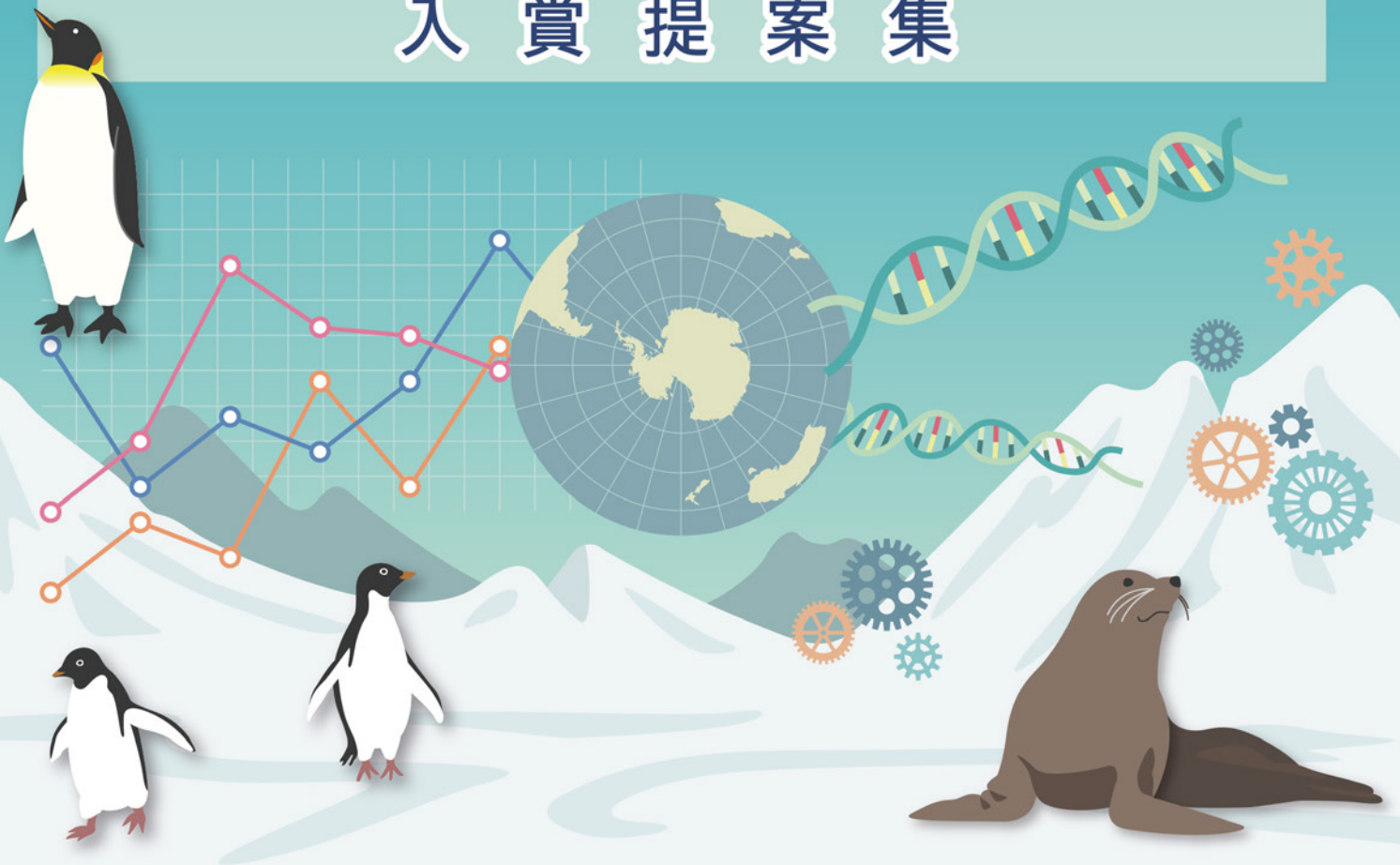


第16回 中高生 優秀な提案を
南極・北極で実施します!

南極・北極 科学コンテスト

入賞提案集



ご 挨拶

中高生のみなさん

本年第 16 回を迎えた中高生南極北極科学コンテストには、全国 34 校から 215 件の応募がありました。多数の応募者の中から受賞されたみなさん、おめでとうございます。その発表の場である南極北極ジュニアフォーラムではいろいろなスタイルでいろいろな提案を伺うことができました。ありがとうございました。

本年は天皇陛下が即位され、令和の時代が始まりました。私事ですが、私が大学の教員となりプロの科学者となったのが平成元年の 4 月です。皆さんは私がこれまでに科学者としてもっとも嬉しいと感じたことはどんなことだと思いますか。実験で良い結果が出たこと、素晴らしい論文が発表できたこと、そして賞をもらったこと、あるいは南極や北極で大自然に触れたことでしょうか。どれも嬉しいのですが、一番嬉しいのは海外の科学者と自由に議論ができ、友情を深めることができることです。国と国との関係には複雑な事情があり、その時々によって必ずしも日本と良好な関係でない国もあるものです。しかし、科学者にはそういうことは関係ありません。自然科学を相手にすれば、誰もが自由に議論に参加でき、国境を感じません。例えば、宇宙開発が始まったのは 1950 年代、東西冷戦の真ただ中でした。それでも科学者は東西の壁を乗り越えて宇宙の科学を議論する国際会議を立ち上げ、世界の科学者が議論する場を今日まで持ち続けました。この国境のない議論の場は今日の宇宙科学の発展に大きく貢献していると思います。

研究者の国際連携、そのもっともよい例は南極観測です。南極観測研究は一種の国際競争という側面もありますが、むしろ巨大な自然を相手にした国際協調の場というのがふさわしいと思います。自然の厳しい南極では、他のどの地域よりも国際協力が実践されています。南極が国境のない大陸で、科学活動の自由や協力の場であることを定めた「南極条約」が署名されてから、令和元年はちょうど 60 周年になります。12 か国で始まった条約は現在では南極観測を実施する 54 もの国が参加する大所帯になっています。南極での科学に興味を持った皆さんにこのような歴史もこの機会に少し勉強していただければ大変嬉しく思います。

最後になりましたが、文部科学省研究開発局海洋地球課をはじめ、ご来賓のみなさま、引率の先生方、保護者の方々、お休みのところ南極北極ジュニアフォーラムにお越しいただきありがとうございました。また、文部科学省、日本学術会議、公益財団法人日本極地研究振興会からのご後援に対しても、厚くお礼を申し上げ、ご挨拶としたいと思います。

情報・システム研究機構 国立極地研究所
所長 中村卓司

も く じ

■ 入賞提案

優秀賞・南極北極科学賞

- ・極域のマイクロプラスチックとプランクトン調査 01

優秀賞・南極科学賞

- ・アデリーペンギンも隊員さんも、シロクマも“クール”？ 07
- ・水の冷却時に見られる温度変化 15

優秀賞

- ・南極で雷は起きるのか？ 21

奨励賞

- ・南極の大気中の NOX、降雪の pH、バイオエアロゾル粒子の量を明らかにする 25
- ・南極で快適な睡眠を手に入れる！ 31
- ・不凍タンパク質のがん治療への応用 37
- ・ドローンで隕石を探査できるか 43
- ・酢酸菌由来のセルロース膜を用いた逆浸透膜法による北極の環境改善策 47
- ・海氷の塩分濃度の測定は海面上昇の予測につながるのか？ 53

■ 応募提案一覧（受賞・掲載不許可分を除く） 59

■ 審査委員会委員 実行委員 63

■ 募集要項 65

入賞提案

極域のマイクロプラスチックとプランクトン調査



提案者 化学・生物部
大塚 天誠 / 関野 怜威

学 校 山口県立山口高等学校 1年

提案者コメント

今春から試行錯誤しながら進めてきた研究が評価され、私達が考えた装置を実際に極地海域で実験していただけて光栄です。全ての国が協力して取り組む必要のあるプラスチック問題を考えるきっかけになればよいと思います。

1 提案の目的

マイクロプラスチックなどの海洋プラスチック汚染は、深刻な海洋環境問題として注目されている。ところが、日常生活の中で、マイクロプラスチックについて意識する場面は少ない。世界中で協力して取り組むためには、多くの人がマイクロプラスチックの脅威を実感することが重要だと考えた。

海洋を漂うマイクロプラスチックの調査は、濾水計を付けたニューストーンネットを船で曳航して採集する方法などで行われる¹⁾。この方法は、環境中のマイクロプラスチックを定量することができるが、高校生には船を用いた実験を行うことは難しい。そこで、私たち自身で行うことができる簡便なマイクロプラスチックの定量調査方法を開発した。本提案では、私たちが調べたマイクロプラスチックの調査結果と、極域における調査結果を比較し、地球全体での分布状況を把握することを主な目的とする。同時に、プランクトンについても調査し、極域の生態系について考察したい。

2 提案をひらめいたきっかけ

ウミホタルを採集するため学校の近くの海岸へ行った際、砂浜にプラスチックゴミが打ち上げられている状況を目にした(図1~3)。近年、マイクロプラスチックのニュースを耳にする機会が増えているが、これまでは遠い場所で生じている問題だという感覚を持っていた。しかし、ウミホタルが生息するきれいな海岸に打ち上げられたプラスチックゴミを目にし、これは私たちの身近な場所で生じている重大な課題だと実感した。私たち自身で実施できる調査方法を開発することができれば、今後、継続してプラスチックゴミに関する研究に取り組めると考えた。こうして、私たちの研究はスタートした。



図1 ウミホタルの美しい光



図2 ウミホタル



図3 海岸のプラスチックゴミ

3 予備実験

(1) マイクロプラスチックの調査方法（浮遊物捕獲ネット）の開発

① ネット部分の作製

網目が $250\mu\text{m} \times 250\mu\text{m}$ のネットを二等辺三角形に切り取ったものを4枚用意し、これらをホットボンドで接着する(図4)。

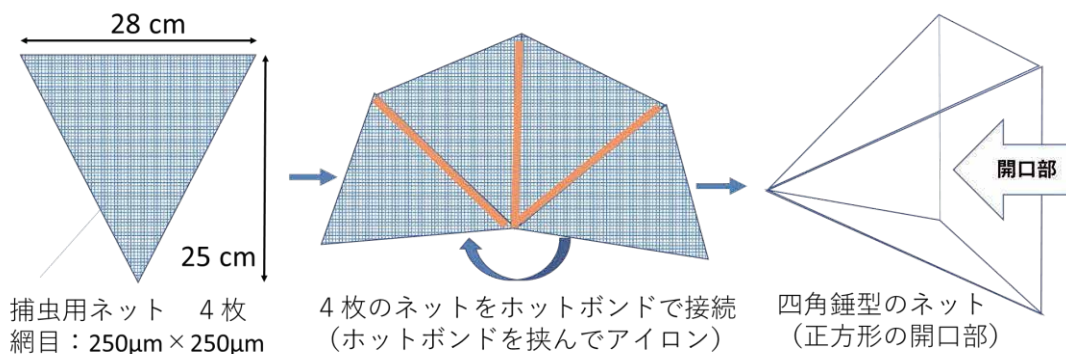
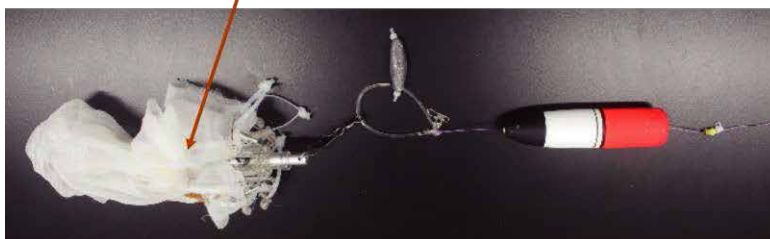


図4 浮遊物捕獲ネットの製作方法

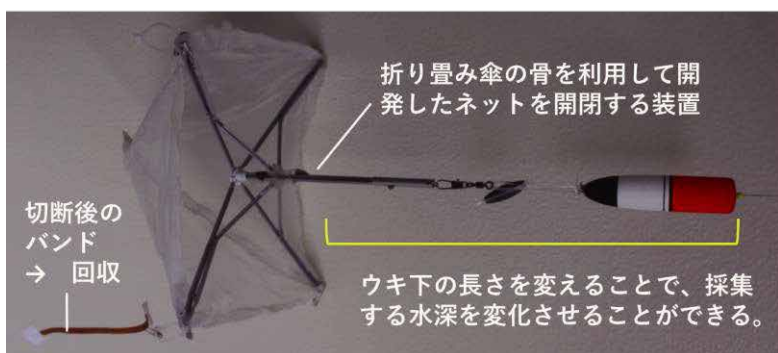
② 仕組み



釣り竿で飛ばす時に開かないようにするバンド
 ゴムバンドの一部に和紙を利用 → 吸水すると弱くなる。
 竿を強く引いた時に傘が開く力が作用し、和紙の部分が断裂する。
 安全ピンで固定しているので、和紙とゴムバンドの両方を回収できる。



釣り竿で飛ばす。着水後、竿をしゃくって傘を開く。巻き数を数えながらリールを巻いて引き寄せる。巻き数から距離を求め、ネットの面積を掛けてろ過した海水の体積を求める。



この装置で捕集したマイクロプラスチック

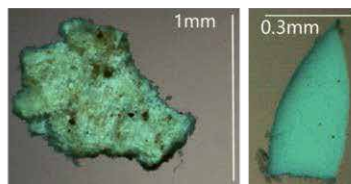


図5 浮遊物捕獲ネットの構造と仕組み

③ 使用方法

ネットを取り付けた折り畳み傘の骨を畳み、広がらないようにゴムバンドを掛ける。これを先端に取り付け、投げ釣りの要領で遠くへ飛ばす。着水後10秒程度経ってから釣り竿をしゃくってゴムバンドの和紙の部分を切断し、水圧で傘を開かせる。なお、和紙の部分は切断しても小さな紙片に分断することはないので海中にゴミは残らない。リールの回転数を数えながら巻き取り、ろ過した距離を算出する(図6)。



ネットを遠投 → しゃくってネットを開く → 距離を計測して引き寄せ → ろ過により濃縮

図6 浮遊物捕獲ネットを用いた調査方法

(2) 予備実験の内容 (2019年8月実施)

【調査地点】プラスチックゴミの流入や波の高さが異なる以下の2地点を選んだ。

山口市秋穂：瀬戸内海に位置し、海外からのプラスチックゴミの流入は少ないことが予想される。波高は低い。(以降山陽とする)

萩市大井：日本海に面し、アジア諸国からのプラスチックゴミが流入しやすい。海岸には外国語が書かれた洗剤の容器などが漂着している。波高は高い。(以降山陰とする)

【調査日】 2019年8月（山口高校では2017年4月からマイクロプラスチックについての調査を継続している²⁾。今回示したデータは2019年のもの。）

【方法】

① 海水中のプラスチック

開発した浮遊物捕獲ネットを用いて、海水中のプランクトンやマイクロプラスチックを捕獲した（前述の方法を参照：手順は図6のとおり）。引き上げたネットを汲み置いた海水中で濯いで捕獲した物を遊離させ、この汲み置き水を網目 $15\mu\text{m}\times 15\mu\text{m}$ のネットですろ過して濃縮し、プラスチック片やプランクトンを確認した。検鏡後、大きさを計測して記録した。記録後、乾燥させて重量を測定したろ紙（ADVANTEC2）を用いてプランクトンを含む海水をろ過し、乾燥後に重量を測定することで、プランクトンの乾燥重量を求めた。

② 海岸に打ち上げられたプラスチック

海岸にて、最高潮位線（満潮の際に漂流物などで引かれる線）の部分に、30cm四方のコドラートを1mの間隔で10区画設置した。各区画において、地面から5cmの深さまでの砂をバットにすくい取り、肉眼にてプラスチック片を探した。区画毎に、プラスチック片の数と大きさを計測した。

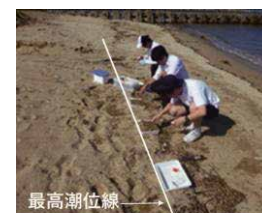
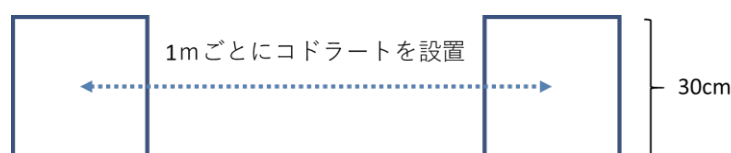


図7 海岸におけるプラスチック片の調査方法

③ 二枚貝（イガイ）の体内のプラスチック

防波堤のコンクリートに接着しているイガイを採集し、ノギスを用いて殻高、殻長、厚みを計測した。その後で、消化管を取り出し、内容物を顕微鏡で観察した（図8）。



図8 顕微鏡観察

【結果】

① 海水中のプラスチックとプランクトン

プランクトン量は山陽の方が山陰より有意に多かった（t検定，5%水準）（図9）。山陽では、植物プランクトンが特に多かった。また、プラスチックは山陰の方が多く、 1m^3 あたり4.3個であった。この値は、日本海におけるマイクロプラスチックの調査結果（ $1\sim 10\text{個}/\text{m}^3$ ）³⁾の範囲であり、方法の妥当性が検証された。

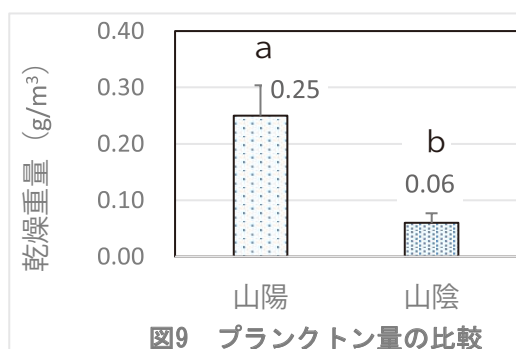


図9 プランクトン量の比較

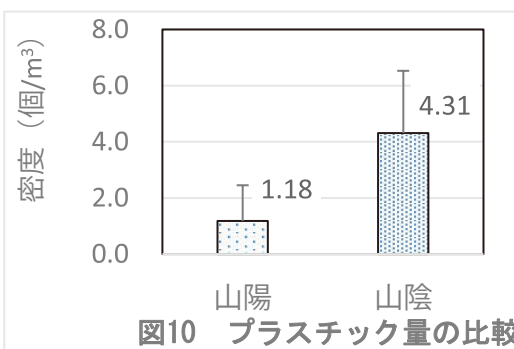


図10 プラスチック量の比較

グラフ中の数字は平均値，バーは標準偏差，アルファベットは有意差を示す

表1 浮遊物捕獲ネットで捕獲したプランクトン⁴⁾

山陽のみ出現（7種）	山陰のみ出現（7種）	両方に出現（2種）
<i>Chaetoceros atlanticum</i>	<i>Favella campanula</i>	<i>Stephanopyxis palmeriana</i>
<i>Ceratium fuscus</i>	<i>Calanus minor</i>	<i>Rhincalanus cornutus</i>
<i>Obelia sp.</i>	<i>Gotoea typica</i>	
<i>Chaetoceros distans</i>	<i>Ocyropsis</i>	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Thalassiosira pacifica</i>	
<i>Gyrosigma fascicola</i>	<i>Ceratium macroceros</i>	
<i>Tnalassionema nitzschioides</i>	<i>Calanus finmarchicus</i>	

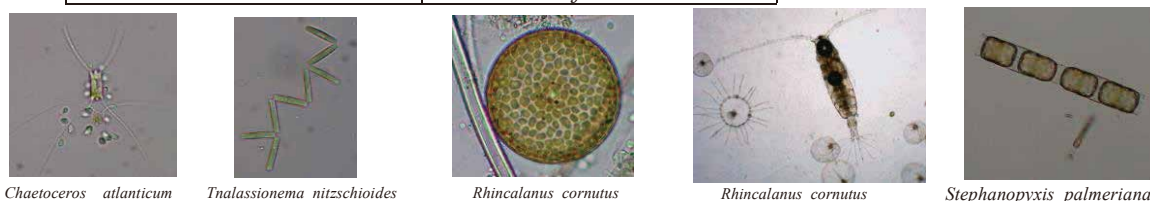
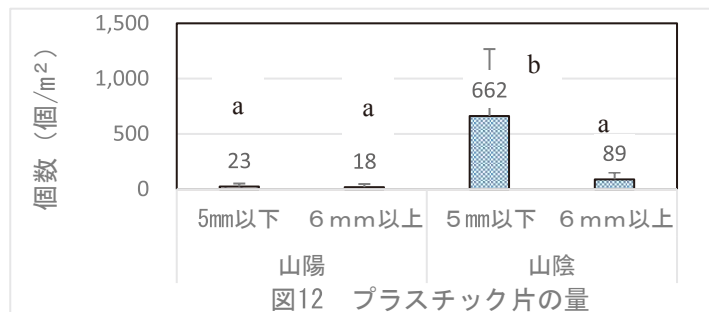


図11 出現したプランクトン

② 海岸に打ち上げられたプラスチック

打ち上げられたプラスチックは、山陽より山陰の方が多かった（分散分析 5%水準）。特に、山陰には 5mm 以下の物が有意に多かった（Bonferroni 1%水準）（図12）。



③ 二枚貝（イガイ）の体内のプラスチック

イガイの腸内を観察したところ、プラスチックと思われる物体は見つかるが、多くの物の中で識別することが困難であった（図14）。プラスチックを確実に識別できるように、識別方法を改善したい。なお、大きさは、山陽の方が山陰のものより有意に大きかった（図15, t検定 5%水準）。



図13 イガイ

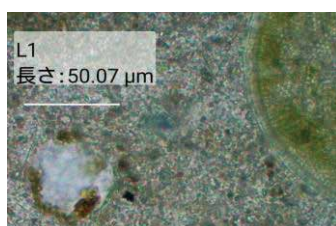


図14 腸の内容物

（左：山陽，右：山陰）（プラスチック様の白い物体）

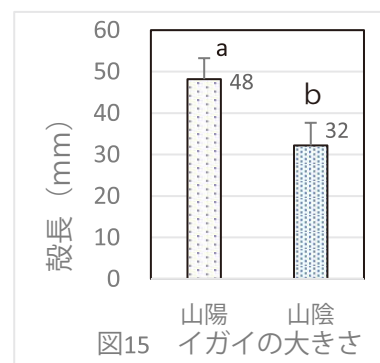


図15 イガイの大きさ

【考察】 海岸のプラスチックは山陰の方が多く、小さかった。海流によって多くのプラスチックが漂着し、さらに波や風によって小さく粉碎されたと推察される。なお、山陽にはプランクトンが多く、イガイも山陽の方が大きかった。このことから、瀬戸内海に流入する栄養塩類によって植物プランクトンが増殖し、消費者が餌として利用していると考えられる（図13, 図15）。



図16 山陰砂浜のプラスチック(1区画分)

4 極地での実験

【目的】

極域、あるいは、観測隊が極地へ向かう航路において、浮遊物捕獲ネットを用いたマイクロプラスチックとプランクトンの調査を実施する。結果から、極域におけるマイクロプラスチック、及び、プランクトンの分布や移動の状態を明らかにすると同時に、マイクロプラスチックを削減することの重要性を多くの人に知っていただく機会とする。

【方法】

浮遊物捕獲ネット、釣り竿、リール、和紙を付けたゴムバンド、濃縮用ネットを観測隊に届ける。これらの道具を使って、図6に示した方法で調査していただく。南極大陸や北極に近い場所が氷で覆われて調査を実施できない場合、氷に穴を開けて浮遊物捕獲ネットを鉛直方向へ垂らして調査する。深さを変えながら調査すれば、プランクトンやマイクロプラスチックの鉛直方向での分布状況について情報を得ることが期待できる。

なお、今回提案する装置は、簡単な構造でありながら、浮遊物捕獲ネットを巻き取る際のリールの巻き数から定量的な調査を実施できる点が優れている。また、極域を汚染しないようゴムバンドなども回収するよう配慮している。

【予想される結果】

南極にはナンキョクオキアミが多く生息していることから、植物プランクトンなどが多く捕獲されると思われる。また、海流によってマイクロプラスチックが極域にも運ばれており⁵⁾、今回のような簡便な方法でも採集されると予想する。

【啓発活動】

今回の方法で実際にマイクロプラスチックの存在を確認できた場合、南極での実験の様子を記録し、プラスチック削減に関する啓発活動に活用する。

山口県での調査の結果、30cm四方の小さな区画の中にも多くのプラスチックがあった(図16)。この量を目の当たりにし、緊急に取り組むべき課題であると実感した。

5 謝辞

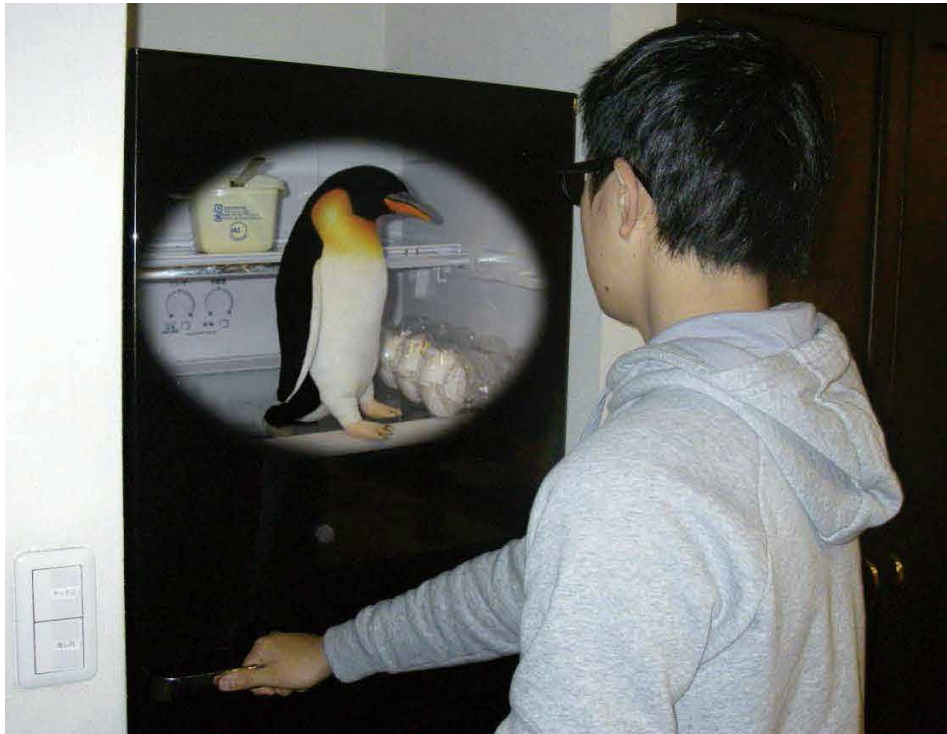
浮遊物捕獲ネットの開発にあたり、山口高等学校の安富優児先生から、波の性質について教えていただきました。この場をお借りしてお礼申し上げます。

6 参考文献

- (1) 磯辺篤彦, 内山(松本)香織, 内田圭一, 東海正. 南極-東京航路でのマイクロプラスチック観測
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/103811.pdf> (参照 2019年9月5日)
- (2) 石川望都也, 上田晃綺, 大上幸一郎, 木村一真. プラスチックが環境に与える影響
 山口県立山口高等学校平成29年度課題研究論文集, pp. 9-20
- (3) 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書. 沿岸から大洋を漂流するマイクロプラスチックの動態解明と環境リスク評価, 平成27年度~平成29年度, 代表機関九州大学
- (4) 山路勇. 日本海洋プランクトン図鑑 第3版
 保育社 平成8年2月1日発行
- (5) 高田秀重. マイクロプラスチック汚染: 地球規模での汚染, 経時的トレンド, 解決への方向性

優秀賞・南極科学賞

アデリーペンギンも隊員さんも、シロクマも“クール”？



提案者 富田 慶介

学 校 群馬大学教育学部附属中学校 3年

提案者コメント

提案書を書くことで、ペンギンの保温性を高める仕組みが良くわかりました。また、授業で学んだ放射冷却について理解を深めたり、対照実験の重要性に気づいたりすることもできました。エンペラーペンギンとアデリーペンギンで保温能力に差があるのか、隊員さんの防寒服はエンペラーペンギンと比べるとどのくらいの保温性能なのか、サーモグラフィカメラの実験・観察画像が届くのを楽しみにしています。

アデリーペンギンも隊員さんも、シロクマも“クール”？

(1) 提案の目的

南極の冬、極寒の中でエンペラーペンギンの体表温度が周囲の気温より低い¹のは、エンペラーペンギンだけが持つ特徴なのかを検証する。

(2) 提案がひらめいたきっかけ

2013年の新聞に次の記事²が載ったことを知った。

ペンギンはやはり最高に「クール」な鳥だった——。英国などの研究チームが、南極にすむペンギンの体表温度を測ったところ、周囲の温度より低くなっていることが分かった。冷たい空気から熱を奪われるのを防ぐのに役立っているようだ。

チームは、コウテイペンギンのオス40羽の熱イメージ画像を撮影。周囲の気温と比べた。平均気温は零下18度で、くちばしや目の周り

は気温より高かったが、背中やおなかの表面は周囲の気温より4~4.8度も低かった。ペンギンの体表が冷えるのは、地面が熱を放出し、空気よりも温度が下がる放射冷却と同じ仕組みとみられる。

最初にこの記事を読んだとき、エンペラー(コウテイ)ペンギン自身が体表を気温以下にするために、“放射冷却”をおこなうのかと思った。

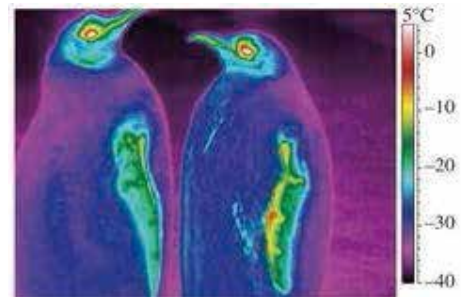
“放射”は、中学3年1学期に授業で学んだばかりである。ここでいう“放射冷却”は、右図³の原理でおこる気象現象のことだとわかった。

中学1年で、恒温動物・変温動物について学習した。ペンギンは鳥類なので恒温動物である。そこで、「地面が温まる代わりに、ペンギンの体温が“放射冷却”を引き起こす」のではないかと考えた。しかし、放射冷却は生物が引き起こしているわけではない。

つまり、エンペラーペンギンは「自ら体表温度を気温以下にすることで体内の熱を逃がさない」のではなく、「極寒の放射冷却による低温に耐えられるように、断熱・保温性の高いつくりをしている」ということになる。

次の疑問が湧いた。

- 疑問①：南極にはエンペラーペンギンのほかにアデリーペンギンがいる。アデリーペンギンもエンペラーペンギンと同じように“クール”なのだろうか。
- 疑問②：気温が低くても放射冷却が起こらなければ、エンペラーペンギンの体表は気温よりも低くなることはないのだろうか。
- 疑問③：ホッキョクグマの体表温度も放射冷却時には、気温よりも低くなるのだろうか。



(3) 提案を南極や北極で行う方法

サーモカメラを使って、次の観察・記録を行う。

【南極で】

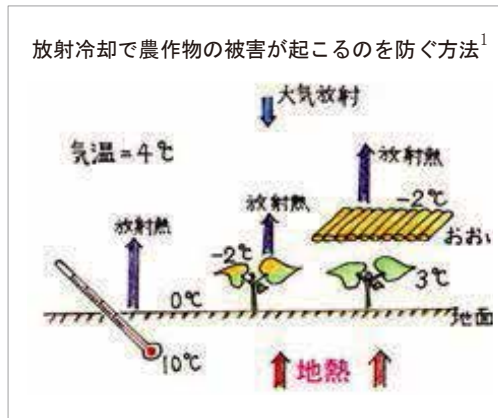
放射冷却が起こっているときに、

① アデリーペンギンを新聞記事のエンペラーペンギンと同じように撮影する。

② 放射冷却は右図の方法で防げる。エンペラーペンギンとアデリーペンギンの剥製、あるいは表皮の一部を、屋外で屋根のある場所に置いたり断熱性のある傘などをさしたりして、放射冷却を防いで撮影し、気温と比べる。

③ 隊員さんの防寒服でも①、②をおこなう。

※撮影データをリアルタイムで送ってもらい、その結果から、必要に応じて、観察・実験を追加提案したい。



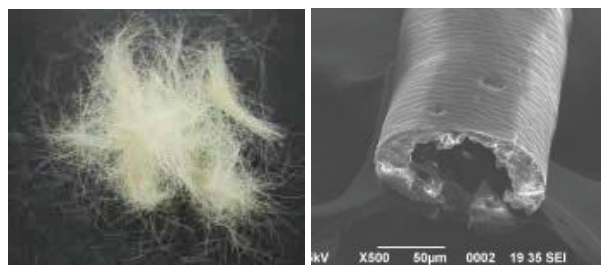
【北極域で】

④ ホッキョクグマをサーモカメラで観察・記録する。

ただし、ホッキョクグマの体毛は、

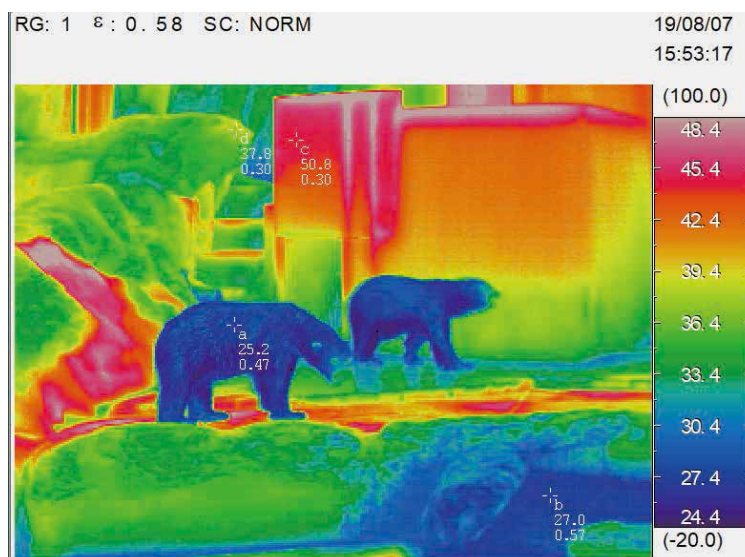
中空構造のため、赤外線カメラによる空中撮影の際は雪の反射光に遮られ、ほぼその姿をとらえられない。⁴ そうだ。

上野動物園のシロクマをサーモカメラで観察すると、暑い日の陸にいるのに、本当に水の表面と同じ温度に写っている。



札幌市丸山動物公園／ホッキョクグマ¹より

ホッキョクグマの体表温度をサーモカメラで測定できる方法を確認する必要がある。



(4) 予備実験など

【冷凍倉庫で】

放射冷却の原理からすると、屋内では、物体の表面温度は気温よりも低くなることはないと思う。そこで、冷凍倉庫の中でサーモカメラを使って、次を観察・記録しておく。

- ① エンペラーペンギンの剥製，もしくは，体表の一部の表面温度
- ② アデリーペンギンの剥製，もしくは体表の一部の表面温度
- ③ 昭和基地で使用する防寒服の表面温度
- ④ ホッキョクグマの剥製，もしくは体表の一部の表面温度

【動物園や水族館で】

水族館や動物園にいるエンペラーペンギン，アデリーペンギン，ホッキョクグマをサーモカメラで観察・記録する。特に，放射冷却が起こっているときの気温と体表温度を観察・記録する。北海道の動物園や水族館に両ペンギンがいれば，と思ったが，どちらも北海道にはないようだ⁵。

ホッキョクグマは，北海道でも複数の動物園で飼われているという。季節・気温，昼，夜の違い，放射冷却時の写り方を確認して，体表面温度を正確に知る方法を考えたい。

【ペンギンの防寒対策について】

なぜ，エンペラーペンギンは放射冷却にも耐える断熱性を見につけているのだろうか。中学1年の国語の教科書に「ペンギンの防寒着」という文章が載っている。ここでは，ペンギンの保温性の高さの理由の第1は，羽根のつくりにあると説明している。

『現代の国語1』(三省堂)

南極のペンギンたちは、真冬にはマイナス六〇度にもなる厳しい寒さの中で暮らしています。人間であれば、ダウンジャケットや厚手のコートなどは外に出ることさえできない寒さです。

ペンギンたちはどのようにしてこの厳しい寒さをしのいでいるのでしょうか。彼らの体に備わった保温のしくみを探っていきましょう。

一つめは羽根です。 ペンギンは鳥類に属していますが、その羽根は空を飛ぶ鳥のものとは少し違います。一枚一枚の羽根が小さくびっしり生えています。ペンギンの体をほぼすき間なく覆っているこの羽根は、水にぬれたり海中に潜って水圧がかかったりすると、まるで全体が一枚の柔らかい布のようにつながるといっていいかもしれません。つまり、ペンギンの羽根は、防水性のコートやウエッドスーツの役目を果たしているのです。一枚の皮のようになつた羽根は、外からの寒さを防ぐとともに、その下の皮膚との間に空気を閉じこめて、体温の低下を防ぐ空気の層をつくります。成鳥のペンギンの場合、保温効果全体の八〇〜九〇パーセントが、こうした羽根のしくみによるものとされています。

それでは、まだしっかり羽根の生えていないヒナの場合などではどうなるのかと疑問を抱く人もいるでしょう。

その疑問を解決するのが**二つめ**の保温のしくみ、脂肪層です。例えは、キングペンギンのヒナの場合には、体重の約四〇パーセントを占める脂肪層が保温効果の主役となります。

この脂肪層は、ヒナだけでなく成鳥のペンギンにとっても重要なのです。例えは、エンペラーペンギンの場合には、マイナス六〇度・秒速五〇メートルを超える吹雪の中、卵やヒナを観るのたんだ皮で覆うようにして温める

問いをつかむ

●問い、白眉線部分に示されているような問題について述べている文章のなかをつかましましょう。

問いをたどる

●一つめは、第二に、まず、その順序をたどってこの文章をよみ、文章の展開を追いかけましょう。

全体で読める文章

●本題と関係のある文章を、読み手を引きこまそうにしています。

具体的な数字や名詞

●わかりやすくしり、読者の興味を引くために、具体的な数字や名詞が用いられています。それらが何を意味しているのかを考えてみましょう。

ペンギンの羽根のつくりについて調べてみた⁶。

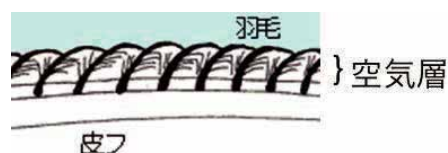
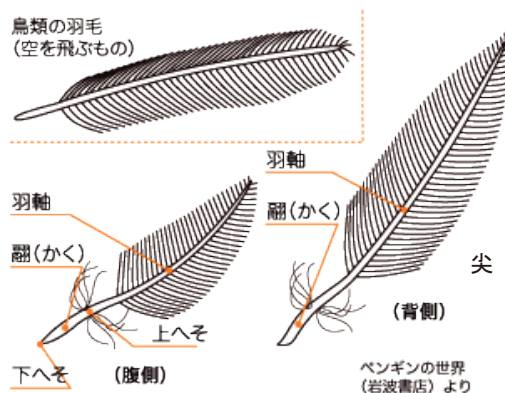
ペンギンの羽根は空を飛ぶ鳥のものと少し違う。一枚一枚の羽根が小さくびっしり生えている。また、形に注目すると羽軸を中心に左右対称になっている。飛翔能力のある鳥の羽根は左右比対称だから揚力を生む。空を飛ばないペンギンにはそういう羽根はいない。

羽軸の根元に見られる綿状の羽毛も長くよく発達している。固く、左右対称の羽弁は、顕微鏡で見ると先端にカギ状の細い突起が無数についている。ペンギンの体をほぼ隙間無くおっているこの羽根は、水に濡れたり水圧がかかったりすると互いにカギ状の突起が絡まり合い、まるで全体が一枚の柔らかい布のようにつながるとい仕組みだ。陸上でも、羽根の付け根の筋肉を動かすことによって、体の一部や全体の羽毛を立たせたり倒したりする事ができる。

寒い時には、羽根を倒し、暑くなれば羽根を起こして冷たい外気を羽毛の根元まで入れて熱を逃せば良い。

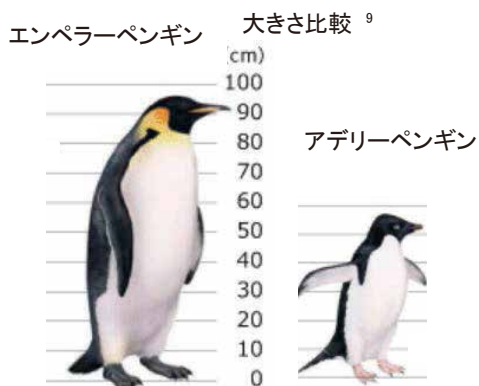
羽根を寝かせた時、羽根のバリアと皮膚との間に閉じ込められた空気の層ができる。これが断熱効果をさらに高める。ペンギンの成鳥では、保温効果全体の80~90%を羽根と空気層とによる断熱効果によって得ているようだ。

つまり、右図⁷のように、空気の層がつけられ、これが高い断熱・保温効果を生みだしていることになる。



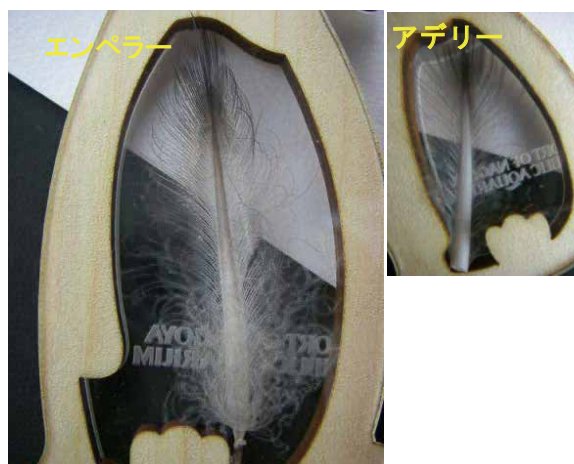
【ペンギンの羽根の観察】

水族館のミュージアムショップ⁸で、エンペラーペンギンとアデリーペンギンの実物の羽根入りキーホルダーを購入した。ペンギン自身の大きさが違うように、羽根の大きさにも差がある。



【羽根のつくりからの予想】

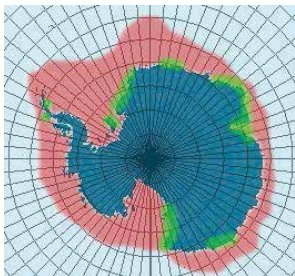
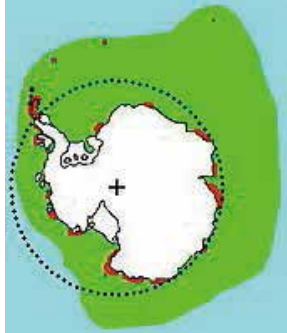

エンペラーペンギンの羽根の根元側には、ふわふわの羽毛がある。空気をたくさん含んで断熱性・保温性が高そうだ。これに対し、アデリーペンギンの羽根にはエンペラーペンギンのような、ふわふわの羽毛が見られない。アデリーペンギンの羽根は、エンペラーペンギンの羽根よりも断熱性・保



温性が低いように見える。

エンペラーペンギンの繁殖地は、アデリーペンギンよりも内陸側にある。

12

エンペラーペンギンの生息地 緑が繁殖地 ¹⁰	アデリーペンギンの生息地 赤が繁殖地 ¹¹	日本の観測基地 ¹²
		

社会科で、海辺よりも内陸の方が寒暖の差が激しいこと、理科で、陸と海との温まり方・冷え方の違いを学んだ。内陸で繁殖するエンペラーペンギンの方が、海岸近くで繁殖するアデリーペンギンよりも断熱・保温効果が高い羽根のつくりをしても不思議ではない。

アデリーペンギンは夏に地面が露出した海岸で繁殖するが、コウテイペンギンは零下数十度の冬の氷原で繁殖を始める。このためコウテイペンギンは「世界でもっとも過酷な子育てをする鳥」と呼ばれることがある。¹³

キーホルダーのアデリーペンギンの羽根をよく見ると、軸の根本側がカットされて、羽毛部分が無くなっている可能性がある。アデリーペンギンの完全な羽根を手に入れて確かめたい。

【その他】

放射冷却による温度の下がり方は、材質(熱伝導のしやすさ)や表面の滑らかさ、色¹⁴、地面(空)との角度によって差がある¹⁵という。また、サーモカメラの測定も、対象物の材質や表面の滑らかさ、カメラと測定表面との角度など様々な注意¹⁶があるという。

正確な観察・記録ができるようにサーモカメラの特性と使い方を調べておきたい。

参考資料

- 1 朝日新聞デジタル：ペンギンはやっぱり「クール」 低い体表温度で寒さ防ぐ - <http://www.asahi.com/special/news/articles/TKY201303080068.html>
- 2 1に同じ
- 3 朝の冷え込み 「放射冷却」現象のメカニズム - ウェザーニュース <https://weathernews.jp/s/topics/201810/180065/>
- 4 ホッキョクグマ - Wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%9B%E3%83%83%E3%82%AD%E3%83%A7%E3%82%AF%E3%82%B0%E3%83%9E>
- 5 ペンギンがみられる全国の施設【北海道】 | ペンギン大学 <https://penguin.ikimonoacademy.com/communication/aquarium-zoo/93>
- 6 ペンギンぺんたあず『ペンギンの身体』 <http://www.platinum-white.com/whatis/>
- 7 ペンギンの身体 1 <https://www.pen-t.com/seikatu/pen-body2.htm> に加筆
- 8 名古屋港水族館ミュージアムショップ
- 9 ペンギンの身長ランキング - サイズブログ <https://sizeblog.net/entry/574/>
- 10 コウテイペンギン - Wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%B3%E3%82%A6%E3%83%86%E3%82%A4%E3%83%9A%E3%83%B3%E3%82%AE%E3%83%B3>
- 11 アデリーペンギン - Wikipedia <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A2%E3%83%87%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%9A%E3%83%B3%E3%82%AE%E3%83%B3>
- 12 環境省_南極キッズ-みずほ基地(きち) https://www.env.go.jp/nature/nankyoku/kankyohogo/nankyoku_kids/encyclopedia/ma/mizuho.html
- 13 10に同じ
- 14 熱の実験室 第9回 - 放射冷却の測定 <https://www.hakko.co.jp/expe/expe0901.html>
- 15 図解 屋根に関するQ&A ~放射冷却ってなに? <https://kamisei.co.jp/news/790>
- 16 サーモグラフィの技術情報 | 冷却・防塵・放熱など熱対策機器ならアピステ https://www.apiste.co.jp/fsv/technology_fsv/

優秀賞・南極科学賞

水の冷却時に見られる温度変化



提案者 工藤 翔

学 校 北海道旭川西高等学校 3年

提案者コメント

今回のコンテストで優秀賞を受賞することができ、大変うれしく思います。新たな実験方法を考えることは大変でしたが、考えをまとめ実験の仮説を立てる過程はとても楽しく、私も南極に行くような気持ちで提案書を作成しました。また、私の住む地域でも提案した実験をすることが出来るかもしれないので、南極と実験結果を共有できたらと思い、わくわくしています。

水の冷却時に見られる温度変化

(1) 提案の目的

この提案の目的は、ムペンバ現象の解明である。ディープフリーザーや超低温実験室といった、人工的な低温空間を作り出す機械はたくさんあり、これらを用いた実験は過去に世界の研究者たちが行ってきた。そこで今回、南極または北極の気候を利用した、自然環境下でこの現象の解明に近づくことができると考えている。

(2) ムペンバ現象とは

ムペンバ現象は、水を冷却する際、高温の水が低温の水よりも早く凍ることがある現象のことである。(以後、高温の水を「お湯」、低温の水を「水」とする)

この現象が起こる要因としては、冷却時の熱伝導、拡散、対流、蒸発といった、多くの物理的要因があると考えられている。

(3) 提案がひらめいたきっかけ

私たちは高校で課題研究という活動を行っており、ムペンバ現象について研究してきた。約1年半という期間で、ムペンバ現象には蒸発が関係しており、蒸発を防ぐとこの現象は起こらないという結論を出した。しかし蒸発の他にも様々な物理的要因があり、どれも手付かずで終わってしまった。そこでこのようなコンテストがあるのを知り、是非南極、または北極でこの現象についての研究を行っていただきたいと思い、応募した。

(4) 今まで私たちが行ってきた研究

この実験において、実験開始時の温度が高い方を「お湯」、低い方を「水」とする。過冷却については、本実験では水の融点である 0°C 達した時点で凍ったと定義するため、過冷却状態にある水はすでに凍っているとするにことにした。

1 冷却水を使用した実験

<仮説>

実験開始時のお湯と水の温度差によってムペンバ現象の起こりやすさが変わる。温度差が大きすぎると、逆転することが出来なくなってしまう。

<実験方法>

冷却水の入った発泡スチロールに500ml ビーカーを2つ入れ、それぞれのビーカーにお湯と水を50ml 入れた。なお、冷却水は食塩水と氷で作って -2°C ~ -3°C に設定した。温度計はアルコール温度計を使用し、1分ごとに温度を測定した。水道水を使用し、水を 23°C 前後に固定した。お湯の温度のみを変え、 40°C を条件①、 50°C を条件②とし、対照実験をした。また、ビーカー内の温度を均一にし、過冷却を防ぐためガラス棒でかき混ぜた。



図1 冷却水を使用した実験方法

〈結果と考察〉

条件①では 10 回の実験のうち、5 回ムペンバ現象が確認できた。条件②では 10 回の実験のうち 3 回ムペンバ現象が確認できた。この結果から仮説は正しかったように思えるが、実験回数が少ないため信憑性が低く断定はできない。また、実験を重ねていく中で、ムペンバ現象が起こった状況について気付いた点があった。湿度の高さにより蒸発量が増えるが、それがムペンバ現象の起こる可能性に影響を与えているのではないかという点だ。それを検証するために、湿度を変えた水槽の中での実験をし、蒸発量の調整をしようと試みた。しかし冷却水を使った実験方法では蒸発量を調整することが難しく、蒸発がムペンバ現象にどう影響するかを調べるには不向きである。また、冷却水の温度を一定に保つことが難しい点や、水面から冷やすことができない点においてもこの実験方法は不適と考えた。

2-2 ディープフリーザーを使用した実験

実験 2-1 での不都合と考察をふまえ、仮説や実験方法を立て直し、実験 2-2 を行った。

〈仮説〉

ムペンバ現象には蒸発が大きく関係している。お湯は水と比べて蒸発量が多いという面で温度が下がりやすい。この蒸発量の関係をなくすために、蒸発を防いだものと防いでいないもので対照実験を行い、温度の下がり方を比べる。水はもともと温度の下がり方が緩やかなためそこまで変化せず、蒸発量の多さという優位な点がなくなったお湯は温度の下がり方が緩やかになり、水との温度差を逆転す

ることが出来なくなると考えた。

〈実験方法〉

水は水道水を使用し、温度は 20℃～75℃までの範囲とする。500ml ビーカーを使用し、お湯と水の量は 100ml とした。冷却方法はディープフリーザー(冷凍庫)を使用し、ビーカー内の水がどの面からも冷やされるよう発泡スチロールで浮かせた。温度計はデータロガーを使用し、ビーカーの中にセンサーを入れて 30 秒ごとに測定した。水の中でも場所によって温度が異なるが、水深が約 1cm と浅いため、対流によるビーカー内の温度の違いはほとんどないと考えている。そして、蒸発を防がないもの(条件①)と、ラップをして蒸発を防いだもの(条件②)で対照実験を行った。なお、条件②で蒸発を防ぐことが出来ているかを確認するため実験前後の重さを測定した。条件①ではお湯が約 2.0g、水が約 1.5g 減少しているのに対し、条件②ではお湯、水ともに約 0.2g と、ほとんど蒸発を防げている。

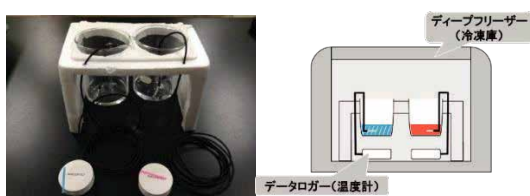


図 2 ディープフリーザーを使用した実験方法

〈結果と考察〉

条件①では 59 回の実験のうち 9 回ムペンバ現象が確認できた。条件②では 54 回の実験のうち一度もムペンバ現象が確認できなかった。条件①でムペンバ現象が起こった例を図 3 (上)に、条件②での温

度の下がり方の例を図3(下)に示した。条件①に比べ条件②は温度の下がり方が緩やかなのが分かる。この結果から、蒸発を防ぐとムペンバ現象は起こらないといえる。

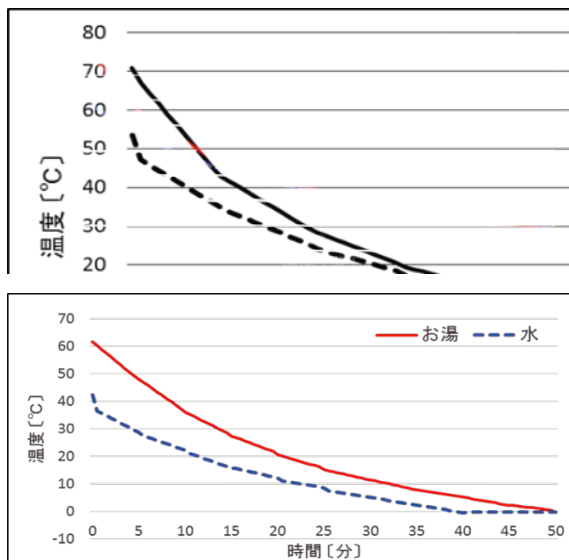


図3 条件①でムペンバ現象が起こった例(上)

条件②の温度の下がり方(下)

(5) 提案を南極や北極で行う方法

私たちが行ってきた研究は蒸発に関するものであったが、今回は対流の様子を観察について2つの提案をする。

実験1. 冷やす面の限定

実験方法と仮説

不純物の影響を取り除くため、水は純水を使用する。温度は20~30℃を水、60~70℃をお湯とする。私たちの実験では対流をあまり考慮しないためにお湯と水の量を50mlにしたが、この実験では250mlとする。温度計はデータロガーを使用し、ビーカーの中にセンサーを入れて30秒ごとに測定する。このときビーカー内の水の温度が場所

によって異なることがあるので、センサーをビーカー中央の水面近くと底の端2か所の計3ヶ所に設置する(図4)。以上の条件はこの実験1において共通のものとし、水がどここの面から冷やされるか変えて実験する。

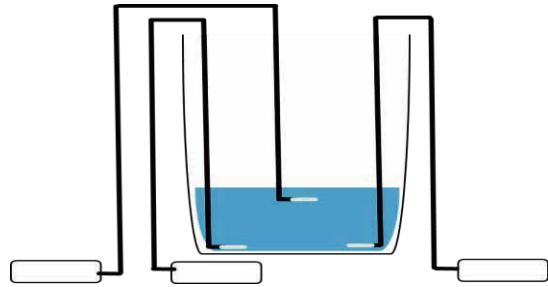


図4 センサーの配置

(容器は実験によって異なるが、センサーの配置はこの通りにする)

条件①：上からのみ冷やす

図5のように、上のみを開放しそれ以外は断熱材で熱を遮断する。黒く太い部分が断熱材である。上から冷やされた水は沈み込み、対流が活発になることで冷えやすくなると考えている。このときお湯のほうが冷やされる部分とそうでない部分の温度差が大きいので、水に比べて対流が激しくなるため温度が下がりやすく、結果的にこの条件下でのムペンバ現象が確認されるのではと考えている。



図5 断面図(左)

上から見た図(右)

条件②：下からのみ冷やす

条件②では屋内で実験を行う。図6のように氷の上にビーカーをのせ、下からのみ

冷やす。これにより上面に断熱材を付け、蒸発を防いでしまうことがなくなる。下から冷やされた水は上にはいかず、対流が起こりにくくなり、温度が下がりにくくなると思っている。よってもともと温度の低い水の方が先に凍り、この条件下でのムペンバ現象は確認されないのではと考えている。



図6 断面図

実験2. 容器の形による対流の仕方 実験方法と仮説

不純物の影響を取り除くため、水は純水を使用する。温度は20～30℃を水、60～70℃をお湯とする。お湯と水の量は250mlとする。温度計はデータロガーを使用し、ビーカーの中にセンサーを入れて30秒ごとに測定する。このときビーカー内の水の温度が場所によって異なることがあるので、センサーをビーカー中央の水面近くと底の端2か所の計3ヶ所に設置する(図4)。これらの条件はこの実験2において共通のものとし、実験1ではビーカーを使ったが、今回は様々な容器を使う。なお、熱伝導の関係から容器は全てガラスのものに限る。(蒸発の関係から空気と触れる水の面積は同じ条件の実験においては同じとする。)

条件①：下部を狭くする

対流により下に下がってきた水は容器の形から中央に集まり、ぶつかって上に逃げる。容器により水が循環しやすくなることで対流が活発になり、温度が下がりやすくなると思っている。



図7 条件①

条件②：下部を広くする

下部を広くすることで条件①と比べ、水全体としての対流にあまりまとまりがなく、温度が下がりにくいのではと考えている。



図8 条件②

これらの実験で条件①と条件②を比較することにより、対流が温度の下がり方にどう影響するかを見ることが出来る。また、条件②では容器の形によって温度の下がり方に違いがどうであるのかも見ることが出来る。

(5) のまとめ

これら二つの実験により、対流が温度の下がり方にどのように関係しているか、またそれがムペンバ現象の起こる条件にどう関与しているのかを調べる事が出来る。そして、私たちの行ってきた蒸発とも組み合わせることで、よりムペンバ現象の解明に近づくことが出来ると考えている。

(6) 最後に

これらの実験は、実験方法によっては極地でなくてもすることが出来ます。しかし人工的な環境ではなかなかうまくいかないこともあります。そこで、極地でこの実験を試してみるとどうでしょう。人工的な空間と比べると圧倒的に広く、実験中の気温の変化もほとんどなく、ディープフリーザーでは不可能であった目で見確認しながらの実験ができるので、さらに新たな発見があるかもしれません。極地ならではの利点です。以上が私たちの提案です。最後まで読んでいただきありがとうございました。

優秀賞

南極で雷は起きるのか？



提案者 中村 聖名

学校 東京都立世田谷総合高等学校 3年

提案者コメント

この度は優秀賞という素敵な賞を頂くことができ、大変嬉しく思います。私は「南極では雷が起きない」とされていることに疑問を持ちました。そして、南極の環境と雷の発生原理から南極でも気象条件が揃えば雷が発生する可能性があることが分かり、提案に至りました。今回の経験から、当たり前とされている物事の真偽は自分で確かめてやっと分かるものだ実感しました。将来、今回の提案が検証される日がくるのであれば、その日を楽しみにしたいです。

南極で雷は起きるのか？

1. 提案の目的

雷とは、雲の中であられと氷晶（小さい氷の粒）の衝突により大量の正負の電化分離が起こり、電圧が大気の絶縁破壊電圧以上になると放電する現象であるとされている。一般的に雷が発生するためには、地表で温められた空気が上昇し、その空気の温度が低下するあられや氷晶を含む雲が発生しなければならない。しかし、南極では地表が冷たすぎるため、激しい上昇気流が起こらず雷は起きないとされている。

だが、果たして本当にそうだろうか。観測史上最高気温は17.5℃であり、山もあるため地形に沿った上昇気流が発生する可能性は十分にあると考える。

図1は、2010年11月21日2時ごろに昭和基地から撮影した（第51次隊撮影）、ラングホブデ付近に発生している雲の様子である。上空に向かうに連れて、雲が発達しているように見える。表1より、昭和基地において、1時台は平均して東北東の方向、10.5m/sの風が吹き、露点温度は-11.5℃であるため、乾燥断熱減率をこのときの条件から0.73℃/100mとすると、ラングホブデの山々で上昇気流が起こり、上空で雲が発生したと十分考えることができる。

表1 2010年11月21日1時38分における昭和基地の気象条件（気象庁より）

現地気圧 (hPa)	気温(℃)	相対湿度 (%)	平均風速(m/s)	露点温度 (℃)
977.5	-7.1	71	11	-11.460

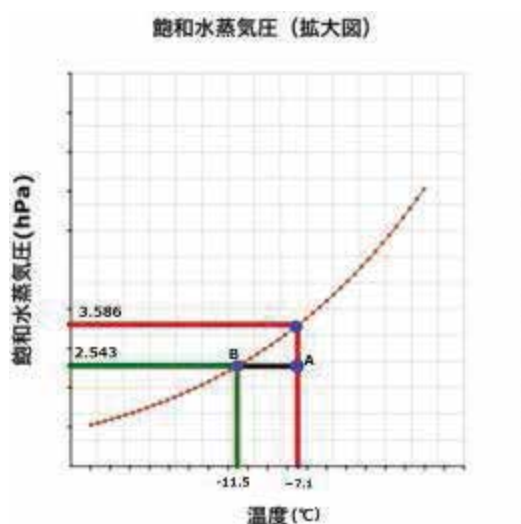


図1 2010年11月21日2時頃ごろのラングホブデ付近の写真（左）と1時台平均値露点温度。1時台の空気を空気塊A(点A)と飽和水蒸気圧に達した時(点B)とすると、この時刻における露点温度は-11.5℃となり、点Aと点Bの差は4.4℃であることがわかる。

また、雲が帯電するためには、あられと氷晶がこすれ合う以外に、気温等の条件がある。当時の時刻における露点温度が -11.5°C であり、上空に行くにつれてさらに気温が下がった場合においても、図 2 よりその雲は帯電する可能性が考えられる。特に、この時の金から考えると、発生した雲は、空気塊の露点温度 -11.5°C より、あられは正、氷晶は負に帯電していると考えられる。

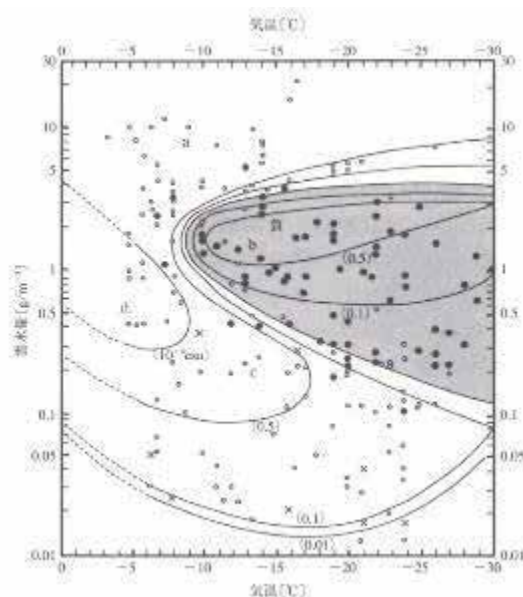


図 2 着氷電荷発生機構 (気象研究ノート (日本気象学会) 第 154 号)

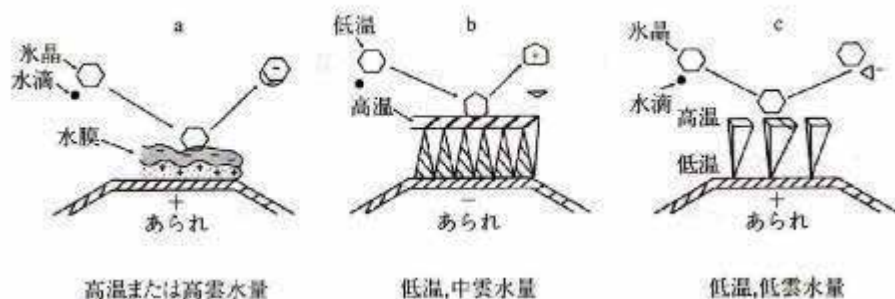


図 3 着氷電荷発生機構の種々の条件下におけるモデル図 (気象研究ノート (日本気象学会) 第 154 号)

2. 提案をひらめいたきっかけ

私の学校の理科 (物理、地学を担当) の先生は、過去に第51次日本南極観測隊の越冬隊員として南極に行った経験がある。そのため、南極について日常的に話を聞かせていただいていた。このような環境にあったため高校二年生の頃、授業で南極について詳しく学ぶ機会を得た。そのときに南極では、雨がほとんど降らず、雷も発生しないことを知り、疑問に思った。

3. その提案を極地で行う方法

南極でこの観測を行うためには、観測器が必要である。測定機は、秋月電子通商で販売している、AS3935 (AMS 社、Franklin Lightning Sensor) を使用した測定機を用いる(図4)。この雷センサーは40km までの雷雲および雷のエネルギーを測定することができる。設置場所は、図1の雲は、ラングホブデ地域における山によってできていると考えられるため、昭和基地ではなく、ラングホブデの雪鳥沢小屋に設置をする。設置の時期は、図3より上昇気流によって発生する雲が帯電する温度であるため、夏の期間(11月~2月)に行う。しかし、雪鳥沢小屋は隊員が常駐しているわけではなく、電力も常時供給できないため、バッテリーを接続する。また、バッテリーは低温になると容量が低下してしまうため、太陽光発電により、バッテリーを温めるヒーターを取り付ける。

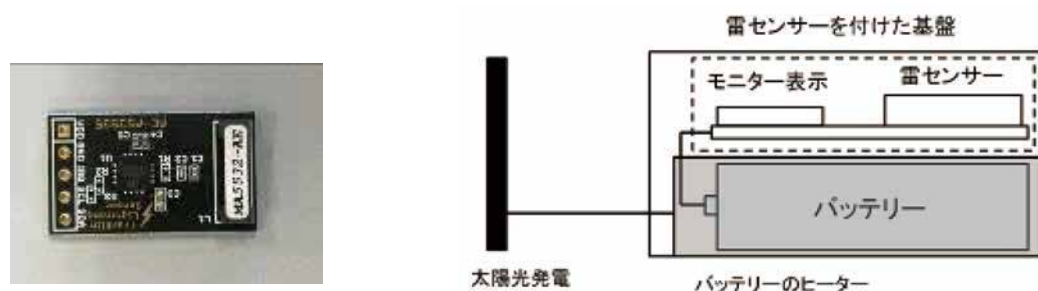


図4 AS3935 (左) と使用した観測器のイメージ図 (右)

4. 結果の予測と今後の活用

上記のように南極で雷を観測することができた場合、温暖化などの気候変動の新たな指標として役に立つ可能性がある。

5. 参考文献

気象庁ホームページ

日本大気電気学学会, 大気電気学概論, コロナ社, 2003

奨励賞

南極の大気中の NOX、降雪の pH、
バイオエアロゾル粒子の量を明らかにする



提案者 探究科学 1 班

世良 葉津葵 / 赤木 陽紀 / 山口 日菜子 / 梅本 聖矢 /
東浦 茉穂

学 校 奈良県立青翔中学校 1 年

提案者コメント

このたびは第 16 回中高生南極北極科学コンテストで奨励賞という
名誉ある賞を頂きありがとうございます。

たくさんの研究者さん達とも交流をし、とても勉強になりました。

私はここで新しい夢ができました。南極に行かれた方や極地研究所
の附属博物館を見学させていただき私は南極観測隊のメンバーに参加
したいと強く思いました。これからはこの夢をかなえるために探究活
動や勉強に力を入れていきたいと思ひます

このたびは誠にありがとうございました。

(1) 目的

南極点のアムンセン・スコット基地、昭和基地、ドームふじ、日本で、降雪のpH、二酸化窒素濃度、バイオエアロゾルの数と遺伝子を調べ、大気大循環による人間活動の影響が南極大陸の内陸部でもある可能性を明らかにすること。

(2) 提案がひらめいたきっかけ

私たちは学校の「探究科学」という授業で、奈良県内の雨の酸性度を測って実験をしている(これは奈良コープの環境測定活動に参加したことがきっかけである)。そのときに、台風がきている時の雨は急にpHが下がり酸性雨になり、気になっていました。また、大気測定は二酸化窒素の測定をした。その結果、台風が来ていないときの雨は酸性雨ではなかった。また、台風の時の雨は酸性雨だったが、台風が近づくにつれてpHが下がった。一方、台風ではない2019年6月20日の大気の測定と雨のpH測定結果からは、大気中の二酸化窒素が多い地点が、酸性の度合いが高いとは限らなかった。

雨が酸性になる原因は大気中の硫黄酸化物(SO_x)や窒素酸化物(NO_x)が原因なのに、なぜ、大気中の二酸化窒素濃度が高い地点と雨のpHが低い地点は一致しないのかと不思議に思った。台風の時の雨が急にpHが下がったので、雨のpHを下げる原因は台風の渦が中国大陸などからも大気を集めて、日本に雨として降らせるからではないかと考えた。一方、大気中の二酸化窒素の濃度は、ザルツマン試薬で測定したので、近くに大きな道路があるだけでも変化すると担当の先生から聞いた。雨の酸性の原因物質は遠くから大気の移動で運ばれ、大気測定は二酸化窒素は近くの地上付近の物質を測定したから、大気中の二酸化窒素濃度が高い地点と雨のpHが低い地点は一致しないと考えた。この提案を書くときに、大気中の物質の移動について調べたら、二酸化窒素などはエアロゾル粒子と言われて、大気中の移動がよく分かっていると知った。しかし、エアロゾルは目に見えないので、わかりにくいと思っていた。先輩たちから大気中の微生物もエアロゾルの一種で、バイオエアロゾルという聞いた。先輩たちは大気中の微生物の数を調べていた。

先輩たちは南極で実験をしていたので、南極の空気の移動はどうなっているのかと気になった。鈴木香寿恵(2010)によると、「昭和基地対流圏中層に到達する空気塊は、年間を通じて海起源が約8割を占め、陸起源は2割にとどまっていた。海起源の中では、大西洋起源が約7割となっていた。昭和基地対流圏下層へ到達する空気塊は海起源と陸起源の比率がほぼ等しく、中層よりもインド洋側・内陸側から西向きの大気輸送が卓越していた。ドームふじ基地へ到達する空気塊の海・陸起源の比率は昭和基地対流圏下層と同様に半々であるが、一年間の季節変化が見られた。」「低中緯度において人間活動による影響を受けた大気が、大気大循環により南極氷床まで輸送されている。」とのことだ。

そこで、大気中の二酸化窒素濃度をザルツマン試薬で測定すると、平地の大気中の二酸化窒素を測定するため、南極では、昭和基地は車が走るためドームふじより高いのではないかと考えた。また、南極点にあるアムンセン・スコット基地も人の活動が盛んなためドームふじより高いのではないかと考えた。降雪の酸性度合いは、鈴木香寿恵(2010)によると、「低中緯度において人間活動による影響を受けた大気が、大気大循環により南極氷床まで輸送されている。」とのことだから、アムンセン・スコット基地が最も低中緯度の人間活動に影響を受けた大気が下降し、最もpHが低い。次に、鈴木香寿恵(2010)によると、「昭和基地対流圏中層に到達する空気塊は、年間を通じて海起源が約8割を占め、陸起源は2割にとどまっていた。海起源の中では、大西洋起源が約7割となっていた。昭和基地対流圏下層へ到達する空気塊は海起源と陸起源の比率がほぼ等しく、中層よりもインド洋側・内陸側から西向きの大気輸送が卓越していた。ドームふじ基地へ到達する空気塊の海・陸起源の比率は昭和基地対流圏下層と同様に半々である」ことから、ドームふじでpHは2番目に低く、陸起源の割合が昭和基地対流圏中層に到達する空気塊のほうがすくないため、昭和基地でpHは3地点のなかで最も高く酸性の程度が小さいのではないかと考えた。さらに、バイオエアロゾルの量も大気大循環により南極氷床まで輸送されているとすると、多い順にアムンセン・スコット基地、ドームふじ、昭和基地となるのではないかと考えた。本来なら、人間活動の影響は南極大陸へは、他の大陸から遠いほど小さくなると思われるが、この実験で予想通りの結果となると、人間活動の影響は南極大陸内陸部にもある可能性があると考えて、実験をしたいと考えた。台風による物

質輸送が広範囲であることから、大気大循環により南極氷床まで輸送されている可能性は高い。また、屋外の自然環境における、バイオエアロゾルについては、アレルギーを引き起こす花粉や、黄砂に付着して飛来する微生物が知られている(柿川ら 2010)ため、大気の循環によって南極大陸へも移動しているかもしれない。さらに、バイオエアロゾルは微生物の日本と南極の 3 地点で遺伝子解析をして、同じ種が検出されれば、中緯度の影響は南極大陸内部でもある可能性が考えられる。

(3) 提案を南極で行う方法

ア) 降雪のpHの調査

- 1 南極点のアムンセン・スコット基地、昭和基地、ドームふじで降雪をきれいな容器にためる。日本(私たちの中学校)では雨をためる。
- 2 雪を溶かして、pHメーターかパックテストの比色でpHを測定する
- 3 手順1から3を3回繰り返し、4地点で比較する

イ) 二酸化窒素濃度の測定

- 1 南極点のアムンセン・スコット基地、昭和基地、ドームふじ、日本で捕集管を日時を決めて、24時間測定する。雨や雪のかからない地点に設置する。(捕集管はならコープから提供してもらう)
- 2 捕集管にザルツマン試薬を入れ、ユニメータで数値を測定する。
- 3 手順1から3を3回繰り返し、4地点で比較する

ウ) バイオエアロゾルの量と遺伝子解析

- 1 落下菌の検査ができるシート培地サニ太くん(関東科学株式会社)の真菌用と原核生物用を用意する。担当の先生が南極へ持って行き研究したので、南極でも使用できる。
- 2 ムンセン・スコット基地、昭和基地、ドームふじ、日本で30分間、シートを開けて、バイオエアロゾルである微生物を捕集する。
- 3 真菌用は 25°C48 時間、原核生物用は 35°C48 時間、自作の培養装置(クーラーボックスに、金属の板をしき、ペット用ヒーターとサーモスタットをいれるだけ。先輩たちはこれで研究をしているので、実用できる)で培養する。
- 4 手順1から3を3回繰り返し、4地点でコロニー数を比較する。(これをバイオエアロゾルの数とする)
- 5 日本へ冷蔵と冷凍でシート培地を持ち帰り、シングルコロニーを通常の遺伝子解析にかける。それ以外はシート培地全体を次世代シーケンサーで遺伝子解析をする。

(4) 予備実験

ア) 雨のpHの調査

方法

①台風ではない2019年6月20日の測定

- 1 ならコープの環境測定活動に参加して、6月20日の雨を採取した。私たちは奈良県御所市と橿原市、五條市の3地点で参加した。
- 2 パックテストの比色でpHを測定した。

結果

私たちの奈良県御所市と橿原市、五條市の3地点以外はならコープから結果を提供してもらった。

2019年6月20日の雨

pHが低い1, 2位

pH4.0 奈良市青山 奈良市百楽園 生駒市あすか野北 大和郡山市泉原町 天理市柳本町

pH4.2 橿原市土橋町 橿原市川西町 香芝市磯壁 橿原市木原町 生駒郡三郷町三室

大和高田市田井新町 大和高田市磯野新町 天理市中町 天理市櫛本町 など

※pH4.8 奈良市左京

pHが高い1, 2位

pH6.2 桜井市高田 生駒市壱分町 生駒市北大和 大和郡山市朝日町 大和郡山市稗田町
奈良市朱雀 奈良市登美ヶ丘 奈良市法花寺町

pH6.0 橿原市一町 北葛城郡広陵町馬見南 橿原市中曹司町 大和高田市幸町
五條市野原 桜井市粟殿

② 台風が来ている2019年8月15日の測定

- 1 奈良県五條市で8月15日夕方と8月15日夜から16日朝にかけて、写真1のように雨を採取した。

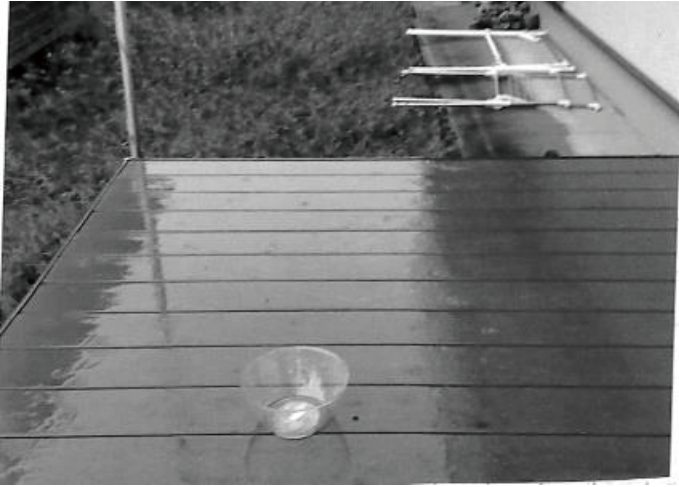


図1 雨の採取

- 2 学校のpHメータでpHを測定した。

結果

8月15日夕方の雨はpH5.4だった。8月15日夜から16日朝の雨はpH4.8だった。

考察

台風の雨はどちらも酸性雨だった。台風10号は図2のように、奈良県には15日夜から16日朝にかけて最接近していた。台風が近づくほど遠くの中国大陸などから酸性雨の原因物質を集めたと考える。また、6月20日の雨は台風の雨ではなく、酸性雨の原因物質は中国大陸などのように遠方からは集まらず、比較的大気がきれいな日本付近の大気から雨が降ったためと考える。

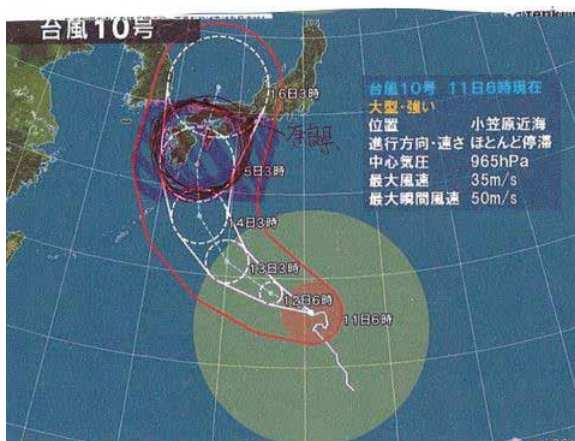


図2 2019年台風10号の進路

イ) 二酸化窒素濃度の測定

- 1 ならコープの環境測定活動に参加して、6月20日の雨を採取した。私たちは奈良県御所市と橿原市、五條市の3地点で参加した。
- 2 パックテストの比色でpHを測定した。

結果

二酸化窒素濃度が高い3位

0.017ppm 橿原市中曹司町 香芝市関屋

0.016ppm 生駒市喜里が丘

0.013ppm 北葛城郡王寺町葛下

※0.005ppm 奈良市朱雀

二酸化窒素濃度が低い1位

検出限界以下 奈良市左京 奈良市朱雀 奈良市神功 大和郡山市稗田町 奈良市西千代が丘

奈良市青山 奈良市西大寺新池町 奈良市朝日町 奈良市帝塚山 奈良市般若寺町

雨のpHと二酸化窒素の考察

大気中の二酸化窒素濃度と酸性雨には関係がないとわかった。なぜなら、二酸化窒素が検出限界以下だった、奈良市左京では雨はpH4.8と低い。一方、奈良市朱雀では二酸化窒素濃度は0.005ppmだったが、雨はpH6.2だった。そのため、台風の際の雨が急にpHが下がったことから、雨のpHを下げる原因は上空の大気にあると考えた。一方、大気中の二酸化窒素の濃度は、調査地点近くの地上付近の物質を測定したから、大気中の二酸化窒素濃度が高い地点と雨のpHが低い地点は一致しないと考えた。

ウ) バイオエアロゾルの量と遺伝子解析

これは予備実験ができていない。

(5) 予想される結果

ア) 南極の降雪と日本の降雨のpHの調査

pHが低い(酸性の度合いが高い)順に、日本>アムンセン・スコット基地>ドームふじ>昭和基地
鈴木香寿恵(2010)によると、「昭和基地対流圏中層に到達する空気塊は、年間を通じて海起源が約8割を占め、陸起源は2割にとどまっていた。海起源の中では、大西洋起源が約7割となっていた。昭和基地対流圏下層へ到達する空気塊は海起源と陸起源の比率がほぼ等しく、中層よりもインド洋側・内陸側から西向きの大気輸送が卓越していた。ドームふじ基地へ到達する空気塊の海・陸起源の比率は昭和基地対流圏下層と同様に半々である」「低中緯度において人間活動による影響を受けた大気が、大気大循環により南極氷床まで輸送されている。」ので、酸性の原因物質は南極大陸では内陸ほど人間活動の影響を受けるから、内陸ほどpHが低くなると考えた。また、台風によって遠方から酸性雨の原因物質が運ばれていると考えられるので、南極でも大気の大循環によって運ばれる可能性は十分にあると考える。

イ) 二酸化窒素濃度の測定

二酸化窒素濃度の高い順に日本>アムンセン・スコット基地>昭和基地>ドームふじ

二酸化窒素濃度は地上の大気の影響を受けるので、人間の活動が多い順になると考えた。

ウ) バイオエアロゾルの量と遺伝子解析

バイオエアロゾルが多い順に、日本>アムンセン・スコット基地>ドームふじ>昭和基地

雪と雨のpHと同様に鈴木香寿恵(2010)によると、「昭和基地対流圏中層に到達する空気塊は、年間を通じて海起源が約8割を占め、陸起源は2割にとどまっていた。海起源の中では、大西洋起源

が約7割となっていた。昭和基地対流圏下層へ到達する空気塊は海起源と陸起源の比率がほぼ等しく、中層よりもインド洋側・内陸側から西向きの大気輸送が卓越していた。ドームふじ基地へ到達する空気塊の海・陸起源の比率は昭和基地対流圏下層と同様に半々である」「低中緯度において人間活動による影響を受けた大気が、大気大循環により南極氷床まで輸送されている。」ので、バイオエアロゾルの数は南極大陸では内陸ほど人間活動の影響を受けるから、内陸ほど多くなると考えた。また、遺伝子解析をすれば、日本と遺伝子が似ている程度は大きい順にアムンセン・スコット基地>ドームふじ>昭和基地ではないかと考えたが、人間が微生物を持ち込む可能性もあり、解析をすればはっきりすると考えた。また、台風によって遠方から酸性雨の原因物質が運ばれていると考えられるので、南極でも大気の大循環によって運ばれる可能性は十分にあると考える。

いずれにせよ、バイオエアロゾルの数は南極ではあまり調査されていないので、人間活動の影響を調べるためにも、早く実施したい。

参考文献

鈴木香寿恵 「南極大陸における大気循環と氷床への大気輸送」 南極資料 vol.54 特集号 274-291
2010

柿川ら 2010

<http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/aerosol.html>https://www.jstage.jst.go.jp/article/jbrewsocjapan1915/60/2/60_2_101/_pdf

奨励賞

南極で快適な睡眠を手に入れる！



提案者 馬淵 那菜

学 校 神戸大学附属中等教育学校 2年

提案者コメント

今回初めて「南極科学コンテスト」に応募しました。奨励賞を受賞し、国立極地研究所や南極・北極科学館に訪れる機会を得ることができ、たいへん嬉しいです。正直、私にとって極地はまだ未知の世界です。本提案も想像を膨らませて仕上げた部分が多く、あまり科学的な根拠に基づいていなかったり、実験内容が詳細にまとまっていなかったりしていると思います。しかし、この受賞を機に極地への興味が深まり、より深いところまで突き詰めたくくなりました。

南極で快適な睡眠を手に入れる！

Ⅰ 提案の目的

ヒトが快適な睡眠、あるいはそれと同等の休養を得る為の環境条件を調べる。気温の他、日照、人工の光など多角的に調べる。

Ⅱ その提案がひらめいたきっかけ

最近、地球温暖化の影響なのか、暑苦しい夜が続いている。涼しい方が寝やすい等とよく言われるが、果たして極寒の環境では、眠りの質を向上させることができるのだろうか？と疑問に思い、この提案を考えた。

また、私は寝ることが大好きではあるが、他人より多くの睡眠時間が必要だと感じる。(体質的な要因であろうか) しかし多忙な毎日には、睡眠時間を短くして、脳・体の疲れをこれまでと同等に取ることで済ませたら良いなと思った。睡眠の質が上げれば、時間は反比例するだろうと考え、良い睡眠を得るべく、その環境条件を見出すことを目標とした。

Ⅲ 提案を行う前に...

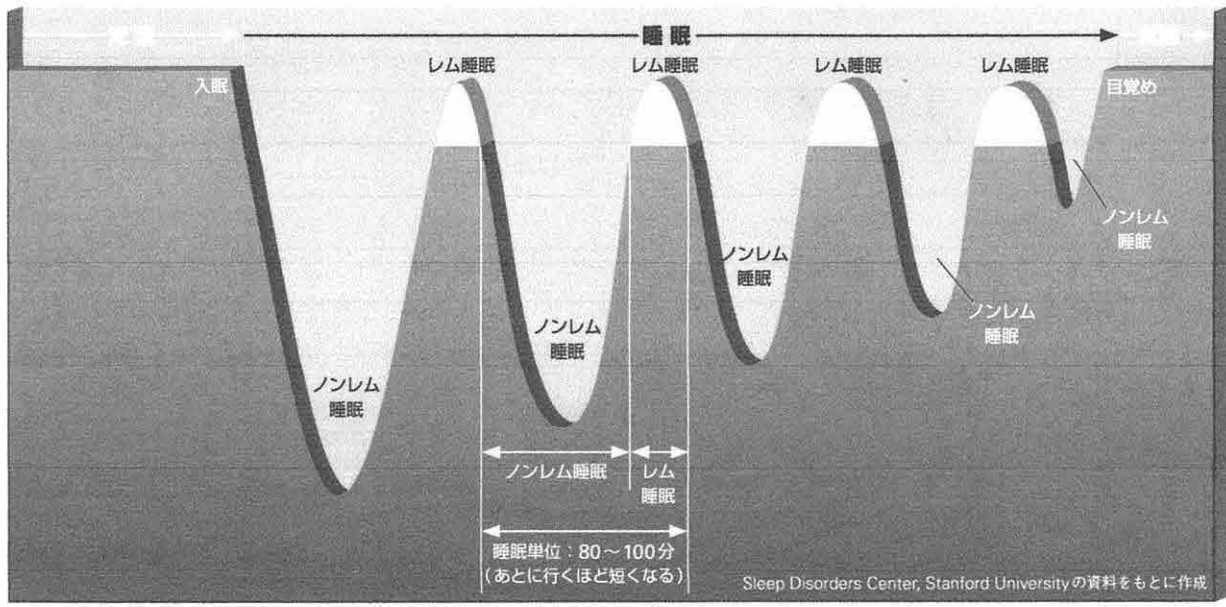
① 睡眠は生物の機能を維持するのに必須のものである。

睡眠の役割は、脳の疲労回復である。肉体的な疲労は横になって休めば回復する場合が多い。睡眠をとって脳を休息させないと脳細胞がダメージを受けやがて死に至ることが断眠実験によって確認されている。

② 眠りのリズムについて

眠りにはレム睡眠とノンレム睡眠があり、周期的にくり返される。また、その他にもホルモンの濃度や体温の変化も現れる。

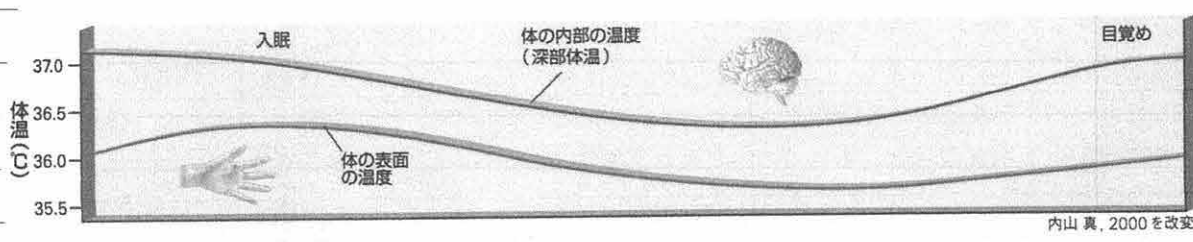
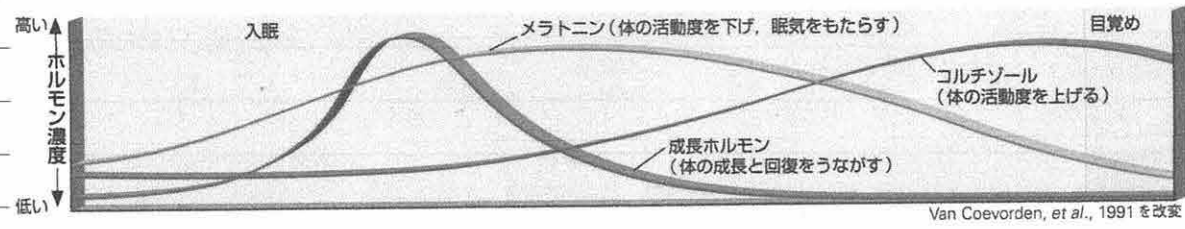
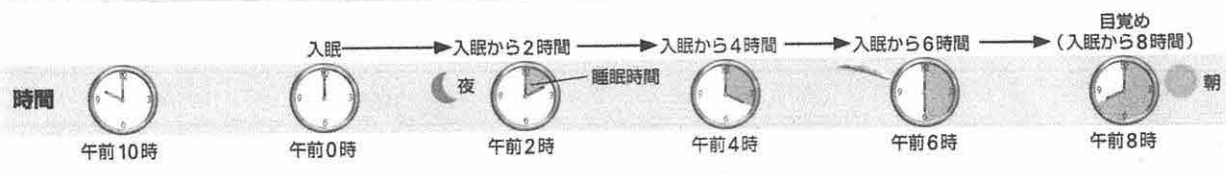
二つから眠りの質によって左右される。



一晩の眠りのリズム

成人における、一晩の眠りの深さの変化を模式的に示した図である。横軸は時間であり、縦軸は眠りの深さである。曲線が下がるほど、深い眠りであることを示す。ノンレム睡眠の深さには段階がある。眠りの種類と深さは、脳波を測定することでわかる。

入眠後すぐにノンレム睡眠がはじまり、入眠から約30~40分後に一晩で最も深い眠りに達する。一晩の睡眠中、レム睡眠は4回ほど訪れる。夢を見るのはこのときだ。



「Newton 体と体質の科学」睡眠より引用

(4) その提案を北極や南極で行う方法

① 睡眠の質を測定する方法

南極でも測定できるように、簡単に眠りの深さや時間などの睡眠状態をはかることのできるタニタ開発の「睡眠計」を用いる。また、脳波を記録できるスリーポウェル株式会社 開発の「スリーポスコフ」も用いる。

② 実験内容

<実験1> 気温の条件で比較する。

南極の寒さの中で睡眠を取る。

(注) ● 気温以外の気候条件以外はそとえる。

- 南極で起る白夜・極夜の時期は避け、体内時計が狂わないようにする。
- 施設等の人工的な気温調節ができないように、「イグルー」という氷の住居で寝る。
- 快適な眠りの為、布団・毛布の使用は可能。
- 日中、及び寝るまでの間は普段通り電子機器等の使用を可能とする。

<実験2> 人工的な照明の条件で比較する。

南極の自然な環境の中で睡眠を取る。

- (注) ○ 日中、及び寝るまでの間は人工照明に当たらない。
○ 実験1と同様 白夜・極夜の時期は避ける。

<実験3> 白夜・極夜での睡眠の質を調べる。

日照時間が体内時計に与える影響を調べる。

白夜及び極夜の時期に睡眠を取る。

(実験上の注意)

- 睡眠調査を行うのは年齢層を分けて考える。
(理由) ○ 睡眠の質は年齢によって変化するため、
- 南極での生活は、施設等の利用も含め、特別な活動は行わない。

(5) 予想される結果

■ 実験①, ②では快適な睡眠を得ることが出来る。

~理由~

- 寝具の調整は可能なので、寝るときの体温を調整しやすいから。
- 人工的な明かりが元来ほとんど無い南極では体内時計が活発に機能しやすいと思うから。

■ 実験③では睡眠の質は悪化する。

- 昼、夜の区別がなく、体内時計は機能しにくいと思うから。

また、一方で、普段の(日本の)生活と比べ、季節によって日の出ている時間が大きく変わるため、長期的に実験を行うと、睡眠時間は季節によっても変化が生じると考えられる。

参考文献

1 睡眠について知ろう | タニタ TANIITA

https://www.tanita.co.jp/health/detail/about_sleep

2 睡眠研究支援 | 睡眠科学を手のひらに スリープウェル株式会社

<https://sleepwell.co.jp/researcher/>

3 好みに応じる睡眠医学 内田直 講談社

4 Newton 体と体質の科学 株式会社ニートン

5 脳科学のダイナミズム 別冊 日経サイエンス218 株式会社日経サイエンス

奨励賞

不凍タンパク質のがん治療への応用



提案者 田中 菜織

学 校 お茶の水女子大学附属高等学校 1年

提案者コメント

今回、多くの提案の中から私の提案を「奨励賞」として選んでいただき、まず率直に嬉しく思います。“南極・北極”といえば“寒い”、寒い中でも生きられる生物には、比較的暮らしやすい中にある私たちとは異なる特質があるのではないかと考えたことがきっかけとなり、今回の提案に至ったのですが、提案書を作成する過程で、知っている様で知らない「がん」について多くのことを学ぶこともでき、その治療法が抱える課題を実感することができました。また、私が考えた提案が、提案だけで終わらなければ良いなと強く思います。

不凍タンパク質のがん治療への応用

38

1、提案の目的

細胞はその大半が水で構成されており、凍結により多大なダメージを受ける。食品などにおいては、これらの性質は品質の低下につながり良くないこととされているが、がん細胞のような人体に不利益をもたらすような存在に応用すれば、「凍らせる」という簡単な手法であることもあり、その効果が期待できると考えた。また、“南極・北極などの寒冷な地域の生物が自らの生命維持のためにもつ「不凍タンパク質」を用いることで、がん細胞以外の正常な細胞の保護、さらには凍結後もまだ残存しているがん細胞の退治を実現する”といった案を考え、その実現度の確認、加えて、南極・北極に生息する多数の生物がもつ不凍タンパク質の効果との比較検討を行いたいと思った。

2、提案の動機

提案の動機としては三つのことがあげられる。

① 不凍タンパク質の性質

不凍タンパク質は、寒冷地域に生息する生物が、自身の血液や細胞の凍結による死滅を防ぐために、獲得したタンパク質であり、魚類、菌類、寒中、植物、バクテリアなど様々な生物から確認されている。主な機能としては二つあり、一つは氷結晶成長抑制機構で、不凍タンパク質が氷結晶の表面を認識し吸着することで、水分子の氷表面への結合が抑制され、氷結晶の成長が妨げられる。二つ目は、非凍結低温環境における細胞保護機能で、不凍タンパク質が細胞膜の安定化に寄与すると考えられている。

② 細胞内凍結による機能の低下

すべての生細胞は、必ず水に囲まれて生息している。つまり、細胞の機能を担っているのも水であり、水を凍結させることで、その機能を低下させることが切るのでないかと考えた。今回私が注目したのは細胞内凍結である。

「j-stage 生細胞の凍結による障害と保護の機構 僧都 博」によると

「細胞内に氷晶の生成することが細胞に対して致命的な障害の原因となることを直接的に示す証拠はない。しかし、細胞内氷晶の生成するような凍結条件が細胞の生存率の減少をもたらすという結果は否定できない」という。

また、「あらかじめ 0.5℃ および 10℃/分の速度で凍結しつつある試料、および 10℃/分の速度で一定温度まで凍結し、その温度に 1 時間保持した試料をその温度から液体窒素で急冷すると(このときの凍結速度は細胞内凍結を起こすのに十分な速さである)、細胞の生存率は急に減少する(9)。急冷による生存率の減少は、はじめの凍結過程での温度低下が進むとともに少なくなり、細胞外凍結が最もよく達成されていると思われる凍結速度のもの(0.5℃/分で凍結したもの、および 10℃/分で一定温度まで凍結し、1 時間その温度に保持したもの)では -20℃ でこの効果が認められなくなる。一方、10℃/分の速度で凍結したものではこの効果が -40℃ 近辺まで続く。また、この途中の温度での同様な処理による生存率の減少は、10℃/分の速度で凍結した直後のものが、0.5℃/分の速度で凍結したもの、あるいは 10℃/分の速度で凍結した後 1 時間その温度に保持したものに比べて常に大きい。」

といった実験結果も出ていることから、がん細胞を死滅させるにも有効であり、さらに、不凍タンパク質は氷の結晶の育成を妨げる効果を持つことから、【はじめに】に示した今回目的とする効果において、適した手法であるといえる。

③ バイオマーカーを見分けて溶けるゲル状物質の開発

平成26年5月5日に、京都大学・岐阜大学・科学技術振興機構（JST）がバイオマーカーである複雑な生体分子に反応して溶けるヒドロゲルの開発に成功したことを共同で発表した。水とゲル化剤と酵素を混ぜるだけで簡単に作成できるこの物質は、従来、識別できる分子は構造が単純なものに限定されていたが、上記の研究グループによって、ゲルの中にその化学反応に必要な酵素を活性を保ったまま埋め込み、その酵素を選ぶだけで標的とするバイオマーカー分子も変えることが可能になった。その結果、多様な生体分子（糖尿病や前立腺がん、痛風のバイオマーカー）を識別して溶けるゲルを作製することに成功し、異なる化学反応性を示す2種類のゲル化剤と数種類の酵素を混ぜることによって、複数のバイオマーカーが同時に存在してもしっかりと見分けられるヒドロゲルも開発された。

（バイオマーカーを見分けて溶けるゲル状物質を開発～診断材料や薬物放出材料として期待～ <https://www.jst.go.jp/pr/announce/20140507/index.html> より）[一部改変]

このゲル状物質を使うことで、凍結後も残存しているがん細胞に対する攻撃を行うことが可能になる。

以上三つのことから今回私が提案したいのは、

「がん細胞を凍結することで死滅させる」 →凍結は身近かつ単純な手法である

- i. ・ゲル状物質③に不当タンパク質、がん細胞に対する薬剤、対象とするがんに適した酵素を添加する。
 - ・がん腫瘍を上にしたような物質で覆い凍結する。
 - がん細胞を凍結・薬剤といったに段階で攻撃する。
 - ⇒凍結である程度死滅させられることが示されれば、**添加する薬剤も少量で済み、患者の身体にも負担が少ない。**
- ii. がん腫瘍が正常な細胞を巻き込んでいるとき、正常な細胞を、不凍タンパク質を添加したゲル状物質で覆う
 - 凍結によるダメージから保護する。

3、南極・北極での実験方法

用意するもの：

がん細胞、単細胞生物、ゲンゲ科の魚類(AEP IIIの摘出用)、その他の南極に生息する不凍タンパク質を持つ生物、液体窒素(冷却用)、ペトリ皿、培養液、ゲル化剤(Nmoc-F2)、ニトロ還元酵素(NR)、乳酸脱水素酵素(LDH)、酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD+)、乳酸

※単細胞生物…正常な細胞に対する効果をみるために用いる。

※AEP III…凍結することでがん細胞を死滅させるとき、ゲル状物質で覆う周囲の細胞、および死滅させきれなかったがん細胞に対する薬剤を含むゲル状物質が冷却による影響を受けないようにすること大切である。そこで、2②で示した不凍タンパク質の特徴を利用するべく、ゲル状物質にAEP IIIを添加することにした。

(AEP IIIは、

j-stage「不凍タンパク質機能と応用」西宮佳志, 近藤英昌, 坂下真美, 三浦愛, 津田栄において、その効能が示されている)

実験手順：

[1]

- (1) がん細胞を培養液に浸し、同サンプルを複数つくる。
- (2) 単細胞生物を増殖させる。

[2]

- (1) がん細胞をゲル状物質で覆う。
- (2) (1)を、0.5°C/分で-20°Cまで冷却後1時間放置する。
- (3) [1]で増殖させた単細胞生物に添加したゲル状物質で覆い、(2)と同じように冷却する。
→添加する不凍タンパク質の種類を変え、同様の実験を行う。
→冷却時に他の細胞が適切に保護されるかを調べる。
- (4) [1]のがん細胞にも(2)と同様に実験を行う。
→がん細胞の死滅する割合を調べる。

ゲル状物質…

- ・還元反応によって解けるヒドロゲルを形成するゲル化剤(Nmoc-F2)を使用
- ・AEPⅢ(その他、性質の異なる不凍タンパク質)、ニトロ還元酵素(NR)、乳酸脱水素酵素(LDH)、酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD⁺)を添加する

※下線部の物質を添加する理由

- ・AEPⅢ…不凍タンパク質の細胞膜の安定化という効果に注目し、外部からの衝撃に耐えやすい構造の実現を図る。

- ・性質の異なる不凍タンパク質…効果の違いをみる。

- ・ニトロ還元酵素(NR)、乳酸脱水素酵素(LDH)、酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD⁺)

…ゲル化剤にニトロ還元酵素(NR)を内包させておくことで、還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NADH)の存在を選択的に見分けることができる。

また、NADHはNAD依存性酵素が気質を参加する際に酸化型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD⁺)から再生することが知られているため、NAD依存性酵素の一種である乳酸脱水素酵素(LDH)をNAD⁺、NRと同時に内包させることで、ヒドロゲルを乳酸が添加されたときに溶けるようする。

乳酸…がん組織周辺で濃度が上昇

(バイオマーカーを見分けて溶けるゲル状物質を開発~診断材料や薬物放出材料として期待~
<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20140507/index.html> [参照日:2019.8.15] [一部改変]より)

※今回は、実験において扱いやすいため、乳酸に反応する酵素を使うが、実際は対象とするがんに適したものを添加する

※今回ゲル状物質内のがん細胞に対する薬剤を添加することはしない。

(理由)実験では添加したの物質の安全性が保たれるかをみるから。

[3]

- (1) [1]のがん細胞を乳酸と一緒に(ゲル化剤を溶かすため)にペトリ皿に取る。
- (2) ゲル状物質を添加しその効果(乳酸がある場所で溶けるか など)を調べる。

4、実験で見ること

- ① AEPⅢを加えたゲル状物質が、凍結後、その形状および中に添加した物質の状態を保っているか。

- ・南極・北極に生息する生物から抽出した他の不凍タンパク質で同じ項目を比較する。

・使用する生物は菌類やバクテリアなど培養が容易なものを優先的に用いる。
(実用化の際、できるだけ低コストにするため。)

- ② 正常な細胞がゲル状物質によりどの程度保護されるのか。
- ③ がん細胞が、凍結によりどれくらいの割合で死滅するか。

→①大半のがん細胞が凍結によって死滅すること

②正常な細胞がゲル状物質によって適切に保護されること

③ゲル状物質が意図するタイミング(凍結後)に溶け出すようになること

この三つが実現/証明されれば、実用化への大きな一歩となる。

4、最後に

今回、注目したのは南極や北極といった特異な環境に生息する生物だ。不凍タンパク質をもつ生物の中でも人工的に培養しやすいものでその効果を実証できれば、治療にかかるコストを抑えられ、「がん治療=高額」という壁が越えられるかもしれない。さらに、薬剤の投与などによる副作用が、患者にとって一番のネックとなっているがん治療において、それを最小限に減らすことができれば、患者の負担が軽減され、さらなる生存率の向上にもつながる。このように、今回行う実験には多方面での可能性が秘められていると私は考えている。

5、参考文献

・西宮佳志, 近藤英昌, 坂下真美, 三浦愛, 津田栄「不凍タンパク質機能と応用」

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu/48/6/48_6_381/pdf/-char/ja

(参照日:2019.8.15)

・腫瘍の免疫療法の基礎

www.f.kpu-m.ac.jp/k/jkpum/pdf/126/126-6/watanabe12606.pdf (参照日:2019.8.15)

・バイオマーカーを見分けて溶けるゲル状物質を開発

～診断材料や薬物放出材料として期待～

<https://www.jst.go.jp/pr/announce/20140507/index.html> (参照日:2019.8.15)

・もっと知ってほしいバイオマーカーのこと

www.cancernet.jp/upload/w_baio161214.pdf(参照日:2019.8.15)

・僧都 博「生細胞の凍結による障害と保護の機構」

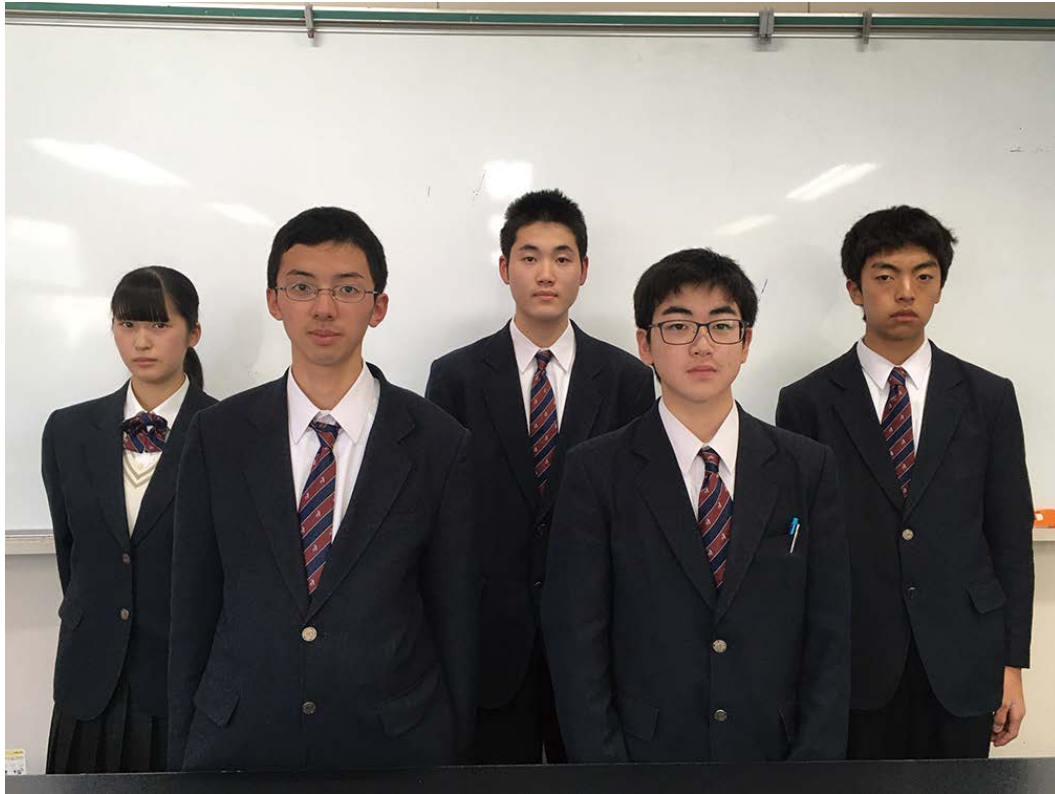
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kagakutoseibutsu1962/18/2/18_2_78/pdf

(参照日:2019.8.26)

・伊丹仁朗「がんを退治するキラー細胞」講談社 1999年

奨励賞

ドローンで隕石を探查できるか



提案者 環境班

中堤 康仁／岩間 友紀／田村 侑晟／宮木 琢愛／
松橋 大希

学 校 青森県立名久井農業高等学校 2年

提案者コメント

奨励賞、ありがとうございます。私が提案したのは金属探知機を搭載したドローンを使って、南極の隕石を探查するアイデアです。年々、ドローンの性能は向上しているので、おそらく近い将来、ドローンによる隕石探查が可能になるのではないかと考え、提案させていただきました。ぜひ日本の観測隊によって新たな隕石が発見され、宇宙誕生の秘密がまたひとつ解き明かされることを期待しています。

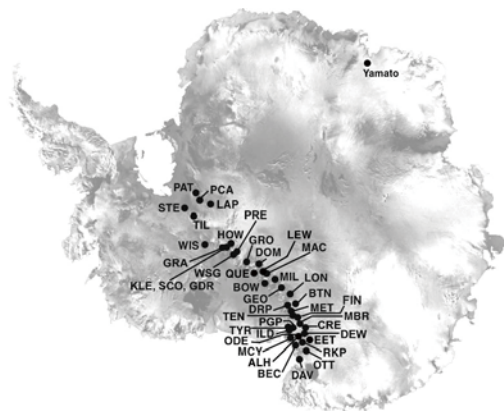
ドローンで隕石を探索できるか

1 提案の目的

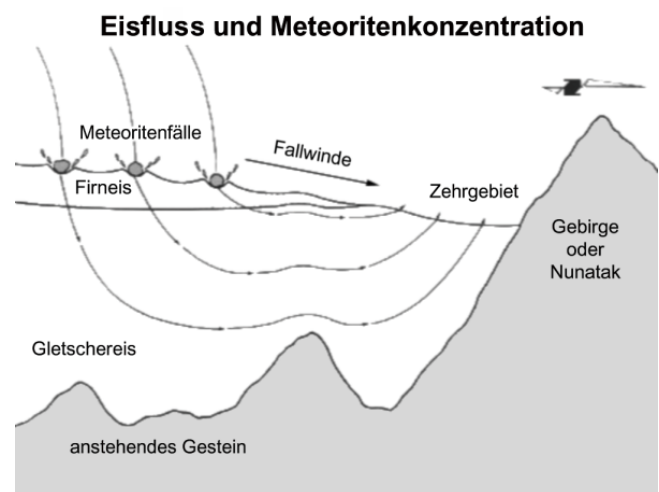
南極には、太陽系の生い立ちを探るうえで貴重なデータを提供してくれる南極隕石がたくさんに存在するといわれている。そこで最新の金属探知機搭載のドローンを使って氷原上を飛行させ、効率的に発見することを目的とする。

2 提案を思いついた動機

令和元年、小惑星探査機「はやぶさ2」が小惑星の内部物質を採取することに成功し、大いに話題となった。このような太陽系の生い立ちを探る小惑星探査は人材もコストも必要で、簡単にはできない。ところが南極では、小惑星同様に太陽系創生の情報を持つ南極隕石と呼ばれる隕石がとてもよい状態で大量に発見されている。また調査によって比較的に見つけやすい場所やそこに隕石が集まる仕組みがすでに分かっており（下図参照：Wikipedia）、現在、スノーモービルなどを使って探査が行われている。黒っぽい隕石は白い雪の中で発見しやすいと思われるが、雪原は広大で探査には時間と労力、さらに危険が伴う。実際に遭難された方もおり、今後の探査を進めるに当たってこれは問題である。



南極隕石が発見されているところ



南極隕石が集まる仕組み

本校は世界でも例のないドローンによる果樹の人工受粉に企業と連携して取り組み、話題となっている。そこでドローンと金属探知機による隕石探査を思いついた。現在、海外では地雷の探索を目的に金属探知機を搭載したドローン（Mine Kafon Drone）が開発されている。隕石にはさまざまな種類があるが、隕鉄など鉄を含む隕石は金属探知機に反応することがわかっている。そこでこのドローンを低空で飛ばし探査することで、大幅な省力化と危険回避が可能になると思われる。また金属探知機には鉄だけでなく、いろいろな物質を発見できる機種の開発も進んでいる。将来、これらの技術を用いると南極の地下資源探索にも有効だと考えられる。

今年は日本が1969年に南極で「やまと隕石」を発見してから50年という節目の年である。ドローンの技術も向上してきた今こそ、日本から新しい隕石探査の方法や極地におけるドローンの

活用法やルールを提案してほしいと願い、この案を考案した。

3 その提案を極地で行う方法

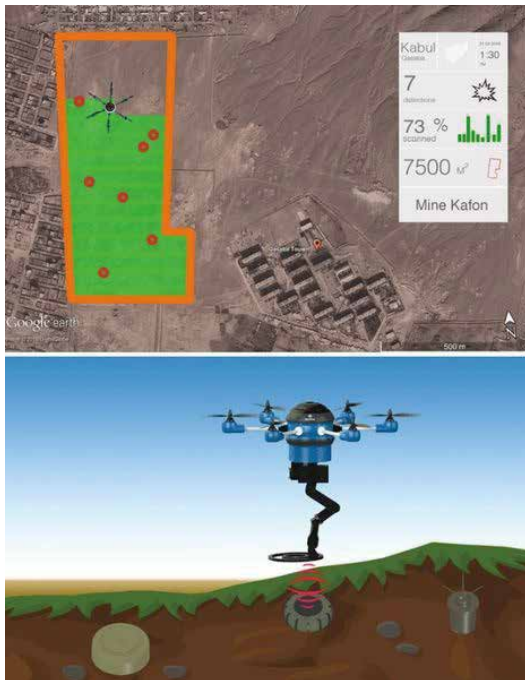
(1) 金属探知機を搭載したドローンを用意する。

- ① 「Mine Kafon Drone」という金属探知機を搭載した地雷探査用の機種が開発されている。
- ② 一般にドローンは重量が重くなると飛行可能風速（最大風圧抵抗）が高くなる。現在の機種では風速最大10m/sまで飛行可能といわれている。極地用に大型ドローンを開発するともう少し強い風でも探査は可能になると思われる。
- ③ 現在のドローンは気温-20℃が稼働可能な最低気温である。宇宙船のようにアルミシートを貼るなど温度対策をすればもっと低温でも飛ばすことができると思われる。
- ④ 昭和基地周辺の気候とドローンの飛行可能性

昭和基地	平均風速 6 m/s 前後	大型ドローン飛行可能条件	風速 10 m/s 以内
	平均気温 -10℃ 前後		気温 -20℃ 以下

(2) 隕石マップの作成

- ① 天気を予測しながら、風の弱い時間帯にターゲットとするフィールドで金属探知機搭載の大型ドローンを飛行させる。
- ② 地雷探査の時と同じように金属探知機に反応があった場所を、GPSデータを元に地図上にプロットし、南極隕石マップを作る。
- ③ この地図をもとに、隕石があると思われる場所を重点的に探査する。これによって探査時間が短縮され効率が向上すると思われる。



4 その提案から予想される結果

- (1) 地雷探査用ドローンに金属探査機や GPS を搭載することで極地での平和利用が可能になり、今までよりも簡単に隕石情報を得ることができるようになると思う。
- (2) 広域の隕石の位置データを地図上に記録して定期的に観測すると、隕石や氷床の動きがわかるのではないかな。
- (3) さらに金属探知機の改良によってさまざまな金属を見つけられるようになると、南極でのレアメタル探しなど資源探査に役立つと思う。
- (4) 今後増えると思われる極地でのドローン飛行に対するルール作りを模索するきっかけになるのではないかな。

5 参考資料

南極大図鑑 (国立極地研究所)

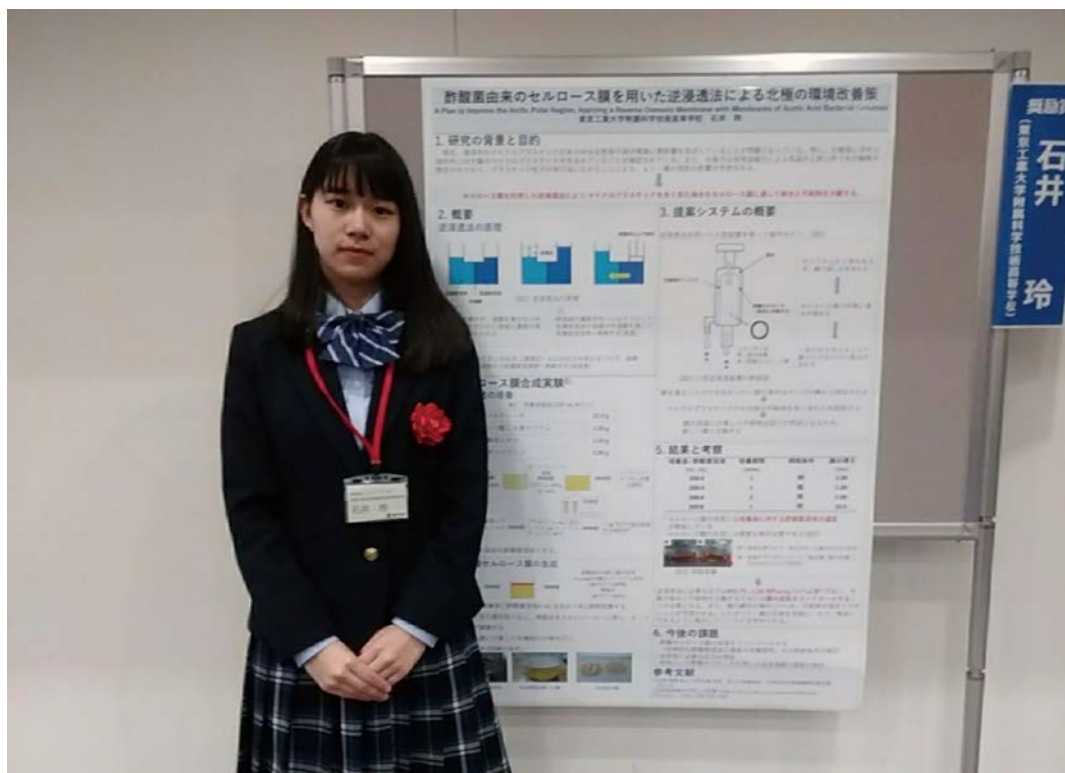
マインカフォン (<http://minekafon.org>)

ドローン技術の現状と課題および ビジネス最前線

(https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/59/11/59_755/_pdf)

奨励賞

酢酸菌由来のセルロース膜を用いた逆浸透膜法による 北極の環境改善策



提案者 石井 玲

学 校 東京工業大学附属科学技術高等学校 3年

提案者コメント

この度はこのような素晴らしい賞を頂き、とても嬉しく思います。私は環境問題に興味があり、今回は極地の環境改善について考えてみました。授賞式当日は沢山の方と交流し、研究について専門的なアドバイスも頂くことが出来ました。この貴重な体験を生かし、大学に進学してからも地球環境の改善に役立つ研究を続けていきたいと思っています。

高校生活最後の年に素晴らしい思い出をありがとうございました。

酢酸菌由来のセルロース膜を用いた逆浸透膜法による北極の環境改善策

東京工業大学附属科学技術高等学校 石井 玲

48 1. 目的

環境に優しいといわれるセルロースを利用した逆浸透法により、マイクロプラスチックが多く含まれる海水をセルロース膜に通して純水と不純物を分離する。純水は生活用水として利用し、膜に残った不純物を回収することで北極の環境改善に努めたい。

2. きっかけ

私は今、学校の仲間とともに「酢酸菌によるセルロースナノファイバーの調製とその利用法」を研究している。この研究では主に、酢酸菌から細かいセルロース(CNF)を生成し、化学修飾を施して、その利用法について研究しているが、その中で酢酸菌の培養中に生成されるセルロース膜の性能に着目し、今回の提案に繋がるのではないかと考えた。先行実験¹⁾で酢酸菌は緻密なセルロース膜を生成することが分かっているため、新しく定めた条件の下で、より良いセルロース膜を作製するのに最適な方法を調査するため、実験を行うことにした。

3. 背景

現在、海洋中のマイクロプラスチックにより、あらゆる生態系や海洋環境に悪影響を及ぼしていることが問題となっている。海洋プラスチックによる海洋汚染は世界中で起きており、その被害は北極や南極といった極地にも及んでいる。特に北極海に浮かぶ海氷中には大量のマイクロプラスチックが含まれていることが確認されており、同時に、北極では地球温暖化による気温の上昇や氷の融解、海面の上昇など様々な問題が懸念されている。それにより、海氷が溶けることでプラスチック粒子が再び海に広がり、それらを回収するのがますます困難になることが予想される。

このような問題を「酢酸菌セルロース膜による逆浸透法」を用いて解決していくにあたり、この膜が極地で使用できるのか、まずはテストをする必要があるが、もし、最も過酷な環境である極地でも酢酸セルロースの性質が失われることなく、機能することが分かれば、世界的にも大きな進歩となるだろう。

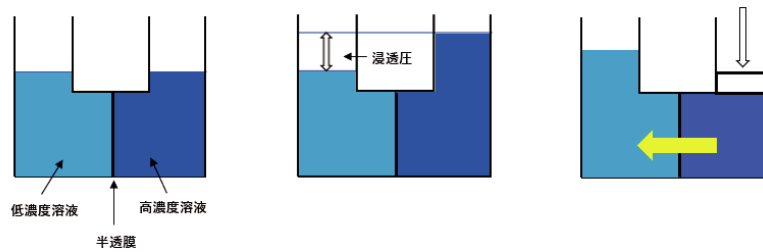
酢酸菌セルロースは植物セルロースに比べて、1/100～1/1000 という極めて細かい繊維からなる成る網目構造をもっていることが分かっている。²⁾小さな溶媒分子は通すが、大きな溶質分子は通さないという選択性をもつこの膜を使った、逆浸透法が北極海に含まれるプラスチック粒子の分別、回収はもちろん、海水を淡水化することで生活に必要な水や災害時の水等に利用できることが期待される。また、この方法は電気や熱を使わずに圧力をかけると短時間でろ過をすることができるため、これら問題に対して最適な解決策だと考えられる。

将来、酢酸セルロース膜を用いた大規模な逆浸透装置が開発するためにも、まずは基地周辺や探検隊の方々を対象とした小型の装置を使って知見を行い、早期的な北極の環境改善に努めていきたい。

3. 概要

逆浸透法の原理

溶媒は通すが、溶質を通さない半透膜で仕切られた容器の一方に純水(低濃度溶液)を、また、他方に海水(高濃度溶液)を入れたとき両溶液が平衡になろうとして低濃度液側の純水が半透膜を通過して高濃度溶液側に移動する現象が浸透である。このときに生じた圧力差(水位の差)を浸透圧という。水位が上昇した高濃度溶液側にこの浸透圧以上の圧力を加えることで、浸透現象と逆のことが起こり、水が高濃度溶液側から低濃度溶液側へと移動する。これを逆浸透という。(図 1)



(図1 逆浸透の原理)

以上の原理を用いた小型装置モデルを以下に示す。

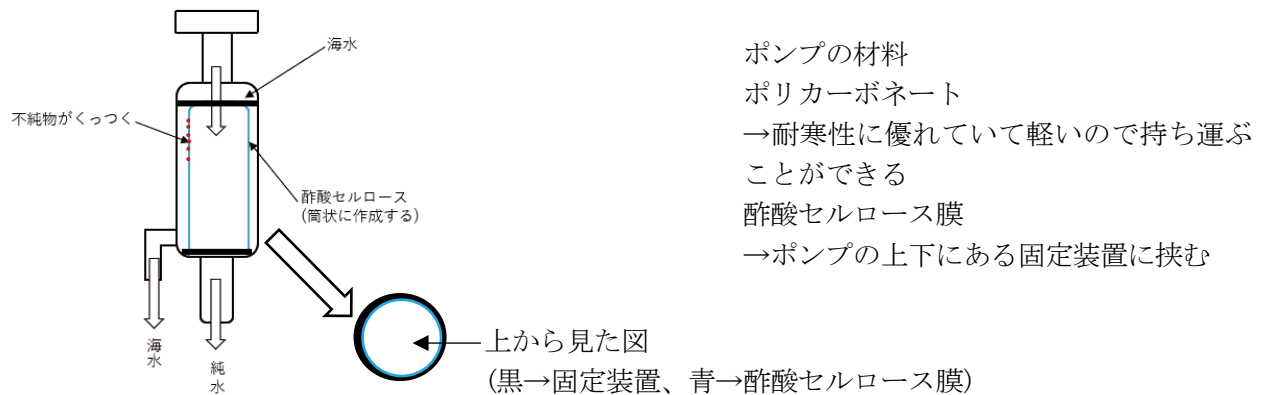


図2 逆浸透装置モデルの断面図

4.1 方法①

図2に表したポンプを用いて海水の淡水化を行う。ポンプの上から海水を注ぎ、繰り返し圧を加える。はじめはセルロース膜の外側に海水が溜まる状態になるが、一定の圧を加えることで膜に空いた小さな穴を水分子が通り、純水が流れる仕組みである。膜を通ることのできなかった一部の海水はポンプの横から排出される。そこで得られた海水はマイクロプラスチックやその他の不純物を多く含んでいるため、回収する。

4.2 方法②

逆浸透が生じた際に膜に空いている小さな穴を通ることのできなかった大量の不純物などが、①の操作を繰り返すことで膜の表面にくっつくことが予想される。膜の表面についた不純物は膜に空いている穴のつまりの原因となるため、純水が出にくくなることが考えられる。純水が出にくくなった時は、新しい膜と交換し、使えなくなった不純物を多く含む膜を回収する。

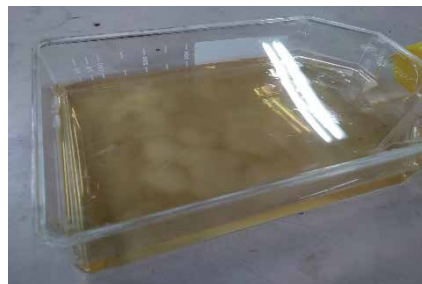
5. 予備実験

5.1 酢酸菌の培養

酢酸菌は表にある物質を混合し、精製水 200 mL に溶解し、0.1 M-酢酸を用いて pH を 5.5 に調整した後、オートクレーブで滅菌 (127 °C, 1 Mpa, 10 min) した。(以下、培養液とする。) この培養液に 2 mL のマイクロチューブ内でグリセリンと一緒に保存されていた酢酸菌を解冻し、培養液で満たされた容器に 2 本分を加えた。これらを 30 °C に設定してあったインキュベーター内に放置した。約 1 週間後に容器を回収し、溶液の表面にできたペリクルを滅菌ガーゼを用いて除去した。酢酸菌を含む溶液 1 mL に対し、グリセリン 1 mL を混合して、2 mL マイクロチューブに移し、-20 °C 下で冷凍保存した。(以下、この溶液を酢酸菌溶液とする。)

フルクトース	20.0g
リン酸二水素カリウム	3.00g
酵母エキス	5.00g
ポリペプトン	5.00g

表1 200 mL当たりの材料



1週間放置した酢酸菌溶液(ペリクル含む)

5.2 酢酸セルロース膜の生成

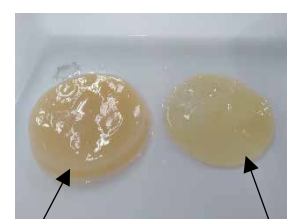
この培養液を常温まで冷ました後、200 mLビーカーに酢酸菌溶液 4 mLを加えて約1週間放置する。放置した後表面にできた膜を取り出して、精製水を入れたビーカーに移してオートクレーブ滅菌を行う。ここで得られた膜は培養液の色や他の有機物が付着している可能性があるため 0.1M 水酸化ナトリウム水溶液に 40 °Cで1時間浸して脱色、有機物の分解を行う。その後、膜を蒸留水の入った容器に移し、40 °Cを保ち30分間放置する。この作業を2回繰り返し、セルロース膜を得る。膜を浸す溶液を変えるごとに、膜をもみ洗いすることで、膜の表面に残った物質や膜内の培養液を取り除くことができる。その後、カビが生えないように、乾燥した場所に放置し、自然乾燥させる。



培養液+酢酸菌溶液



約1週間放置した膜



② 洗浄後の膜 ①

図3 酢酸菌セルロース膜

6. 予備実験の結果と考察

図3のように、培養液+酢酸菌溶液を1週間放置したところ、2.0 mmの膜が生成された。その表面は滑らかで、均一な厚さをしていて、また、同じ温度下で2週間、培養液+酢酸菌溶液(8 mL)を放置したが、膜の表面の状態は1週間放置してできた膜と変わらなかったが、厚みが約1.0 mm増加した。先行実験の膜と比べて、膜の状態が安定していて、厚みのある膜ができたことから、培養液+酢酸菌溶液の量や濃度が膜の成長に関係していることが考えられる。さらに、図3の①は先行実験に比べて、培養液：酢酸菌溶液=200 mL：4 mLで作成した膜だが、②は培養液：酢酸菌溶液=200 mL：8 mLで作成された膜の厚さは約10 mmとなった。このことから、酢酸菌セルロースの成長には培養液に対する酢酸菌溶液の濃度に比例していくと考えられる。また、先行実験ではインキュベーター内の電気をつけずに溶液を放置していたが、今回は電気がついた状態で実験を行って見たところ、同じ濃度に設定した培養液+酢酸菌溶液を1週間放置して作成された膜に明確な違いが出た。明所に放置した酢酸セルロースは①が生成されたのに対し、暗所に放置した酢酸菌セルロースはほとんど膜が形成されず、表面もザラザラしていて、不安定な酢酸セルロースが生成された。このことから、明暗も膜の成長に影響を及ぼし、膜表面の状態も左右すると考えられる。しかしながら、逆浸透法を手軽に起こすためには、酢酸菌セルロース膜は出来るだけ薄く、破損しにくいことが求められる。よって、今回用いた、200 mLビーカーではなく、底面の大きい四角形の容器を使って酢酸菌溶液を培養することで、薄く、均一な膜ができると思われる。

7. まとめ

私たち一般人が北極や南極に簡単に行くことは出来ませんが、だからこそ未だ見ぬ極地への夢は膨らみます。今までとても気になっていたこのコンテストに高校3年の今年、ラストチャンスだと思いチャレンジしました。来年からはコンテストに応募することは出来ませんが、大学生になってからも極地で実現可能な研究や地球の環境改善について考えていこうと思っています。

8. 参考文献

- 1) 石崎 雄輝, 金山 大飛, 佐藤 和哉 : 東工大附属高校 応用化学分野課題研究報告書(2011)45
- 2) 外山尚人 : 化学と生物(2001)39,8

奨励賞

海氷の塩分濃度の測定は 海面上昇の予測につながるのか？



提案者 科学研究部化学班南極研究グループ
多留 愛美 / 山根 晏菜

学 校 兵庫県立尼崎小田高等学校 3年

提案者コメント

私達は高校1年生の時に極地研究所の先生から南極の海氷についての話を聞き、自分達も海氷についての研究をしたいと思いこの研究を始めました。まず、私達は南極の海面上昇の影響を一早く予測し今後の対策になるような研究をする目的の下、はり出した陸氷（氷河）の周りがある海氷が溶けやすい条件について研究をしました。研究をしていく上で、楽しく思うと同時にこれからも海についての研究をしていきたいと思うきっかけにもなりました。

海氷の塩分濃度の測定は海面上昇の予測につながるのか？

(1) 提案の目的

海面上昇は南極の氷河（陸氷）が切り離され海へと流れ出すことによって起こる。こうした海面上昇が懸念されている中、いかに予測を正確にするかによって、海面上昇によって起こる世界的な問題についてもいつ起こるのか予測することが出来る。

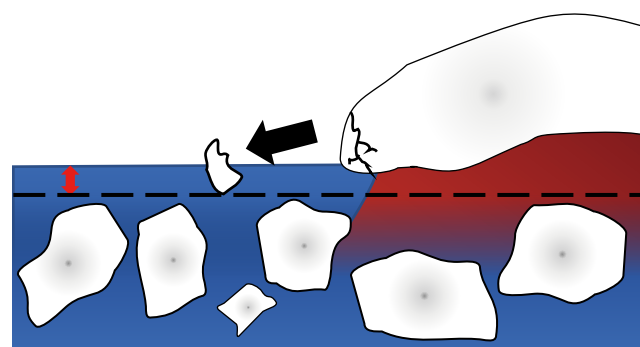
例えば、海面上昇によって沈む可能性の高い島の領土問題や島民の避難について対策をすることが可能になるのではないかと考えた。

よって海面上昇を正確に予測することは世界的問題の対策の手助けとなると考えた。したがって海面上昇の正確な予測に役立てるため以下の研究を提案する。

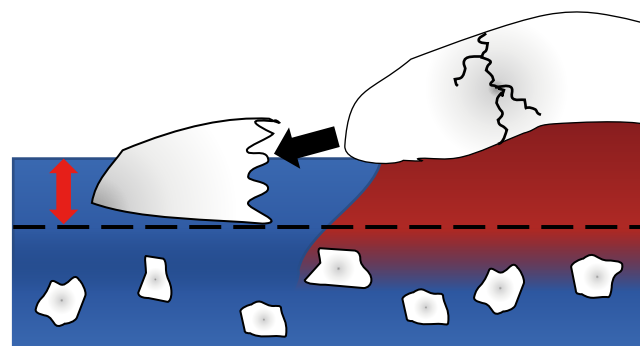
(2) 提案がひらめいたきっかけ

氷は保冷剤があると溶けにくく、ないと溶けやすい。南極で海にせり出した氷河（陸氷）が、その保冷剤の役割である海氷が、多くある時と少ない時では、切り離されやすさに差があるのではないかと考えた。そのため保冷剤の役目である海氷の溶けやすさを調べると氷河（陸氷）の切り離されやすさを予測できるのではないかと考えた。

溶けやすい海氷のあるところが分かれば間接的に氷河（陸氷）の切り離されやすさが分かり、海面上昇の予測ができるのではないかと考えた。



海氷が多い時



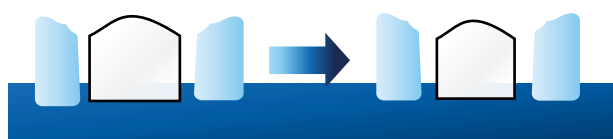
海氷が少ない時

図1. 氷河（陸氷）の切り出しと海氷の量の関係

氷河（陸氷）の周りに海氷の量が少ない時は、氷河（陸氷）を保冷するための海氷が少ないので氷河（陸氷）は大きく切れ離されやすいと考えた。反対に氷河（陸氷）の周りに海氷が多い時は、海氷が氷河（陸氷）を保冷しているため、氷河（陸氷）は大きく切れ離されにくいと考える。（図1）



氷河（陸氷）の張り出しの断面図



海水の塩分濃度が低い時



海水の塩分濃度が高い時

図2. 海水の塩分濃度の違いによる氷河（陸氷）の溶けやすさ

（図2）は海水の塩分濃度と陸氷の溶けやすさの関係についての仮説を図示したものである。

（図2）より、南極海の海水における保冷剤の役割を果たす海水が減少する。よって、その場所では海水の温度が上がりやすくなり、陸氷が溶けやすくなる。したがって、各地点の陸氷が溶けた時の海面上昇の値の差が大きく異なると考えた。

（図1）、（図2）より、海水ができる時に海水の塩分も一緒にとじ込んで凍る場合がある。また、ブラインの量や濃縮率が海水によって異なるため、海水の溶けやすさに違いが生まれるので、保冷材の役割をしている海水が南極のどの地点で溶けやすいのかが分かれば、どの氷河（陸氷）の溶けやすいかが分かり海面上昇の進行を予測できるのではないかと考えた。

（3）提案を南極や北極で行う方法

各地点の海水の塩分濃度を測り、海水の溶けやすい地点を調べる。

これ調べることによって海水が今後溶けていき、海水の量が少なくなっていく地点を割り出すことが出来る。さらにそこから、氷河（陸氷）の切り離されやすい地点も分かる。そのデータを地図にまとめていき、氷河（陸氷）が切り離されやすい地点を予測地図で示す。

この仮説の前提条件を確認するための予備調査として、

- ① 塩分濃度が高いところの海水でできた海水の塩分濃度が高いかを確認する。
 - ② これまでの氷山（切れた陸氷）発生する箇所の海水の塩分濃度と比較して傾向を調べる。
- 以上の事前調査をすることも併せて提案する。

（4）予備実験

実験Ⅰ 塩分濃度による氷の溶け方の違い

海水の塩分濃度は各地点で違うため、そこからできる海水の塩分濃度の違いで溶けやすい地点が分かるのではないかと考えたので、この実験を行った。

実験方法

氷の塩分濃度別の溶解時間の測定

- ① 0.0‰、20.0‰、30.0‰、33.0‰、34.0‰、35.0‰、36.0‰、40.0‰、200.0‰、208.8‰（飽和）※の食塩水をそれぞれ50mL紙コップに入れて、 -80°C の冷凍庫でそれぞれ1つずつ凍らす。
- ② （図1）のように組み立てた実験器具に氷を置く。
- ③ それぞれの溶解した水の量を1分置きに計測する（図2）。

※海水の平均の塩分濃度が 35‰なので 35‰を基準に 35‰付近の濃度と結果に差を出させて分かりやすくするために塩分を含まない (0.0‰) から飽和まで含まれている (208.8‰) に設定して比較した。

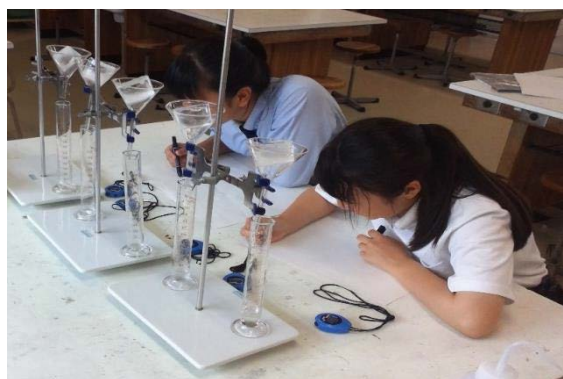


図 3. 実験 I の様子

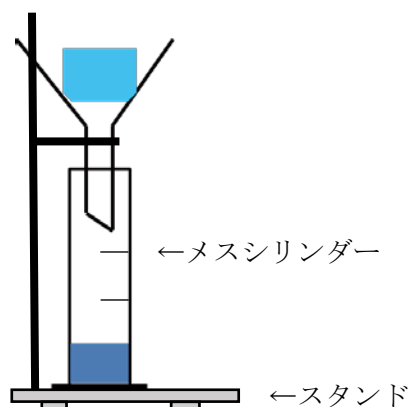


図 4. 実験 I の装置

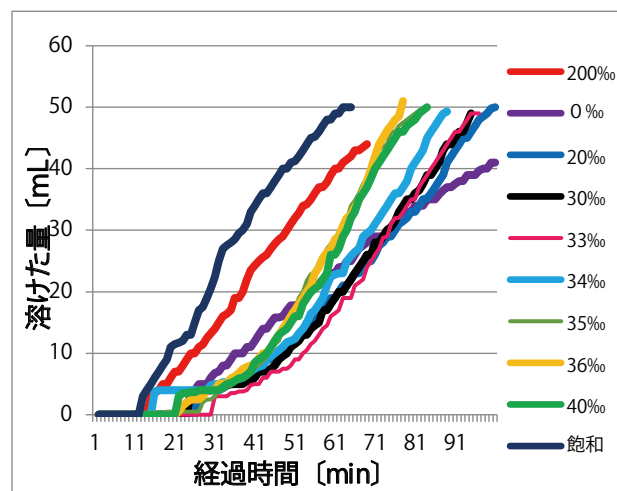


図 5. 塩分濃度の違いによる溶ける時間の違い

飽和食塩水の氷が一番早く溶けた。真水の氷は溶け始めるのは他のものと同じだったが溶ける量が一定だったため一番遅く溶けた。

考察

結果から塩分濃度が高いものから溶けやすいことが分かった。

氷は水素結合で結晶を構成しているが塩化ナトリウムが入ることによって氷の結晶が崩れ、溶けやすくなると考えられる。

このことから塩分濃度が高い海域でできた海水は溶けやすいと考える。

実験 II 色による氷の溶け方の違い

一般的に白と黒では黒の方が太陽のエネルギーを吸収しやすいと言われているので、海の色である青と海水の色である白ではどのような差が生まれるのか、疑問に思ったのでこの実験を行った。

実験方法

- ① ラミネートした黒、青、白の画用紙※を用意する。
- ② 実験 I と同じように -80°C の冷凍庫で凍らせた 50mL の真水の氷を用意する。

③図3のように画用紙の上にジップロックに入れた氷を置き、太陽にあて、溶けた水の量を10分置きにメートルグラスで計測する。

※青と白で比較をしたいが、光の波長を全吸収する黒を用いることによって、差を顕著に見るために青と白だけでなく黒も用意した。

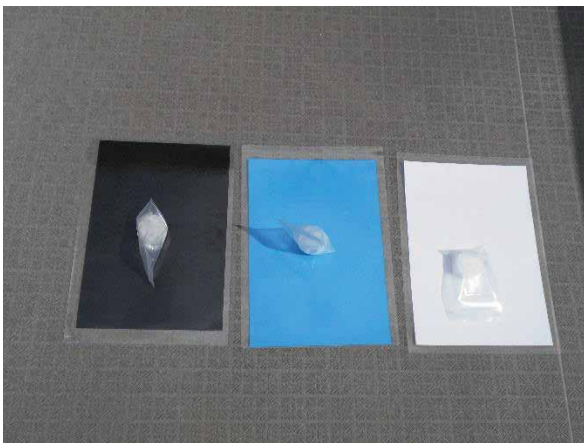


図6. 実験Ⅱの様子

結果

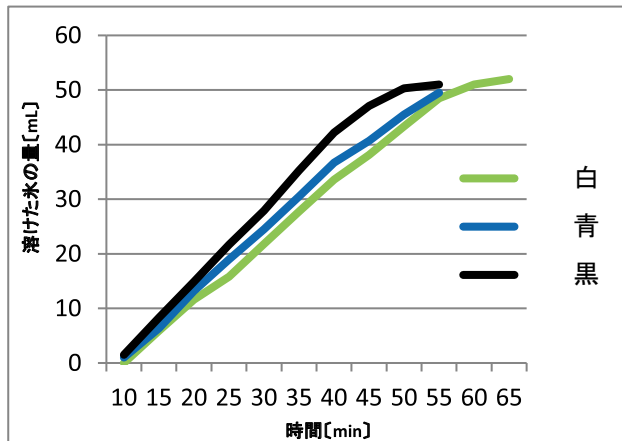


図7. 色による氷の溶け方の違い

黒、青の画用紙の上に置いた氷は同じ時間に溶け終わった白の画用紙の上に置いた氷は、黒、青の画用紙よりも遅く溶け終わった。

考察

青は黒と同じくらい太陽エネルギーを吸収しやすいことがわかった。

よって、海は太陽エネルギーを吸収しやすいので、海氷が溶けて海洋面積が広がると水温の温度が上がりやすくなり氷河（陸氷）が溶けて切り出されやすくなると考えられる。

反対に、氷河（陸氷）の周りに海氷が多いと太陽エネルギーを吸収しにくく氷河（陸氷）が切り離されにくいと考えた。（図8）

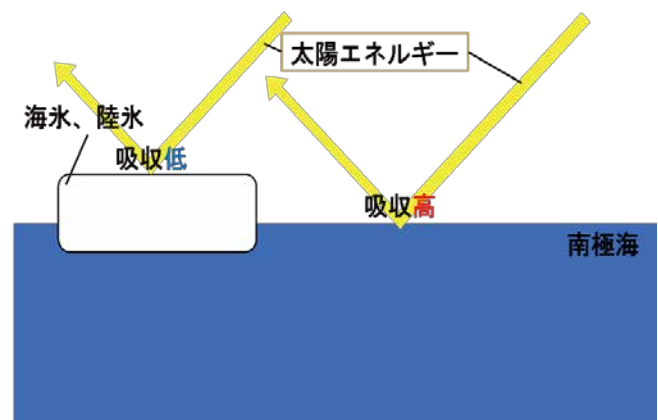


図8. 太陽エネルギーの吸収の違い

実験Ⅰより、塩分濃度が高い海氷は溶けやすい。実験Ⅱより海洋面積が広い場所の方が太陽エネルギーをより吸収しやすいため、氷河（陸氷）が切り離されやすい。さらに、一旦海氷が溶けだすと海洋面積が広がり、太陽エネルギーが吸収しやすくなってますます海氷が溶けやすくなる。

以上のことから、海水の塩分濃度が高いと塩分濃度が高い海氷が形成されるため、その地点の海氷は溶けやすくなる。その結果、保冷材の役割をしている海氷の量が減少するため氷河（陸氷）が大きく切り離されやすくなる。

さらに海氷の量が減少すると海洋面積が広くなり太陽エネルギーを吸収しやすくなるため、この傾向がますます加速される。

実験結果から、直接的に氷河（陸氷）が切り離されやすいところを調べるのは困難でも、周りの海氷の塩分濃度を調べることによって間接的に氷河（陸氷）が溶けて切り離されやすい地点が予測できると考えた。

以上のことから、氷河（陸氷）の切り離される地点の予測のため、周辺海氷の塩分濃度の測定を提案する。さらに、そのための事前の予備調査も併せて提案する。

参考文献

南極読本 隊員が語る寒冷自然と観測の日々

平成25年12月8日初版発行

編者 南極OB会編集委員会

発行者 小川典子

応募提案一覧

(順不同／受賞・掲載不許可分を除く)

学校名 (順不同)	提案者	提案タイトル
神戸大学附属中等教育学校	村上由加	極地における楽器の音色の差
	望月海音	境地におけるスマートフォンに対する関心
	中田啓介	ドライアイスの昇華実験
	稲田慶一郎	ピンク色は人類への最終通告か
	石田瑛都	朝顔は南極では何時に咲くのか？
	森元万結	寒冷下における肌の乾燥に対するオリーブオイルの効果
	中野真和	極地にある水はきれいなのか
横浜国立大学教育学部附属鎌倉中学校	内田瑞樹	南極の海水で塩は作れるのか？
	井出隼太郎	極地での音の伝わる距離
静岡県立沼津東高等学校	田中里奈	南極の微生物で健康にいいお酒を造る
	大嶽佑月	南極の環境を生かした3Dナビゲーションシステムを月面などの他惑星でも活用する
	岩崎茜	極夜におけるうつ症状の改善効果の高い魚類の検討
	小池匡起	ペルチェ素子で発電ループ
	益谷進太郎	ペンギンは磁気が分かるのか
	藤江千愛	S-903納豆菌で極地でも健康的な食生活を
	高梨美桜	氷雪藻による発電
	顧佳華	南極や北極の氷が白い理由
	一瀬達矢	南極で時間が正確に知れるか
	梅谷颯斗	南極と北極の極夜のときの植物の光合成と呼吸について
	櫻田悠真	極地で水を凍らせる
	中村咲智	静電気を利用して電気エネルギーを得る
	管野悠楽	方位磁針はどっちを指す？
	佐藤優	北極圏永久凍土下における生物細胞保存についての提案
	原智也	南極での音
	山岸優和	南極でヨーグルトを作れるか？
	羽鳥太陽	新種ウイルスと耐性病原体
	長谷川太一	南極オゾンホールの研究
	大里有佳	極地でフレッシュな野菜を
	池田美空	南極北極どちらがキレイ？
	山崎詩月	環境にやさしいエコ発電
	川口賢土	極地でボールをとばすと、その飛距離はどうなるのか
	板倉宙大	白夜、極夜による人間及び野生動物への時間感覚の影響
	米山月菜	南極に行くと、ヒトの免疫力は高まるのか？
	米元優一郎	南極・北極での太陽光発電の発電比較
	西村洸洋	極地での発電方法と発電効率について
	佐藤麻衣	海水の塩分濃度の変化によって動物の体内の塩分調節機能は変化するのか
	萩原基生	極地で美味しい野菜をつくりたい！
	秋山萌々葉	南極はうるおうのか？
	浦本茜野	生物の進化
	吉田優介	納豆ネバネバ in 極地
	平尾栄祐	冬眠から目覚める「きっかけ」を取り除く
	大庭涼平	極地では紙で指がどれくらい切れやすくなるか
	野田杏	白夜と太陽光発電
	山本陸央	オーロラを作る

学校名（順不同）	提案者	提案タイトル
東海大学付属静岡翔洋高等学校	西角美咲	北極は日焼けしないのか
	吉川叡史	氷の世界で氷を作る
	安本怜生	北極、南極で方位磁針を持ったら針はどこを向くのか
	石上華凧	北極点、南極点での1日と時差ボケ
	小柳愛斗	南極の氷の中で亡くなってしまった動物はどうなるのか
	兼本純汰	クリオネが住みやすい海
	野村康真人	南極サバイバル生活
	伊東大智	南極・北極で凍らされた生命は時間をおいて解凍すると蘇生できるのか
	関野創	月の光を集める
	仁科和葉	南極で野菜を育てることはできるのか
	西本太郎	ペンギンの托卵
	増田知春	寒さに耐えられるペンは何か
	望月稚里	南極の花火大会は実現するのか
	森遥斗	南極と日本どちらの方がろうそくは長く燃えるか
	森房晃良	北極圏で生きる植物たち
	山田純也	ゴキブリの生命力
	渡辺紅葉	紫外線予防
	和田航太	白夜を生き抜く生物たち
	宮澤太一	南極でろうそくは、燃えるのか
	鈴木那菜	新しいごみ処理方法
	鈴木彩月	北極と南極に生息するペンギンとホッキョクグマを入れ替えるとどうなるか
	鈴木小妃	カレー作り、速いのはどっち？
	石川汰一	「北極で北極ラーメンを食べる」～蒙古タンメン中本の北極ラーメンは北極でも熱くなるのか？～
	海野凧紗	バレーボールをしたら…？
	大野美咲	苔の生態を生かした植物の実験
	大脇皐聖	南極北極環境下での運動能力の変化
	酒井雪乃	北極にペンギンを連れて行く
	杉村奏美	ナンキョクコメススキとナンキョクミドリナデシコはなぜ南極で生存できるのか
	杉山颯	南極点や北極点での渦の回り方はどうなるのか!?
	田代なのは	南極から世界に電力を送れるのか
	近松弓乃	氷河の再生
	野寄翔平	南極でもイグルーは暖かいのか
	平垣菜穂	極寒の海を人間が2000m潜る
	藤田世奈	五味の水溶液の凍りにくさ
	古川達也	人の適応能力と集中力の限界とは
	松下未来	南極に存在する化石をX線撮影を用いて発見する手段
	松永花実	南極でお湯は何度で沸くのか
	森田晃大	白夜中にカエデを育てる
	山本博也	南極の動物は暖かい場所が好きなのか？
	綿野壮	南極の風景を守るために
	相川遥翔	食料の自然長期保存
	阿部紗花	南極で虹を見よう
池上茉莉花	北極圏の環境保全と改善のための天然資源の調査と観測	
池上咲	熊は南極に住めるのか	
大井拓真	氷による発電	
岡田蓮	南極で虫類を育てることができるか	
小畑龍紀	地球温暖化と南極の氷の厚さの関係	

学校名(順不同)	提案者	提案タイトル
東海大学付属静岡翔洋高等学校	小泉穂乃花	クラミドモナスで地球温暖化を防ぐ
	杉山悠	極寒地帯で温かいものを食べるには
川村中学校	望月優	極地で調べる生態変化
函館白百合学園中学校	松野百香	南極・北極でアイスクリームを作ると味や様子は変わるのか？
	宗栞里	南極と北極どちらの氷の溶けた水がその場ではやくカップラーメンをつくることができるのだろうか
	平野和佳子	北極・南極でもアウトドアにトライ
	宮川凜	北極の氷
	三浦ゆりあ	糸電話
	小川清花	アイスクャンドル de ロマンチック
	坂本佳美	「クマムシ」という生き物は南極・北極の氷にうめても生きていられるのか？
	熊谷綾乃	北極・南極の海底にいる魚の調査
	田原友菜	北極で氷を作るにはどのくらい時間がかかるのか
	高橋美咲	オホーツクのクリオネは南極の海水でも生きられるのか
	小野真菜花	レモンについて
	山根千夜	南極と北極の氷と通常の氷の溶け具合
	古屋みさき	南極及び北極の氷で発電する
	柴田祐華	ペンギンは北極で生活できるのか
	滝田結菜	氷点下では水やお湯は一瞬にして凍るのでしょうか
	横井啓乃	南極・北極でアイスクリームは作れるのか？
時田三鈴	白夜におけるミニトマトの成長	
西武台新座中学校	岡部優樹	南極で植物はどれだけ環境に適応できるのか
済美高等学校	藏本彩那	南極から日本にボトルメッセージは届くのか
	鳥津果歩	プラスチックを分解する微生物の調査
	山本貫太郎	日本のペンギンと南極のペンギンの羽毛の違い
	高橋真衣	どの国旗がお好き？～ペンギンは魚と同じ色覚？～
	佐々木愛未	最強の日焼け止めを作る？！
	松田理莉緒	コケ坊主で南極オキアミの養殖はできるのか
	河野奏瑠	臭い、汚い、気持ち悪いタオルをきれいにしてよう
	荒木聡太	南極海における生物濃縮の実態調査
	金林愛美	南極・北極に病原体はいるのか
	八木健心	微生物からみる進化の軌跡
	岡本奈美	ホッキョクグマを南極に連れて行こう！
	井上里穂	南極・北極でもカーナビは正確に機能するのか
	村上綾佳	ダイヤモンドダストを作る
お茶の水女子大学附属高等学校	大西莉夏	南極で朝食の食材を集める！！
	工藤寧桜	セイウチは南極で生活できるのか
	高頭まどか	天然の貯蔵庫
	横山瑞季	オゾン層の破壊を抑止するために
	布施谷千桜	紫外線によるエレバス山への影響
	中村綾	アオコ抑制に最適なオイルフェンスを作る！
	布施谷里桜	プレスレットで北極の環境を守る
	根岸杏実/上野結子/米田華帆/ 安藤里菜/野口陽菜佳	極地で生分解性プラスチックの可能性を見出せるか？
聖光学院中学校	杉田知駿	地球温暖化対策の新たな可能性
早稲田大学系属早稲田佐賀中学校	長嶋大樹	北極で空気中に含まれる酸素の量は違うのか？
安田学園安田女子中学高等学校	辰川和奈	マイクロプラスチックが雪をとかす？
福島大学附属中学校	渡邊陸翔	キンメペンギンの研究
千葉県立稲毛中学校	杉野和奏	南極から未来へ繋ぐ歴史のタイムカプセル
東京都立八王子東高等学校	野原健樹	極限相撲 極地の微生物VS微生物 100本勝負

学校名（順不同）	提案者	提案タイトル
NPO法人東京賢治シュタイナー学校	曾根晶太郎	南極で氷を溶かして水力発電！
		北極をもっと知ろう！
		南極で氷床の動きを調査！
		寒いところでも健康にらせる食べ物を捜せ！
萩光塩学院高等学校	佐々木美彩来	音の響き方
	岡本百花	極地で線香花火は光放つのか
	角屋向日葵	地の果てでシャボン玉
	野村勇喜	南極・北極で仮死・瀕死状態になることで優れた能力が会得できるのか
	三輪百花	ゴキブリの生命力は極寒でも通用するのか
	宮内凜	南極と北極で保存された野菜はどうなるのか
	窪田胡桃	南極・北極の生物は「マイクロプラスチック」による影響はあるのか？
	岡村麻美	北極に生息する植物を利用した北極での野菜栽培
	山野直輝	バイオロギングによる研究
	石川依季	南極のペンギンはAIにどんな反応を示す？
	高岡七虹	白夜時の植物の光合成による二酸化炭素の消費量から地球の二酸化炭素濃度の軽減を考える
	村岡栄朗	北極の氷はしょっぱいのか
	宮田明香	極地（極寒）を利用した自然急速冷凍について
能美佑果	日本の桜を南極で育成することは可能か	
さいたま市立浦和中学校	小竹朔矢	北極の新エネルギー
泉崎村立泉崎中学校	大竹翔	南極の流水で雪の結晶づくり
	田崎雄大	極地で吸熱反応は起こるのか
	野崎凌一	氷の塩分濃度の違い
名古屋大学教育学部附属高等学校	春田実利	海水の環境変化による南極オキアミの生存率調査の提案
立命館守山中学校	君付茉優	大気中に含まれるマイクロプラスチック
神奈川県立横浜翠嵐高校	毛防子璃奈	ナマコはどうやって世界を見てる？
		世界に広がるナマコ～極地におけるナマコの遺伝的多様性を探る
青森県立名久井農業高等学校	岩間友紀/中堤康仁/松橋大希/ 宮木琢愛/田村侑晟	温暖化で北極の微生物呼吸はどのように変化するか
	石塚大城/上長根康平/田村侑晟/ 宮木琢愛/中堤康仁/松橋大希	南極と日本の雪の結晶は違うのか
	田村侑晟/宮木琢愛/松橋大希/ 中堤康仁/岩間友紀	キョクアジサシの飛来時期とオキアミの季節変化の関係を探る
	上長根康平/石塚大城/中堤康仁/ 田村有晟/松橋大希/宮木琢愛	南極の冬と夏に作る冷凍食品はどちらが美味しいか
	松橋大希/岩間友紀/宮木琢愛/ 田村侑晟/中堤康仁	南極の湖の藻類は何色か
	上長根康平/石塚大城/岩間侑希/ 田村侑晟/宮木琢愛/中堤康仁	サーモグラフィーでオーロラの熱を捉えることはできるか
	宮木琢愛/田村侑晟/松橋大希/ 中堤康仁/岩間友紀	極地の空中放電による電流の流れ方は日本と違うのか
札幌日本大学高等学校	高田駿/中山賢人/藤本瑞士/丹野将史	ネオジム磁石球を用いた北極における地磁気水平分力の測定
大阪府立大手前高等学校 定時制の課程 大阪府立春日丘高等学校 定時制の過程 大阪府立今宮工科高等学校 定時制の過程	橋本晃志/松田孟男/浜田亜莉珠/ 鈴木菜月/鷺見香莉奈/間石啓太/ 道川ジョンパトリック	北磁極の移動が加速しているのは、なぜ？～地磁気減少・地磁気逆転との関連を調べる～ 月に届く地球の風 ～どうやって地球の酸素が月に届く？～
札幌市立屯田北中学校	塚田快/小西右恭/岩村泰希/ 坂口史穂/三ツ橋空輝	極地の花に花外蜜腺はあるのか

委員長

白石 和行 国立極地研究所 名誉教授

委員

高柳 雄一 多摩六都科学館 館長

山内 恭 公益財団法人日本極地研究振興会 理事

武田 康男 第 50 次南極地域観測越冬隊 隊員
(気水圏モニタリング研究観測)

原田 尚美 国立研究開発法人 海洋研究開発機構 地球環境部門
地球表層システム研究センター センター長

瀧澤 美奈子 科学ジャーナリスト

本吉 洋一 国立極地研究所広報室 室長 兼地圏研究グループ 教授

青木 茂 第 61 次南極地域観測隊 隊長 兼夏隊 隊長

青山 雄一 第 61 次南極地域観測隊 副隊長 兼越冬隊 隊長

西山 尚典 国立極地研究所宙空圏研究グループ 助教

古川 晶雄 国立極地研究所気水圏研究グループ 助教

菅沼 悠介 国立極地研究所地圏研究グループ 准教授

高橋 邦夫 国立極地研究所生物圏研究グループ 助教

菊池 雅行 国立極地研究所極地工学研究グループ 助教

猪上 淳 国立極地研究所国際北極環境研究センター 准教授

熊谷 宏靖 国立極地研究所南極観測センター
第 61 次南極地域観測隊 副隊長 兼夏隊 副隊長

大畑 光 情報・システム研究機構 本部事務局 立川共通事務部

実行委員（敬称略・順不同）**実行委員長**

本吉 洋一 国立極地研究所広報室 室長 兼地圏研究グループ 教授

実行委員

青木 茂 第 61 次南極地域観測隊 隊長 兼夏隊 隊長
青山 雄一 第 61 次南極地域観測隊 副隊長 兼越冬隊 隊長
西山 尚典 国立極地研究所宙空圏研究グループ 助教
古川 晶雄 国立極地研究所気水圏研究グループ 助教
菅沼 悠介 国立極地研究所地圏研究グループ 准教授
高橋 邦夫 国立極地研究所生物圏研究グループ 助教
菊池 雅行 国立極地研究所極地工学研究グループ 助教
猪上 淳 国立極地研究所国際北極環境研究センター 准教授
熊谷 宏靖 国立極地研究所南極観測センター
第 61 次南極地域観測隊 副隊長 兼夏隊 副隊長
大畑 光 情報・システム研究機構 本部事務局 立川共通事務部

第 16 回中高生南極北極科学コンテスト 募集要項

(2019 年度)

中学生、高校生の皆さん

南極や北極は、人為的な汚染が少なく、地球や宇宙を理解する上で絶好の観測場所であり、科学の最前線でもあります。そんな南極や北極で実施したい、観測・実験や調査、あるいは極地の自然環境を活かした技術開発の提案を広く募集します。研究者も驚くような斬新なアイデアを提案してみませんか。

1. 中高生南極北極科学コンテストとは

中高生南極北極科学コンテストは、南極や北極をフィールドとした自然科学および工学に興味を持ってもらうことを目的としています。優秀賞のうち南極・北極で実施可能な提案の中から、南極科学賞、北極科学賞を決定します。※複数の提案が受賞する場合や該当する提案がない場合もあります。

南極科学賞、北極科学賞については、本年出発する第 61 次南極地域観測隊や国立極地研究所の北極で観測活動を行うグループが、現地で実際に実験又は調査を行います。

2. 募集提案

南極または北極で実施したい研究や実験・調査、あるいは極地の自然環境を活かした技術開発の提案を募集します。提案は、応募者自身が考え出した未発表のものに限ります。

3. 応募資格

中学校・高等学校・高等専門学校・中等教育学校・特別支援学校（中学部・高等部）の生徒。

* 高等専門学校の生徒については、3 年生までとします。

* グループでも応募可能です。

* グループのメンバーが 2 つ以上の学校にまたがっても差し支えありません。

4. 応募締切日

2019 年 9 月 6 日（金）必着

5. 応募方法

4 ページ目にある「提案書の書き方」を参考にして、提案ごとに提案書を作成し、

(1) 郵送 または (2) ウェブサイトから応募してください。

* 提案書の提出後は、誤字の修正以外の変更（例えば、メンバーの入れ替え、追加や提案書の差し替え）は出来ません。

* 複数応募は可能です。

* 提案書は返却しません。

(1) 郵送で応募する場合

「応募用紙（郵送応募用）」に必要事項を記入して、必ず提案書とともに下記の住所までお送り

ください。

郵送先： 〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3 国立極地研究所 広報室内
第 16 回中高生南極北極科学コンテスト事務局 宛

(2) ウェブサイトから応募する場合

中高生南極北極科学コンテストのサイト内にある応募フォームに必要事項を入力し、提案書のデータを添付して送信してください。

中高生南極北極科学コンテストウェブサイト：<https://www.nipr.ac.jp/juniorcontest/>

6 賞

応募提案の中から、優れた提案に以下の賞を授与します。

(1) 優秀賞

優れた提案に授与します。

(1-1) 優秀賞・南極科学賞

優秀賞の中から、南極での研究計画として適している提案に授与します。

(本年 11 月に出発する第 61 次南極地域観測隊が、南極で実験または調査をします。)

(1-2) 優秀賞・北極科学賞

優秀賞の中から、北極での研究計画として適している提案に授与します。

(北極で観測を行う研究グループが北極で実験または調査をします。)

(2) 奨励賞

優秀賞に準ずる提案に授与します。

7. 審査方法

国立極地研究所に設置する審査委員会において、独創性、論理性の観点から審査を行います。

(1) 一次審査

国立極地研究所の研究者・技術者等により審査を行います。

(2) 二次審査

一次審査を通過した提案について、有識者などの外部委員を交えて行い、優秀賞及び奨励賞を決定します。さらに、南極または北極で実験可能な優秀賞の中から、南極科学賞、北極科学賞を決定します。(複数の提案が受賞する場合や該当する提案がない場合もあります。)

8. 審査結果

(1) 結果発表

入賞者は 10 月中旬までにウェブサイトでお知らせします。

(2) 受賞についてのプレスリリース及びウェブサイトへの掲載

プレスリリース及びウェブサイトへの掲載を行います。その際には氏名(グループでの応募の方はグループ名及び代表者名)・学年・所属学校を掲載します。

9. 表彰式

「南極北極ジュニアフォーラム 2019」において表彰します。その際、受賞者には採択された提案の発表をお願いいたします。

南極北極ジュニアフォーラム 2019

日時（予定）：2019年11月10日（日）10時から

会場：国立極地研究所大会議室（東京都立川市緑町10-3）

プログラム：

- * 口頭発表（優秀賞を受賞した方）
- * ポスター発表（奨励賞および応募者で発表を希望する方）
- * 第60次南極地域観測隊及び北極観測グループが実施した「第15回中高生南極北極科学コンテスト」の南極・北極科学賞の実験報告
- * 南極昭和基地との衛星回線によるライブトーク
- * 国立極地研究所南極・北極科学館の見学（希望される方）

表彰対象の受賞者（南極科学賞、北極科学賞、優秀賞及び奨励賞の受賞者）には、規定に則して交通費と宿泊費（国立極地研究所が必要と認めた場合）を補助します。ただし、グループの場合は3名までとし、教員及び保護者は対象外ですのでご了承ください。

10. 指導される先生方へ

このコンテストの趣旨をご理解いただき、生徒さん達から“科学の視点”での想像力あふれる提案が数多く生まれるよう、ご指導をよろしくお願いいたします。

過去に受賞した提案のタイトルをウェブサイトでご覧いただけますので、参考にしてください。

11. 個人情報の取り扱い

個人情報は、「中高生南極北極科学コンテスト」の審査と「南極北極ジュニアフォーラム」の開催に限って使用します。

12. 提案集

入賞提案をまとめた冊子を毎年作成しています。この提案集には入賞した提案書だけでなく、応募があった提案全てのタイトル、提案者、所属校名も掲載します。

過去の提案集を送付希望の方は以下のお問い合わせ先へメールで申し込みください。（バックナンバーの有無については、ウェブサイトをご確認ください。）

お問い合わせ先

第16回中高生南極北極科学コンテスト事務局（国立極地研究所 広報室内）

電話：042-512-0655 FAX：042-528-3105

E-mail：kofositu@nipr.ac.jp ウェブサイト：<https://www.nipr.ac.jp/juniorcontest/>

主催：国立極地研究所（大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構）

後援（申請予定）：日本学術会議、文部科学省、日本極地研究振興会

提案書の書き方

68

提案書は、以下の決まりを守り、別紙の「提案書（みほん）」を参考のうえ作成してください。

1. 作成上の注意

(1) 郵送で応募する場合

- 1) ワードプロソフトでも手書きでもかまいません。A4 サイズの用紙を使用してください。
- 2) 本文は黒のボールペンかインク（鉛筆は不可）で書いてください。
また、紙の片面のみに書いてください。（片面で印刷してください。）
- 3) 写真や図を貼付する場合はなるべく鮮明なものをういてください。
- 4) ホチキス止めはしないでください。

(2) ウェブサイトから応募する場合

- 1) ファイル形式は PDF (.pdf) または Word (.docx) としてください。
ファイルサイズは3MB以下となるように調整してください。
- 2) A4サイズで印刷されるように設定し、文字は黒の11ポイント以上としてください。
（この要項に印刷されている文字と同じ大きさです）
- 3) 写真や図はなるべく鮮明なものをういてください。

2 提案書の構成

提案書の1ページ目に提案のタイトルを入れてください。2ページ目からは不要です。

また、本文には次の(1)～(3)の項目は必ず書いてください。(4)については、該当する場合は書いてください。

- (1) 提案の目的
- (2) その提案がひらめいたきっかけ
- (3) その提案を南極や北極で行う方法
- (4) この提案のために予備実験等を行った場合は、その手順と結果

3 提案書の分量

図表・写真を含めて A4判5枚までとしてください。右上にページ数を入れてください。

4.引用について

文中に他の文章から引用する必要がある場合は、引用した部分を明らかにし、出典を明記してください。



QRコードからもコンテストのウェブサイトへアクセスできます。



国立極地研究所

大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構