、形については直方体で、一度に限り球で実験を行った。

③ ②の様子をスマートフォンの連続撮影機能(0.1秒間隔)を使用し撮影。

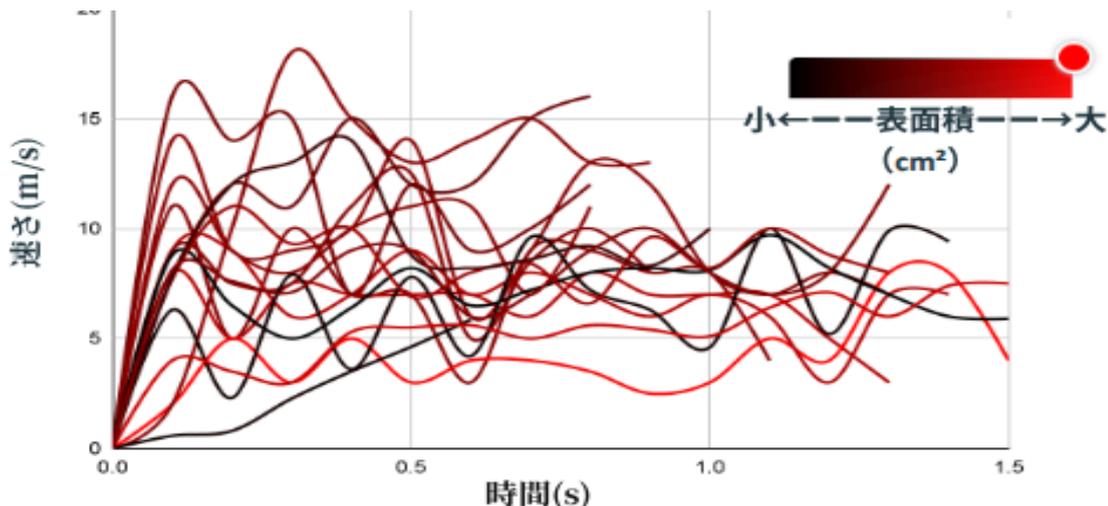
④ ①～③の工程を繰り返しデータを収集。

⑤ スプレッドシートで縦軸速さ(m/s)と横軸時間(s)のグラフを作成。この際グラフの色を赤色で統一し、表面積の大きさに比例して赤色の輝度を変化させた。

⑥ Manus AIを使用しグラフの上下の輝度を比較する。

5. 結果

グラフ1: 物体の速さ(m/s)と時間(s)の関係 表面積の大きさを赤色の輝度で示したもの



グラフ2:グラフ1の球の落下運動を黄色のグラフで示したもの

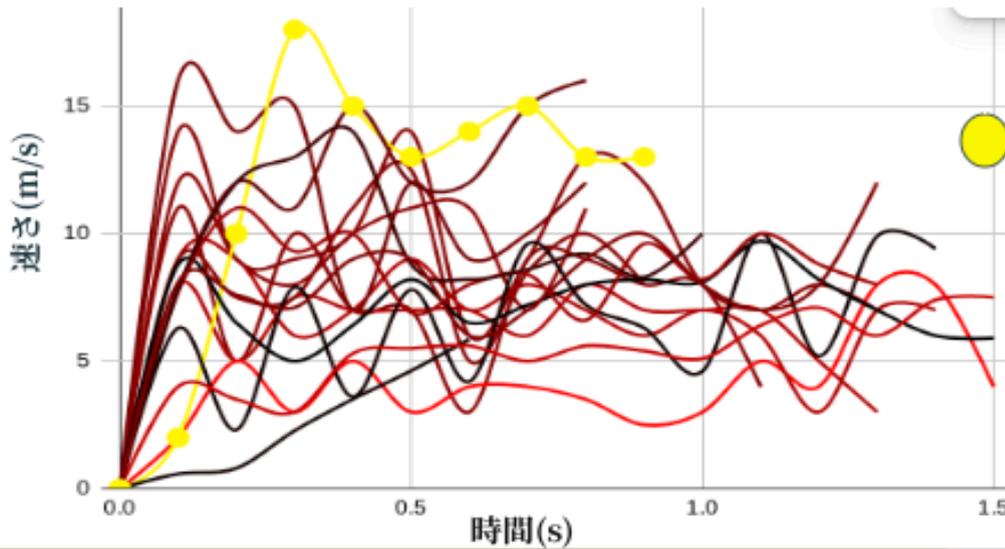


表1:Manus AIによるグラフの上下の輝度の分析結果

項目	上半分	下半分	差 (下半分 - 上半分)
平均輝度 (V)(cd/m ²)	150.67	179.31	+28.64
平均赤色成分 (R) (cd/m ²)	150.67	179.31	+28.64

1

6. 考察

- ・グラフ1よりグラフの下半分に赤色成分(表面積大)が多く分布している。
- ・グラフ2で球と直方体を比べると、球は初め落とす際の勢いで速さの波ができた以降山はすくなくないが、直方体は球とくらべて山は大きい。これは球はどの面でも水を受ける面積は等しいが、立方体は落下中に回転や振動をすることで水を受ける面積が激しく変化したことが原因だと言える。

7. 結論

- ・表面積が大きいほど、全体として沈降速度は遅くなる傾向がある。
- ・水を受ける面積(投影面積)とより関係がある。

8. 今後の展望

- ・人の手によって物体を落下させていたためその人による誤差が生じていたので、その誤差をなくせるような落とし方や装置を模索する。
- ・同じ形の粘土を落下させる回数を増やすことで、データのばらつきを抑え、信頼性および精度を上げる。
- ・表面積よりも底面積のほうが沈降速度に大きく関与していると考察したため、それが本当か確かめるための実験をする。
- ・今回使用した小麦粘土はわずかながら水に溶けてしまったため、水溶性のない物質を使用して、より正確なデータを得ることができるようにする。

9. 参考文献

1) 第4回 流体構造連成解析 橋本学

東京大学 大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻

日本船舶発海洋工学誌『KAIRIN』第71号 2017年3月掲載

2) スロー実験:空気中で速く落ちるのは大小どちらの球か 投稿者S618K

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

3) 今井功著「流体力学」岩波書店出版

4) phyphoxの加速度表示と空気抵抗 村尾美明 2023年

5) 高校物理における空気抵抗の正しい理解〜風洞実験、理論解析、落下実験とデータ解析を通して

増井壮太 片岡佐知子 中村元彦 常田琢 松山豊樹 2019年5月23日

6) 発泡スチロール球の落下運動について 溝口俊弥 2016年5月16日(空気中)

7) MPS法による粘弾性流体の数値シミュレーション

株式会社日本製鋼所 2023年11月

8) 水中を落下する球に作用する非定常抵抗の係数 菊地 謙次 今野 友博

市川 誠司 窪田 佳寛 望月 修

日本機械学会論文集(B編)79巻798号(2013-2)掲載

(以上最終閲覧日2025年10月2日)

9) Manus AI:<https://manus.im/app/tZf6xnf9F0X0IF8dhsLSNq>