

とやま科学オリンピック **2022**

高校（生物）

問題

2022年8月11日（木）

時間：9時20分～11時50分（150分）

注意事項

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は、13 ページあります。
3. 解答の際、配布した本「花のアルペンルート立山」（ほうずき書籍）を活用しても構いません。
4. 机の上に置けるものは、筆記用具のみとします。
5. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙はペアで1部提出すること。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの^{けんとう}健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

このページに 問題はありません

1 富山県は、富山湾の深さが約1,200m、立山連峰は3,000mの標高があり、その高低差は4,000mと非常にユニークな地形をしている。そのため、動物では世界で唯一専門の漁業が行われる富山湾のシラエビや国指定の特別天然記念物であるニホンライチョウ、植物ではタテヤマスギや希少な高山植物を観察することができる。立山一帯のニホンライチョウは、約295羽（平成28年）と日本一の生息数を誇っている。また積雪の多い山間部では、ニホンカモシカやニホンザル、ツキノワグマなどが生息している。

この豊かな自然環境で生息する生物の調査を行う方法はいくつかあるが、対象とする生物の特徴や生態によって、適切な手段を選択する必要がある。

(1) ヤマトアザミテントウ（図1）は、熱帯地域などに広く分布するマダラテントウ類が、北方の冷涼な地域に進出したグループであるとされている。アザミの葉を餌にしている植物食性昆虫で、以前はテントウムシの仲間でも原始的なグループとされていたが、現在では、食虫性のテントウムシから比較的新しい時代に分かれ、現在も活発に種分化していると考えられており、北陸地方に生息するヤマトアザミテントウの個体群は、図2のB：ヤマト（j：伊吹型）に属している。また、ヤマトアザミテントウは飛翔能力が低く移動距離が小さいと考えられるため、個体数調査を行う場合には、「標識再捕法」が用いられる。「標識再捕法」では、捕獲したすべての個体に標識をつけてから放し、しばらく時間をおいて標識された個体が十分に分散した後、再び同様の条件のもとで捕獲し、捕獲した個体数に含まれる標識個体数から全体の個体数を求める方法である。この調査方法では、式（ア）が成り立つ。



図1 ヤマトアザミテントウ

$$N : M = n : R \dots\dots\dots (ア)$$

N：全体の個体数， M：1回目の捕獲個体数 n：2回目の捕獲個体数， R：標識再捕獲個体数

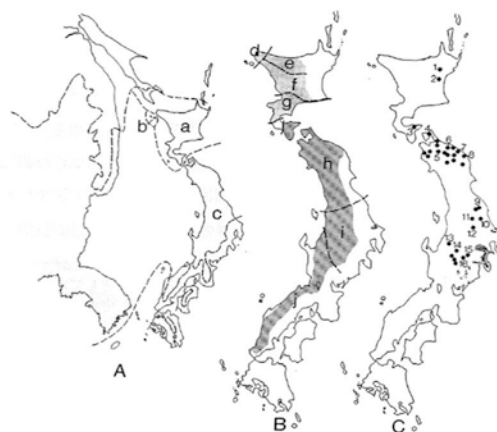


図2 オオニジュウヤホシテントウ群の分布 A：オオニジュウ（a：北海道型、b：戻型、c：本州型）、B：エゾ（d：稚内型、e：層雲峡型、f：基本型、g：札幌型）とヤマト（h：大沼型、i：本州型、j：伊吹型）、C：ルイヨウ（図中の番号は88ページと対応、関東・東海地方の点を打った部分は西部型）。

（出典先： 文一総合出版 / 「オオニジュウヤホシテントウ」）

- ① 越冬したヤマトアザミテントウは、立山山麓のブナ坂（標高 1,000m）では7月上旬に活動を開始する。石川県金沢市湯涌（標高 400m）に生息するヤマトアザミテントウの開始時期はいつ頃になると予想されるか。表 1 は立山周辺の 7 月の最高気温と標高の関係を、表 2 は石川県金沢市の各月の気温と降水量を表す。解答欄には、時期と解答にいたる計算過程など根拠も記しなさい。

表 1 立山の地点毎の 7 月の最高気温

	標高 (m)	最高気温 (°C)
弥陀ヶ原	1930	19.1
室堂	2450	15.8
大汝山	3015	12.3

表 2 石川県金沢市の月毎の気温と降水量

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
最高気温 (°C)	6.8	7.3	11	16.9	21.6	25	28.8	30.9	26.6	21.3	15.5	10.2
平均気温 (°C)	3.8	3.9	6.9	12.5	17.1	21.2	25.3	27	22.7	17.1	11.5	6.7
最低気温 (°C)	0.9	0.7	3	8.2	13.1	18	22.3	23.7	19.5	13.3	7.7	3.4
降水量 (mm)	269.6	171.9	159.2	136.9	155.2	185.1	231.9	139.2	225.5	177.4	264.9	282.1

- ② ヤマトアザミテントウを 320 個体捕獲し、それぞれに標識をつけてその場で放し、2 週間後に再び 200 個体を捕獲したところ、そのうち 54 個体に標識が認められた。この調査地に生息するヤマトアザミテントウの総個体数を推定しなさい。ただし、小数点以下は四捨五入し、整数で答えなさい。
- ③ 標識再捕法を行った結果、標識した個体としない個体で捕まえやすさに差が生じた場合、総個体数はどのような影響を受けるか。捕まえやすくなった場合と捕まえにくくなった場合とで説明しなさい。

(2) ニホンライチョウは高山に生息している。ニホンライチョウの生活場所で重要な要素になるのが高山植物であるハイマツである。ハイマツは隠れ場所になるだけでなく、周辺に餌となる高山植物が多く分布する傾向があり、ライチョウが縄張りを構える場所として最適である。膝丈程度の背の低いハイマツ群落は、雌が巣を作る場所としても好まれる。



図3 ニホンライチョウ (夏季)

① ハイマツなど植物の個体数の調査には、区画法が用いられる。区画法では、生息地域に一定の広さの区画を作り、その中の個体数を数えて、得られた結果から地域全体の個体数を推定する方法である。表3はライチョウの巣が確認された立山の6地点において、各々の調査区で確認されたライチョウの巣を中心に2m×2mの調査区を3つ設置し、調査区内に生育する植物の種名とその植物の被度をまとめたものである。被度とは、植物種が調査区内を被う面積の割合を+～5までの6段階で表したもので、+：1%未満，1：1～5%，2：5～25%，3：25～50%，4：50～75%，5：75%以上とする。

表3 立山山麓におけるライチョウの巣周辺の植生調査の結果

調査地名 調査区No.	みくり谷			室堂山			室堂園地南			室堂園地南2			乗越			雷鳥南尾根			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
低木層〔S〕(cm)	90	70	45	99	47	44	89	108	97	97	89	89	70	64	85	84	56	50	
草本層〔K〕(cm)	45	32	27	34	74	65	18	25	23	65	21	59	37	33	25	24	20	25	
調査区全体の植被(%)	98	100	98	95	95	80	100	100	100	100	98	100	98	100	95	98	95	90	
植物名																			
ゴゼンタチバナ	K		+	+			+	+	+	+				+					
マイヅルソウ	K	1	+	+															
イワカガミ	K		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+			+	+	+	+
種A	S	1		1													2	1	+
種A	K			+													+	+	
種B	S				1	+	+	2	4	2	3	3	3	2	2	3	3	1	2
種B	K					+												+	
種C	S	2	3	2				1				+		+		+			
種C	K	+	1		+	+	+	+		+	+	+							
コガネイチゴ	K				+		+	+	+	+	+	+							+
ツマトリソウ	K						+			+					+	+			
ガンコウラン	K	+	1	2	3	4	3	+			1	1	1	3	3	1	+	2	3
種D	K	2	1	3	1	1	+	+	+					+	+	+	1	+	+
種E	K				+	+	+	+			+	+	+	+	+	+			+
チシマザサ	S				+			3	1	3	1	2	1	1	1	2			
チシマザサ	K				+	+	2		+		+	+		1	1	2			
コメススキ	K	1	1	1	+	+	+						+		+				1
ミヤマアキノキリンソウ	K				+	+	+	+	+	+	+	+	+						
オオヒゲガリヤス	K	2	+		+	+		+			+	+							
チングルマ	K				1	+	+	+			+	+	+						

表3の種A～Eはハイマツ、ハクサンシャクナゲ、クロウスゴ、シラタマノキ、コケモモのいずれかである。次の文章(a)～(d)はいずれかの調査地について述べている。文章(a)～(d)を参考にして、種A～Eに適する植物名を答えなさい。

- (a) ハイマツが優占するが、ハクサンシャクナゲがともに低木層に出現する。草本層にはコケモモ、ガンコウランが見られる。
- (b) クロウスゴとシラタマノキの被度が高く、ハイマツは出現しない。
- (c) 低木層にハイマツ、草本層にコケモモが見られるが、低木層の植被率が低く、ハイマツの被度も低い。
- (d) ハイマツが優占し、草本層にはコケモモとガンコウランがみられる。

② 図4にはニホンライチョウの分布と生息山岳が示されている。「白山」では、ニホンライチョウは絶滅したと記載されているが、2009年に約70年振りに雌1個体が確認された。DNA解析をした結果、北アルプスの系統に近いということが分かった。日本のライチョウが一度に飛んだ最長距離は21.2kmとされている。北アルプスの系統に近い個体がなぜ白山で確認されたか。論拠をあげ説明しなさい。



図4 (出典先: 緑書房/「神の鳥ライチョウの生態と保全 日本の宝をつなぐ」)



図5 (出典先: Yahoo!Japan 地図)

③ 図6にはライチョウが生息している主な山岳とそれらの山頂の標高が示されている。また、それらの山岳でおよそ30年前に行われた縄張り分布調査から推定された当時の縄張りの下限線も示されている。現在地球温暖化が進行しており、ライチョウの生存も影響を受けると考えられている。仮に、地球の気温が3℃上昇したとしたら、縄張りの下限線はどのようになるか。解答欄に図示しなさい。

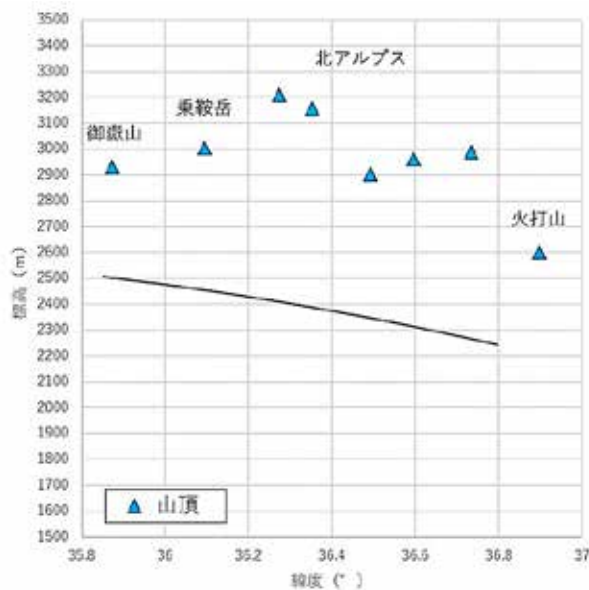


図6

- 2 富山県高岡市には、奈良時代に越中の国府が置かれ、大伴家持が国守として赴任していた。その家持の代表的な歌が以下の歌である。

もののふの やそをとめ 八十娘子らが 汲み 乱ふ まが 寺井の上の かたかご 堅香子の花

(巻19, 4143 番歌)

この歌にちなんで、高岡市の花は堅香子の花（現在のカタクリ）（図7）となっている。カタクリの種子にはエライオソームが付着しており、アリはエライオソームの成分に誘発され、種子はアリの巣があるところまで運ばれる。富山県富山市では、アリがカタクリの種子を巣内に運び込んだ後に、巣外に搬出し周辺に散布する様子が確認されている。（図8）カタクリは、ブナ、ミズナラ、カエデ類などの落葉広葉樹からなる夏緑樹林の林床で、春に開花することが知られている。

- (1) カタクリが生育するには、どのような環境が適していると考えられるか。カタクリの種子がアリによって散布されることも考慮し、論拠をあげて答えなさい。
- (2) 世の中には、カタクリのように、茎がほとんど見られない植物が存在している。アフリカ南部、ナミビアの砂漠には、「奇想天外」（図9）と呼ばれる植物が生えている。この植物は、見かけ上、直接2枚の葉がただ伸び続けるだけで、地上には茎はほとんど見られない。なぜ茎を地上に伸ばす必要がないのか、理由を説明しなさい。
- (3) 現在、片栗粉はバレイショデンプンを使用しているが、もともとは、カタクリの鱗茎からとれるデンプンを使用していた。このデンプンは、落葉広葉樹がまだ芽吹かない間に、林床に届く光を吸収し地下の鱗茎に蓄えられる。カタクリがデンプンを蓄える理由を説明しなさい。



図7 (出典先：2018年生物実験テキスト)



図8 (出典先：誠文堂新光社／「実とタネキャラクター図鑑」)



図9 奇想天外：加藤栄博士 撮影

図9 (出典先：ベレ出版／「植物の形には意味がある」)

- (4) 常緑広葉樹と落葉広葉樹の葉の違いを調べるため、常緑広葉樹は照葉樹のタブノキの葉を、落葉広葉樹は夏緑樹のコナラの葉を、それぞれ光のよく当たる部分から採集し、実験を行った。タブノキ、コナラの葉の外観を観察したところ、タブノキの葉には光沢があり、色はコナラよりもタブノキの方が濃い緑色であった。
- ① 葉の厚みを比較するために、採集したタブノキ、コナラの葉を、それぞれ20枚ずつ重ね、厚さを測定した。どちらが厚くなると考えられるか。理由とともに説明しなさい。
 - ② 葉の重さを比較するために、採集したタブノキ、コナラの葉について、それぞれ合計で100 cm²の葉を切り取り、葉の重さを測定した。どちらが重くなると考えられるか。理由とともに説明しなさい。
 - ③ ①、②の結果から、常緑広葉樹と落葉広葉樹は、生育する環境にどのように適応しているかを説明しなさい。
- (5) 植物は、葉で光合成を行って有機物を生産するが、その有機物の一部は呼吸によって消費される。常緑広葉樹は、新葉がでるまで古い葉を残しているため、1年を通して葉をつけており、落葉広葉樹は、秋になると一斉に落葉する。このような違いはなぜ生じるのか。それぞれの利点を明確にし、説明しなさい。
- (6) 図10は、植物の葉の断面を模式的に示したものである。表側ではCのように長方形の細胞が規則正しく並んでおり、断面は長方形に見えるが、実際には奥行きがあって細胞は円柱の形をしている。一方、葉の裏側ではDのように細胞が不規則でまばらに並び、細胞間にはすき間が多い。このような構造になっている利点を答えなさい。

著作物引用箇所のため非公表

アキラとカオルは、立山登山に出かけました。

アキラ 山で食べるおにぎりは最高だね。景色もいいし、一段とおいしいよ。

カオル 私もおにぎりにしたわ。今日はお父さんが作ったコシヒカリのおにぎりだよ。いただきます！

アキラ いいね。『コシヒカリ』は富山の主力品種だね。おじいちゃんが、富山県の気候風土が『コシヒカリ』の美味しさを引き出しているって言っていたよ。ぼくの家もコシヒカリ作っているけど、今日はおばさんからいただいた『富富富』で作ったおにぎりを持ってきたよ。

カオル 『富富富』は富山県で開発された新しい品種のお米だね。『富富富』は、爽やかな味わいだよね。おにぎりにしてもおいしいでしょう。

アキラ うん、おいしいよ！コシヒカリは美味しいけど、高温に弱い特徴があるんだって。そこで美味しさはもちろんのこと、高温に強くて、中生品種（早生と晩生の間年に収穫できる）の米を求めて品種改良が行われ、『富富富』が誕生したみたいだよ。

カオル 知らなかったわ。気候の影響も関係しているのね。お米は全国、そして世界にもいろんな品種があるけど、それぞれの土地の気候にあった米が作られているんだね。

アキラ おにぎりには、緑茶だね。おにぎりを食べた後の緑茶は最高だよ。

カオル そうだね。ところで緑茶にも玉露や煎茶など種類があること知っている？また紅茶や烏龍茶もあるよね。これらのお茶は、色も味も全然違うけど、同じ「チャノキ」の葉から作られているって知っている？

アキラ え～そうなの？違う種類の葉っぱから作られていると思ったよ。だけど緑茶と紅茶を比べても、色が全然違うじゃないか。これは何の違いなの？



チャノキ

(撮影：富山県立植物園)

- 3 アキラとカオルは、米の品種による玄米の大きさと重さの違いを調べるため、次の実験を行った。ノギスの使い方について以下の文章を読んで問題に答えなさい。

・ノギスの使い方

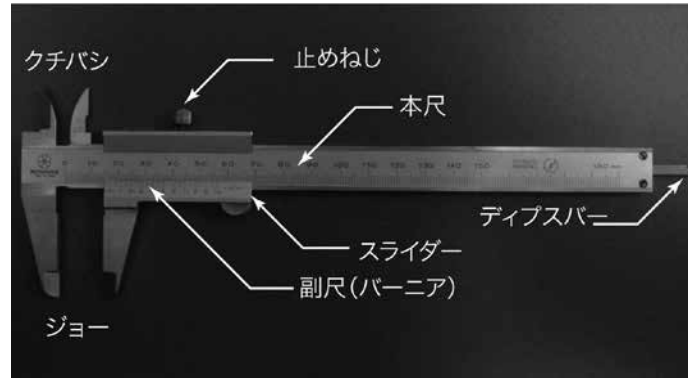


図1 ノギスの各部位の名称

ノギスは外径測定、内径測定、深さ測定、段差測定の4種類の測定ができる。外径を測定する場合の手順を以下に示した。

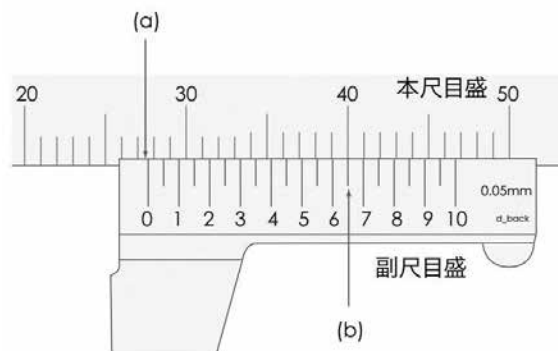


図2 ノギスの本尺と副尺

- ① 測定箇所をジョーで挟む。
- ② 副尺のゼロ0の目盛線の位置の本尺の目盛りの数値を読み取る。ノギスが図2の場合、(a)の位置の数値を読む。図2の場合、副尺のゼロ0の目盛りが本尺の27mm-28mmの目盛りの間にあることが分かるので測定している対象物の外径が27.〇〇mmであることがわかる。
- ③ 本尺の最小目盛り以下の値を読む場合、本尺目盛と副尺目盛が一致している所を探し、その副尺の目盛を読む。図2の場合は、0.65で一致している。このノギスの副尺1目盛りは0.05mmなので、本尺の最小目盛り以下の値は0.65mmであるとわかる。
- ④ 本尺の読みと副尺の読みを足して測定値を出す。図2の場合は、本尺27mmで、副尺は0.65mmなので合計27.65mmとなる。

- (1) ノギスを使って測定を行ったところ図3のようになった。この測定箇所のおおよその大きさは何 mm か答えなさい。

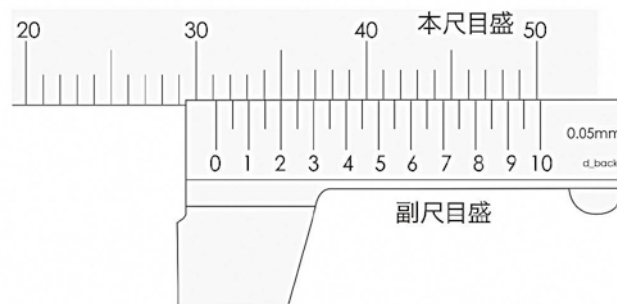


図3 ある観察物の測定結果

- (2) 下の枠内の方法にしたがって、富富富、コシヒカリ、インディカ米の玄米の粒長、粒幅、粒厚を測定し、結果を別紙方眼紙に表をつくり記入しなさい。

[材 料] ^{たねもみ}種粃（富富富，コシヒカリ），玄米（インディカ米）

[器 具] ノギス，ピンセット，シャーレ，ガムテープ
マスキングテープ

[方 法]

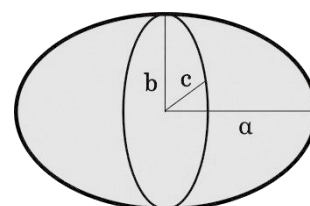
ア 富富富，コシヒカリの種粃から ^{もみがら} 粃殻 を外し，玄米の状態にする。

イ 富富富，コシヒカリ，インディカ米の玄米の粒長と粒幅と粒厚を一つの品種につき5粒ずつ測定し，測定の結果を別紙方眼紙に表を作成してまとめる。

ウ イで測定した結果をもとに，粒長，粒幅，粒厚の平均値を求め，結果を別紙方眼紙に記入する。

- (3) 米粒はおおよそ楕円体の形をしている。楕円体は以下の式①で求めることができる。(2)で調べた品種について(2)の平均の数値を用いて，玄米のおおよその体積を計算しなさい。

$$\frac{4}{3}\pi abc \dots\dots\dots \text{①}$$



(4) イネでは、種子である米が成熟する登熟期に高温条件にさらされると、米が白濁したり、米の重量が低下したりする高温登熟障害という障害が起こる。

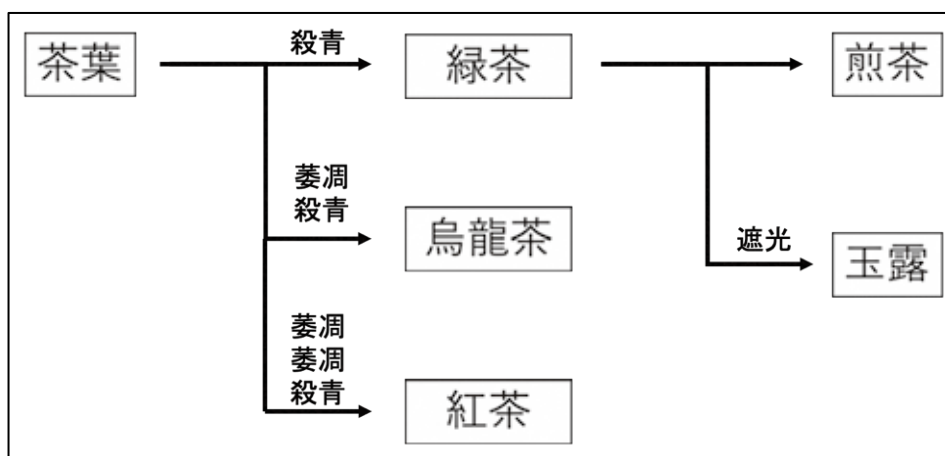
- ① 正常な米では、**図4**の整粒中央部位で示したようにデンプンの粒が隙間なく詰まっている。一方、高温登熟障害によって白濁した米では、**図4**の白濁部位で示したようにデンプン粒の充填が崩れ、多くの隙間が観察される。このように米が白濁する原理を考察しなさい。

著作物引用箇所のため非公表

図4 高温登熟によって生じた白濁粒（左上）と整粒（右上）

- ② 高温により玄米の重量が低下する理由を説明しなさい。

- 4 緑茶，烏龍茶，紅茶は同じ茶葉から作られるが，製造工程が下記のように異なっている。アキラとカオルは，お茶の種類によって色が異なる理由を調べるため，薄層クロマトグラフィーという方法で，お茶の葉に含まれる光合成色素を分離した。



- (1) 下の枠線のア～キの方法にしたがって，それぞれのお茶の光合成色素を分離しなさい。

〔材料〕 玉露，煎茶，紅茶，烏龍茶（それぞれ粉末にしたもの）

〔器具〕 茶葉の粉末が入ったマイクロチューブ 4 本

（玉露【赤ラベル】，煎茶【青ラベル】，紅茶【黄ラベル】，烏龍茶【緑ラベル】）

抽出液（ジエチルエーテル）が入った試験管（1本），駒込ピペット（1本），TLCプレート（予備含め4枚），綿棒（予備含め6本），ものさし，鉛筆，ピンセット，展開溶媒（石油エーテル：アセトン＝6：4）が入った展開管（2本），ゴム栓（2個），展開管立て（1），透明テープ

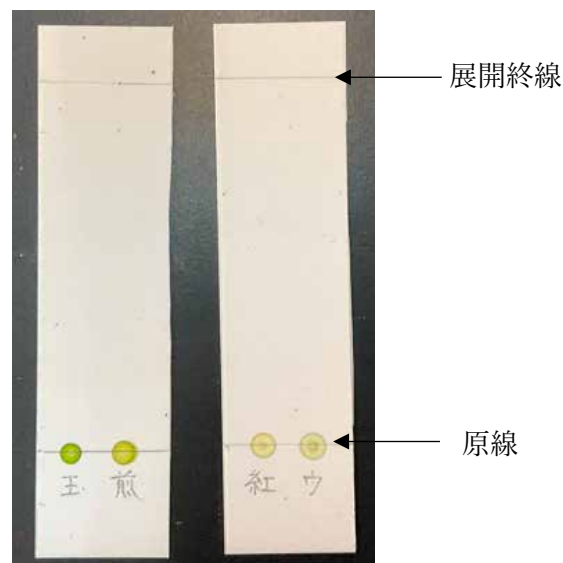
〔注意事項〕

抽出液のジエチルエーテル，展開溶媒の石油エーテル，アセトンは揮発性の高い有機溶媒である。液が入っているマイクロチューブや展開管は必ず栓をすること。また実験途中で揮発により栓がはずれてしまった場合，速やかに栓をすること。実験後も同様とする。

〔方法〕

- ア 茶葉粉末が入ったマイクロチューブ 4 本に，抽出液を 1.5mL ずつ加え攪拌し，5分程度静置させる。
- イ 2枚のTLCプレートの白い面に，下から 2cm に鉛筆で線（原線）を，下から 9cm に線（展開終線）を書く。
- ウ アで抽出したそれぞれの上澄み液を綿棒で吸い取り，次ページの図のように2つのプレートに分け，TLCプレートの原線に押しつけ，色素液のスポットを作る。乾いた後，8回繰り返す。またスポットがどの抽出液かわかるように，原線より下に鉛筆で記入しておく。

エ スポットをつけた2枚のTLCプレートを、ピンセットを使ってそれぞれの展開管に静かに入れ、ゴム栓をする。この際、原線が展開液に浸らないように注意する。展開中は、展開管を試験管立てに立てたままとし、動かさない。



オ 溶媒前線（展開液の染みこんだ上端）が9 cmの展開終線に達したら、ピンセットでTLCプレートを展開管からすみやかに引き出す。

カ 右図のように、分離した各色素の輪郭を鉛筆で囲み、色素横に番号を記入する。色素番号は展開終線側から1・2・3～とする。

キ TLCプレートの展開面を透明テープで全て覆うようにして、解答用紙の添付欄に貼り付ける。



(2) 図5と自分のプレートの結果を比較し、各色素の名称を推定し、解答欄に記入しなさい。なおクロロフィルaの上部に見られる灰色の色素はフェオフィチンと呼ばれ、図6のようにクロロフィルaのMgが2個のHに置き換わったものである。その多くは作業中に生じる。

著作物引用箇所のため非公表

図5 主な海藻及び代表的な植物に含まれる主な色素および薄層クロマトグラフィーによる分析

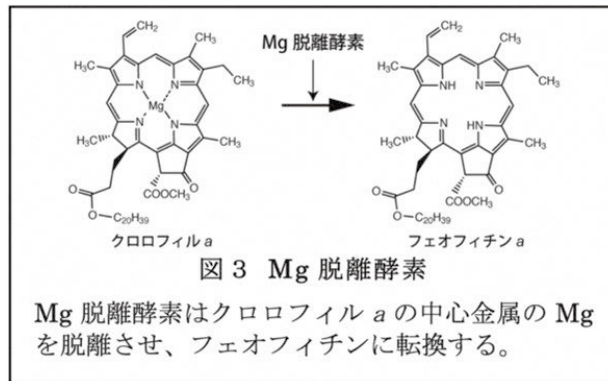


図6(出典先:科学研究費助成事業 研究成果報告書 北海道大学・低温科学研究所・教授 田中 歩

<https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-PROJECT-24370017/24370017seika.pdf>)

- (3) TLCプレート表面にはシリカゲルが塗布してある。シリカゲルは乾燥剤として用いられることが多く、水を吸着しやすい物質として知られている。なぜ有機溶媒をプレートが吸い上げると色素が分離するか答えなさい。
- (4) (2)の結果をもとに、茶葉による色の違いの原因について説明しなさい。
- (5) 玉露の葉は栽培の途中から日光に当てずに育てた葉が使われる。一般的に玉露は緑茶の中でも濃い緑色をしているとされるが、日光を遮ることで色が濃くなる理由を考察しなさい。
- (6) 煎茶、烏龍茶、紅茶は全て同じチャノキの葉から作られている。摘んですぐに加熱(殺青)したものが緑茶、摘んだ葉をしおらせて(萎凋)から殺青したものが烏龍茶、さらに萎凋してから殺青したものが紅茶となる。なぜ萎凋にかける時間の長さを変えることによって色が変わるか説明しなさい。

