

目次

環境

未来の福祉をデザインする ～仮想将来世代との対話から導く日本の明日～	1
	芦田航一 太田実遊花 西村春香
京都市の「いのちの森」と「糺の森」における成木と実生の毎木調査 ～京都から考える都市林の未来～	4
	梅澤凌我 原田周典 安岡由都
「京都」をつくる ～京都文化の持つ地域性が育む街並み～	10
	川西零陽 須磨由菜 谷淳至 本部紬
「京都人」と外国人観光客とのマナー意識の違い ～観光と生活が調和する街・京都を目指して～	15
	中村有沙 野上駿介 三井有唯 南穂乃花

数学

非自然数階微分の定義について	20
	浅野青
実数階微分について	25
	岡優太郎 伏見宗紘
三次元における反転と図形アルベロスについて	30
	東谷仁
判別分析法による二値化画像及びエッジ抽出画像を用いたサポートベクトルマシン(SVM)による表情認識 ～コンピュータに自動で笑顔かどうかを判別させる～	34
	安岡里都
“洗濯機”の流れを考える ～軸対称回転流モデルの利用～	40
	清水花音
超音波による雨粒の除去 ～ワイパーに代わる超音波のポテンシャル～	45
	高木恒佑
成長する AI ～重力付き四目並べにおける盤面評価の違いによる AI の挙動の変化～	48
	尾上礼音

生物

肥料職人！ ～カイワレダイコンから探る肥料吸収～	51
	阿部結子 後藤優和 廣瀬奈穂美
ゼブラフィッシュの行動観察	56
	飯田龍成 武田錦二郎 吉田和真
シロアリ誘引剤を作る ～ドクダミを用いた環境に優しい防除～	60
	田邊裕紀 椎村響 山地夏鈴

なぜ院内感染がおこるのか？ ～大腸菌培養による薬剤耐性の解明～	66
	内田那々子 中川隆乃介 中野勇輝
植物性乳酸菌で腸内環境を変える～京漬け物の魔法～	70
	秋間友莉子 浅田美紅
ゼブラフィッシュの左右記憶力 ～T字路実験による検証～	75
	古仲達貴 佐々木友希 清水陽華莉
安いお肉を柔らかく！？ ～電気泳動で見るタンパク質分解酵素の力～	80
	上田有希 大橋歩実 三木凜音
蚊の繁栄を防ぐ方法 ～ボウフラの pH 耐性 ～	86
	井之川慎 喜多恭平 後藤健太郎

物理地学

副虹を探そう ～水の代用品 ガラスビーズを用いて～	89
	強田亜美加 志波穂の花 芳井真穂子
太陽風からエネルギーを取り出す ～コイルを用いた誘導電流の検知～	92
	大西翔太 新見渉 藤井信 和木隆浩
最高の建築 ～ハニカム構造は強いのか～	98
	池田圭吾 菅原葵 太口悠里 中澤翔
食塩を用いたアミドによる媒晶作用の検証 ～ダイヤ型の食塩を作る～	101
	笹田翔太 福井創
ヤマトシジミ貝殻の形態と生育環境	106
	安達夏葵 金田わかな 南條絢音

化学

納豆由来の PGA を用いた水質浄化	109
	川上智大 田辺みゆ 森康平
身近な食材で菌を撃退 ～辛味・香り成分による殺菌・抗菌効果～	112
	東さくら 北田絢音 黒田良介 崎山美穂
宇宙で使える人工土をつくる ～発泡ウレタンによる植物の栽培～	116
	浅居湧登 奥村真央 内藤瑠璃 牧野茜
エステルの組み合わせでつくる果物の香り	122
	澤坂綾乃 前田菜緒 向園愛花
カテキンとビタミン C の抗酸化作用には相乗効果があるのか ～Synergistic Antioxidant Effects between Catechins and VitaminC ～	126
	小笹右登 小椋友菜 寺田優惟

副虹を探そう

～水の代用品 ガラスビーズを用いて～

強田亜美加 志波穂の花 芳井真穂子

要旨

本研究では、ガラスビーズの粒の中で光が反射する性質を利用し、水滴の代わりにガラスビーズを用いて特に粒の中で2回反射する副虹の観察を試みた。実験の結果、ガラスビーズを用いても太陽光による虹が生じることは確認できた。しかしガラスビーズ付き画用紙上の虹が見えている点に対して、太陽から入射する光と、虹ができていない点から人の目に入射する光のなす角度が45度付近で副虹ができるとはわからなかったものの応用的な実験はできなかった。

1. はじめに

太陽光は、様々な波長をもつ光の集まりで、光は波長によって色が変わり、波長の長い順に赤、橙、黄、緑、青、藍、紫となっている。また、光は異なる物質の境界で進行方向が変わる性質があり(屈折)、その度合いを屈折率という。同じ物質でも屈折率は、光の波長が長いほど小さくなり、小さい順に赤、橙、黄、緑、青、藍、紫となっている。

虹は雨粒に入った光が屈折し、1回反射し、再び屈折して出ていくことによってできる。(図1)

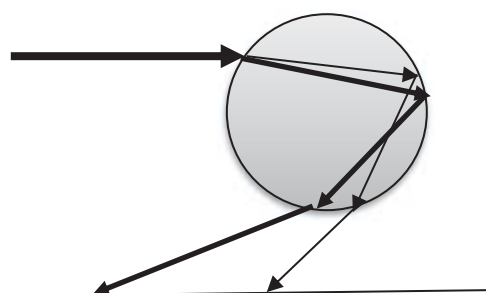


図1. 主虹のでき方
(細線→赤, 太線→紫)

本研究では、通常みられる虹(主虹)の外側にある、一回り大きい虹、副虹に焦点をあてた。これは主虹とは常に対になって現れるが、色が薄いため観測しにくい。また、主虹とは違って雨粒の中で二回反射しており、雨粒の下側から光が入射す

る仕組みとなっている。雨粒からは上から赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の光が順番に放射する。これにより、副虹の光の並びは外側が紫、内側が赤となる。(図2)



図2. 副虹のでき方
(細線→赤, 太線→紫)

2. 材料・研究方法

2-1 研究試料

- ・ガラスビーズ(直径約 0.3~0.4 mm)
- ・スプレーのり
- ・黒い画用紙
- ・光源
- ・分度器
- ・カメラ

2-2 研究方法

研究には水のように粒の表面で光が屈折する

性質をもつ“ガラスビーズ”を用いた。(水の屈折率:1.3334, ガラスの屈折率:1.52)ガラスビーズを、黒い紙にスプレーのりで貼り付け、太陽光を当てて太陽の側から観測した。(図3)

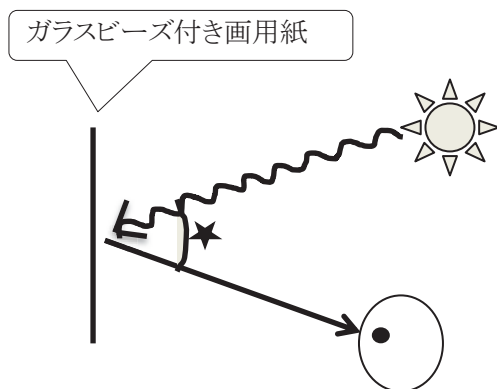


図3.研究方法

図の★の角度を変えながらガラスビーズに見える虹を観察した。物体の端点と陰の端点になす角度を分度器で測った。

3. 結果

様々な角度で行った結果、虹の観測はできたものの、はっきりとした副虹を観測することはできなかった。

★の角度が30度の時、普通の一重の主虹が観測できた。外側が赤色、内側が紫色、形に変化も見られなかった。(図4)

★の角度が45度の時、普通の一重の主虹が観測できた。はっきりとした副虹を観測することはできなかった。(図5)

★の角度が25度の時、普通の一重の主虹が観測できた。沈みかけの太陽であったため、太陽光が弱く、色がとても薄かったが、外は赤色、内は紫色であった。(図6)

4. 考察

45度で主虹が観測されたときに一般的に虹が観測されるとされている50.4~53.4度付近で副虹が観測できるかもしれないと予測していたが、観測することはできなかった。しかし、この角度だ

けではなく、ほかの角度のとき、すべてのときにおいて、主虹は常に観測することができた。このことから、ガラスビーズを水の代用品として用いることができ、太陽光を当てると、虹を画用紙に映し出すことが可能であることが確認できた。

しかし、調べたところによると、主虹は、太陽光と観測者がなす角度が40~42度のときに現れるという。しかし、私たちが作った画用紙には、太陽光があたれば、いつでも虹を映し出すことができていた。

この実験で副虹を観測することができなかった理由として

- ・我々が副虹を観測しようとした角度と、ガラスビーズによる副虹が観測できる角度が違っていた。
- ・副虹は光がガラスビーズの中で主虹よりも一回多く反射しているために光が弱くなり、光の強度が弱く副虹がうすかったので見えなかった、あるいは見落としていた。

ことなどが考えられる。

また、追加実験として悪天候でも行える実験方法を考え、大型の白色LEDライトを用いることにした。最初の実験から、ガラスビーズを用いた場合、45度付近が一番期待できるだろうと思い、同じような方法で今度はライトで実験を行った。結果、主虹は容易に観察できたが、やはり副虹を観察することはできなかった。強い光源、十分な角度など様々な要因が考えられる中、すべてが好条件である状態での実験は結局最後まで行うことができず、当初の目的を果たすことはできなかった。

5. まとめと今後の課題

以上、研究からいえることは、主虹を観測することはできたものの、私たちの実験の方法でははっきりとした副虹を観測することができないということである。実験の時間が限られていたり、季節として

も太陽が沈む時間が早かったりしていたことから、測定したかった 50～54 度での測定が行えなかった。

今後の課題としては、やみくもに様々な角度で太陽光をガラスビーズに当てるのではなく、もっと違う方法で副虹を映し出す手段を考えなければならないことがあげられる。

追加実験として、この課題について考えを巡らしていたが、まだ模索中である。

6. 参考 URL

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%99%B9>

<http://www.jma-net.go.jp/matsue/chisiki/column/phenomena/rainbow.html>

<http://ssslide.com/www.slideshare.net/ayatsuka/ss-81067052>

7. 添付資料



図4

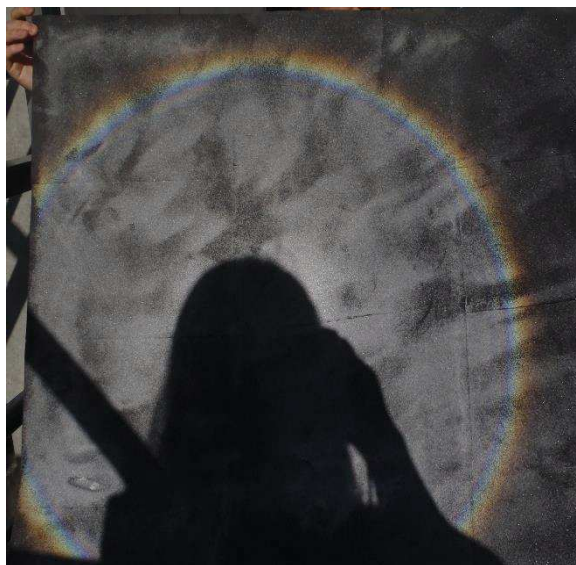


図5



図6

太陽風からエネルギーを取り出す

～ コイルを用いた誘導電流の検知 ～

大西翔太 新見渉 藤井信 和木隆浩

要旨

本研究では、太陽風からエネルギーを取り出すことを最終目標とし、太陽風と同じく、電荷の移動である電流を太陽風の代替物として考え、そこからコイルを用いて誘導電流を取り出す方法を試行錯誤した。その結果、コイルの形状、巻き数を変えることで誘導電流を得られたが実際の太陽風の場合は太陽風の磁場の変化が微弱であるため取り出すことは難しいという結論に至った。

1. はじめに

宇宙空間には太陽風と呼ばれる、恒星のコロナから噴出しているプラズマの流れが存在しており、太陽系内では絶えずこの太陽風が吹き付けてきている。我々はこの太陽風を新しいエネルギー源として利用出来ないだろうかと考え、太陽風から電流を取り出す方法を考えることにした。

太陽風の主成分は H^+ 、 e^- 等の荷電粒子であり、太陽風の吹き付ける向き、つまり荷電粒子の移動の向きに対して垂直な平面上に磁場を発生させている。我々はこの磁場からコイルを用いて誘導電流を得られるのではないかと考え、これを確かめるために導線に流れる電流が発生させる磁場 (Fig.1) を太陽風の荷電粒子が発生させる磁場に見立てて誘導電流を検出する実験を行うことに決めた。その上で以下の予備実験を行った。

まず直径 4.5cm、巻き数 1,000 回のコイルをマルチメーター (測定精度 1mA 程度) につなぎ、その中心にネオジム磁石 (磁力等は不明) をくぐらせて誘導電流の発生を検出できることを確認した。

次に同じコイルの中心に導線を通し、電源装置と抵抗器につないで電流を流し、コイルに流れる誘導電流を検出しようとしたが値が小さすぎて検出できなかった。

さらに、電流の流れる導線にコイルをより近づければ誘導電流を検出できるのではないかと考え

直径 6mm、巻き数 100 回のコイルを自作して同様に実験したが、やはり値が小さく検出できなかった。

ファラデーの電磁誘導の法則の式

$$V = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t} [V] \quad (1)$$

に、磁束

$$\phi = BS [Wb] \quad (2)$$

と直線電流が作る磁場の磁束密度

$$\Delta B = \mu \frac{\Delta I}{2\pi r} [T] \quad (3)$$

を代入すると

$$V = -N\mu_0 \frac{S}{2\pi r} \frac{\Delta I}{\Delta t} [V] \quad (4)$$

となる (μ_0 は真空の透磁率)。この式から電流の変化量 ΔI を変化させずに大きな誘導起電力 V を得るにはコイルの巻き数 N とコイルの断面積 S を増加させるべきだと考えられる。我々はこの二つの要素を変化させて誘導電流の検出を試みた。

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

1,000 回巻コイル (学校実験用)、電源装置、導線 (直径 0.32mm と 0.75mm の二種類)、マルチメーター、厚紙、ラップの芯、抵抗器

2-2. 研究方法

「実験①」 0.32mm の導線を使用して、直径 7mm、長さ 3.5cm の 100 回巻コイルを作った。予備実験において、磁石を用いたときは変化する磁場がコイルの断面に対して垂直であったのに対して、導線をコイルの中心に通して電流を流した場合は磁場の変化がコイルの断面に対して平行であったことから変化する磁場がコイルの断面に垂直である方が発生する誘導電流が大きくなるのではないかと考え、コイルを曲げて電流を流す導線に巻き付けるようにすることで磁場の変化がコイル断面に垂直になるようにして実験を行った。導線に 5A の直流電流を流し、導線の周りにコイルがリング状になるように巻き付けた。コイルにテスターを繋ぎ、電流をオン・オフするときの誘導電流を計測した。巻き付けるコイルの個数を 1 個～3 個まで変化させて実験を行った (Fig.2)。

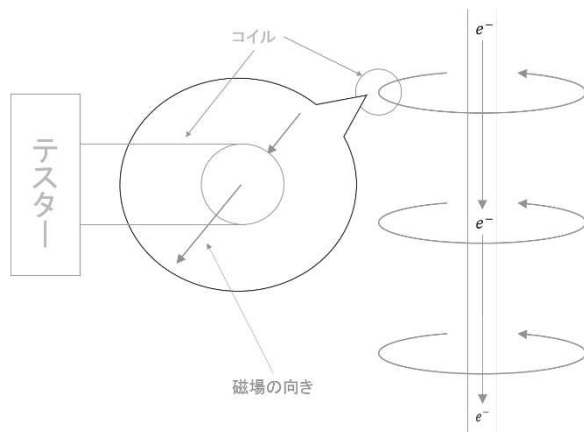


Fig.2 『円形磁場を囲むコイルの断面』

「実験②」 直径 4.5cm の 1,000 回巻コイルに電流を流し、このコイルの周りに、直径 0.75mm の導線で作った直径 7mm で 122 回巻きのコイルを巻き付けた。そして巻き付けたコイルに流れた誘導電流をマルチメーターで計測した。

「実験③」 式(4)より、発生する誘導電流を大きくするにはコイルの断面積 S を大きくすることが求められるが、断面積 S を大きくするためにコイルの半径を大きくすると電流からコイルの中心迄の距離 r が同時に大きくなってしまふ。そこでコイルの断面を、縦に細長く幅の狭い形状にすることで電流からコイルの中心迄の距離 r を大きくすることな

く断面積 S を大きくできるのではないかと考え、新たな形状のコイルを自作して実験を行った。平たい厚紙に直径 0.32mm の導線を巻き付け、厚紙を一重にまいて縦長の 100 回巻コイルを作った。そのコイルの真ん中に電流を通し、誘導電流を計測した (Fig.3)。200 回巻きのコイルも同様に作り、計測した。なお、計測の際には誘導電流を計測する回路に抵抗器を繋いだ。これは電源装置をサージ電流 (突入電流) から保護するためでありできる限り大きな電流を流せるように 1Ω に抵抗値を設定した。

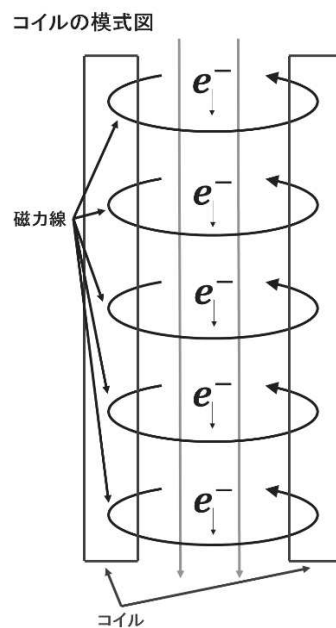


Fig.3 『縦長のコイルの模式図』

「実験④」 「実験③」のコイルでは巻き付いた導線により厚紙を小さく丸めることが出来なかつたので最初から円筒形の芯に導線を巻き付けてコイルを作ることにした。直径 2.5cm、厚さ 0.1cm のラップの芯を縦に半分に切断し(筒のままでは導線が巻きにくかったため)、縦向けに直径 0.32mm の導線を巻き、半分のコイルを二つ作った。そして巻き付けた半分のコイル 2 つが元の芯の形になるようにし、その中に電流を流して誘導電流を計測した (Fig.4)。また、導線に流す電流の大きさを変えて実験した。この方法では、280 回巻きのものと 900 回巻きのものを作り、実験した。実験②同様、 1Ω に設定した抵抗器を使用した。

3. 結果

実験①では、検出されたがノイズらしい値しか捉えることができなかった。

実験②の結果も同様にノイズらしい値のみ検出された。ノイズと判断した理由は、直流電流をオン、オフした瞬間に計測できた値とオン→オフする間に発生した値との差がほとんどなかった、すなわち磁界が変化したときのみ発生する誘導電流はこの時には出ていないと考えられたからである。

さらに実験③でも全くそれらしい値を検出できなかった。

Fig.5, Fig.6 は、実験④での誘導電流(Fig.5)、誘導電圧(Fig.6)の値を表したものである。280回、900回巻きのコイルに流した交流電流を 1A~6A で 1A 毎にそれぞれ 3 回ずつ、流している間に発生した誘導電流、電圧を計測し、その平均の値を縦軸に、流した電流量を横軸に表した。

なお測定時には 0.3~0.8 μ A, 0.03~0.06mV のノイズが常時計測されていた。コイルの抵抗は 280 回巻きが平均 73 Ω , 900 回巻きが平均 256 Ω だった。なお 280 回巻きの誘導電流の計測結果について、実験中にマルチメーターに不具合が発生したため一部のデータが存在しない。

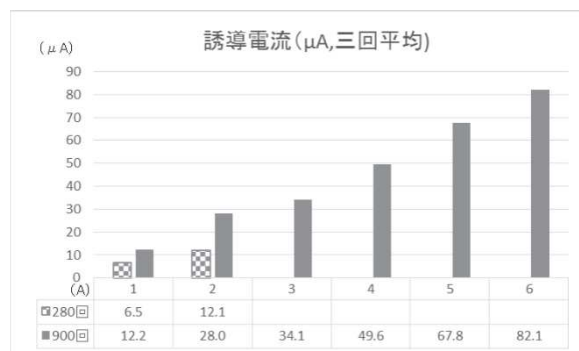


Fig.5 『実験④の計測結果 誘導電流』

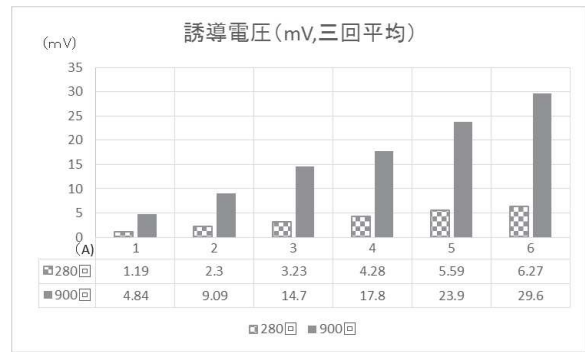


Fig.6 『実験④の計測結果 誘導電圧』

Fig.5,6 より、コイルの巻き数が大きいコイルの方が発生した誘導電流、電圧が大きいと見える。

また、得られる値は流した電流量に比例しているといえる。また、コイルの巻き数ともおおよそ比例しているといえる。

4. 考察

まず始めに、実験を行うに当たって、下の式(4)を用いた。

$$V = -N\mu_0 \frac{S}{2\pi r} \frac{\Delta I}{\Delta t} [V] \quad (4)$$

電流によって発生する誘導電圧の予測に当たって、以下のように値を設定した。

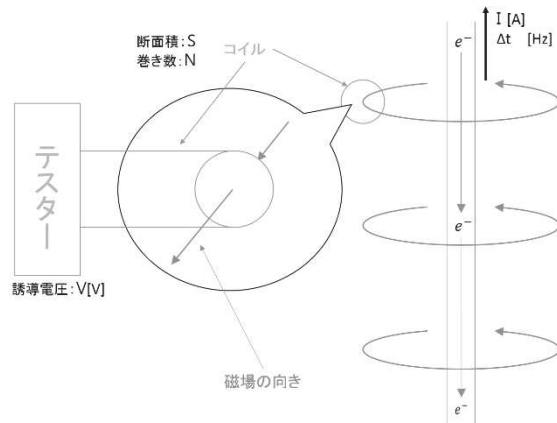


Fig.7 『各値の意味』

[設定値]

検出コイル位置 $r=1cm$

真空の透磁率 $\mu_0=4 \times 10^{-7}N/A^2$

検出コイル巻き数 $N=100\sim 1,000$

電流値: 実験①②③ 1A, 1Hz

実験④ 1A, 60Hz

実験①②③の電源は直流電源のスイッチの ON/OFF による操作, ④は実験用電源の交流を用いた. コイル位置と透磁率の値を式(4)に代入すると, 検出コイルで発生する誘導電圧は

$$V = -2 \times 10^{-9} \times N \times S \times \frac{\Delta I}{\Delta t} [V]$$

$$V = -2 \times N \times S \times \frac{\Delta I}{\Delta t} [nV]$$

と予測される. 上式は, コイルの巻き数 N とコイルの断面積 S が検出コイルの性能であり, $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ は検出したい電荷の移動 (太陽風や電流等) の頻度を表している. 実験①②③ではコイルの巻き数を 100~1,000 回コイルの断面積を 1cm^2 とすると,

$$0.2 \leq -2 \times N \times S \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \leq 2 [\mu V]$$

実験④ではコイルの巻き数を 100~1,000 回コイルの断面積を 2.5cm^2 とすると,

$$30 \leq -2 \times N \times S \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \leq 300 [\mu V]$$

と予測される. 実験①②③では誘導電圧の予測値が $0.2 \sim 2\mu V$ であり, コイルの抵抗値を少なく 10Ω であると考えてもマルチメーターの計測可能範囲より小さく, 実験結果の値は常に変化していたことからノイズだと考える.

実験④の結果は理論値の 13~18 倍程度の値であった. 結果と理論値が大きく異なった理由は以下のように考えられる. 磁束密度 B の時間的変化を伴う場においては, もはや電界の強さ E の 1 周積分は 0 ではない. [1] 今までは, 理論値を計算するときに磁束と断面積だけを考慮していたが, 磁束の変化によって発生する電場の影響も考慮する必要がある.

電場 E によって発生する電圧はノイマンの公式から, コイルの周りの長さ ($\oint dl$) によって決まる.

円形のコイル: 2.5cm^2 ($S = \pi r^2$) $\oint dl = 5.6\text{cm}$

縦長のコイル: 2.5cm^2 $\oint dl = 50.2\text{cm}$

それぞれに電場の強さ E をかけると,

円形のコイルに発生する電圧 V は, $V = E \times 5.6$

縦長のコイルに発生する電圧 V は, $V = E \times 50.2$

これによると, 同じ断面積でも取り出せる電圧が約 9 倍になると考えられる.

直線を通る電流 (h 軸方向) の周りに発生する磁場の強さは,

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

で表され, 電流と垂直方向の距離に反比例する. よって, コイルはできるだけ中心軸の近くに設置できる形状であること. 電流からの垂直方向の距離が同じであれば, 同じ強さの磁界が発生すること. 以上の二点から, Fig.3 のような縦長のコイルを考えた. この断面の形状に関する実験・調査は, コイルを巻くのに時間がかかることから, 十分行っていないので, 今後の実験に加えたい.

地球近傍の太陽風は密度: $N = 1$ 立方 cm あたり約 5 個,

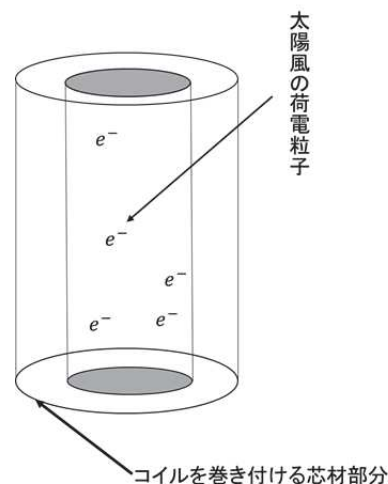
速さ: $v = 400,000 [\text{m/s}]$

太陽風の荷電粒子がすべて電子と仮定して地球近傍での太陽風による電流は,

$I = vSN_e [A]$ より,

$$I = 4 \times 10^5 \times S \times 5 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.32 \times S [\mu A]$$

と, コイルの断面積に反比例するが, $[\mu A]$ オーダーであり, コイルの半径をかなり大きくすることや, 巻き数や電流方向の長さをかなり大きくする必要があると考えられる.



5. まとめと今後の課題

今回の研究で、流す電流の強さやコイルの巻数だけでなく、導線の周りにどのようにコイルを巻くか、また、コイルの形によって取り出せる誘導電流の大きさが変わることがわかった。

具体的には、電流を流した導線の周りに発生する磁場の向きと垂直になるようにコイルを巻き付け、かつ、コイルの断面を細長くし、面積を広くしたときに誘導電流を検知することができた。

計測には成功したが、太陽風に見立てた電流の大きさは最低でも $1A$ だったので、当初の目的であった太陽風から電流を取り出すというのはおそらく不可能に近いだろう。もっと小さい電流でも誘導電流が取り出せるようなコイルの巻き方、コイルの形状を模索していかなければならない。

6. 謝辞

大阪薬科大学准教授の竹本宏輝先生には、誘導電圧の式等の理論や実験の方法等、時間外にも関わらず熱心なご指導を頂いた。有り難う御座いました。

7. 参考文献

- [1] コロナ社 『図でよくわかる電磁気学』 伊藤彰
義編著
数研出版 『チャート式シリーズ 新物理 物理基礎・物理』 都築嘉弘・井上邦雄

8. 添付資料

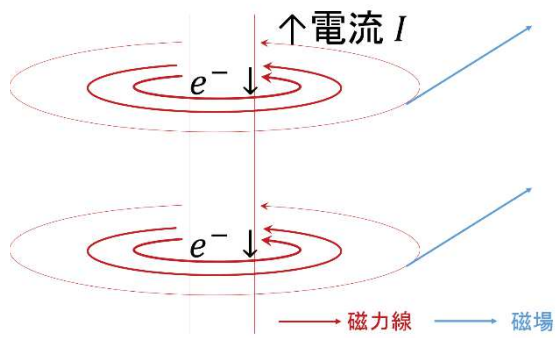


Fig.1 『電流と磁場の模式図』



Fig.4 『実験④で使用したコイル』

最高の建築

～ ハニカム構造は強いのか～

池田圭吾 菅原葵 太口悠里 中澤翔

要旨

本研究では、壁の内部において、どのような構造を骨格としたときに最も優れた強度を示すのかを、構造を三角、四角、六角形と形をかえ、対照実験を行った。その結果、静重圧を加える実験において、厚紙を使用した場合ではいずれの構造も 140 kg 以上耐えることが分かった。コピー用紙では、六角形が最も高い強度 (20.46 kg) を示した。

1. はじめに

今日、魚類や鳥類、ないしは植物など、多様な生物の体や巣のつくりを参考に、人間生活の向上に取り入れたものが多くみられる。(バイオミメティクスという)たとえば、新幹線の先端は、カワセミのくちばしの形が参考にされている。ジンバブエのショッピングモールでは、風通しのよいシロアリの巣の構造を参考にして建てられている。それによって、空調に必要なエネルギーの削減に成功している。この研究では、ハチの巣でみられる六角形が密集した構造、「ハニカム構造」(図1)に注目した。壁や床に取り入れたら、長年、重い家具にも耐えられ得ると考える。

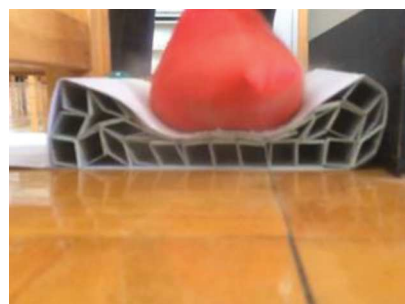


(図1) <https://tinyurl.com/yag954qh> より

予備実験では、正三角形と正方形、正六角形(ハニカム構造)の断面をもつ空洞の柱を重ね合わせ、床に対して平行に置いた。材料には厚紙を使用した。その上に、1.0 kgの重りを、高さを変え

て自由落下させ、構造の変形

具合を観察した(図2)。尚この時、柱の断面積がすべて等しくなるようにした。



(図2)

しかしハニカム構造ではなく、最も強度を示したのは正三角形だった。それは、三角形が集まることでより強いハニカム構造を作り出したからだと考えられる。

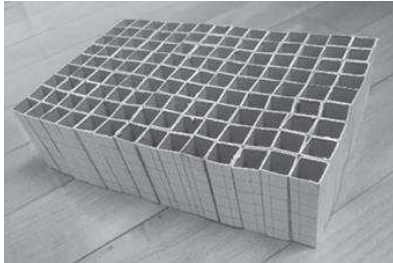
ここで、サイエンスフェスタでアドバイスを頂いたことをきっかけに、今度は床と垂直に柱をおき、自由落下させるのではなく、静重圧をかけて強度を調べることにした。建築に用いる場合、衝撃的な力がかかることは少ないと考えたからである。

2. 材料・研究方法

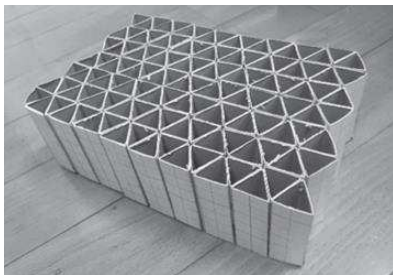
2-1. 研究試料

一辺 6.0cmの厚紙(0.5 mm) 126×3枚。それにカッターで弱く切れ目をいれることで正方形は一辺 1.5cm, 正三角形は一辺 2.0cm, 正六角形は

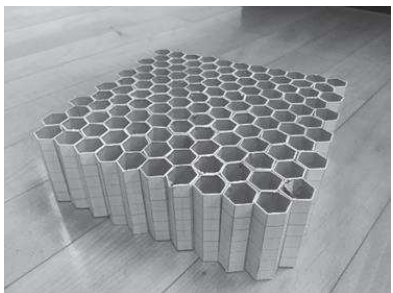
1.0cmとなるようにした。それぞれ 126個作った。それぞれをスプレーのりで接着した(図3)。三種類の構造において、対照実験のため、材料の量がすべて等しくなるようにした。



(正方形)



(正三角形)



(正六角形)

(図3)

2-2. 研究方法

I) 50 kg以上の負荷に耐えられることが予想されていたので、まずは、構造の上に板を乗せ、その上に石ブロックを重ねた。(図4)(図5) (板の重さは 2.72kg, 石ブロックは 18.3kg, 14.9 kg, 14.6 kgの順に重ね、以降は一個 2 kgの煉瓦状ブロックを積んでいった。歪み始めた時、壊れ始めた時、完全に崩れた時に乗せていた重りの重さをそれぞれ記録した。)



(図4)



(図5)

II) 一辺6cmの厚紙(0.5 mm) 36×3枚。それにカッターで弱く切れ目をいれることで、正三角形は一辺 2.0cm, 正方形は 1.5cm, 正六角形は 1.0cmとなるようにした。それぞれ 36個作った。それぞれをアロンアルファで接着した。2-1 研究試料では、対照実験のため、材料の量がすべて等しくなるようにした。紙のため水に濡れると構造をうまく保つことができないため、ビニール袋で構造をくるみ、その上に水が20ℓ 入ったタンクを一つずつ置いてゆき耐久性を調べた。

III) コピー用紙(厚さ 0.09 mm)を用いて実験 Iと同じ構造を作成する。プラスチック製の水槽(0.46 kg)を上のにせ、その中に重さ 1 kgのおもりを一つずつ載せていき、構造が壊れる重さを調べる。

3. 結果

I) (図4) (図5)の段階で壊れる事は無くこれ以上の変化を見ることは出来なかった。

このことからII)では、サイズを四分の一にして加わる重圧を4倍にすることで変化が確認できるか実験を行った。

II) 140 kgの重りを乗せたが壊れることはなくこれ以上の変化を見ることはできなかった。そこで、さらに強度を下げるため、III)では材質を厚紙からコピー紙に変更して実験を行った。

III) 六角形, 三角形, 四角形の順に重い負荷まで耐えた(順に12.46kg, 17.46kg, 20.46kg)。

4. 考察

厚紙での構造の場合、すべて強すぎる。I)でもII)でも壊れなかったことから、いずれも140 kg程度には耐える強度がある。

II)では、スプレーのりが無くなった関係でアロンアルファを用いた。それによってスプレーのりよりもずっと構造全体が硬くなり、固定された。約140ℓのタンクを乗せても揺るがなかったのは、アロンアルファの強度もプラスされたと考えられる。(失敗した実験で、テープのりで接着したものでは、逆に弱すぎて40 kg程度乗せた時点でばらばらに壊れた。)

III)では、六角形が最も大きい負荷まで耐えたことから、実験の限り、静重圧に対して六角形の構造が最も強度が高いといえる。

以上から、折り目の数と構造の強度とに比例関係はなく、強度を左右する要因は同一面積当りの周の短さと予想する。よって、実験I)の場合と同様、断面積を統一し、静重圧をかけるのが望ましい。

5. まとめと今後の課題

今回用いた3種類の構造のうち、ハニカム構造が最も静重圧に対する強度が高いことが、一連の実験により実証された。構造の強度は、実際には構造計算によって数値化し、求められる。今後本

研究を継続する場合、構造計算や別の形状による構造と比較すると、より詳細な結果を得られると考えられる。厚紙や木材、金属などの強度を比較できれば、ハニカム構造を木材等に採用した場合の強度も想定できるだろう。また、考察で述べたように、断面積を統一した場合でIII)と同様の実験を行うことが望ましい。

構造と構造を接着するのりのちょうどいい強度を見つける必要がある。テープのりでは弱すぎる一方、アロンアルファでは強すぎる。また、重りを載せる表面積が大きいと計測が困難になる一方、小さい場合ではたくさんの重りを乗せた際にバランスがとれなくなるので、改善が求められる。また、面積が小さくなると同じ荷重でも圧力が高くなることから、同一面積当りの静重圧に換算して比較する必要がある。

食塩を用いたアミドによる媒晶作用の検証

～ダイヤ型の食塩を作る～

笹田翔太 福井創

要旨

本研究では、媒晶剤が食塩の結晶面にどのような作用をもたらすかを、媒晶剤濃度を段階的に変え、食塩結晶の大きさと外形の観察から調べた。その結果、濃度が高いほど本来現れない八面体の結晶が増え、しかも六面体の結晶の大きさは小さくなったことから、媒晶剤は本来現れる面の成長を阻害することによって新たな面を生じさせることが分かり、また、その作用の強弱は媒晶剤の分子構造に左右されることが示唆された。

1. はじめに

媒晶剤とは、純粋な水溶液に不純物として加えることで、基本的には結晶格子の変化なしにもとの溶質の結晶の外形を変化させるものである。例えば、食塩に媒晶剤としてホルムアミドを加えると、 $\{100\}$ 面をもつ一般的な正六面体ではなく $\{111\}$ 面を持つ正八面体の結晶が得られることが知られている(新藤ら, 2006)。また、食塩は等軸晶系であるため、他の媒晶剤を用いれば $\{110\}$ 面を持つ菱形十二面体などが得られる(新藤ら, 2006)。ここで図1にある $\{ \}$ 内の数はミラー指数と呼ばれる結晶面を表す記号であり、矢印はc軸である。

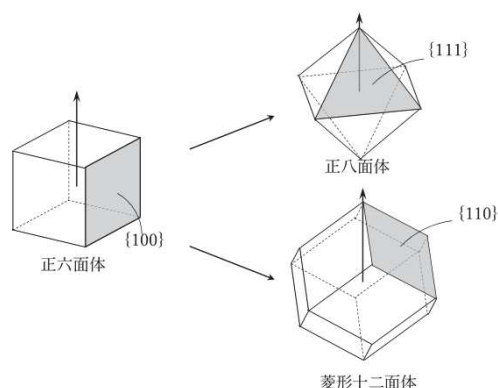


図1 ミラー指数と結晶の外形

本研究では、結晶各辺の長さは等しくないことから、以後「六面体」、「八面体」のように表す。

本研究の目的は、媒晶剤の種類・濃度を変え、食塩の結晶を作成することで、媒晶剤が結晶の外形の変化を引き起こすメカニズムを探ることである。

仮説として、結晶面の成長速度は面に特有のもので、普段なら成長速度がA面>B面であるが、媒晶剤がAの成長速度を遅らせることにより、B面の成長速度が勝り、B面が生成されるものと考えた。また、媒晶剤は量が 増えるほど作用が大きくなるものと考えた。

2. 研究方法

本研究では、実験1と実験2を行い、実験1では媒晶剤の選定を行った。実験1で尿素を媒晶剤としたとき結晶が大きく、観察が行いやすかったことから、実験2では尿素濃度を細かく変化させた場合の、食塩結晶の外形、大きさの関係を調べた。

2-1. 実験 1

飽和食塩水として 0.6mol/L 食塩水 5mL を入れたサンプル管を 10 本用意し、尿素を 2mol/L, 5mol/L, 10mol/L, グリシンを 1mol/L, 2mol/L, 3mol/L, 塩化マンガンを 1mol/L, 3mol/L, 5mol/L になるよう加え、蓋をせずにガーゼを張ったバットに入れ風通しの良い場所で1ヶ月乾燥させた。対照実験として純粋な飽和食塩水を乾燥させたものを作成した。乾燥後、双眼実顕微鏡で観察し外形の特徴を調べた。

2-2. 実験 2

飽和食塩水として 0.6mol/L 食塩水 10mL を入れたシャーレを 7 枚用意し、尿素を 5mol/L, 6mol/L, 7mol/L, 8mol/L, 9mol/L, 10mol/L になるように加え、蓋をせずにガーゼを張ったバットに入れて風通しの良い場所で3ヶ月乾燥させた。また、対照実験として、純粋な飽和食塩水を乾燥させた。乾燥後、結晶の大きさについてはシャーレの写真から結晶の対角線の長さを測り、外形については判別できるものを肉眼で観察した。

3. 結果

3-1. 実験 1

尿素について、濃度が 2mol/L のとき {100}面 (正六面体)、濃度が 5mol/L のとき {111}面 (正八面体) が生成された。{111}面を持つ結晶の c 軸は底面に垂直であった。濃度が 10mol/L のとき、先の尖った柱状結晶が生成された(図 2)。

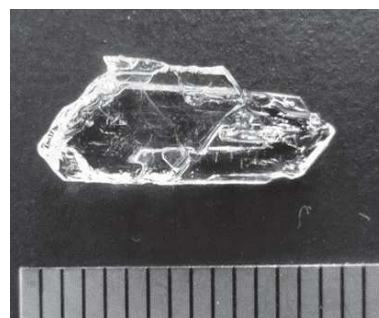


図 2 得られた柱状結晶

しかし、この結晶をバーナーで熱したところ融解したため、柱状結晶は融点が 132~135°C の尿素であることが判明した。

グリシンについて、濃度が 1mol/L のとき、他の場合では結晶の大きさが 1mm 程度であったのに対して、この場合では 6~7mm と比較的大きな結晶が 3 つみられた。外形に関して、{100}面、{110}面をもつ結晶 (正六面体の各辺に{110}面をもつ結晶) (図 3) が生成された。濃度が 2mol/L のとき、{111}面や{110}面が生成された。濃度が 3mol/L のとき、{110}面が生成された。

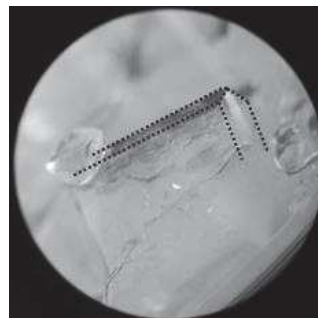


図 3 グリシン 1mol/L で得られた結晶

塩化マンガンについて、濃度に因らず、塩化物イオンの共通イオン効果により底部に食塩の粉末が沈殿した。

媒晶剤なしのときについて、すべての面は {100}面であった。サンプル管の底面に六面体の結晶が生成され、壁面には直方体様の柱状結晶が見られた。このときの柱状結晶は加藤らによって報告されたものと同様である。

媒晶剤	低←濃度→高		
尿素	{100}	{111}	尿素
グリシン	{100}/{110}	{111}/{110}	{110}
塩化 Mn	食塩の沈殿		

表 1 実験 1 の結果

3-2. 実験 2

食塩結晶の外形について、濃度が 5mol/L のとき、{100}面をもつ結晶(正六面体)が 25 個、{111}をもつ結晶(正八面体)が 8 個と、{100}面のほうが多く生成された。この比({100}面をもつ結晶の個数/{111}面を持つ結晶の個数)は濃度が高くなるにつれて、21/15, 17/10, 16/24, 2/11, 8/29 となっていく。つまり、濃度が高いほど八面体の結晶が多く析出し、濃度が低いほど六面体の結晶が多く析出した(図 4)。

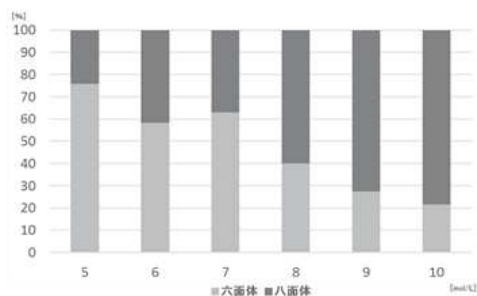


図 4 濃度による結晶の外形の違い

食塩結晶の大きさについて、六面体では濃度が高いほど結晶が小さかったのに対して、八面体では濃度によらず結晶が小さかった(図 5)。

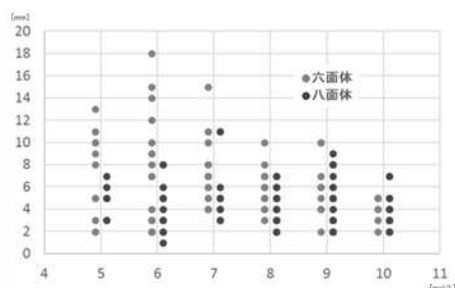


図 5 結晶の外形による大きさの違い

4. 考察

実験 2 図 5 では、媒晶剤の濃度が上がるにつれて結晶が小さくなっていることから、媒晶剤は食塩の結晶の成長を阻害していると考えられる。さらに、結晶の外形と大きさの関係から、{100}面が媒晶剤の作用を受けているのに対して、{111}面は濃度による大きさの変化が少ないことから、媒晶剤の作用を受けていないことが分かる。これらのことから、媒晶剤は{100}面の成長を阻害することで{111}面を生じさせていると考えられる。

Garrette(1959)や山田(1971)も、不純物が成長している結晶の特定の面へ選択的に吸着し、結晶面成長への異常を与えることを示唆している。

媒晶剤は他の結晶面の成長を阻害することによって、特定の面を現しているということである。すなわち、媒晶剤が「作用する」とは、現れている面に作用しているわけではなく、現れていない面に作用しているのであって、現れている面を「安定化する」見かけの作用であると考えられる。

実験 1 から、尿素は{111}面を、グリシンは{110}面を安定化することが分かった。また、ホルムアミドは{111}面を安定化する(Radenovic ら, 2006)。ここで、各物質の構造と面の安定性を考察に含めれば、ホルムアミドと尿素に比べてグリシンは分子がメチレン基一つ分大きい(図 6)。また、等軸晶系結晶各面(食塩が作りうる面)の安定度は、{100}面、{110}面、{111}面の順に高い。

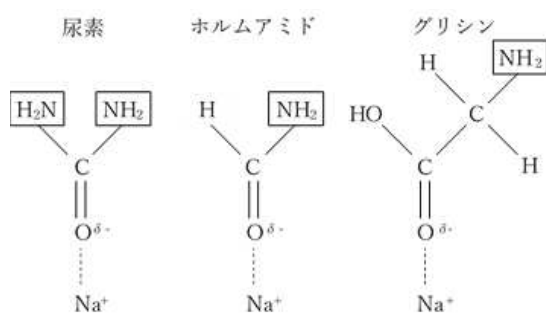


図 6 各媒晶剤の構造式

これらのことから、尿素、ホルムアミドは{100}面、{110}面の成長を阻害することができるが、グリシンはその分子の大きさゆえ{110}面上にうまく吸着できなかつたと考えられる。分子の小ささによる吸着のしやすさについては新藤らも示唆している。しかし、これはグリシンと尿素のモル濃度が同じである2mol/L のときグリシンの方で媒晶作用が早く現れたことと矛盾する。この場合は実験精度の観点から、より定性的な外形について考察すべきであろう。

また、媒晶剤が尿素であるとき、その作用は濃度が5mol/L の時に既に現れている。Radenovic らはホルムアミドでの実験の際、濃度が30%、即ち9.5mol/L で{111}面を安定化するのに充分であると述べているので、媒晶作用はホルムアミドより尿素のほうが強い。ここで尿素とホルムアミドの構造について比較すると、ホルムアミドはアミノ基(図5の□)が1個であるのに対して、尿素には2個ある。新藤らはホルムアミドについて、水素結合による結晶面上の吸着層の安定化を示唆しているが、尿素はアミノ基の数が多い分、より吸着層が安定化され、媒晶作用が強まると考えられる。

5. まとめと今後の課題

媒晶剤は濃度が高いほど食塩結晶の本来

の成長を阻害する作用が大きい。例えば、媒晶剤が尿素のとき、{111}面が増加し、大きさが小さくなる。

また、本来の結晶面に吸着するときの吸着の安定度、即ち媒晶作用の強さは、少なくとも分子の大きさと分子間力の強さに左右される。

課題として、水分の蒸発による水溶液中の尿素濃度の上昇が考えられたため、飽和食塩水を1週間に1度、10mL追加し、結晶の成長を観察する実験を行っている。

また、ミクロスケールでの考察やより大きなアミノ酸等での実験によって、分子が大きいほど媒晶作用が弱まることの確認を行いたい。

{111}面は Na^+ が並び電氣的に非常に不安定になっている。新藤らは、これをホルムアミドなどがもつ $\text{O}^{\delta-}$ が吸着することで説明している。しかし、{111}面上には媒晶剤は吸着しないはずである。これについては電子顕微鏡等での観察が必要である。

また、全ての結晶が媒晶作用を受けているわけではない、即ち媒晶剤が結晶を選択しているというのも疑問である。

6. 参考文献

- 加藤正元, 藤井翔太, 2014, 食塩結晶の成長
 新藤斎, 狩野弥, 甲田啓, 2009, エタノール溶液中での様々なNaCl結晶面の原子平坦化のメカニズムおよび3つの低指数面でのナノスケール摩擦測定, 日本海水学会誌, 63, 5
 新藤斎, 小瀬多門, 松川崇志, 玉木敦, 甲田啓, 櫻木喬規, 2006, 食塩結晶の形態制御の原子機構, 第18回助成研究発表会要旨集
 山田保, 1971, 媒晶剤, 化学工学, 35, 9, 22
 Neda Radenovic, Daniel Kaminski,

willem van Enkevort, Sander
Graswinckel, Ismail shah,
Mendel in't Veld, Rienk Algra,
Elias vlieg, 2006, Stability of the
popular {111} NaCl Crystal face,
THE JOURNAL OF CHEMICAL
PHYSICS 124

[http://www.chemicalbook.com/Chemical
ProductProperty_JP_CB585386
1.htm](http://www.chemicalbook.com/Chemical
ProductProperty_JP_CB585386
1.htm)

ヤマトシジミ貝殻の形態と生育環境

安達夏葵 金田わかな 南條絢音

要旨

日本を中心とする養殖のヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) の殻長・殻高・殻幅・成長線数・軟体部乾燥重量を測定し、産地ごとの殻形態を比較した。その結果、ヤマトシジミの殻形態は成長速度が速いほど貝殻が縦長型になる傾向があること、宍道湖産ヤマトシジミが他の産地と比較し特徴的にダルマ型かつ横長型であることがわかった。

1. はじめに

貝化石の種類をもとに、汽水や海水などの環境の復元を行うことは一般的である。しかし、殻形態の特徴と水温や栄養状態などの関係を明らかにする方法を研究することが、古環境の復元においては有意義であると考えられる。

二枚貝であるアサリにおいては、栄養状態や潮の流れ等の生息環境が悪いと成長速度が遅くなり、貝殻がダルマ型になる(柿野,1988)、また生息地の水温が低いと成長速度が遅くなる(鳥羽,1992)という報告がなされている。

そこで本研究では養殖で栄養状態が比較的良好と考えられるヤマトシジミを用い、生息地の緯度が高い(温度が低い)ほど成長速度が遅く、ダルマ型貝殻になるという仮説を立て、北海道(網走湖)・青森県(十三湖)・島根県(宍道湖)産のヤマトシジミの殻長、殻幅、殻高、成長線数、軟体部乾燥重量を計測した。

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

ロシア(ウラジオストック周辺)、北海道(網走湖)、青森県(十三湖)、愛知県、島根県(宍道湖)産の養殖ヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) 各50個体を用いた。

2-2. 研究方法

計測項目は、殻長、殻高、殻幅(図1)、成長線の数、殻の厚み、軟体部乾燥重量である。殻長、殻高、殻幅は、ノギスを用いて測定した。殻長、殻幅を測定する際は靱帯を左側に、殻高を測定する際は靱帯を下側に、向きを統一した。その後、試料を茹で、殻と軟体部に分離し、軟体部は、50°Cで2週間、恒温機を用いて完全に乾燥させ、その後電子秤を用いて重量を測定した。

成長線は、双眼実体顕微鏡を用いて殻高方向に数えた。表と裏の本数の平均を、その個体の成長線数とした。

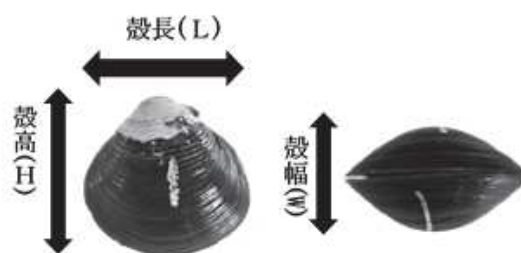


図1 測定部

計測データをもとに、以下の計算を行った。

① 丸型指数(W/L) (柿野,1988)

殻幅(W)/殻長(L)で求められる。値が大きいものをダルマ型、小さいものを扁平型とよぶ。

② 縦横指数(H/L)

殻高(H)/殻長(L)で求められる。値が大きいものを縦長型、小さいものを横長型とよぶ。

③ 殻面積(H*L)

殻高(H)と殻長(L)との積で求める。軟体部下総重量/殻面積の値が大きいほど、成長がよいと考える。

④ 成長線幅

成長線幅が大きいものほど、同じ期間でより成長していると考えられる。殻高(H)/成長線数の値が大きいほど、殻高方向への成長が早い。また、殻長(L)/成長線数の値が大きいほど、殻長方向への成長が早いと考える。

3. 結果

図2で示すように、宍道湖産のものは他に比べて丸型指数(W/L)が大きくダルマ型を示す個体が多いことが特徴である。また、図3で示すように、北海道産とロシア産のヤマトシジミ貝殻は縦横指数(H/L)が大きく縦長型のものが、宍道湖産には横長型のものも見られることが特徴である。

シジミにとっての環境(栄養状態・温度など)が良い場合、成長が速く、殻の単位面積あたりの軟体部乾燥重量が大きくなることが予測できるため、軟体部乾燥重量/面積を求めた。その結果、ロシア産、北海道産のものは他産地に比べて面積あたりの軟体部重量が大きい傾向があることが分かった(図4)。

殻高(H)方向の成長線幅と殻形態を比較したところ、縦長型の貝殻ほど殻高(H)方向の成長線幅が大きい傾向が見られる(図6上)。しかし、丸型指数との相関は見られない(図6下)。

4. 考察

産地ごとの丸型指数・縦長指数や面積あたりの軟体部乾燥重量から、温度が高い(緯度が低い)場合に、シジミ貝殻の形態や成長速度が速いとはいえず他の環境要因が影響している可能性が高い。

しかし、縦長型のロシアや網走湖産のシジミほど面積あたりの軟体重量が大きいこと、縦長型のものほど成長線幅が大きいことから、シジミにとって温度以外の条件で、成長しやすい環境が整っ

ていた場合縦長型に、逆に成長しやすい環境が整っていない場合殻高(L)方向にはあまり成長せず、ダルマ型ではなく横長型を示すと考えられる。これは、成長が悪いとダルマ型になるアサリや当初の仮説とは異なる新しい結果であり、ヤマトシジミは縦横指数から成長速度を判断できると考えられる。

また、宍道湖産のヤマトシジミは特徴的に、他産地の個体に比べて横長のダルマ型で、貝殻の大きさに対する軟体部の乾燥重量が小さい傾向があることがいえる。高安(1984)により、宍道湖のシジミが他の産地に比べて小さい原因は生息密度が高いことが指摘されており、宍道湖のヤマトシジミは成長速度が遅く横長型を示し、他産地とは異なりダルマ型を示すのも同様に生息密度が理由である可能性がある。

5. まとめと今後の課題

ヤマトシジミ貝殻の形態は生息地の緯度には影響を受けないことがわかった。アサリの場合は丸型指数から環境を判断することができるが、ヤマトシジミの場合は今回我々が新たに定めた縦横指数を用いることで判断できる。調査した緯度には殻形態との関係がみられなかったため、今後は栄養状態や生息密度等の他の環境要因と縦横指数や成長速度の関係について調査することで今後古環境の復元に利用できる可能性がある。

6. 参考文献

- 柿野 純 1988. 東京湾、千葉県沿岸におけるアサリ・バカガイの生息と環境. 水産海洋研究会報, 52:45-47
- 鳥羽 光晴 1992. アサリ幼生の成長速度と水温の関係. 千葉水試研報, No50, 17-20
- 高安克己・漆戸尊子・奥出不二生, 1984: 日本産シジミ3種の殻体の比較形態学. 島根大学地質学研究報告, 5. 35-42.

7. 添付資料

以下のグラフにおいて凡例は同じである。

シリア 網走 網走 (小) 十三湖 愛知 宍道湖

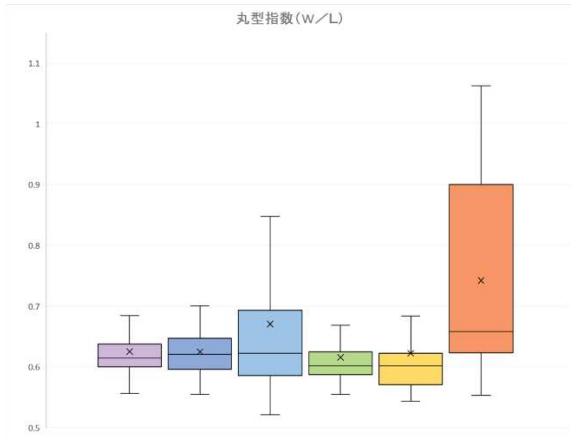


図2. 丸型指数(W/L)と産地

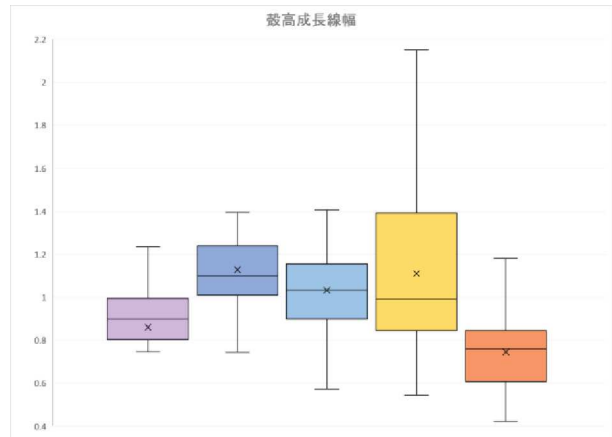


図5. 殻高成長線幅と産地

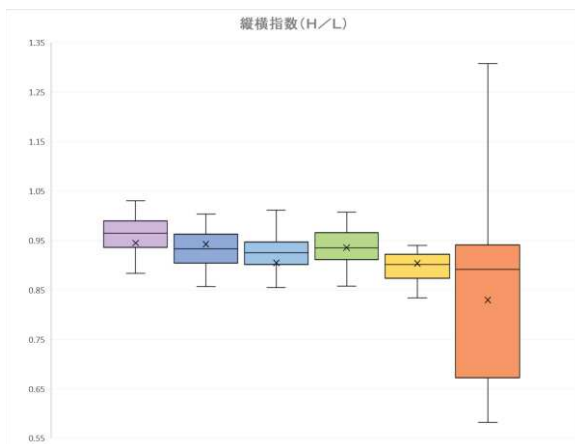


図3. 縦横指数(H/L)と産地

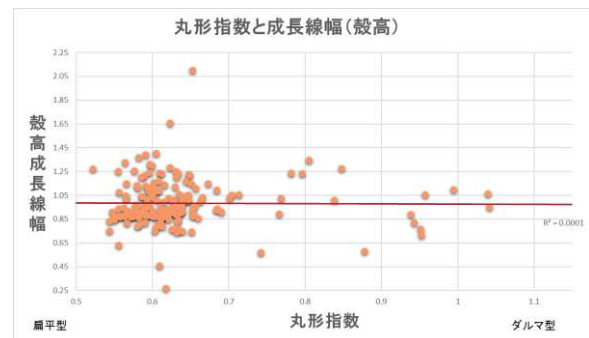
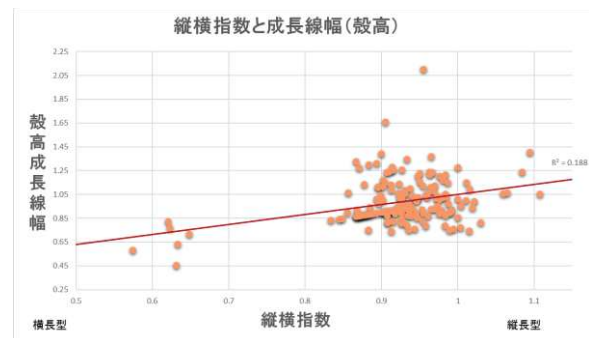


図6. 成長線幅と殻形態

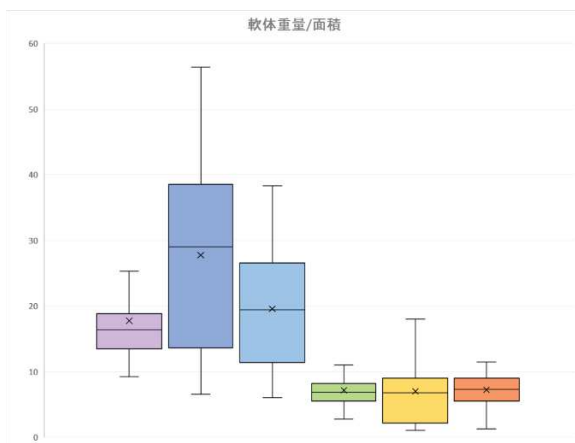


図4. 殻面積と軟体部乾燥重量