

音発電は実用化できるか

秋田県立大館鳳鳴高等学校 2年 物理班

長崎柁奈 長岐理緒 黒澤愛結 佐藤結菜 山本光穂

1.背景

日本は発電の多くの割合を火力発電に頼っている。しかし、温室効果ガスの削減が課題に挙げられる現代では、温室効果ガスを排出しない、クリーンな音発電を実現することが持続可能な社会を形成することにつながると考えた。この研究を通して、SDGsの「エネルギーをみんなに そしてクリーンに」の達成を目指す。

2.方法

圧電素子、音叉、スマホのアプリ(Tone Generator)を用いて振動を加え、発生する電圧を計測した。また、紙コップと水を用いて圧電素子の振動の伝わり方を調べる実験も行った。

3.実験と結果

予備実験により、圧電素子に接する物質で発生する電圧が変わること、圧電素子によって受けやすい音の振動数が違うことがわかった。以上の点を踏まえて以下の6つの実験を行った。

[1] 水を入れたガラス製の水槽に圧電素子を入れ、 $2.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ の音叉を水の中で鳴らした。(図1) 結果として20mVの電圧が得られた。

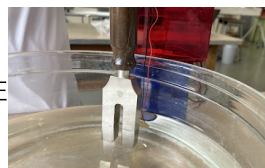


図1

これ以降はTone Generator で音をあてるものとする。

[2] 直接音を圧電素子に当てた。結果として $3.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ ~ $4.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ で最も電圧が得られたが、わずかな電圧しか流れなかった。(図2)

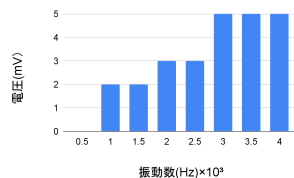


図2

[3] 紙コップの底に圧電素子をつけて一定の距離から音を当てた。結果として $3.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ の音で発生する電圧が他の振動数の音より大きくなった。また、[1]の実験の6倍ほどの電圧が生じた。

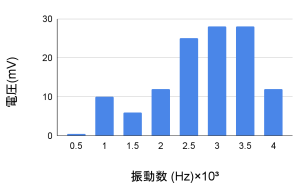
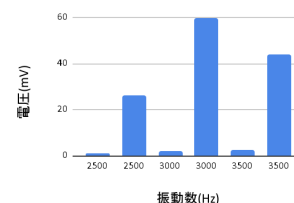


図3

[4] 実験[3]で使った装置に一定の振動数で大きさを変えた音を当てた。結果として測定したどの振動数においても音が大きい方が電圧が高くなった。



[5] 紙コップに圧電素子をつけ、水をいれて音を当てた。(図2)結果として[2]と同じように実験をしたが電圧は得られなかった。

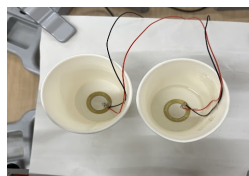
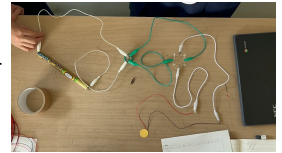


図2 (左:水なし 右:水あり)

[1]~[5]の実験から、紙コップの底に圧電素子をつけ、 $3.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ 付近の音を当てたときに最も音によって発電できる可能性が高いと考えた。そこでこの電力を蓄電することで音発電として実用化できるのではないかと考え、[5]の実験を行った。

[6] 得られた電圧をコンデンサに蓄電すると結果として圧電素子に $3.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ の音を当てたとき、整流回路のダイオードは光らずコンデンサに蓄電することもできなかった。



(図5:整流回路)

4.考察

[1]の考察

日常生活の水中で音を発する機会は少ないため実用化は難しい。

[2]の考察

音の分散により得られる電圧が小さくなったと考えられる。

[3]の考察

紙コップに圧電素子をつけたときに電圧が大きくなったのは、音をよく集められるようになったからと解釈できる。また、振動数を一定にして音の大きさを変えたとき、音が大きいほど得られる電圧は大きかった。以上より、音の大きさが音で発電できる量に関係していると考えられる。

$3.0 \times 10^3 \text{ Hz}$ の一定の音が大きな電圧を得られたことは、圧電素子の感受しやすい振動数だったと推察される。

[4]の考察

実験3より音の大きさに着目して実験を行ったが、やはり音が大きいほど電圧も高くなった。これは振幅が大きくなったことで圧電素子を振動させるエネルギーが大きくなったからだろう。

[5]の考察

音の振動を水の外から当てた場合、水全体を振動させる必要があるため、電圧が得られなかったと考えられる。

[6]の考察

1.5Vの電池を用いてコンデンサに蓄電し、その電圧をオシロスコープで測ると1.3Vであった。圧電素子で得た電圧が電池よりも小さいこと、整流回路に含まれる発光ダイオードの消費電力が電圧降下によってすべて使われたこと、コンデンサの蓄電の効率が悪いことが関係してこのような結果になったことが考えられる。

5.今後の展望

実験で使用した圧電素子では日常で使う電圧の発電は難しい。圧電素子で発電した電圧をまず十分に蓄電できるようになることが実用化への一歩だと考える。

6.参考文献

- (1) 松本 知歩 氏 「LEDを圧電素子で光らせる」 大阪府立岸和田高等学校
- (2) 速水 浩平 氏 「駅構内での振動を利用した振動力発電の実証実験」 (「振動力発電」のすべて 発行者 上林健一 2008年 173p)
- (3) 秋田県立秋田中央高等学校 「音や物体の振動と発電量に関する研究」
- (4) スマイル補聴器通信 「日常生活の中の音の高さってどれくらいなの？」
- (5) やさしい電気回路 「整流回路の仕組み」
- (6) 松定プレジジョン 「圧電 (ピエゾ) 素子とは? 圧力をかけるとどうなるの?」
- (7) 公益社団法人 日本電気技術者協会 「コンデンサ物語 (1) = 電荷を蓄えるしくみ」
- (8) 札幌市青少年科学館 「ものの重さって?」
- (9) ローム株式会社 「ピエゾ (圧電素子) 」とは?

乳酸発酵による地元植物の抗菌性評価

○飯塚凜人, 石田大地, 泉谷晴一郎, 佐藤柚葉, 村井七奈子, 吉原花, 十加藤史弥 (秋田県立大館鳳鳴高等学校)

【目的】

乳酸菌の発酵は加工包装食品の腐敗・異臭の原因となり、加工包装食品の長期間の安全性の保持を妨げる。よって、秋田県北部に自生する植物の乳酸菌に対する抗菌性を評価し、これらを人体や環境に有害性が少ない植物由来の抗菌物質として、実用的に活用する手法を示したいと考えた。

【材料及び方法】

実験Ⅰ：基準液（牛乳＋ヨーグルト）にコケモモ（**図1**）、じゅんさい、とんぶりの抽出液をそれぞれ添加し、試験液A（基準液＋精製水）、B（抽出液のみ）、C（基準液＋抽出液）を用意し、8時間40℃で発酵させた。発酵終了液を、0.1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定を行い、A、B、Cのアルカリ消費量を求め、以下の抗菌判定式に代入することで、抗菌性の有無を求めた。



図1. コケモモ

$$J = \{AmL - (CmL - BmL)\}$$

実験Ⅱ：コケモモ抽出液について、標準物質としてリンゴ酸、フマル酸、コハク酸、クエン酸、ケルセチン、アントシアニンを用いて、TLC分析を行った。その後、同定した標準物質の抗菌性の有無を実験Ⅰと同様の手法で求めた。ただし、実験Ⅰの試験液における「抽出液」は、「標準物質の水溶液」に変更した。

【結果と考察】

実験Ⅰ：コケモモ試験液の抗菌判定式の値がプラスであったことから、コケモモには抗菌性があると判断した（**表1**参照）。じゅんさい試験液の抗菌判定式の値がマイナスであったことから、じゅんさいには乳酸菌賦活効果があると推定した。原因として、じゅんさいに含まれるルチンなどのフラボノイド成分が乳酸菌を活性化させたことが考えられる。とんぶりは値にばらつきがあったため抗菌性も乳酸菌賦活効果もないとした。

実験Ⅱ：TLC分析により、コケモモに含有されるケルセチン（**図2**）、アントシアニン（**図3**）、リンゴ酸、フマル酸、クエン酸を同定した。また、それらの物質の試験液の抗菌判定式の値は、全てプラスであった（**表2**参照）。中でも、コケモモの抗菌性にはアントシアニンが関わっていると推測した。アントシアニン類は、乳酸菌が属するグラム陽性菌に対して強い抗菌活性がある。一般的なポリフェノールと同様に、乳酸菌の細胞壁に直接結合し、乳酸菌を破壊したと考えられる。なお、コケモモはケルセチンの含有量が少ないことや、有機酸での乳酸菌の抑制は困難であるということから、ケルセチンやその他の有機酸はコケモモの抗菌性に深く関与していないと推測した。

表1. 各植物の抗菌判定式の結果

抗菌試料	A	B	C	判定式	抗菌性
コケモモ	1.92	11.5	4.3	9.12	+
じゅんさい	1.92	0.07	1.81	-0.48	-
とんぶり	1.92	0.87	2.18	-0.05	-

表2. 標準物質の水溶液の抗菌判定式の結果

抗菌試料	A	B	C	判定式	抗菌性
ケルセチン	3.2	0.09	2.35	0.94	+
アントシアニン	3.2	0.28	2.3	1.19	+
クエン酸	3.2	3.92	3.84	3.23	+
リンゴ酸	3.2	4.32	3.53	3.99	+
フマル酸	3.2	1.79	1.89	1.89	+

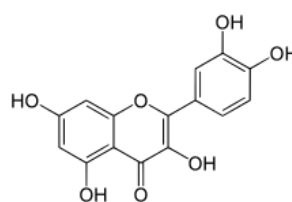


図2. ケルセチン

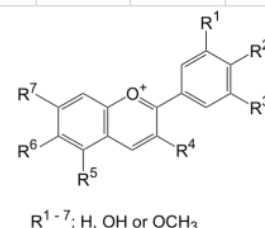


図3. アントシアニン

【展望】

乳酸菌は有機酸での抑制が困難であるのにも関わらず、有機酸の抗菌判定式の値がプラスになった原因を明らかにする。また、ブルーベリー等のコケモモと近い性質を持つ植物を用いて、コケモモの乳酸菌抗菌物質としての優位性や特異性を調べる。最終的に、コケモモの食品加工工場における乳酸菌抗菌物質としての活用について検討する。

【参考文献】

鎌田桃子、秋田県立大館鳳鳴高等学校化学部研究紀要ファンネル、14号、2020年：乳酸発酵による抗菌活性物質の化学的評価、西川武志他、腸内細菌雑誌（2006）：茶およびカテキン含有飲料病原性大腸菌に対する増殖抑制効果の検討、野村正幸他、素材物性学雑誌、（2009）：フキ属植物のセスキテルペン類、新基礎化学実験化学教科書研究会

遺伝子導入効率の上昇について

○松橋大樹, †遠藤金吾 (秋田県立秋田高等学校生物部)

【目的】

我々はこれまで、大腸菌(*Escherichia coli*)への遺伝子導入法を基盤として、その効率を高めることを検討してきた。エレクトロポレーション法の代替として大腸菌DH5α株に対して電子レンジによるマイクロ波の照射と塩化カルシウム法¹⁾を併用することで、遺伝子導入効率の上昇が認められた(図1)。これを踏まえ本研究では、電子レンジでのマイクロ波照射による遺伝子導入効率上昇の原因を明らかにすることを目的とした。

【材料】

抗生物質:アンピシリン 指標菌:大腸菌DH5α株
培地:LB培地 指標菌の希釈:リン酸緩衝液 (Pi)
試料:プラスミドpCR2.1-TOPO
(アンピシリン耐性の遺伝子を含む環状DNA)
試薬:塩化カルシウム

【実験方法】

37°Cで培養した大腸菌DH5α株を適切に希釈、培養し、吸光度計を用いてODが0.6程度であることを確かめ、氷冷した塩化カルシウムを用いて遠心・懸濁を行い、プラスミドと塩化カルシウムを加え懸濁し45分間氷冷した。そして、65°Cに加熱した温水で電子レンジでのマイクロ波照射中の温度と近くなるように熱処理を行い、適切な希釈をしてそれぞれアンピシリン入りLB寒天培地とLB寒天培地にまいた後、37°Cで20時間培養した。その後、コロニー数をカウントし、式(1)を用いて効率を計算した。

$$\text{遺伝子導入効率} = \frac{\text{遺伝子導入された大腸菌の数}}{\text{大腸菌の数}} \dots (1)$$

【結果】

結果は図2のとおりであった。

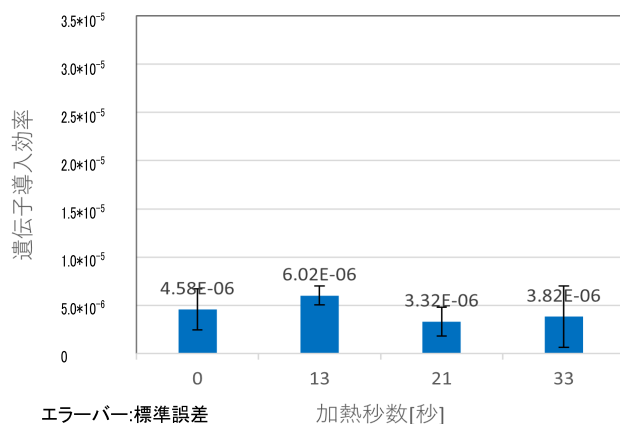


図2:遺伝子導入効率と加熱秒数

【考察】

熱処理による効率の推移とマイクロ波照射による効率の推移に関連が見られないことから、高熱は効率上昇に影響しないということが分かった。このことから、マイクロ波照射時に発生する熱で遺伝子導入が起きているわけではないということが言えた。マイクロ波自体が持つ性質により遺伝子導入が起きているのであれば、どのような理由で起きているのか引き続き検証していきたい。

【参考文献】

1)M Mandel,A Higa(1970).Calcium-dependent bacteriophage DNA infection.*J Mol Biol.*53(1):159-62.

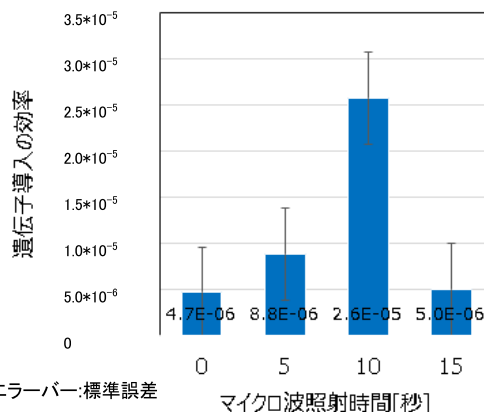


図1:遺伝子導入効率とマイクロ波照射秒数(松坂, 2021)

フィボナッチ数列を自然数で割ったときの余りの周期性について (横手高校 数学班)

指導者 木元大輔

発表者 明平涼聖 阿部絢太 佐藤幸悠 橋村春輝

要 旨

数列の勉強をしていると、教科書に掲載されているコラムの話題としてフィボナッチ数列というものが紹介されていた。フィボナッチ数列とは、イタリアの数学者フィボナッチが提唱した数列のことで、1から始まり、前の2つの項を足した数の数列である。フィボナッチ数列には、黄金比や、木の枝の本数など、自然界や人間界の様々な面に関係している。そこで私達はフィボナッチ数列を自然数で割ったときの余りに着目し、そこには周期性があるのではないかと考え研究を始めた。

先行研究の調査からフィボナッチ数列を自然数で割ったときのあまりには必ず周期が存在することを知った。このことと、実験から、私達はフィボナッチ数列を自然数で割ったときの余りの周期の長さの変化には法則性があるのではないかと仮説を立てた。法則性を調べるため、pythonやGoogle spread seatなどでプログラムを作成した。グラフや表を分析してみると余りと周期の比率が1:2である部分を発見し、その部分の座標を求めると、割る数が素数であることが分かった。これにより割る数が素数であるときに周期が大きくなっていると予想した。

バイオエタノールの生成条件の効率化

○小川立 高橋英佑 保坂陽斗 梅津茉歩 大嶋亜実 土田妃乃 †岡本由佳子
(秋田県立横手高等学校 生物班)

【研究背景・目的】

フードロスとエネルギー問題に着目し、廃棄食品からバイオエタノールを生成したいと考えた。秋田県では米ぬかが大量に廃棄されていることから米ぬかを原料にしてバイオエタノールを生成させ、コスト・エネルギーが最も低い生成条件を探ろうと考えた。

【実験方法・結果】

先行研究を参考に野菜や穀物でもエタノールを生成できるかを調べるため、米、じゃがいも、人参、玉ねぎを用いて実験を行った。水200g、すりつぶした材料100g、米麴30g、ドライイースト1.2gを入れ、糖化、発酵は常温(25°C)で合わせて1週間、蒸留は1回ろ過した液体を100gずつ行った。その結果、米と玉ねぎからエタノールの生成を確認できた。

次に米ぬか15g、糖化と発酵をそれぞれ25°Cずつで合計一週間行い、ろ過した後、一時間蒸留した。しかし、生じた液体は燃えなかった。

そこで、米ぬかからエタノールを生成する方法を調べるために、バイオエタノールを効率よく生成する条件を探るために3つの実験を行った。

〈実験1〉デンプンを用いて糖化と発酵を同時に行った。表1より、結果は、糖化と発酵を一時間ずつ行ったときと糖化と発酵を同時に一時間行った際に生成するエタノールの量に差がなかったことから、糖化と発酵を同時に行ったほうが時間の効率がよいとわかった。

〈実験2〉デンプンを用いて糖化を行う実験と上白糖を用いて発酵を行う実験をそれぞれ高温(45°C前後)で行った。その結果、高温で行ったほうがエタノールが多く生成できた。

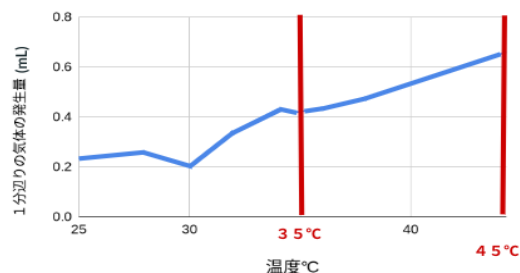
また、〈実験1〉の結果より糖化と発酵を同時に行った際の最適温度を調べるためにドライイーストとジアスターゼを用いてキューネ管で実験を行った。結果は、図1より、気体の発生量が多い35°C~45°Cが糖化と発酵の最適温度であると考えられる。

〈実験3〉一度に蒸留する溶液の量を少なくする実験を行った。その結果、一度に蒸留する溶液の量が少ない方が生成できるエタノールの量が多くなることがわかった。

表1

デンプンの量 (g)	糖化と発酵	生成した液体の量 (g)
10	同時に1時間	3.0
10	別々に1時間ずつ	2.8

図1



【考察】

実験で、糖化と発酵を同時に行ったほうが時間の効率が良かったのは、並行複醗酵をしていたからだと考えられる。これによって、糖化してから発酵する流れが速くなるので、時間効率が良かった。

並行複醗酵の最適温度は35~45°Cだと考えられる。これは、酵素の最適温度が35~45°C、酵母の最適温度が40~50°Cであり、この温度の範囲内で最も活性化している。

一度に蒸留する量は少ないほうが、エタノールを多く生成できたのは、蒸留する溶液の熱容量が小さくなり、蒸留での温度上昇が速かったためと考えられる。

〈米ぬかからエタノールを生成できなかった原因〉

米ぬかの実験では糖化と発酵を常温の25°Cで行ったため、実験2より、十分な糖化・発酵が行われなかったことが原因なのではないかと考えられる。

また、白米では生成できたエタノールが米ぬかで生成できなかったため、米ぬかが白米より炭水化物の含有量が少ないことが実験に関与しているのではないかと考えた。

参考文献

-Try It 高校化学 5分でわかる!最適温度

「アルコール発酵の最適温度の測定」-大橋 淳史・福山 勝也・大場 茂

「廃棄食品から生まれるバイオエタノール パート 2-国立大学法人筑波大学附属中学校2-5 穴澤見空

ほこりに関する研究

○石川晴貴、藤田萌々香（秋田県立横手清陵学院高等学校）

【目的】

ほこりのでき方について、ネットで文献調査を行った結果、サイトによって記述されている内容が異なっていることに気が付いた。よって、ほこりの明確な生成原因が分からなかった。明確な生成原因を探るため、ほこりの生成原因について研究を進めることにした。

【仮説】

ほこりの生成原因は光電効果、構造的な要因が関係している。

【実験内容および方法】

①箔検電器を用いた実験で、光電効果の効果度と気圧の関係を調べるため、真空器内の気圧を降下させ、その都度、どれだけ箔が閉じたかを測定する。また、光電効果の発生度は気圧に反比例していると考えた。その理由は、「月面にある物質は、太陽光の紫外線により帯電している」ということと、「地球上での空気がある状況で紫外線により物質を帯電させるのは難しい」ということが論文調査で分かったからである。

②振動機を用いた実験で、ほこりは構造的な要因、つまり、綿などが絡まり合っていてどうかを調べるため、振動機の上にほこりを構成する物質を均等になるように乗せ（図2）、振動させる。

【実験結果】

① 図1の縦軸は一時間あたりの箔の閉じた角度を表し、横軸は真空器内の圧力を示す。図1より、箔の閉じる角度と真空器内の圧力の関係は反比例ではない。

②実験前（図2）と実験後（図3）より、ほこりを構成する物質は中心に集まっていることから、ほこりは構造的な要因で生成されている可能性が高い。

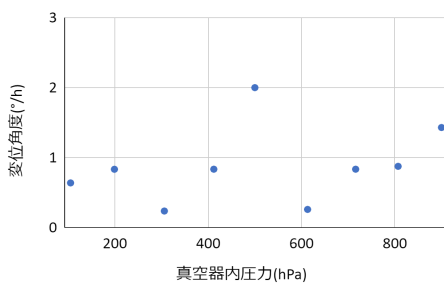


図1 気圧と光電効果の発生度の関係

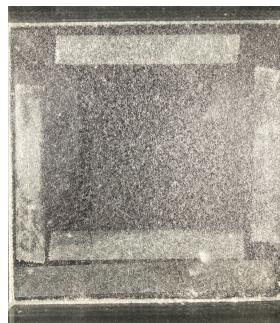


図2 振動実験前

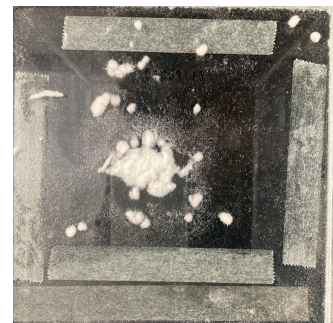


図3 振動実験後

【考察】

私たちは、ほこりの帯電を箔検電器のモデル実験を通して検証を試みたが、実際のほこりに紫外線を照射し続けても、ほこりは正に帯電しなかったことから、ほこりが帯電している理由は光電効果とは関係がないのではという結論に至った。私たちは、ほこりの帯電理由はほこりが風などにより移動し、他の物質と擦れることで、摩擦によって帯電すると考えた。また、振動実験で振動により、ほこりが生成されていたことから、ほこりの生成原因はほこりを構成する前の小さい物質が風などにより移動しながら結合し、段々大きくなり、ほこりが生成されると考えた。

【参考文献】

- (1) 長谷川次郎『検電器による光電効果の実験』
- (2) 矢部幸夫『ナイロン繊維製織時にわたる静電気発生量の研究』
- (3) 庄山瑞季『紫外線と静電場を用いた粒子の帯電量操作と運動制御』

冷却条件の違いによるビスマス結晶の結晶形態に関する研究

○駒木佐也加、大村一葉、中川琳、照井海羽、†福原知恵

【目的】ビスマス骸晶は、冷却速度が速いほど大きくなることになるが、冷却速度が速すぎてしまうと、骸晶は形成されず、小さい結晶の集合体になってしまう。さらに、冷却速度と結晶の成長速度との条件により、骸晶の他に、フラット型、ヒロック型、樹枝状晶型などの形をもつビスマスが得られるという。そこで、本研究では、冷却条件の違いによるビスマスの結晶の形態の違いを調べるかどうかを検討した。

【材料および方法】ステンレス製のボールに、ビスマスチップ 5 kg (純度 99.9%) を入れ、ガスコンロで 300°C まで加熱したのち、ビスマスチップすべてを融解させた。そして、融解後、ステンレス製の針金で作成した様々な形の浮き子 (小、中、大の 3 種類の大きさ) を用いて、過冷却状態の条件を変えながら、形成された骸晶を観察する方法で行った。

【結果】

平面的なM字型や星形、立体的な球型の浮き子を、融解液表面に入れ、外気温 5°C 程度の部屋で急速に冷却させた場合、いずれも骸晶が形成された。さらに、渦巻き型の浮き子び場合、浮き子の大きさと得られた骸晶の大きさは比例関係とはならなかった。しかし、いずれも、とても美しい骸晶であった。次に、ガスコンロの火を、大きめの弱火で加熱することで、融解液の冷却速度を遅くし、ビスマス融解液の入ったボール全体を、外気温 5°C を利用しながら、冷却することにした場合、取り出した結晶は、浮き子の周囲に、複数の綺麗な立方体の形がならんだフラット型の結晶が確認された (図 1)。結晶を観察する限り、フラット型の結晶のサイズは、小さなものが多く、一辺が 3~5 mm 程度のサイズの結晶がほとんどであった。また、フラット型結晶の周囲は、ドロドロしたような様子であることも観察された。渦巻きの間隔を 1 cm 程度に整えた、大きめの直径 8 cm の浮き子を用い、さらに、冷却時のガスコンロの火を弱火に調整し、より冷却速度を遅くした。得られた結晶は、浮き子全体に大きく形成され、1 つ 1 つの結晶の形も崩れたものが多かった (図 2)。そして、ビスマス骸晶がドロドロに融けた面から、まっすぐに斜め方向に伸びた、長さ 2 cm 程度、直径 1 mm 弱の金色の柱状の結晶も観察された (図 3)。

図 1 フラット型のビスマス結晶



図 2 渦巻き型 (直径 8 cm) の浮き子に形成された結晶の全体

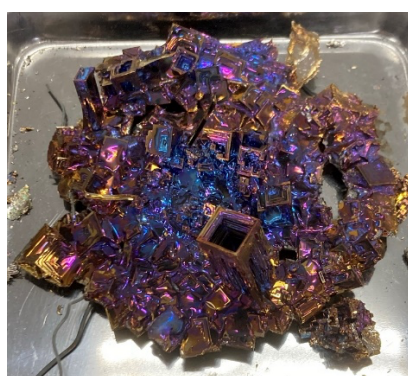


図 3 柱状のビスマス結晶



【考察】

ビスマス結晶は、過冷却状態や冷却速度などの結晶化の駆動力と、融解液中での結晶の成長速度との条件により、ホッパー型のビスマス骸晶の他に、フラット型、ヒロック型、樹枝状晶型などの形をもつビスマスが得られるということが文献調査から分かった。今後、ビスマス骸晶のほかに、フラット型結晶、柱状結晶の 3 種類の形状のビスマス結晶を得るためのより正確な冷却条件を定めていく必要がある。

【参考文献】

[魅惑のビスマス～ 結晶づくり ～ | おもしろ科学実験室 \(工学のふしぎな世界\) | 国立大学 55 工学系学部 HP \(mirai-kougaku.jp\)](http://mirai-kougaku.jp)

すべらない靴をつくろう！

櫻田凧砂、佐藤香菜、西村和奏

(大館鳳鳴高校高等学校)

秋田県では積雪による転倒事故が多いため、冬靴の改良を考えた。そこでまず、靴底のすべらない形状を考えるため、摩擦について調べた。一から摩擦の大きい形状を考えてを調べるのは困難なため、スタッドレスタイヤで現在使われている既存のタイヤのパターン（模様）を調べ、それを消しゴムはんこで再現し、その中から最も摩擦力を重さで割った摩擦係数が大きいものを求めた。パターンは全てで4つあり、私達はブロックと呼ばれる角が一番多いパターンが最も摩擦係数が大きいと考えた。しかし、結果は予想とは異なり、重さを変えたところ、すべてのパターンの摩擦係数は変化し、大きさの順位も変動した。

アカムシユスリカの営巣に関する観察研究

石井麻尋、菅原薫奈、小沼尚太、須田宏

(横手清陵学院高等学校)

私たちは、愛媛大学の新種ユスリカであるカワゴケヤドリエリユスリカについての論文を発見した。カワゴケヤドリエリユスリカは、幼虫の段階で糸や糞を使い、巣を作るようだ。また、多くのユスリカ類は種によって様々な巣をつくり、機能も多様だということが分かった。そこで、私たちが飼育しているアカムシユスリカも巣をつくるのではないかと仮説をたて、営巣活動を中心に研究を進めることにした。研究を進める際に、夜間の動きも観察できるように定点カメラで動画を撮影した。いくつかの動画と写真を見ると、頭から砂の中に潜るような動きが見られた。私たちはこの動きを営巣活動の一環と仮定して、更に研究を進めることにした。