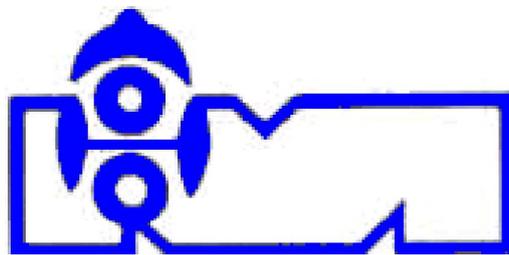


平成25年度指定

スーパーサイエンスハイスクール  
研究論文集

第3年次



平成28年3月  
群馬県立前橋女子高等学校

# 目 次

活動の様子	1
-------	---

## 【MJラボ】

1	ダイコンの酸化ストレス回避戦略 ～カタラーゼ活性と辛味成分とビタミンC～	4
2	マツの葉の気孔で大気汚染の現状を知ることができるか	10
3	ナツツタの付着盤を探る～壁面が与える、ナツツタの壁面付着への影響～	12
4	土壌中の菌を探る	14
5	バナナが黒変するしくみ	16
6	消しゴムの質量変化 Part1	18
7	アサリの浄化能力	20
8	納豆菌と納豆のネバネバとの関係	22

## 【地学部】

1	いつもの星空がもっときれいに見えるかも！？ ～暗順応による星空の見え方の変化～	24
2	暗闇で見つけた！光の色による見えやすさの違い ～暗順応と感度上昇の波長特性～	26
3	ライトダウンに伴う適切な夜景写真の処理方法 ～伝統的七夕ライトダウンの普及と科学的評価Ⅱ～	28
4	国際宇宙ステーションの見やすさの予測	30
5	秋分と春分の昼間が長い理由を観測したい！	32
6	地球照は青いのか?!	34

## 【理科部】

1	卵殻膜の透過性	36
---	---------	----

# 活動の様子

## 【科学的探究Ⅰ】



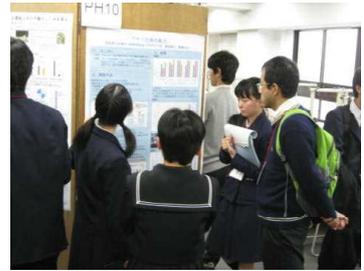
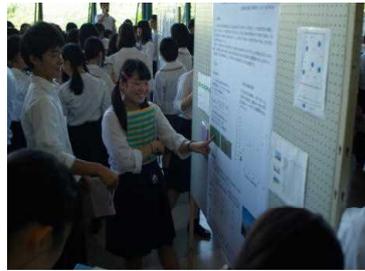
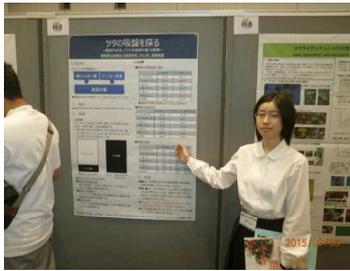
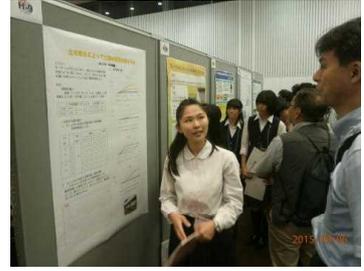
## 【科学的探究Ⅱ】



## 【公開発表会:2016.2.6】



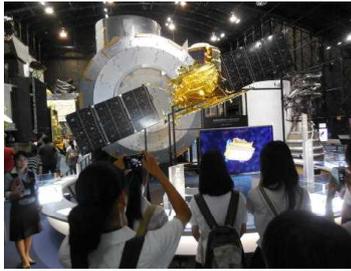
## 【外部発表】



## 【マレーシア研修:2016.1.26~30】



【つくばサイエンスツアー:2015.8.11】



【大学・企業訪問:2015.11.12】



【科学の甲子園 群馬県大会:2015.11.7, 12.12】



【筑波大学菅平高原実習センター研修:2016.1.15~17】



# ダイコンの酸化ストレス回避戦略

～カタラーゼ活性と辛味成分とビタミンC～

村岡怜奈

## 1. 研究の動機と目的

豚の肝臓を過酸化水素水に入れると酸素が発生するという実験を行い、その現象に興味を持った。その現象の原因であるカタラーゼは細胞小器官であるペルオキシソームに多く含まれる酵素であり、アルコールを分解する際に必要とされるため、肝臓に多く含まれる。また、カタラーゼは植物にも多く含まれることが知られている。

一方、過酸化水素は活性酸素の一種で、呼吸で酸素が還元される過程で生成される。活性酸素は、その酸化ストレスが病気の原因になることもあるため、有害である。したがって、生体内で生成された過酸化水素など活性酸素は、カタラーゼをはじめとする抗酸化物質により除去される。

本研究は入手しやすいダイコンを使用し、ダイコン内で生成される様々な物質の量の比較から、第一にダイコンの抗酸化物質（カタラーゼ・辛味成分・ビタミンC）の活性や含有量に部位による違いはあるのか、第二にカタラーゼ活性はどのような生命活動に深く関係するのか、第三にダイコン体内におけるカタラーゼとビタミンCやイソチオシアネートなどの抗酸化物質どうしの関係を解明することを目的に行った。これにより、植物の酸化ストレス回避の戦略解明の一助としたい。

## 2. 研究方法

全ての実験で青首ダイコン（アブラナ科ダイコン属）を使用した。また、青首ダイコンを図1に示すようにA～Eの5つの部位に分け、実験を行った。Aを最上部、Eを最下部とした。

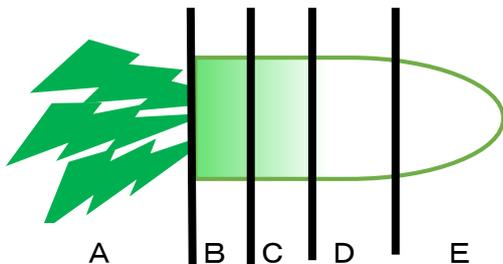


図1：ダイコンの各部位

A：葉 B：胚軸 C：根上部  
D：根中部 E：根下部

### (1) カタラーゼ活性の測定

A～Eのすりおろしから無作為に取り出した2.00gずつを3%の過酸化水素水5.0mlに入れ、室温中で3分間に発生した酸素を水上置換で集め、その量を計測した。測定には2本のダイコンを使用した。1本のダイコンにつき各部位ごとに5回ずつ、計10回測定した。

対照実験として、水にダイコンのすりおろしを加えた実験を行った。

また、発生した気体中に線香の燃えさしを入れた。

### (2) 呼吸量の測定

A～Eをそれぞれ40gずつビニール袋に入れて密閉し、25℃の暗所で24時間放置し、その前後のO<sub>2</sub>・CO<sub>2</sub>濃度を計測した。測定には2本のダイコンを使用した。1本のダイコンにつき各部位ごとに1回または2回ずつ、計3回測定した。

### (3) デンプン量の測定

以下に示すヨウ素比色法によるデンプン簡易測定法（杉山ら 2001）でデンプン量を測定した。

①A～Eをそれぞれ刻み、デンプン分解酵素を失活させるために電子レンジで3分間加熱後、80℃で乾燥し、微粉碎した。

②できた粉末試料0.1gに蒸留水10mL加え、沸騰湯煎中で30分加熱し、デンプンを糊化させた後、ろ過した。

③ろ液である糊化したデンプンを含む上澄み液に6mol/Lの塩酸3滴加えて微酸性とした後、0.05mol/Lのヨウ素溶液2mL加え反応させた。

④その後、蒸留水で50mLに定容し、660nmにおける吸光度を分光光度計を用いて測定した。

測定には3本のダイコンを使用した。1本のダイコンにつき各部位ごとに10回ずつ、計30回測定した。

### (4) 辛味成分「イソチオシアネート」の測定

A～Eをそれぞれすりおろし、生成されたイソチオシアネート量を以下に示す江崎・小野崎比色定量法（江崎ら 1980）で測定した。

①すり下ろした大根をろ過し、得たるろ液1mLを密栓し30℃の恒温槽で10分間静置した。

②①の溶液100μLとエタノール・アンモニア混合

液 400  $\mu$ L 混合し、30°Cの恒温槽で40分間静置し、イソチオシアネートをチオウレアに変換した。  
 ③②の溶液 500  $\mu$ L に 50%酢酸 20  $\mu$ L を加え、中和した。  
 ④③の溶液 500  $\mu$ L に 25 倍希釈グロート試薬 1mL を加え、37°Cで 10 分間加温し、発色させた。  
 ⑤600nm における吸光度を分光光度計を用いて測定した。

測定には3本のダイコンを使用した。1本のダイコンにおいて各部位ごとに10回ずつ、計30回測定した。

### (5) ビタミンCの測定

A~Eのすりおろし液のビタミンCの量をビタミンC測定パケット（共立理化学研究所）で測定した。

測定には2本のダイコンを使用した。1本のダイコンにおいて各部位ごとに1回または2回の計3回測定した。

## 3. 結果

### (1) カタラーゼ活性について

ダイコンのすりおろしに、過酸化水素を加えた実験では、気体が発生したが、水を加えた実験では気体は発生しなかった。発生した気体中で、線香の火が激しく燃えた。

図2に示すように、ダイコンのどの部位を使用した時も気体が発生した。葉（A）、胚軸（B）、根上部（C）の発生気体量は、同程度であるのに対し、根の発生気体量は、最下部に向かうに従って減少した。

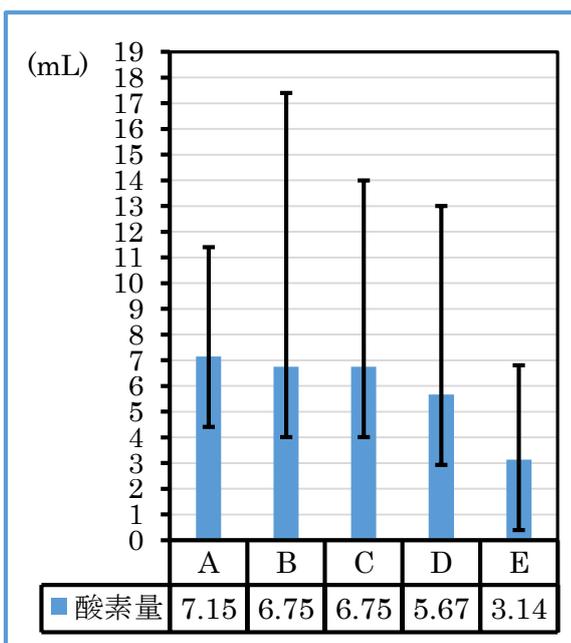


図2：カタラーゼ活性  
3分間に発生した気体量の10回の平均。

A~Eはダイコンの各部位を表す。また、最大値と最小値をバーで示した。

### (2) 呼吸量について

図3に示すように、二酸化炭素の増加量・酸素濃度の減少量には部位による違いが存在した。その大きさは、最下部に向かうに従い、減少する傾向が見られた。しかし、根の中部（D）と下部（E）には差が見られなかった。

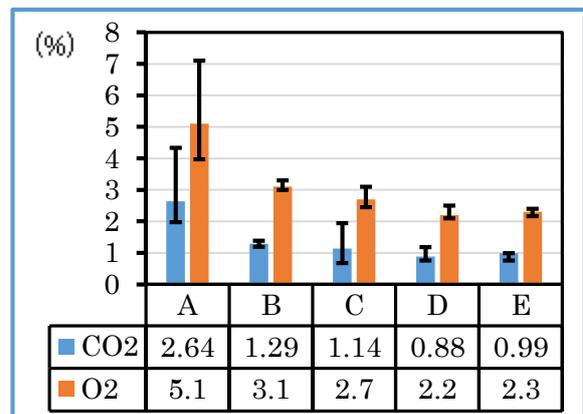


図3：呼吸量

24時間あたりのCO<sub>2</sub>濃度の増加量・O<sub>2</sub>濃度の減少量の3回の平均。最大値と最小値をバーで示した。

### (3) デンプン量について

試料をセルに入れたときの吸光度から試料を入れないセルの吸光度の平均を引いた数値を表1に示した。根の下部（E）で極端に数値が大きい。

部位	平均	最大値	最小値
A	0.0060	0.0214	0.0010
B	0.0063	0.0170	-0.0027
C	-0.0014	0.0040	-0.0040
D	-0.0030	0.0160	-0.0036
E	0.0529	0.0810	0.0244

表1：デンプン量

30サンプルの吸光度の平均・最小値・最大値。

### (4) 辛味成分「イソチオシアネート」について

試料をセルに入れたときの吸光度から試料を入れないセルの吸光度の平均を引いた数値を表2に示した。吸光度は下部に向かうに従って大きくなる傾向が見られた。

部位	平均	最大値	最小値
A	0.018	0.023	0.014
B	0.024	0.031	0.019
C	0.028	0.036	0.022
D	0.035	0.039	0.025
E	0.060	0.063	0.055

表 2 : 辛味成分量

30 サンプルの吸光度の平均・最小値・最大値。

(5) ビタミンCについて

結果を表 3 に示す。

部位	含有量 (mg/100mL)
A	10
B	10
C	8.7
D	8
E	7.7

表 3 : ビタミンC量(3 サンプルの平均)

4. 考察

(1) カタラーゼ活性について

水を加えた実験で酸素が発生しないことから、過酸化水素がダイコンに含まれている酵素カタラーゼの働きで分解され、気体が発生したといえる。また、発生した気体中で、線香の火が激しく燃えたことから、気体は酸素であると判断した。

単位時間あたりの発生気体量(酸素量)が多いほど、カタラーゼ活性は高い。図 2 より葉(A)、胚軸(B)、根上部(C)のカタラーゼ活性は、同程度であるのに対し、根のカタラーゼ活性は、最下部に向かうに従って減少した。

(2) 呼吸量について

暗黒中で実験したことから、ビニール袋内の二酸化炭素濃度の増加と酸素濃度の減少は、呼吸の働きによるものと考えられる。数値の大きい酸素濃度減少量を呼吸量として扱うこととする。

図 3 より、呼吸量には部位による違いがあることが分かる。その大きさは、最下部に向かうに従い、減少する傾向が見られた。しかし、根の中部(D)と下部(E)の呼吸量には差が見られなかった。

(3) デンプン量について

デンプンが多いほど、ヨウ素デンプン反応で強く発色し、吸光度は大きくなる。このため、表 1

で吸光度が大きいほど、デンプンは多い。

デンプンは根の下部(E)に最も多く含まれ、その他の部位にはそれほど大きな差異が無い。

(4) 辛味成分「イソチオシアネート」について

イソチオシアネートが多いほど強く発色し、吸光度は大きくなる。このため、表 2 で吸光度が大きいほど、辛味成分は多い。

辛味成分の含有量は下部に向かうに従って多くなる傾向が見られた。

(5) ビタミンCについて

表 3 より、ビタミンCの含有量は下部に向かうに従い少なくなった。

(6) カタラーゼ活性と各生成物量との関係

図 4 は、ダイコンの最上部 A (葉) の各測定値(平均)を 1 とした時の B ~ D の測定値(平均)の相対値をグラフ化したものである。

下部ほど低いカタラーゼ活性と同様の傾向を示したのは、呼吸量・ビタミンCである。カタラーゼ活性と異なる傾向を示したのは辛味成分・デンプン量である。

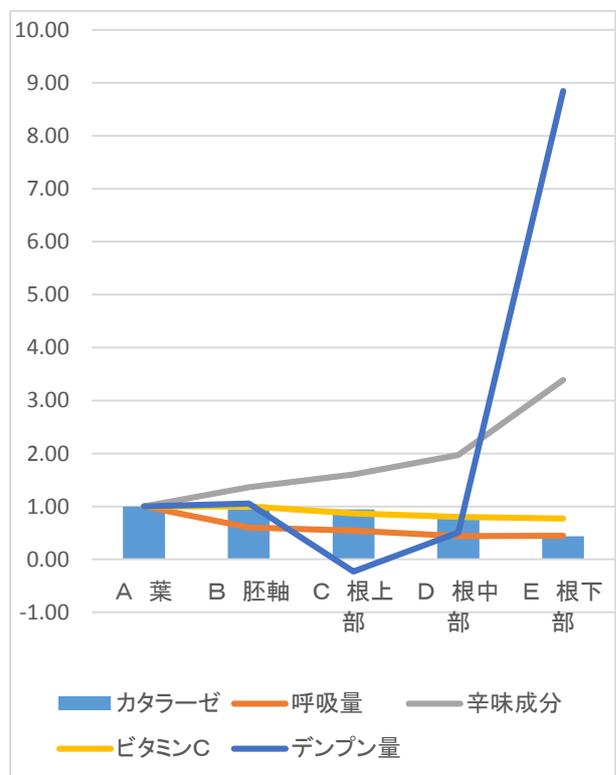


図 4 : まとめのグラフ

葉(A)の量を1としたときの各部位の相対値。

## (7) 各生成物量間の相関係数

表4に各生成物量の相関係数を示す。これより、カタラーゼ活性と正の相関が見られたのはビタミンC、負の相関が見られたのは辛味成分、デンプン量であった。

生命活動①	生命活動②	①と②の相関係数
カタラーゼ活性	呼吸量	0.61
カタラーゼ活性	デンプン量	-0.92
カタラーゼ活性	辛味成分	-0.99
カタラーゼ活性	ビタミンC	0.80
辛味成分	ビタミンC	-0.84
辛味成分	デンプン量	0.89
呼吸量	ビタミンC	0.79
呼吸量	デンプン量	-0.32

表4：各生成物量間の相関係数

## 5. 結論

(1) ダイコンの抗酸化物質（カタラーゼ・辛味成分・ビタミンC）の活性や含有量の部位による違い

ダイコンの抗酸化物質の活性や含有量には、部位による違いが見られた。

カタラーゼ活性とビタミンCは、下部に向かうにつれ減少し、辛味成分は下部に向かうにつれ増加した。

(2) カタラーゼ活性はどのような生命活動に深く関係するのか

生体内では、呼吸の電子伝達系の過程で、受け渡されてきた電子は、酸素原子に渡され、スーパーオキシドを生成し、さらに2個の水素イオンと結びつき、過酸化水素を経て水ができる（「活性酸素・フリーラジカルのすべて」より一部改変）。このため、呼吸量が大きい部位ほどカタラーゼ活性は高いと考えていた。表4より、カタラーゼ活性と呼吸量の間には、正の相関が見られる。それほど強い相関ではないが、カタラーゼはダイコンの呼吸など異化に関わっている可能性を否定するものではない。

一方、デンプンの合成や辛味成分に関連する物質の合成という同化の働きとカタラーゼ活性の間には負の相関が認められた。デンプンや辛味成分合成が盛んな部位はカタラーゼをあまり必要としていない。

(3) 抗酸化物質どうしの関係

ダイコンは、カタラーゼの他に、ビタミンCと

イソチオシアネートなどの抗酸化物質を持っていることから、いくつかの抗酸化物質を併用することにより、酸化ストレスを回避していると考えられる。

ビタミンCとカタラーゼ活性、ビタミンCと呼吸量に正の相関が認められた。ビタミンCは、カタラーゼと協力して呼吸など異化の働きでできる活性酸素を無毒化している可能性が考えられる。

一方、イソチオシアネートとビタミンCには、負の相関が認められる。田中らによればイソチオシアネート（論文では、イソチオシアネート）は植物中で直接生合成されずに、酵素ミロシナーゼと配糖体グルコシノレートという形で、異なる細胞または同じ細胞の異なる区分に別々に存在する。細胞壁が破壊されることでその2つが反応し、イソチオシアネートが生成される。アスコルビン酸（ビタミンC）はグルコシノレートの局在する細胞の液胞に存在し、高濃度のアスコルビン酸はミロシナーゼ活性の阻害剤として働くと考えられている。

ビタミンCが少ない下部ほど辛味成分が多いという今回の結果は、ビタミンCがイソチオシアネート合成を阻害するという説を支持している。

最後に、カタラーゼ活性と辛味成分イソチオシアネートには強い負の相関が認められる。このことから、カタラーゼが深く関係する生命活動とは別の異なる、ダイコンの下部ほど起こりやすい酸化に関わる抗酸化物質である可能性が考えられる。または、カタラーゼの働きにくい部位で、カタラーゼの代わりに抗酸化作用を示している可能性も考えられる。

## 6. 今後の展望

今回の研究では、各生成物量の比較からダイコンの抗酸化物質について考えた。これをきっかけに、細胞内での各抗酸化物質の具体的な働き・役割をより詳しく調べていきたい。

また、ダイコンは様々な抗酸化物質により守られている。これらの抗酸化物質による酸化ストレス回避戦略を詳しく解明できれば、ヒトの病気や老化の予防に役立つことが期待できる。

## 7. 謝辞

研究を進めるにあたり、群馬大学大学院 医学系研究科 中村彰男先生には実験の指導及び研究全体の助言をいただきました。また、福井県農業試験場 園芸研究センター ウメ・果樹研究グループ 神田 美奈子様にご助言をいただきました。有り難うございました。

## 8. 文献

- ・ 杉山泰之 大城晃 (2001) ウンシュウミカンの栄養診断のためのヨウ素比色法によるデンプン簡易測定法 日本土壌肥科学雑誌 第 72 巻 第 1 号 P. 81-84
- ・ 福井園試・ウメ研究グループ ヨウ素比色法によるウメの根中貯蔵デンプンの簡易測定法
- ・ 江崎秀男 小野崎博通 (1980) 大根中の辛味成分の比色定量法 栄養と食糧 vol. 33No. 3 P. 161-167
- ・ 吉川敏一 河野雅弘 野原一子 (2009) 活性酸素・フリーラジカルのすべて 丸善出版
- ・ 田中進 (高崎健康福祉大学) ら ミロシナーゼ活性に対する食塩の影響とアブラナ科野菜の漬物加工への応用
- ・ 永田親義 (2013) 活性酸素の話 講談社
- ・ Bruce Alberts 他 (2014) 細胞の分子生物学 第 5 版 ニュートンプレス

# マツの葉の気孔で大気汚染の現状を知ることができるか

Can we really judge the current situation of air pollution by observing pine needle stomata?

金子 みなみ

マツの葉の気孔に自動車の排気ガスなどの空気の汚れがつまりやすいことを利用して、マツの葉の気孔を観察し、気孔のつまりぐあいによって汚染率を算出する方法がある。そこで私は、実際に群馬県内のマツの葉の汚染率と、その付近の空気中のちりの量を調べ、両者を比較することで、大気中のちりの量をマツの葉の汚染率で測ることができるのか、科学的に検証することにした。

今回は、マツの葉の気孔につまる大きさのちりが、大気中にある全体のちりの中でどれくらいの割合を占めているかを調べた。その結果、大気中にある全体のちりの中で、マツの気孔に入る大きさのちりが占める割合は環境によって異なることが分かった。

環境が同じような場所の間ならばマツの気孔の汚染率で実際の空気中のちりの量を測ることができるということが分かった。

There is a way to measure how much the air is polluted by observing pine needles. That's because one of the properties of pine needle stomata is that they are obstructed by dust in the air caused by pollution such as automobile emissions.

The previous research question is as follows: Is there a correlation between the two figures calculated by pine needles stomata and the exact amount of dust?

The results of the study showed that there is a correlation between them. Thus, the contamination of air can be judged by measuring pine needles.

This time, the research question is as follows: What amount of dust whose size can obstruct the pine needle stomata accounts for dust in the air?

The results of the study showed that the proportion of dust in the air that can obstruct the pine needle stomata depends on what kind of environment they are in. Thus, the contamination of air can be judged by measuring pine needles if the research environment is similar.

## 1 はじめに

「マツの気孔を使って空気のごみを調べよう！！」  
みなさんも一度は、こんなテーマの自由研究を教科書や理科便覧で見たことがあるのではないだろうか。マツの葉の気孔の汚染率の比較をすることで、空気の汚染の度合いが測れる、ということは今では常識になりつつある。そこで、実際に群馬県内のマツの気孔、その付近の実際の空気内のちりを調べ科学的に検証することにした。

## 2 実験

(1) 前回の実験

①実験方法

i) マツの気孔の汚染度の測定【単位：％】

予備実験を踏まえて、それぞれのマツの道路に面している枝から葉を採集した。

$$\text{汚染率 (\%)} = \frac{\text{汚れている気孔}}{\text{数えた気孔}} \times 100$$

ii) 空気中のちりの量の測定【個/cm<sup>2</sup>】

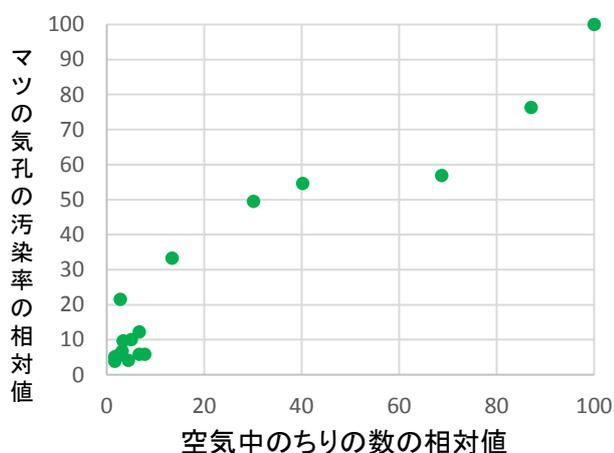
シャーレにワセリンを塗ったものを、観察したマツの木の近くに24時間設置した。



②実験結果

マツの葉の気孔を観察し、つまりぐあいによって算出する汚染率と、実際のちりの量（空気の汚染の度合い）との間には、相関関係があることがわかった。

	マツ		ちり	
	測定値	相対値	測定値	相対値
国道50号A地点	30.9	100	179	100
高松郵便局前	23.6	76.3	156	87.1
大間々警察署	17.6	56.9	123	68.7
笠懸郵便局前	16.9	54.6	72	40.2
国道50号B地点	15.3	49.5	54	30.1
高崎音楽センター	10.3	33.3	24	13.4
大間々庁舎	6.65	21.5	5	2.79
Bさん宅	3.74	12.2	12	6.7
飲食店前	3.1	10	9	5.02
Aさん宅	2.99	9.67	6	3.35
Cさん宅	2.09	6.76	7	3.19
Dさん宅	1.79	5.79	14	7.82
旧花輪小	1.69	5.46	4	2.23
大間々南小	1.59	5.14	3	1.67
花輪駅	1.28	4.14	8	4.46
老人ホーム	1.19	3.85	3	1.67



## (2) 今回の実験

### ①目的

前回の実験を振り返ってみたところ、マツの葉の気孔に、すべてのちりがつまるわけではないことに気づいた。そこで、マツの葉の気孔につまる大きさのちりが、大気中にある全体のちりの中で占めている割合を調べることで、マツの葉につまっているちりの量と、実際に大気中に浮遊しているちりの量との間に相関があるかどうかを確かめた。

### ②実験方法

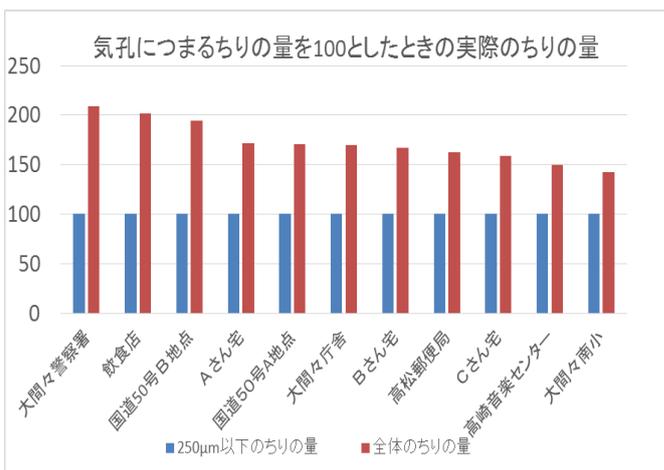
マツの葉の気孔につまる大きさのちりを 250 μm と定義し、この大きさのちりが測定した空気中のちりの数の中でどれくらいの割合を占めるかを以下の方法で調べた。

$$\begin{aligned}
 & \text{全体のちりの中で気孔に入る} \\
 & \text{大きさのちりが占める割合 (\%)} \\
 & \\
 & = \frac{\text{マツの葉の気孔につまる} \\
 & \quad \text{大きさ(250 μm)のちり}}{\text{全体のちり}} \times 100
 \end{aligned}$$

## ③実験結果

大気中に浮遊する全体のちりの中で、マツの葉の気孔に入る大きさ(250 μm以下)のちりが占める割合は、環境によって異なる。すなわち汚染率が高いところでは低く、汚染率が低いところでは高いことが分かった。

	気孔に入る大きさのちりの数(個/cm)	全体のちりの数(個/cm)	全体のちりの中で気孔に入る大きさのちりが占める割合(%)
大間々警察署	207.66	433.33	47.92
飲食店	415.33	839	49.5
B地点	196.33	381.66	51.44
Aさん宅	234	401.33	58.3
国道50号	373.93	638.93	58.52
大間々庁舎	169.33	287.33	58.93
Bさん宅	249.33	417.33	59.74
高松交番	135.33	220	61.51
Cさん宅	327	518.33	63.08
高崎音楽センター	123.66	185	66.84
大間々南小	119.66	170.66	70.11



## 3 考察

大気中にある全体のちりの中で、マツの気孔に入る大きさのちりが占める割合は環境によって異なることが分かった。

つまり、環境が異なる場所の間ではマツの気孔の汚染率と実際の空気中のちりの量は単純に比較できない。

しかし逆に言えば環境が同じような場所の間ならばマツの気孔の汚染率で実際の空気中のちりの量を測ることができるとわかった。

## 4 結論

環境が同じような場所であれば、マツの葉の気孔のつまり具合を調べることで、大気中に浮遊するちりの量の時間的、環境的変化などについて比較することが可能であるが、異なる環境間での比較はできない。

# ナツツタの付着盤を探る

～壁面が与える、ナツツタの壁面付着への影響～

高橋茉優

## 1. はじめに

地球温暖化が懸念される昨今、壁面緑化による温度調節が注目されている。そこで私は、ナツツタがより旺盛に這い上がることでできる壁面の特徴を調べて建物の壁面緑化における効率化に役立てようと考え、この研究を始めた。

## 2. ナツツタとは

ナツツタは光量の多い場所に移動するため、茎から巻きひげを出し、その先の付着盤によって樹幹や岩壁などに付着する。これは先端から分泌される粘着性の物質と組織のアンカー効果(接着面の細かい凹凸に接着剤が入り込んで硬化することで接着力が高まる効果)によって付着していると考えられている。



【図1】アルミ板に付着しそうな付着盤の表面



【図2】杉板に付着している付着盤の表面

写真より、ナツツタの付着盤は壁に付着してから組織を食い込ませていることがわかる。

## 3. 仮説 I

摩擦力が大きい壁ほど、ナツツタは旺盛に這い上がる。

## 4. 実験 I

### i. 試料の静止摩擦力を計測する

#### (1) 方法

水平な台の上に試料(鉄板、PET 樹脂板、集成材、発泡スチロール、粘土)を載せ、ばねはかりで試料と平行に保ちつつ10Nのおもりを引いた。おもりが動いた瞬間にばねはかりが指した値を記録した。

#### (2) 結果

表の値は10回計測した数値の平均である。(N)

鉄板	PET樹	集成材	発泡ス	粘土
2.19	2.83	2.42	3.15	9.43

この結果と仮説 I を照らし合わせ、粘土、発泡スチロール、PET 樹脂板、集成材、鉄板の順にツタは壁面を這い上がりやすいと予想した。

### ii. ツタの観察実験

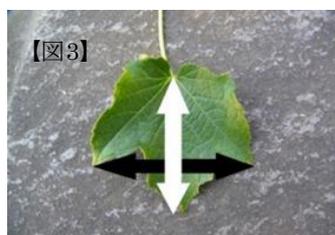
#### (1) 方法

プランターに一株ずつツタを植え、その内壁につけるようにして壁を一枚ずつ挿し、成長を観察した。観察では次の2点に注目する。

### ① 個体の成長度合

ナツツタは壁を這い上がり、より光量の多い場所へ移動して光合成を行おうとする。つまり、蔓をのぼしながら主な光合成の場である葉も増やす。したがって葉の面積の大きさと成長には相関関係があるはずであり、成長の度合を示す指標として使用できると言える。

また、これは先行研究(沖中健・山内啓治・朴容珍 千葉大学緑化植物学研究室「種々の粗さの壁面に対するナツツタ付着盤の付着」[千葉大園学報第44号 1991年])によっても裏付けられており、今回はおおまかな数値ではあるものの、ある程度、信憑性のある手法であると考えて面積を利用した。



【図3】のように、葉の茎頂から先まで(白色部分)と一番幅のある部分(黒色部分)の長さを掛け、およその面積を求める。この値の、プランターごとの合計値を個体の成長度合を比較する指標とする。

### ② 付着盤の個数

個体の付着盤と、そのうち枯れているもの、壁面に付着したものの数を数えた。なお枯れている付着盤数には付着したものの数も含まれている。

## (2) 結果

	鉄板	PET	集成材	発泡ス	粘土
面積 (cm <sup>2</sup> )	520	504	784	542	408
付着盤数 (個)	66	50	126	60	18
1cm <sup>2</sup> あたりの付着盤数 (個)	0.13	0.1	0.16	0.11	0.04
付着盤数 (枯れ)	48	35	34	49	0

## 5. 考察 I

ナツツタは、表面に組織を食い込ませやすかった集成材に多く付着したのだと思われる。

しかし本実験では試料の数が少なく、このデータの信頼性は低い。また個体差の影響も無視できないが、それを考慮しても付着盤数には明らかな差が出たので、やはりナツツタの壁面付着には何らかの壁の性質が関係しているようだ。

実験 I の反省を踏まえ、以下の仮説を立て、新たに実験を行った。

## 6. 仮説 II

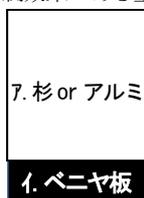
表面の凹凸が大きい壁ほどナツツタは旺盛に這い上がる。

## 7. 実験II

### (1) 方法

プランターにナツツタを3株ずつ植え、その内壁に沿わせて壁を1枚ずつ挿し、成長を観察する。

※壁は【図4】のような壁(なにも手を加えないもの、細かい紙やすり(#2000)でこすったもの、粗い紙やすり(#400)でこすったもの)と、実生活への応用を視野に入れ、【図5】のように、表面に防腐効果のある塗料を塗った壁を加えた計7枚を使用した。



【図4】(アとイを接着)



【図5】(防腐塗料を塗る)

使用した防腐塗料…木材防虫防腐アソート  
(株式会社アサヒペン)  
成分…油脂、有機溶剤、顔料(クリヤは含まず)、防腐剤、防虫剤、防カビ剤

観察では次の3点に注目する。

#### ①壁面の表面温度

壁に温湿度データロガーを取り付け、2015/7/15~2015/8/27の期間、30分ごとに温度と湿度を測定する。

#### ②個体の成長度合

#### ③附着盤の個数

プランター全体の個体の附着盤と、そのうち壁面に附着したものの数を数える。

### (2) 結果

#### ①壁面の表面温度

【温度】	平均温度 (°C)	最高温度 (°C)	最低温度 (°C)
a.そのまま(杉)	29.3	53	18
b.細(杉)	29.2	49	17.5
c.粗(杉)	29.1	48	17.5
d.そのまま(アルミ)	29.3	51	18
e.細(アルミ)	29.4	50	17.5
f.粗(アルミ)	29.1	48	17
g.防腐	29.8	52.5	17.5

材質にほとんど左右されていない。

【湿度】	平均湿度 (%RH)	最高湿度 (%RH)	最低湿度 (%RH)
a.そのまま(杉)	68	97.2	18
b.細(杉)	68.3	97.9	20.2
c.粗(杉)	67.7	97.5	22.9
d.そのまま(アルミ)	67.7	96.4	19.1
e.細(アルミ)	68.1	98.4	19.4
f.粗(アルミ)	67.8	100	23.5
g.防腐	67.8	98.8	17.2

材質にほとんど左右されていない。

#### ②個体の成長度合

	a.附着 (個)	b.全体 (個)	a/b
a.そのまま(杉)	241	347	0.69
b.細(杉)	235	339	0.69
c.粗(杉)	248	387	0.64
d.そのまま(アルミ)	0	173	0
e.細(アルミ)	0	181	0
f.粗(アルミ)	73	204	0.36
g.防腐	24	133	0.18

材質ごとに大きな差は見られない。

#### ③附着盤の個数

杉間で比較するとあまり差はない。一方、アルミ間では、d,eに比べてfの附着盤数ははるかに大きい。

## 8. 考察II

①より、本実験における附着盤個数の差は温度・湿度の影響によるものではないと言える。

②、③より、アルミを用いたd,e,f間にはaの数に大きな差が見られた。これは、適度な大きさの凹凸に触れたナツツタが「この壁には這い上がる」と判断し、粗い紙やすりでこすったアルミの壁にも這い上がったからだと言える。この際ナツツタはなんらかの方法によって杉とアルミを判別していたようだ。

よって、ナツツタには「表面の凹凸が大きい壁であるほど旺盛に這い上がる」という性質があると言える。また、ナツツタは防腐塗料を塗った板には附着しなかったが、実生活において板をそのまま使用すると腐食が起り、強度・見た目の面で問題がある。したがって、防腐塗料を塗っても這い上がる条件を突き止めないと本実験の結果は応用しにくい。今後、この条件とナツツタが材質を判別する仕組みを解明していきたい。

## 9. 謝辞

研究を進めるにあたり、群馬大学の佐野史先生にご指導いただきました。ありがとうございました。

## 10. 参考文献

沖中健・山内啓治・朴容珍(千葉大学緑化植物学研究室)  
「種々の粗さの壁面に対するナツツタ附着盤の附着」  
千葉大園学報第44号 1991年

Scott C Lenaghan, Jason N Burris, Karuna Chourey, Yujian Huang, Lijin Xia, Belinda Lady, Ritin Sharma, Chongle Pan, Zorabel LeJeune, Shane Foister, Robert L Hettich, C Neal Stewart, Mingjun Zhang

“Isolation and chemical analysis of nanoparticles from English ivy (*Hedera helix* L.)”

Interface October 2013 Volume: 10 Issue: 87

# 土壌中の菌を探る

平井美優

**【概要】** 前女の校庭にはどのような菌の世界が広がっているのだろうか。今回は、校庭の利用方法の違いや、地表面からの深さの違いにより、生息する菌の種類や数の違い、菌の分布の広げ方について調べた。

## 【Abstract】

I would like to determine if the depends on the depth and places of soil.  
This time, I researched the differences in the number of bacteria, in the names of them, and how they propagate

### 1. はじめに

学校の土壌中に生息する菌について興味を持ち、生息する菌の違いを調べることにした。

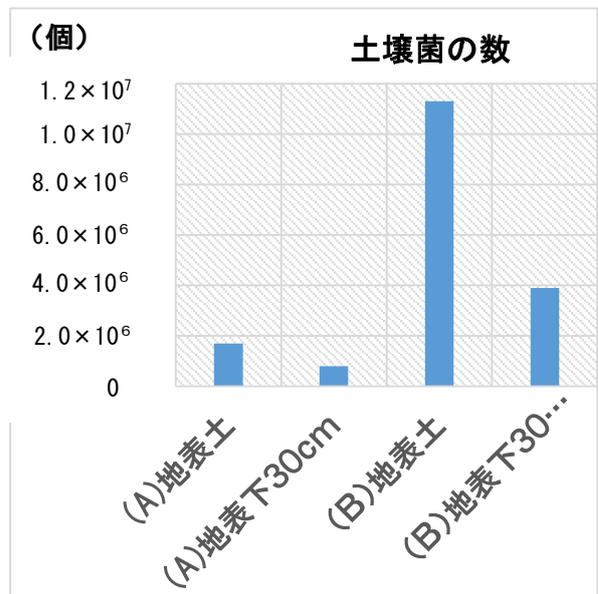
### 2. 方法

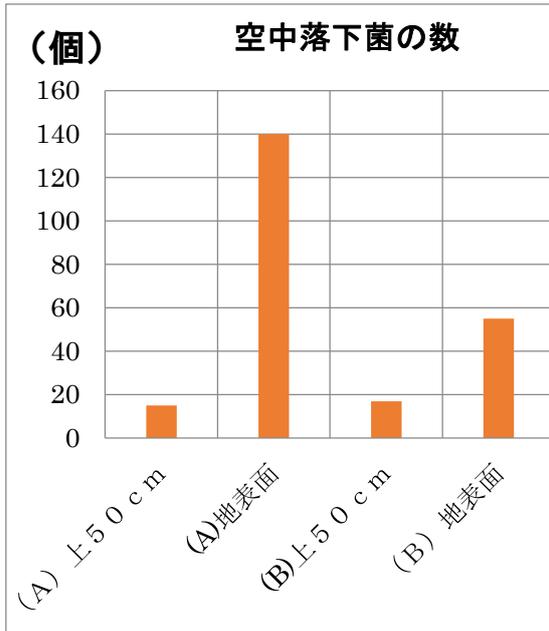
研究対象は、好氣的・富栄養環境下で生息する菌とした。

- ① 体育館裏のグラウンドに類似した場所 (A) と、緑地の樹木付近の場所 (B) の地表と地表下 30 cm の土壌中の菌と、土を採取した場所で、地表上 50 cm と地表の空中落下菌を採取し、菌数・糸状菌の割合を調べた。
- ② ① でランダムに単離した土壌菌の種を、16S rRNA の DNA 塩基配列の解析により同定した。
- ③ 花壇の地表下 10 cm と 70 cm の環境調査及び、それぞれの深さに生息する菌を培養し、菌の数を数えた。そして、単離した菌を観察した。

### 3. 結果

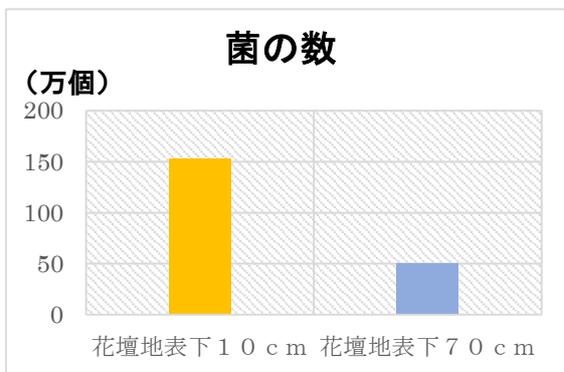
- ① (B) は (A) よりも、菌の数が多かった。空中落下菌では、地表上 50 cm より地表面の菌の数が多かった。糸状菌の割合は、空中から地中に行くにつれて減っていた。





② 単離した菌の 42 個中 20 個の菌の DNA 解析に成功した。その中の約半分がバチルス属であった。また、すべての場所からアリスロバクターという放線菌の仲間がいた。緑地に木のリグニンを分解するリグニン分解菌が生息していた。

③ 地表から 10 cm と 70 cm の土壌中の環境は異なった。花壇地表下 10 cm の菌の数は 167 万個 / g、地表下 70 cm の菌の数は 50 万個 / g であった。



#### 4. 考察

土壌菌の数は、グラウンドに類似した場所と、緑地の樹木付近の場所では異なる。

また、土壌菌の数は、地表からの深さによっても異なる。

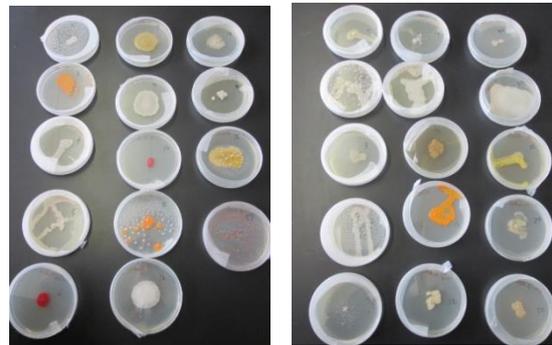
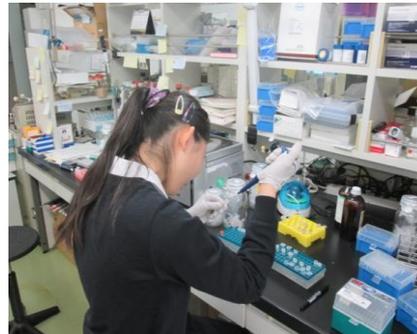
土壌菌の種類は、土壌を採取した場所の違いと、地表からの深さの違いによって異なる。

空中落下菌と土壌菌で比べると、土壌菌のほうが、空中落下菌よりも糸状菌以外の割合が多い。

#### 5. 結論

土壌菌数・種類は、校庭の利用方法や地表からの深さにより異なる。

土壌菌・空中落下菌の糸状菌の割合の関係から、糸状菌は、空中に胞子を散布して分布を広げるが、バクテリアは、空気を拡散して分布を広げることは少ないといえる。





# バナナが黒変する仕組み

The mechanics that cause a banana's black discoloration

亀田夏岬 長坂怜菜 吉田朱里

**【概要】** 私達はバナナが黒変する仕組みを調べ、それを防ぐ方法を探すことを目的に研究を始めた。実験を行った結果、冷凍保存したバナナは酵素の働きが失われ、黒変しにくくなることが分かった。また、50℃の湯で熱したバナナも酵素の働きが失われ、黒変しにくくなることが分かった。

**【Abstract】** We researched the mechanics that cause a banana's black discoloration and began to find a way to prevent it. As a result of our experiment, we found that bananas coloration was preserved when stored in a freezer. Moreover, bananas immersed in water with a temperature of 50℃ also preserved their color. Because of the change of temperature, the enzyme that causes bananas to discolor was unable to function.

## 1. はじめに

私達は、バナナを黄色い状態のまま保存できる方法はあるのだろうかという疑問を抱いた。そこで私達はバナナが黒変する仕組みを調べ、それを防ぐことを目的に研究を始めた。

## 2. 予備実験

### I 過程

インキュベーター内で

- ①13.4℃に設定し保存したバナナ
- ②常温(25.0℃)に設定し保存したバナナ
- ③冷凍庫(-18.0℃)で保存したバナナを6月3日から6月15日の18日間、観察した。

### II 結果

- ①のバナナは3日目(6月5日)に、②のバナナは2日目(6月4日)に黒変が見られた。それに対し③のバナナは16日目(6月15日)以降も黄色い状態を保った。

## III 考察

冷凍保存したバナナが長期間保存できたことから、バナナを黒変させる原因の一つは酵素であり、酵素を失活させることで黒変を止められると考えられる。

## 3. 黒変する過程について

バナナの皮にはフェノールアミン類のドーパミンという物質が含まれている。そのドーパミンの結合がポリフェノール・オキシダーゼという酵素により一部結合が切れて、重合することでポリフェノールに変わる。このことが黒変する原因である。

## 4. 実験

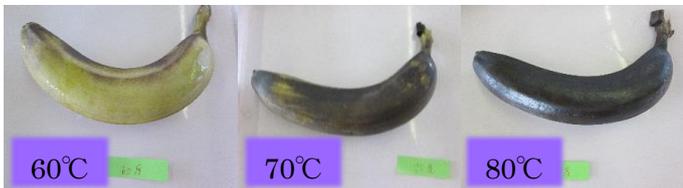
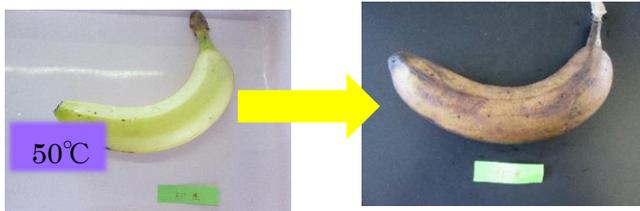
### I 過程

まず、バナナを酵素が失活すると考えられる50℃、60℃、70℃、80℃に設定した湯で5分間茹でた。その後、茹でたバナナを常温で一時間冷ました。それから、野菜室で保存し、7月20日から8月2日までの13日間、観

察した。

## II 結果

50℃で熱したバナナは黒く変色はせず、10日目(7月29日)まで黄色い状態で保存できた。しかし60℃、70℃、80℃で熱したバナナは茹でている最中に黒くなってしまい、その後また黄色に戻ることはなかった。



## III 考察

50℃の湯で茹でたことで、酵素が失活し黒変を止めたと考えられる。また60℃から80℃の湯で茹でたものが茹でている最中に黒くなった原因は不明である。

### 5. 全体の考察

酵素がバナナの黒変の原因の一つであることが分かった。今後は、そのほかの黒変の原因であるものを探し、また、60℃から80℃のバナナが黒くなった原因を探求する。

### 6. 予備実験・改

#### I 過程

- ①冷凍庫で保存したバナナ三本
- ②冷蔵庫で保存したバナナ三本
- ③常温(20℃)で保存したバナナ三本を観察し、一日ごとにそれぞれのRGB値を観察した。

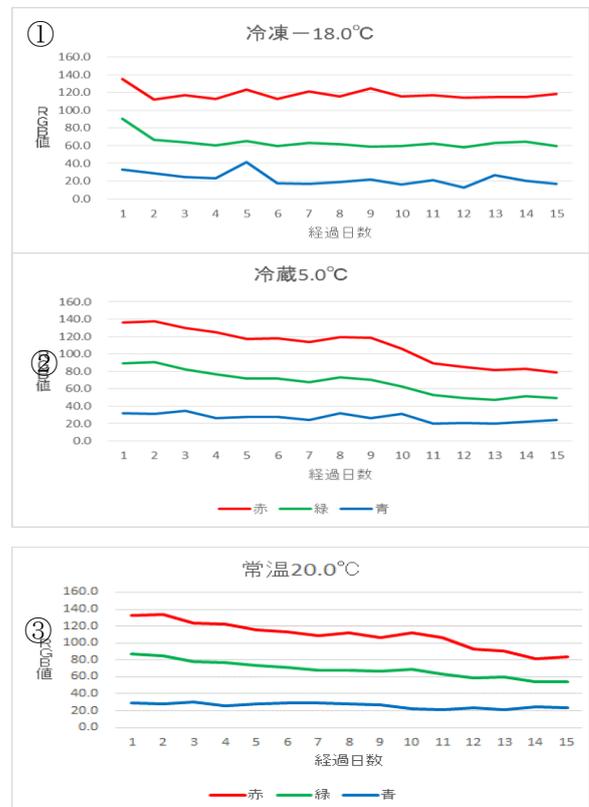
## II RGB 値の測定方法

まず、バナナの表面と裏面の最も暗い部分と最も明るい部分のRGB値をペイントを用いて測定した。その後これらのRGB値を平均し、この値をバナナ全体のRGB値とした。

## III 結果

①のグラフよりRGB値に大きな変化は見られない。

②と③のグラフよりRGB値はなだらかな減少傾向にある。



## IV 考察

冷凍バナナのRGB値の変化が小さかったことから、冷凍バナナの働きが失われ、黒変を抑えられたと考えられる。また、冷蔵、常温バナナのRGB値が共に減少したことから、これらの温度では黒変が確認できた。さらに、冷蔵バナナと常温バナナのRGB値に大きな違いが見られなかったことから5.0℃と20.0℃では酵素のはたらきに大きな違いはないと考えられる。

# 消しゴムの質量変化 Part1

## Mass variation of erasers Part1

青木美波 伊原和歌子

### 【概要】

私たちは先輩が行った消しゴムについての実験に興味を持ったので、消しゴムの質量変化に着目し、実験した。消しゴムのかすには黒鉛が含まれるので、使用後の質量は増加すると予想した。実験の結果、鉛筆の濃さによって質量変化の度合いは異なったが、全般的に減少傾向が見られた。

### 【Abstract】

We are interested in the experiment with erasers, so we experimented in the change of mass. We thought that the mass of eraser will increase, because eraser contains black lead. As a result, we found, mass variation had a little different by darkness, but in general we could find downward tendency.

## 1. はじめに

研究のテーマについて考えていたとき、消しゴムは使用前後で質量が減少するという、先輩方の研究に興味を持った。そこで消しゴムの質量変化 Part1 と題して実験を行った。

ムの質量を測る。



## 2. 仮説

私たちは消しカスに黒鉛が含まれるので、質量は使用前より使用後の方が増加するという仮説を立てた。

③ ②で測った紙と一緒に測った消しゴムで消す。

④目視で紙が白くなったと思ったら、再び分析用電子てんびんを使い、消しゴムで消した紙+使用後の消しゴム+消しゴムのかす(以下:消しカスとする)の質量を測る。

## 3. 実験方法

実験は 10×10cm 四方の厚紙と同じメーカーで濃さの違う鉛筆を用い、各濃さで 10 回ずつ行った。

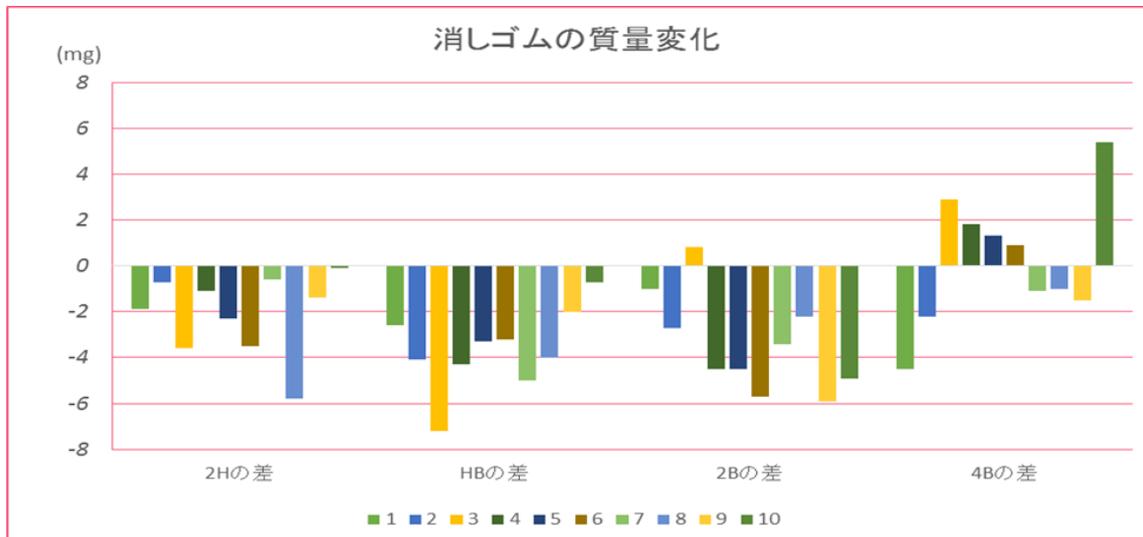
- ①厚紙の端を 5mm 程残して、2H、HB、2B、4B の濃さの鉛筆で見た目が完全に黒くなるまで塗る。
- ② 0.1mg まで測れる分析用電子てんびんで塗った後の紙+使用前の消しゴ



⑤ ②の質量=A、④の質量=B とおき、  
B-A で使用前後の質量の変化を求め

た。⑤で出た値が0ならば、私たちの  
仮説は否定されたということになる。

## 4. 実験結果



実験より質量の平均を求めた。平均は、2H : -2.1mg、HB : -3.6mg、2B : -3.6mg、4B : 0.2mg となった。2H、HB はすべての測定で減少、2B では1回以外は減少、4B は10回中5回が増加するという結果になった。

この結果から、消しゴムは消しカスになると質量が減少するとわかった。

## 5. 考察

2H、HB、2Bの結果から、消しゴムは消しカスになると質量が減少することが考えられる。消しゴムの主成分はポリ塩化ビニルであるので、そこに含まれる揮発成分が今回の減少に関わっていると考えられる。

## 6. 結論

実験の結果、消しゴムは使用後に質量が減少するといえる。これは私たちがたてた仮説とは異なる。

## 7. 課題

mg単位の正確さが求められる実験であったが、実験環境を一定に保つことができなかったため、あまり正確な実験とは言えなかった。そのため、4Bに増加がみられたと考えられる。今後は実験環境の保持に気を遣い、より正確な実験を行っていきたい。

## 8. 今後の実験

- ・塗る前の紙の質量を量る。
- ・変化を明確に示すために消しゴムで消す量を増やして量る。
- ・消しゴムの種類による揮発成分の違いを調べる。

# アサリの浄化能力

## Water purification ability of asari clams

橋本綾乃 齋藤由佳

### 【概要】

海や河川においてアサリが水を浄化し、水質保全に役立っていることを知った。そこでアサリの浄化の能力に興味を持ち、それを確かめようと思った。実験は一般的な海域の水質汚染の指標である COD によって、汚染度の変化と時間経過を調査した。その結果、調査した環境下では 20% までの汚染度が 2 日間で浄化された。

### 【Abstract】

Asari clams have an ability of water purification in the sea and the river. They contribute to water quality conservation. We are interested in those things and did some experiments, changing the pollution level and the period of time.

We used COD (Chemical Oxygen Demand) to indicate the pollution level since COD is considered as a standard measurement of pollution in scientific experiments.

We dissolved 1.0g of yeast in 300mL of water and we used it as undiluted solution. When we added 10mL of undiluted solution to 500mL of seawater, clams purified this solution over a period of two days.

### 1. はじめに

海や河川においてアサリが水を浄化し、水質保全に役立っていることを知った。その際にアサリの浄化の能力に興味を持ち、それを確かめようと思った。そこで、アサリが一定の期間でどのくらいの水の量をどのくらい浄化するのかを調べることにした。

### 2. 研究の方法

本実験での条件設定を行うために予備実験を行った。

○汚染水原液(以下、原液) (牛乳または酵母菌のどちらをアサリがより吸収するか)

→水 300mL に酵母菌 1.0g を溶かしたもの

○アサリの数 (ビーカー 1 つ当たり何匹いれれば観察しやすいか)

→ビーカー 1 つにつき 5 匹

○水温 (アサリが生息しやすい温度)

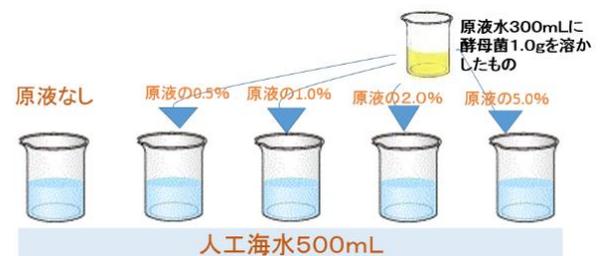
→10℃

以上の条件で以下の実験を行った。

#### 〈実験 1〉

人工海水 500ml を入れたビーカーに原液を入れないもの、汚染度が海水の 0.5%、1.0%、

2.0%、5.0% になるように原液を入れたものをそれぞれ用意し一日ごとに COD を計測し浄化を比較する。



#### 〈実験 2、3〉

実験 2 では実験 1 での汚染度を 0.0%、5.0%、10%、15%、20% に実験 3 では実験 1 での汚染度を 0.0%、10%、20%、30%、40% に変更して実験を行う。なお計測には低濃度用、高濃度用 COD パックテストを使用する。

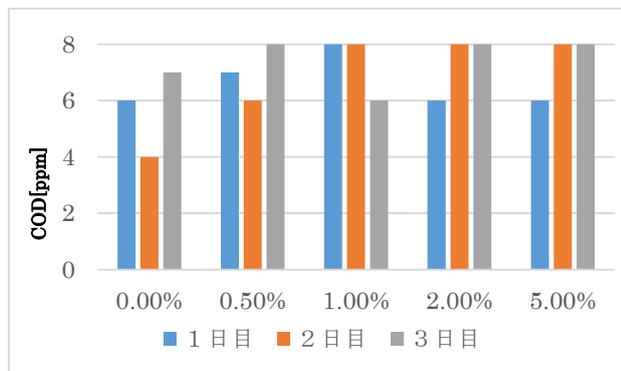
環境省では、人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持されることが望ましい水質汚濁の基準として、COD と BOD (生物化学的酸素要求量: biochemical oxygen demand) を指標の一つに指定している。COD は停滞水域である海域と湖沼に、BOD は流体水域である河川の汚濁度を調べる一般的な手段として広く用いられている。

COD とは科学的な反応により水に含まれる有機

物を分解するのに必要な酸素の量を数値化したもので、数値が高いほど有機物、すなわち今実験では汚染物が多く含まれていることを示している。

### 3. 結果

#### 〈実験1〉

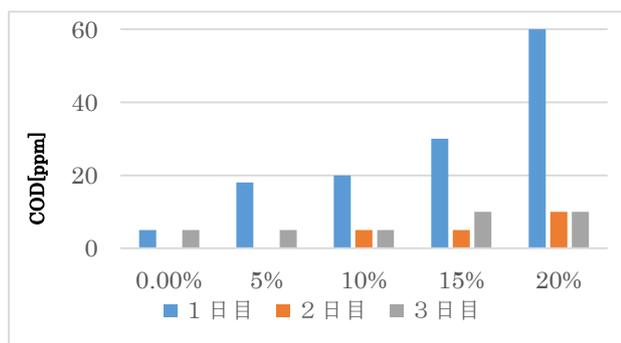


COD (ppm)	0.0%	0.5%	1.0%	2.0%	5.0%
1日目	6	7	8以上	6	6
2日目	4	6	8以上	8以上	8以上
3日目	7	8以上	6	8以上	8以上

#### 〈反省点〉

計測には低濃度用のパックテストを利用したためアサリの浄化の傾向がはっきりと分からなかったため、実験2、3では高濃度用のパックテストを利用することにした。

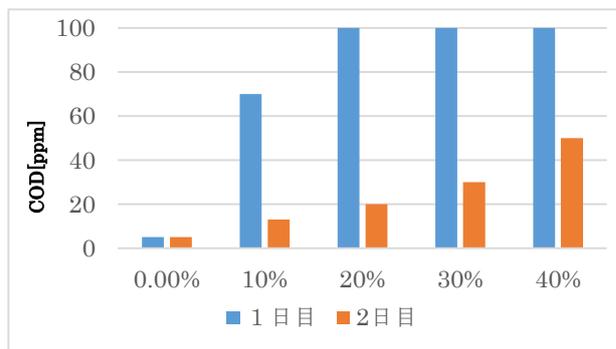
#### 〈実験2〉



COD (ppm)	0.0%	5%	10%	15%	20%
1日目	5	18	20	30	60
2日目	0	0	5	5	10
3日目	5	5	5	10	10



#### 〈実験3〉



COD (ppm)	0.0%	10%	20%	30%	40%
1日目	5	70	100	100	100
2日目	5	13	20	30	50

### 4. 考察、今後の展望

実験2の結果から、1日目から2日目にかけて、アサリ5個に対し原液の20%濃度までは大幅に浄化できることを確認した。しかし、3日目になるとCODの値がどの濃度の場合でも増加した。この原因を私達は次のように考えている。

〈仮説1〉アサリ自らが排出した糞によって自らが生息する水中環境を悪化させた。

本来アサリが出した糞は自然界において水中に存在するプランクトンなどによって分解されるが今実験ではビーカー内にはアサリ以外の生物は存在しないため糞(汚染物)が堆積していったと考えられる。

⇒水槽内での循環を作る

〈仮説2〉2日目の時点で飽食状態になり、餌である汚染物を摂取できず水を浄化できなかった。

⇒今後の検証で、アサリの不浄化は飽食状態によるものなのか関係性を調べていく。

# 納豆菌とネバネバとの関係

宮崎 なな美

【概要】納豆のネバネバは、納豆菌がダイズタンパク質を栄養源として分解したときに合成されると知り、時間の経過と納豆菌数及びネバネバの量との関係を調べることにした。まず、時間の経過と納豆菌数との関係を調べた。ある先行研究をもとに、納豆菌数は増加し続けるという仮説を立てて実験を行った。その結果、納豆菌数は1度増加した後に減少した。私はこの結果が先行研究とは異なると考え、新たな仮説を設定した。

【Abstract】 I knew natto's stickiness is made by Bacillus, a source of nutrients from natto's decomposing soybean protein, and I decided to study the connection between passage of time, the number of Bacillus natto, and the amount of natto's stickiness. First, I studied the connection between the passage of time and the number of Bacillus natto. From advanced research in books, I developed the hypothesis that the number of Bacillus natto will continue increasing and experimented. As a result, the number of Bacillus natto increased, and then decreased. I thought the result is different from the advanced research, and developed a new hypothesis.

## 1. はじめに

納豆をよく食べる、という方は多いと思うが、納豆のネバネバがどのようにできるかご存じだろうか。納豆のネバネバは、納豆菌がダイズタンパク質を栄養源として分解したときに合成されるものである。私はこの時の納豆菌数とネバネバの量の変化に着目して、時間の経過と納豆菌数及びネバネバの量との関係を調べることにした。始めに、時間の経過と納豆菌数との関係に対する検証を行った。

## 2. 仮説の設定

検証に先立ち、納豆菌に関する先行研究を調べた。ある先行研究によると、納豆菌はダイズタンパク質を栄養源として分解した後、それが不足すると自らが合成したネバネバを分解する、ということだった。そこで、時間の経過とともに納豆菌数は増加し続ける、という仮説を立てた。

## 3. 仮説の検証

### (1)目的

時間の経過と納豆菌数との関係を調べる。

### (2)方法

#### ①納豆を作る。(通常の作り方と同じ)

- ・ダイズを3倍の量の水につけて一晩置き、翌日にオートクレーブで煮る。煮たダイズを市販の納豆と一緒に6個の容器に均等に分け入れてかき混ぜ、キムワイプをはさんで軽くフタをする。
- ・容器を37℃(納豆菌が繁殖しやすい温度)下に一晩置くと納豆ができる。



- #### ②翌日から1日に1容器の納豆を使用して以下の実験を行った。

### 〈実験〉

- ・納豆のネバネバ0.1gを、精製水を用いて $1.0 \times 10^{10}$ 倍に希釈する。
- ・できたネバネバの溶液を0.1mL採り寒天培地に蒔く。
- ・培地を37℃下に置き、翌日に培地に生えた納豆菌のコロニー数を測定する。

③上記の実験を、納豆の容器6個分、6日間行い、納豆菌のコロニー数の変化を観察する。

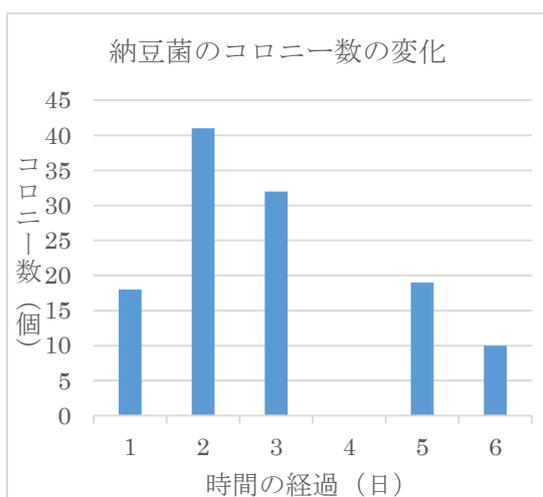
### (3) 実験結果

- ・納豆菌のコロニー数

1～2日目：急激に増加した

3～6日目：徐々に減少した

よって、仮説と異なる結果となった。



- ・納豆菌のコロニー数 詳細

時間の経過	1	2	3	4	5	6
培地 A	17	22	32		13	9
培地 B	18	60			25	11
平均	18	41	32		19	10

注) 3日目のもう1枚の寒天培地はコロニー数が測定不可能だった。また、4日目は実験自体を行えなかった。

## 4. 考察

時間の経過と納豆菌数との関係

- ・1～2日目：納豆菌数は増加した  
…納豆菌が豊富にあるダイズタンパク質を栄養源として分解したから。
- ・3～6日目：納豆菌数は減少した  
…納豆菌数の増加に伴い、ダイズタンパク質が多く分解されて不足したから。

## 5. 今後の展望

ここで、私は「納豆菌数が減少した」という結果に疑問を持った。仮説の設定の際に参考にした先行研究では、納豆菌は栄養源のダイズタンパク質が不足すると、自らが合成したネバネバを分解するということがあった。そのため、納豆菌数は一度増加したらもう減少することはないと考えて検証を行った。しかし、実際の実験では、納豆菌数は一度増加した後に減少した。私は、この事実が先行研究とは異なっていると考えた。

そして、この考えを実証するための新たな仮説、及びその仮説に対する実験を設定した。

- ・仮説①：納豆菌はネバネバを栄養源としない。

→時間の経過とネバネバの量との関係を調べる実験を行う。

- ・仮説②：ダイズタンパク質が不足したために、納豆菌数は減少した。

→ダイズの量を変えて、納豆菌数の変化の仕方を調べる実験を行う。

今後は、これらの実験を行っていく予定である。

# いつもの星空がもっときれいに見えるかも！？

## ～暗順応による星空の見え方の変化～

岩村 桃実、寺内 夏子、星野 ひとみ（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

### 1. はじめに

前橋女子高校地学部は「群馬でより綺麗な星空を見る」ことを目標に、ここ数年様々な活動を行っている。以前の先輩方の研究により、星の見え方を左右するものには「夜空の環境」と「観測者側のコンディション」があることが明らかになった。後者は前者より容易に改善することができる。そこで私たちは、今夜からでも始められる綺麗な星空を見るための観測者側のコンディションの整え方を、暗順応という眼の性質に着目して調べることにした。

### 2. 暗順応と光が見える距離の変化（屋内実験）

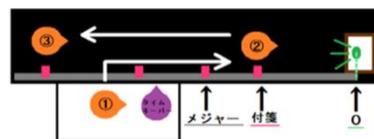
[目的]

暗順応の進行具合を、時間経過によって同じ光がどれほど遠くから見えるようになるかにより調べる。また、周囲の暗さの違いや観測者の年齢差による差異も調べる。

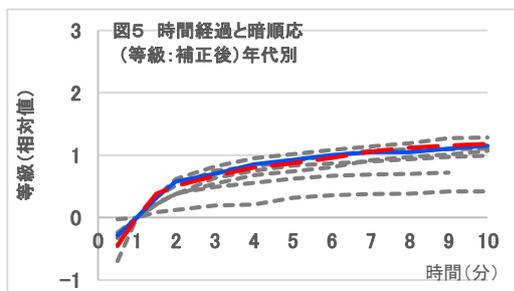
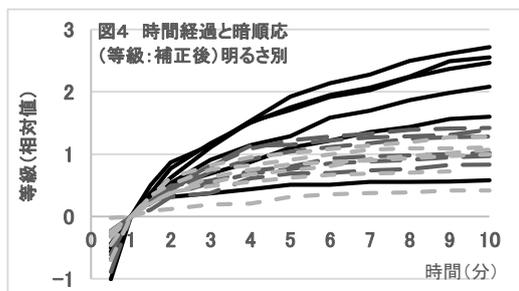
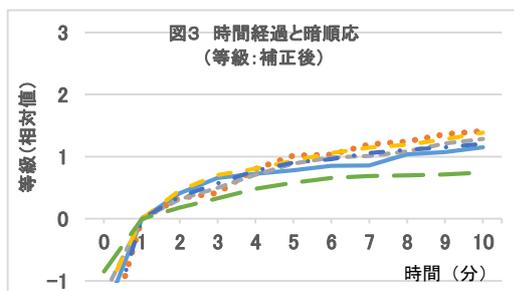
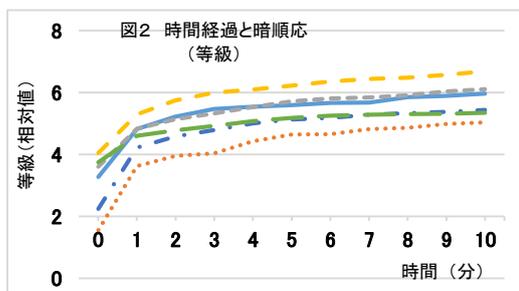
[方法]

- (1) 被験者は十分に明順応した後（図1-1）暗室に出て、設置してある点光源が見える地点まで移動する（図1-2）。
- (2) 光が見えることを確認しながら光源から遠ざかる（図1-3）。
- (3) 暗室に出てからの時間経過と光源からの距離を記録する。
- (4) 記録したデータを距離→照度→等級と変換し（図2）、1分時点の全員の等級を0に揃える（図3）。

図1



[結果]



※図2,3：観測者6名の結果 図4：——暗 ——中暗 ——明 図5：-----女子高校生 ——40代女性 ——中学2年生女子

[考察]

図2より、見える光は視力などを原因とする個人差が著しいが、図3より、暗順応の進行具合は個人によらずほぼ一致することが分かった。図3及び図4より、周囲がほどほどに明るい（前橋市の街明かりが窓から差し込む程度）状況では7分程度で暗順応の進行が一段落し、図4より、より暗い環境下では暗順応の進行が早く、深くなった。図5より、年齢差は個人差と同程度か、それより小さいものと推定される。

### 3. 実際の星空との相関（屋外実験）

[目的]

実際の夜空でも屋内実験と同じ結果が得られるかを調べる。

[方法]

- (1)被験者は十分に明順応した後、屋外に出て等級が小さいものから順に星を探す。
- (2)屋外に出てからの時間経過と見えた星の等級を記録する。
- (3)記録したデータを図3と同様に処理し、同日に行った屋内実験のグラフと重ねる。

[結果] ※点が屋外実験、破線が屋内実験のデータ

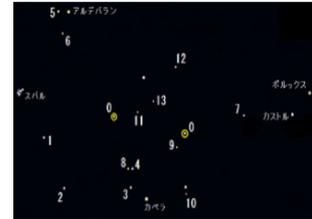
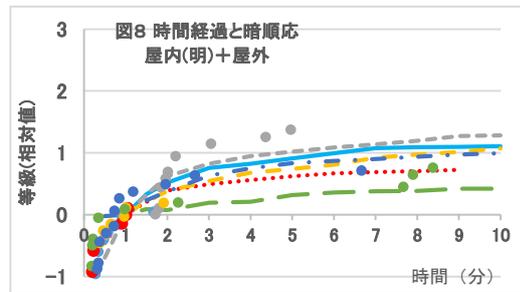
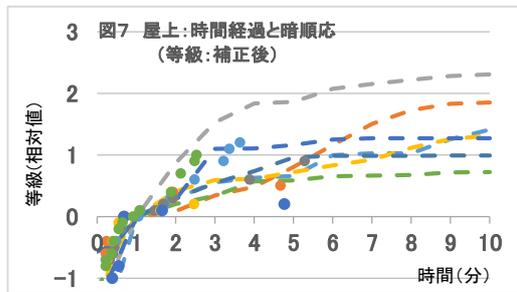


図6



[考察]

図7より、屋内実験のグラフと屋外実験のグラフはほぼ重なったため、屋内実験の結果は屋外にも適応できると言える。実験地周辺の屋外の明るさに最も近い屋内実験のグラフ（図4の明）と屋外実験のグラフを重ねた図8より、暗さの違いによって暗順応の進み具合が変化するという屋内の実験結果も屋外に適応できることが分かる。

### 4. まとめ・展望

見える光の明るさに個人差はあるが、暗順応の進行具合は個人によらずほぼ一致する。この結果は屋内実験により導かれたものだが、夜空の星を見上げるような屋外の観望にも同様に適応できる。年齢による暗順応の差はほとんど見られないが、試行回数が少なく、まだ断言するには至らない。今後様々な年代の被験者を増やしていきたい。

前橋市内のような明るい環境下では約7分間の暗順応で、1～2等級程度（場合によっては3等級程度まで）は暗い星が見えるようになる。また、街から離れた暗い環境下では、目が暗さに慣れるのがそれより早いので、短い時間でたくさんの星が見えるようになると言える。

### 5. 参考文献

池田光男『眼はなにを見ているか—視覚系の情報処理』（平凡社、1988年）

『「星空の見え方」調査と「夜空の明るさ」調査』日本天文学会2012年ジュニアセッション予稿集12-13頁

---

# 暗闇で見つけた！光の色による見えやすさの違い

## ～暗順応と感度上昇の波長特性～

重原 優奈、根岸 あゆ香、前原 那南（高2）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

---

### 1. はじめに

私たちは一昨年より、暗順応による星空の見え方の変化を研究している。研究の一環として、暗闇の中、時間経過によって同じ一点の光がどのくらい遠くから見えるようになるかという実験を、光の色を赤、青、緑の3色に替えて行ったところ、光の色によって実験の結果が大きく異なり、大変驚いた。どうしてこのような実験結果になったのか疑問に思い、それを新たなテーマとして取り上げ、別に研究を進めることにした。

### 2. 目的

実験1：暗順応の時間経過による距離の変化に、光源の色は何らかの関係があるか調べる。

実験2：実験1の結果に再現性があるか確かめる。

実験3：周囲の明るさが変わったとき、実験結果にどのような変化があるか調べる。

### 3. 実験方法

[場所] 1：山梨県羽村自然休暇村体育館

2, 3：前橋女子高等学校第一体育館

[日時] 1：2015年1月11日 22:00～23:00

2, 3：2015年12月24日 19:00～22:00

[方法]

実験1, 2は体育館の暗幕を閉め、真っ暗な環境にする。実験3は暗幕を開け、1, 2に比べ明るい環境にする。

- (1) 被験者は十分に明順応した後（図1-1）暗室に出て、設置してある点光源が見える地点まで移動する（図1-2）。
- (2) 光が見えることを確認しながら光源から遠ざかる（図1-3）。
- (3) 暗室に出てからの時間経過と光源からの距離を記録する。
- (4) 以上(1)～(3)を、光源の色は赤・青の2色、または赤・緑・青の3色でそれぞれ繰り返す。

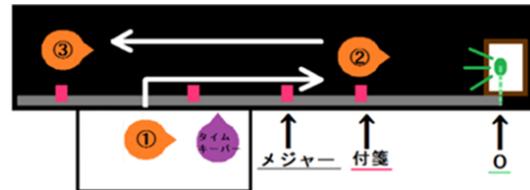


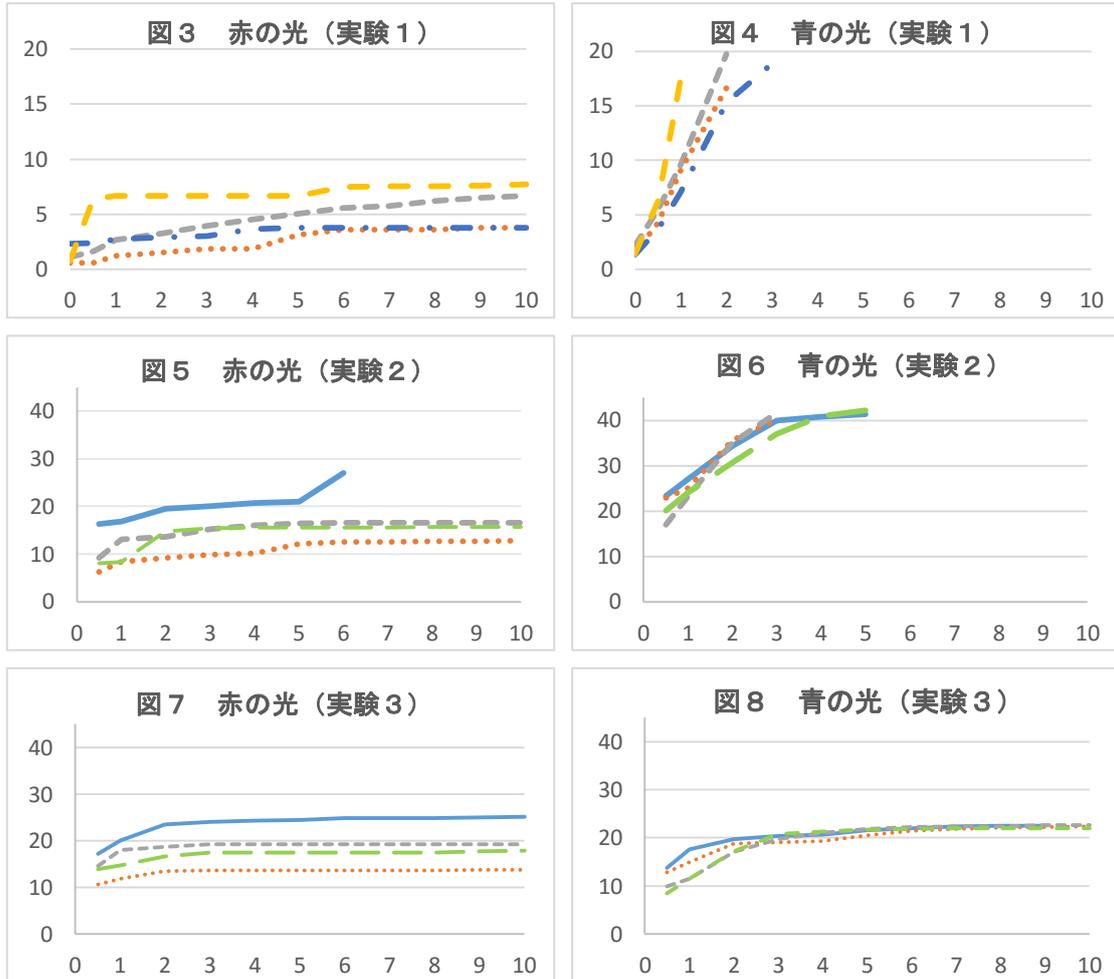
図1



図2 実験の様子

#### 4. 結果・考察

横軸：時間[分] 縦軸：距離[m] 実験1の緑の光の結果は省略



#### 5. 考察

実験1の結果(図3,4)から、明るい環境から暗い環境に移動したときに、どちらも暗順応することに違いはないが、色によって感度の上がり方が異なる。赤の光よりも青の光の方が、より遠くから見えるようになった。実験2の結果(図5,6)からは再現性が確認できたが、周囲を少し明るくした実験3の結果からは色による違いが確認できなかった。

#### 6. まとめ・展望

赤色と青色では見えやすさに大きな違いがあり、体感した私たち自身、大変驚いている。暗順応するにしたがってどれほど光が見えるようになるかは、その光の色の波長に関係があり、短波長の光ほど見えやすくなると考えられる。これは、中心となって働く目の細胞が、錐体細胞から桿体細胞に移行したことによると私たちは考えている。

夜空の星にも色がある。もしかしたら、本当に暗い場所に行くと、温度の高い青色の星はより明るく感じやすいということがあるかもしれない。

# ライトダウンに伴う適切な夜景写真の処理方法

## ～伝統的七夕ライトダウンの普及と科学的評価Ⅱ～

星野 遥香、星野 有香（高1）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

### 概要

私たちは伝統的七夕ライトダウンに賛同し、昨年度から県内への周知・普及活動を始めると同時に、夜空の明るさ調査を継続的に行っている。伝統的七夕ライトダウンとは、伝統的七夕（旧暦の七夕／2015年は8月20日）に、20時から22時までのあいだ明かりを消して星空を眺めようという活動である。

今回はカメラ、SQM-L、LE、照度計等を用い、空と街の明るさの変化を調査し、開催日の20日と、同じ週の平日17、18、19、21日の結果を比較した。開催日当日は今年も曇り、夜空の明るさは明るくなっていたが、新しく考えた画像処理の方法などにより街の明るさをより正確に調べられるようになった。

### 1 研究動機

私たち地学部は、2011年から群馬県内の夜空の明るさを継続的に調査している。都市部の夜空の明るさの原因は人工光による光害といわれている。私たちは地域の皆様に星空の素晴らしさを知っていただき、光害を意識してもらうことを目標に伝統的七夕ライトダウンという活動に賛同し、県内への周知・普及を始めた。今年度は活動2年目である。同時にライトダウンの影響を科学的に評価することを目指し、特に街の明るさの調査として適切な夜景写真の処理方法を模索している。

### 2 街の観測

気象観測室の北側の窓を開け、三脚に乗せたカメラを北向きに設置し（図1）、5分ごとに前橋の街の様子をインターバル撮影した。

観測場所：前橋女子高等学校 気象観測室（北校舎5階）

観測日時：2015年8月17日（月）19:00～28:00

18日（火）19:00～28:00

19日（水）19:00～28:00

20日（木）19:00～28:00

21日（金）19:00～28:00

※昨年度は3日間の撮影だったが、今年度は5日間に増やした。

観測装置：デジタル一眼レフカメラ「NIKON D7000」

三脚「SLIK CARBON MASTER 823 PRO N」

撮影条件：露出時間1秒、ISO速度400、焦点距離18mm、絞りf/3.5



図1 撮影の様子

### 3 写真の解析

(1) RAW画像を画像処理ソフトRaw2fitsによりCSVに変換し、ベイヤー配列の緑色のみを数値化する。

(2) 領域ごとに数値の和を計算できるExcelシートを事前に作成しておき、CSVからコピーした数値をExcelシートに貼り付け、領域ごとの明るさの数値の和を計算する。

(3) 計算結果をExcelの別のファイルに貼り付け、グラフを作成する。

昨年度は写真全体一括計算から始め、写真上部・写真下部の2分割、上空・中空・低空・遠街・近街の5分割と、計算処理を小分けしていった。今年度は昨年度良好な結果が得られた5分割（図2）を採用した。

ライトダウンの効果は遠街に表れると考えた。

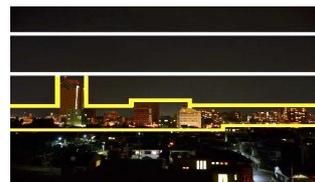
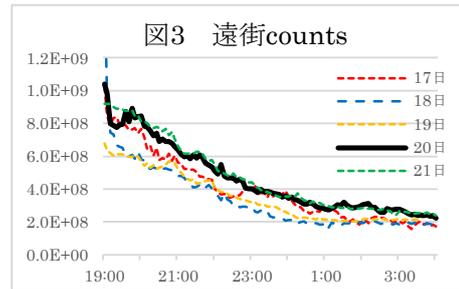


図2 写真の分割

#### 4 結果・考察

図3（遠街 counts）はライトダウンの実施状況の評価が期待されるグラフだったが、20日がそれほど暗くないという結果となってしまった。例えば18日と20日の20時の写真を比較したとき、18日は晴れ、20日は曇りと天気が異なり、街の明かりを見る限り大きな違いはなかった。遠街の処理に空部分があんまりの少し入ってきてしまったため、20日の方が明るくなってしまったと考えられる。



#### 5 改善した解析と結果

昨年度は天気あまり変化がなかったため、今回の観測方法で十分だったが、今年の観測期間は天気に大きな変化があったため、天気を考慮した新しい観測方法を検討し、方法を見直す必要が生じた。これを踏まえ、以下の3つの方法で画像処理の改善を行った。

- 改善案1：五分割処理の低空と遠街の分け方をより細かくする
- 改善案2：上記のデータを用いたヒストグラム作成
- 改善案3：建物を県庁や市役所に限定して明かりの数を数える

<改善案1 結果・考察> 図4参照

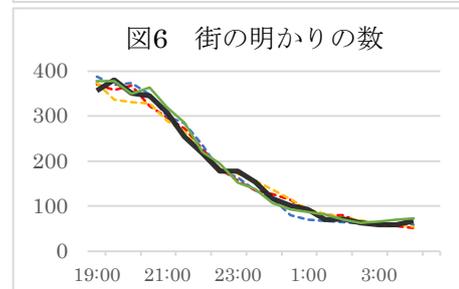
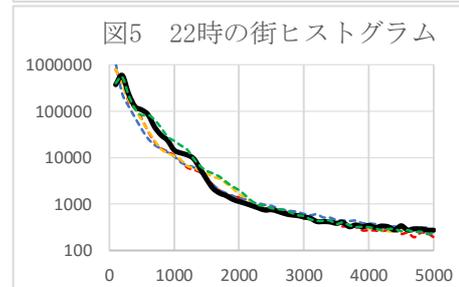
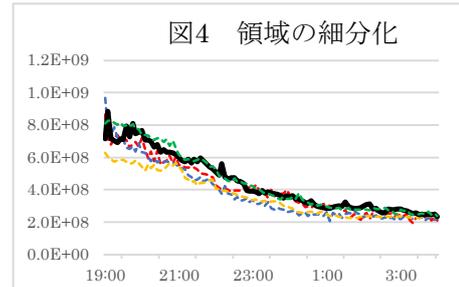
若干差異は小さくなったが、大きな変化は出なかった。

<改善案2 結果・考察> 図5参照

七夕当日は500~1000countsあたりの度数が大きく、1500~2000countsあたりの度数が小さくなった。また、同様の空のヒストグラムを作成した結果、空の明るさは天気によらず3000counts以下になることが分かった。

<改善案3 結果・考察> 図6参照

七夕当日は21時~22時頃に最も明かりが少ないという結果になったが、他の日との差は小さく、ライトダウンの成果と断じることはできない。街のライトダウンの様子を調べるには、この方法が本質的に最も信頼度の高いデータが得られることが期待される。

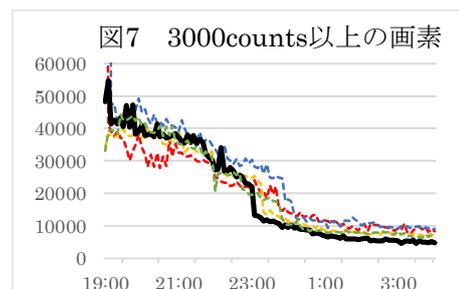


改善案4：図7参照

改善案2の結果を踏まえ、写真全体から明るさ3000counts以上の画素を数えることにした。改善案3より多くの街の明かりを短時間に測定できる反面、余計な明かり（例えば、車のライトなど）に結果が左右されやすい。

#### 6 全体考察

夜空の明るさは様々な要因（天候、地上光の量、気温等）に左右されていて、ライトダウンの効果が空の明るさに影響を与えていることを証明するのはとても難しい。夜空の明るさを測定し続けることに加えて、改善案3と改善案4を併用し、街の明かりを測定し続けることが重要と考えられる。



# 国際宇宙ステーションの見やすさの予測

小材 昌子、関口 舞、堀内 桃音、丸山 玲花（高1）【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

## 1. はじめに

地学部のみなどと放課後に ISS を見ていたとき、ISS の明るさが変化していくことに疑問を感じた。また、日によって明るさが異なることにも気づいた。そこでいつ ISS は明るいのかを知るために JAXA の ISS 予想サイトを見たところ、時間と方角、仰角は知ることができたが、明るさは知ることができなかった。また、観測の結果、仰角が大きいときには ISS は明るく見えるが、その他の条件も関係しているのではと思ったため、ISS の明るさについての研究することにした。もしも ISS の明るさを事前に予測できれば、明るい日を選んで見ることができ、より多くの人に ISS の観望を楽しんでもらえると思う。以前、地学部では、先輩方が ISS を連続的に撮影した写真から軌跡の長さや位置を求め、撮影した ISS の高度や速度を導くという研究を行っていた。それらを生かすこともできると思い研究を始めた。

## 2. 目的

ISS の明るさがどんな条件にどの程度影響されるかを調べることで、ISS の明るさを予測する。

## 3. 研究方法

### (1) ISS の撮影

- JAXA の Web サイトから、ISS の通過日時や位置、仰角を確認する。
- カメラ（Nikon D7000）を ISS が通過する向きに設置し、設定を行う。
- 通過時間に合わせて撮影する。

### (2) 写真の分析

- 撮影した写真の NEF ファイルを raw2fits にドラック&ドロップし、fits に変換する。
- 変換した fits 中の g.fits（緑色）をすばる画像処理ソフト「マカリ」で開き、ISS を開口測光する。
- バックグラウンド（SKY）の平均値、対象天体の輝度（Count）を用いてグラフを作成し、分析を行う。

### (3) 観測の詳細

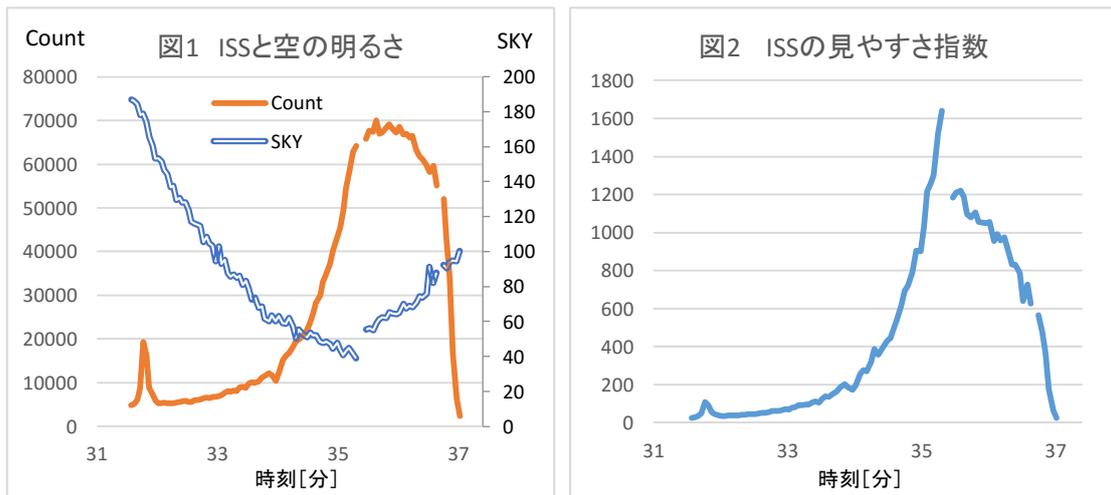
観測日	時刻	撮影の成否	撮影枚数	露出時間	測光の成否
2015.12.07	17:31~17:36	○	102 枚	1/5 秒	○
2015.12.24	17:05~17:10	○	26 枚	6 秒	○
2015.12.27	17:37~17:41	撮影失敗		1/5 秒	
2016.1.04	5:39~5:45	撮影失敗		1/5 秒	
2016.1.20	記録無し	天候不良		1/5 秒	
2016.1.22	5:56~6:02	撮影失敗		1/5 秒	
2016.1.23	5:06~5:09	撮影失敗		1/5 秒	

#### 4. 結果・考察

日時 … 12/7 17:31~17:36

場所 … 前橋女子高校 西側屋上

見え始め			最大仰角			見え終わり		
時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角	時刻	方位角	仰角
17:31:30	252° 西南西	10°	17:34:30	320° 北西	40°	17:36:30	25° 北北東	20°



ISS は明るいほど見やすく、逆に ISS 周辺の空は暗いほど見やすい。そこで、次のような計算を行い、見やすさ指数として定義してみた。

$$\text{見やすさ指数} = (\text{ISS の明るさ}) \div (\text{ISS 周辺の空の明るさ})$$

図 1, 2 より、仰角が大きくなるにつれて ISS は明るくなっている。しかし、最大仰角のときに一番明るいというわけではないことから、仰角の影響は多少あるが絶対的なものではないといえる。また、図 1, 2 から、ISS の見やすさは ISS の明るさの影響を大きく受けると考えられるので、ISS の明るさに影響しているのは何かを考えたところ、次の仮説があがった。

- (1) 観測地点からの直距離が近いほど、ISS は明るい。
- (2) ISS に反射した太陽光が観測地点に届きやすい位置関係（角度）にあると、ISS は明るい。
- (3) 太陽と ISS の距離が近いほど、ISS は明るい。

今後は暗室で ISS の模型と光源を使い、光源を太陽に見立て、太陽と ISS、観測地点の位置関係によって ISS の見え方がどう変化するか実験をし、仮説の検証を進めていくとともに、ISS の撮影を続け、更にデータを集めていく予定だ。

#### 参考文献

- ・「きぼう」を見よう - JAXA - 宇宙航空研究開発機構 WEB
- ・「ISS の観測と高度測定 第二報」日本天文学会 2012 年ジュニアセッション講演予稿集 134 - 135 頁
- ・「国際宇宙ステーションの観測と高度測定」日本天文学会 2013 年ジュニアセッション講演予稿集 18 - 19 頁

# 秋分と春分の昼間が長い理由を観測したい！

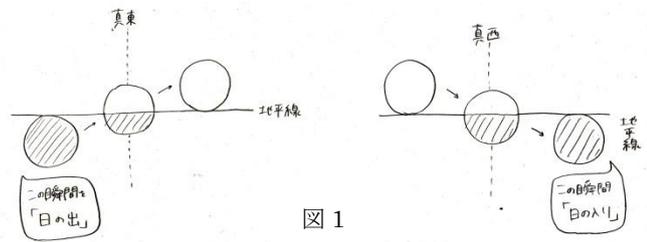
岡庭 佳泉、北爪 愛莉、長谷川 千紗（高1）

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

## 1. はじめに

秋分の日と春分の日には昼間と夜の長さが同じであるとされているが、実際は昼間のほうが16分長いと言われている。その理由を調べてみると、二つの理由があることがわかった。

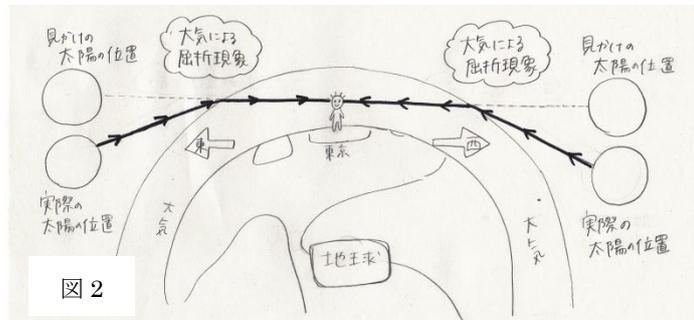
一つ目の理由は、日の出入りの定義によるものである。「日の出は太陽の上端が地平線に接した時刻、日の入りは、太陽の最後の縁が地平線に沈み完全に太陽が見えなくなった瞬間（図1）」と「太陽の中心が地平線に接する瞬間を日の出日の入りとする」という二つの定義があることが分かった。ここでは、日の出日の入りの定義を前者と解釈し、また、昼の定義を日の出から日の入りまでの時間とした。このように考えると、昼の長さ夜の長さより太陽一個分長くなるのが確実である。



二つ目の理由は、大気の中を進む光の屈折によるものである。地平線近くにある太陽からの光は大気中を通過するとき屈折してわたしたちの目に届いている。このため実際に太陽が回った距離よりも見かけ上、回っていないように見える。もし太陽が実際に沈んでいるとしても地球上では太陽はまだ見えている（図2）

可能性がある。

一つ目の理由は定義上の問題で実証することはできないので、私たちは二つ目の理由のみを実証することにした。



## 2. 観測

### (1) 観測方法

- ①太陽観測フィルターを用いて一眼レフカメラで南中から日没まで撮影した。その際、露出時間を8000分の1とし、太陽を1分ごとに正確に撮影するために、カメラのインターバル機能を使用した。
- ②撮った写真を『すばる画像処理ソフト：マカリ』を使って太陽の中心座標を求め、『excel』を使って1分間にどのくらい太陽が動いているかを計算した。

### (2) 仮説

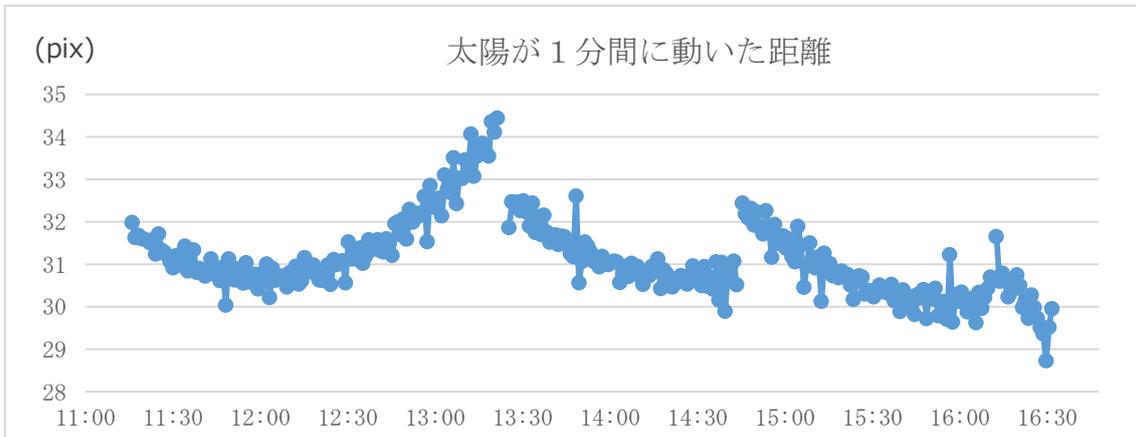
南中を過ぎてから日の入りに向かうにつれて太陽が1分間に進む距離は短くなり、グラフも右肩下がりになる。

### 3. 使用器具

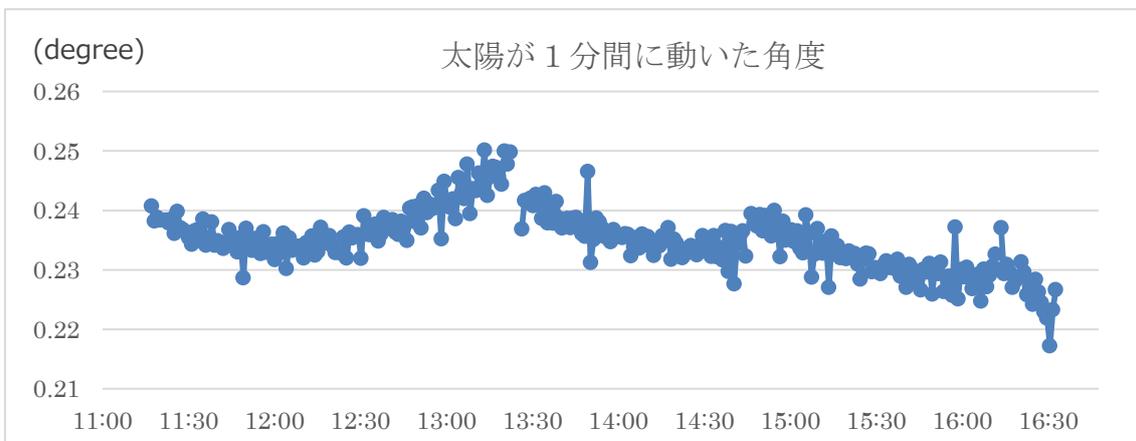
カメラ：Nikon D7000      レンズ：Nikon DX AF-S NIKKOR 35mm 1:1.8G

太陽観測フィルター：ND10000

### 4. 結果と考察



グラフが切れている時間にカメラの向きを変えた。山なりのグラフになると予想していたが、予想とは全く異なる形のグラフになった。これは、カメラのレンズのゆがみ（視野のゆがみ）が原因である可能性があると思い、このゆがみを補正することで正確なグラフが得られると考えた。ゆがみの補正は、地学部の先輩方がISSの高度測定の際に導いた変換方法を採用した。



ゆがみを補正し、角度に変換したが、それでも予想した形のグラフには至らなかった。この原因を早急に追究し、次の春分の日には実際に太陽の動きを撮影し、実証したい。

### 5. 参考文献

宇宙・天文まめ知識 春分の日の日と夜の長さは同じか？

<http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0320a/contents/chishiki/answer08/main.html>

昼と夜の長さ <http://www.astrophotoclub.com/syunbun.htm>

国際宇宙ステーションの観測と高度測定 日本天文学会 2013年ジュニアセッション講演予稿集 18 - 19 頁

---

# 地球照は青いのか?!

高草木 寧緒、中島 志保、中野 里美、福田 紫都、美才治 凜花 (高1)

【群馬県立前橋女子高等学校 地学部】

---

## 1. はじめに

1961年、ロシア人宇宙飛行士のユーリイ・ガガーリンは、初めて宇宙を飛んだとき「地球は青かった」と言ったという。真偽はさておき、宇宙に行けない私たちも「地球は青かった!」と言いたい。そこで代わりにこう言いたい。「地球(照)は青かった!!」と。

新月、または三日月のような細長い月の暗い部分が見えるときがある。これを地球照といい、地球の光を反射して見えるものである。地球の光を光源としているならば、地球照はきっと青いのではないか。地球照は肉眼で色を判断できるほど明るくはなく、一見しただけでは分からないので研究してみたいと思った。太陽が照らしている部分と比較して、青の光の割合が大きければ地球は青いといえる。

## 2. 方法

(1) 2015年11月15日の三日月(月齢3.4)を日没後の17時40分頃に撮影した。

露出時間: 1/320s, 1/200s, 1/125s, 1/60s, 1/40s, 1/30s, 1/8s, 1/5s, 1/2s, 1/1.6s, 1s

(2) 2016年1月13日の三日月(月齢3.1)を日没後の17時11分頃に撮影した。

露出時間: 1/800s, 1/640s, 1/500s, 1/400s, 1/320s, 1/250s, 1/200s, 1/160s

1/125s, 1/100s, 1/80s, 1/60s

(3) 地球照と、太陽に照らされている部分(以下、太陽照)を比較した。その際に、すばる画像処理ソフト「マカリ」を用いて月に線を引き、青の光の割合を調べた。

地球照の測定画像: 11月15日 露出時間 1s

太陽照の測定画像: 1月13日 露出時間 1/80s

## 3. 使用器具

- ・デジタル一眼レフカメラ Nikon D7100
- ・三脚
- ・すばる画像処理ソフト「マカリ」



図1 11月15日の地球照

## 4. 結果

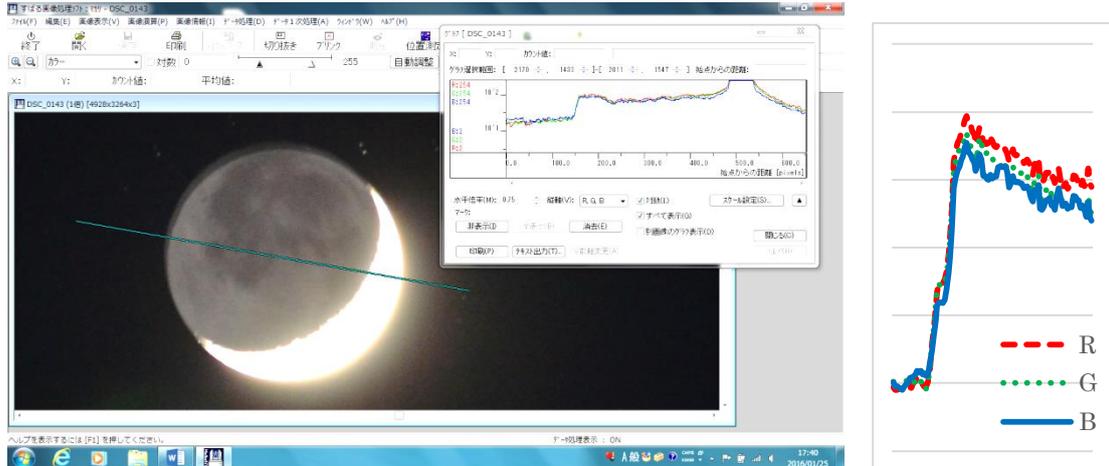


図2 11月15日（月齢3.4）の月のJPG画像分析【左】と地球照部分の拡大【右】

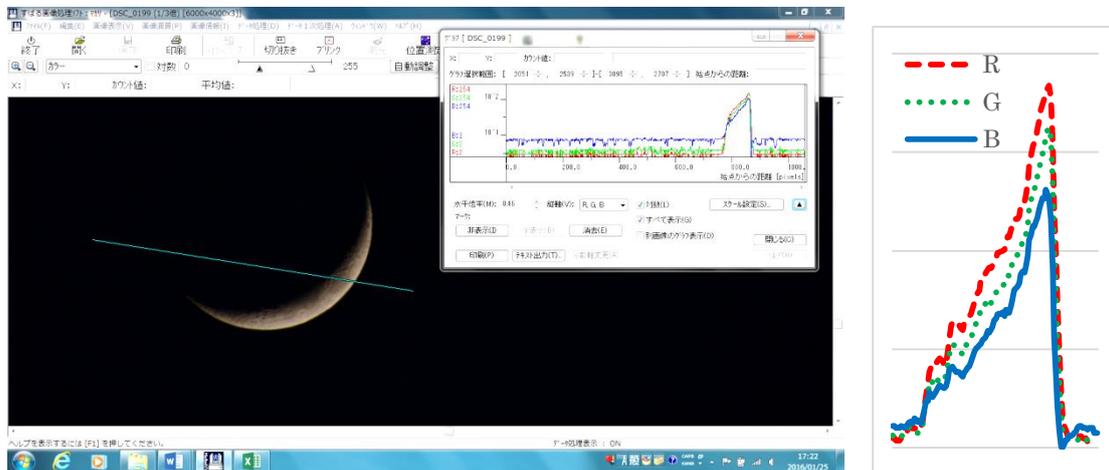


図3 1月13日（月齢3.1）の月のJPG画像分析【左】と太陽照部分の拡大【右】

## 5. 考察

図3より、太陽照部分はRGBの比率が若干異なり、赤>緑>青の順に並んでいる。ここから太陽照部分は若干赤っぽいことが分かる。一方、図2より、地球照部分のRGBの比率はほとんど等しい。ここから地球照部分は太陽照部分より青っぽい（赤っぽさが少ない）ことが分かる。つまり、「地球（照）は少しだけ青かった！」と言える。

しかし、今回は地球照と太陽照を撮影した日が異なり、月齢も異なることから、分析が正確とは言い難い。更に本質的には、RAW画像の分析が必要である。

今後は、露出時間を長時間から短時間まで幅広く撮影し、同日の月の画像を分析したい。また、分析する月面上の位置を様々に変え、信頼性の高いデータにしていきたい。そして、いずれは、「地球（照）は青かった！」と自信を持って言いたい。

## 卵殻膜の透過性

～卵の質量増加の原因を探る～

2年 飯塚麗奈 外處結実 富永真由 原汐莉

### 概要

私たちは、鶏卵を酢酸につけて外殻を溶かしたときに質量が増加した原因を探るため、卵殻膜の透過性に着目し実験を行った。その結果、酢酸で卵殻を溶かした卵の卵殻膜は水だけでなくスクロースも通すことが分かり、全透性の可能性が高いと考えられた。外殻を残した卵の卵殻膜の透過性を調べるために行った実験では正確な結果が得られなかった。今後、酢酸の影響を受けていない卵殻膜が、どれほどの大きさの分子まで透過させることができるのかを明らかにしていきたい。

### Abstract

We conducted experiments to investigate the cause of the increase of eggs' mass after the eggshells are dissolved by soaking in acetic acid. As a result, we found that the eggs' membrane allows not only water but also sucrose to pass through and there is a high likelihood that eggs' membrane has non-selective permeability. We also did an experiment on the permeability of the membrane of eggs with eggshells, but we couldn't gain exact results. In the future, we want to reveal how large molecules can pass through a membrane which is not affected by acetic acid.

### 1. はじめに

私達は、「卵を酢に漬けると外殻が溶けてスーパーボールのようになる」という実験に興味を持ち実験を行った結果、溶液に漬けた前と後で卵の質量が増えていることに気づき、卵の卵殻膜に着目して透過性について研究を進めた。

### 2. 方法

実験に使った卵は、すべて鶏卵で、小売店で市販されているものを使用した。卵を浸した液体を外液と呼ぶ。

#### (1) 実験 1

①卵殻のついてる卵の白身の糖度を測定した。  
②図1のように、4%酢酸に浸けて殻を溶かした殻無しの卵と殻有りの卵を用意し、それぞれを精製水、10%・20%・30%スクロース溶液に浸けた。1日毎に卵の質量と周りの溶液の糖度を測り、5日間の変化を調べた。外液から取り出した卵の質量

は、周りの水分をキムワイプで取り除いた卵を、電子天秤上のシャーレに載せて測定した。1つの条件につき3個の卵を用意した。溶液の糖度は糖度計を用いて、1つの条件につき3回測定した。

#### (2) 実験 2

図2のように卵の上部を切り取り、下部を精製水、10%・20%・30%スクロース溶液につけ、卵の白身の糖度と外液の糖度を3日間毎日測定した。測定時には、白身の糖度は1つの卵につき3回測定した。外液の糖度は全体をガラス棒でかき混ぜた後1回測定した。蒸発による糖度の変化を調べるため、対照実験として溶液に浸けない卵も用意した。

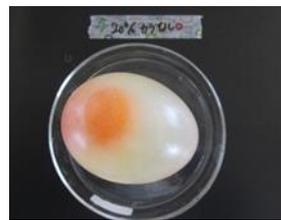


図1

図1：外殻を溶かした卵をスクロース溶液に浸けている様子



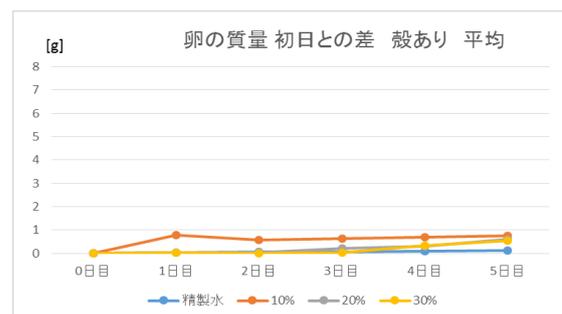
図2

図2：卵の上部を切り取りスクロース溶液に浸けている様子

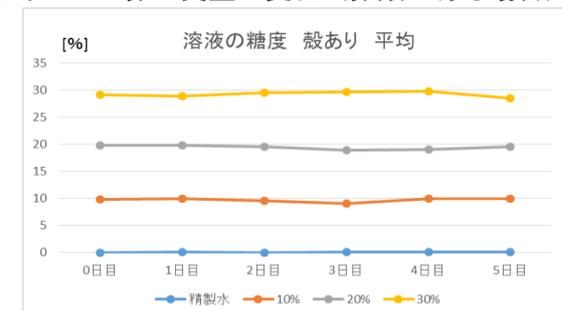
### 3. 結果

#### (1) 実験 1 の結果

①卵の白身の糖度は約15%であった。  
②卵殻有りの場合は、グラフ1、2に示すとおり、殻有りの卵の質量・外液の糖度ともに、あまり変

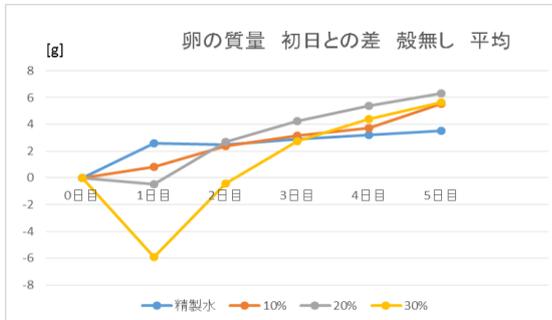


グラフ1：卵の質量の変化（卵殻がある場合）

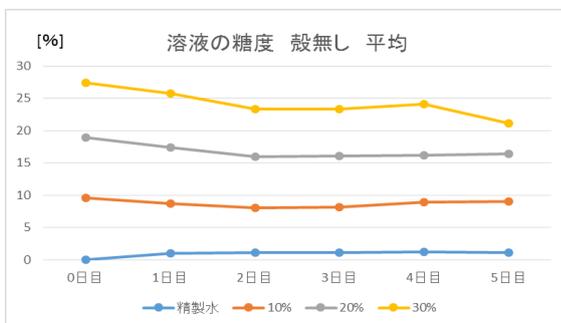


グラフ2：外液の糖度の変化（卵殻がある場合）

化が見られなかった。一方、卵殻なしの場合は、グラフ3に示すとおり、20%・30%スクロース溶液中に浸けた卵の質量が一度減少し、その後増加した。外液の糖度は、グラフ4に示すとおり、20%・30%スクロース溶液の糖度はゆっくりと減少した。精製水・10%スクロース溶液の糖度はあまり変化がみられなかった。



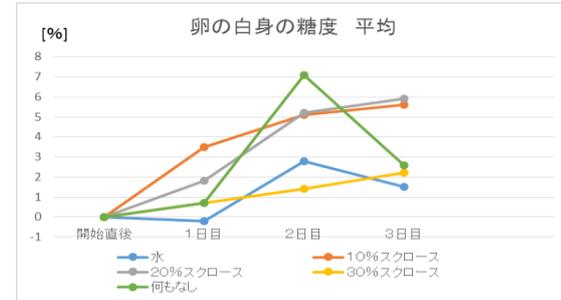
グラフ3：卵の質量の変化（卵殻がない場合）



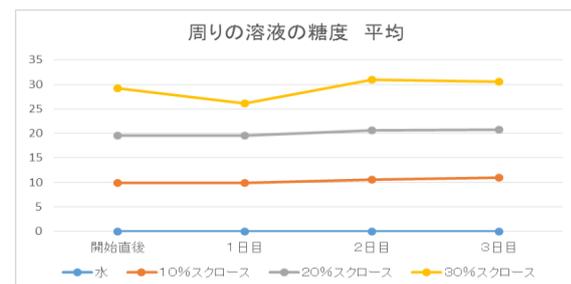
グラフ4：外液の糖度の変化（卵殻がない場合）

## (2) 実験2の結果

グラフ5に示すとおり、白身の糖度はかなり不規則に変化した。また、グラフ6に示すとおり、溶液の糖度もあまり規則性が見られなかった。



グラフ5：卵の白身の糖度



グラフ6：卵を浸した溶液の糖度

## 4. 考察

実験1で、30%スクロース溶液に浸けた卵殻の無い卵の糖度が1日目で減少し、その後上昇した理由は、スクロースが卵殻膜を透過すると仮定すると以下のように説明できる。白身の糖度は約15%なので、濃度勾配にしたがって水分子は卵膜の外に、スクロースは卵膜の中に移動しようとする。しかし、スクロースは分子量が大きいので、移動に時間がかかり、水分子の方が速く外へ移動した。そのため、卵の質量は減少した。しかし、その後スクロースが内部に入り卵内の糖度が上昇したため、水分子が卵内に入ってきた。

また、溶液に浸けたときの卵の重量が、卵殻があるときと無いときで差が生じた理由は、卵殻がある場合スクロース溶液がまず卵殻の表面にある気孔を通らなければならず、卵殻膜に触れるスクロース溶液の量に差があるからだと思う。

実験1では、卵殻を酢酸で溶かしているため、卵殻膜が酢酸の影響を受けて透過性が変化している可能性がある。そこで、透過性が酢酸により変化していない卵殻膜の透過性を調べるために実験2を行った。しかし、今回の実験では卵の白身の糖度が測定場所によって大きく異なったため、この実験結果からは、規則性を見つけれなかった。同じ卵の白身を3回連続して糖度を計測した際に、かなりの誤差が生じた。これから、白身成分は均一ではなく、同じ卵でも場所によって糖度が異なると考えられる。

## 5. 結論と今後の課題

本研究により、スクロース分子は時間をかけて卵殻膜を透過する可能性が高いことが分かった。卵殻膜は溶質も通す全透膜である可能性が高い。今後は卵の中身を白身の糖度に近い15%のスクロース溶液に変え、正確に糖度を測る。最終的には、卵殻膜がどれくらいの大きさの分子を透過させることができるか明らかにする。

## 6. 参考文献

[ww1.tiki.ne.jp/~k\\_fukuda/kouzou.htm](http://ww1.tiki.ne.jp/~k_fukuda/kouzou.htm)

[http://rakuchem.com/egg\\_skin.html](http://rakuchem.com/egg_skin.html)

たまご大事典 高木伸一

## 7. キーワード

卵殻膜、透過性、スクロース、糖度、変性、酢酸、白身、全透性、半透性