

平成22年度指定スーパーサイエンスハイスクール

活 動 記 録 集

平成28年3月

宮城県仙台第三高等学校

目次

巻頭言

I) SSH課題研究 (理数科)

化学領域

メイラード反応における褐変の抑制	1
お歯黒のミュータンス菌に対する抗菌効果	6
金属化合物の殺菌効果の促進	10
フェントン反応による有機物分解の記録	14

数学領域

大人数でプリンおかわりじゃんけんをしよう	19
ゲームの世界のシクミ	23

生物領域

カラスの好きなタイプは！?	26
ナマズと地震発生の関連性	28
モノクロのカラーテレビ	32
DNAの塩基配列からヨモギタマバエの生活史を探る	36
細菌に対するヒトデ抽出物の効果の検討	40

地学領域

液状化現象	45
-------	----

物理領域

音発電の実用化を目指して	49
溝と摩擦力の関係	53
蛇口からできる水の定常波	57
晴雨予報グラスを用いた大気圧の変化による天気予測	61
使用済みのおむつによる発電を目指して	66
狙った旗の音をだす	70

保健体育領域

長縄の回数向上を目指して	73
より遠くに投げるために ～二重振り子を利用して～	77

II) Intel ISEF 2015/日本学生科学賞

Color Change of the Copper Foil by Oxide Thin Layer Formation	82
魚類と細菌の共生のしくみ (知事賞)	85
コンクリートの再固化技術の開発 ～捨てられるがれきに新たな命を～ (仙台市長賞)	86
イオンクラフトの推進力向上 ～推進機関としての利用を目指して～ (ミヤギテレビ賞)	87

III) 自然科学部

化学班

銅箔の色調変化の研究 (日本学生科学賞 優秀賞)	89
銅樹の作製におけるビタミンCの影響について	90

物理班

空気砲から出る渦輪の応用利用について	91
宮城県内における空間放射線量について	92

IV) SSH 諸行事の記録

台湾研修・台湾師範大学附属高校との交流

中国清華大学附属高校との国際交流 (JST さくらサイエンスプラン)	93
つくば研修	95
白神フィールドワーク	103
東北大学工学部研修	108

SSH課題研究
(理数科)

メイラード反応における褐変の抑制

伊澤悠花 伊藤舞衣

宮城県仙台三高等学校

メイラード反応により生成される AGEs には糖尿病や老化を促進する働きがあるということが問題視されている。最近の研究により、フラボノイドがメイラード反応を抑制するということが示された。この研究は、フラボノイドによってメイラード反応を抑制し、褐変速度の変化を数値化することを目的とした。私たちは、糖とアミノ酸を含む水溶液にフラボノイドの一種であるアントシアニンを含むブルーベリーを加えて加熱し、溶液の吸光度を測定した。その結果、一定量のアントシアニンを超えると反応は抑制されなくなるということが分かった。フラボノイドの量による反応の抑制度のデータによって、食品の品質をより長く保ち、また体内の糖化の抑制も可能にするだろう。

1 はじめに

アミノ酸と糖を加熱するとメラノイジンを生成する。この反応をメイラード反応といい、メイラード反応は食品の品質を変化させる。また反応中に褐色色素であるメラノイジンのほかに食品中や生体内で AGEs も生成される。生体内で生成される AGEs には糖尿病の血液合併症や老化を促進する働きもある¹⁾。そこで、私たちはメイラード反応を抑制することにした。日本女子大学家政科部食物学科の研究によると、食塩が褐変の抑制と関わりがあるということがわかっている²⁾、その他の研究ではフラボノイドもメイラード反応を抑制させるということが分かっている³⁾⁴⁾。私たちはフラボノイドを用いてメイラード反応を抑制することにした。各物質における抑制度を数値化することで、食品の鮮度の低下や体内の糖化の抑制を効率よく行えるのではないかと考えた。そこで、フラボノイドによる反応の抑制度を数値化することにした。

2 研究の方法

2-1 実験 1

糖としてグルコース、ショ糖、マルトースのうち1つ、アミノ酸としてはグリシン、グルタミン酸ナトリウムのうち1つを用いた。糖とアミノ酸の組み合わせを変えて実験を行った。また、

日本女子大学家政科部の研究を参考に糖が 1mol/L、アミノ酸が 2mol/L である 100mL の水溶液とした。それぞれの溶液をガスバーナーで加熱し、加熱開始から 5 分おきに溶液の温度と褐変の様子の変化を観察した。

2-2 実験 2

フラボノイドとしてアントシアニンを含むブルーベリーを用いた。ブルーベリーをすり潰しものを濾し、ブルーベリーエキスとした。実験 1 の結果よりグルコース 1mol/L、グルタミン酸ナトリウム 2mol/L である水溶液を用いた。その溶液にブルーベリーエキスを 0.5mL、1.0mL、1.5mL、2.0mL 加え、100mL にしたものをホットプレート付きの自動かきまぜ機で加熱した。加熱開始から 5 分おきに溶液の温度を測定した。また溶液が 100℃ になってから 1 分おきの温度と吸光度も測定した。溶液の吸光度は、加熱中の溶液から試験管にサンプルをとり、氷水で冷却してから分光光度計で測定した。

3 結果

3-1 実験 1 の結果

各組合せによる褐変の様子や匂いについて以下の表にまとめた。

表 1 糖とアミノ酸の組み合わせによる反応の様子

	グルコース	ショ糖	マルトース
グリシン	カラメル色 べっこう飴のような においあり	あまり変化なし においはあまり感じない	だいたい色 かるめやきのような 甘いにおい
グルタミン酸	コーヒー色 こげっぽいにおいがした	あまり変化なし 甘いにおいあり	赤茶色みたいな色 甘いにおいが ほかのより強い

上記の組み合わせの結果、グルコースとグルタミン酸ナトリウムの組み合わせが最も反応が早く、また、ショ糖とグリシンの組み合わせが最も反応が遅かった。

3-2 実験2の結果

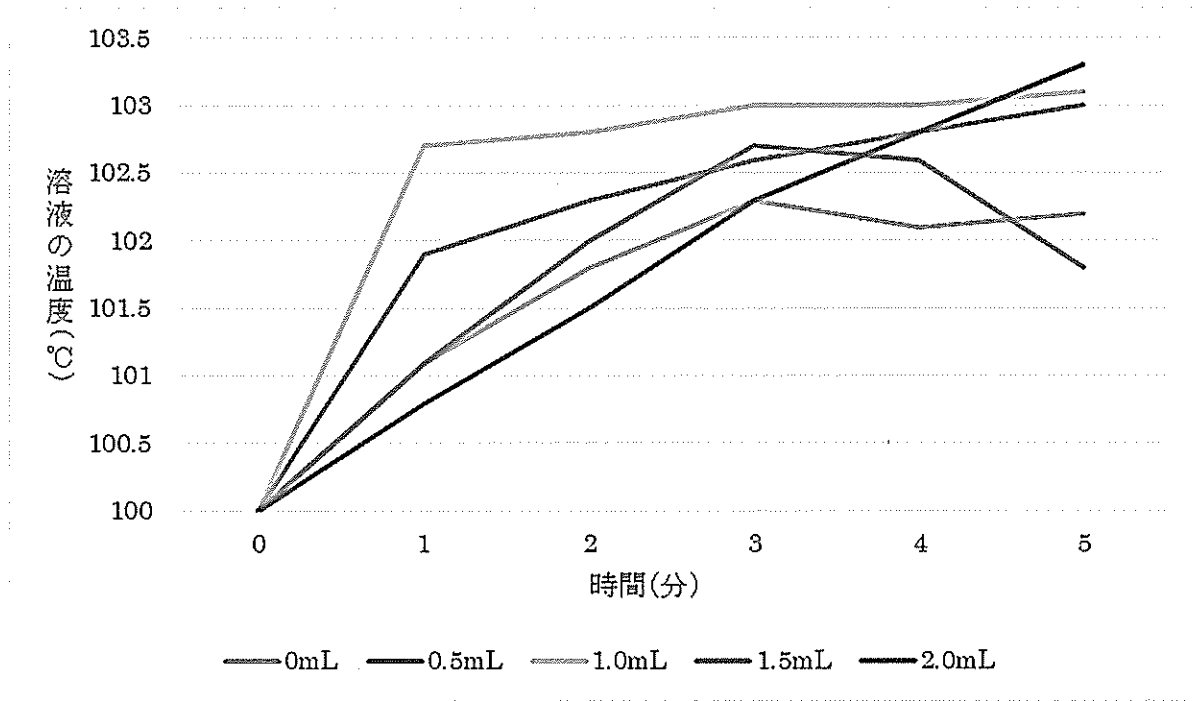


図1 100°Cに達してからの時間と溶液の温度

100°Cになってからの時間と溶液の温度を比較すると、ブルーベリーエキスを2.0mL加えた溶液は3分までは元の溶液よりも温度が低かったが、それ以降は温度が上がり、最終的には最も温度が高くなった。エキスを0.5mL加えた溶液の5分後の温度以外は、どの時間においても元の溶液より温度が高くなっていた。

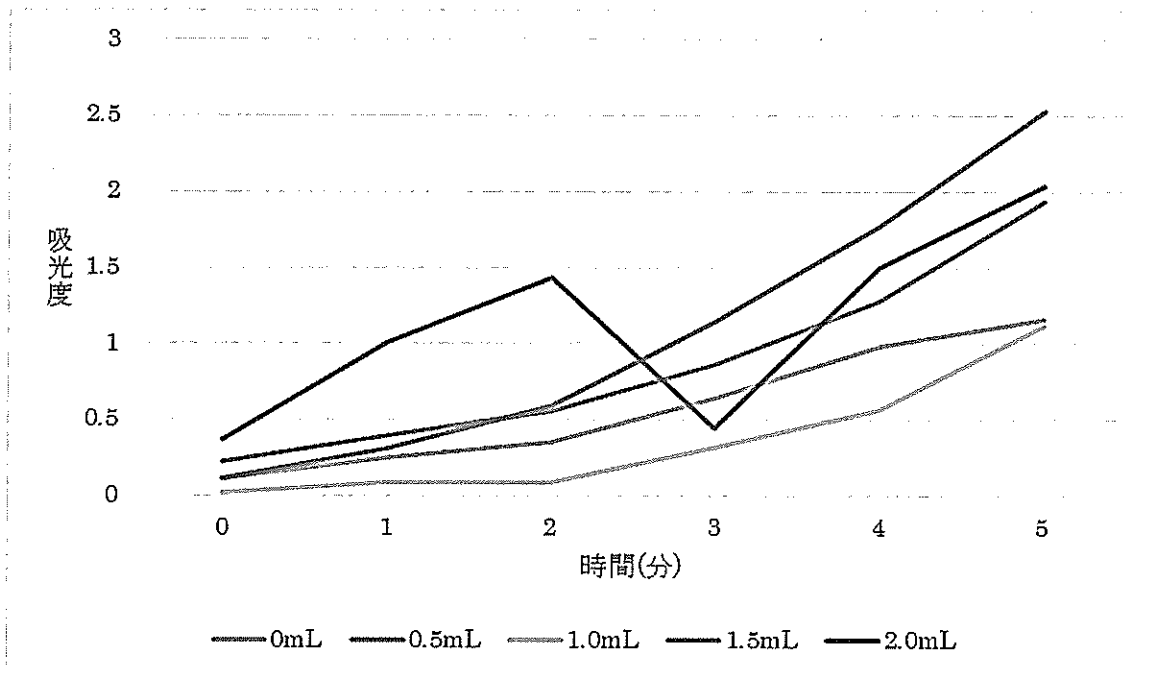


図2 100°Cに達してからの時間と溶液の吸光度

100°Cになってからの時間と吸光度を比較すると、ブルーベリーエキスを1.0mL加えた溶液が元の溶液より吸光度が低くなった。しかし、5分後の吸光度は元の溶液が1.161、エキスを加えた溶液が1.116と差が小さくなった。また、0.5mL、1.5mL、2.0mL加えた溶液はどの時間においても元の溶液の吸光度より高くなった。

4 考察

今回の実験では、水溶液の温度と反応の進行度の関連性はあまり見られなかった。また、ブルーベリーエキスを1.0mL加えた水溶液は元の溶液より吸光度が低くなっていたため、アントシアニンによって反応が抑制された可能性があるといえるだろう。しかし、アントシアニン自体も褐変するため、エキスを1.0mL加えた溶液以外は吸光度が高くなっているという可能性があるのではないかと考えた。メイラード反応を抑制することによって、生成物の生成量が減り、食品の品質の低下や糖化の抑制を可能にすると思われる。そのため、さらにデータを取り、フラボノイドによる反応の抑制度を検討し、数値化していきたいと考えている。

参考文献

- 1) からだサポート研究所。糖化と糖尿病合併症。 <http://ebn.arkray.co.jp/disciplines/glycation/ages-04/>
- 2) グェン・ヴァン・チュエン、山口敬子、能見祐理。異なる食塩濃度におけるアミノ酸・ペプチド・タンパク質と糖との反応の進行および生成物の生成について。 http://www.saltscience.or.jp/general_research/2006/200648.pdf
- 3) わかさ生活。わかさの秘密。 <http://www.wakasanohimitsu.jp/seibun/flavonoid/>
- 4) 関西大学。メイラード反応阻害剤。 <http://www.kansai.meti.go.jp/2giki/kansai-seeds/2014/pdf/kau/kau120nagaoka-kau.pdf>

お歯黒のミュータンス菌に対する抗菌効果

門口 尚広 菊池 奎斗 石川 冬真 遠藤 理澄

宮城県仙台三高等学校

お歯黒はタンニン酸と酢酸鉄を主成分とする明治以前の日本で広く使われてきた歯に塗る化粧の一つであり、う蝕(虫歯)予防効果があったといわれている。そこで、お歯黒がう蝕の原因菌であるミュータンス菌に対して本当に抗菌効果を持つか調べた。その結果、お歯黒自体にはミュータンス菌に対して抗菌効果は無く、お歯黒は表面に緻密な膜を作ることが分かった。

1. 背景・目的

う蝕(虫歯)に代表される歯科疾患は結果として歯の喪失につながり、食生活や社会生活等に支障をきたし全身の健康に影響を与えるため、厚生労働省は「21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21)」¹⁾の中にう蝕の予防について記載している。このようにう蝕は現代でも人類が抱える重要な健康問題であり、歯を健康に保つことが求められている。現代では医学の発達により、歯科治療の手段は多岐にわたっているが、明治以前の日本では興味深いう蝕の予防法があった。それは、主に東南アジアや日本で女性が歯に化粧として塗っていたお歯黒が結果的にう蝕を予防していたということだ²⁾。実際、予防歯科の立場から見ると、お歯黒の主成分であるタンニンは歯質のたんぱく質の腐敗を防止し、酢酸鉄は歯のリン酸カルシウムの溶解を抑制して、歯質を強化していた²⁾。そして、ベトナム、ラオスのお歯黒の原料のボタンナッツの成分はう蝕の原因菌であるミュータンス菌に対して抗菌効果を持っている³⁾。日本のお歯黒は酢酸鉄が主成分のかね水とタンニン酸が主成分のふし粉から作られる⁴⁾。そこで今回、日本のお歯黒自体がミュータンス菌に対して抗菌効果を持つのかどうかについて調べた。

2. 実験方法

I 日本のお歯黒の作成

【実験材料¹⁾】

緑茶 900mL, 焼いた錆び釘 20本, 水あめ 19g, 砂糖 18g, エタノール 10mL, 麴 90g

【かね水の作成方法¹⁾】

- ① 錆びたくぎをガスバーナーで焼く。
- ② 緑茶 900mL を沸騰させる。
- ③ ②の緑茶に焼いた錆び釘 20本, 水あめ 19g, 砂糖 18g, エタノール 10mL, 麴 90g を加える。
- ④ 3ヶ月間冷暗所に保存する。

制作したかね水とふし粉(ヌルデの木の葉に含まれているタンニン酸を60%~70%含む粉)を反応させることで歯に定着し、お歯黒となる。

【お歯黒の反応様式】

鉄奨水の主成分である酢酸第一鉄が酸化され酢酸第二鉄となり、ふし粉のタンニン酸と反応することでタンニン酸第二鉄の綿密な膜が成膜されお歯黒となる¹⁾。そこでヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム:化学式 $K_4 [Fe (CN)_6]$ 、ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム:化学式 $K_3 [Fe (CN)_6]$ とかね水を反応させ、かね水に Fe^{2+} 、 Fe^{3+} が含まれているか確かめる。

Ⅱ お歯黒の再現

歯のエナメル質の97%はヒドロキシアパタイト (HAp:Hydroxyapatite)で構成されており、ヒドロキシアパタイトの化学式は $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ で塩基性リン酸カルシウムある⁵⁾。鶏の骨は60%がヒドロキシアパタイトで構成されており⁵⁾、ほかの成分はコラーゲン等の蛋白質で構成されているため、今回はヒトの歯の代わりとして使用した。

【実験方法】

- ①制作したかね水に浸した鶏の骨をふし粉と反応させ、歯に定着するか調べる。
- ②鶏の骨表面・断面を双眼実体顕微鏡で、表面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察する。

Ⅲ ミュータンス菌の培養

ミュータンス菌はNBRC13599株を使用した。ミュータンス菌はグラム陽性菌である。

【培地組成】

寒天 15g, 粉末酵母エキス 3g, BBL™Trypticase™Soy Broth 30g, 滅菌水 1L

【培養条件】

恒温器 37℃設定, 好気培養

Ⅳ お歯黒のミュータンス菌に対する抗菌効果の測定

【実験手順⁶⁾】

- ①滅菌したお歯黒, かね水, 1000倍希釈したアンピシリン(グラム陽性菌に対し有効な抗生物質), 1%ふし粉溶液, 精製水をペーパーディスクに浸す。
- ②培地に100倍希釈したミュータンス菌をまいた後, ①のペーパーディスクを培地上に置く。
- ③各種ペーパーディスク周辺に阻止円ができていないか観察する。

3. 実験結果

Ⅰ 制作したかね水の特徴

- ①かね水の色は灰色であり, 独特な刺激臭がある。
- ② $K_4 [Fe (CN)_6]$ と反応し青白色に変化し, $K_3 [Fe (CN)_6]$ と反応し青色に変わったことからかね水には Fe^{2+} が多く含まれている。(図1, 2)

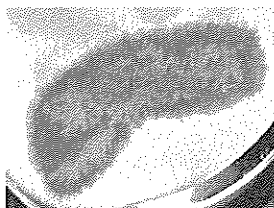


図1 $K_4 [Fe (CN)_6]$ とかね水の反応

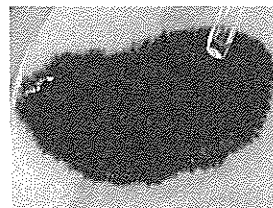


図2 $K_3 [Fe (CN)_6]$ とかね水の反応

II お歯黒の再現

今回制作したお歯黒は鶏の骨に定着した。表面に定着したお歯黒とその断面を双眼実体顕微鏡で観察すると図3, 図4のようになった。また, お歯黒を定着させる前の鶏の骨の表面と定着させた後の表面を走査型電子顕微鏡(SEM)で観察すると図5, 6, 7, 8, のようになった。

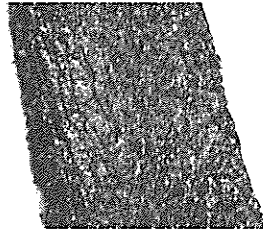


図3 鶏の骨に定着したお歯黒表面

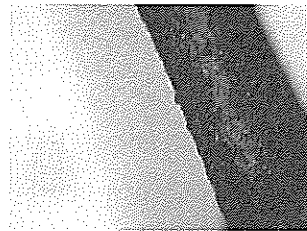


図4 鶏の骨に定着したお歯黒断面

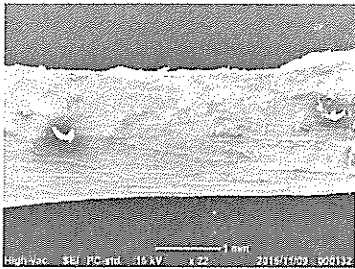


図5 鶏の骨表面 SEM 画像(22倍)



図6 鶏の骨表面 SEM 画像(300倍)

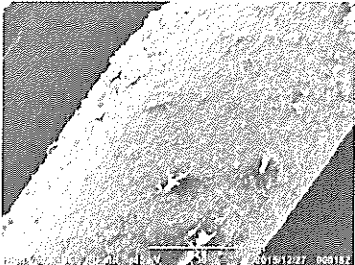


図7 鶏の骨表面のお歯黒 SEM 画像(30倍)

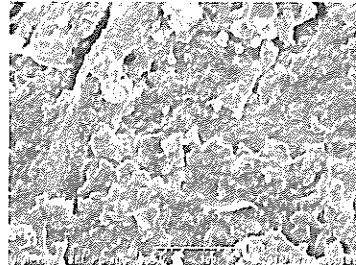


図8 鶏の骨表面のお歯黒 SEM 画像(300倍)

上の図によりお歯黒が鶏の骨表面を覆っていることが分かる。また, 図8より表面のお歯黒の膜は緻密であることが分かる。

III ミュータンス菌の培養

ミュータンス菌を図9のように培養できた。

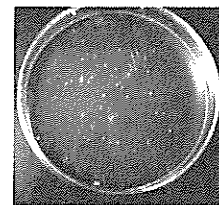


図9 ミュータンス菌

IV お歯黒のミュータンス菌に対する抗菌効果

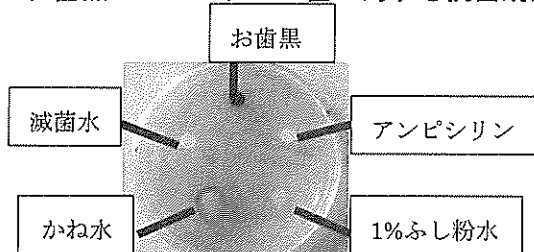


図10 ミュータンス菌に対する抗菌効果

菌の濃度が薄く肉眼では阻止円を確認できなかったので光学顕微鏡を用い各ペーパーディスクの抗菌効果を光学顕微鏡で確認した。(図11, 12, 13)。その結果お歯黒の周辺からミュータンス菌が生えている事が分かった。

実験結果を図10に示した。

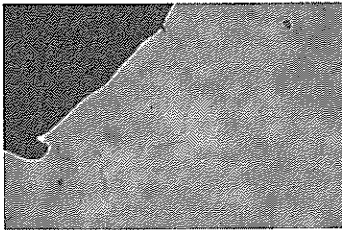


図 11 アンピシリン

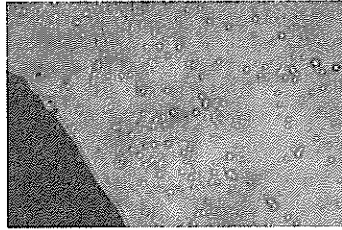


図 12 お歯黒

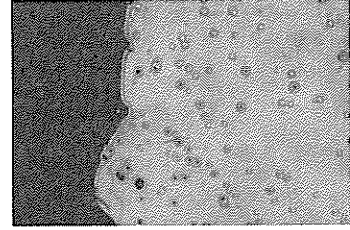


図 13 滅菌水

4. 考察

①お歯黒のミュータンス菌に対する抗菌効果

お歯黒の周辺からミュータンス菌が生えていたことから、お歯黒自体がミュータンス菌に対して抗菌効果を持っていないと考えられる。つまり、ベトナム、ラオスのお歯黒がミュータンス菌に対する抗菌効果を持っていたのに対して、日本のお歯黒は抗菌効果が無かったのである。これは、ベトナム、ラオスのお歯黒がボタンナツツ等の植物由来の成分を主成分としているのに対して、日本のお歯黒が鉄イオンとタンニン酸を主成分としている原因だと考えられる。

②お歯黒が鶏の骨の表面に緻密な膜を成膜しており(図 14)、このことからお歯黒の膜が物理的に歯の表面でミュータンス菌が生えることを防いでいるのではないかと考えられる。(図 15)しかし、ミュータンス菌の直径が約 1 μ m ということを見ると、実際に虫歯予防作用を果たしていたのかについては疑問が残る。日本の昔の人々はお歯黒ミュータンス菌に対する直接的な作用によらずお歯黒の歯質を強化する作用と日々の歯の手入れによってう蝕予防をしていたと考えられる。

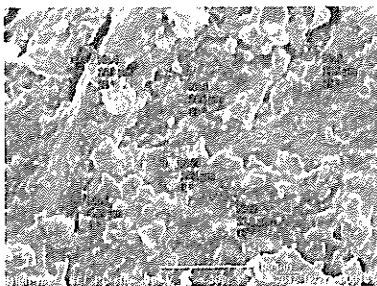


図 14 緻密なお歯黒の膜

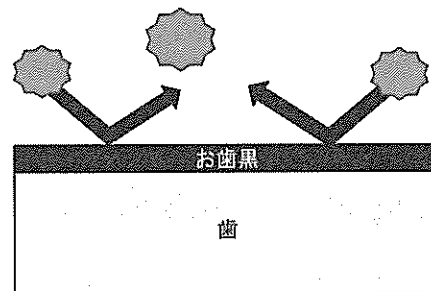


図 15 お歯黒が物理的に菌の繁殖を防ぐ(仮説)

5. 参考文献

1. 健康・体力づくり事業財団『健康日本 21 (21 世紀における国民健康づくり運動について) 健康日本 21 企画検討会、健康日本 21 計画策定検討会報告書
2. 口腔病学会雑誌 Vol. 46 「金属でない金属」岡崎 邦夫(1979)
3. Tayanin GL., Bratthall D., Black teeth: beauty or caries prevention? Practice and beliefs of the Kammu people, *Community Dent Oral Epidemiol*, 34, Issue 2, pages 81-86, (2006).
4. 日本審美歯科協会「お歯黒あれこれ http://www.shinbishikakyokai.com/p_story/story04.html
5. SofSera 「ハイドロキシアパタイト」 <http://sofsera.co.jp/hap.html>
6. 日本 BD 「薬剤感受性試験用 (Kirby-Bauer 法) センシ・ディスク阻止円測定ガイドライン」

金属化合物の殺菌効果の促進

郷古麟太郎、菅原光希、渡邊主基、藤原蓮

宮城県仙台第三高等学校

「銅のたらいで目を洗うと眼病が治る。」「コインには雑菌が繁殖しない。」など古くからある種の金属に殺菌・抗菌作用があることが知られていた。現在では、身近に金属を使った製品が売られている。そこで、私たちはそれらの製品を使って殺菌・抗菌作用の効率よく利用する方法を知りたいと思い、銅と銀を使用して、効果を調べた。その結果、金属単体では効果がなく他の物質と化合させることによって効果を得られると分かった。金属の殺菌力の強さは以下の通り。

この中から殺菌力の強い銅、銀また殺菌力がないといわれているナトリウムを用いて実験した。

殺菌力強い←銅 銀 金 鉛 白金 ニッケル アルミニウム 錫 亜鉛 鋼→殺菌力弱い
Cu Ag Au Pb Pt Ni Al Sn Zn (Fe+C)

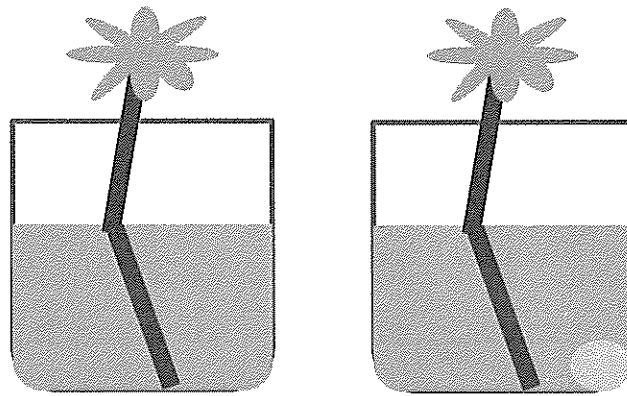
はじめに

金属になぜ殺菌作用があるかについては諸説あり、未だに明らかではない。一つの考え方として、金属が水などに溶けた時に発生する金属イオンが雑菌の金属の電子を奪い雑菌の構造が成り立たなくなり死滅するという説がある。水に入れておけば殺菌効果が得られるのか、金属単体には本当に殺菌効果がないのか調べるために実験 1, 2 を行った。また、実験 3 で金属は何と化合すれば最も強い殺菌効果を得られるのか調べた。

研究方法

実験 1：サツキの花を用いて金属の商品を入れた花瓶と入れてない花瓶でのサツキの花を同じ状

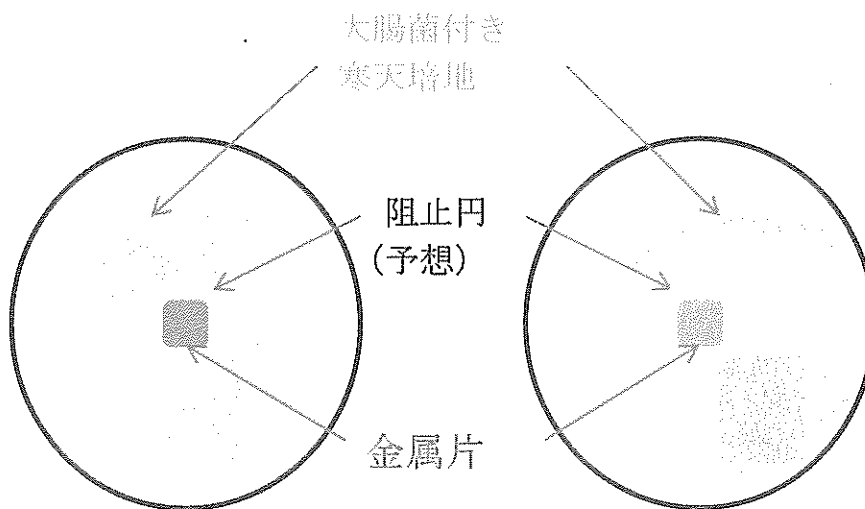
況で 1 週間放置し、それぞれの花の様子を観察した。



商品なし

商品あり

実験 2：寒天培地の表面に大腸菌を全体にまんべんなく塗り、大腸菌を繁殖させ、寒天培地の中央に銅、酸化銅、亜鉛の金属片をおき、0、24、48 時間後の結果を用いて、時間の経過による殺菌効果を見る。



実験 3：培地の四か所に各金属イオンや比較対象のアンプシリン、滅菌水をしみこませたペーパーディスクを五か所に置き、培地に大腸菌を繁殖させ、ペーパーディスクの周りの菌が繁殖しなかった阻止円の大きさを測定し、アンプシリンと滅菌水の阻止円の大きさと比較し、抗菌効果を計測する。

結果

実験 1：左の花に水をきれいに保つ商品を入れ、同じ状況で一週間放置した。

左の花の方は花がきれいに保たれていて、右の花は枯れてしまった。

商品入りの花の方が明らかに長持ちしている。

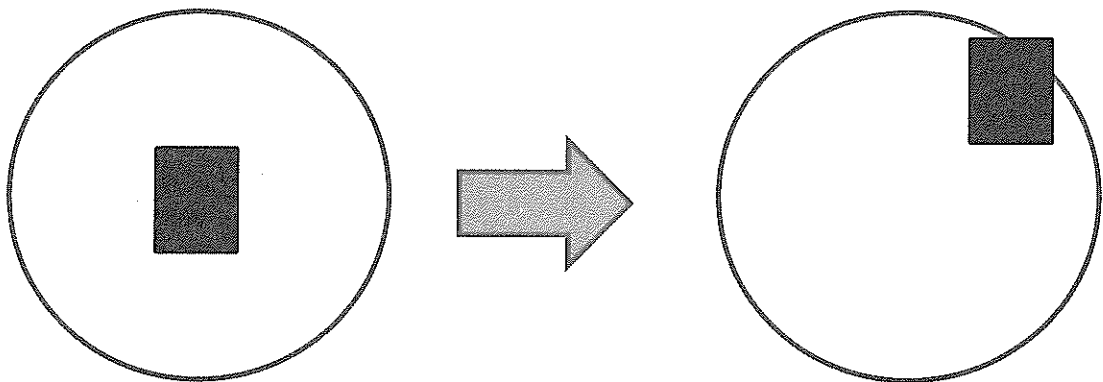


実験開始時



一週間後

実験 2 : 単体の銅、亜鉛に阻止円や殺菌効果は見られなかった。酸化銅にも阻止円は見られなかったが、酸化銅に触れていた面で菌が死滅していたため、殺菌効果を確認できた。



実験前

実験後

実験 3 : 滅菌水、アンピシリンと比較した結果、硝酸銅が最も強い抗菌効果を確認できた。

しかし、銅、酸化銅を用いた実験では銅イオンが発生してしまったため寒天培地が青くなってしまったため抗菌効果を確認できなかった。

	滅菌 水	アンピ シリン	銅（単体）	酸化銅（Ⅰ）	酸化銅 （Ⅱ）	硝酸銅	硝酸銀	硝酸ナトリ ウム
阻止円の 直径（c m）	0	0.92	計測不可	計測不可	計測不可	1.54	1.675	0
阻止円の 比	0	1	計測不可	計測不可	計測不可	1.67	1.82	0

まとめ・考察

実験 1 では商品ありの花瓶に入れた花のほうが長持ちしたが、その原因が本当に金属を入れたことによって水に菌が繁殖しないきれいな状態で保たれたからなのかはよく分からなかった。

実験 2 では単体の金属片には殺菌効果が見られなかったが酸化銅にだけ殺菌効果が確認できたことから金属は何かと化合させると殺菌効果を得るまたは強くなると分かった。

また殺菌効果があるのは金属に触れている面だけで周りに阻止円ができるほど強い殺菌効果は得られないと分かった。実験 3 では一回目の結果では銀よりも銅のほうが抗菌効果が強く大きい阻止円がかくにんできたが、二回目の実験では銅よりも銀の方が阻止円が大きく強い抗菌効果を確認できた。

参考文献

- ・ うみうし通信 2014.12 No.85 公益財団法人 水産無脊椎動物研究所
- ・ 金属イオンと殺菌作用 <http://www.jalos.jp/jalos/qa/articles/003-L199.htm>

フェントン反応による有機物分解の記録

青木雄一 大久保研吾 大場崇史 佐々木康就 橋本哲平 三浦弘慈

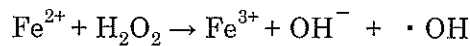
宮城県仙台第三高等学校

概要

フェントン反応は有機物を分解できることが知られているが、詳しいデータが公開されていないため、条件による分解の程度をデータにしようという試みをした。メチレンブルーを用いて反応液の色の変化を目視で確認したところ、 H_2O_2 濃度が高く、Fe量が多いほどメチレンブルーが分解された。これより、メチレンブルーの分解には H_2O_2 濃度が高く、Fe量が多いほうが適していると思われる。なお、このデータは目視によるものなので、数値化する予定だ。

はじめに

フェントン反応は、過酸化水素により金属イオンの酸化が起こる化学反応である。 Fe^{2+} を用いた際の反応式は以下になる。



この反応で発生するヒドロキシルラジカル($\cdot\text{OH}$)は、有機物の炭素結合を切断することが知られており、水質汚染の原因物質の分解に利用しようという試みがされている。しかし、ヒドロキシルラジカルによって炭素結合がどの程度切断できるのか、詳細なデータが公開されていない。そこで、本研究ではフェントン反応による有機物の分解量と分解速度をデータにすることを目的にした。

材料と方法

実験には 11.76mol/L H_2O_2 、Feとしてスチールウール、有機物としてメチレンブルー $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{SCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ を用いた。また、Feを Fe^{2+} にするために 2mol/L HCl を用いた。さらに、メチレンブルーの濃度を一定にするために、メチレンブルー濃度が 0.4711g/cm^3 となるように H_2O_2 と HCl のそれぞれに溶かした。なお、前者を H_2O_2 メチレンブルー溶液、後者を HCl メチレンブルー溶液とした。メチレンブルーの分解量と分解速度は目視による1分後、5分後、10分後、15分後、30分後、60分後の液の色の变化から推測した。

- (1) H_2O_2 濃度の違いによる分解速度・分解量の違い

HCl メチレンブルー溶液 10mL と H₂O₂ の混合液にスチールウール 0.1117g を入れ、メチレンブルーの分解量と分解速度を計測した。H₂O₂ 量は 8.5mL, 4.25mL, 2.13mL の 3 つに場合分けし、それぞれ A-①, A-②, A-③とした。また、混合液の体積を等しくするために、蒸留水を A-②には 4.25mL, A-③には 6.37mL 加えて実験した。

(2) HCl 濃度の違いによる分解速度・分解量の違い

HCl と H₂O₂ メチレンブルー溶液 8.5mL の混合液にスチールウール 0.1117g を入れ、メチレンブルーの分解量と分解速度を計測した。HCl 量は 7.5mL, 5mL, 3.75mL, 2.5mL, 3.333mL, 2.917mL, 0mL に場合分けし、それぞれ B-①, B-②, B-③, B-④, B-⑤, B-⑥, B-⑦とした。(1)と同様に、混合液の体積を等しくするため、蒸留水を B-①には 2.5mL, B-②には 5mL, B-③には 6.25mL, B-④には 7.5mL, B-⑤には 6.667mL, B-⑥には 7.083mL, B-⑦には 10mL 加えて実験した。

(3) Fe 量の違いによる分解速度・分解量の違い






















HCl メチレンブルー溶液 10mL と H₂O₂ 8.5mL の混合液にスチールウールを入れ、メチレンブルーの分解量と分解速度を計測した。スチールウール量は 0.0279g, 0.0559g, 0.2234g, 0.4468g に場合分けし、それぞれ C-①, C-②, C-③, C-④とした。

結果

(1) H₂O₂ 濃度の違いによる分解速度・分解量の違い

A-①はスチールウールを入れた直後に黄色の気泡が発生し、5分後には液の色が黄色になった。A-②, A-③はスチールウールを入れた直後に青色の気泡が

表 1 H₂O₂ 濃度の違いと時間経過による液の色の変化

	反応前	1分後	5分後	10分後	15分後	30分後	60分後
A-①							
A-②							
A-③							

発生したが、60分後まで液の色に変化は見られなかった(表1)。

(2) HCl 濃度の違いによる分解速度・分解量の違い

B-⑦以外の全ての条件でスチールウールを入れた直後に黄色の気泡が発生し、B-①は1分後に濃緑色、5分後に黄土色、10分後に黄色、60分後に薄黄色となった。B-②、B-③は5分後に黄色、30分後に薄黄色となった。B-④は1分後に赤褐色となった。B-⑤は1分後に気泡の色が水色に変化し、5分後には液の色が褐色となった。B-⑥は1分後に液の色が

表 2 HCl 濃度の違いと時間経過による液の色の変化

	反応前	1分後	5分後	10分後	15分後	30分後	60分後
B-①							
B-②							
B-③							
B-④							
B-⑤							
B-⑥							
B-⑦							

褐色となった。B-⑦は60分後に青色の気泡が発生したが、液の色には変化が見られなかった(表2)。

(3) Fe 量の違いによる分解速度・分解量の違い

C-①とC-②はともに変化が見られなかった。C-③はスチールウール投入直後に黄色い気泡が発生し、液の色は5分後に黄色、10分後に薄黄色となった。C-④はC-③と同様にスチールウール投入直後に黄色の気泡が発生したが、液の色は1分後に褐色となった。

表 3 Fe 量の違いと時間経過による液の色の変化

	反応前	1分後	5分後	10分後	15分後	30分後	60分後
c-①							
c-②							
c-③							
c-④							

考察

(1) H₂O₂ 濃度の違いによる分解速度・分解量の違い

A-①において液の色が黄色となったのは、フェントン反応によって生じた Fe³⁺がフェントン反応に使われなかった H₂O₂が触媒となって Fe²⁺に還元したためだと考えられる。また、発生した気泡は H₂O₂と Fe²⁺との反応で生じた酸素だと思われる。A-②、A-③で発生した気

泡は、気泡発生後の液の色に変化が見られなかったことから HCl とスチールウールが反応して発生した水素だと思われ、フェントン反応が活発に起きているとは考えにくい。これらのことから、 H_2O_2 の濃度が高いほうがメチレンブルーの分解速度が速いと考えられる。

(2) HCl 濃度の違いによる分解速度・分解量の違い

B・①が1分後に濃緑色になったのは、色において青色と黄色を混ぜると緑色になることから、メチレンブルー- H_2O_2 溶液の青色と、A・①と同様の反応で生じた Fe^{2+} の黄色が混ざった状態すなわちメチレンブルーの分解途中であることを示すと考えられる。また、HCl 濃度が低い時に褐色に変化するの、スチールウールの多くが先に HCl ではなく H_2O_2 と反応することで Fe^{2+} への還元に使われる H_2O_2 が減少したためだと考えられる。B・⑤で気泡が水色になったのは、容器に付着していたメチレンブルーが気泡に溶けた可能性がある。B・⑦で液の色に変化が見られなかったことから、 H_2O_2 だけではスチールウールをイオン化するのに時間がかかるのではないかと思われる。これらのことから、HCl はメチレンブルーの分解速度を上げるのに少なからず必要だと考えられる。

(3) Fe 量の違いによる分解速度・分解量の違い

C・①、C・②で液の色に変化が見られなかったことから、スチールウールの量が少ないとヒドロキシルラジカルの発生量が少なく、メチレンブルーを十分に分解できないと考えられる。C・③は A・①、B・①、B・②、B・③と同様の反応が起こっていると考えられる。C・④はスチールウール量が多く、フェントン反応による Fe^{2+} から Fe^{3+} への酸化の方が多く進み、 Fe^{3+} から Fe^{2+} への還元が行われず褐色になったと考えられる。これらのことから、Fe 量が多いほどメチレンブルーの分解が進むと考えられる。

まとめ

実験(1)~(3)より、HCl が含まれる条件下では H_2O_2 濃度が高くスチールウール量が多いほどメチレンブルーを早く分解できると考えられることを目視によるデータとして残すことができた。また、他の有機物でも同様の結果が得られればフェントン反応は少ない材料で有機物を分解できる有効な策であるといえるだろう。

今後の展望

目視によるデータには個人差があるため、数値として客観的に示していきたい。また、フェントン反応でのメチレンブルーの分解データは取れたが、他の有機物の分解でも同様のデータが得られるか、さまざまな有機物で試したい。さらに、反応で発生した気泡が考察どおりであるか確認したい。

参考文献

鉄の急激な腐食進行とその応用～ H_2O_2 含有食塩水中における鉄の腐食機構～

藤野由香,天本智咲,原田美夢(2011)

大人数でプリンおかわりじゃんけんをしよう

安達 実成 阿部 圭佑 高橋 扶美奈

宮城県仙台第三高等学校

概要

じゃんけんは大人数で行うとあいこが重なって勝負がなかなか決まらない。そこで私たちは、じゃんけんの出し手（グー・チョキ・パー）を 5 種類以上に増やせば、あいこになる確率が小さくなるのではないかと仮定した。じゃんけんの出し手が、 $5 \cdot 7 \cdot 9 \dots$ と増えた場合の n 人であいこになる確率を比較するため、出し手を 5 つ、7 つ、9 つ…と増やした場合のあいこになる確率を一般化し、人数における確率を比較した。出し手が増えるごとに、人数によるあいこになる確率が減少した。出し手がさらに増えても、同じようにあいこになる確率が減少すると考える。また、実際に多種の出し手でのじゃんけんをやるべきである。

はじめに

私たちが普段使うじゃんけんは、出し手がグー・チョキ・パーの 3 種類である。しかし、大人数でじゃんけんしたとき、こんな経験はないだろうか。

「じゃんけんぼん、あいこでしょ、あいこでしょ、…（なかなか決まらない）…よし、分けよう（と言って何グループかに分け、もう一度じゃんけんを行う）。」

そこで、文献を調べたところ、「じゃんけんの出し手の種類を増やすとあいこになる確率が減少する。」という記述が見つかった。しかし文献には、なぜあいこになる確率が減少するのか、肝心なところが明記されていない。そこで本研究では、「じゃんけんの出し手を増やすとあいこになる確率が減少する。」という論説は本当なのか、また、出し手を増やした際の実用化について考えた。

仮に、あいこになる確率が減少するならば、より早くじゃんけんの勝負が決まるのだから、じゃんけんにかかる時間も少なくて済むはずだ。これは給食のプリンのおかわりや、掃除のゴミ捨て当番などが、じゃんけんより早く決まると言えそうだ。

研究の方法

じゃんけんの出し手を増やすということで、まず出し手を 4 種類に増やしてみた。(図 1)

A は C に勝ち、B は A に勝ち、C は D と B に勝ち、D は B と A に勝つ。

しかし、これだとじゃんけんが勝負として成立していない。

それぞれの勝率を見ても、AとBは1勝2敗、CとDは2勝1敗と、出し手の勝率が違う。つまり、AとBは、より「負けやすい」出し手に、CとDは、より「勝ちやすい」出し手になってしまうのである。

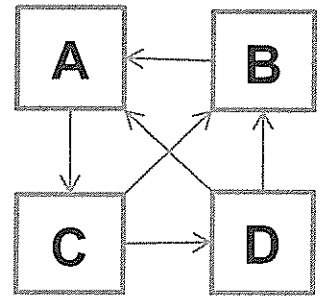


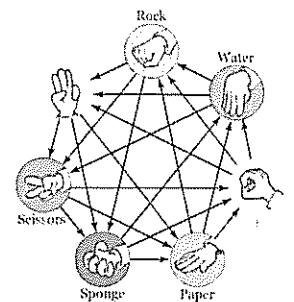
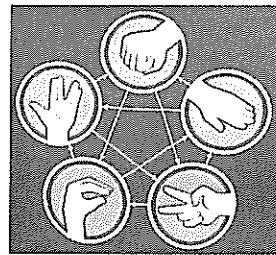
図 1

どういうことかと言うと、例えば、Aを出したとする。A以外の出し手は3種類である。Aは、残り3種類の出し手に対して「勝つ」か「負け」なければならない。A以外の出し手は3種類(奇数)だから、Aの勝率は「勝ちやすい」か「負けやすい」に偏ってしまう。これでは各出し手についてのそれぞれの確率が同様に確からしくない。

そのため、今回の研究では、奇数種類の出し手についてのみ考えた。

また、出し手を増やしたときのルールについて、左の関係図のように、矢印の矢もとが矢先に勝つ。

本研究では、各出し手におけるあいこになる確率を一般化して結果を考察する。



結果

n人でじゃんけんをした際の、各出し手のあいこになる確率は以下の式で表される。

ア) 出し手 3 種類

$$1 - \frac{2^n - 2}{3^{n-1}}$$

イ) 出し手 5 種類

$$1 - \frac{4^n - 3^{n+1} + 5 \times 2^n - 5}{5^{n-1}}$$

ウ) 出し手 7 種類

$$1 - \frac{19 \times 2^n - 17 \times 3^n + 10 \times 4^n - 4 \times 5^n + 6^n - 13}{7^{n-1}}$$

エ) 出し手 9 種類

$$1 - \frac{582 \times 2^n - 699 \times 3^n + 576 \times 4^n - 342 \times 5^n + 147 \times 6^n - 45 \times 7^n + 9 \times 8^n - 306}{9^n}$$

大人数でじゃんけんをするということで、nに人数を代入した。(図2)

	5人	10人	15人	20人
ア) 3種類	61.7%	94.8%	99.3%	99.9%
イ) 5種類	28.0%	55.1%	83.1%	94.3%
ウ) 7種類	17.5%	23.4%	47.1%	71.1%
エ) 9種類	13.3%	12.1%	21.1%	40.0%

図2 それぞれの出し手と人数におけるあいこになる確率(小数第二位を四捨五入)

表から、出し手の種類が増えると、出し手が増えるとあいこになる確率は小さくなることが読み取れる。

出し手が増えるごとに、その人数についての確率が減少することから、11種、13種…でも同じ傾向がみられるのではないかと考えた。

まとめ

じゃんけんの出し手の種類が増えると、あいこになる確率が小さくなるということが表から読み取れる。あいこになる確率が小さいということは、より勝負が付きやすいということである。

今後の課題として、出し手が増えるごとにルールが複雑になるので、それについて、じゃんけんにかかる時間の短縮をどう図るのか考えるべきである。

また、現在、理論値でしか考慮できていないため、実際に出し手多種でじゃんけんをして、実験値を求める必要があると考えた。

謝辞

本研究を行うにあたり、担当の沢田先生、また助言をして下さった多くの方々にご指導頂き感謝します。

参考文献

「多数決とジャンケン ものごとはどうやって決まっていくのか」 加藤 良平著 講談社

「ロケットニュース 24」 <http://rocketnews24.com>

-
- i 「あいこになる」とは、本研究では勝負がつかないことを表す。
 - ii 本研究で定めた「あいこ（つまり勝負がつかない）」を適用させると、ルールは複雑になる。
例えば5種類の出し手でじゃんけんを行った際に、「じゃんけんぼんっ」で、その場に3種類の出し手が出たとする。この時、その3種類がどんな3種類の組み合わせなのかによって、3種類は3種類でも「あいこ」である3種類なのか、「勝負がつく」3種類なのかと変わってくる。

ゲームの世界のシクミ

菅原 大樹 佐々木 大輔 高橋 佳汰 星 智也 村田 亮輔

宮城県仙台第三高等学校

抄録

テレビゲームの中ではどのような仕組みでランダム要素の結果が決まっているのだろうか？それには疑似乱数という数式が用いられていると知った我々は、疑似乱数の生成方法や法則性などの性質についてプログラミングを用いて検証し、真の乱数と呼ばれる現実のサイコロと疑似乱数を用いたサイコロの違いを明確にすること、また、実際の旧世代ゲームソフトに使われていた疑似乱数生成法を応用し、自らオリジナルゲームを開発することで、疑似乱数がゲームソフトにとどまらず、実際の社会においてどのような影響力を持っているのかについて理解を深めることを本研究の目的とした。

はじめに

近年、デジタル化が進み、多くのものが電子機器へと取って代わるようになった。その一つの例として、古くから娯楽や賭博に用いられてきたサイコロがある。サイコロは6つの各目が出る確率が同様に確からしい性質（真の乱数）を持ち、これを真の乱数というが、それに対し、近年のビデオゲーム等の電子機器におけるサイコロは、一見真の乱数に見えるが、数式から成る疑似乱数を用いているため、結果を予測したり、再現性を持たせたりすることが可能である。そこから我々は、疑似乱数生成法において真の乱数と比較した場合に何らかの法則性がないか、複数の生成法を比較した際に見出せる特徴の違いがないか、調べることにした。また、疑似乱数生成法を用いたゲームソフトを開発し、実際のゲームにおいて乱数が用いられる場面を検証していくとともに、被験者にゲームにおける乱数の影響力を体験してもらうことにした。

研究方法・理論

① 法則性について

C言語プログラミングソフト、「bcpad」や「Microsoft Excel 2010」の乱数生成システムを用いて生成が比較的簡単な線形合同法で乱数を発生させ、疑似乱数の法則性の有無を調べることにした。

（実験1） bcpad を用いた実験

線形合同法で乱数を生成する漸化式「 $X_{n+1} = (A * X_n + B) \bmod M$ 」（ n 番目）において、定数の値を変化させながら定数ごとに数字に法則性がないかを調べた。ここでは $M=2$ とすることで、結果の値を0または1の2種類とし、定数である A や B は、一つの数(x)を決めると両方が自動的に決定される。実験では x の数値を変えながら1つの数値につき1000回データをとった。

(実験 2) Excel のシステムを用いた実験

Excel の rand 関数を応用し、1~6 の数字を生成することによって疑似乱数における架空のサイコロを作り出し、本物のサイコロの出る目はすべて同様に確からしい真の乱数と仮定したときの規則性の違いを調べた。線形合同法の漸化式において $M=6$ とし、結果に 1 を足すことでサイコロの目と同様 1 から 6 の数字を 30 個発生させた乱数列を「DEF_RAND」、実用性における側面から、規則性を第三者から判別されにくくするため DEF_RAND を比較的簡単数式を用いて変換したもの「EASY_RAND」、より複雑な数式を用いて変換させたものを「PRO_RAND」として、 X_n の値を変えながら各 200 回ずつ乱数列を発生させ。それを昇順、降順にバブルソートさせ、値が入れ替わった回数を記録した。

② オリジナルゲームの開発

Visual Studio を用いて簡易的な RPG を実際に開発し、ゲームシステム内に疑似乱数を用いることで、実際にどのように乱数が活用されているか、また被験者にプレイしてもらうことで乱数がゲームのおもしろさにどの程度影響しているのかを検証した。

実験結果・考察

① 法則性の検証

(実験 1) (図 1)

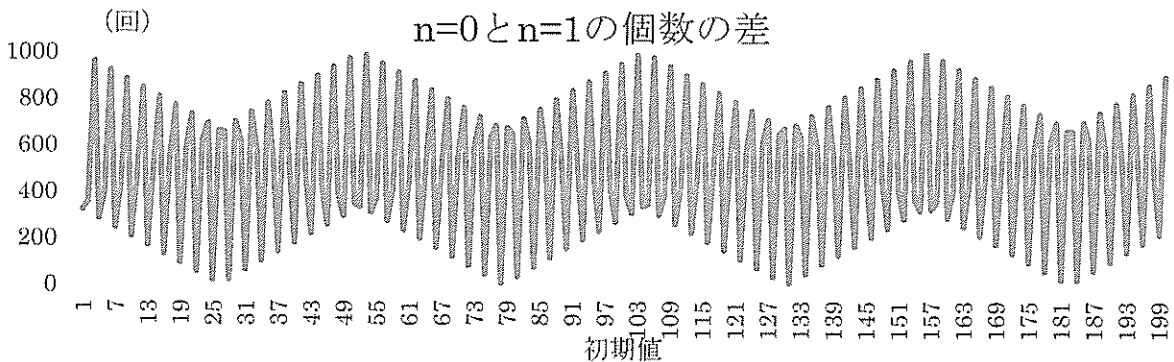


図 1 のグラフに結果の値である 0 と 1 の個数の差の絶対値を初期値ごとに表している。初期値がおおよそ 50 変化するごとにグラフに周期性がみられ、線形合同法を用いた疑似乱数には著しい法則性がみられると結論付けた。

(実験 2) (図 2)

	DEF_RAND	EASY_RAND	PRO_RAND
昇順	260.8	225.9	232.5
降順	197	179.1	169.2
差	63.8	46.9	63.3

図 2 の表に各乱数列のバブルソートによる昇順、降順それぞれの、値が入れ替わった回数の平均とその差をまとめた。入れ替わった回数が多いほど、乱数によって生成された値がより均等に分

散していると言えるため、真の乱数に近いと結論付けることができる。「EASY RAND」と「PRO RAND」における差は数式の複雑さの性質によるものであるが、中でも元の値である「DEF RAND」が最も真の乱数に近い結果になったのは、他の 2 つがそれより簡易的な数式であったためにそちらの影響が出てしまったものと判断した。

② オリジナルゲームの開発

現在制作中であるため、結果を示すデータはまだないが、乱数を用いているシステムと、用いていないシステムの二種類を採用し、被疑者に比較してもらうことで、ゲームにおける乱数の影響力をデータにしようと考えている。

結論

我々はプログラミングを用いて疑似乱数生成法の法則性について実験を行ったが、実験 1 では線形合同法において主に周期性が確認できた。実験 2 では疑似乱数を用いたサイコロについて、複数の生成方法を比較し、結果から法則性の強弱についての違いを確認することができた。今後の展望として、分散をはじめ結果から見出せる様々なデータを比較することで新たな法則性や、逆に法則性を極力低減させた乱数生成法を見つけていきたい。

ゲーム開発については理数科の日までに試作型を完成させ、データをある程度用意できるようにしたい。(2016年1月16日現在)

参考文献

(編集中)

カラスの好きなタイプは！？

及川憲信 小齋つばさ 関竜玖 平出裕博

仙台第三高等学校

1. 研究背景・目的

カラスはクルミを落としてそのクルミを自動車などに割らせて食べる。この性質は、仙台から同心円状の地域に広がっていった。本校の先輩の先行研究では、より大きいクルミ、より重いクルミを選ぶことが解明された。そこで、私たちは「大きさが違うクルミの場合と、重さが違うクルミの場合とでどちらを選ぶのか。また、大きさと重さでどちらを重視して選ぶのか。」という二つの観点に着目して実験を行った。

2. 仮説

私たちは先輩の先行研究を参考にして、「大きさが同じときは重いクルミを選び、また重さが同じで大きさが異なるときは大きい方のクルミを選ぶ。」という仮説を立てた。

3. 実験方法

まず、クルミの大きさと重さの範囲であるが、大きさについて、大きさの差が 0.5cm 未満のクルミを同じクルミ。重さの差が 1.0g 未満のクルミを同じクルミとみなす。

次に実験の手順を説明する。

- 1、クルミの大きさと重さを測定する。
- 2、クルミを下のように二つ選ぶ。
 - ・二つのクルミの大きさが同じであったら、重さが異なるようにする。
 - ・二つのクルミの重さが同じであったら、大きさが異なるようにする。
- 3、学校の中庭にクルミを二つ置き、離れたところからビデオカメラで撮影する。
- 4、カラスがクルミを選ぶ様子を観察する。
- 5、録画した動画を分析し、カラスがクルミをタッチした回数（ここではタッチ数という）と選んだ方のクルミを調べ、実験ノートに記録する。

*ビデオカメラはSONY HDR-PJ210を使用

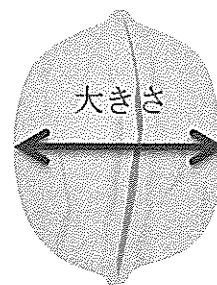
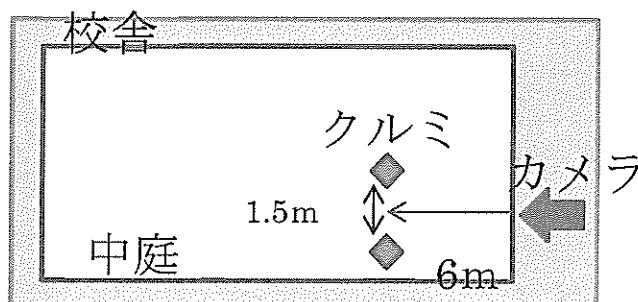


Fig.1

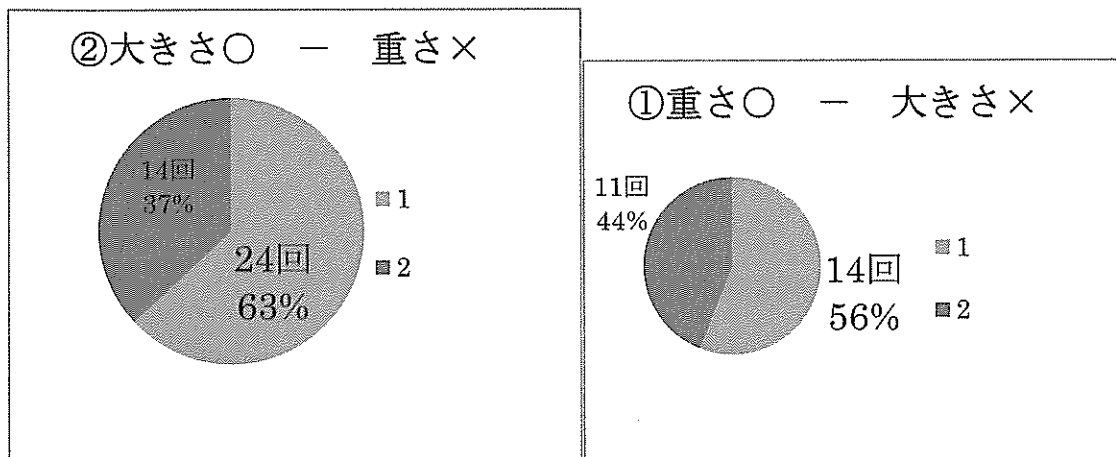
4. 考察

カラスはクルミの重さを重視して選び、二つのクルミの重さの差が小さいほど迷う傾向があると考えた。

5. 結果

- 1、重さが同じで大きさが違うとき、25 回中 14 回大きいクルミを選んだ。
- 2、大きさが同じで重さが違うとき、38 回中 24 回重いクルミを選んだ。

実験結果より、大きさを統一したときは重いクルミを選ぶ確率が高いが、重さを統一したときは必ずしも大きいクルミを選んでいくわけではないことが分かった。また、条件の差が小さければ小さいほど迷う傾向があることも分かった。



6. これからの実験

- 1、大きくて重さが軽いクルミ、小さくて重さが重いクルミなどクルミの条件をバラバラにして実験を行う。
- 2、クルミに粘土や砂鉄を入れ、人為的にクルミを重くして実験を行う。

7. 参考文献

- ・ 仙台第三高等学校 自然科学部生物班 梅津亮汰 「ハシボソガラスのクルミ選択行動」
- ・ 生圏システム学専攻教授 樋口広芳 「カラスの特異な食習性と地域食文化」
- ・ 野鳥の生態 2

ナマズと地震発生に関連性

佐藤駿介 土門貴司 加藤大輝

宮城県仙台三高等学校

先行研究では、ナマズの地震予知の要因が分かっていない。本研究では、ナマズは「地震発生前の微振動を感知している」と仮説を立て、地震予知の要因を調査することを目的としている。ナマズの行動を赤外線センサで定量化し、地震計により水槽周辺の微振動を計測した。更に、ナマズの行動と地震計で測定した微振動の二つのデータを照合することで、双方の相関関係を調査した。この結果より、ナマズの行動と地震発生に正の相関が見受けられたが、微振動との関係性はまだ判明していない。この研究が成功すれば、地震予知の技術の開発が可能になるだろう。

1. 結論

「ナマズが暴れると地震が起こる」という迷信は古くから存在している。ナマズと地震発生の関連性についての研究で、ナマズの活性化の原因は断定されていない。先行研究¹⁾によると、ナマズの暴れる反応と地震発生において視覚的に正の相関関係があることが立証された。地震が多い島国である日本にとって地震予測の正確さは地震による被害を減少させる点において重要である。本研究によりナマズの地震予知能力を発見することができれば、より正確な地震予測が可能になる。そこで、本研究はナマズの活性化の原因を「地震発生前の微振動」とした。在来種であり夜行性であるマナズ(*Silurus asotus*)を用いて、地震発生前後のナマズ行動を定量化、水槽周辺の微振動との相関関係を調べた。

2. 研究方法

(1) 観察環境

岡山県産天然ナマズを校内の生物室(4階昼間は人通りが多く、19時以降は消灯)で水槽(36cm×60cm×30cm)を用いて飼育。また、ストレス防止のためにパイプを設置し、1日置きに午後12時半頃に餌(ひかりクレストキャット)を与えるほか、ストレス防止のため水槽内にパイプを設置。

(図1, 2)

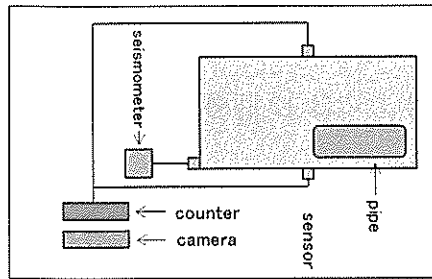


図 1. 水槽上面模式図

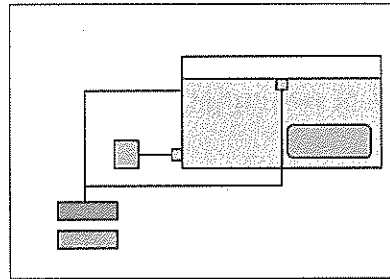


図 2. 水槽側面模式図

(2)測定方法

赤外線センサ (KEYENCE:PZ-51L) を水面下 5cm に設置する。カウンター (KEYENCE:RC18) とインターバルカメラを用いて毎時一回撮影をし、ナマズの行動を定量化する。(このときナマズがセンサーによる赤外線を遮った際に 1 カウントとする。) また、水槽側面に Intel Galileo Gen2[®] Board と三軸加速度センサ (SEED-SEN04051P) を用いて作成した地震計を取り付け、水槽周辺の加速度を毎秒ごとに計測する。

(3)データ照合

Excel を用いて、測定したナマズの行動と気象庁のホームページで公開されている地震データを 24 時間単位で照合する。また、統計処理ソフト R を用いて、測定したナマズの行動と X 軸, Y 軸, Z 軸, それぞれの加速度の二つの時系列データを 1 時間単位で交差相関係数を求め、先行指数を調査する。

3. 結果・考察

(1)ナマズの行動と地震発生について

2015 年 5 月中旬から 10 月中旬までの 24 時間当たりのナマズのカウント回数から第 3 四分位と第 1 四分位を求め、第 3 四分位から第 1 四分位を引いたものを IQR とする。IQR を 3 倍したものと第 3 四分位を足す。これを外れ値の基準とし、値は 168 回となった。24 時間当たりのナマズのカウント回数から外れ値を除いた平均と標準偏差を足したものを「ナマズ反応」の回数の基準とし、値は 71 回となった。

① 地震発生前から考える

震度 4 以上の地震は 2015 年 5 月中旬から 10 月中旬までの間に 12 回発生しており、地震発

生前 24 時間以内にナマズ反応が確認されたのは 12 回中 4 回であり、確率は 33%であった。(図 3-1)また地震発生前 48 時間以内にナマズ反応が確認されたのは 12 回中 8 回であり、確率は 67%であった。(図 3-2)

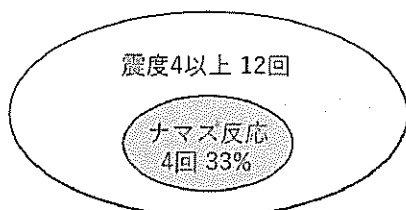


図 3-1. 地震発生前 24 時間以内の確率

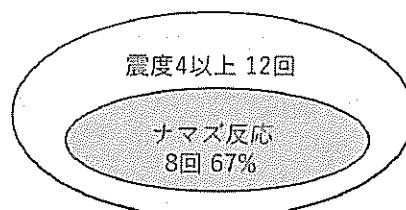


図 3-2. 地震発生前 48 時間以内の確率

② ナマズ反応から考える

ナマズ反応は 2015 年 5 月中旬から 10 月中旬までの間に 22 回確認されており、ナマズ反応が確認されてから 24 時間後までに震度 4 以上の地震が発生したのは 22 回中 4 回であり、確率は 18%であった。(図 4-1)またナマズ反応が確認されてから 48 時間後まで震度 4 以上の地震が発生したのは 22 回中 8 回であり、確率は 36%であった。(図 4-2)

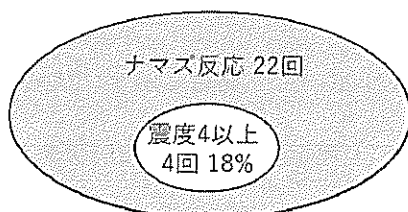


図 4-1. ナマズ反応後 24 時間以内の確率

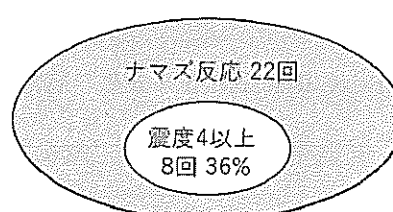


図 4-2. ナマズ反応後 48 時間以内の確率

(2) ナマズの行動と水槽周辺の微振動について

2015 年 12 月 10 日から 12 月 16 日までの水槽周辺の毎秒ごとの X 軸, Y 軸, Z 軸の加速度の値からそれぞれの平均と標準偏差を足したものを「微振動発生」の基準とし、値は X 軸 0.176084g, Y 軸 0.111562g, Z 軸 0.799061g となった。この基準値と毎秒ごとの加速度の値との差の絶対値を 1 時間単位で累積した。

この実験に関しては、現在検証途中であり実験結果はまだ出ていない。

4. まとめ・結論

地震発生の 24 時間前よりも 48 時間前にナマズ反応があった確率が高いことから、ナマズは地

震発生 2 日前から地震発生を予知している可能性がある。この結果により、先行研究の信憑性がより高まった。また、ナマズ反応後に地震が発生する確率が低いことから、ナマズは地震以外の自然現象などの要因にも反応し、暴れているのではないかと推測できる。微振動との関連性は、今後の検証結果により判明する。

今後の展望として、微振動との関連性の検証結果から、ナマズの活性化の原因と地震以外の要因の可能性について調べていく。

5. 謝辞

Galileo のプログラミング及び R を用いた統計処理において協力をしてくださった菅井道子先生、ありがとうございました。

6. 参考文献

- ¹⁾ 谷野陽太郎, 高橋優太, 千田健太郎, 白石正大. ナマズの行動と地震の相関性. 2015.

モノクロのカラーテレビ

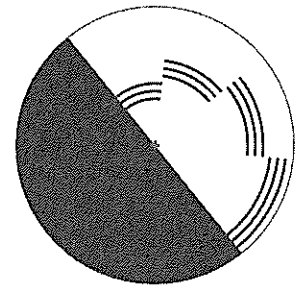
岩間公希 伊藤青空 千葉愛理 佐藤隼

宮城県仙台三高等学校

ベンハムの独楽とは、白黒の模様を回転によって有彩色が知覚される独楽である。このような現象は「主観色」と呼ばれ、模様・回転速度・照明などにより変化することや個人差があることが知られている。そこで、私たちは、回転の方向・速度の違いによる主観色のパターンの変化について知ることを目的に調査を行った。独楽をPC上に再現し知覚した有彩色を記録した。その結果、知覚される主観色には偏りがあることが分かった。さらに、白と黒の点滅だけで特定の有彩色を人に見せることができる可能性があることも分かった。

1. 研究背景・目的

今回の研究題材としているベンハムの独楽^[fig.1]は1895年にイギリスのチャールズ・ベンハムが開発したおもちゃである。ある白黒の模様を回転させることによって、有彩色を知覚することができる独楽である。このように、無彩色の刺激によって知覚される有彩色は「主観色」と呼ばれている^[1]。主観色が知覚される原因



[fig.1]ベンハムの独楽

については十分に解明されていないが、個人差があることや、模様や回転速度、回転方向、照明強度などによって変化することが知られている。また、現在の研究では知覚される主観色をコントロールすることはできていないとされている。しかし、私たちは、条件を調整することで個人差を統一できるのではないかと考えた。最終的にある特定の主観色をコントロールできる条件を見つけ、白と黒の点滅のみで有彩色の情報を知覚できるようにしたい。

2. 仮説

先行研究^{[1][2][3]}からベンハムの独楽の回転方向と、白と黒の点滅時間の違いが主観色に影響を及ぼしていると考え、ベンハムの独楽の回転方向と回転速度に注目をした。時計回りと反時計回り、数段階の速度においてデータを取ることで、個人差の傾向を掴むことができるのではないかと予想した。

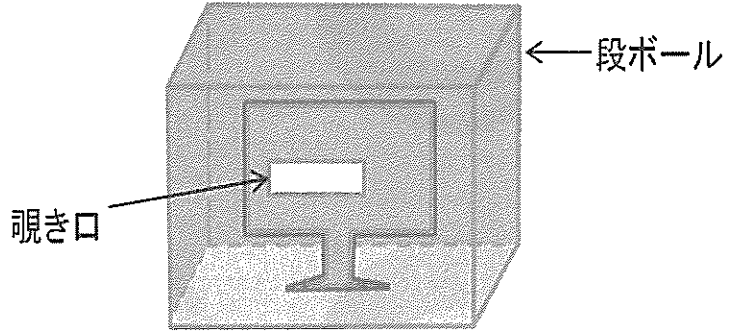
3. 実験方法

被験者は宮城県仙台第三高等学校の生徒とした。被験者本人が実験への参加とデータの使用の同意を得たうえで年齢、性別、部活動、利き目を調査し実験を行った。学籍番号、氏名等の個人

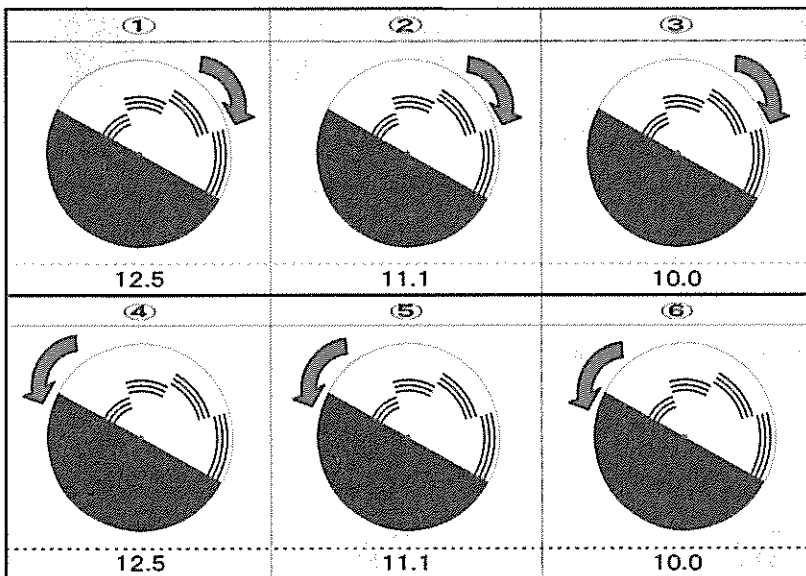
を特定できる情報はプライバシーの面から調査対象外とした。回転速度と回転方向の条件制御を加えた独楽[fig.5]を PC 上に投影させた。被験者が知覚した主観色を数字に表すため色見本(可視光線の波長(380nm~780nm)を均等に 17 等分)を作成[fig.5] (グラフ中の番号と対応)した。その際に外部からの光を完全に遮断し、PC の位置や角度、明るさを固定した状態[fig.3]で実験を行った。被験者がそれぞれの層で知覚した色の番号を 1 層目から報告[fig.2]してもらい班員が記録した。主観色を知覚できなかった場合は 0 番とした。また、回転方向は時計回りと反時計回り、速度は 3 段階(12.5, 11.1, 10.0 回/秒)とした。実験の順番は以下の表[fig.4]による。



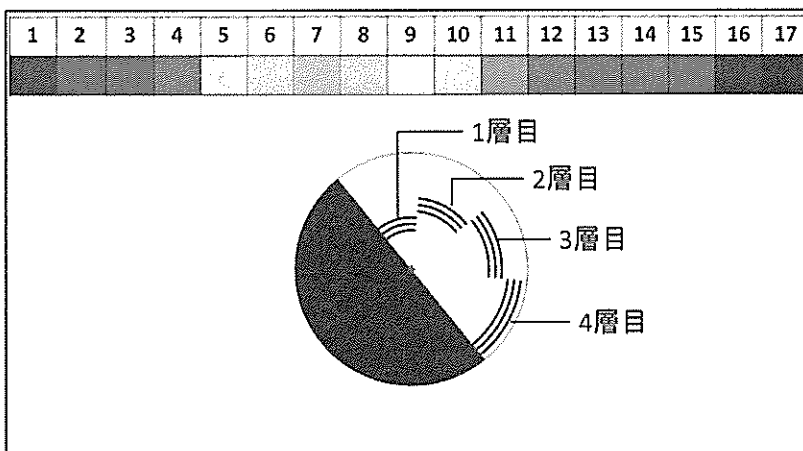
[fig.2] 実験の様子



[fig.3] 実験台の模式図



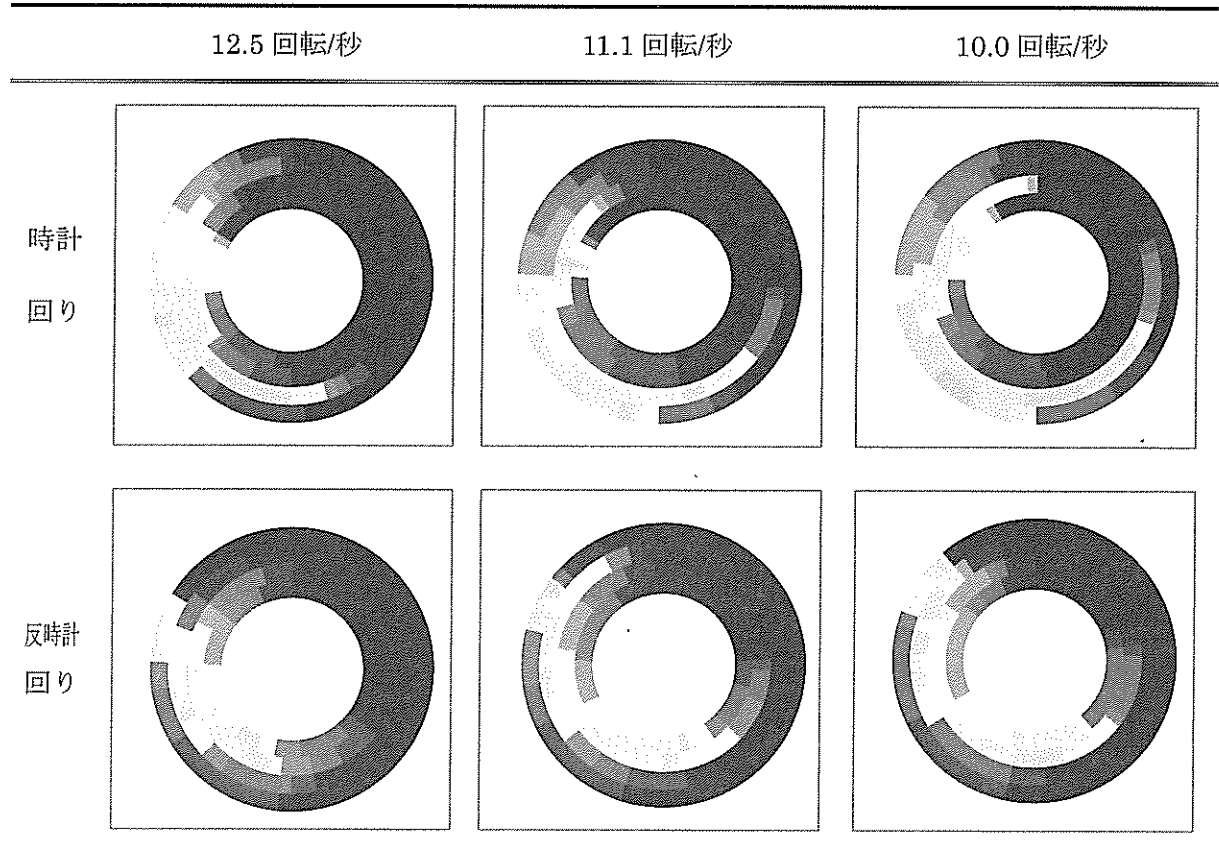
[fig.4] 実験の順番



[fig.5] 実験画面の実際(powerpoint2010 を使用)

4. 実験結果(データ数:35名分)

(i) 回転方向-回転速度における結果-ドーナツ型グラフ

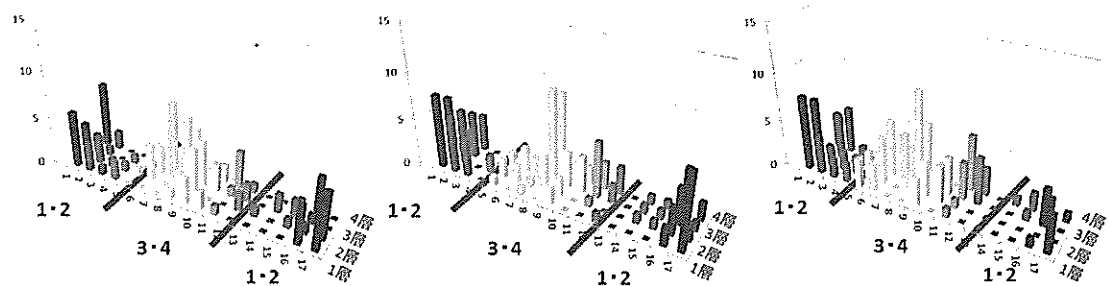


※ドーナツ型グラフは内側から1層目、2層目…を表している。

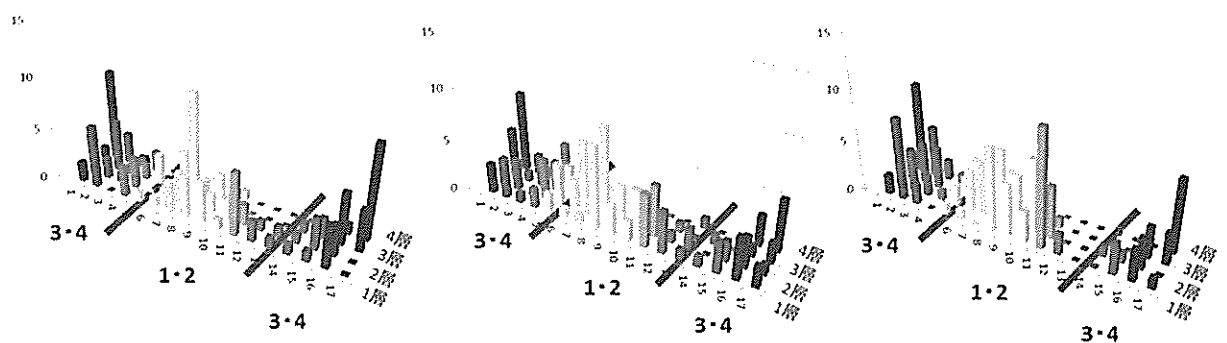
※グラフ中の色は実験で使用した色見本・番号に対応している。

(ii) 回転方向-回転速度における実験結果-3次元型棒グラフ(0番は除外してある)

《時計回り-12.5*11.1*10.0 (回転/秒)》



《反時計回り-12.5*11.1*10.0 (回転/秒)》



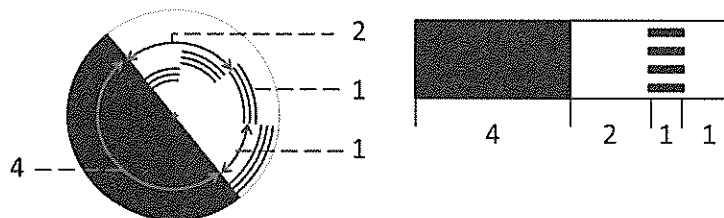
実験結果(i)より、時計回り-12.5・11.1・10.0回転/秒-3・4層目と反時計回り-12.5・11.1・10.0回転/秒-1・2層目における知覚した色の傾向が似ている。時計回り-12.5・11.1・10.0回転/秒-1・2層目と反時計回り-12.5・11.1・10.0回転/秒-3・4層目における知覚した色の傾向が似ていることが分かった。

実験結果(i)より、時計回り-12.5・11.1・10.0回転/秒-3層目において他の層・条件よりも多くの被験者が緑系色を知覚していることが分かった。

実験結果(ii)より、図中の青い区切り線で示した(グラフ中前方の数字は被験者が知覚した色の偏りがある層の番号を記載している)ように、回転方向の違いによって被験者が知覚した色に偏りがあることが分かった。

5. 考察

時計回り-3・4層目と反時計回り-1・2層目で結果の傾向が似ている、時計回り-1・2層目と反時計回り-3・4層目で結果の傾向が似ているという結果(i)(ii)から回転方向が逆転することで被験者の知覚する色が反転するのではないかと考えた。また、時計回り-3層目において多くの被験者が緑系色を知覚していることから時計回りの3層目におけるある1点を見たとき、[fig.6]のようなある一定間隔の白と黒の点滅が起こっていることから、ベンハムの独楽を使用しなくても一定間隔の白と黒の点滅だけで緑色を知覚できるのではないかと考えた。



[fig.6]実験結果からある一定間隔の白と黒の点滅で緑色を知覚できると考察した概要図

6. 今後の展望

今回、得られた実験データの母体数が少ないため統計的処理ができなかったことからさらに母体数を増やしていきたい。また、考察から黒と白の点滅である特定の色を見せることができると考えたことから実際に色覚異常者(色盲者)に同様の実験をしてもらいデータを集め検証していきたい。

7. 参考文献

- [1]中島義明, 川村智 (1996) 主観色の発生機構に関する実験心理学的諸研究の検討 大阪大学人間科学部紀要.22 P.1-P.20
- [2]新妻成哉, 鬼沢貞 (1990) ベンハムの円盤 (Benham disk) の実験に基づいた,主観色の機構に関する一般論.
- [3]大友志隆, 本郷義人, 今野杏夏, 笠原理恵子 (2014) ベンハムのコマから見る錯視の個人差

8. 謝辞

実験に協力して下さった宮城県仙台第三高等学校の生徒、統計の助言・コンピュータ室の一角を貸して下さった本校情報科の菅井道子教諭に感謝いたします。

DNA の塩基配列からヨモギタマバエの生活史を探る

千葉汀 深堀宗一郎 佐藤杏香

宮城県仙台三高等学校

ヨモギに虫えいを形成する日本のヨモギタマバエの *Rhopalomyia* 属は現在 14 種類が知られているが、生活史に不明な部分がある。特にヨモギシロケフシタマバエの生活史については約半年の空白がある。この空白を虫えい形成の多型現象によるものであると仮説を立てた。虫えいの外見と形成部位に着目し、ヨモギの葉に虫えいを形成するヨモギシロケフシタマバエ 2 個体、ヨモギヒメエボシタマバエ 3 個体と、ヨモギハシロケタマフシに類似したヨモギクキオオシロケフシを茎に形成するヨモギタマバエ 2 個体と同じく茎に形成するヨモギクキコブタマバエ 1 個体の計 4 種 8 個体のヨモギタマバエを採取し、虫えいと虫えい形成者の形態観察と独自に設計した *col1* 遺伝子のプライマーを用いた分子系統解析を行った。結果、ヨモギシロケフシタマバエはヨモギエボシタマバエやヨモギヒメエボシタマバエとは異種、ヨモギクキオオシロケフシの形成者とは同種であると判明し仮説は否定された。多型現象を確認できなかったため、生活史の空白は寄主転換が原因とも考えられる。今後ヨモギ以外の植物のタマバエの調査とヨモギタマバエの感染実験を行いたい。

背景と目的

ヨモギに虫こぶを形成する *Rhopalomyia* (ロパロミア) 属のタマバエは 14 種類である¹⁾。ヨモギタマバエは、ハエやカの間であり、成虫の形態はカに近い 2~3 ミリ程度の小さな昆虫である。ヨモギ *Artemisia princeps* に虫こぶをつくり、その中で幼虫から蛹までを過ごし、虫こぶから成虫が羽化する。虫こぶとは、寄生生物によって、植物の細胞が異常に成長・分化した組織のことであり、タマバエの場合は幼虫の唾液などに含まれる化学物質に反応して植物細胞の増殖と分化が起こると考えられている^{1), 2)}。

ヨモギエボシタマバエ *Rhopalomyia yomogicola* は春から秋にかけて複数世代確認され、冬は虫こぶの中で冬を越して、春先に羽化する。一方でヨモギシロケフシタマバエ *Rhopalomyia cinerarius* は初秋になってから虫こぶが見られ、虫こぶの中で越冬し、春先に羽化するが、その後の行先は明らかにされていない。エボシフシとケタマフシには、虫こぶが葉にできる、虫こぶの大きさが同程度である、虫こぶの中の幼虫室が 1 つであるなど、いくつかの共通点がある。夏から秋にかけては寄主植物のヨモギが栄養成長から生殖成長へ切り替わる時期であり、タマバエ幼虫が分泌する化学物質への植物細胞の応答が変化して、異なる形態の虫こぶが形成される可能性もある。そこで私たちは、春から夏にかけてヨモギシロケフシタマバエの生活史に空白期間があることに着目し、ヨモギエボシタマバエが秋にヨモギの葉にケタマフシをつくる場合があるのではないかと考えた。

本研究では、分子系統解析の手法を用いて、ヨモギシロケフシタマバエにおける生活史を調べることを目的とした。

研究方法

1 材料

仙台市宮城野区の鶴ヶ谷、岩切および田子、大郷町、美里町でヨモギの虫えいを採取した(図

1~6)。

2 方法

(1) 分子系統解析

独自にプライマーを設計、PCR法を用いて系統解析を行った。

① プライマー設計

MEGA6を使用し、既知の *R.pomum* と *M.destructor* の COX1 の塩基配列をもとにプライマーを設計した。

フォワードプライマーとして CO1_f_155 : TTTATAACGTTATTGTTACTGCTCATGC を、リバープライマーとして CO1_r_924 : GATACTCGAGCATATTTTCATCAGCAACA を用いた。

② DNA抽出

虫えいから幼虫、あるいは蛹を取り出し、50mmol/LのNaOHを加えてマッシャーですり潰し、94°Cで10分間加熱処理した。緩衝液として3倍量のTris緩衝液0.1mol/L(7.0pH)を加え、遠心分離を行った上澄みをDNA抽出液とした。

③ PCR

プライマーとして「COX1_F_155」及び、「COX1_R_924」を用いた。また、DNAポリメラーゼとしてTAKARA社の「ExTaq」を使用した。PCRは94°Cで60秒の後、94°C15秒、56°C15秒、72°C30秒を30サイクル繰り返し、最後に72°Cを60秒行った。

④ シーケンス解析

ファスマック社のPremix8連シーケンス解析からPCR増幅産物の塩基配列を決定した。

⑤ 分子系統樹

我那覇ら²⁾による分子系統樹にならない、ミトコンドリアDNAのCO1遺伝子の部分配列439塩基についてについて、近隣結合法により分子系統樹を作成した。ソフトウェアはMEGA6を用い、NCBIのBLAST検索によりヨモギタマバエ類の登録配列をダウンロードして系統樹作成に用いた。外群としてダイズサヤタマバエを用いた。

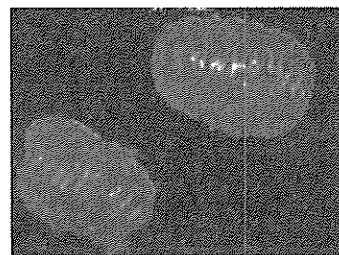
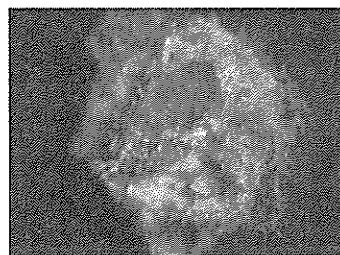


図1 str_TAG_001b 虫えい 図2 cin_MIS_001 幼虫と虫えい 図3 cin_MIS_002a 幼虫

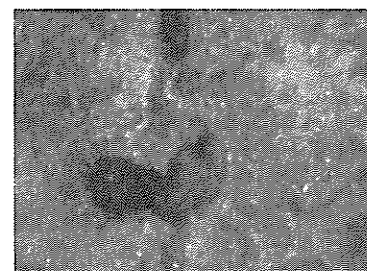


図4 sp_TAG_001a 虫えい 図5 sp_TAG_001a 虫えい 図6 sp_TAG_001a 幼虫

結果

1 PCR産物の塩基配列

ミトコンドリアDNAであるCOI遺伝子について、ヨモギシロケタマタマバエとヨモギクキオオシロケフシ形成者の600塩基の配列が明らかになった。九州大学の湯川研究室が登録した配列情報と比較するため、そのうちの439塩基について解析した。美里町で採集したヨモギシロケフシタマバエとヨモギエボシタマバエは439塩基中50塩基程度が異なっており、相同性は87%程度であった(図7)。

```
miDNA COI 439bp
cin MIS 001      ACGAATAAATAATTTAAGATTTTGATTACTACCTCCCTCTCTATTATTATTATTAAATTAGAAGAATTATTGAAATAGGCAC [81]
yom IWA 001     .....A.....T.....T.....T.....T.....T.....A.....T.....G.....AG.....A.....A..... [81]
R. yomogicola M255 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....AG.....T..... [81]
R. yomogicola N60 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....A.....A..... [81]
R. yomogicola N215 .....G.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....AG.....A..... [81]

cin MIS 001      CGGAACCGGATGAACTATTTACCCCCCTCTATCTTCAACAATTGCACATAATAGTCCATCAGTTGATTTTTCATTTTTC [162]
yom IWA 001     .....A.....T.....T.....A.....T.....T.....T.....T.....CAG.....AT..... [162]
R. yomogicola M255 .....A.....A.....G.....T.....T.....A.....T.....C.....T.....T.....T.....CAG.....AT..... [162]
R. yomogicola N60 .....T.....A.....T.....T.....A.....C.....A.....T.....T.....T.....CAG.....AT..... [162]
R. yomogicola N215 .....T.....A.....G.....C.....T.....T.....T.....A.....T.....T.....T.....CAG.....AT..... [162]

cin MIS 001      ATTACACATTGCGGGATTTTCATCAATTTTAGGTGCTATTAAYTTCATTTCAACAATATTTAAATATAAAAAATTAATTTTAT [243]
yom IWA 001     .....G.....T.....T.....A.....T.....A.....A.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [243]
R. yomogicola M255 .....T.....T.....T.....A.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [243]
R. yomogicola N60 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [243]
R. yomogicola N215 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [243]

cin MIS 001      TAAACTAAATCAAATATCACTTTTTAATTGATCAGTCTTAATACAGGAATTTTACTTCTTTTATCATTACCAAGTATTAGC [324]
yom IWA 001     .....T.....TG.....T.....T.....CA.....T.....T.....AT.....T.....T.....T.....T..... [324]
R. yomogicola M255 .....T.....TG.....T.....T.....CA.....T.....T.....AT.....T.....T.....T.....T..... [324]
R. yomogicola N60 .....T.....TG.....T.....T.....CA.....T.....T.....TT.....T.....G.....C.....T.....T..... [324]
R. yomogicola N215 .....T.....TG.....T.....T.....TCA.....T.....T.....TT.....T.....G.....C.....T.....T..... [324]

cin MIS 001      TGGAGCTATTACTATACTATTAAACAGATCGGAATATTAATACTTCAATTTTTCGACCCAATAGGAGGAGGAGATCCAATTTT [405]
yom IWA 001     .....A.....T.....T.....T.....A.....T.....A.....T.....T.....T.....T.....T.....TG.....A..... [405]
R. yomogicola M255 .....A.....T.....A.....GT.....T.....T.....A.....T.....A.....C.....T.....T.....T.....C.....TG.....A..... [405]
R. yomogicola N60 .....A.....T.....A.....GT.....T.....T.....A.....T.....A.....T.....T.....T.....T.....T.....TG.....A..... [405]
R. yomogicola N215 .....A.....T.....A.....T.....T.....T.....A.....T.....A.....T.....T.....T.....T.....T.....TG.....A..... [405]

cin MIS 001      ATATCAACATTTATTTTGGATTTTTGGGCATCCA [439]
yom IWA 001     .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [439]
R. yomogicola M255 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [439]
R. yomogicola N60 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [439]
R. yomogicola N215 .....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T.....T..... [439]
```

図7 PCR産物の塩基配列

2 分子系統解析

塩基配列を明らかにした個体のシーケンスの結果を基に近隣結合法を用いて系統樹を作成した(図8)。図の赤い枠で囲っている部分と sp MIS 101、sp MIS 102、*R. struma* TAGO 001a が新たに解析した個体である。

考察

1 ヨモギシロケフシタマバエとヨモギエボシタマバエの塩基配列の比較

ミトコンドリアDNAであるCOI遺伝子について、ヨモギシロケタマタマバエとヨモギクキオオシロケフシ形成者の600塩基の配列が明らかになった。九州大学の湯川研究室が登録した配列情報と比較するため、そのうちの439塩基について解析した。美里町で採集したヨモギシロケフシタマバエとヨモギエボシタマバエは439塩基中50塩基程度が異なっており、相同性は87%程度であった。ヨモギエボシタマバエの種内変異は最大で16塩基であり、ヨモギエボシタマバエが秋にシロケタマフシを形成する可能性があるという可能性は否定された。

2 ヨモギシロケフシタマバエと他のヨモギタマバエの塩基配列の比較

シロケフシタマバエは、ヒメエボシタマバエやクキコブタマバエとは系統が離れた位置にあった一方、ヨモギシロケタマタマバエとヨモギクキオオシロケフシ形成者の塩基配列の違いは1塩基だけであり、ヨモギシロケフシタマバエとヨモギクキオオシロケフシ形成者が同種である可能性が考えられる。

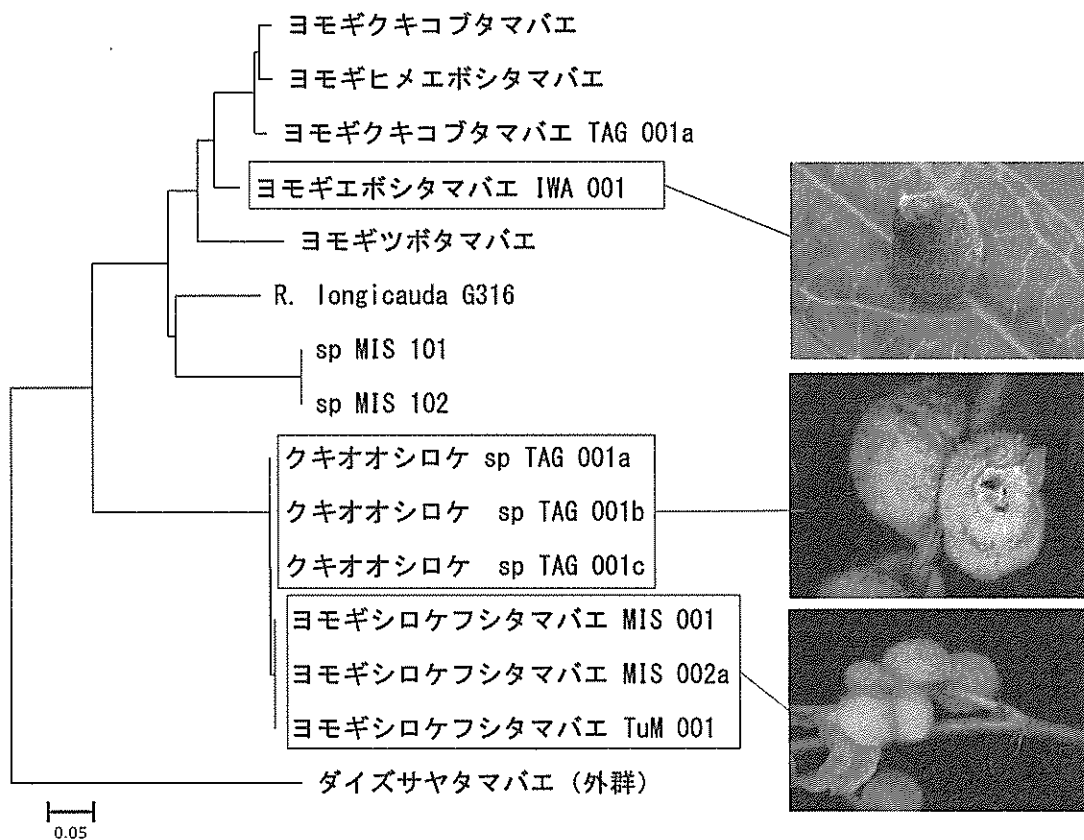


図8 ヨモギタマバエに関する分子系統樹

塩基配列を明らかにした個体のシーケンスの結果を基に近隣結合法を用いて系統樹を作成した。赤い枠で囲っている部分と sp MIS 101、sp MIS 102、*R. struma* TAGO 001a が新たに解析した個体である。

3 今後の展望

ヨモギシロケフシタマバエは他のヨモギタマバエとの形態的特徴と塩基配列の違いが顕著であったため、ヨモギシロケフシタマバエの生活史についての新しい仮説「春から夏はヨモギ以外に寄生する」を検証したい。また、ヨモギクキオオシロケフシ形成者について、ヨモギシロケフシタマバエと塩基配列がほぼ一致したため、新しい仮説「ヨモギクキオオシロケフシはシロケフシタマバエによって形成される」を感染実験によって検証したい。

参考文献

- 1) 虫こぶ入門 薄葉重 1995年08月25日 八坂書房
- 2) 日本虫えい図鑑 湯川純一 梶田長 1996年 全国農村教育協会
- 3) Polymorphism of axillary bud galls induced by *Rhopalomyia longitubifex* (Diptera: Cecidomyiidae) on *Artemisia princeps* and *A. montana* (Asteraceae) in Japan and Korea, with designation of new synonyms. T. GANAHA et al. Entomological Science (2007) 10, 157-169

細菌に対するヒトデ抽出物の効果の検討

徳田千紘 阿部京香 藤井里咲 細川愛佳

宮城県仙台三高等学校

本研究では、ヒトデに含まれている抗菌物質の正体を明らかにするため、細菌を用いたヒトデ抽出物の抗菌効果の実験を行った。大腸菌に対してはイトマキヒトデのほうがマヒトデよりも抗菌効果が高かった。抽出液の濃度を変えてみたところ、濃度依存性ではないことが分かった。さらに抽出液の加熱前後を比べると、加熱後に抗菌効果が高まることが分かった。

1. はじめに

現在、ヒトデは漁業の邪魔とされ、大量廃棄されている。この状況を改善するためにヒトデに含まれる抗菌物質を利用しようと考えた。先行研究では、五種類のヒトデ（イトマキヒトデ、マヒトデ、ヤツヒトデ、クモヒトデ、モミジガイ）をそれぞれ部位ごとに分類し、リゾチームによってできる阻止円の大きさを基準として大腸菌と納豆菌に対する抗菌効果の実験を行った。結果として抗菌効果が見られたものの、ヒトデの種類や部位との抗菌効果の関係性を発見することができなかった。また五種類のうち、すべての部位において抗菌効果が確認されたのはイトマキヒトデとマヒトデだけだった。そこで本研究ではこのイトマキヒトデとマヒトデを用いて部位ごとではなく、種類の違いで抗菌効果を比較しようと考えた。また、先行研究で基準としていたリゾチームは大腸菌に必ず効くとは限らないためアンピシリンを基準とした。

2. 実験方法

〈実験対象〉

イトマキヒトデ (*Patiria pectinifera*)、マヒトデ (*Asterias amurensis*)

※2015年6月下旬に青森県から入手した。

〈基準とした物質〉

アンピシリン (濃度 $5\text{mg}/\mu\text{l}$ の 1/1000 倍)

〈培地の作成〉

培地は以下の組成三角フラスコの中に入れて、15分間オートクレーブにかけ滅菌した。保存する際は、冷蔵庫に入れておいた。

水	100ml	ペプトン	1.5g
酵母	1.0g	寒天	1.5g

<大腸菌の培養>

大腸菌 (*Escherichia coli*) (NBRC3301 株) を純水に溶かし、それを培地に流し入れて約 24 時間 37℃~38℃で温め、培養したものを使用。

<ヒトデ抽出物の作成>

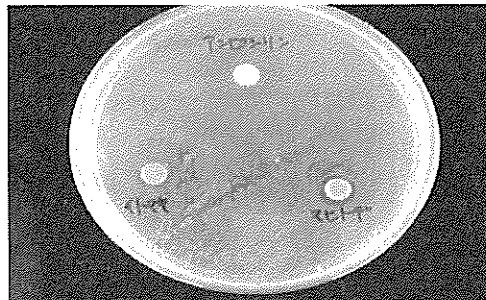
- ① イトマキヒトデ (1217.6g 分) とマヒトデ (276.2g 分) を細かく解体する。
- ② 解体したヒトデの 2 倍の重さの無水エタノールに浸す。
(イトマキヒトデ : $1217.6\text{g} \times 2 = 2435.2$ 、マヒトデ : $276.2\text{g} \times 2 = 552.4\text{g}$ 分)
- ③ 液体のみを取り出し、ドラフトで乾燥させる

2-1 大腸菌に対する抗菌効果の測定

大腸菌を培養した培地に、抽出液(イトマキヒトデ、マヒトデの二種類でそれぞれ作成)に 30 秒間浸したペーパーディスクを置き、抗菌効果を観察した。

手順は以下のとおりである。

- ① 抽出物:純水=0.3g:0.9ml の割合でイトマキヒトデ、マヒトデの抽出液を作る
- ② 培養させてあった大腸菌を純水に溶かし入れる。
- ③ ②で作った大腸菌入りの水を培地にまんべんなく広がるように流し込む。
- ④ ペーパーディスクに 30 秒間抽出液を浸し、それとアンピシリンを③に置く。
- ⑤ 24 時間培養し、抗菌効果を観察する。



2-2 濃度と抗菌効果の関係性の検証

抽出液の濃度を 1/10 倍、1/100 倍、1/1000 倍、2 倍濃にそれぞれ浸したペーパーディスクを培地に置いて抗菌効果の違いを観察した。

手順は以下の通りである。

- ① 2-1 と同様に抽出液を作る。
- ② マイクロピペットを用いて①の抽出液で 1/10 倍、1/100 倍、1/1000 倍の抽出液を作る。ただし、2 倍濃は抽出物と純水の割合を 2 倍にして作る。
- ③ 2-1 と同様に②で作った抽出液をペーパーディスクに浸し、大腸菌を流し入れた培地にアンピシリンとともに置き、培養する。



(イトマキヒトデ)

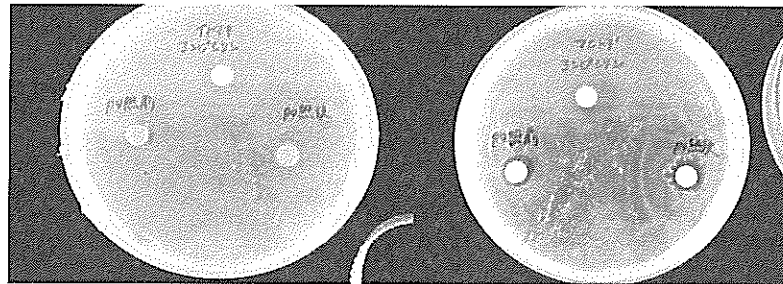
(マヒトデ)

2-3 抽出液を加熱した際の効果の差についての検証

抽出液を 100℃で 5 分間加熱し、加熱前後の抗菌効果の差を観察した。

手順は以下のとおりである。

- ① 2-1 割合で作った抽出液をマイクロチューブに入れ、それを丸型フロートトラックにはめ込む。
- ② ビーカーに水を入れ、ガスバーナーで沸騰するまで加熱し、その状態を保ったままのビーカーの中に①を入れて 5 分間加熱する。
- ③ 加熱前後の抽出液とアンピシリンを培地上に置き、培養し効果の差を検証する。

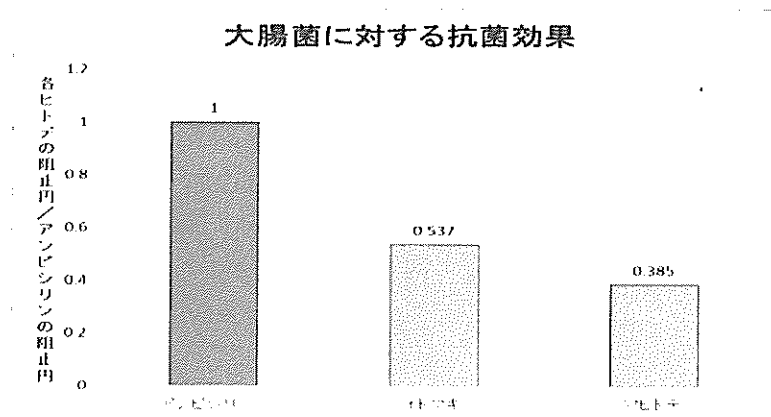


(イトマキヒトデ)

(マヒトデ)

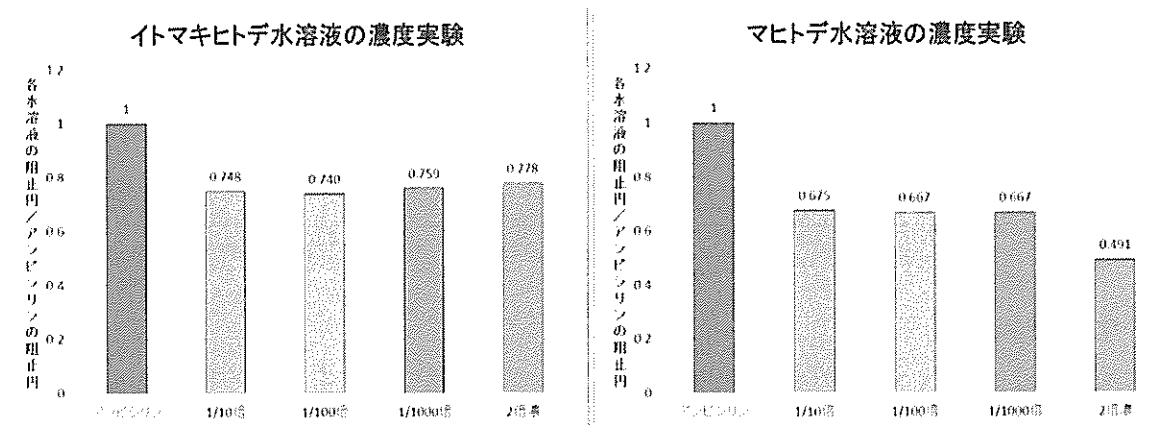
3、実験結果

2-1 イトマキヒトデとマヒトデの抗菌効果を検証した。アンピシリンの阻止円の大きさを 1 としてイトマキヒトデとマヒトデの阻止円の大きさの平均を出して比較したものを以下のグラフに示した。



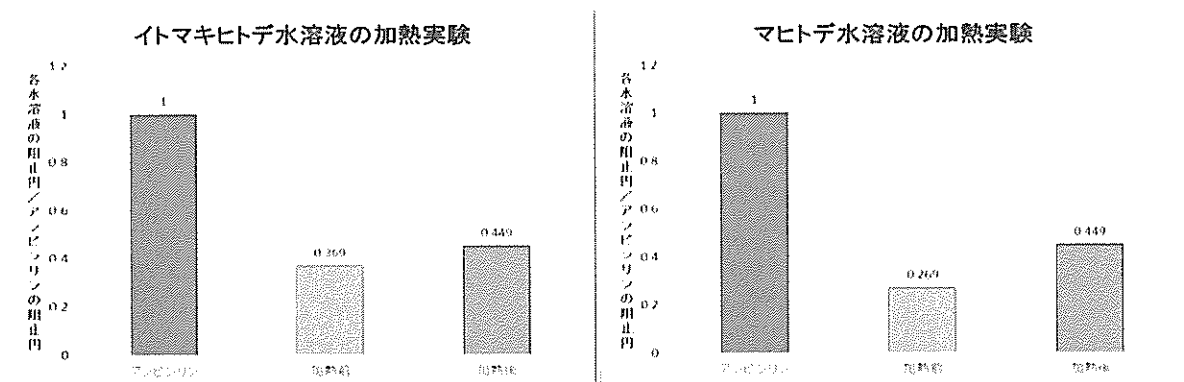
阻止円の大きさの平均がイトマキヒトデ：0.573、マヒトデ：0.385 となり、イトマキヒトデの抗菌効果が高いという結果になった。

2-2 ヒトデ抽出液の濃度変更による抗菌効果の違いを検証した。以下のグラフの表示方法は2-1と同様である。



イトマキヒトデでは阻止円の平均の大きさが1/10倍、1/100倍、1/1000倍、2倍濃の順で0.748、0.740、0.759、0.778という結果になった。また、マヒトデでは同様の順で0.675、0.667、0.667、0.491という結果になった。このことから、イトマキヒトデ、マヒトデ共に抗菌効果は濃度に依存しないと考えた。しかし、マヒトデ2倍濃水溶液の抗菌効果だけが低下する結果になったため、原因追求のため再度実験の必要性を感じた。

2-3 ヒトデ抽出液の加熱による抗菌効果の差を検証した。表示方法は上記の実験と同様である。



イトマキヒトデは阻止円の平均の大きさが加熱前、加熱後の順で0.369、0.449という結果になり、加熱前後で0.08の違いが生じた。またマヒトデの方でも同様の順で0.269、0.449という結果になり、0.18の違いが生じた。したがって、どちらの抽出液も加熱後に抗菌効果が高まるが、特にマヒトデ水溶液の効果が高くなると言える。

4、考察

2-1 ではマヒトデよりもイトマキヒトデの抗菌効果が高いことが分かった。2-2 では濃度に依存性がないという結果になったが、今回の実験で用いた濃度の範囲が狭く、抗菌効果にあまり差を生まなかった可能性もあるため、濃度の範囲をさらに広げ再度実験をする必要があると考えた。2-3 では、抗菌作用を阻害する物質の効果の弱まりや抗菌物質を構成するたんぱく質構造の変化が原因で加熱後に抗菌効果が高まったと考えたが、抗菌物質がたんぱく質以外の物質によって構成されている場合もあるため、ペプチターゼ等のたんぱく質分解酵素を抽出液に入れてこちらも再度実験を行うことが必要だと考えた。また、全体を通して正確に取れたデータが少なかったほかに抽出液を作成する際、遠心分離などの不純物を除く作業を十分に行わなかったため、抽出液に元々含まれていた不純物が実験結果に影響を及ぼしていたことも考えられる。

5、今後の展望

今後の展望として、遠心分離で不純物を取り除いた抽出液での 2-2、2-3 の再度実験、異なる種のヒトデ抽出物を混合させたときの効果の検証、そして今回抽出物の溶媒としてエタノールを用いたことから、溶媒を油脂と水の場合に分けたときの効果の差の検証を考えている。

6、参考文献

- (1) 橋本芳郎・安本健 “CONFIRMATION OF SAPONIN AS A TOXIC PRINCIPLE OF STARFISH”
- (2) 松野隆男・佐久島明世・石田隆 “マナマコのサポニンの季節的消長と生体内分布

7、謝辞

研究の方針についてアドバイスを下さった東北大学 田村宏治先生、鈴木徹先生有り難うございました。

液状化現象

齋藤 蓉理佳

宮城県仙台第三高等学校

本研究では液状化現象と粒子の関係やより効率的な液状化対策方法の発見に向けて、粒子の種類を変えた液状化の縮小実験とスポンジを使用して地上に湧き出る地下水を吸収し液状化の被害を削減するという実験を行った。液状化現象は粒子が大きさ、形ともに不ぞろいであるほうが起こりやすいということが判明し、まだ実験回数は少ないものの、スポンジ状の物体を利用した液状化対策方法はある程度の効果はあるといえるという結論に至った。

はじめに

地震によって地盤が振動すると地盤を構成する粒子同士の接着が外れ粒子が浮遊状態になる。また、液状化によって様々な被害が出る。例えば、地盤の中で粒子間を満たしていた地下水のように水分が粒子間が詰まった分行き場を失い地上に吹き出たり、粒子が沈むことで地盤沈下が起こり建物が沈んだり浮き上がって傾いたりする。これらの被害を削減するために近年では様々な工夫がなされている。液状化現象について研究している機関はたくさんある。「地震火山こどもサマースクール」(1)によると粒子振動が収まると浮遊していた粒子が隙間を開けずに沈下する。これが液状化という現象である。が小さいほど液状化現象は起こりやすいという結果が出ているが、「あすなる学習室、液状化現象を知る」(2)によれば粒子が大きいほうが液状化しやすいというのである。そこで、液状化現象の程度と粒子の大きさの関係について調べてみることにした。また、現在なされている液状化対策のほかに被害を削減できるより良い方法はないかについても研究を行った。

実験 1

ここでは液状化現象の程度と粒子の大きさの関係について調べた。液状化現象は粒子間が詰まることによって起こるので粒子間が最初から詰まっているものではあまり起こらず、粒子間が元々開いているものでは起こりやすいと考えられる。なので、大きさと形状がそれぞれ異なる粒

子 4 種類を用いて実験を行った。

- ① 容器に粒子を注ぎ込み、振動などを与えないようにしながら水を加える。水は粒子の表面に染み出ない程度にとどめる。
- ② 粒子の入った容器をトレーの上に置き、トレーを 1 cm 持ち上げ自由落下させるという方法で振動を与え、液状化の程度を測定する。

この実験を大きさ、形状の異なる粒子 4 種類でそれぞれ行う。

*振動の与え方について、事前に行った実験により横揺れでは粒子はかきまぜられただけで液状化は起こらなかったため縦揺れで実験を行った。

*振動を与える前の粒子表面の高さから振動を与えた後どの程度粒子面が沈んだかで液状化の程度を測定する。

実験 2

現在液状化の対策として最も効果的であると考えられているのは SCP(3) というもので、粒子の透水性の違いを利用したものである。この方法で液状化現象がどの程度軽減されているかについて検証し、その結果をもとに新しいより効率的な対策方法がないか模索していきたいと思いこの実験を行った。

- ① ろ紙を円柱状の筒の形にし、その中に大きさの小さい粒子を入れる。
- ② 容器の中に①の筒を立て、その周りを大きさの大きい粒子で埋める。
- ③ 実験 1 と同様に振動を与え、結果を測定する。

この実験を立てる筒の本数を 1・4・8 本の 3 種類でそれぞれ行う。

*筒は半径 10 mm のものと半径 5 mm のものをそれぞれ「大」、「小」として一本の体積の違いによる変化も調べた。

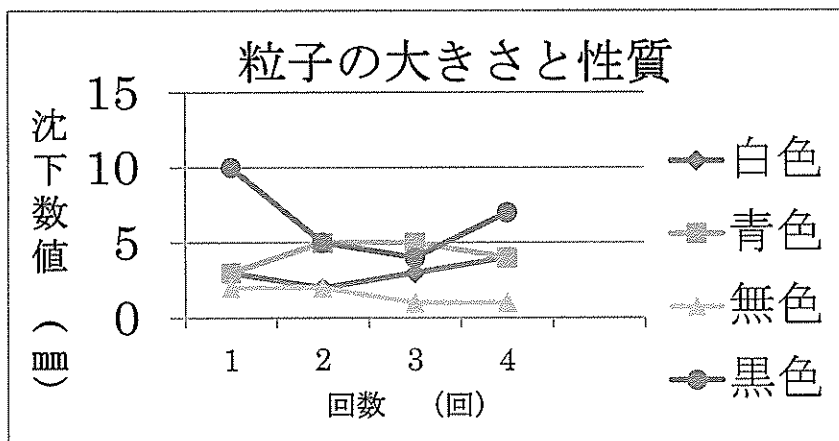
実験 3

液状化現象は地盤の深い部分では粒子が詰まるが浅い部分では粒子はかきまぜられるだけで詰まらないということが分かっているので、深い部分と浅い部分との間に水分を吸収し大きさの変化しないような物体を挟むと液状化を軽減できるのではないかと考えた。そこでこの物体としてスポンジを用いて実験を行った。

- ① 実際の地盤での液状化現象で吹き上げてくる水分は地下水であると考えられるので、容器の半分程度まで粒子を入れ、水を含ませる。
- ② ①の上にスポンジを乗せ、その上から①と同じ量の粒子を入れる。
- ③ 実験 1 と同様に振動を与える。

結果と考察

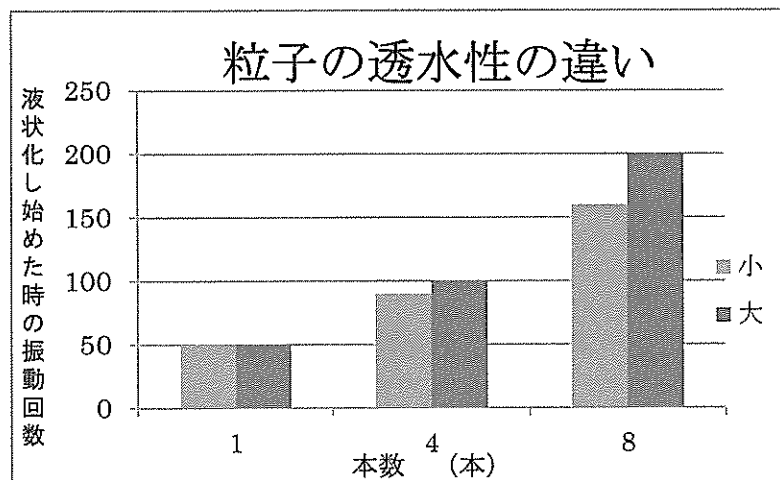
実験 1



粒子の大きさは大きいほど、形状は不ぞろいであるほど液状化しやすいことがわかる。粒子の大きさの矛盾については、粒子が小さいほうが粒子ごとの空間を埋めやすいのでゆる詰め状態であれば液状化しやすいといえるが、最初から粒子が詰まっていれば起こりにくいといえる。

大きさ	0.1	0.5	1.0	3.0J
色	白色	青色	無色	黒色
形状	粉状	多角形	球	ほぼ球状

実験 2



大のほうが液状化し始めるまでの回数が多かった。液状化し始めた時に土の表面がゆるい状態だったため粒子間は詰まっていなかったといえる。また、体積も関係するが等間隔で本数が多いほうが液状化しにくいといえる。

実験 3

	1回目	2回目	3回目	4回目
上の土	1	0	0	0
スポンジ	0	0	1	0
下の土	4	2	2	2

下の土は液状化し沈んでいるが上の土にはほぼ影響していないといえる。しかし実験後に中身を取り出してみるとスポンジはあまり湿っていなかった。

結論

液状化現象と粒子の関係について、液状化現象は粒子が大きさ、形ともに不ぞろいであるほうが起こりやすいということがわかった。先行研究にあった粒子の大きさの矛盾については、粒子が小さいほうが粒子ごとの空間を埋めやすいのでゆる詰め状態であれば液状化しやすいといえるが、最初から粒子が詰まっていれば起こりにくいと言える。また、実験2より透水性の大きい粒子の部分の範囲がより広く、等間隔でたくさんあるほうが液状化をより抑制するといえる。実験3よりまだ実験回数は少ないものの、スポンジ状の物体を利用した液状化対策方法はある程度の効果はあるといえるという結論に至った。

参考文献

- (1)地震火山こどもサマースクール <http://www.kodomoss.jp/exp04.html>
- (2)13「液状化現象を知る」あすなろ学習室 gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/062117.pdf
- (3)液状化対策方法 nifty homepage2.nifty.com/yoshimi-y/taisaku1.htm
SCP サンドコンパクションパイル…鋼製のロッド(rod=棒)をバイブロハンマーで振動させながら地中に押し込んで地盤を締め固める工法である。
- (4)液状化モデル実験 gakuen.gifu-net.ed.jp/kakami/eki
- (5)地震考古学—遺跡が語る地震の歴史 寒川 旭 (著)
- (6)地震と火山(新版地学教育講座) 安藤 雅孝(著), 早川 由紀夫(著), 藤田 至則(著)
- (7)地震列島日本の謎を探る 単行本 日本地質学会(著)
- (8)地下水は語る—見えない資源の危機(岩波新書) 守田 優(著)

音発電の実用化を目指して

宮城県仙台三高等学校

庄子水渡 菅澤遼 林佳亮 櫻井麻凜 鈴木智寛 長野峻也

概要

私達は、音発電における振動膜の材質による発電量の差異について研究を進めた。材質の比較にはラップ、薄紙、布、ゴム膜を用いた。現段階でデータを計測したのがラップのみであるため、発電量の差異について言及する事は出来ず、今後未計測のものについて実験をする計画である。

序論

現代において人々は大量の電気を消費して生活している。その必要な電気を得るためには発電が必要不可欠であるが、発電所の設営や運営をする上で自然環境に悪影響を与えていたり、資源の枯渇が危惧されていたりする例は決して少なくない。それらの諸問題を解決するために注目されているのが、太陽光や風力等のクリーンエネルギーだ。その中でも音を用いた発電、すなわち音発電は大規模な発電所を設置する必要が無く、資源となる音も枯渇する事は無い。しかし、音発電は他の主要な発電方法と比べ、そのエネルギー変換効率が極めて低いゆえ実用化には至っていないのが現状である。

音発電は大きく分けて二つの方法がある。音でコイルを揺らし電磁誘導を引き起こす方法（図1）と、圧力と電気を相互に変換する圧電素子に音を当てて音圧を電気に変換させる方法だ。私達はこの二つの方法の中で、より安価に研究を行う事が出来る前者の方法について確かな技術を確立する事により、現代の発電における諸問題の解決を実現する事が出来るのではないかと考え、研究の対象を音発電とする事を決定した。

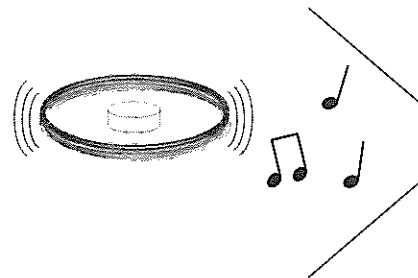


図1 音を用いた電磁誘導

なお、音発電のための機材は市販されていないため、本研究では自作の機材を用いた。その制作過程において、音を当てる膜（以下 振動膜）の材質が、コイ

ルの揺れ方、すなわち発電量そのものに大きく影響していると考え、振動膜の材質を変える事による発電量の差異について研究を進めた。

本研究の目的は、音発電によって得られる電流を大きくする振動膜の条件を提示する事とした。

方法

(1) 実験機材を制作する。

- ① プラスチック製の円柱形の管（厚さ10mm、空洞部の半径70mm）を、長さ300mmに切断する。
- ② 振動膜（ラップ、薄紙、布、ゴム膜のいずれか）を、張り具合を均一にして、管の一端が完全に覆われるように取り付ける。なお、振動膜を取り付けた側を上部とする。
- ③ 導線（太さ0.28mm）でコイル（140巻、半径40mm）を作り、その3か所に糸（長さ3cm）を結びつける。
- ④ 振動膜の中心から2cm下にコイルの中心が来るように、セロハンテープを用いて糸を振動膜に固定する。

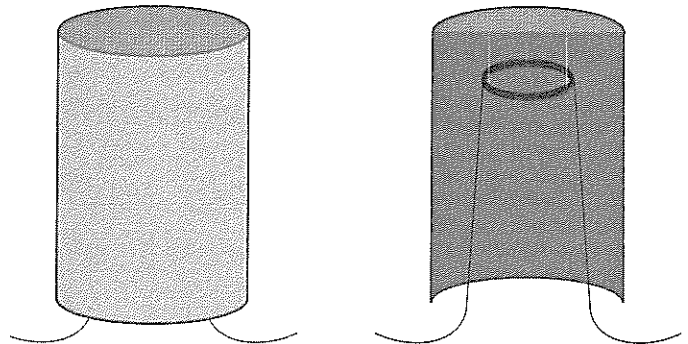


図2 振動管

以下、ここで完成した機材（図2）

を「振動管」とする。

- ⑤ ネオジム磁石（半径10mm、厚さ10mm）を6個縦に繋げて、60mmの長さにする。

以下、ここで完成したネオジム磁石を「磁石柱」とする。

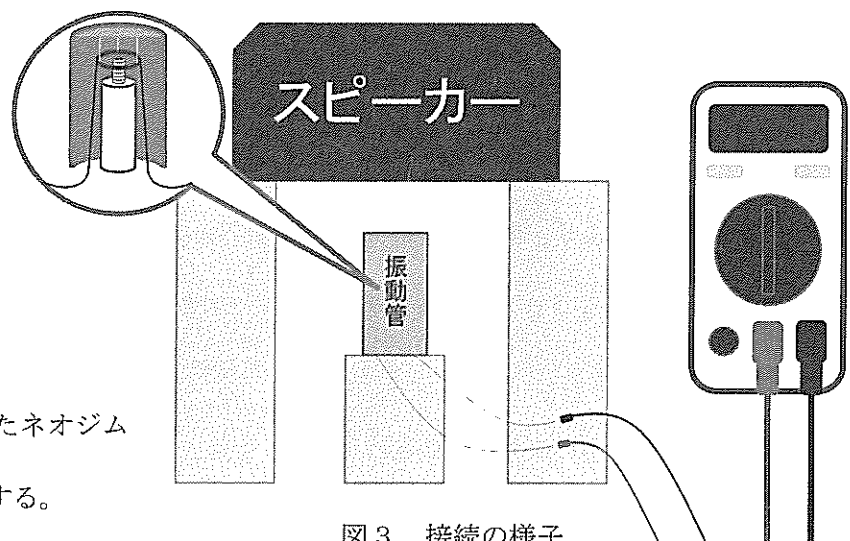


図3 接続の様子

(2) 機材を設置する。

- ① 磁石柱を、振動管内部のコイルの中心を通る様に円柱を用いて固定し、コイルと検流計を接続する。
- ② YAMAHA社製電子ピアノ「ハーモニーディレクター」(以下 電子ピアノ) とスピーカーを接続し、台2個を用いてスピーカーの音が出る面を下向きに固定する(図3)。
- ③ スピーカーの下部に振動管を固定する。
- ④ 電子ピアノの設定を、音域を「低音1」、音色を「フルート」、Hzを「435.0」にして、電子ピアノ、スピーカーともに音量を最大にする。

(3) 計測する。

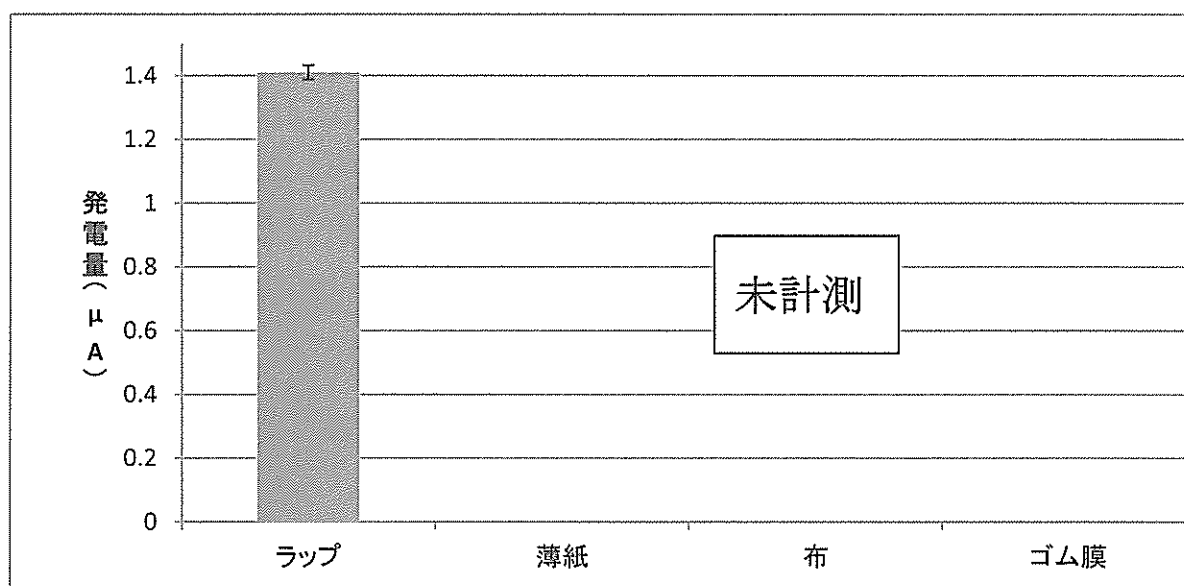
- ① 2番目に低い「ド」の音(64.7Hz)を振動管に10秒間当てて、その時の平均発電量を計測する。

なお、計測は音が反響しない防音室で行った。

- ② (3) - ①を5回繰り返し、その平均値、最大値、最小値を記録する。
- ③ 振動管の振動膜を未計測のものに付け替えて、(3) - ①、(3) - ②を同様に行う。

結果・考察

振動膜の材質による発電量



発電量について、ラップの発電量の平均値は1.41 μA、最大値は1.5 μA、最小値は1.3

μ Aであった。

データの計測を終えたのがラップのみであるため、振動膜の材質による発電量の差異について言及する事は出来ない。

まとめ・結論

現段階ではデータが不足しているため考察ができず、早急に実験を行う計画である。

音発電は実用化に成功すれば、学校の教室や駅の構内等、場所を選ばず容易な発電が可能になる。そのためには、今回の実験が完了した段階で、実用化を視野に入れた生活音による発電の実験を試みていく事が求められる。

参考文献

- ・ 楽器の科学 日経サイエンス社
- ・ 猿にも分かるやさしい電気の一般知識
- ・ 電子回路入門講座
- ・ Newton なるほどよくわかる波のサイエンス
- ・ 音のなんでも小辞典

溝と摩擦力の関係

菊谷博志 小山毅士 木村悠真 黒川直樹 田畑賢治 長岡伯和

宮城県仙台三高等学校

概要

今日、雨などでぬれた地面で転倒する高齢者が増えている。この研究は靴底の形を変化させ水の上でも滑らない靴底の作成を目的としている。わたしたちは、最初はゴムとアクリル板を用いて、靴底に見立てた6種類の仮想靴底を作った。そして、そしてその仮想靴底に60グラムのおもりをのせ、ばねばかりで、濡れた面の上を滑らせたときの静止摩擦力をはかった。そして、溝と摩擦力の関係を見た。その実験では、仮想靴底にのせるおもりが軽すぎて有意義な差が見られなかったので、実験2では、おもりのおもさを5キログラムにアクリル板をステンレス板に変えて、仮想靴底の種類をさらに8種類にして、最大摩擦力和動摩擦力を計測する実験を行った。その結果、溝の向きと静止摩擦力に関係があることがわかった。

はじめに

靴底の溝には様々なものがある。溝の向きが縦だったり、横だったり、また、丸だったり、ギザギザだったりする。私たちは、そんな靴底に興味を持った。また、そして、靴底に溝をつける目的の中で、滑りにくくすることに焦点を当てた。また今日、雨などでぬれた地面で転倒する高齢者が増えている。その問題を少しでも改善するために、水でぬれた床の上で最も摩擦力の高い靴底の溝の形状を調べることにした。

研究の方法

実験

縦100mm・横50mmのアクリル樹脂板に厚さ5mmのゴムを切って貼り付けた。そして、溝の幅と向きを変えてさらに以下の9種類の仮想靴底を作った。

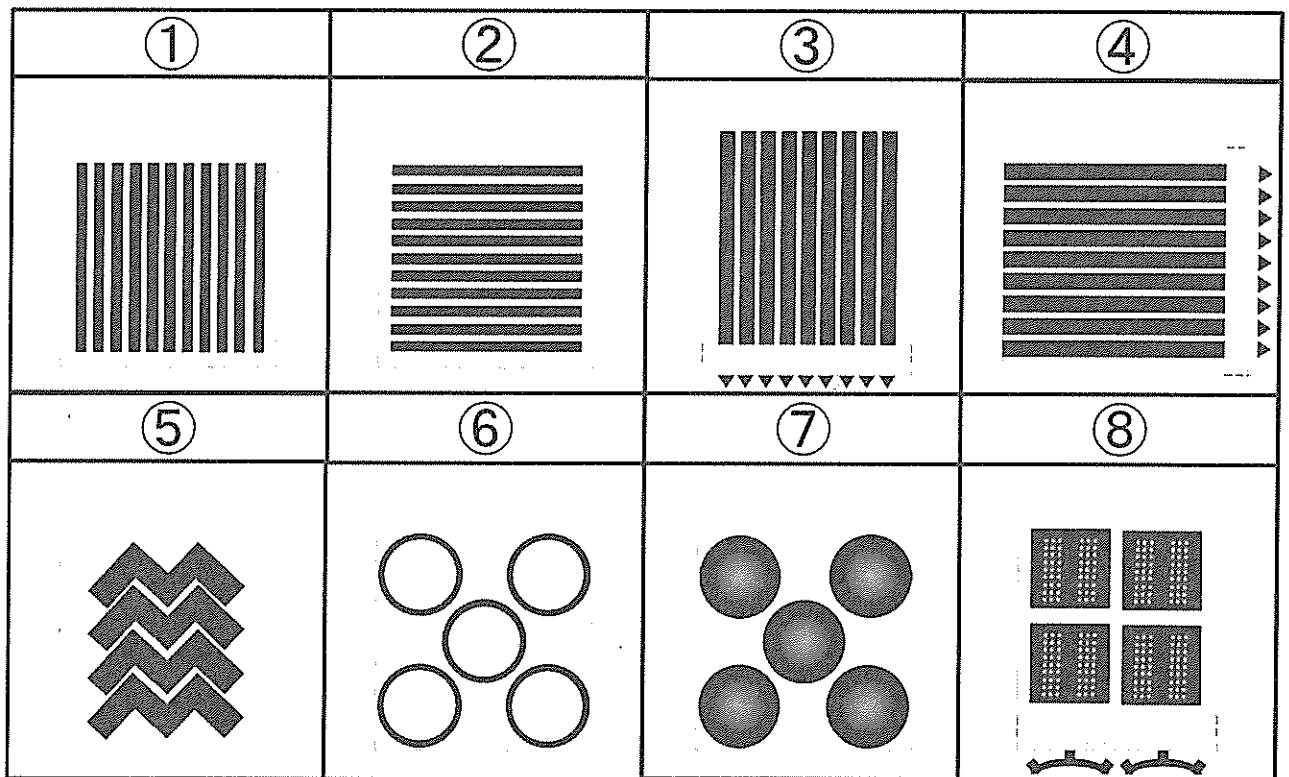


図1 仮想靴底の形状

製作の意図

- ①、②：溝の向きでどのように最大摩擦力が変化するかをみるため。
- ③、④；床に接している面積が小さくなるとどのように最大摩擦力が変化するかをみるため。
- ⑤：販売されている靴底によくみられるV字の模様を最大摩擦力をみるため。
- ⑥、⑦：直線だけでなく、円での最大摩擦力をみるため。
- ⑧；たくさん空いた小さな穴から水がはいり、より板との密着が強くなり、より摩擦力がつよくなるのではないかと、考えたから。

深さが1ミリになるように水を敷く。そして仮想靴底をステンレス板に置き、5キログラムのおもりを上へのせ、ばねばかりを使い、動摩擦力と最大摩擦力を計測する。

摩擦力の計測で、ばねばかりを引く方向は進行方向とできるだけ平行になるようにした。

そして、その摩擦力を50回ずつ記録し、グラフにまとめて傾向をみる。

質量はすべておなじにして計測した。

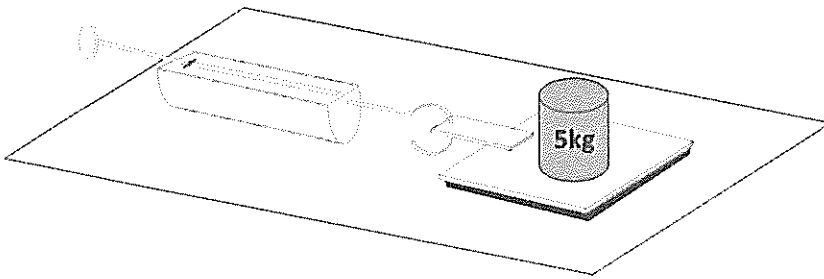
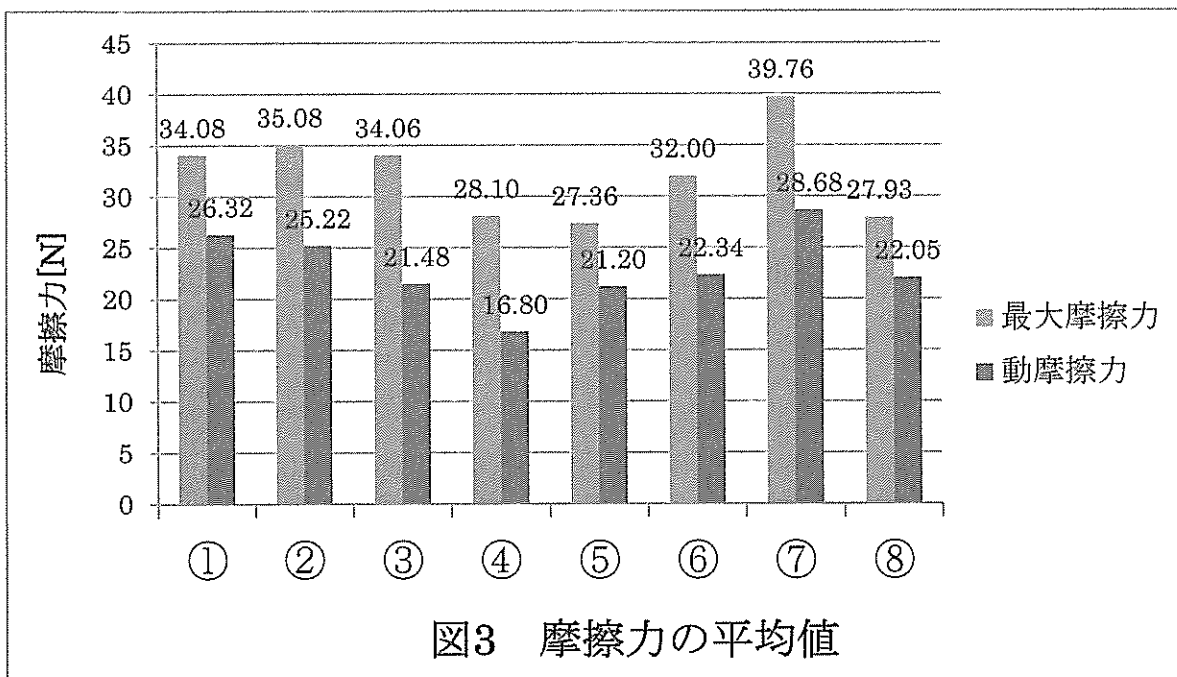


図2 実験に用いた装置

結果



考察

実験の考察

- ・①と②、③と④より、溝の向きが横の装置より、縦の装置のほうが、動摩擦 force が大きい。これは、溝の向きが縦より、横のほうが、水が外に逃げにくく水がなかに残り滑りやすくなると考えられる。

- ・①と②、③と④よりステンレス板に接する面積が大きいほうが、動摩擦 force が大きい。これは、滑り始めると、接している面積が大きいほど滑りにくくなることを示している。

- ・⑥より⑦のほうが最大摩擦 force、動摩擦 force とともに高くなった。

これは、同じ円でも⑦は吸盤のようにステンレス板にくっつき、滑りだしてもくっつきながら進んだので、高い値になったと考えられる。

しかし普段私たちが利用する靴底に使うには、一回いっかい地面にくっついてしまうので、実用的ではないと思う。

結論

今回の実験では、溝が縦のほうが、動摩擦力が大きい。

地面に接する面積が小さいと滑りだしたとき止まりにくいこと。

吸盤のように地面にくっつくものは、滑りにくくなる。などのことがわかった。

課題

課題としては、実験回数が 50 回と少なくなってしまったので、より正確なデータをとるために最低でも 100 回はとりたい。

また仮想靴底にのせるおもりが仮想靴底の大きさ上 5 キロと軽かったので、より普段使っている靴にかかる重さに近づけて実験したい。

参考文献

- ・ミドリ安全株式会社「HIGRIP」 <http://higrip.midori-fh.jp/feature/>
- ・日進ゴム株式会社「ハイパーVソール」 <http://www.nisshinrubber.co.jp/hyperV/index.html>

蛇口からできる水の定常波

足立響子 浅野舞

宮城県仙台第三高等学校

アブスト

蛇口からでている水流を遮るとできる水の定常波について調べ、この定常波は水流が板にあたる衝撃波による合成波だと考え、つるまきばねによる縦波の定常波シミュレーションを行い、同様な現象が起こることがわかり、これからの実験ではばねでより正確な水の定常波の値が求められるようすすめていきたい。

はじめに

蛇口から出ている水を板で遮ると定常波ができるという現象は図1のように現れ、先行研究・参考文献はなく 1)、原理は明らかにされていない。そこで実験1では実際に定常波を発生させ、その様子を観察、波長などを測定した。またその波のでき方を知るために、実験2ではスーパースローカメラで定常波発生の瞬間を撮影し、観察した。この定常波の大きさはとても小さく正確な値を測定するのが難しいので、つるまきばねで再現可能ではないかと考え、ばねで定常波発生のシミュレーションをした。

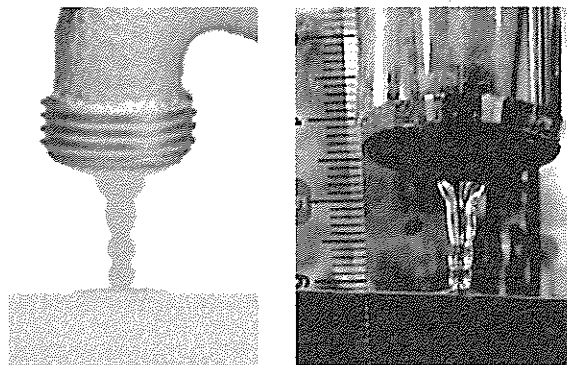


図1 模式図と実際の写真

研究の方法

(実験1) 定常波の様子を観察、波長の測定

水流を遮り、定常波を発生させ、そのようすを撮影し、画面上で蛇口 - 板間の距離と波長などの数値、関係性を調べた。

また、この研究において定常波の膨らみ1個を玉とする。

(実験2) スーパースローカメラによる定常波発生の瞬間の観察

1/1000 秒ごとに撮影するカメラで、発生の瞬間をスロー再生で観察した。

(実験 3) つるまきばねの縦波の定常波シミュレーション

発振器、スピーカー水は縦波しか伝わらないので、つるまきばねを横に置いたスピーカーにつけ、上から吊るし、長さを 30~80 cmの間でかえ、発振器を 40~50Hz に設定して、それぞれの時の値を測定した。ここではばねが疎になっている間を玉とした。また、その値を水の定常波の値で比べて、傾向が似ているものを探した。



図 2 実験 3 の器具

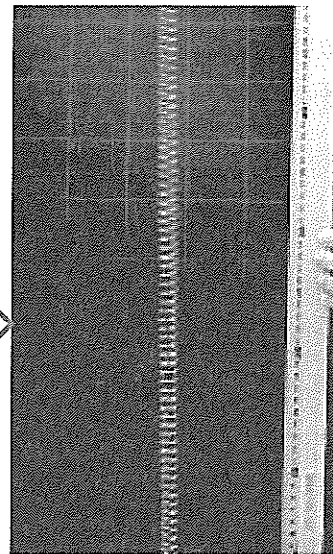
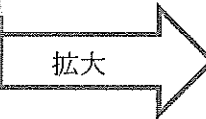


図 3 拡大図

実験の結果・考察

(実験 1)

結果

図 1 のように定常波を発生させることは成功した。また、板~蛇口にいづくにつれ玉の大きさが大きくなることや、波長を長くすると玉の数が増えることが分かったが、詳しい関係性を数式に表わすことはできなかった。

考察

玉の形が蛇口に近づくにつれ大きくなるのは、重力で蛇口近くでは波の速度が遅くなり、波長が長くなったためだと考えられる。また数式に表すことができなかったことは、値が正確に求めにくいことだと考えた。

(実験 2)

結果

スパーズローカメラで撮った映像をスロー再生すると、水流が板に当たった瞬間、蛇口へと

伝わる波が観測され、その後図 1 のような定常波ができた。

考察

このことより、この定常波は、水流が板にあたった衝撃で蛇口のほうへ伝わる波が入射波、それを蛇口で固定端反射してできる反射波といった波の合成波だと考えた。

(実験 3)

結果

弦巻バネによる定常波は、水の定常波と同じような現象があった。しかし、それらの定常波を比べてみると、板の方から順に求めていった玉の大きさの値の増減などといった傾向が一番似ていたのは、図 4 のように玉 8 個のときで、また振動数が 40Hz で板～蛇口間の距離を 60cm にしたときだった。

例：玉×8の場合

水流

節(cm)	0.3	0.5	0.7	1.0	1.4	1.7	2.0	2.8
比	1.00	1.67	2.33	3.33	4.67	5.67	6.67	9.33
増加		0.67	0.67	1.00	1.33	1.00	1.00	2.67

ばね(40Hz:60cm)

節(cm)	6.5	12.5	18.5	24.5	31.0	38.0	45.0	52.0
比	1.00	1.92	2.85	3.77	4.77	5.85	6.92	8.00
増加		0.92	0.92	0.92	1.00	1.08	1.08	1.08

図 4 実験 3 の結果

考察

水、つるまきばねの定常波もおなじ原理で出来ていると考えられるので、これからは正確な値をとれるばねで水の定常波の実験可能にするために、これからはばねでの実験を進めて、図 3 のように似ているのはあったが、より似ているのを見つけていきたい。また今回実験した 40～50Hz ではない振動数も次回はデータを取りたい。

結論・まとめ

実験 1～3 を通して、水・つるまきばねの定常波の関係性を数式化することはできなかった。これからは、水の定常波では値を正確に求めにくいので、現象が似ている弦巻バネのほうが

値は正確で求めやすいと分かり、これからは実験 3 のようにばねでの実験を中心として、これからはつるまきばねをバネ定数がちいさいバネに変えるなどといった、より水の状態に近づけ、水の定常波との関係性を数式で表し、水の定常波がどんな波で構成されているかなどの原理を解明したい。そして更に実験の精度を上げ、より正確な値を測定できるようにしたい。

謝辞

この研究を行うに当たり、御指導してくださった市川先生、またこの研究を行うきっかけとなった、1)での著者の J・ウォーカーさんまた翻訳の戸田盛和・渡辺慎介さん、ありがとうございました。

参考文献

- 1) 「ハテ・なぜだろうの物理学」J・ウォーカー著 戸田盛和・渡辺慎介 共訳

晴雨予報グラスを用いた大気圧の変化による天気の詳細

坂田空 加藤大地

宮城県仙台第三高等学校

晴雨予報グラスにより大気圧の変化を可視化し天気の詳細ができることを知り、その装置の正確性の計測と精度の向上を目指した。その結果、天気予報角度は48%と低い結果になった。その原因として、気温の変化による影響があるのではないかと考え実験を行ったところ、気温の変化による影響が大きいことが分かった。この結果をもとに、計算によって誤差の修正を行ったところ天気予報確度が62%まで向上することに成功した。

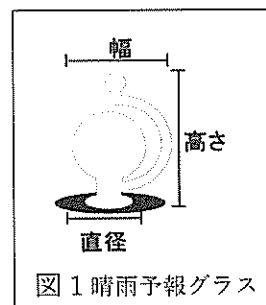


図1 晴雨予報グラス

はじめに

晴雨予報グラスでは、グラスの横についている管の水位の変化によっ

て大気圧を可視化することができる。グラス底面から管部分の水面までの高さを水位とする。先行研究では、水位・大気圧・天気の変化の関係性を調べ、天気予報角度を調べた。結果、約65%となっている。気象庁では天気予報の信頼度が3段階に分けられており、確度の高い場合で約86.0%、やや高い場合で約72.0%、低い場合で約56.0%となっている。このことより、信憑性があると結論づけられている。また、グラス内の水の熱膨張による水位への影響を調べたが、ほとんど影響がないことが分かっている。しかし、この結果は1日に1データしかとっていないため、本当にその結果が正しいのか疑問に思った。そこで今回の研究では、1日に3回（朝・昼・晩）測定を行い、さらに正確な天気予報角度を調べることにした。また、気温の変化による影響を詳しく調べることにした。

研究方法・目的

(1) 晴雨予報グラスの性質・準備

晴雨予報グラスは、「気圧が高くなると外からの圧力が強くなり、水位が下がる。気圧が低いときは中か

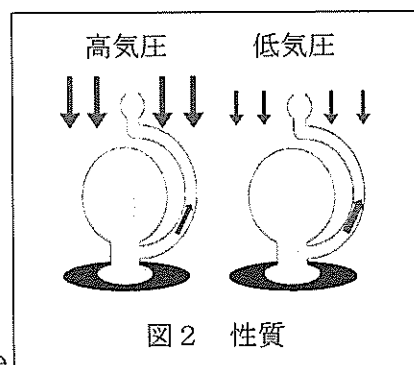


図2 性質

らの圧力が強くなり水位が上がる。」という性質を持っている。器具のサイズは幅約 10.0cm×高さ約 16.0cm (球体部分の直径 8.00 cm) のものを用いた (図 1)。

- ① シリンジを用いて球体部分に水 150ml 注ぎ、標準水位が 10.0cm となるように調節した。
- ② 次に、水面からの水の蒸発による水量の低下を防ぐため、管部分の水面に市販の油をはった。実験 2 では、球体内の水面にも油を張った。

(2) 実験 1

管部分の水位の変化と大気圧・天気の変化の関係性を調べるために行った。(1)で準備した晴雨予報グラスを用い、1日に3回(朝・昼・夕)測定を行う。使用する器具は、晴雨予報グラス2個であり、それぞれA・Bとした。測定する項目は、水位・大気圧・気温・湿度・天気・時間の6項目である。また、晴雨予報グラスの性質と気圧と天気の関係より、「水位が低くなれば次第に天気が良くなり、水位が高くなれば次第に天気が悪くなる。」と仮説を立て、(仮説通りになった回数)÷(データ数)より天気予測角度を求めた。

(3) 実験 2

気温の変化による球体内の水の蒸発・凝縮による水位への影響を調べるために行った。(1)で準備したものを2つ使い、球体内の水面に油を張ったものと張らないものを用意し対照実験を行った。張ったものをC、張らないものをDとした。

(4) 実験 3

気温の変化による球体内の空気の膨張による水位への影響を調べるために行った。気温の変化による空気の膨張を防ぐ方法が温度を一定にすることであるが、今回の実験ではそこまで行うことができなかつたため、計算によって理論値を求めた。ここでは、球体内の空気は理想気体であり窒素:酸素=8:2とした。計算方法は以下の手順で行った。

- ① 球体内の空気の体積を以下の式で求めた。

$$\text{球欠の体積公式: } V = \frac{1}{6} \pi h (3r^2 + h^2)$$

(V: 空気の体積 π : 円周率 h: 球体内の空気の高さ r: 球体の半径)

- ② ①で求めた体積を用いて、ボイル・シャルルの法則によって、各気圧における気温の変化の影響を求めた。
- ③ ②で求めた影響の値を実験1で取ったデータから差し引く。

結果・考察

(1) 実験1

測定した結果を図3に示した。測定するものは6項目あり、それぞれの項目の違いで値が異なるため、平均をとることができない。そこで、データの中から適当な1週間を抽出し、図とした。

(結果)

気圧と水位の関係性を見ると、気圧が高くなると水位が低くなり、気圧が低くなると水位が高くなっている。これは、晴雨予報グラスの性質と一致している。しかし、この性質通りにいかない結果も見られた。天気予測確度は、A 44%、B 58%、と低い結果となった。温度が高くなると水位が高くなっている傾向が見られた。

(考察)

天気予測確度が低くなった原因として、気温の変化によって起こる、空気の膨張や球体内における水の蒸発・凝縮による影響があるのではないかと考えた。この2つの影響を防ぐことで天気予測確度も上がるはずだ。

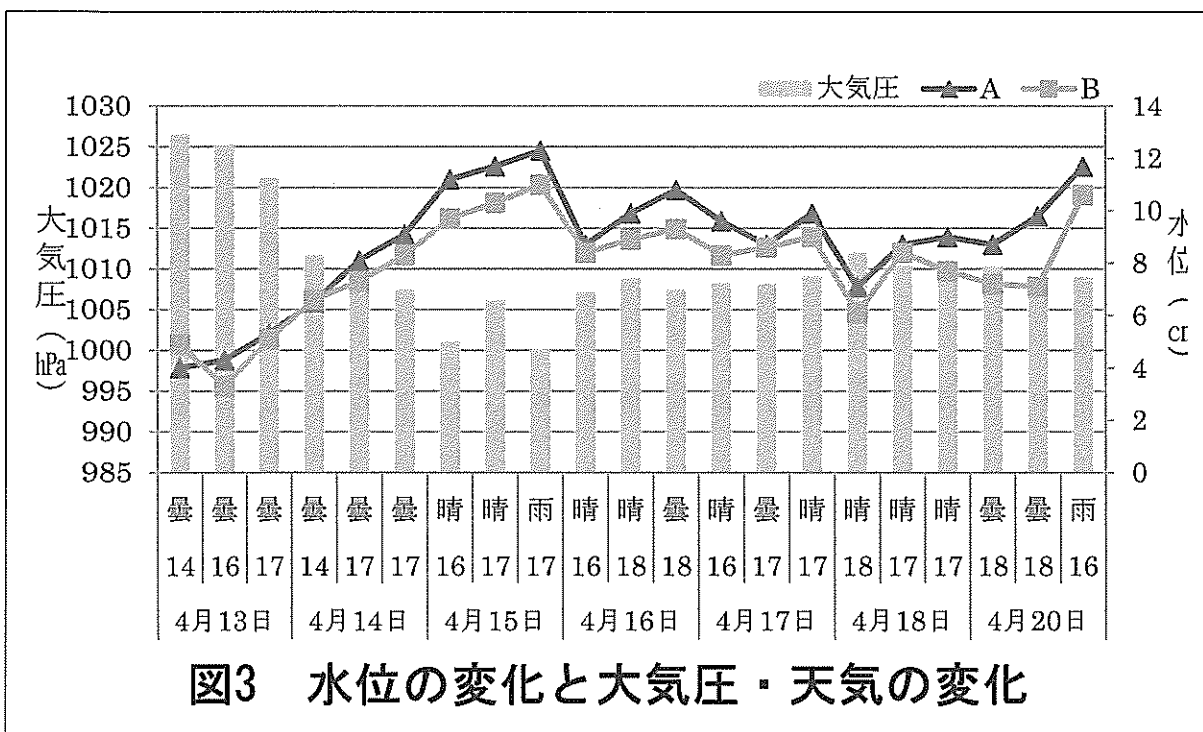
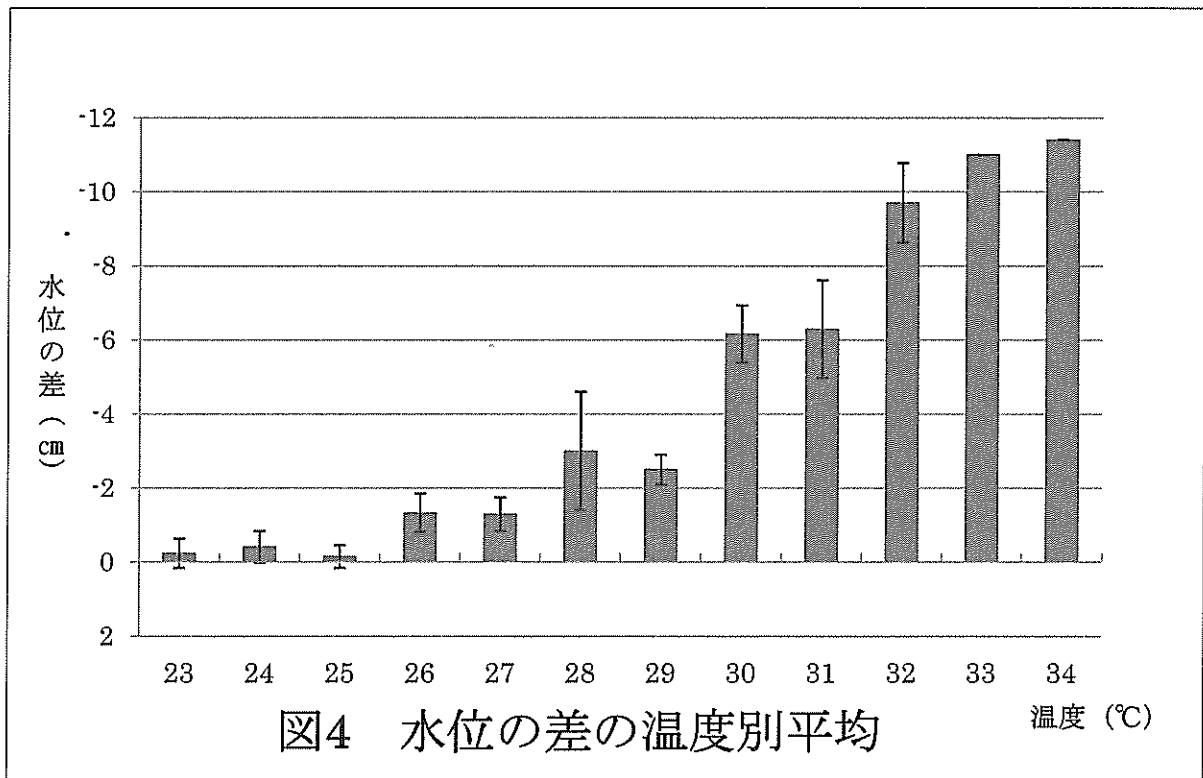


図3 水位の変化と大気圧・天気の変化

(2) 実験 2

測定した結果を図 4 に示した。水面に油を張ったもの (C) の水位から油を張っていないもの (D) の水位を引いた差を、温度別に平均をとった。

(結果)



多少誤差は見られるが、傾向として気温が高くなるほど水位の差が大きくなっていることがわかる。

(考察)

油を張ったことで、水の蒸発が抑えられ、気温の変化による晴雨予報グラス内部の圧力の変化を小さくした。しかし、この結果よりこれまでのデータに誤差が生じていることが分かった。

(3) 実験 3

今回のこの実験では、実験 1 で用いた晴雨予報グラス A についてしか結果を出すことができなかった。

(結果)

実験 1 での A の天気予測確度は、48%と低い結果であったのが、空気の膨張による影響を考慮した値で天気予測確度を求めると、61%まで上昇させることに成功した。

(考察)

このことより、AだけでなくBも高くなることが示せれば、この実験は有意であったことがわかるだろう。また、今後はこの理論値が正確なのかを調べ、「空気の影響早見表」というようなものを作成していきたい。

結論・課題

晴雨予報グラスの精度の向上を目的としてきた。その結果、水位・大気圧・天気の変化などの測定と気温の変化による影響の測定・推論により、天気予測確度を62%まで上げることができた。気象庁で区分している天気予報の信頼度、3段階のうち低い場合の約56%からやや高い約72%の間であることが分かり、このことより晴雨予報グラスを身近な天気の予測に用いることができるのではないかと考える。今後は、実験3で行うことができなかった実際に器具を使つての検証、AだけでなくBの確度も向上するかの検証とともに、実験2での水の蒸気圧による水位への影響の数値化を行っていきたい。

発展として、晴雨予報グラスの個数を増やし、測定場所を増やすことで、広い範囲の大気圧が分かる。そのことによって、どちらの方角から高気圧・低気圧が近づくのかが分かり、より正確な天気予測ができるのではないかと考える。

参考文献

・晴雨予報グラス - 野田屋電機

<http://www.nodaya-net.com/stormglass.htm>

・文豪ゲーテのバロメーター/ウエザーグラス

<http://www.e-khp.com/Goethe%20Barometer&Weather%20Glass.htm>

・化学の話シリーズ4 気体の話 編集：大木道則 著：谷崎義衛 出版：培風館

使用済みのおむつによる発電を目指して

大橋一朗 武田蒼輝 長谷川雅己 鮎原常翔 菅井怜史 野中七海斗 村上裕之 本村祐希

藤原杏華 友永達基 藤本悠大 佐々木航太

宮城県仙台第三高等学校

私たちは高吸水性ポリマーで作成した燃料電池を用いて、その発電効率向上を目指した。そして最終的には使用済みの紙おむつから燃料電池を作成し、環境問題の改善に貢献することを目的とした。研究方法は、溶液を吸水させた高吸水性ポリマーに電極を挿し1分間で5Vの充電を行い、その発電量をテスターで測定した。その結果、ポリマー燃料電池において比較的高い発電量を得ることができる最適な条件を特定した。また人尿に近い溶液を用いても発電した。このことから使用済みの紙おむつから作成した燃料電池の発電の性能向上に成功したといえる。

はじめに

現在、日常生活において携帯電話やパソコンなど多くの場面で二次電池リチウムポリマー電池は応用されている。私たちはその高吸水性ポリマーについて関心を持ち、紙おむつに含まれる高吸水性ポリマーでも燃料電池を作成できることを知った我々は実際に燃料電池を作成し、その発電効率の向上を目指した。また使用済みの紙おむつから発電できるようにすることを旨し、最終的には現在廃棄問題となっている使用済みの紙おむつから燃料電池を作成可能にして環境問題の改善に貢献することを目的とした。

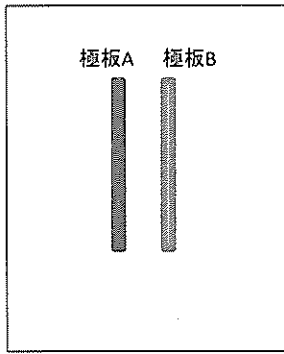
研究方法

[実験材料]

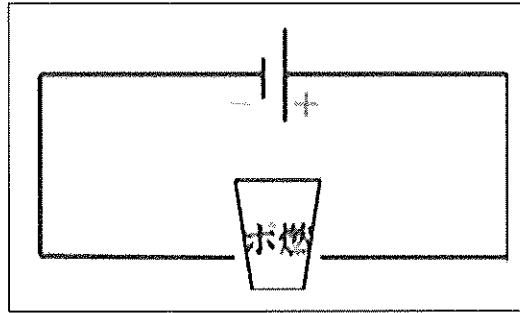
- ・高吸水性ポリマー（自重の約300倍吸収）・プラスチックコップ
- ・極板（銅板、アルミニウム板、ニッケル板、亜鉛板、炭素棒、備長炭）
- ・電源装置 ・タイマー ・テスター
- ・蒸留水、食塩、クエン酸、アンモニア、酢酸の各水溶液 0.00800 mol/l

[方法]

高吸水性ポリマーと溶液をプラスチックコップに入れ、下図のようなポリマーに溶液を吸収させたものを作成した。そして電源装置を用いて5.00Vの電圧で1分間の充電を行い最大電圧の測定を行った。



【ポリマー燃料電池】



【回路図】

<実験 1>

使用する極板の組み合わせの種類を変えて最大電圧の測定を行った。

<実験 2>

極板を C-C、Ni-C、備長炭、備長炭-Zn、備長炭-Al に固定してポリマーと蒸留水の比率を変えて最大電圧の測定を行った。

<実験 3>

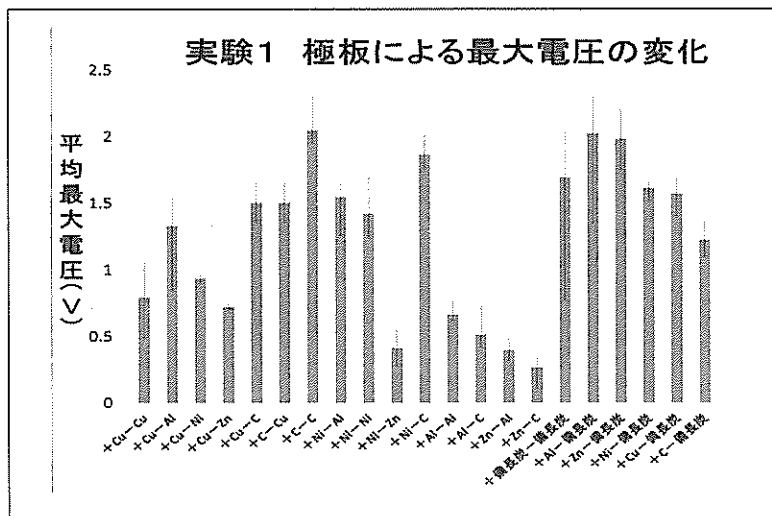
極板を C-C、Ni-C、備長炭、備長炭-Zn、備長炭-Al に、蒸留水を他の溶液に変えてポリマーとそれらの比率を 1 : 200 に固定して最大電圧の測定を行った。

<実験 4>

これまでの結果をもとに、尿素 3%水溶液を用いた時にどの位の電圧、電流、電力が発生するかを調べた。

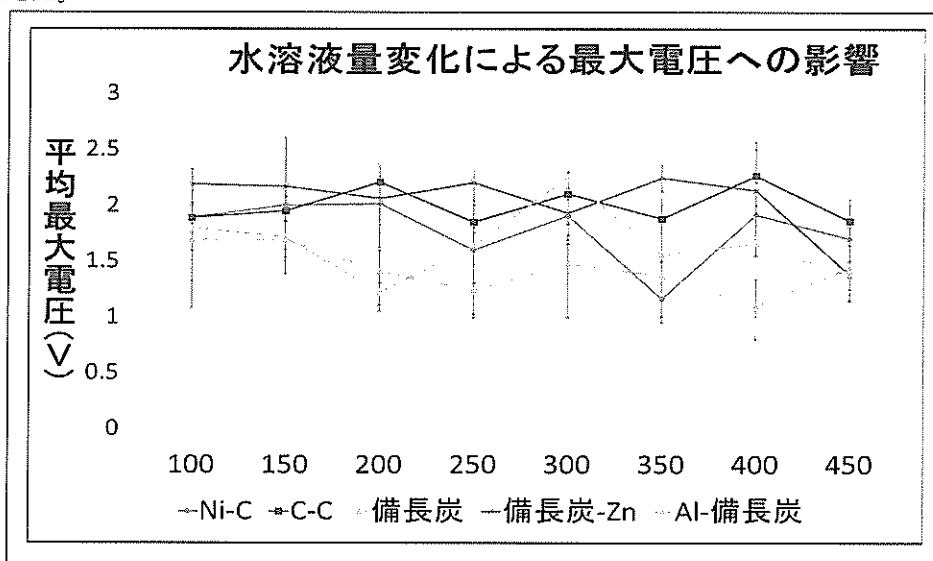
結果・考察

実験 1 では電圧の大きさはイオン化傾向と密接に関係していると仮定したが、結果は図 1 より、同じ種類の金属を用いても高い電圧を測定した。このことから電極に用いる金属類の特性によって電圧が変化するのであり、イオン化傾向は関係ないと考えた。また多孔性の備長炭が触媒活性の役割を果たし、その大きさが発電効率に影響するのではないかと考えた。



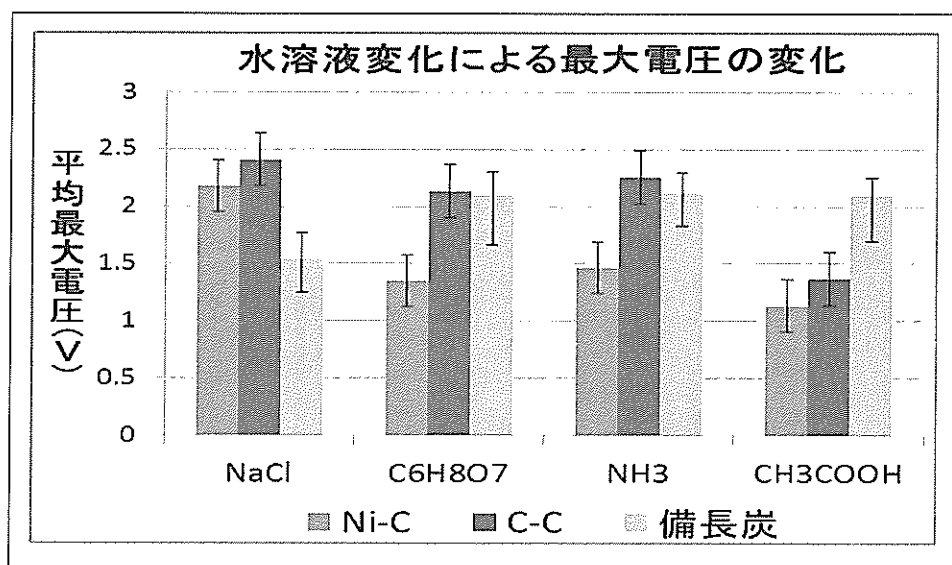
(図 1)

実験 2 では吸水量の変化はイオン濃度変化に関係していると仮定した。結果は図 2 より、電極によって電圧変化の仕方が異なった。またポリマーに含ませる量が増加しても電圧向上は見られなかった。しかし一方で量が減少するにつれて電圧向上が見られた。その中でも特に 1 : 200 の比率で行った時、最大吸水量の 1 : 300 の比率で行った時の発電量を上回り高電圧発生は安定した。このことから、極板の触媒活性による電気伝導率への影響を示唆していると考えた。



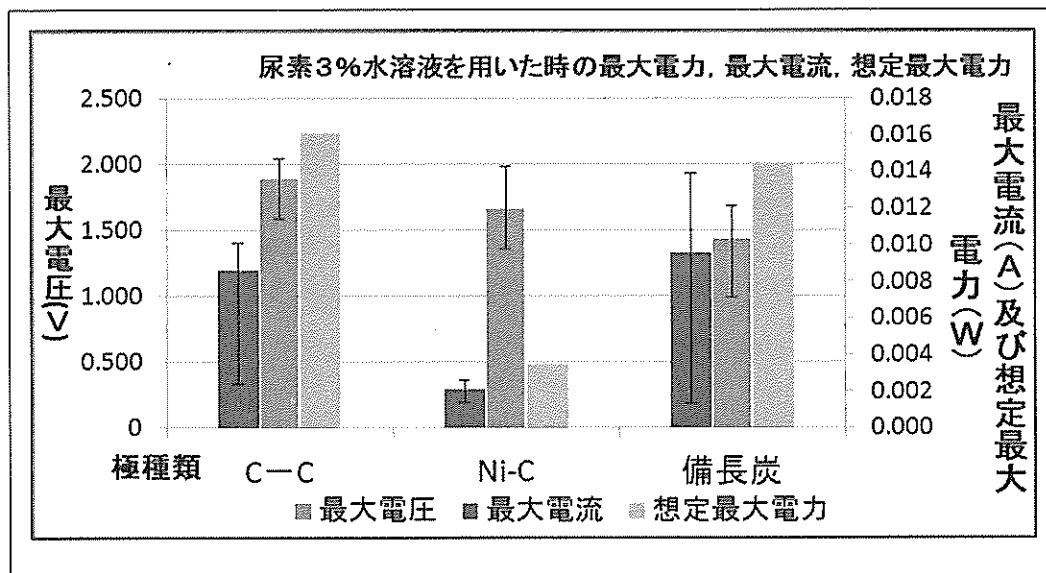
(図 2)

実験 3 ではイオン濃度が濃くなるため電気伝導率が上昇し、電圧が大きくなると仮定した。結果は図 3 より、備長炭の時すべての水溶液において電圧の向上が見られた。また NaCl 水溶液の時、最大電流は安定した。このことから浸透圧によって架橋構造内のイオン濃度が高くなり電気伝導率向上につながったと考えた。しかし電圧が低下した水溶液もあり、それは金属類と水溶液との反応の仕方が原因だと考えた。



(図 3)

実験4ではNH₃水溶液を用いた時よりも低い電圧が発生すると仮定した。結果は図4より、Ni-Cの最大電流が低い値を示したことから、内部抵抗によって発電電力量が妨げられることがあると考えた。しかし発電できたので人尿に近い尿素水溶液でも燃料電池として発電可能である。



(図4)

結論

これらのことから、ポリマー燃料電池の発電において、ポリマーとNaClの比率を1:200、極板をC-Cにしたときに安定した比較的高い発電量を確保できるという最適な条件を発見した。このことより性能向上に成功したと言える。また人尿に近い水溶液を用いても燃料電池の役割を果たしたので、私たちは使用済みの紙おむつから燃料電池を作成可能にする方法を発見したと言える。さらに実験を進めていけば環境問題の改善に貢献できることを示唆している。

参考文献

- ・「エネルギー環境学習工作教材集」 岩手大学(いわてエネルギー環境教育ネットワーク)
- ・燃料電池のおはなし 広瀬 研吉 著
- ・燃料電池とは - FCCJ 燃料電池実用化推進協議会 fccj.jp/jp/aboutfuelcell.html

狙った旗の音をだす

古澤 樹 松田 亨介

宮城県仙台三高等学校

概要

応援旗を振った時の音の違いができる要因を求めするために四種類の旗を振ったり、振る向きを変えて振ったりした。結果として軽い旗において突然波形が大きくなることが多く軽い旗のほうが速く振れていたことから、音の波形が突然上がるものは旗を振る速度の上がり方が急なことが深く関係しているのだと考えた。しかしスーパースローカメラでの測定により、旗を振った時の各通過点での速度はほぼ同じで他の違う要因があることがわかった。

はじめに

仙台第三高校には応援団がいるが、私たちが彼らの振る旗の音を聞くと同じ旗でもそのたびに音は異なっていた。その音の違いはなぜ起こるのかという疑問からこの研究を始めた。

目的

旗の音の違いを決める要素を求めることで、いつでも任意の音を出せるようにし、応援の幅を広げる。それによって競技者の意欲を高める。

実験方法 1

M君が旗を右手に持って左側に振りかぶった状態から右側へ水平に 0.2 秒で振り切った。

それをスマートフォン (isai LGL22) を用いて 3 m 先で動画を撮った。

旗は 90 cm×90 cm の 78.4g の布 (布 1)

90 cm×90 cm の 117.1g の布 (布 2)

直径 15mm 長さ 90 mm の木製の棒 72.4g (棒 1)

直径 18mm 長さ 90 mm の木製の棒 111.7g (棒 2)

これらを組み合わせて4通りの実験をそれぞれ30回ほど施行した。

撮影した動画を音声波形分析ソフト (wave pad) で波形を見たところ、旗の音の波形には大きく2つのグループに分ることができた。第一に徐々に波形が大きくなっていく音があった (波形①)。(波形②) は (波形①) に当てはまらなかった例で突然波形が大きくなる。

結果・考察1

(波形1) が各旗に何回あったか集計した。(表1)

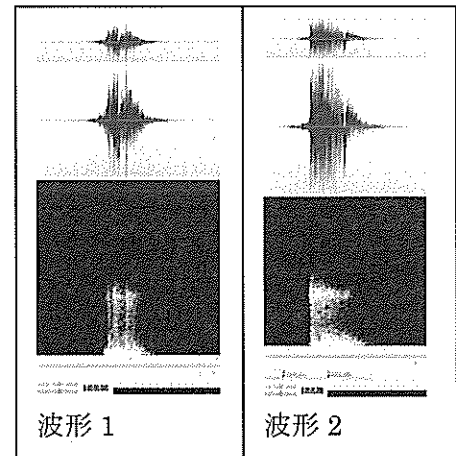
重い旗の方が (波形1) の音が出る割合が高かった。

また、速度が速いほど大きな音が出ることも分かった。

これらのことから、重い旗ほど速度が上がるのに時間がかかり

徐々に波形が大きくなった。それに対し、軽い旗では速度が

急に上がったことで突然波形が大きくなったと考えた。



布\棒	棒 1 (72.4g)	棒 2 (111.7g)
-----	----------------	-----------------

布 1 (78.4g)	17/30 回 56.7%	31/40 回 77.5%
----------------	------------------	------------------

布 2 (117.1g)	17/27 回 63.0%	20/25 回 80.0%
-----------------	------------------	------------------

表 1

実験方法 2

旗を振る角度によって音の違いがあるのか見るために

棒 1 と布 1 を組み合わせた旗を水平、斜め上、斜め下

の三方向に同じ力でそれぞれ 30 回ずつ振った。

各地点での旗の速度を見るためにスーパースローカメラで撮影した。

結果・考察 2

斜め下に振る時が最も短い時間で振り切っていて次に水平、振り上げたときの順になったが一振りの中で振り始めと振り終わりの速度に有意な差は見られなく、これは三方向すべてに共通していた。

そのことから実験 1 で波形が急に大きくなった要因は旗の速度の上がり方に依存するものではないと分かった。

同じ旗を同じように振っても音の大きさ・波形にばらつきがあったことから、布表面の動きの違いによって音が大きく変わってくると考えた。

まとめ・結論

波形が急に大きくなるものが多かったのは、(波形 2) を作る特定の布のなびき方を作りやすいなんらかの要因があると考えた。今後は布の動きに注目して実験したい。

長縄の回数向上を目指して

草野蘭之介 高山宏輝 進藤光太

宮城県仙台三高等学校

この研究は、長縄跳び競技での回数の向上を目的としている。長縄を回し、縄の接地点をカメラで撮影することで跳ね具合を測定し、その軽減に取り組んだ。また、縄の中の空間を楕円の体積とみなして測定し、最も縄の中の空間が大きくなる縄の長さを求めた。人が回すことによる誤差などがあるため、正確な結果は出ていない。良い結果が出れば、長縄跳び競技の回数は向上するだろう。

はじめに

仙台三高では毎年行われる体育祭で、種目の一つに長縄跳び競技がある。私たちは体育祭の種目で何か研究できないかを考えたときに長縄跳び競技を思いついた。その理由は、長縄跳び競技は人気のある種目で、私たち学生にとって身近なものであり、また、長縄跳びについての外部の研究を調べたところ、長縄跳びの縄の動きに着目した研究が見つからず、未開の分野であったからだ。

長縄跳びをするとき、私たちが引かかる理由として縄に足が引かかるというものが挙げられる。そこで私たちは縄が接地した時に大きく跳ねてしまうため足に引かかりやすくなると考えた。このことから実験1として縄の跳ね具合に関する実験を行った。また、縄の中の空間が狭いために引かかるのではないかとも考え、実験2として縄の中の空間の体積を測る実験も行った。

研究方法

実験1

(1) 目的

最も引かかる理由として挙げられる、縄の跳ね具合を調べる。

(2) 材料

長縄 (15 m, 1.2 kg) { 縄 (ポリエチレン製), グリップ (アルミ製) }

カメラ, タータン, メジャー

(3) 方法

- ①メジャーを地面と垂直になるように設置し, 平らな床にタータンを引く.
- ②縄の接地点をタータンにあわせ, メジャー, 縄の接地点と一直線上になるようにカメラを設置する.
- ③人と人の間は8.0 mに固定する.
- ④縄を何回か連続で回し, 跳ね具合を計測する.
- ⑤縄の長さを9.0 m, 9.1 m, 9.2 m, 9.3 mと変えていき, 長さとお跳ね具合の関係性を見つける.

実験 2

(1) 目的

引っかかる理由として挙げられる, 縄の中の空間が狭くなってしまい, 跳ぶのに十分なスペースが確保できないということについて調べる.

(2) 材料

長縄 (実験 1 で使用したものと同様), メジャー, タータン,

(3) 方法

- ①人と人の距離は実験 1 と同様とする.
- ②縄を何回か回し, 床と垂直な放物線の最高点と最低点の距離の平均値を調べる.
- ③②と同様に縄を回し, 床と平行な放物線の, 頂点ともう一方の頂点の距離の平均値を調べる.
- ④求めた 2 つの平均値と人と人の距離を利用し楕円の体積を求め, 縄の中の空間とみなす.
- ⑤縄の長さを9.0 m, 9.1 m, 9.2 m, 9.3 mと変えていき, 縄の中の体積の

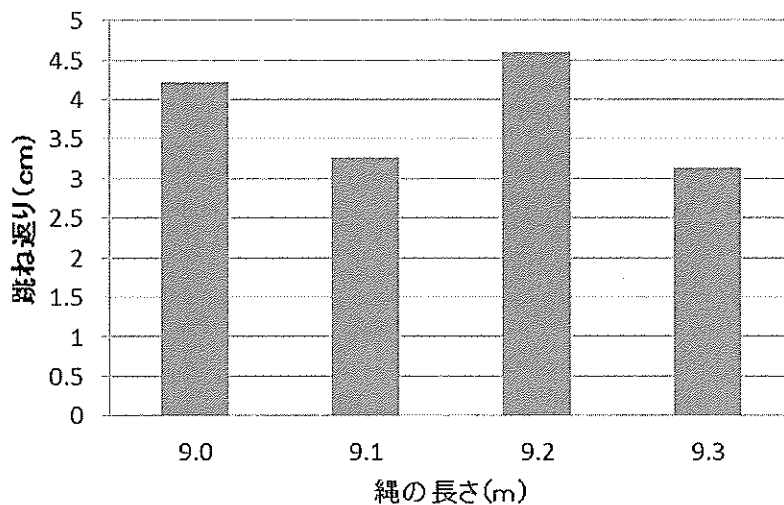
変化を調べる。

実験1と実験2の結果を用いて、どの長さの縄の跳ね具合と中の体積の組み合わせが最も跳びやすいかを検証する。また、人と人との間を8.0mと設定したのは、仙台三高の体育祭の長縄跳び競技は最低人数が10人であるため、10人で跳ぶことを想定した時に適度なスペースが生まれるようにしたためである。縄の長さを9.0mからとした理由は、人と人との間を8.0mとして縄を回したとき、縄がたるまなく、かつ回しやすい長さであったからである。9.3mまでとしたのも上記の理由と同様である。

結果・考察

実験1の結果では、跳ね返りの高さの平均が9.0mから順に4.21cm, 3.27cm, 4.6cm, 3.14cmとなり、特に縄の長さと言跳ね返りの大きさについて関係は見られなかったといえる。私たちは縄の長さが長くなるにつれ跳ね返りが大きくなるとい

縄の長さと言跳ね返りの関係



う仮説を立てていたがその予測に反した結果となった。この結果を踏まえ、私たちは二つの仮説を立てた。一つ目は、縄の長さと言跳ね返りの高さについては何の関係もないというものだ。二つ目は、私たちが研究当初から問題視していた人が回すことによる誤差でこのような結果になったというものだ。人が回すことによる誤差は、実験の回数を重ねることで少なくできるのではないかと考えている。

実験2の結果は現段階ではまだ出ていないが、おそらく縄の長さが9.1mか9.2mの時に最も縄の中の空間は大きくなるを考える。その理由として、縄の長さが9.0mの時は長さが他のものよりも短いため縄の中の空間はおのずと最も小さくなり、9.3mの時は縄が長いために縄のたるみが生まれてしまうからである。

(結果が出たら、グラフ化して載せようと思っている。)

結論

実験1と実験2を通して、最も跳びやすい(縄の跳ね具合が小さいかつ、縄の中の空間が広い)組み合わせであったのは、〇〇である。

より遠くに投げるために ～二重振り子を利用して～

遠藤大河 真山雄飛 阿部十夜

宮城県仙台三高等学校

本研究では二重振り子の先端の加速度をより高いものにする実験を行い、投擲物を遠くに投げる動作へ関連付けることを検討している。二重振り子とは上部が加速すると下部が加速する振り子である。先端の速さは第一振り子と第二振り子がなす角度が鋭角であるほど、第一振り子の位置エネルギーが大きいほど速いことが分かった。

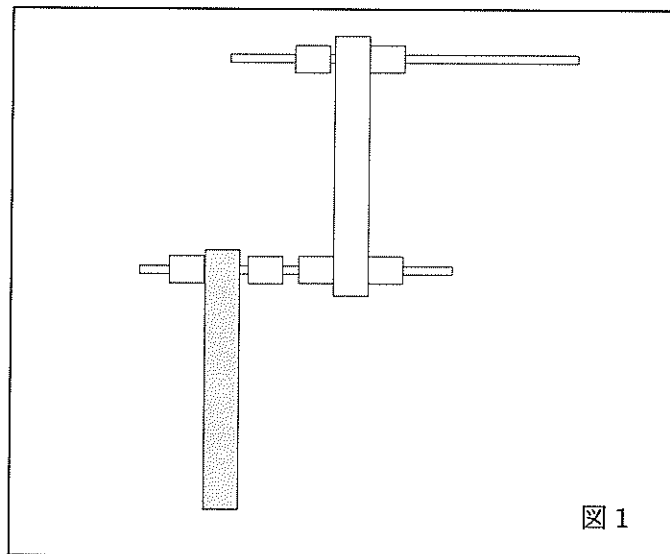
はじめに

二重振り子とは振り子と振り子が連結しているものである。上部を第一振り子、下部を第二振り子という。振り子は紐などではなく剛体を用いる。この二重振り子に振り子運動をあたえた時、第一振り子が第二振り子より先行すると、第二振り子が加速する。手塚⁽¹⁾によると、野球のピッチング動作をシミュレーションしたとき、二重振り子のデータがある場合とない場合では球速が10%ほど変わるという。そこで、実験として手製二重振り子を用いて、第一振り子と第二振り子のなす角度と第一振り子と第二振り子の位置エネルギーを変化させ、最も効率性の高いものを導き出すことにした。

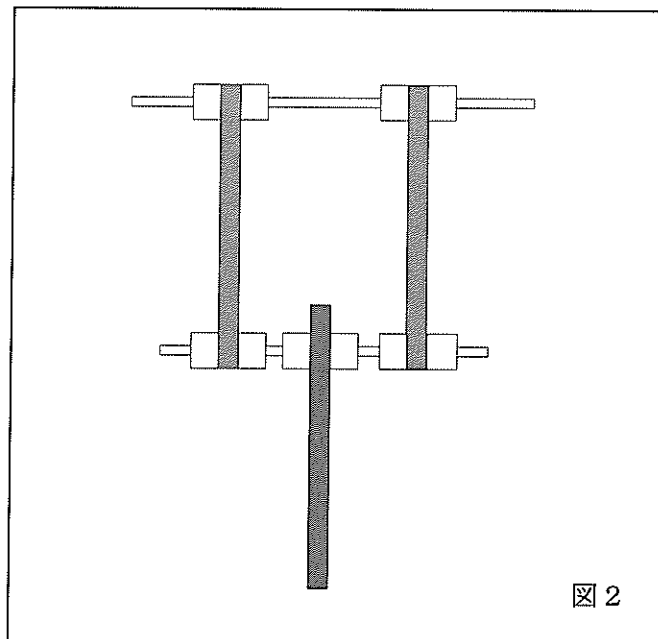
準備、実験方法

私たちは最初に、腕のモデルとして二重振り子模型を二種類作製した。共通する点として、素材として振り子の剛体に塩化ビニル板を使った。第一振り子と第二振り子の長さは15.0cm、横2.5mでカットを行った。振り子と振り子の接合部にベアリングを用いて摩擦を抑えた - (人間の関節は摩擦係数が0に近い値となっているため。) 素材はホームセンターまたは学校にもとからあったものを利用した。

・二重振り子一号機



この振り子は第一振り子の前方に第二振り子を取り付ける形となる。振り子運動を与えると回転しきる前に大に降りること第一振り子が衝突しエネルギーが大きく失われてしまう。衝突する理由として前方につけたことにより、二重振り子のバランスが悪いものとなってしまったからである。



二重振り子2号機

今回、実験で使用している振り子である。第二振り子の塩化ビニル板を二枚にし、第一振り子の前方と後方につける、サンドイッチ方式を採用した。これにより、安定感が増し、振り子同士の衝突が行われなくなった。さらに、一号機と比べると摩擦を抑えることに成功した。

・実験方法

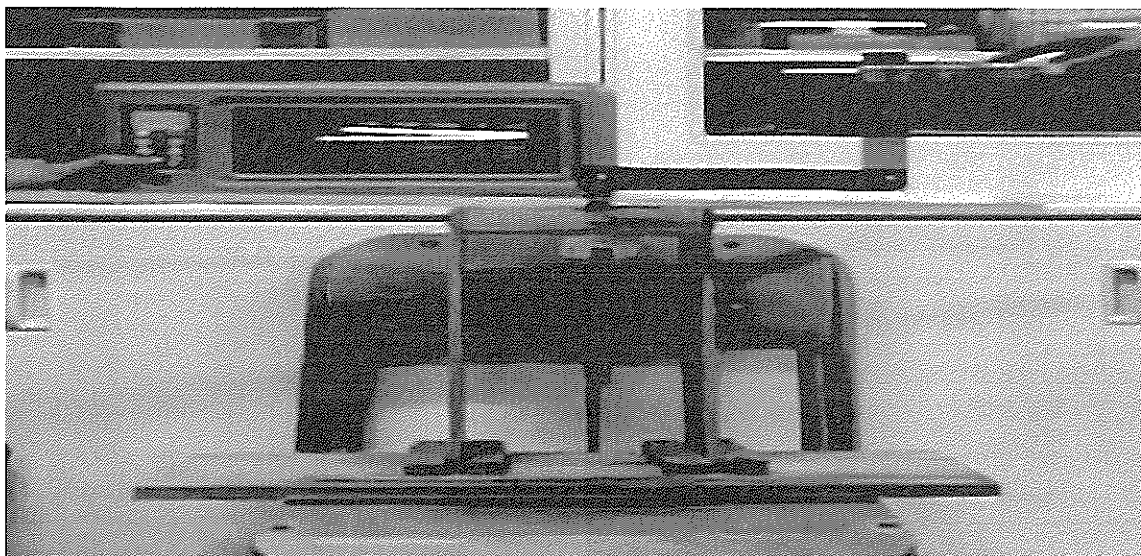


図 3

下準備として、振り子が静止した時の振り子の位置に沿うようにテープをつける。そこから 180 度、270 度の位置にも定規を用い地面と平行となる位置をわかるようにする。

二重振り子の落下させる位置を設定し、振り子運動を与える。第二振り子の先端が 180 度のテープを通過した点を A 点、270 度の定規を先端が通過した点を B 点とする。AB 間の移動時間を計測する。

パターンとして第一振り子の末端と第二振り子の先端を 90 度のところに固定し二つの振り子になす角度を 45、90、180 度と変える実験 1 と第一振り子を 90 度のところに固定し二つの振り子になす角度を 45、90、180 度と変える実験 2 の 2 パターンを行う。試行回数は各 50 回行い 6 種類の平均を出し考察を行う。

AB 間の時間を測る方法として二重振り子の後方にモルテン (molten) ハンディータイマー HAT40 (ストップウォッチ) を置き、ストップウォッチを起動後、振り子運動を与え、スローモーションカメラで撮影するという手法を取った。

結果

結果として実験 1 は 180 度が、実験 2 は 45 度が速い値となった。双方で言える点は最も速い値以外の角度に差が大きく見られない点である。

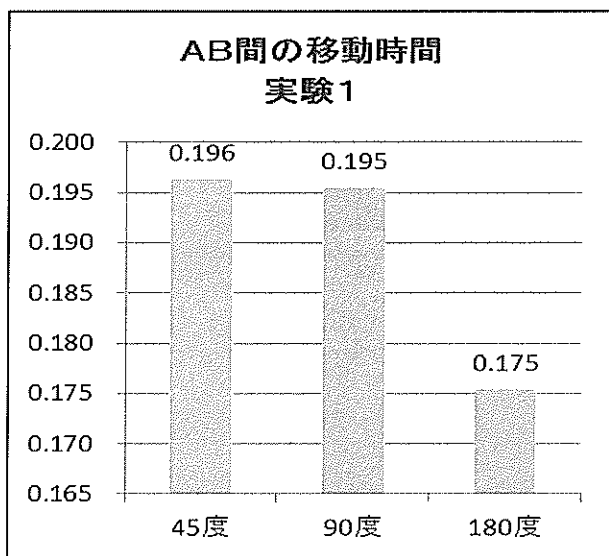


図 4

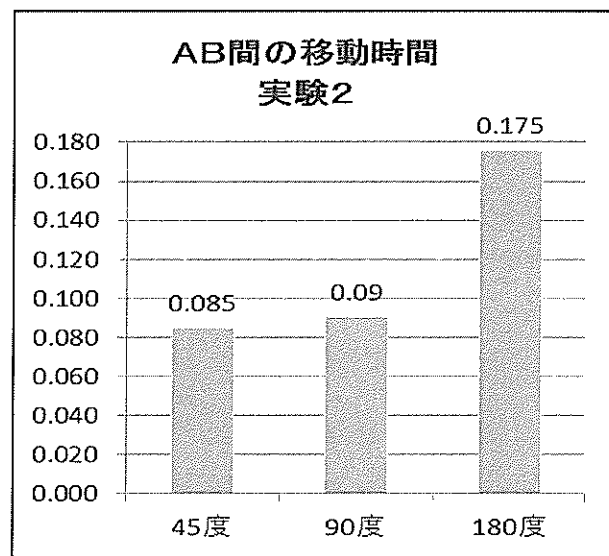


図 5

考察

最も速い値がこのようになったのは第一振り子の位置エネルギーが大きいことで加速度が大きくなったことと、第一振り子と第二振り子の角度が鋭角よることによって第一振り子が大きく第二振り子より先行することがあげられる。

結論・課題

第一振り子と第二振り子がなす角度が鋭角で第一振り子の位置エネルギーを大きくすれば、第二振り子の先端の加速度が二重振り子の原理により大きくなると結果をもとに考察した。今回はモデルを使い実験を行ったので、次に私たちの投げの動作に関連付けてみたいと考える。そこで問題となる点は大きい筋パワーを発揮する筋肉の角度と私たちが導き出した二重振り子の角度は二つ重なるとエネルギーがどう変化するかという点である。筋肉の研究となってくると、高校レベルでは難しいものとなるので何か工夫する必要がある。

参考文献

- ・手塚 一志 (1998) ピッチングの正体
- ・二重振り子 - Intellectual Machine Laboratory
(<http://brain.cc.kogakuin.ac.jp/~kanamaru/Chaos/DP/>)
- ・公立はこだて未来大学 2012年度システム情報科学実習グループ報告書

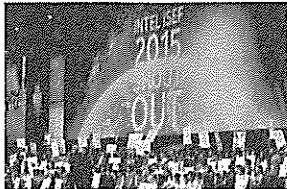
Intel ISEF 2015
日本学生科学賞

本校の化学部員 門口尚広(2年生)が米国ペンシルベニア州ピッツバーグで開催された Intel ISEF 2015 において日本派遣団中最高位の優秀賞 3 等を受賞しました！！

ISEF (アイセフ)

「ISEF(アイセフ)」は、「International Science and Engineering Fair」の略で、「国際学生科学技術フェア」などと和訳されています。世界 70 の国と地域から集まる 1500 人以上の高校生(9-12grade)が自分たちの研究を披露しあう科学研究コンテストで、いわば「科学のオリンピック」です。半世紀以上も続いている伝統あるフェアで、毎年5月にアメリカの都市で開催されます。最近の科学研究への関心の高まりもあり、このフェアはますます大規模になってきました。会場には各参加者にブースが与えられ、そこに規定のパネルや持参した実験器具などを展示します。審査の日には研究者はブースの前に立ち、審査員に説明したり、質問に答えたりします。審査員は科学者や技術者で約 1200 人にもなり、多くがボランティアです。ノーベル賞受賞者もたくさん参加しています。

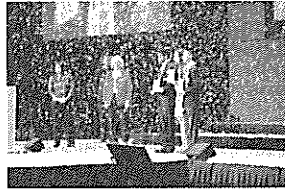
世界中から 1700 人!



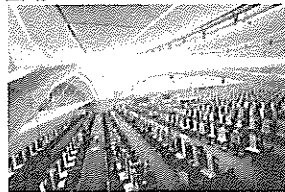
審査員(ノーベル賞受賞者)



表彰式



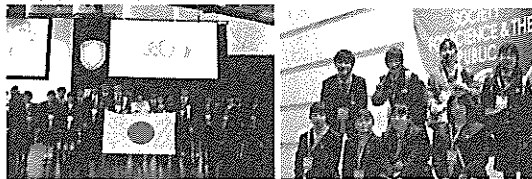
会場



祝！三高から初の ISEF 参加

今回三高から ISEF に派遣されるのは初めてです。三高どころか ISEF 派遣の歴史のうち東北地方からは 2014 年宮城県仙台第二高等学校、2007 年山形県立山形東高等学校以前は 1979 年の青森県立青森高校までさかのぼります。宮城県、東北地方から見ても快挙なのです！

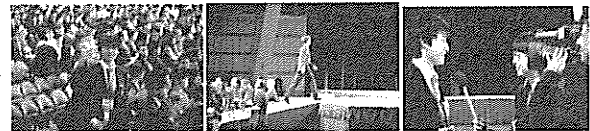
日本代表派遣団



快挙！日本代表派遣団中最高位の Grand Awards (優秀賞) 3 等受賞！

カテゴリごとに 1~4 等賞と 1 等賞の中でもっとも優れた研究として部門最高賞が選ばれます。この優秀賞を受賞するのは毎年日本代表団でも 1~2 本です。今年は 3 等賞 2 本、4 等賞 2 本と史上初でした。

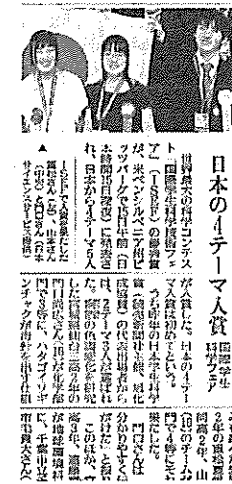
- [CHEM024I 化学部門] 優秀賞 3 等
宮城県仙台第三高等学校 門口 尚広
- [EAEV032I 地球環境科学部門] 優秀賞 3 等
宮城県仙台第二高等学校 遠藤 意広
- [ENMC027I 機械工学部門] 優秀賞 4 等
千葉市立千葉高等学校 市毛 貴大
- [ANIM023T 動物科学部門] 優秀賞 4 等
愛媛県立長浜高等学校 重松 夏帆、山本美歩



発表瞬間 壇上へ 取材を受けています

反響の数々。多くのメディアに取り上げられました！

2015 年 7 月 14 日の日本テレビ「NEWS ZERO」内の「ZERO human」のコーナーで取り上げられました。



- 新聞
- 河北新報
 - 読売新聞
 - 産経新聞
 - 朝日新聞

- テレビ
- 富士通スペシャル 未来を拓け！～若き科学者たちの挑戦～
 - テレビ朝日 報道ステーション
 - NHK NEWS WEB

など多数

Color Change of the Copper Foil by Oxide Thin Layer Formation

Naohiro Kadoguchi

MATERIALS FOR CRAFTWORK OBJECT

Fig. 7 shows colorful magnets made by using the colored copper foil. Colored copper foil was cut into a form as you like and stuck to a piece of magnet using double sided tape. The foil was laminated to prevent further oxidation.

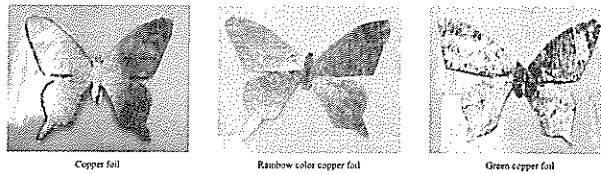


Fig. 7 Magnet made by using the colored copper foil

COLOR VARIATION ANALYSIS BY FORMATION OF A TABLE

min	160 °C	170 °C	180 °C	190 °C	200 °C	210 °C	220 °C	230 °C
10 min								
20 min								
30 min								

Fig. 8 Regularity of the color of copper foil

Same signs of copper foil shows that their colors are similar to each other. Similar color of the copper foil means that the thickness of the oxide film is also similar. From this, relationship between temperature, time, and color are seen and this regularity may be expressed by some formula.

RELATION OF DIFFUSION LENGTH AND COLOR (1)

The copper oxidation proceeds by oxygen diffused into the metal from the surface (Fig. 9).⁷⁾ To unify the temperature and time parameters diffusion length of oxygen atoms in copper was calculated using diffusion parameters from a data base.^{8,9)} The diffusivity D can be expressed by the following formula 1.

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (1)$$

Where D is a diffusion coefficient, D_0 is a diffusion constant, E_a is an activation energy, R is the gas constant ($8.31 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) and T is the temperature. Diffusion length $L(t)$ of oxygen can be calculated using the formula 2.

$$L(t) = 2\sqrt{Dt} \quad (2)$$

Where t is the heating time.

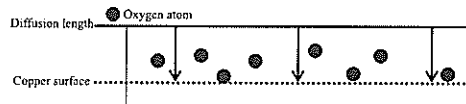


Fig. 9 Diffusion length of oxygen atoms in copper

Table 1 Diffusion length (10^{-5} m) and color of copper foil

min	160 °C	170 °C	180 °C	190 °C	200 °C	210 °C	220 °C	230 °C
10min	1.29	1.54	1.83	2.16	2.54	3.00	3.60	4.40
20min	1.82	2.19	2.65	3.16	3.77	4.46	5.24	6.12
30min	2.17	2.65	3.24	3.91	4.68	5.55	6.52	7.60

From Table 1, it is shown that when diffusion lengths are similar, colors of copper foil are also similar. Fig. 10 shows the relation of temperature, time, diffusion length, and copper foil color.

INTRODUCTION

Gold foil and silver foil have been used for Japanese traditional art such as paintings, folding screens, lacquer ware, and other decoration objects. Fig. 1 illustrates a national treasure "Folding Screen of Red and White Plum Blossoms" which was created by Korin OGATA more than three hundred years ago. Silver foil is also colored by treating with hydrogen sulfide to form red, blue, and black foil as shown in Fig. 2. These colors are due to optical interference by thin film of sulfide over silver metal as illustrated in Fig. 3.^{1,2)} Titanium plates are known to have various colors depending on the thickness of the film formed by the electrochemical oxidation.³⁾ Some researches revealed that copper(I) oxide is formed on the surface when copper plates are heated and it gives various colors depending on the thickness of the film as shown in Fig. 4.⁴⁻⁶⁾



Fig. 1 Folding Screen of Red and White Plum Blossoms

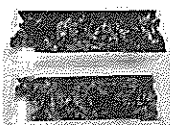


Fig. 2 Silver foil treated with hydrogen sulfide

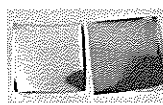


Fig. 4 Copper plates gives various colors depending on the thickness of the film

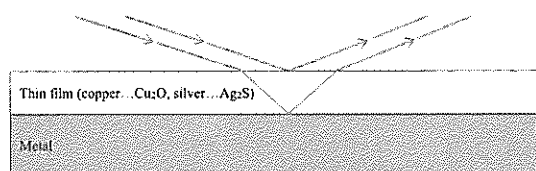


Fig. 3 Optical interference by thin film

In this research copper foil was colored by heating in a muffle furnace. It will be used as new useful materials for arts and decoration if the colors are richer than copper plates. Color variation was analyzed depending on the heating temperature and time to get the color as desired.

MOTIVE

1. Copper foil with much more rich color variation than copper plates will be obtained by heating.
2. The colored copper foil can be used for preparation of craftwork objects.
3. Some regularity will be found by analyzing a table in which color dependency on temperature and time is shown.
4. Diffusion length of oxygen atoms in copper can be calculated from the diffusivity and activation energy and will be used as a parameter for color variation.
5. Using the parameter, expected color will be obtained.

COLOR OF THE COPPER FOIL WITH HEATING

- I. Copper foil with the thickness of 18 μm was cut to the size of 20 mm \times 20 mm.
- II. A muffle furnace was used for heating (Fig. 5).
- III. Temperatures applied were between 160 $^{\circ}\text{C}$ and 250 $^{\circ}\text{C}$ with 10 $^{\circ}\text{C}$ intervals.
- IV. A piece of copper foil on a watch glass was set in the furnace, taken out from the furnace after 10, 20 or 30 min heating, and cooled to a normal temperature.

Fig. 6 shows results.

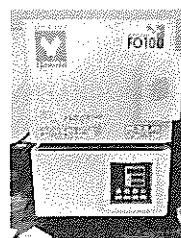


Fig. 5 Muffle furnace used

$^{\circ}\text{C}$		160 $^{\circ}\text{C}$	170 $^{\circ}\text{C}$	180 $^{\circ}\text{C}$	190 $^{\circ}\text{C}$	200 $^{\circ}\text{C}$	210 $^{\circ}\text{C}$	220 $^{\circ}\text{C}$	230 $^{\circ}\text{C}$	240 $^{\circ}\text{C}$	250 $^{\circ}\text{C}$
min											
10 min											
20 min											
30 min											

Fig. 6 Colors of heated copper foil

RELATION OF DIFFUSION LENGTH AND COLOR (2)

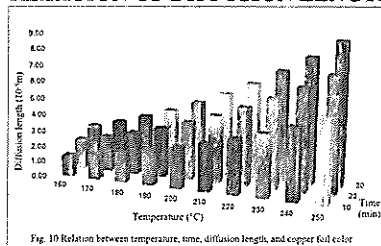


Fig. 10 Relation between temperature, time, diffusion length, and copper foil color

Table 2 Relation of range between the diffusion length and copper foil color

Copper foil color	Range of diffusion length (x10 ⁻⁶ m)
copper	1.29-2.16
orange	2.18-2.53
orange-red	2.59-2.94
red	3.05-3.40
silver	3.57-3.90
gold	4.16-5.52
pink	6.31-7.73
blue	8.79

From Fig. 10, relation of range of diffusion length and copper foil color was found (Table 2).

SIMULATION OF COPPER FOIL COLOR

Calculating diffusion length makes it possible to estimate the color obtained at any condition from Table 2. Green copper foil was made only 250 °C 30 min heating. Using diffusion length, temperature, and time were calculated to make green copper foil. Temperatures applied are between 160 °C and 250 °C with 10 °C intervals. Times applied are between 10 min and 90 min with 10 min intervals. Where shows the result of simulation. Fig. 11, green copper foil appears 210 °C, 90 min and 230 °C, 50 min. Fig. 12 shows copper foil heated at 250 °C, 30 min and 210 °C, 90 min. These became green as expected by the simulation. This result shows that, expected color can be obtained using diffusion length.

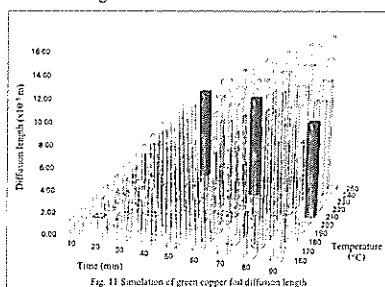


Fig. 11 Simulation of green copper foil diffusion length

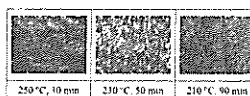


Fig. 12 Copper foil heated at 250 °C, 10 min, 210 °C, 50 min and 210 °C, 90 min

CONCLUSIONS

1. The copper foil has richer variation of colors than copper plates.
2. Colored copper foil can be used for materials of craftwork objects.
3. Calculating diffusion length makes it possible to estimate the color obtained at any condition.

FUTURE PLAN

In this research, direct relation between color and film thickness is not clear because the thickness of the copper(I) oxide film on the surface of copper foil has not been measured. The thickness of copper(I) oxide film should be measured. To reveal the relation of copper foil color and wavelength of the light, absorption spectra should be measured. I will research the color of copper foil when copper foil was heated to at higher temperatures than 250 °C.

BIBLIOGRAPHY

1. Nassau, K., The Physics and Chemistry of Color The Fifteen Causes of Color, Second Edition, Wiley (2001).
2. Tilley, R. J. D., Colour and the Optical Properties of Materials, Second Edition, Wiley (2011).
3. Gaul, E., Coloring Titanium and Related Metals by Electrochemical Oxidation. *J. Chem. Educ.*, 70, 176-178 (1993).
4. Chemistry Group of Aomori Nishi High School, "Coloring of copper plates", Abstracts for 13th Yomiuri Student Science Research Prizes (1969).
5. Stato, Y., Yamazaki, S., Yuzawa, S., Kadoguchi, N., (SSH Chemistry Group of Miyagiken Sendai Third High School) "How do you color metals? Challenge for coloring metal plates without paints (in Japanese)" Abstracts for National Meeting of SSH Science Researches (2014).
6. Ohwaki, T., Quantitative Analysis of Cuprous Oxide (Cu₂O) Films on Copper Surfaces using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (in Japanese), *R&D Kobeseiko Giho*, 52, 71-73 (2002).
7. Cottrell, A. H., An Introduction to Metallurgy, 2nd edition. Edward Arnold, London (1975).
8. Online Diffusion Database (Kakusan) provided by National Institute for Materials Science (NIMS) <http://diffusion.nims.go.jp/>
9. Kirchheim, R., Metals as Sinks and Barriers for Interstitial Diffusion with Examples for Oxygen Diffusion in Copper, Niobium and Tantalum. *Acta Metall.*, 27, 869-878 (1979).

魚類と細菌の共生のしくみ～エゾイソアイナメと発光細菌の相互作用に迫る～

宮城県仙台第三高等学校自然科学部生物班 青木雄一 佐々木隼 伊藤青空 安齋音哉 中野龍太

1.背景

Fig. 1 エゾイソアイナメ *Physiculus maximowiczii* クラ目チゴダラ科チゴダラ属

Fig. 2 エゾイソアイナメ 腹部側

腹部正中線上に発光細菌が共生する発光器

Fig. 3 チゴダラ 発光器構造(模式図)

Fig. 4 固体培地に培養した発光細菌

共生発光細菌には宿主特異性がある

Tab. 共生発光細菌とその宿主

ミミイカ <i>Euprymna scolopes</i>	<i>Vibrio fischeri</i>
ヒイラギ <i>Nucleolina nuchalis</i>	<i>Photobacterium leiognathi</i>
チゴダラ <i>Physiculus japonicus</i>	<i>Photobacterium kishitanii</i>
エゾイソアイナメ <i>Physiculus maximowiczii</i>	?

レクチンなどが共生に関与

エゾイソアイナメはどのように発光細菌を共生させているのか?

2.目的

エゾイソアイナメと発光細菌の共生がどのように成立していくかを考察する

3.方法

- 発光器の構造と発光細菌の分布は？
→組織切片を作製
- 発光器内の発光細菌の種類は？
→ルシフェラーゼ遺伝子による分子系統解析
- 発光細菌の発光特性は？
→密度変化に伴う発光強度を測定
- 粘液中に発光細菌が凝集反応を示すか？
→粘液を細菌培養液に添加し反応を観察
- 発光腺にどのような血球がいるか？
→頭腎と発光腺の血球割合測定

7.参考文献

・会田雅夫(2002) 魚類生理学の基礎. 朝倉社発行
 ・遠田孝・本木和子(1994) 発光動物の発生. 比較動物学. 培風館
 ・塩田雅夫・栗田和子(1977) 発光動物の発生. 比較動物学. 培風館
 ・西島忠(2014) 発光動物の発生. 培風館
 ・羽田和夫(1985) 発光動物 Luminescent Organisms. 朝倉社発行
 ・TELDON KISHITANI(1970) Studien über die Leuchtorgane in *Physiculus japonicus* TELDON KISHITANI, mit der Beilage der zwei neuen Arten der Leuchtorgane. 東北帝国大学理学部理学部論文
 ・東京海洋大学 海洋科学部 羽田和夫先生教授研究室ホームページ
<http://www2.kaiyodai.ac.jp/~kaiyoda/index.html>
 ・日本病理学会(1981) 病理技術マニュアル. 病理組織標本作製技術 下巻. P27

4.結果・考察

1.分布は？ <グラム染色>

Fig. 6 発光腺内部

Fig. 7 発光腺導管側

グラム陰性菌のみ

グラム陽性菌とグラム陰性菌

→導管から発光腺にかけて細菌を選別？

<HE染色>

Fig. 8 発光腺

Fig. 9 ひだ状上皮組織

→ひだ状上皮組織表面に細菌が凝集

2-1.種類は？

発光細菌LB06~14は *P.kishitanii*と同一性 99~100%

*P.kishitanii*との同一性100%(601bp/601bp)

*P.kishitanii*との同一性99%(600bp/601bp)

Fig. 10 ルシフェラーゼ遺伝子についての分子系統樹

2-2.発光特性は？

Fig. 11 個体数グラフ

Fig. 12 発光強度グラフ

個体密度のピーク時に発光強度もピークに
→発光細菌LB06~14は高密度で発光強

3.凝集反応を示すか

Fig. 13 細菌液と体表粘液の混合液

Fig. 14 細菌のみ

凝集した

凝集しなかった

4.どんな血球がいるか

Fig. 15 血球出現割合

→発光腺には白血球が多く存在

5.まとめ

- 導管から発光腺にかけて細菌を選別？
- 発光細菌、高密度で発光強
- 発光腺内に細菌が凝集、体表粘液も同様
- 発光腺内に白血球が存在
- 複数種の細菌がレクチン様凝集物質や白血球を介して特異的に選別される可能性がある
- レクチン様凝集物質によって *P.kishitanii* が凝集し、発光強度を保つと思われる

6.今後の展望

- 発光細菌の発光腺内での凝集と体表粘液との凝集のメカニズムを明らかにする
- 発光腺内の白血球の機能を明らかにする

8.謝辞

東京大学 鈴木謙教授
 東北大学大学院農学研究科 片山和史教授
 長崎大学水産学部 和田実教授
 ありがとうございます

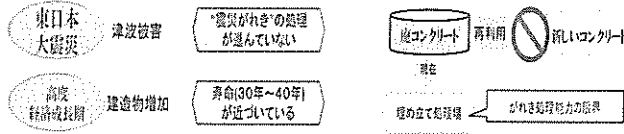
コンクリートの再固化技術の開発

～捨てられるがれきに新たな命を～

岩間公希

宮城県仙台第三高等学校
自然科学部-化学班

研究概要



廃コンクリートの再固化&応用

目的

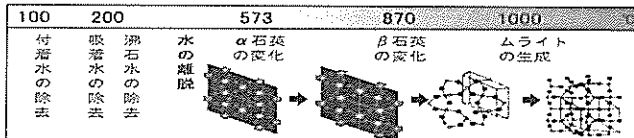
- ・ 廃コンクリートの再固化技術を開発すること
- ・ 震災がれきの処理に対する負担を軽減
- ・ 建築物以外への応用(陶器やオブジェ等)

実験方法

- ① 化合させる物質【X】を電子天秤で計量し、乳鉢で混ぜる
- ② ①に水道水を浸るまで加え、さらに混ぜる
- ③ クッキングシートを敷いた角形つぼに②を入れる
- ④ 定温乾燥器(80℃)で乾燥させる
- ⑤ マッフル炉(【Y】℃)に④を入れ、焼成を【Z】分間行った。
- ⑥ 炉内が500℃以下の状態で取り出す

【X】・コンクリート粉末・荒木田土(粘性高い)・ホウ砂・ホウ酸・ケイ砂
 【Y】・100℃・200℃・600℃・1000℃(温度設定の基準は以下の表Iを参照)
 【Z】・10分・30分・1時間

[Fig1] 焼成温度の上昇による構造の変化(コンクリート、荒木田土、ホウ砂)



実験 I

【X】・コンクリート粉末(以下、コ)・荒木田土(以下、土)
 【Y】・1000℃(荒木田土に含まれている石英や水分を変成させるため)
 【Z】・30分間(高温焼成のため)

[表 I] 実験 I の結果

コ	土	色	固化	反応・崩壊の原因・メモ等
10	0	白	×	水を加えると気体を発生しながら強く発熱・膨張 = $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$
9	1	白	3日後×	発熱反応 / 3日後に崩壊⇒空気中の水分を吸収?(吸湿反応)
8	2	灰色	4日後×	発熱反応 / 4日後に崩壊⇒空気中の水分を吸収?(吸湿反応)
7	3	灰色	8日後×	発熱反応 / 8日後に崩壊⇒空気中の水分を吸収?(吸湿反応)
6	4	濃灰	10日後×	発熱反応 / 10日後に崩壊⇒空気中の水分を吸収?(吸湿反応)
5	5	黄土	○	発熱反応 / 表面がもろい / 少しの力を加えると崩壊
4	6	黄土	○	発熱反応 / 表面がもろい
3	7	黄土	○	発熱反応 / 表面がもろい
2	8	薄茶	○	表面は弱いが、全体の構造としては頑丈
1	9	茶色	○	ほとんど、コンクリートの影響を受けない
0	10	茶色	○	かなり強く結合 / 水に入れてもすぐに溶解しない

※発熱反応⇒水を加えると気体を発生しながら・膨張 発熱

実験 I からコンクリートを高温焼成するとコンクリートの主成分である CaCO_3 が O_2 と反応し、 CaO が生成されていることが分かった。[$\text{CaCO}_3 + \text{強熱} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$] また、生成物に水を加えることで Ca(OH)_2 となり、発熱を伴いながら膨張する発熱反応が見られた。[$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{発熱} \cdot \text{膨張}$]

実験 I で、コンクリートの高温焼成は CaO が発生する要因となることから、実験 II では、 CaO が生成されない 800℃ 以下の焼成を考えた。また、生成物内の粒子を結合させる材料として荒木田土を使用せず、ガラスの原材料となるホウ砂での焼成を考えた。

実験 II

【X】・コンクリート粉末・ホウ砂/ $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 【Y】・600℃(ホウ砂の結晶が融解し接着剤代わりとなる温度)
 【Z】・10分間(水酸化カルシウムの生成を防ぐため)

[表 II] 実験 II の結果

コ	ホウ砂	固化	表面の様子
45	5	◎	他と比べて一番気泡が少ない。(ホウ砂による構造への影響が少ない)
40	5	◎	
35	5	◎	気泡が少なくなってくる
30	5	◎	気泡が少なくなってくる
25	5	◎	
20	5	◎	ホウ砂は全体の2割だが、気泡が多く構造として弱い
15	5	◎	非常に気泡が多いため構造全体が弱くなる(ホウ砂による影響が大きい)

□ Ca(OH)_2 の生成は解消された。⇒ $[\text{CaCO}_3 \text{ から変化しない}]$
 □ ホウ砂による気泡が発生 ⇒ **構造全体を弱くしている&気泡発生を抑制**

実験 II から、ホウ砂が焼成時に結晶水を離脱して融解するとともにホウ砂から気泡が発生したことから実験 III では真空容器を用いて気泡を真空状態で抜くことを考えた。

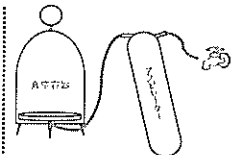
実験 III

【X】・コンクリート粉末・ホウ砂/ $\text{Na}_2[\text{B}_4\text{O}_7(\text{OH})_4] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
 【Y】・600℃(ホウ砂の結晶が融解し接着剤代わりとなる温度)
 【Z】・10分間(Ca(OH)_2 の生成を防ぐため)

●この実験 III では、ホウ砂から発生する気泡を焼成前に取り除くために小型真空容器を用いた。(Fig2 参照)

[表 III] 実験 III の結果 ※

コ	ホウ砂	気泡	表面の様子
45	5	◎	気泡による穴はほとんど見られなかった
40	5	◎	気泡による穴はほとんど見られなかった
35	5	△	気泡による穴が全体の1割程度占めている
30	5	×	気泡による穴が全体の3割程度占めている



発熱反応⇒水を加えると気体を発生しながら・膨張 発熱 Fig2 真空容器を使った装置

まとめ

実験 I から、作成した試料は CaO を生成していることから CaO の生成を防ぐ必要があると考えた。実験 II から、 CaO の生成は見られなかったが、ホウ砂による気泡の発生が全体の構造を弱くしていると考えた。実験 III から、真空容器による気泡除去ができた。全体を通して、**コンクリート4.5g・ホウ砂5g・600℃10分間の焼成に加えて真空容器を用いた気泡の除去が最も効率よいと考えた。**しかし、今回作成した試料は建築物やコンクリートブロックと比べて非常に小さいため、実験上では費用や労力に大きな負担は無かったが、規模の大きい物に適用する場合、費用や廃コンクリートを細かく粉砕する労力などが通常のコンクリートに対して劣性になる可能性がある。

今後の展望

- 実験 III までを通して判明した以下の3点について改善したい。
- ①コンクリート粉末の粒子の大きさが狭くあり、隙間が空いてしまう
⇒目の細かいふるいを用いて、粒子の大きさを一定にする
 - ②再固化したコンクリートについて、その性能評価ができていない。
⇒コンクリートの強度・価格・効率などの面から比較する
 - ③実験で起こった現象について化学的に理解できていない
⇒現象を判別し理解することでさらに優れた再固化技術を見つける

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた東北大学原子分子材料科学高等研究機構 [AIMR] の池田進准教授に感謝いたします。また、日々の研究活動で多くの知識や示唆を頂いた清原和先生・菅原祐介先生に感謝いたします。

参考文献

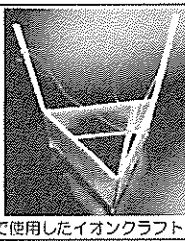
- ・焼成の科学 <http://glassweb.fc2.com/cray/firing.htm>
- ・コンクリートとはーセメント協会 <http://www.jcassoc.or.jp/cement/1.jp/je1.html>

イオンクラフトの推進力向上 ~推進機関としての利用を目指して~

宮城県仙台第三高等学校 理数科 1年 萩田泰晴

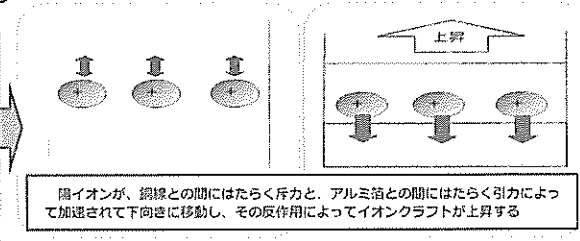
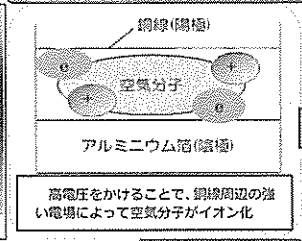
1 動機

2010年6月13日、小惑星探査機はやぶさが地球に帰還した。私はそれに搭載されていたイオンエンジンに興味を持ち、より身近なもので作れるイオンクラフトも同じように使用できないかと考え、この研究を始めた。



実験で使用したイオンクラフト

2 イオンクラフトの浮く原理

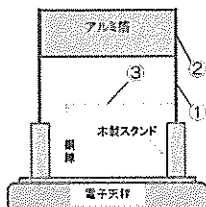


3 装置・材料

- ・バalsa材 (厚さ 2.0mm)
- ・アルミニウム箔 (150mm×50mm)
- ・銅線 (直径 0.35mm)
- ・銅板 (35mm×35mm)
- ・絶縁フィルム
- ・アルミニウム箔テープ (幅 50mm)
- ・風除け用ダンボール
- ・電子天秤
- ・高電圧装置

実験1~3で使用した機体

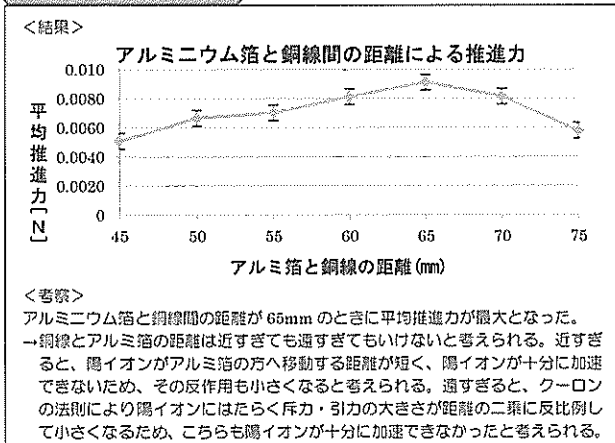
- ① 実験1で変化させた基本は 50mm
- ② 実験2で変化させた基本は 60mm
- ③ 実験3で変化させた基本は 1重



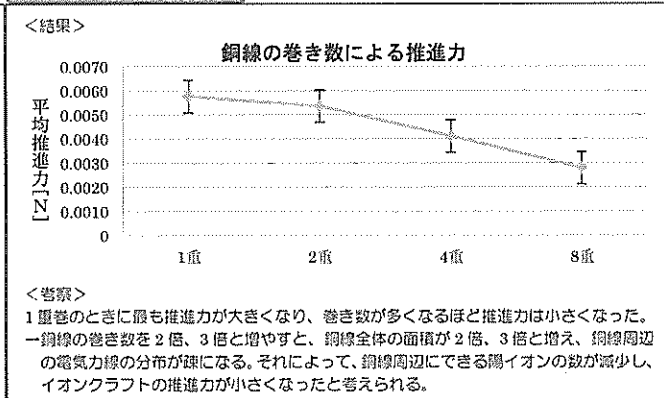
4 実験方法

- ① イオンクラフトを上下反転させ、電子天秤の上の木製スタンドに乗せてから値を 0g に設定する。
 - ② イオンクラフトを高電圧装置につなぎ、2分間 0kV の状態にしてから、27kV の電圧をかける。
 - ③ 電圧をかけるとイオンクラフトに下向きの推進力がはたらくので、そのとき電子天秤がさした値を推進力とする。
 - ④ 実験1ではそれぞれの条件で15回ずつ、実験2以降は10回ずつ測定を行い、その平均値を推進力のデータとする。
- <各実験で変更した条件>
- 実験1: アルミ箔から銅線までの距離を、45mm から 75mm まで 5mm 刻みで変える。
 実験2: アルミ箔の幅を、30mm から 70mm まで 5mm 刻みで変える。
 実験3: 銅線の巻き数を、1重、2重、4重、8重と変える。
 実験4: 機体の形状を、正三角形、正方形、正五角形、正六角形と変える。ただし、機体の各辺の長さの和はすべて 240mm とする。

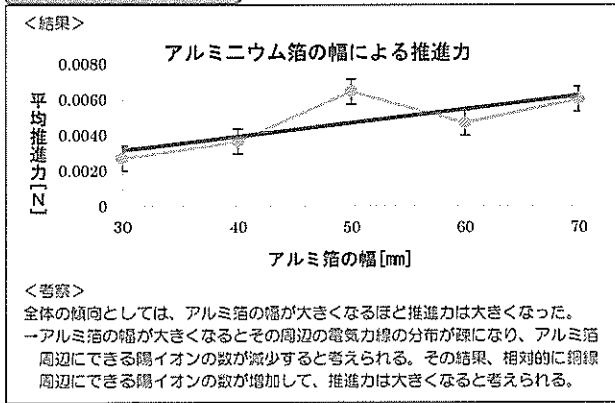
5 実験1の結果と考察



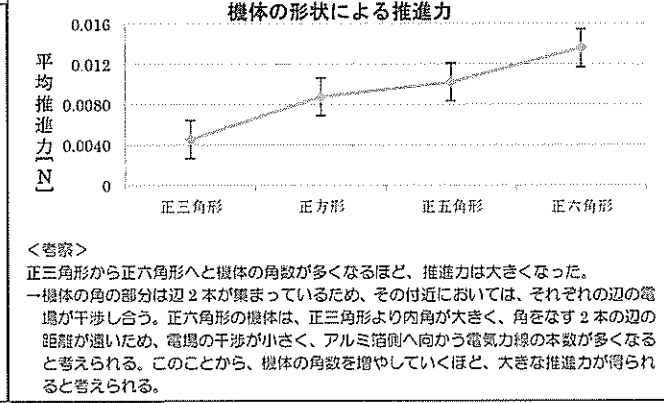
6 実験3の結果と考察



7 実験2の結果と考察



8 実験4の結果と考察



9 まとめ

一般高校生 (体重 60kg) を浮上させるために必要なイオンクラフトの個数を求める。各実験で得られた効率の良い条件を組み合わせた機体を用いると
 ⇒約 3500 個 (588.6N) 必要
 1年前の時点では、必要な個数は約 10,000 個であったため、推進力は単純計算で2倍以上に向上したことになる。

10 参考文献

高柳真 (2011) 『科学でひもとく たのしい静電気』 日刊工業新聞社
 林泉 (1996) 『高電圧プラズマ工学』 (電気・電子・情報・通信 基礎コース) 丸善出版
 埼玉県立川越高等学校 物理部 (2003) 「イオンクラフト浮上の仕組み」
 —— (2010) 「イオンクラフトの浮上力」
 —— (2014) 「イオンクラフトの浮上力」

自然科学部

銅箔の色調変化の研究

宮城県仙台第三高等学校 一年 相原 竜 二年 門口 尚広

① 背景・目的

表1 温度・時間別の銅箔の色

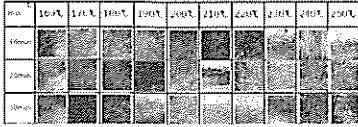


図1 薄膜干渉の原理

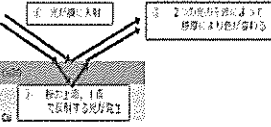


図3 酸素の拡散距離と銅箔の色の関係

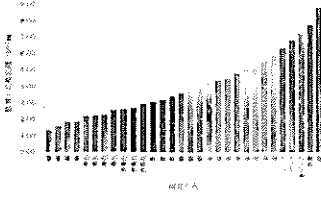


図2 銅の酸化の原理

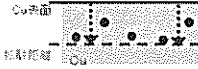


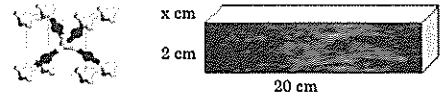
表2 酸素の拡散距離

$D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$	D : 拡散係数 D_0 : 拡散定数 E_a : 活性化エネルギー R : 気体定数 T : 温度
$L(t) = 2\sqrt{Dt}$	$L(t)$: 拡散距離 t : 時間

④ 銅箔の膜厚の測定

銅箔の色	赤褐色	灰色	金色	緑色
銅箔(2cm×2cm) 10枚(40cm ²)使用				
加熱温度	210 °C	230 °C	220 °C	250 °C
時間	10分	10分	20分	30分
拡散距離×10 ⁻⁶ m	2.9	3.9	4.8	8.7
5mLの吸光度	0.120	0.175	0.246	0.332
銅イオンの質量 μg	540	794	1111	1453

表3 各色の銅箔の吸光度と含まれる銅イオンの質量



酸化銅(I)の単位格子 赤褐色銅箔の酸化銅(I)被膜

体積 cm ³	76.6×10^{-24}	$40x$
質量 g	4.20×10^{-22}	540×10^{-6}
$76.6 \times 10^{-24} : 40x =$	$4.20 \times 10^{-22} : 540 \times 10^{-6}$	
$x =$	2.46×10^{-6} [cm]	

銅箔の色	赤褐色	灰色	金色	緑色
膜厚 nm	24.6	36.0	50.4	65.9

図7 赤褐色銅箔の酸化被膜の厚さの計算過程と各色の膜厚

今回の目的 クブロイン法で銅箔の酸化被膜厚を測る

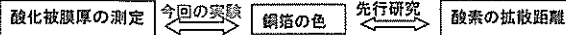


図4 今回の実験と先行研究の関係

② クブロイン法について

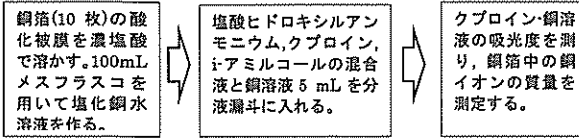
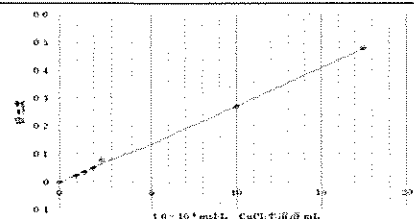


図5 クブロインの構造式と化学式 図6 濃塩酸をかけた銅箔とクブロイン溶液



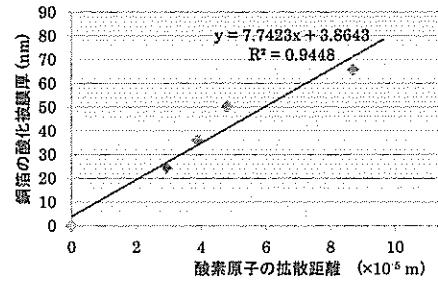
③ 検量線の作製

1.0×10⁻⁴ mol/L の塩化銅水溶液を用いて各体積におけるクブロイン-銅溶液の吸光度を測定し、検量線を作製した。このグラフをもとに銅箔の酸化被膜を溶かし、吸光度を測定することで酸化被膜に含まれる銅イオンの質量を把握できる

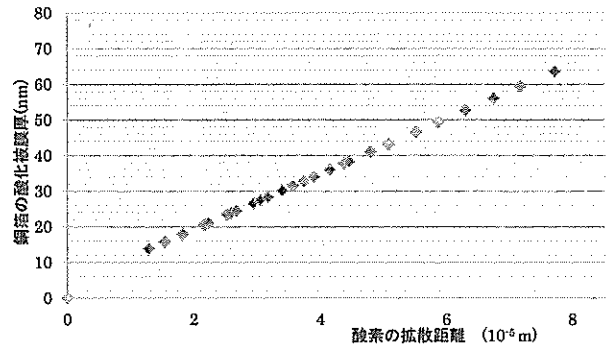


グラフ1 1.0×10⁻⁴ mol/Lの塩化銅水溶液の検量線

⑤ 銅箔の酸化被膜と酸素の拡散距離の関係



グラフ2 銅箔の酸化被膜と酸素の拡散距離の関係



グラフ3 グラフ2を元にした銅箔の酸化被膜と酸素の拡散距離の関係

⑥ まとめ

- 各色における銅箔の酸化被膜厚を測定できた
- 銅箔の酸化被膜厚と酸素の拡散距離には比例関係が成り立ち、酸素が銅内部に侵入し、一定の割合で酸化していることが判明した。
- 銅箔の色調変化を酸素の拡散距離と銅箔の酸化被膜厚を用いて詳細に察することができた。(グラフ3)

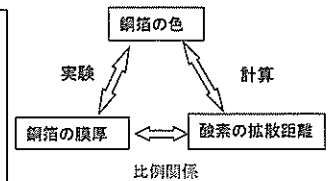


図8 今回の成果の概念図

⑦ 参考文献

- 第58回日本学生科学賞作品集(2014年)「銅箔の色調変化の研究」宮城県仙台第三高等学校 門口尚広
- 銅酸化膜の成膜法による酸化状態の変化 福島県ハイテクプラザ 材料技術部 斎藤 宏、高瀬 つぎ子、伊藤 嘉亮
- 第13回日本学生科学賞作品集(1969年)「銅箔の着色」青森県立青森高等学校化学班
- R. Kirchheim, Metals as Sinks and Barriers for Interstitial Diffusion with Examples for Oxygen Diffusion in Copper, Niobium and Tantalum. Acta Metall. vol.27, pp.869-878 (1979).
- 日本化学会, 実験化学講座 15, 分析化学(上), 101
- Journal of the Korean Physical Society, Vol. 55, No. 3, September 2009, pp. 1243-1249
- E. Gaul, Coloring Titanium and Related Metals by Electrochemical Oxidation. J. Chem. Educ. vol. 70, pp.176-178 (1993).

銅樹の作製におけるビタミンCの影響について

宮城県仙台第三高等学校 伊藤 柚里

1. 目的

資料集、図説に載っている銅樹は、金属光沢のない銅樹(図 1)であるが、光沢のある銅樹の存在が報告されている。2, 3)そこで、光沢のある銅樹を作りたいと考えた。また、実際に銅樹を人に見せたいと考えた。

光沢のある銅樹の作成方法と保存方法を確立する。

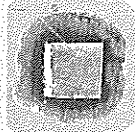


図 1. 光沢のない銅樹

2. 作成方法① (塩化銅水溶液, 亜鉛のみ)

参考文献で見られる銅樹の作成方法である、塩化銅水溶液 (2 mol/L・2 mL) と亜鉛を使うことにする。

《結果》

一部が黒く酸化して光沢のない銅樹(図 2)ができた。銅樹ができてから1, 2日置くと、塩化物イオンの影響で塩化銅に変化してしまう。

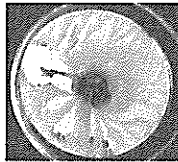


図 2. 作成後の一部が黒く酸化した銅樹

空気中の酸素に銅樹が触れたことで酸化したのではないかな?

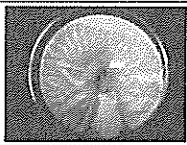
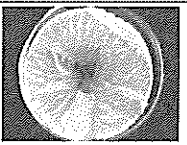
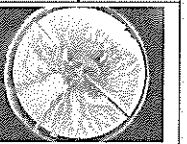
3. 作成方法② (塩化銅水溶液, 亜鉛, ヘキサン)

空中の酸素と銅樹が触れることを防ぐため、ヘキサンを使うことにする。

《結果》

光沢のある銅樹はできた。しかし、少しの振動で銅樹が酸化し始め、光沢がなくなってしまった。(図 3)

図 3 酸化していく様子

作成後	40分後	2日後
		
光沢がある	右上から塩化銅に変化	全体的に酸化し光沢がなくなった

4. 作成方法③ (塩化銅水溶液, 亜鉛, ヘキサン, ビタミンC)

ヘキサンだけではなく、参考文献 4)で見つけたビタミンC水溶液(10 %, 0.5 mL)を加える方法も使うことにする。

《結果》

光沢のある銅樹の作成に成功。(図 4)

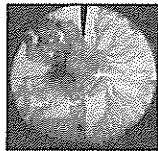


図 4. ヘキサンを用いた光沢のある銅樹

光沢のある銅樹の作成にヘキサンは必要なのだろうか?

5. 作成方法④ (塩化銅水溶液, 亜鉛, ビタミンC)

そこで、ビタミンC水溶液のみを添加して、作成してみた。

《結果》

光沢のある銅樹の作成に成功。(図 5) 数日放置しても変化せず、光沢がある。

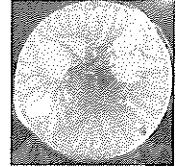


図 5. ヘキサン不使用の光沢のある銅樹

6. まとめ

・ビタミンCにより光沢のある銅樹の作成に成功。

- 条件
- ・塩化銅水溶液 2 mol/L, 2 mL
 - ・亜鉛
 - ・ビタミンC水溶液 10 % 適量
- この条件で、銅樹を1日成長させる。

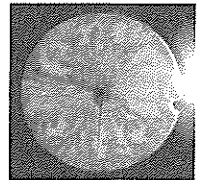


図 6. 光沢のある銅樹

・光沢のある状態で銅樹の約一か月の保存が可能。ビタミンC水溶液 (飽和) で銅樹を洗った後、水分を取り、ラミネートをする。

7. 考察

・ビタミンCが銅樹に与える影響 4), 5)について

ビタミンCの働き

ビタミンCはエンジオール基という化学構造を持つため、ほかの物質へ電子を与える能力が高く、強い還元力を持つ。また、水溶性で空気中や溶液中の酸素を除去する働きがあり、食品や飲料水に酸化防止剤として使われている。ビタミンCは微量の金属イオン (Cu^{2+} など) が存在すると、ビタミンCによる還元は著しく促進される。

ビタミンCが溶液中の酸素や空気中の酸素と反応したため、銅樹と反応する酸素が減少した。また、溶液の Cu^{2+} の存在により還元作用が促進された。

そのため、光沢のある銅樹ができたと考えられる。



光沢銅樹の作成・保存には、空気中や溶液中の酸素に触れさせないことが重要であると分かった。

8. 参考文献

- 1) ダイナミックワイド図説化学
- 2) 金属光沢をもつ銅樹の新発見と生成理論の考察 ～生成要因の揭示と結晶構造の解析～ 宮城県仙台第二高等学校 大村啓貴 針生崇史
- 3) 銅(Ⅰ)水酸化物と光沢銅樹の生成 ～その銅樹、ちゃんと光ってますか!～ 宮城県仙台第二高等学校 大村啓貴 針生崇史
- 4) 平面展開による金属樹の保存とイオン化傾向の理解 東京都立葛西工業高等学校 土屋徹
- 5) 医歯薬出版「基礎栄養学」(2003) 吉田 勉
- 6) ビタミンCの事典 石神昭人

空気砲から出る渦輪の応用利用について

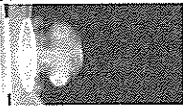
宮城県仙台第三高等学校 理数科 1年 萩田泰晴 佐藤航輝

1 背景・動機

あるテレビ番組で、でんじろう先生の空気砲の実験を見て、空気砲から射出された空気がきれいな輪になり、その形を維持しながら進んでいくのを不思議に思い、同時に何かに利用できないかと考えた。空気砲から出る渦輪の性質から考えた結果、空調への利用が最も適しているのではないかと考え、研究を行った。

2 渦輪の原理

渦輪とは、空気砲から射出されるドーナツ状の空気の塊を言う。渦輪が射出された時に、射出された空気と周囲との流速の差によってその間の層が波打ち、渦を巻く。その渦は空気砲の穴の形に沿ってでき、成長することで渦輪ができる。



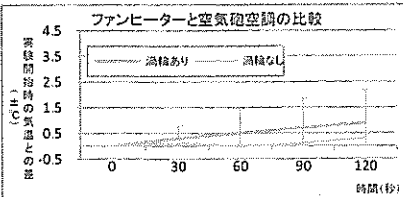
3 実験1 既存の空調に対する優位性

実験器具 ・空気砲 ・デジタル温度計 ・ファンヒーター
・メトロノーム ・対象物（木製）

1. 空気砲を使わずにヒーターで対象物を直接暖め、30秒ごとに2.0m離れた対象物の温度を測定する。
2. 筒で空気砲とファンヒーターをつなぎ、空気砲内の空気を30℃まで上昇させる。
3. 毎分45回の射出間隔で渦輪を2.0m離れた対象物に向けて射出し、対象物の温度を30秒ごとに測定する。

4 実験1の結果

結果



考察
渦輪ありのほうが対象物の温度上昇が大きかった。
→離れた対象物を暖めるには空気砲から出る渦輪を使った方が効率良く暖めることができる。

5 実験2 空調としての性能向上

実験器具 ・空気砲 ・ファンヒーター ・デジタル温度計 ・ドライアイス (100g)

- A: 渦輪の射出間隔と、対象物の温度変化の関係性を調べる。
1. 筒で空気砲につないだファンヒーターで空気砲内を30℃まで上昇させる。
 2. 2.0m先の対象物に向かって渦輪を射出する。その際、渦輪の射出間隔を毎分15回、30回、45回と変化させる。
 3. 対象物に貼り付けたデジタル温度計で15秒ごとに180秒間気温を測定する。
 4. 対照実験として、ファンヒーターを稼働させたまま渦輪を射出せずに測定を行う。
- B: 渦輪の射出間隔と、空気砲内の温度変化の関係性を調べる。
1. Aと同じ方法で、射出間隔を変えて渦輪を射出する。
 2. 空気砲内に貼り付けたデジタル温度計で15秒ごとに180秒間気温を測定する。
- C: 対象物との距離と、対象物の温度変化の関係性を調べる。
1. 100gのドライアイスで空気砲内を15℃まで冷やす。
 2. 射出間隔を毎分15回として対象物に渦輪を射出する。その際、空気砲と対象物の距離を1.0m、2.0m、3.0mと変化させる。

9 まとめ

渦輪は空調機器として利用することは可能であるが、出力としては少し不足する部分もあると分かった。



既存の空調では部屋の気温を一律にしか調節できない。
→既存の空調で部屋全体、渦輪で一人一人の周りの気温を調節することで、部屋にいる全員が心地よく過ごせるのではないかと。

空調機器以外の利用法: 殺虫剤の運搬

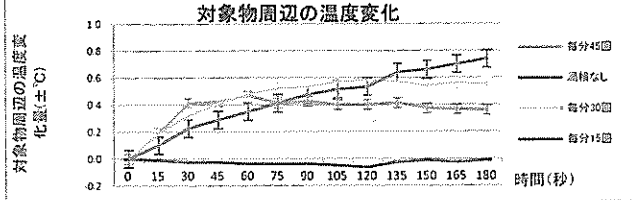
渦輪を用いれば、高い位置にある蜂の巣などを近づけずに除去できる。渦輪を上に向けて射出する実験を行ったところ、水平方向の飛距離とほぼ変わらなかった。また、定量された空気砲を用いれば、何回の射出で致死量に達するかも求められる。殺虫剤の運搬に渦輪を用いることは有効である。

10 参考文献

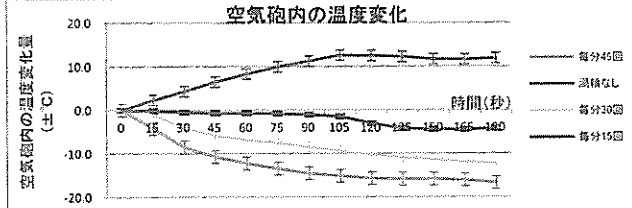
- 1) Shuntaro Nobuyasu 『1つの空間内で個々に異なる空気状態を持つ空間をつくる』
<http://nikker-techno.jp/pdf/1st/H2nobuyasu.pdf>
- 2) 日本流体力学会誌「ながれ」
第24巻 151-160 「噴流の渦」 豊田 國昭
第25巻 265-280 「渦運動の基礎知識 6. 渦輪」 福本 康秀

6 実験2の結果

結果 実験2-A



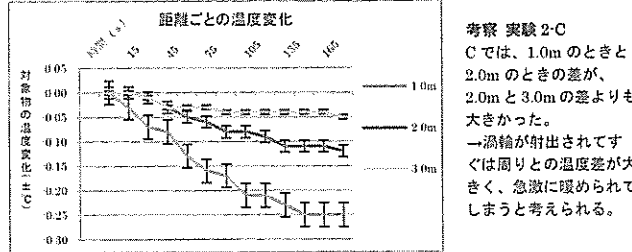
実験2-B



考察 実験2-A,B

A,Bでは、毎分15回射出のときの温度上昇が最も大きく、空気砲内の温度低下が最も小さかった。毎分45回射出のときはその逆の結果となった。
→空気砲内の温度変化が小さいほど対象物の温度上昇が大きいことから、空気砲内の温度を調節する能力によって最適な射出周期が存在すると思われる。

結果 実験2-C



考察 実験2-C
Cでは、1.0mのときと2.0mのときの差が、2.0mと3.0mの差よりも大きかった。
→渦輪が射出されてすぐは周りとの温度差が大きくなり、急激に暖められてしまうと考えられる。

7 実験3 渦輪の性能向上

実験器具 ・段ボール製の空気砲 (射出口: 正円、正三角形、正方形、星形)
・対象物 (縦0.20×横0.22mのティッシュペーパー) ・スタンド
・ものさし ・スローカメラ ・スモークマシン

A: 射出口の形状ごとの、渦輪の進む様子を調べる。

1. スモークマシンで空気砲内の空気を可視化する。
2. 各空気砲から渦輪を射出し、スローカメラで正面から渦輪の様子を撮影する。
3. 渦輪の映像から最大・最小曲率半径を求める。

B: 射出口の形状ごとの、渦輪の飛距離を調べる。

1. 対象物を1.3mの高さにスタンドで固定し、距離を3.0m、5.0m、7.0m、9.0mと変化させる。
2. スモークマシンで空気砲内の空気を可視化する。
3. 対象物と同じ高さから正円、正三角形、正方形の渦輪を100回ずつ射出し、それぞれ何回当たるかを調べる。

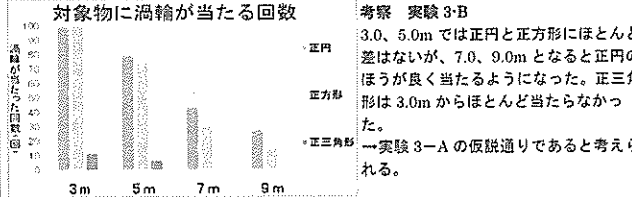
8 実験3の結果

結果 実験3-A

形状	1	0	0.45	0.7
正円	1	1	0	0
正方形	1+0.25	1-0.2	0.45	0.7
正三角形	1+0.3	1-0.4	0.7	0.7

考察 実験3-A
最大・最小曲率半径の差を求めると、正円が最も小さく、正三角形が最も大きかった。
→形状変化が最も少ないのは正円で、進む際に失われるエネルギーが最も少ないと考えた。よって、最も飛距離が大きいのは正円であると考えた。

実験3-B



宮城県内における空間放射線量について
宮城県仙台第三高等学校 理数科1年 海老 健太郎

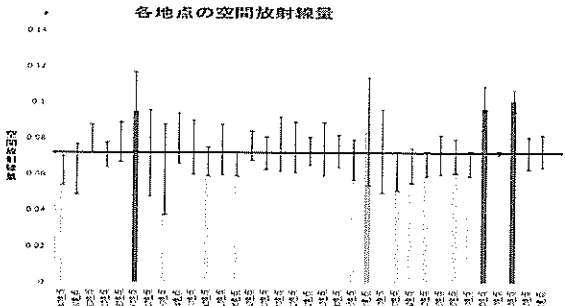
背景動機
興味・関心
疑問・追求
具体化

東電福島第一原発事故の発生
放射性物質の飛散
身の回りの放射線量は安全な値か
仙台三高で放射線量マップを作成
基準値との比較

測定方法

- MiniTraceCSDF 多目的放射線量測定器を使用。各測定地点において地面から1.5mの高さでγ線を10回測定し平均値をその地点の値とする。
- ALPHAI-Xを使用。h、f、k地点で0~10cm、10~20cm、20~30cmの3区間の深さで土を採取し、20回測定し、その平均値をALPHAI-Xに付属のベクレル計算ソフトを用いてベクレル値に換算する。

測定1



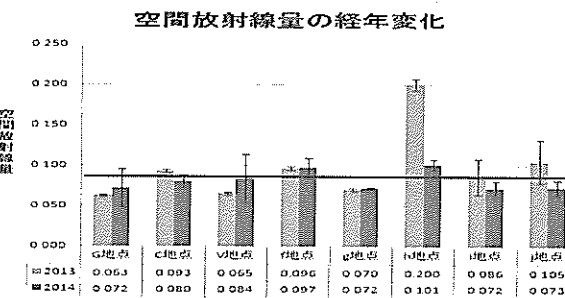
(結果と考察) F、f、h地点はいずれも0.091 μSv/h以上と他の地点に比べ高い数値を記録。F、f、h地点は傾斜が終了して平坦な場所であった。このため放射性物質が雨や風によって流されてきて堆積しやすく、ほかの地点より放射線量が高くなっていると考えられる。

放射線量マップ



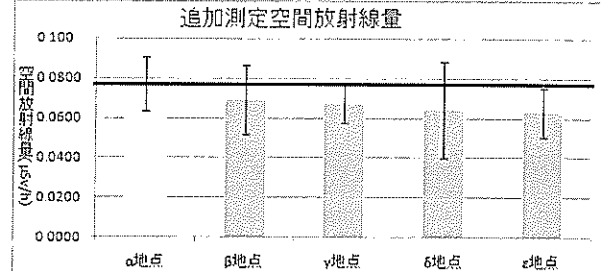
(結果と考察) 地表が土の地点は地表が舗装されている地点よりも数値が高い傾向があった。アスファルトの地点では雨がしみこまないため放射性物質が定着しにくく、雨や風によって流されていってしまうので空間放射線量が低い傾向があると考えられる。一方、土の地点では雨がしみこむときに、放射性物質が土の粒子の間に入りこんで定着してしまうので空間放射線量が高い傾向があると考えられる。

測定2



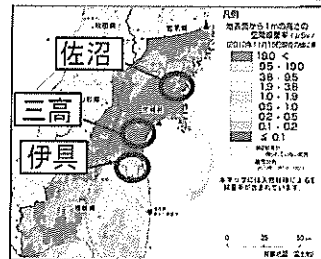
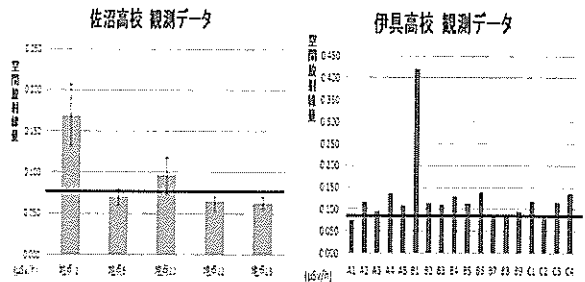
(結果と考察) h地点で空間放射線量が半減していた。h地点にあった放射性物質が水の働きにより土中を移動してゆき、標高が低く水の集まりやすい場所へと運ばれていったのではないかと考えられる。よってh地点より標高が低く、水の集まりやすい場所ではh地点より高い値を記録するのではないかと考え、仙台第三高等学校第2グラウンドで測定3(追加測定)を行った。

測定3 [追加測定]



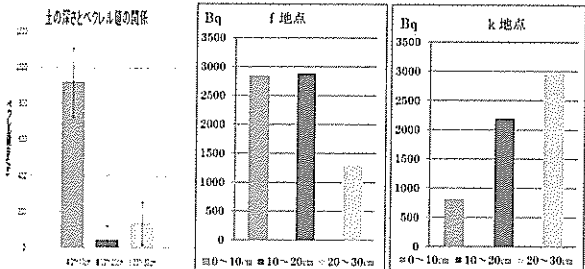
(結果と考察) どの測定地点もh地点よりも低い値しか測定されなかった。仙台第三高等学校第2グラウンドの脇には川が流れていた。この川によって集まってきた放射性物質がすてに川によって遠くへ運ばれてしまったのではないかと考えられる。

測定4



(結果と考察) いずれの連携校も仙台第三高等学校より高い空間放射線量を記録した。原発事故当時、風が図のように吹いていた。このため放射性物質は宮城県の中央を避けるように県北部に運ばれ、原発から最も離れた佐沼高校で仙台第三高等学校より高い値を記録したと考えられる。

測定5



(結果と考察) h、f地点では地表付近で値が高い傾向があり、k地点では深くなるほど値が高くなっていった。各地点の0~10cmの土はh、f、kの順で水がしみこみやすいことが分かった。よって水のしみこみやすさは値の傾向に影響しないと考えられる。

参考文献

- チェルノブイリの葉の花畑から (河田晶東 藤井純子 編著)・よくわかる放射線・放射能の問題 (学研教育出版)・放射線ってなあに? (制作・発行 独立行政法人 科学技術振興機構)・物理小事典 (三省堂)・化学小事典 (三省堂)・百科事典マイペディア
- http://www.geosociety.jp/faq/content0313.html (日本地質学会)
- http://www.nirs.go.jp/db/anzendb/NORMDB/index.php (放射線医学総合研究所)

台湾研修・台湾師範大学附属高校との交流

中国清華精華大学附属高校との国際交流

(JST さくらサイエンスプラン)

つくば研修

白神フィールドワーク

東北大学工学部研修

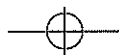
平成27年度 SSH 国際交流行事

昨年まで理数科の生徒を中心に普通科も生徒も含め、2年に渡って定期的に訪台し、英語による課題研究発表やポスターセッション、フィールドワークなどを行って見聞を広げていたが、今年度は姉妹校である台湾師範大学附属高級中学から5月18日～19日の「理数科の日」、7月13日の「教育研修」の2度にわたり、科学班の生徒が来校。

また、7月28日には中国清華大学附属高級中学からも生徒を受け入れ、異文化交流も交えながら、次世代を担う理系の生徒たちと、それぞれの研究を共有し課題研究に関して活発に意見交換を行った。



「SSH 国際交流 関連行事」



[1] 「理数科の日」 台湾師範大学附属高級中学との課題研究発表会

- ・日 時 … 平成27年5月18日(月)～19日(火)
- ・交流参加者 … 台湾師範大学附属高級中学より生徒3名、教員2名

例年行っている国際交流の一つとして、5月18日(月)に仙台三高主催の「理数科の日」に、姉妹校である台湾師範大学附属高級中学から科学班の生徒1年生3名が来校し、本校3年理数科による課題研究に合わせて、ポスターによる課題研究発表を行った。

課題研究発表の集大成であるこの「理数科の日」には、大学教授や宮城県教育委員会からの指導主事なども含め多数来校し、指導助言をいただいた。台湾師範大学附属高級中学の生徒による発表や質疑応答は全て英語で行い、詰めかけた仙台三高生の1・2年生も日ごろの授業で培った英語力を使って、熱心に発表に耳を傾けた。

翌5月19日(火)は、午前中は本校の学校設定科目である「SSH 英語」「SSH 課題研究基礎」の授業に参加。「SSH 英語」では自然現象に関するプレゼンを、本校1年生40名とともに英語で行って意見交換した。「SSH 課題研究基礎」では9mの高さから落としても、中の卵が割れない装置エッグドロップの最終実験を観察、「体育」の授業では日台の生徒混在でペアを組み、卓球の試合を行うなど親睦を深めた。午後には理数科2学年の生徒80名と「東北大学工学部研修」に参加。附中の3名の生徒は、仙台三高生とグループになってそれぞれ「機械知能・航空工学科」と「化学・バイオ工学科」の研究室を訪問して施設見学し、材料工学分野では最先端の研究に触れ、見識を深めた。

[2] 台湾師範大学附属高級中学・科学班 と 授業参加と国際交流

- ・日 時 … 平成27年7月13日(月)
- ・交流参加者 … 台湾師範大学附属高級中学より生徒30名、教員と保護者4名

台湾師範大学附属高級中学の科学班2年生の「教育研修旅行」に合わせて、34名が来校。台湾師範大学附属高級中学の科学班の生徒たちは4班に分かれ、校舎や施設見学をしたのち、それぞれ授業に参加した。

附中の生徒たちは、本校理数科の1・2年生160名とともに「古典」「物理」「数学」「化学」などの授業をうけた。「化学」の授業では自由な発想で活発に意見交換しあいながら、グループ内で発表し、「古典」の漢文の授業では、中国の音韻を直接助言してもらうなど、英語でコミュニケーションを取りながら意欲的に国際交流を行った。授業参加ならびに参観の後、パワーポイントによる学校紹介を含めた国際交流会を開催。さらには、「Intel ISEF2015 国際学生科学技術フェア」の化学部門で優秀賞3位受賞した、理数科2年の門口尚広による口頭発表を行い、英語による質疑応答を交わしたり、フォトセッションを行うなど、お互い大変有意義な機会となった。

③ 中国清華大学附属高級中学との課題研究発表会

ならびに 国際交流会（JST さくらサイエンスプラン）

・日 時 … 平成27年7月28日(火)

・交流参加者 … 中国清華大学附属高級中学より生徒10名、教員1名（と東北大学大学院生2名、教員1名）

本校の運営指導委員であり、課題研究で指導助言をして下さっている東北大学工学部教授の安藤先生からの推薦で、「JST さくらサイエンスプラン」の研修の一環として、課題研究発表と国際交流会を実施した。

清華大学附属高級中学からは、パワーポイントによる口頭発表4題、仙台三高生からも口頭発表とポスターセッションの2分野で発表を行い、意見交換を行った。グローバル化が加速している現代において、同じように科学に興味を持つ生徒同士が自由に意見交換しながら、英語で意見を交換しあった。そののち、仙台三高生の案内で、校地内の施設見学や部活動見学と体験などを行った。中国清華大学附属高級中学の生徒たちは「弓道」「剣道」「茶道」などの日本の伝統を有する部活動に大変興味をもち、また仙台三高生と一緒にハンドボールのシュート体験を行うなど、積極的な異文化交流を行った。

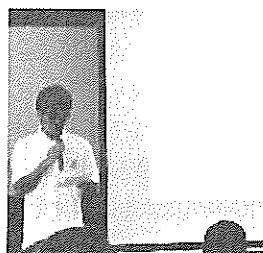
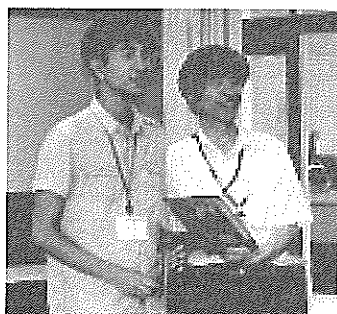


【台湾師範大学附属高級中学との交流】

「理数科の日」での課題研究発表した時の様子（左・右）や1年生の英語の授業に参加した時の様子（中央）

【台湾師範大学附属高級中学との交流】

仙台三高の授業に参加した様子や交流会の様子（左・中央）と東北大学工学部の研究室での研修の様子（右）



【中国清華大学附属高級中学との交流】

学校紹介や異文化交流の様子。中央は清華大学の邱楠博士(左)本校の氏家仁校長(右)。

SSH つくば研修 2015!

希望者 1, 2 年生 40 名を対象として, 8 / 3 ~ 5 日につくば市にある JAXA 筑波宇宙センター, KEK 高エネルギー加速器研究機構, 物質・材料研究機構 NIMS に行きました! 先進的な研究施設を利用した実習・講義・見学により, 理数系領域への興味関心がさらに深まりました!



H2 ロケット前にて

1 日目 JAXA 筑波宇宙センター & 旅館



大迫力! 宇宙へロマンが広がります。旅館で勉強中! みんなと一緒に集中できました!

2 日目 KEK 高エネルギー加速器研究機構



TF 見学。国際リニアコライダーの次世代の加速器実現に重要な役割を担っています。



Belle II にて。SuperKEKB 加速器での実験で生成される膨大な素粒子反応をとらえます

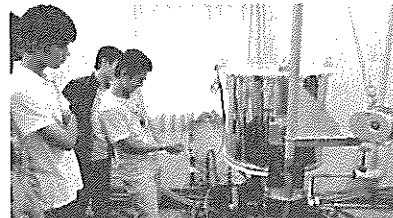


展示用スパークチェンバーを用いた宇宙線の観測。難しい! けど面白い!

3 日目 物質・材料研究機構 NIMS



ミネラルファンデーション作り。身近な材料で作る事が可能です!



超伝導マグネット
真剣に取り組んでいます!



超伝導マグネット
見て下さい! 手をはさんで磁力が働いてきます。

支援金が出るのはこれで最後だ！いざ、KEKへ！

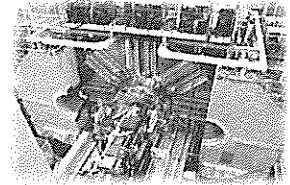
仙台第三高校 2年 佐藤一真 佐々木太一 村田亮輔 弓田諒 横田直哉 金澤綾青

KEKってどんなところ？

KEKの研究目的は、大型加速器を用いることにより、宇宙の起源や物質や生命の起源を探求すること、研究者の自由な発想による「真理の追究」を育むことにある。また、こうした大型加速器を用いて研究を円滑に進めるためには、高度な技術支援が必要であり、その過程で生み出された技術は、新素材の開発や強化、表面処理などの工業技術から命の不思議を探り、病気の早期発見や治療まで様々な分野に活用される。社会に貢献することもあ

高エネルギー加速器とは？

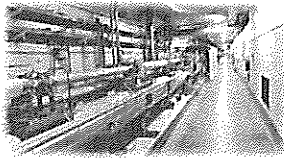
加速器というのは、粒子に運動エネルギーを与えて、速度を上げるための装置である。粒子を光の速度まで加速させ、高いエネルギー状態にするのが高エネルギー加速器である。電荷をもった粒子は電場の中で、エネルギーをもらい速度が高くなる。二つの電極板により電場をつくって、負の電荷をもった電子を穴から電場に入れると、正の電極板に向かって引き寄せられる。このとき、電子は加速され、速度を上げて正の電極に向かう。このときの電子の運動エネルギーは、電場の中での位置エネルギーが運動エネルギーに変えられたもの。飛び出ている部分に入って、実験を行う。



高エネルギー加速器機構の組織

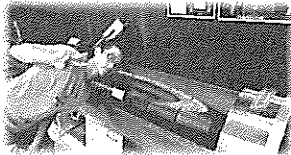
素粒子原子核研究

粒子や宇宙の起源の解明小林誠、益川敏英の両博士のノーベル賞受賞に貢献。



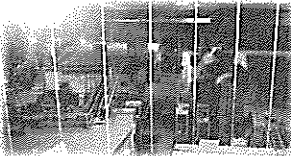
加速器研究施設

KEKで用いる、加速器などの機材の設計、建設、運営を行う。



物質構造科学研究

粒子と磁力によって生まれる光で粒子レベルの大きさを見て研究。



共通基盤研究施設

コンピュータを用いて放射線など精密なものを管理。

KEKには
ありません



いったい何をしているのか

おもに四つの研究分野があるが、二つ調べた

① 素粒子の研究

「ビーム」や、それを形成する粒子、電子などに関わるもの。特にビームの強度や細さを追究するものが目立つ。この二つを高めることでより質の高い物理データが得られるという。例を挙げると、「LINAC」の開発、「国際リニアコライザー」の開発がある。

② 加速器の研究

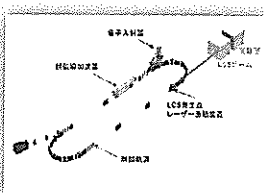
多くはニュートリノや、K中間子などの素粒子の動きを観測し、新しい物理的法則を導くというもの。宇宙の始まりを陽子の衝突によって再現し、解き明かそうという壮大な研究も行われている。このように実験は素粒子という極小な研究対象でありながら、非常にスケールが大きい。「バドロンビーム」の生成、「K中間子の崩壊パターン測定」が他の実験例として挙げられる。

③ 物質構造の研究

電子加速器から発生する放射光や低速陽電子、陽子加速器から発生する中性子やミュオンを使って物質・生命の構造を分子や原子のスケールで解明する研究を行っている。これらの研究は新素材や新機能の開発など、私たちの生活をより快適・便利にする応用研究につながっている。

④ 大学共同利用

大学が持つことが難しい最先端の大型装置を大学の研究室に提供し、高度な研究者を育成し、日本の学術研究の発展に貢献している。

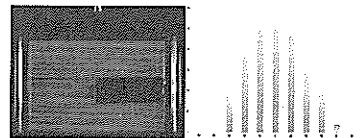


宇宙線とは？

ひと昔前、加速器の無い頃は、宇宙線の観測が行われていた。

宇宙線は普通、目には見えず、電子の動きと中のヘリウムガスが反応して、可視化できるようにする装置(図1)を用いる。宇宙線の正体は μ (ミュ)粒子という素粒子だ。

宇宙線はいくつも地上に降り注いでいるが、どのくらい降り注いでいるのだろうか。そこで私たちは実習として、ある一瞬で何本、どのくらいの角度で宇宙船が降り注いでいるのかを調べ、グラフにまとめた。その結果が右のグラフ(縦軸が宇宙船の数、横軸が地面との垂直な線を 0° としたときの角度を表している)である。角度の絶対値が大きいかほど数が少なくなっている。なぜこのようなことがおこるのだろうか。それは、角度が大きいかほど進む距離が長くなり、 μ 粒子が壊れてしまうのである。



まとめ

KEKは

- ・加速器を用いて高度な実験が行える
 - ・大学共同利用機関として、日本を含め世界に実験場を提供
 - ・理論の提唱なども行う
- ⇒世界でも有数の機関・施設として各方面に貢献している！

参考文献

- ・キッズサイエンティスト
- ・KEK 大学共同利用法人 高エネルギー加速器研究機構
- ・東京大学基金

KEK ってかっけー。

宮城県仙台第三高校 1年 秋葉 颯大 西下 允人 松浦 紘夢

佐藤 弘基 畠山 偉織 坪井 敦也

・KEKとは？

→高エネルギー加速器研究機構(KEK)は、加速器と呼ばれる装置を使って基礎科学を推進する研究所です。高エネルギー加速器は、電子や陽子などの粒子を光の速度近くまで加速して高いエネルギーの状態を作り出す装置のこと。

↓もうちょっとわかりやすく…

・KEKは人類の知的資産の拡大に貢献する。

→KEKは自然界に働く法則や物質の基本構造を探求することにより、人類の知的資産の拡大に貢献します。そのために素粒子・原子核に関して、また、生命体を含む物質の構造・機能に関して高エネルギー加速器を用いた実験的研究や、理論的研究を推進している。

・KEKは世界に関わられた国際的な研究機関である。

→KEKは世界の加速器科学の研究拠点として、国際共同研究を積極的に推進します。また、アジア・オセアニア地域に位置する研究機関として、諸機関との連携協力を重視し、同地域における加速器科学の中心的役割を果たしている。

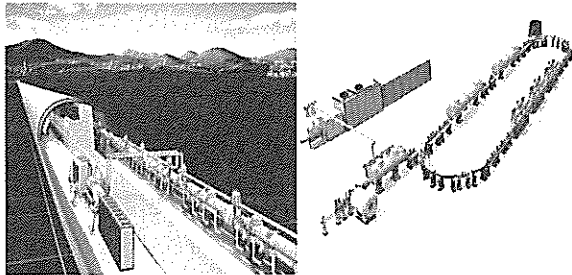
…まあ、こんな感じだよ。

・機構の目的は？

→日本の加速器科学(高エネルギー加速器を用いた素粒子・原子核に関する研究、生命体を含む物質の構造・機能に関する研究、加速器の性能向上に関する研究および関連する基盤技術に関する研究)の総合的発展拠点として研究を推進し国内外の関連分野の研究者に対して研究の場を提供すること。

・加速器をもっと詳しく！

→KEKの研究活動における基本的な道具である加速器の開発研究、運転、維持も機構内で行っている。現在KEKには、加速する粒子で分類すると、陽子及び電子、また加速器の形態で分類すると線形加速器と円形加速器があり、いずれも世界最高クラスの性能を誇っている。さらに…国際リニアコライダー(左)やコンパクトERL(右)といった次世代加速器も研究開発している。



・素粒子・原子核の研究

→この世界にある物質を構成する素粒子や原子核、さらにそれらに働く力の性質などを明らかにするため実験と理論の両面から研究を行っている。

↓研究プロジェクト一覧

・標準理論を超えて

SuperKEKB プロジェクト

標準理論を超える新しい物理法則の解明を目指している。

KEKの成果！

ニュートリノの謎に迫った

T2K実験

T2K実験は、茨城県東海村の大強度陽子加速器施設J-PARCのニュートリノ実験施設において人工的に発生させたミュー型ニュートリノの変化を295km離れた岐阜県飛騨市神岡町のスーパーカミオカンデで検出することにより、ニュートリノが別の種類に変わる「ニュートリノ振動」を測定、ニュートリノの質量をはじめとした未知の性質の解明を目指す実験である。2013年7月19日にはミュー型ニュートリノが飛行中に電子型ニュートリノへ変化する「電子型ニュートリノ出現現象」が確実に起こっていることを世界で初めて示した。今後J-PARCの加速器の更なる増強により、ニュートリノにおけるCP対称性の破れの研究等が推進予定。

2013年、遂にヒッグスを発見した

ATLAS実験

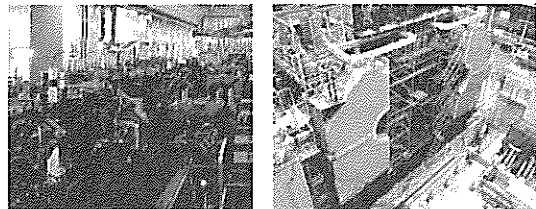
ATLAS実験は、38カ国から約3000名が参加する国際共同実験である。スイスのジュネーブ近郊のCERNにあるLHC加速器を用い実験を行っている。2012年7月4日、CMS実験と共に新粒子を発見したと発表、その後この粒子はヒッグス粒子の性質をもつことを確かめた。ヒッグス粒子は素粒子に質量を与える機構の鍵を握る粒子とされ、50年近く発見が待ち望まれてきた。フランソワ・アンブレール、ピーター・ヒッグス両博士の2013年ノーベル物理学賞受賞には、この発見が大きく貢献している。KEKはLHC加速器やATLAS測定器の建設などの技術面でも貢献している。

・KEKに行ってみた

→多くの施設や研究室があった。左に書いた加速器については、講義を受けさせていただき、より深く学ぶことができた。暗黒物質と呼ばれる未知なる物質の解明や、最先端物理学の発展に大きくかかわっていることを知った。

→ほかに、4つの力についても学ぶことができた。4つの力とは、粒子における重要な力で、「弱い力」、「強い力」、「電磁力」、「重力」です。弱い力とは、簡単に言えば粒子の電荷を変え、余った材料を放射線として放出する役目をしている。強い力も簡単に言うならば、核を核の状態として保つ役目をしている。電磁力は、電子を軌道上の進行を保つ役目をしている。重力は、核の質量から生まれ、とても遠くまで伝わる力である。ということを知った。

下の写真は、実際に見てきたsuperKEKB加速器(左)と、Belle II(右)である。Belle IIとは、加速器の一種のこと。



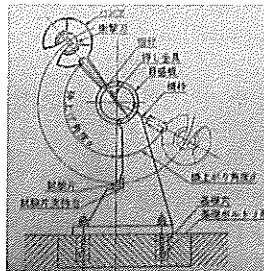
NIMS(国立研究開発法人物質・材料研究機構)とは？

物質・材料科学技術に関する基礎研究および開発等を総合的に行うことで物質・材料科学技術の向上を図るために設けられた研究所のこと。最先端技術を利用して、無機、有機の垣根を越えて発現する、再生可能エネルギーの利用を促進するための新材料、省エネルギーに資する新材料、環境負荷の低い新材料、希少元素の减量・代替・循環のための新材料に関する研究を進めている。

低温脆性(ていおんせいせい)

・**脆性とは？**：物質の脆さ(もろさ)。対義語は韌性(：壊れにくいこと)と展延性(：変形すること)。

・**低温脆性**：金属材料が温度低下によってもろくなる性質。結合により強い力が物体に加わったときには、耐えきれずに破断する。要するに、加わった外力を吸収する変形能力が乏しいことの意味である。

実験(シャルピー衝撃試験)

試験片を破断するために要したエネルギー (E) の求め方

$$E = Pgd(\cos\beta - \cos\alpha)$$

P:ハンマーの質量(kg)

g:重力加速度 9.80665m/s²

α:ハンマーの持ち上げ角度

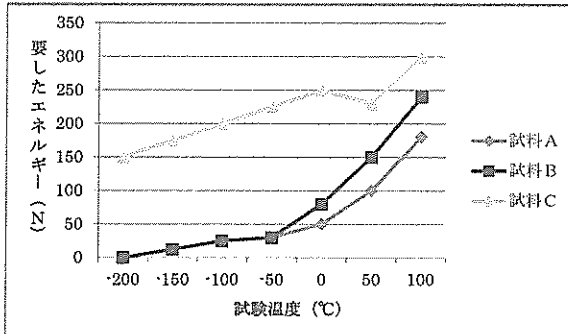
β:ハンマーのふり上がりの角度

試料A(フェライト鋼、結晶が大きい)

試料B(フェライト鋼、結晶が小さい)

試料C(オーステナイト系ステンレス鋼)

それぞれの試料を試験温度:-196度 0, 20度 100度にしてハンマーで割る割った際にハンマーに要したエネルギー(E)を上公式から求める。

実験結果

グラフのように試料Cのみ破壊に要するエネルギーが温度に影響されず、試料A、Bは温度の上昇によってエネルギーが大きくなっている。

・**脆性破壊**：韌性や延性が低いために起こる破壊で、ガラスなどによく起こる。これが原因の事故も昔から多々ある。

世界最長クリーブ試験：

鉄を引っ張り続け壊れる限界まで伸ばしてその耐久性をはかる研究である。2011年にNIMSは鉄の棒を約40年(356838時間)引っ張り続けてなんと世界最長記録をもたらした。この試験で最も重要なことは、精密な温度管理である。鉄などの金属は1℃上がるだけで1000分の1ミリも熱膨張で伸びてしまいます。そのため、プラスマイナス1℃以内で保たなければ世界最長には届かない。

夢の物質 超伝導物質：

超伝導…特定の温度以下にまで冷やすと、その物質の電気抵抗がゼロになる現象。(この状態の物質を超伝導物質という。)いまだに、そのメカニズムは不明である。

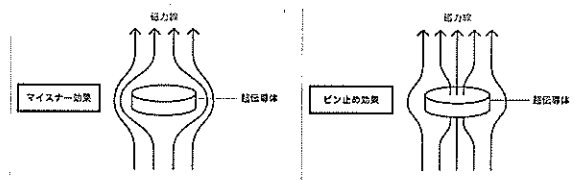
- ・電気抵抗がゼロ=電力輸送に使える
- ・電気抵抗がなくなること以外に、マイスナー効果、ピン止め効果といわれる現象も起きる。

マイスナー効果

完全な超伝導体が物質の中の磁場を外に押し出す現象。

ピン止め効果

第2種と呼ばれる超伝導体に含まれる超伝導体になれなかった不純物の部分を磁場が通る現象。



超伝導が応用される分野 身近なところから、いろんな分野にまで

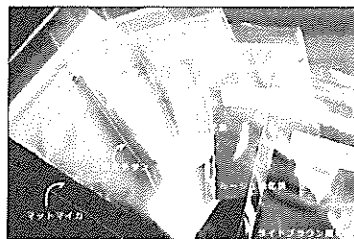
- ・電力輸送
- ・医療での画像診断
- ・リニアモーターカー

超伝導は常温では起きないが、もし常温で超伝導を起こせれば、身近なものに应用されて、過ごしやすい生活ができる。

ミネラルファンデーション：

ミネラルファンデーションとは、天然の鉱物(ミネラル)で作られたファンデーションのこと。肌への負担の少なさが特徴として挙げられる。

主な成分は、顔料の役割であるマイカ(雲母)、顔料と紫外線散乱剤の役割である酸化チタン、酸化鉄、酸化亜鉛の4つの無機物である。NIMSで行っているミネラルファンデーション作り体験では、そこの研究で使っている鉱石を使用している。



感想：今回NIMSの見学に行かせてもらい、我々の身近にある材料が長年の研究によって利用されていることを改めて痛感しました。NIMSの皆さん、この度はありがとうございました。

参考文献：低温脆性

- ・ <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%81%9C%E3%81%84%E6%80%A7>
- ・ <http://niton.com/keyword/%C4%E3%B2%B9%C0%CS%C0%AD>
- ・ http://ms-laboratory.jp/strength/4_2/4_2.htm
- ・ [http://www.sozogaku.com/fkd/ef/CB0011020.html\(2015/7/23\)](http://www.sozogaku.com/fkd/ef/CB0011020.html(2015/7/23))

超伝導物質

- ・ http://www.nims.go.jp/units/u_superconducting-properties/index.html
- ・ <http://www.istec.or.jp/description/description.html>

ファンデーション

- ・ [http://ミネラルファンデ.jp/about_mf/ \(2015/07/21\)](http://ミネラルファンデ.jp/about_mf/)
- ・ [http://35-45.net/mineral-foundation/mmu-toha/ \(2015/07/21\)](http://35-45.net/mineral-foundation/mmu-toha/)

NIMSと再生医療

宮城県仙台第三高校 1年 山田大道 福山隼平 木村幹久 佐藤佑星 佐藤 豊 富田 怜

1. NIMSについて

NIMSとは、国立研究開発法人物質・材料研究機構(National Institute for Materials Science)といい、物質や材料の研究を総合的・専門的に行う公的研究機関だ。

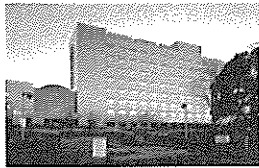
「独立行政法人物質・材料研究機構法」が定めるところにより、物質・材料科学技術の水準の向上を図ることを目的としている。

NIMSの研究プロジェクトは大きく分けて

- ・環境・エネルギー・資材材料領域
- ・ナノスケール材料領域
- ・先端的共同技術領域

となる。

この中で私たちはナノスケール材料領域について調べることにした。



2. 研究内容(ナノスケール材料部門)

ナノスケール材料部門は主に四分野に分けられている。「システムナノテクノロジー分野」「ケミカルナノテクノロジー分野」「ナノエレクトロニクス分野」「ナノバイオテクノロジー分野」である。

私たちはナノバイオテクノロジー分野について調べることにした。ナノバイオテクノロジー分野では安全・安心の先進医療へ向けたナノスケールでの研究を行っている。特に病気の「診断・予防」と「治療」の二つに焦点を合わせている。これらの技術が発達すれば既存の治療法に要する時間と費用の大幅な削減が期待される。

3. 研究内容

ナノバイオテクノロジー分野におけるナノスケール材料部門では、無機・有機の垣根を超えて、物質のナノスケール特有の現象や機能を探求して課題解決に資する挑戦的な研究に取り組む事を目的としている。これは、世界トップレベル研究拠点の「国際ナノアーキテクトニクス研究拠点 (MANA)」が担っている。

今日の新材料開発では、最近の20数年間に目覚ましい発展を遂げたナノテクノロジーが中心的な役割を果たしてきたが、MANAは、それを新しい技術体系「ナノアーキテクトニクス」として捉え、実現・利用するため、「ナノマテリアル」、「ナノシステム」、「ナノパワー」、「ナノライフ」の4つの研究分野で基礎から応用にわたるさまざまな挑戦的研究を進めている。

このナノスケール材料部門で私たちは、「ナノライフ」という研究分野の生体機能材料ユニットと生体組織再生材料ユニットに目を付けた。

この2つのユニットでは、主に最先端医療のための材料開発を行っている。

まとめ

NIMSの開発は、新たな研究に励み世界へ大きく貢献している。特に、ナノバイオテクノロジーによる生体機能材料の創出で革新的な研究成果をあげているようだ。これからは、骨折や、病気になっても、少ないコストで、かつ早い期間で治すことができる時代がくるだろう。

4. 再生医療への応用

・再生医療とは

患者自身の細胞を利用して、足場材料と生理活性物質を組み合わせで培養し、様々な細胞を利用することにより、様々な組織・臓器を再生できる。さらに自家由来の細胞なので免疫反応を避けられることなどから、従来の治療法より進歩した画期的な治療法として期待されている。

その再生医療には細胞、足場材料、および細胞成長因子という3つの要素がある。これらの3つの要素を単独、あるいは組み合わせた形で利用することによって、生体内、および生体外で組織・臓器を修復し再生させる。

・生体再生のための材料開発

より優れた足場材料が物質材料研究機構によって開発された。

足場材料とは生体内で細胞と接着し組織構造を保持するものである。

これにより ips 細胞などの幹細胞が使いやすくなり再生医療商品の実用化が大きく期待できる。

これらの何が優れているのかというとより高い親和性をもつため生体に対する悪影響が非常に少なく、高い強度を持ち、ある程度細胞が増殖した後は分解・吸収されるといった高い生体吸収性を持つ。

これらにより現在では軟骨や皮膚などの組織を再生できた。

参考文献

国立研究開発法人物質・材料研究機構 | NIMS

<http://www.nims.go.jp/index.html>

宇宙とJAXAについて

宮城県仙台第三高校 2年 武田くるみ 氷室友佳乃 澁谷也哉子 立花琴梨

JAXAとは

JAXAは「Japan Aerospace Exploration Agency」の略称で、日本語の正式名称は「宇宙航空研究開発機構」という。

2003年に宇宙科学研究所（ISAS）と航空宇宙技術研究所（NAL）と宇宙開発事業団（NASDA）の三機関が統合して誕生した。この統合により、基礎研究から開発・利用に至るまで、1つの組織で一貫して行える体制が整えられることになった。JAXAは政府全体の宇宙開発利用を技術で支える中核的実施機関と位置付けられている。また、2015年に国立研究開発法人となり、同法人の設立趣旨である日本全体の研究開発成果最大を目指している。

JAXAは宇宙航空に関するさまざまな活動を行っており、主な業務内容は

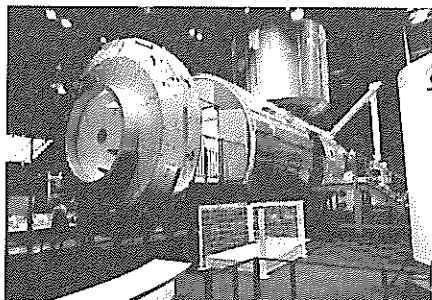
- 1.地球観測や通信衛星による貢献
- 2.宇宙科学の研究
- 3.人工衛星等を打ち上げるロケットなど宇宙輸送システムの開発
- 4.国際宇宙ステーション計画などの参加による宇宙環境の利用
- 5.航空技術の研究
- 6.宇宙航空分野の基礎技術基盤の研究
- 7.産学官連携の推進による宇宙ビジネスの創出
- 8.日本の宇宙航空技術、観測成果を用いた国際協力
- 9.青少年の宇宙教育や研究者、技術者の育成となっている。

ロケットについて

ロケットは、H-IIA ロケット(標準型)の場合、大きく分けて4つの部分から構成されている。まず、一番大きな部分で打ち上げ初期からロケット全体の上昇・加速を行なうための第1段液体燃料ロケット、第1段目の両脇に取り付けられ打ち上げ当初の推力を増強する2本の固体燃料ロケット(SRB-A)、第1段燃焼終了・切り離し後、衛星などを最終加速し正確な軌道に乗せるための第2段液体燃料ロケット、さらに打ち上げ時の空気抵抗、空力加熱、外部音響などから衛星を守るためのカバーである衛星フェアリングからなっている。機内にも、間違ってもボタンに触れても誤作動を起こさないような装置を付けるなどの工夫もされている。

役割としては、宇宙飛行士や食糧だけでなく人工衛星も届けている。そのおかげで、現地に滞在し実験を行うことが出来たり、日々の生活を影で支えている人工衛星を飛ばすことが出来る。また、その大きさは科学衛星を打ち上げるのに用いられてきた3段式のM-Vロケットが全長約30m(重量約140トン)で、1段式の小型観測ロケットであるS-310は全長約7m(重量約700kg)だ。

ロケットで内之浦から打ち上げられるものだと最近では小型観測ロケットも含めて年2機程度である。記憶に新しいものだと、8月19日(木)20時50分49秒(日本時間)、星天の種子島宇宙センターから、宇宙の定期便「こうのとりのり」5号機を搭載したH-IIBロケット5号機が打ち上げに成功した。



まとめ

JAXAの行っている宇宙に関する活動は、私たちにとても身近なところで深く関わっていることがわかった。特に人工衛星や、それを打ち上げるためのロケットはもはや今の生活を送るためには必要不可欠のものである。私たちが踏み入れたことのない、未知の世界である宇宙は実は近いものなのかもしれない。

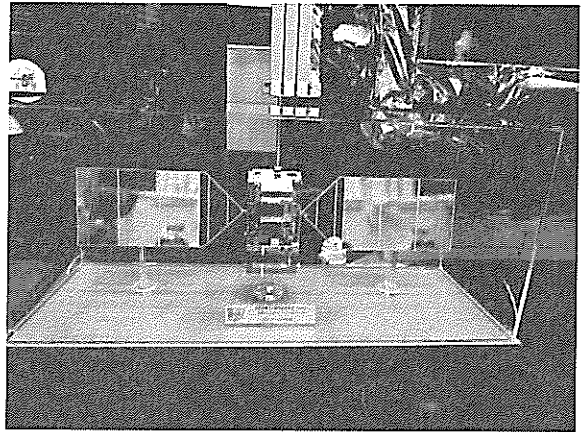
人工衛星とロケットの社会への影響

人工衛星とロケットによってさまざまな影響があった。人工衛星は天気予報をより正確に観測できるようになり、最近では時間の間隔を狭め、雲が実際に動いているのかのように観測できるようになるようである。しかし、運用期間を終えた人工衛星が宇宙ゴミとなり宇宙に浮遊することによって、運用中の人工衛星や作業中の宇宙飛行士との衝突や、打ち上げにコストがかかり過ぎることが現在問題となっている。

また、ロケットの開発が進んだことにより、宇宙ステーションへの物資の輸送や人工衛星の打ち上げの成功率が上がり、より宇宙での活動や調査がしやすくなった。問題点は人工衛星と同様に、打ち上げにコストがかかり過ぎることなどが挙げられ、社会貢献の度合いを上げるためにはこの点の改善が必要になると思われる。

人工衛星について

形はさまざまあり、だいたい本体に太陽電池パドルとアンテナがつけられている。本体を覆っているものは、断熱材。宇宙には、ロケットによって運ばれる。



☆ JAXAが打ち上げた人工衛星

- ・実験用中型放送衛星「ゆり」
- ・データ中継技術衛星「こたま」
- ・超高速インターネット衛星「きずな」
- ・陸域観測技術衛星「だいち」
- ・温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」
- ・水循環変動観測衛星「しずく」

参考文献

JAXA 公式ホームページ <http://www.jaxa.jp/>
<http://fanfun.jaxa.jp>

人工衛星が起こす奇跡！！

宮城県仙台第三高校 1年 伊藤 大翔 蜂谷 和輝 浅野 敬大 土井 うたの 小田島 菜緒 川渡 綾音

1. JAXA(宇宙航空研究開発機構)

JAXAは「宇宙と空を活かし、安全で豊かな社会を実現する」を経営理念とし、日本の宇宙開発利用の基礎研究・開発・利用を行っている。主な活動内容は、人工衛星による宇宙利用・宇宙科学の研究・ロケットなど輸送システムの開発・宇宙環境の利用・基礎技術基盤の研究・航空技術の研究である。

筑波宇宙センター

筑波宇宙センターは宇宙輸送ミッション本部、宇宙利用ミッション本部、有人宇宙環境利用ミッション本部、研究開発本部、宇宙科学研究本部の5つの本部で構成されており、日本の宇宙開発の中核を担っている。

JAXAの推進する活動のうち

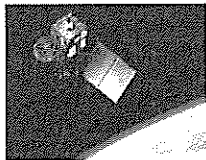
- ・宇宙からの目となる人工衛星の開発・運用およびその観測画像の解析・「きぼう」日本実験棟を用いた宇宙環境利用、宇宙飛行士養成
- ・ロケット・輸送システムの開発、技術基盤確立のための技術研究推進を行う。

2.人工衛星とは

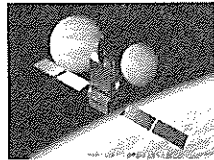
人工衛星とは、様々な目的を達成するためにロケットで打ち上げられ、地球や月など太陽系の惑星の周囲を公転する人工の物体のこと。

世界中で多く打ち上げられている人工衛星は形や名称は使用する目的によって少しずつ違っている。

- ① 通信衛星…電波を用いた無線通信の目的。間接的放送
- ② 放送衛星…無線通信の目的。衛星から直接放送できるもの
- ③ 気象観測衛星…気象観測を目的
- ④ 測地衛星…測地や正確な地図をつくる目的
- ⑤ 地球観測衛星…大気や海洋、地表面などの詳細な観測を目的
- ⑥ 科学衛星…天体の観測や地球環境の調査などの科学研究を目的などがある。



気象衛星



科学衛星

3.小惑星探査機はやぶさ2

「はやぶさ2」は2003年に打ち上げられた「はやぶさ」の後継機で、有機物や水を含むと考えられている小惑星「1999 JU3」のサンプルを持ち帰ることが目的。「はやぶさ」で実証された技術を活かした上で新しい技術を取り入れ、小惑星探査技術をより確実なものにすることも目的の一つである。

多くの部分の設計は「はやぶさ」と類似している一方、「はやぶさ2」ではアンテナがお椀状から平面になり、衝突装置(SCI)が搭載された。「はやぶさ」が打ち上げられてから発達した技術である。

SCIは小惑星表面に直径数メートル程度の人工のクレーターをつくるための機器で、爆薬を使用して衝突体を小惑星に衝突させる。衝突により露出した表面からサンプルを採取することで、宇宙風化や熱などの影響をあまり受けていない、新鮮な地下物質の調査が出来ると期待される。

「はやぶさ2」は2014年に種子島宇宙センターから打ち上げられた。2018年半ばに小惑星に到着し、2020年末頃に地球に帰還する予定だ。

4.人工衛星の社会利用

人工衛星の衛星データは、地球での人々の生活に生かされている。

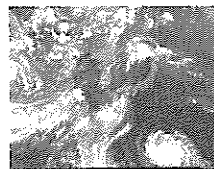
1. 農林・水産分野への利用

JAXAは人工衛星を使って、田畑の作物の生育状況や海中に存在する植物プランクトン濃度を計測して、コンサル業者や商社に提供している。それらの情報は農家や国、地方自治体に活用されている。

2. 気象・環境分野への利用

雲の動きや海の表面温度を観測し、天気予報に役立てられている。夜の雲の動きは、赤外線を検知することで計測している。

また、地球温暖化対策としては、温暖化の原因となるメタンや二酸化炭素などのガスの観測や森林伐採の監視を行っている。



左図：気象衛星による画像

右図：アマゾンの森林伐採の監視画像

3. 通信・測位分野への利用

電波が届かないような僻地や離島などでは、通信衛星が重要な役割を担っている。また災害時には、バックアップ回線として人々を助けている。

また、GPS(全地球測位システム)は、カーナビや携帯電話で利用されていて人々の暮らしに欠かせないものとなっている。

まとめ！！

人工衛星はその一つ一つが地球で生活している人々の暮らしに役立つ地図の作製、更新のための情報、人々を災害や人災から守る災害監視や地域観測の情報、宇宙利用や宇宙科学研究の分野が目指すミッションを実現するための情報を我々に日々発信している。また、情報通信の中継ぎもしている。

参考文献

JAXA 衛星利用推進サイト <http://www.sapc.jaxa.jp/>

JAXA 公式ホームページ www.jaxa.jp

コトバンク <https://kotobank.jp>

人工衛星・探査機による貢献

http://www.jaxa.jp/projects/sat/index_j.html

JAXA の「きぼう」

宮城県仙台第三高校 1年 阿部 祥季 佐藤 魁 土井 快晟 赤井 凜 早坂 陸 芳賀 郁哉

筑波宇宙センター

主に、宇宙空間の真空および熱的環境に人工衛星が耐えられるかを調べる 13mΦスペースチャンパー（総合環境試験棟）、人工衛星やロケットをシステムごと、またはいくつかに分けて振動試験を行う大型振動試験設備（総合環境試験棟）、人工衛星などの電波試験を行い、その電波特性を測定している電波試験設備（電波試験棟）、超高真空への長期曝露による材料表面特性の劣化メカニズムの解明、微量ガス成分の影響評価、真空環境における固体潤滑剤等の摩擦特性評価等を行っている超高真空材料表面特性評価試験設備（研究開発棟）、宇宙環境を模擬して材料の劣化を調べるため、真空状態で「電子線」・「真空紫外線」・「原子状酸素」の3つを同時にサンプルに照射できる真空複合環境試験設備（研究開発等）、24時間365日、「きぼう」はフライトディレクタと運用管制員からなる50名以上のチームが3交代24時間体制で運用を行っている「きぼう」日本実験棟の運用管制室の六つの施設でなっている。



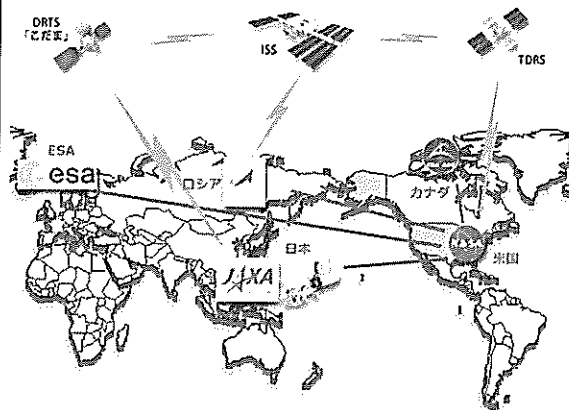
国際宇宙ステーション (ISS) とは

国際宇宙ステーション (ISS) は、地上から約 400km 上空に建設された巨大な有人実験施設である。1 周約 90 分というスピードで地球の周りを回りながら、実験・研究、地球や天体の観測などを行っている。大きさは約 108.5m × 約 72.8m でサッカーのフィールドと同じくらいである。未だ、建設中であり、完成後は、10 年間以上使用する予定だといふ。

ISS の主な目的は、宇宙環境を利用したさまざまな実験や研究を長期間行える場所を確保し、そこで得られた成果を活かして科学・技術をより一層進歩させることで、地上の生活や産業に役立てていくことにある。

ISS には、2000 年 11 月 2 日から 3 名の宇宙飛行士が滞在を開始し、現在 6 名体制で運用されている。ISS に長期滞在しているクルーは、宇宙環境での科学実験や ISS の保守作業などを行っている。

米國が ISS 全体の運用について調整を行い、米國、ロシア、日本、欧州 (ESA の 11 ヶ國)、カナダの各國・機関がそれぞれ開発した ISS のシステムや装置を運用している。(下図)

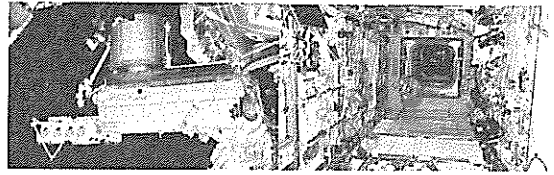


有人実験施設「きぼう」

日本初の有人実験施設となる「きぼう」日本実験棟は、国際宇宙ステーション (ISS) の中で、最大の実験モジュールである。船内実験室と船外実験プラットフォームの 2 つの実験スペースからなり、船内実験室は長さ 11.2m、直径 4.4m の大きさと、内部は 1 気圧に保たれており、宇宙飛行士は普段着で ISS の他のモジュールと行き来をすることができる。

船内実験室では、実験ラックを使用して微小重力環境や宇宙放射線などを利用した科学実験が行われている。船外実験プラットフォームは宇宙空間に直接さらされており、宇宙空間を長期間利用する実験や天体観測・地球観測などができる ISS の中でも独特の施設である。船内実験室にはエアロックがあり、「きぼう」のロボットアームを操作して、エアロックから船外実験プラットフォームへ実験装置を直接出入れすることが可能になっている。

2008 年 3 月に船内保管室、2008 年 6 月に船内実験室とロボットアーム、2009 年 7 月に船外実験プラットフォームがそれぞれ取り付けられ、「きぼう」日本実験棟は完成した。



「きぼう」で行われる実験と応用

・DomeGene (ドームジーン) 実験

アフリカツメガエルの腎臓からとった「A6」という細胞を宇宙で培養して、細胞がどんなかたちを作り、どんな働き・変化をするか調べる。一重力で非常に活性化されるものや、減少するものなど、宇宙と地上で同じ細胞を比較すれば、それらがどういう意味をもつのか分かる。

・タンパク質結晶生成実験

生命の源・タンパク質の構造と機能を理解することが目的

一実験で得た成果を医薬品や新素材など地上の製品開発に応用したり、私たちの生活改善に利用するなど

・マランゴニ対流の実験

液体の円柱を作って対流を起こし液柱の表面や内部の流れの様子、温度の分布などを観測する

一高品質の結晶を作る条件を理解することで、実際の材料製造プロセスの改善や、新しい素材の開発につながる。

薬を用いた骨量減少予防研究

・微小重力の宇宙では、骨量が減少し、骨折しやすくなることを、栄養摂取運動プログラム、必要最小限の薬剤により、予防する研究

一宇宙飛行の医学的リスクを最小限に抑え、宇宙飛行士のパフォーマンスを最大限発揮させるために役立つ。

まとめ

JAXA では地球上では行うことが困難である生物実験、放射線実験が行われていたり、地球上の大気の流れなどの公開を行っていた。

これからの「きぼう」の研究成果の応用に期待できることがわかった。

参考文献

- ・ <http://iss.jaxa.jp/iss/about/>
- ・ <http://iss.jaxa.jp/kibo/>
- ・ http://www.jaxa.jp/about/centers/1ksc/index_j.html
- ・ http://www.jaxa.jp/article/special/experiment/index_j.html

十二湖周辺の毎木調査

平成 27 年度 SSH 白神フィールドワーク
石曾根直希、木村純也、橋本賢人、嘉数萌音、八巻春香

～調査結果～

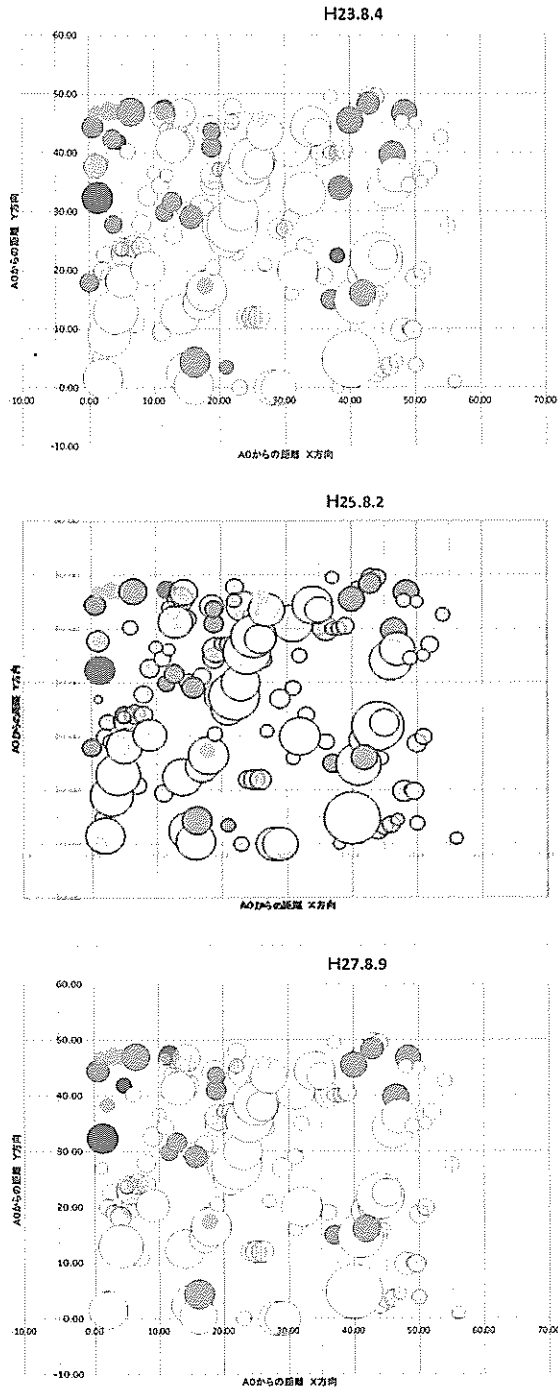


図1 調査地の樹木マップ

※ →ブナ →ハウチワカエデ
赤丸→サワグルミ 紫色の丸→ホオノキ
紅色の丸→ハクウンボク
※丸の大きさは木の大きさに比例する。

～毎木調査の目的・方法～

・目的：
区域を設定し、その中で自然がどのような変化をしているのか調査し、今後の自然の変化を予測する。

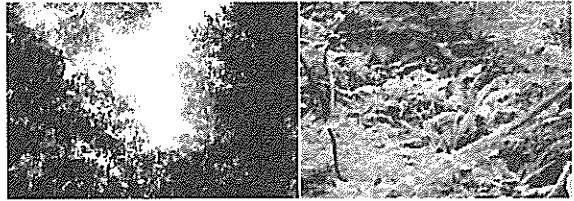
- ・方法：
- 1、調査林内に 50m×50m の方形区枠を設置し、その中に 25 個の 10m×10m の小方形区枠を設置する。
 - 2、小方形区枠内にある木にはそれぞれ ID が振ってあり、それを照合し、メジャーで胸高の幹周りを測定する。
 - 3、過去のデータと比較し、変化をみる。

～考察～

今回は H23,H25,H27 のデータを用い、座標の表記は(x,y)とする。

〈今年度の調査地の特徴〉

- ・座標(0~10,30~50)のエリアにおいて図2A のように大きなギャップがあり、多様性がみられる。また、その周辺にハウチワカエデが群集している。さらに、図2Bのようにシダ植物が多く見られたため、このエリアの土は湿っていると推測され、サワグルミ、カツラなどが見られることも特徴である。
- ・(10~30,10~50) の範囲において、ブナの木が直線上に並んでいる。
- ・(30~50,20~40)の範囲において、ギャップが形成されているが、周りの木々の枝が隙間を覆い、日光を遮るようになっていたので、新しい木は芽生えていなかった。



A ギャップ B シダ植物

図2 (0~10,30~50)の環境

〈過去のデータとの比較〉

- ・(0~10,0~20)のブナの木が2本倒れていた。
- 〈これらの結果から予測できること〉
- ・大きなブナの木が倒れた範囲はギャップになったので、数年後には新しい芽生えが見られるだろう。

～生存競争による木々の変化～

ブナなどの大きな木が倒れたことでギャップができ、それによって新たな木々が芽生えている様子を見ることができた。また、大きな木が近くにあることで、幹の太さが縮んでいるものも見られた。このように、生存競争がおこなわれることで、森の中の木々は変化しているのである。

～感想～

今回の調査を通して、山の様子は時間が経つにつれて変化していくものなのだと感じた。生存競争とはよく聞くものだが、先輩方の残したデータと自分たちのデータとを見比べてみると、それがより克明にわかると思う。また、実際に現地でも調べることでデータだけでは伝わらない変化の原因を見ることができた。今後もより詳しく調査を続け、白神のブナの森林の変化を伝えていきたい。

発光生物のフシギを探る

～ホタルとウミホタルの発光原理～

氏名：佐藤駿介，千葉汀，足立響子，芳賀裕二，橋本良真，千葉蒼太

<研究目的>

白神周辺にはいくつかの発光生物が生息しており、陸上ではヘイケホタルとゲンジホタルとヒメホタル、海辺ではウミホタルを観察することができる。ここで、私たちはこれらの生物の発光原理はどういうものなのかという点に疑問を持った。そこで、今回実際に採集・観察することで発光生物の発光原理やその理由など調査した。

<蛍の現状>

蛍は環境変化や水質汚染などにより、特にゲンジホタルは次々にその姿を消している。ここ50年で1/10にまで減少しているともいわれている。それらの原因の多くは人間社会の様々な要因も絡んでいる。主に以下のことが挙げられる。

1. 環境悪化、破壊
2. 異常気象
3. 光害
4. 蛍鑑賞者のマナー
5. 蛍養殖販売業者による乱獲

これらの問題がある中で様々な活動が行われている。その一例が以下のとおりである。

1. 水源林の管理による水源そのものの安定確保と水量、水質の安定確保
2. 水質浄化―農薬、家庭排水混入の断絶
3. 水底質や水辺環境の改善
4. 水辺林の管理による生息河川の日当たり度や落葉量の調整
5. 土壌改良
6. 休耕田の水田化（不耕起栽培）
7. 人工灯の撤去

など

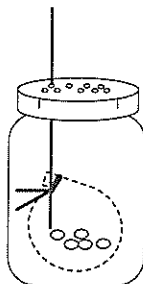
<調査方法>

- ① ビンのフタに、直径1cm程度の穴を10個ほどあける
- ② 適量のエサを茶こし袋に入れて、輪ゴムまたはたこ糸で口をしぼる
- ③ ②をびんに入れる
- ④ ビンの穴にロープを通し、日が落ちたら海の中に投げ込む
- ⑤ 約20～30分後にトラップを回収する

<材料>

- ・フタつきびん・金魚アミ
- ・ロープ（10m程度）・バケツ
- ・茶こし袋・エサ（レバーや魚など）
- ・輪ゴムまたはたこ糸・カッター
- ・布・懐中電灯

図1. 採集装置



<感想>

今回は満天の星空の下、海ではウミホタルを、陸ではホタルを観察した。海陸空の星を見たといえるだろう。どれも甲乙つけ難い美しさであった。また、海辺で夜光虫を見つけた。この発光原理やその理由についても次回調べてみたいと思う。

<ホタルの特徴>



ヘイケホタル
12～16mm

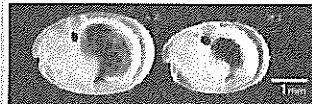


ゲンジホタル
16～20mm



ヒメホタル
8～10mm

ウミホタル 3.5mm

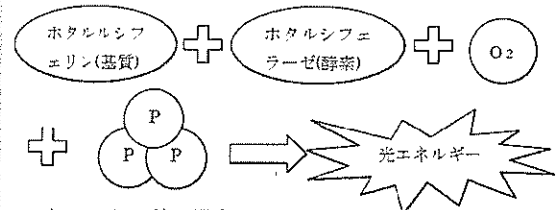


【ウミホタルの特徴】体は半透明であり、夜間は、まぶたを閉じて光を放つ。ウミホタルの発光にはATPを必要とするが、ウミホタルの発光にはATPを必要としない。

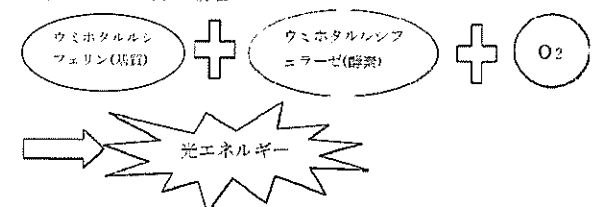
種目	生息場所	発光時期
ヘイケホタル	昆虫類ホタル科 里山の小川 山間部の清流	5月下旬から7月上旬まで
ゲンジホタル	昆虫類ホタル科 里山の小川 水田、湿地帯	6月上旬頃から8月中旬頃まで
ヒメホタル	昆虫類ホタル科 標高の高い山地	
ウミホタル	介形虫類ウミホタル科 日本列島沿岸温暖海流域	通年

<発光の仕組み>

ホタル科の場合



ウミホタル科の場合



<参考文献>

ホタル百科
/東京ゲンジボタル研究所

変わる地形と地震の関係

山中星輝 堀内大揮 横地滯大 澤田純奈 米谷知樹 高橋純

はじめに

白神山地で過去に起こった地震によってどのような地形の変化が起こったかを川の流れなどから判断する。

白神山地の特徴と過去の地震について

・白神山地

9,000 万年前の花崗岩類を中心に堆積岩、貫入岩類が多く地滑りが起きやすい

・寛政西津軽地震について

1793 年(寛政 5 年) 2 月 2 日に松原村で大地震が起き、これにより追良瀬川で大規模な土砂崩れが発生した。そのため追良瀬川がせき止められる事態に陥り、その十日後せき止められた水が氾濫して大洪水が発生した。

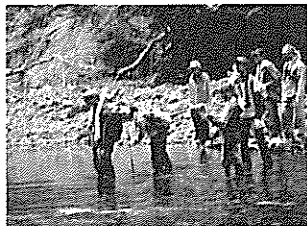


ここで土砂崩れが起きた

流域面積・総流量調査

(方法)

1. 候補地点での流速、川底の断面の形、川幅を測定する。
2. 1 で得たデータから川の断面積と流速の平均を出して求め、一日あたりにその地点を流れる水量を求める。
3. 地形図を用いて、水がたまったと思われる範囲を推定し、閉塞箇所の背後にたまった水量を求める。
4. 2 と 3 から計算上の決壊する日数を求める。



まとめ

今見えることから過去に起こった地震がどのような変化をもたらしたかということを知ることができた。

白神山地はブナの原生林やそこに住む生物の生態系だけでなく、地形の変化を学ぶという観点からも素晴らしいところである。

考察

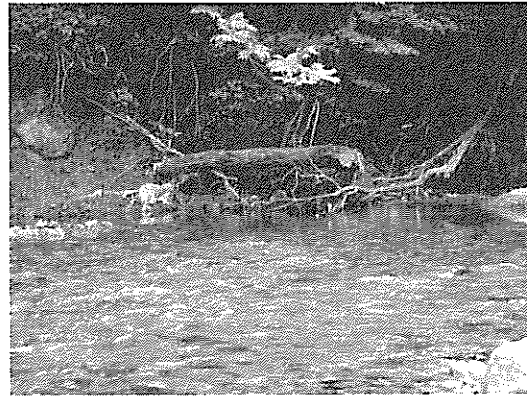
川の断面積…4. 3 4 m³

流速の平均…0. 8 2 m/s

一日に流れる総流量…3. 5 5 8 8 m³/s

十日後だと4. 3 0 4. 7 2 4. 4 8 m³

上のデータから土砂崩れが起き、水がたまったと考えられる地点でこのようなものが見られた。



木の根っこが露出し、断面に木が生えていない。また、転がっている石が丸いことから、昔ここには水が流れており、この土が露出しているところまで水がたまっていたということがわかる。

磯に住まう生命の神秘

青森県深浦町の日本海に接する磯。この磯の地形は、古代から海岸が隆起して形成された地層である。暖流である対馬海流が流れており、海岸生物の温床になっている。

＜はじめに＞

● 観察場所

青森県深浦町の日本海に接する磯。この磯の地形は、古代から海岸が隆起して形成された地層である。暖流である対馬海流が流れており、海岸生物の温床になっている。

● 磯とは

磯とは海の波打ち際の中に岩盤と比較的大きな岩が散らばっている海岸を指し、大抵、湾の比較的突き出した地形に存在している。

● 潮だまりとは

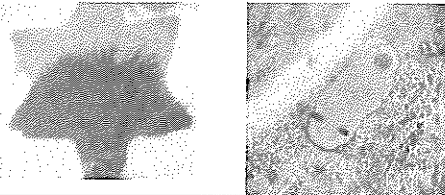
潮だまりとは、潮の満ち引きによって磯のくぼみなどに海水がたまったところのこと。ここには、潮の満ち引きに取り残された生き物などがいる。

＜目的＞

5門10目の磯の生物を採集し、分類することを目的とする。

＜磯の潮間帯と潮の温度分布＞

潮が満ちると大部分が海に沈み、潮が引くと陸のように現れるが、その範囲を潮間帯という。潮間帯は豊富な生物のすみかであり、潮が引いたときの磯の潮だまり（タイドプール）は観察に非常に役立つ。潮間帯の上部ほど干潮のとき空気にさらされる時間が長くて温度の変化も大きく、下部ほどその逆になる。そのような条件によって、潮間帯の上部から下部にかけて付着する生物の種類や生活が変化する。これを潮間帯の温度分布という。



参考文献

銚子市生涯学習ガイド

<http://www.city.choshi.chiba.jp/edu/sg-guide/nature/fieldguide-isonoseibutu.html>

磯の生き物たち

<http://www.geocities.jp/kamosuzu/iso2.html>

生物分布

<http://homepage1.nifty.com/MILKY/bunpu-frameset.html>

＜観察＞

節足動物門

有柄目→カメノテ

十脚目→イソガニ ヒライソガニ ホンヤドカリ スジエビモドキ

ワラジムシ目→フナムシ

軟体動物門

無腔目→シラヒメウミウシ コモンウミウシ

中腹脚目→オオヘビガイ

新多板目→ウスヒザラガイ

扁形動物門

ヒラムシ目→ヒラムシ

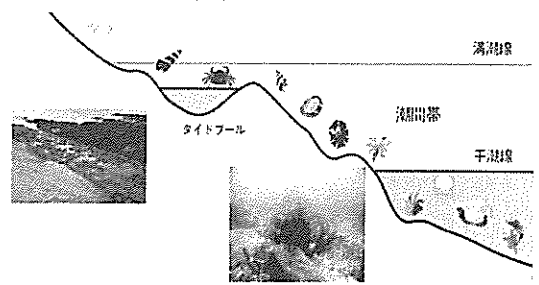
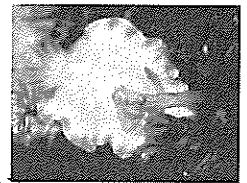
棘皮動物門

ウニ綱拱歯目→バフンウニ

アカヒトデ目→イトマキヒトデ

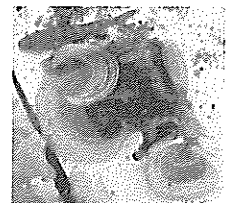
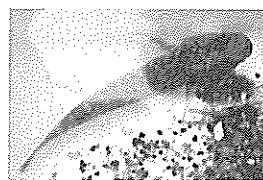
刺胞動物門

箱虫目→アンドンクラゲ



＜結果＞

- 目的であった5門10目の生物を採集することができた。
- シラヒメウミウシ、コモンウミウシなど南の生物が昨年より多く見られた。また、クラゲは昨年より少なかった。昨年よりも海水温が上昇しているためと思われる。
- 日本海では潮間帯の幅が太平洋に比べて狭いので、潮だまりにいる生物の数も少なかった。



十二湖の誕生

1234 渡邊悠太 1236 伊藤柚里

十二湖 概要

- ・地震で崩山が崩壊したことにより川がせきとめられてできた
- ・隆起速度が速く、雪がたくさん降るので、いたる所で崩落が見られる
- ・山崩れにより白い山肌がむき出しになった日本キャニオンがある



土砂崩れはなぜ起こった？

- ・早い隆起速度
(1mm/年)
- ・地質の崩れやすさ
水の浸食に弱い火砕
流堆積物

土砂崩れ
発生

崩れやすい地質



十二湖の形成

土砂崩れ



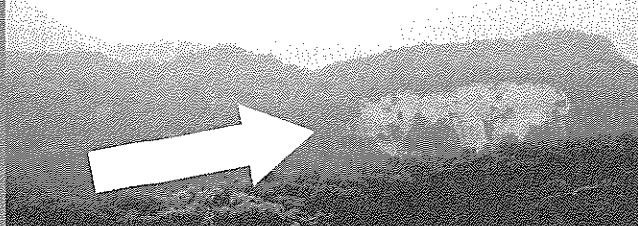
氷水

地震で
シラスが
崩れた

麓が埋
まって水
が湧いた

自然ダム
湖が点在

1704年の地震から、300年を
経て今に至る!!

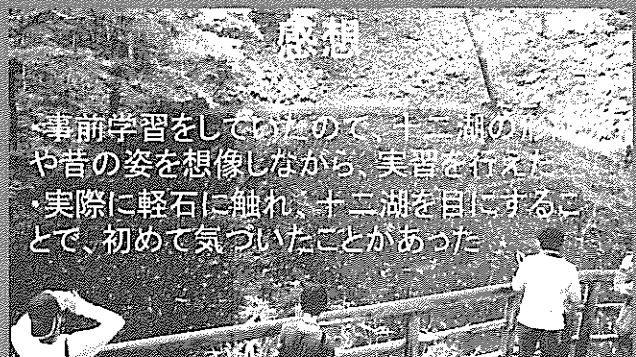


まとめ

- ・近隣にはブナ林が密集し、それらの水分の含有量が多いことや水質のいい水があちこちから湧き出していることが分かりました
- ・青池がなぜ青く見えるのか詳しいことはわかりませんが、光の屈折により青く見える説が最も有力だと考えます

感想

- ・事前学習をしていたので、十二湖の形や昔の姿を想像しながら、実習を行えた
- ・実際に軽石に触れ、十二湖を目にすることで、初めて気づいたことがあった



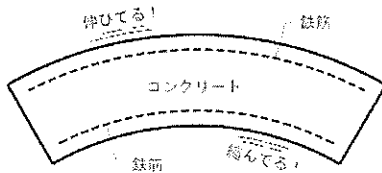
鉄筋コンクリートの重要性

東北大学工学部 久田 真研究室

2202 伊藤 青空 2210 進藤 光太 2221 橋本 哲平 2222 平出 裕博

コンクリートの説明

コンクリートとは大きく分けてセメント、水、骨材から作られる。セメントは石灰石や粘土、軽石から成り、多く含まれるほどコンクリートの強度が増して固く、強くなる。だが、一般的に使用されるほとんどのコンクリートが多くの水を含ませている。それはコンクリートを選んだり型をとったりする際に水を多く含んだめらかな状態のものの方が適しているからだ。コンクリートの中には鉄筋が入っているその理由はコンクリートは押しつぶされる力(圧力)には強いが、引っ張られる力(引張り力)には弱い、この力は実に10分の1である。これは地震などの災害が発生した際に簡単にひびが入ったり、割れてしまったりすることを意味する。それを防ぐためにコンクリートの中に水あめのように伸縮でき尚且つ元に戻ろうとする力が働かない鉄筋が入っている。さらにコンクリートの中はアルカリ性であるため、鉄でできている鉄筋は錆ができていくなくなる。また、熱膨張率が比較的近いあたりであるために中と外での体積に差が生じにくく、コンクリートにひびが入りにくいという利点もあるためにコンクリートと鉄筋の相性は非常にいいといえる。



研究室紹介

東北大学建設材料研究室は、コンクリート建築物の寿命を主なテーマとして研究している。この研究が進み発展されたら近い将来、劣化のない建築物が建てられるかもしれない。コンクリートは力学性能(圧力に耐える性能)、施工性(加工のしやすさ)、経済性(低価格1L約10円)、耐久性(100年を越える建築物もある)そして環境にも強い(廃棄物を受け入れやすく周りの環境に影響されにくい)といった特徴がある。人類が安全で文化的な生活を送るためには必要不可欠な材料である。しかし、沿岸部や凍結防止剤散布などの厳しい環境下では鉄筋が腐食して建築物の耐久性が下がってしまう。それを建築材料科学研究室ではコンクリートを腐食から守る研究している。

研究目的

コンクリートは供用期間の長期化や設計施工の不具合によって種々の劣化が発生し、維持管理上の問題が生じている。寒冷地域では凍結融解作用によりコンクリートが劣化しやすい環境にあり、冬季には凍結防止剤の散布が行われ腐食が促進される。つまり凍害と塩害の2つの問題が懸念される。コンクリートに発生する主な収縮に、自己収縮と乾燥収縮がある。これらの収縮が鉄筋などの拘束を受けた場合、収縮ひび割れの発生による耐久性の低下が懸念される。近年、下水道施設において、コンクリート構造物の早期劣化が深刻な問題となっている。その主な原因は硫酸による劣化の影響が大きいと考えられている。寒冷地域において冬季には気温が頻繁に0℃以下になり、コンクリート構造物(下水道設備や酸性雨、化学工場や特殊な土壌など)は硫酸による劣化により影響を受け、その気候の条件から、凍結融解作用による劣化を受ける。このような地域では劣化が比較的高い確率で発生し、このような環境下での劣化パターンを予測することはとても重要であり、かつ必要である。そこで、この研究所ではこれらのことについて研究を進めている。

3. 研究内容

コンクリートの健全度を診断しコンクリートを腐食から守る

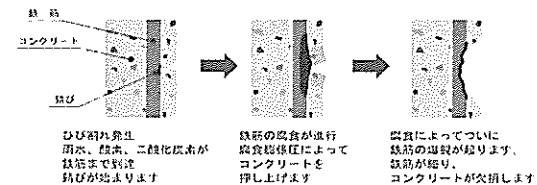
コンクリートの遮塩性能を測る

→物性センシング技術

拡散係数と電気抵抗率を関連付け、遮塩性能を迅速かつ簡単に評価

鉄筋を腐食から守る

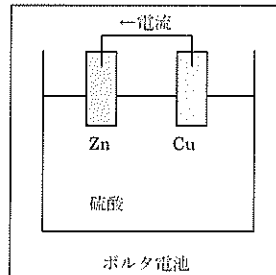
→レトロフィット技術



塩害や中性化によってコンクリート内の鉄筋の表面で腐食が起こり、コンクリート構造物の耐久性が低下する。

腐食が起こるとき鉄が電子を失いイオン化する。この時、電子が移動することで電流が流れる(ボルタ電池のように)。ここで電子を与えれば鉄はイオン化しない。

海水や土壌のようにコンクリートは電気を通すので腐食から守るために直流電流を鉄筋に流入させる電気防食工法に着目して、その設計支援ツールを開発している。



東北大学から世界へ

1 寒さに強いものや遮塩性を高める。

コンクリートの中にある鉄筋の腐食を遅らせる。

・電気を流して鉄の酸化を防ぐ電気防食工法の研究。

「コンクリートを長生きさせる」方法を研究することでコンクリートの劣化を防ぎ安全性が増す。安心安全な構造物をつくることができる。

2

土木・建築両分野で、様々な構造物の材料として用いられているコンクリートだが、その主材料であるセメントは生産時に大量の二酸化炭素の排出を伴う。

・廃プラスチック、廃タイヤ、木くず、などを燃料代替

CO₂削減に貢献。

インフラを守る！

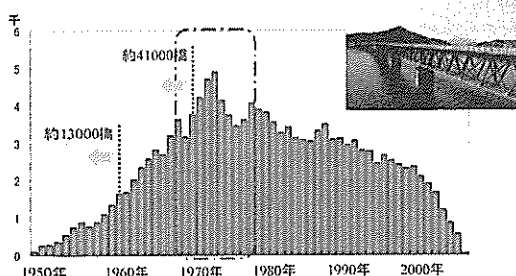
東北大学工学部 構造設計学研究室

2116小斎 2122菅澤 2126千葉 2132渡辺

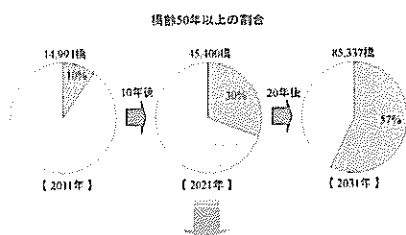
1 研究背景

日本のインフラ（例：道路、橋など）の多くは1970年前後の高度経済成長期に建設、整備されました。

ex. 道路橋の数(15m以上) → 約16万橋



これらの社会インフラは私たちの生活に欠かせないものですが、1時期に大量に建てたために、近い将来一斉に老朽化が進み、橋が寿命を迎えていくと予想されます。



橋の寿命(約50年)に対して、一斉老朽化が始まる

よって今、インフラの有効な老朽化対策が求められています。

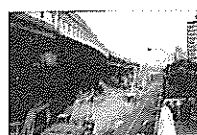
3、研究内容

この研究室では特に、橋を対象として、その耐震設計法に関する研究を行っています。音の高さ(周波数)によって建造物の健全性を調べる実験を行っていました。実験室には加振器という構造体に振動を伝えてその振動数を見ることができる機械があって建造物の非破壊検査をしています。実験室では構造物の代わりに巨大な用水路の模型を使い実験をしていました。その用水路の内部の一角を壊し、用水路の外側をハンマーでたたいていきます。すると劣化が進んでいる箇所では健全な箇所と比べて音(周波数)が低くなります。この仕組みを利用して劣化が進む構造物の箇所をいち早く見つけて迅速に対応が打てるということです。この実験の主な応用例は道路橋の点検です。道路はコンクリートや鉄筋の上にアスファルトが舗装されています。もしコンクリートや鉄筋の劣化が進んだ場合、外から壊れている箇所を見つけることはできません。そういう場合このように音を利用して点検をおこなうことができます。

耐震設計では地震に対する構造物の揺れの大きさが、構造物の変形できる大きさよりも小さければ安全だと判定されます。すなわち、地震の揺れを抑え、一方で、変形できる能力の高い部材の開発を行うといった両輪が必要不可欠となります。また、近年、普及が進んできた地震の揺れを構造体に伝えない免震設計や、地震の揺れをダンパー等で吸収して制御する制震設計においても、新たな課題が生じてきています。そこで、数値解析や振動台実験等の実験により、橋の耐震設計法を中心として、耐震設計法や免震・制震設計法の高度化を図る研究を行っています。

2、研究目的

この研究の目的は、人の眼では直接見て調べるできない用水路などの見えない箇所の劣化を早期に発見することです。その方法として、建造物に振動を出す機会をあてて音の波を測るという方法です。「なぜそれで劣化しているの分かるのか」というと、ガラスを例に例えると、割れたガラス割れていないガラスでは割れたガラスのほうが、音が低くなります。これは、ガラスが割れ柔らかくなったからです。このような物体の性質を利用して劣化を早期に発見して事故を未然に防ぐことによって多くの人の命を救い、かつ国土強靱化を目的としています。



地震防災・減災
(耐震構造)



インフラの老朽化対策
(非破壊検査)

国土強靱化に向けた研究と技術開発をしています

4、社会への応用と発展

超音波や加振器による振動を用いて、検査対象を破壊・損傷することなくコンクリートや鉄筋、ボルト、鋼管柱(鋼橋の柱)の劣化箇所とその劣化の程度を計測・評価することができます。

この手法を用いて、大型の道路橋や工業用の水路、高速道路などのインフラの見えない箇所の劣化の早期の発見を目指しています。

しかし、コンクリート構造と鋼構造を組み合わせたハイブリッド構造である複合構造が劣化または損傷した場合には、鋼とコンクリートが相互に拘束する中でこれらの材料劣化を考慮する必要があるため、構造性能評価は格段に難しくなります。

この研究では、このような複合構造における目視困難箇所の点検技術を開発し、鋼とコンクリートの材料劣化と拘束効果を考慮した構造性能評価に繋げていくことを目指しています。



地震による被害の防災・減災

東北大学工学部 適応設計工学研究室

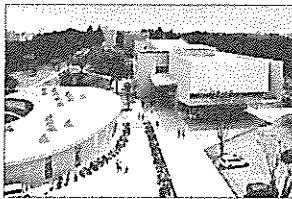
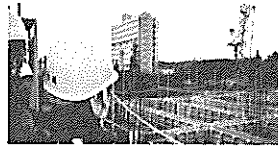
2235 阿部十夜, 2237 齋藤蓉理佳, 2239 千葉愛理, 2240 藤原杏華

◆研究室紹介◆

都市建築学コースでは、よい建築・都市を形成していくために様々な分野の知識を学べる。例として、都市建築の安全性・生産性を追求する建築構造学・建築材料学、快適性を追求する都市・建築環境工学、デザインの基礎となる建築計画学などがある。

その中でもこの研究室では、地震や津波などの災害に対して建築構造物や非構造物の損傷進展過程評価手法の開発を行っている。それにより、建築物から想定される様々な被害状況に対して発揮すべき性能を合理的に設計できるようにするための基本的研究を進めている。

東日本大震災の時は実際に現地に行き、そこにあった建築物を見て「この建物は、なぜ壊れたんだろう？」逆に、「なんでこの建物は無事だったんだろう？」と考察した。



◆研究内容◆

○簡易可視化モデルの開発

地震で建物に被害が出たとき、その修復のためにはひび割れなどの被害の情報を詳しく知る必要がある。簡易可視化モデルとは建物におけるひび割れの長さや幅、深さなどの情報を一目でわかるように簡易化したものである。

1. 現在行われている研究

鉄筋コンクリート造の建築構造物では損傷として「ひび割れ」が生じる。ひび割れは材料の質ごとに入り方が違ってくる。そしてひびにはいくつか種類がある。

一・材料による強度の違い

コンクリートや鉄筋など材料ごとの圧縮強度、引張強度など

・ひび割れの計測

曲げひび割れ、曲げせん断ひび割れ、純せん断ひび割れなど
ひび割れ進展角度によるひび割れの分類



・荷重-変形関係

建物の荷重と変形する角度の関係

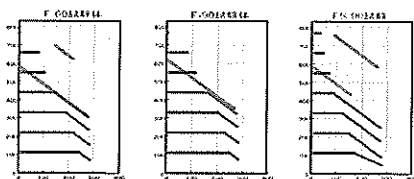
・平均曲げひび割れ間隔

曲げひび割れ発生位置とひび割れ間隔の推移

・ひび割れ長さの進展

・ひび割れ長さ進展評価手法の開発

曲げせん断ひび割れを2折線化して評価 など



2. 今後の課題

- ・引張軟化領域における可視ひび割れにいたるまでの限界値の検証
- ・ひび割れ発生位置推移における副次ひび割れの影響の検証
- ・せん断ひび割れ進展におけるひび割れ長さ増加係数の検証

○耐・対津波設計における性能マトリクスの検討

津波に対する要求性能を防災・減災の両面から検討し、性能を生み出す工学的条件を提案！

- ・防災→津波に対して建築物の倒壊を防止し、人命の保護を目指す（耐津波）。
- ・減災→「耐津波」を徹底できない建築物については避難計画等により人命保護を目指す（対津波）。



津波に対する建築物の、要求性能の設定においては、人命保護を最大の

且標とする。しかし通常の耐久設計がなされただけのままでは、一般建築物は極めてまれに生じる10m以上の津波に耐えられない場合がある。

一社会的に合理性のある設計条件のもと、津波に対して人命を保護するためには、減災の考え方をする必要があります。そこで…

避難所までの距離：L(m)によって避難性能を評価！

試算結果より作成！

避難所までの距離 L (m)	1200m超	1200m以内	2400m以内	480m以内	960m以内	750m以内
避難性能	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)
避難性能	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)
避難性能	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)	超難性能 グレード(劣)

避難性能レベル	I	II	III	IV
避難性能	悪	良	悪	良
避難性能	悪	良	悪	良
避難性能	悪	良	悪	良

◆研究室のメンバー紹介◆

現在、4人の学生と高橋典之准教授が活動している。卒業生は2人。

学生の4人とお話しするときは、私たちのためにお茶とお菓子を用意していただき、優しく説明をしていただいた。私たちの質問にみんなで楽しく話をしながら考えて答えてくださった。

また、質問の時間外にも個人的な勉強や生活についてのアドバイスを話していただき、勉強になった。



◆感想◆

直接研究室を訪ねたことで貴重な機会を得られた。パンフレットなどでは分からないような、生の声を聞くことができた。

日本では地震と向き合っていかななくてはいけない。これらの研究により、地震による被害を減らすことで多くの人の命を救う助けになると思う。

今回の見学を通して将来について考えることで、これからの勉強への意欲につながった。

米ぬかから生まれた新素材！！

東北大学工学部 堀切川・柴田／山口研究室

2203 小山 毅 2204 加藤 大輝 2206 木村 有真 2218 長岡 伯和

1. 研究室紹介

堀切川一男（ほつきりかわかずお）教授は、摩耗形態図による摩耗理論の体系化に関する研究、RBセラミックスの開発と応用などに従事、仙台市地域連携フェローなどを兼務。「地域に根ざし世界を目指す研究」、「夢の実現を目指した研究」をモットーに、地域企業と連携して、一般工業分野に限らず、医療、福祉、身の回りの生活スポーツ分野などの独自の開発製品をこれまでに 80 件余り実用化してきました。たとえば、完全無潤滑直動すべり軸受、すべりにくい靴やサンダル、すべりにくい箸、超耐滑厨房用スニーカー、電動車いす用駆動ユニット、低摩擦ボプスレーランナーなどを開発実用化してきました。この産学官連携スタイルは「仙台堀切川モデル」と呼ばれています。

3. 研究内容

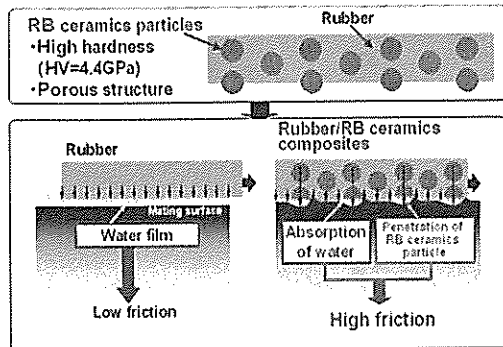
この研究室では、堀切川教授、山口健准教授、柴田助教、学生がいろいろな研究をしています。その例としては、RB セラミックス、切削工具、ランニングシューズのゴムを長持ちさせる研究、物を持ちやすくする研究などです。

・RB セラミックスについて

この研究はおもに堀切川教授によるもので、近年大量に焼却処分されている米ぬかの利用と、それまでに知られていた、木くずを樹脂に入れて炭化焼成すると低摩擦・低摩耗になる研究の融合です。堀切川教授は、RB セラミックスという、小さな穴がたくさん開いていて、軽量、硬い素材を開発しました。この RB セラミックスは、そのまま使えば、超低摩擦で、自転車などで使われるステンレスチェーンなどに使われています。また、それをゴムにある一定量入れることによって、液体の膜を壊し、油や水などの液体の上で、従来のものよりも、とても高摩擦なゴムが開発されました。この研究のおかげで今では、このゴムを、そこにしたサンダルなどが人気です。

・学生の研究について

この研究室の大学院生は、個々でいろいろな研究をしています。たとえば、切削工具の研究は、摩擦などを考慮し、摩耗を少なくして、より長く使える切削工具（金属を加工する道具）を作るものや、ランニングシューズのゴムを、材料や、形状を変えて、ソールのゴムを長持ちさせる研究があります。

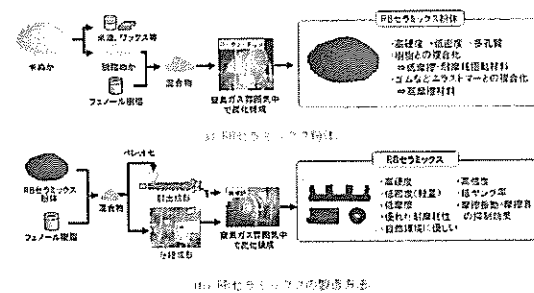
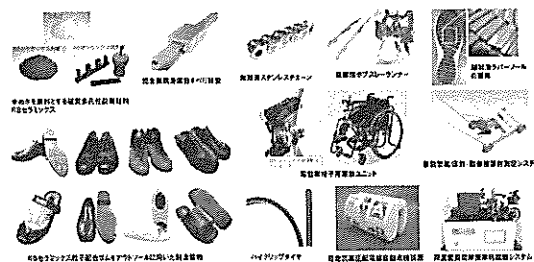


2. 研究目的

米ぬかは油分が多いことから油を絞って米ぬか油として使われていたり栄養価が高いことから漬物の一種であるぬか漬の「ぬか床」として使用されていたり肥料などで利用されていますが、その大部分は利用されずに捨てられてしまっています。これらを特に工学面で有効利用できないかと考え、研究を開始しました。また、切削工具の長寿命化、ランニングシューズのソール部分のゴムの長寿命化を目的としています。

4. 社会への応用

RBセラミックスは、相手材質によらず、常温、乾燥摩擦下で低い摩擦が得られるため、油などを使用せずに部品の摩耗を防ぐパーツの開発に成功しました。また、RBセラミックス粒子を配合したゴムの高い摩擦を利用して、RBセラミックス粉体を従来の靴底用ゴムに配合した耐滑靴底材料を開発し、滑りにくい安全靴や作業靴、病棟などで使用されるサンダルなどを開発しました。さらに、ゴムやウレタンなどのエラストマーにRBセラミックスを配合した新しい複合材料は、高摩擦材料として様々な用途に応用されており、靴底用すべり止めシート、レース用ハイグリップ自転車タイヤ、ローラー駆動式車椅子用電動駆動ユニットの駆動ローラー、高圧配電線自動点検装置の駆動ブリーのローラーなどとして幅広い面で実用化がなされています。





泡で金属をたたいて強くする!!

東北大学工学部 祖山・青柳研究室

2104・岩間公希 2103・鮎原 常翔 2108・大場 崇史 2123・菅原 光希



1. 研究室紹介(概要)

- [訪問先] 祖山・青柳研究室
- [教授] 祖山 均 (Hitoshi Soyama)
- [准教授] 青柳 吉輝 (Yoshiteru Aoyagi)
- [助教] 高桑 脩 (Takakuwa Osamu)
- [所属] ナノメカニクス専攻 材料メカニクス講座 知的計測評価学分野
- [ロゴ] intelligent, Sensing of, Materials Labを図式化。
実際のロゴはタイトル左側に掲載。

2. 研究背景・目的

研究背景にあたる事故・現象

コメット連続墜落事故(1950年代)…この事故は液体の流れの中で圧力差により短時間に泡の発生と消滅が起きる物理現象=キャビテーションによる重大な事故である。当時、この事故は航空工学/金属工学の中では未知の領域であった。その後もほかの航空機や日本の原発でもキャビテーションを原因とした事故が発生。

研究室での方針

始めは、このキャビテーション現象を解消するための技術開発が軸となっていたが最近では金属部品が壊れる主要因である「疲労強度」を解消するためにキャビテーションを上手に活用する方針へと移行。

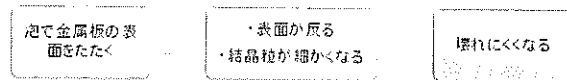
キャビテーションの実用化の具体例・メリット

- ・車の外枠の強化 (通常は微小の金属弾を高速で当てている)
- ・化学洗浄を要せず、効率よく金属強化を行うことができる。
- ⇒非常に環境にやさしい技術

3. 泡で金属をたたいて強くする

泡(キャビテーション)とは、水の速度が速くなることにより圧力が下がり、水が泡になる現象。速度が下がり、泡が水に戻るとき、一部が変形し、マイクロジェットを生じ、短時間で、泡が再び大きくなるとに衝撃波が発生して、金属でさえも凹ませる力を発生させる。小さい泡を多く集めたキャビテーションほど、大きな力を生じさせる。

キャビテーションの仕組み

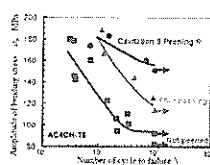


泡で金属をたたいて強くする利点

- (1) ショットを用いないので表面が滑らか。
- (2) ショットよりも疲労強度を向上できる。
- (3) アルミニウムなどを処理した後に化学洗浄をする必要がない。
- (4) ショットの粉塵による粉塵爆発の危険性がない。
- (5) ショットを用いないのでゴミが出ない。
- (6) ショットを分ける・回収する必要がない。
- (7) 硬い材料も加工できる。
- (8) 管の内部や狭い部分なども処理できる。
- (9) 加工時に熱を発生しない。
- (10) 水のみで処理できる。
- (11) ウォータージェットよりも低圧のポンプで処理できる。
- (12) ウォータージェットよりも加工範囲が広い。

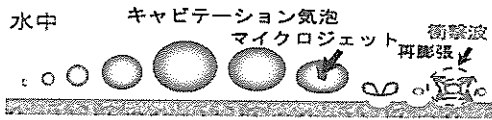


疲労強度の向上



4. キャビテーション噴流

従来は金属の表面に極小の金属(セラミックスやアルミナの弾など金属によって変えた)の弾を高速で当てて、表面を加工・強化していたが、この場合は金属同士の衝突なので表面がざらざらに荒れてしまったり、加工したい金属の表面にめり込んでしまいそれを取り除くために環境に悪い薬品を使ったりとデメリットが多く感じられた。しかし、キャビテーション噴流では泡を使うので、歯車のへこんだ部分などの狭いところにも応用できるし、もちろん従来の問題点も克服することができる。キャビテーション噴流には、二種類ある。大気中に低速のウォータージェットを噴出し、中心部に高速のウォータージェットを噴出することで形成できる、気中キャビテーション。また、水中にウォータージェットを噴出することで形成できる、水中キャビテーションがある。最適噴射条件の気中キャビテーションは水中キャビテーションより高い加工能力があることが分かっている。



↑キャビテーションが力を生じるしくみ

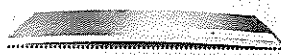
5. 疲労強度の向上

キャビテーションによって発生する微小な泡で金属の表面に凹凸をつけると金属が壊れる際に通る道筋が遠回りになり壊れにくくなる。また、金属が曲がることで、ひびに対する閉じる力が働き、強度が向上する。表面の凹凸が従来の金属の球を用いるもの(ショットピーニング)に比べて少ないため、より疲労に対する強度が向上している。

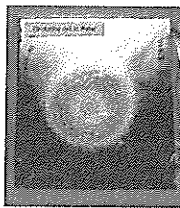
6. 今後の展望

キャビテーションによって発生する微小な泡で金属の表面に凹凸をつけると、金属が壊れる際に通る道筋が遠回りになり壊れにくくなることは既知であるが、この研究室では、水素自動車の開発に向けて水素の影響による疲労破壊に耐えられる車体を作ることを新たな目標として掲げている。

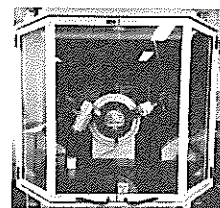
[参考資料]



↑キャビテーションによって反れた金属板

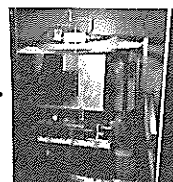


↑キャビテーション噴流



↑放射線を利用して金属を

特定する装置(利用には制限がある)



←研究室で自作したキャビテーション噴流を発生させる装置(工学部なので努力すれば作成可能)
今回の工学部研修で、私たちは「無いものは自分たちで造ること」の重要性を学んだ。実験装置を自分たちで創作し本当に必要とする値を生み出すことが研究者として重要であると感じた。

航空宇宙工学

東北大学工学部 福永・跡部研究室

2214 関 竜玖, 2217 友永 達基, 2224 藤本 悠大, 2227 本村 祐希

・福永研究室とは

福永・跡部研究室には福永久雄教授、跡部 哲士助教、横原 幹十朗准教授の三人を中心として航空機や宇宙船など航空宇宙開発に関連する技術を主に研究している。圧電素子という力を加えると電圧の発生する素材などを研究の中心材料として使っている。

主な研究としては、構造ヘルスマモニタリング、エネルギーハーベスト、振動制御などがある。

構造ヘルスマモニタリングは構造物が傷ついた際にそれを直接確認しなくても技術者に伝えることができる技術である。

エネルギーハーベストは宇宙空間などでは豊富な電力源は望めないため振動で発電を行う技術である。

振動制御は物体に発生した振動をそれに対応する波を流すことで振動を相殺する技術である。

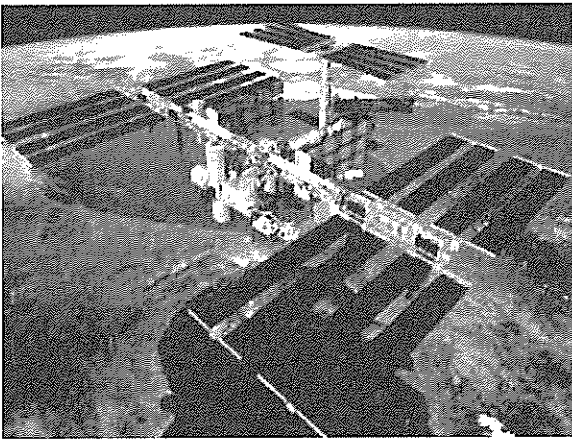
これらの技術は社会に多くは利用されていないが、実用に向けて研究中である。

・目的

人間はけがをしたとき、どこが痛いかということをも自分自身で判断できる。しかし、運用中の構造物の健全性、また損傷や劣化したときに人間が見て大丈夫かどうか判断できることもあれば判断できないこともある。そういったときに構造ヘルスマモニタリングという構造物内に内蔵したセンサー（から波を放出して損傷・劣化に当たったら波が変形する）を利用し、実時間・自動的に監視することで機械の損傷・劣化にいち早く気付く、整備・点検時には作業量やコストの軽減につながるようになることを目指している。

一方向強化材を重ね合わせた複合材積層板というものは炭素でできしており、積み重ね方によって強度が大きく変化する。各層の厚さや層を積み重ねる時の炭素繊維の角度を最適化することで設計要求を満たしつつ従来の金属材料よりも軽量な構造物を設計できる（航空機などに使用されている）

もし、構造ヘルスマモニタリングを橋で行うとなったらそこまで電気を持ってくるために配線が長くなってしまふ。橋だと車や人間が通る。その際に橋は振動する。その振動から電気エネルギーを取り出し、使用すれば配線はつながなくすむ。橋でなくても人間や車が通るところであれば振動は起こるため電気エネルギーを取り出すことができる。



・内容

1.ヘルスマモニタリング

ヘルスマモニタリングとは、機械に数個のセンサーを取り付け、もしその機械に異常が見られたとき、その箇所をモニターに表示しエンジニアなどに知らせる技術である。これにより、異常があった機械は修理され、安全かつより長持ちさせることが可能になる。

2.エネルギーハーベスト

物体に発生した振動を利用して発電する技術。

・実用例：スタジアムや東京駅の改札口など人通りの多い場所など。

3.振動制御

振動制御とは、振動している物体を取り付けられているセンサーが感知、どのくらいの周期で振動しているか計測して、その振動に対応する振動を人工的に発生させて、お互いに相殺させる技術である。現在、国際宇宙ステーションへの実装に向けて実験が行われている。

4.炭素の複合素材



一定の方向にしか曲がらない素材や、曲がりにくい素材など、多様な種類の素材がある。これらは炭素繊維の向きや量を調整することで作ることができる。

・社会の応用

今回紹介した構造ヘルスマモニタリングは航空機や橋での活躍が期待されている。この技術が実際に応用されることで、瞬時に構造の欠陥や故障を見抜くことができる。また、炭素とプラスチックを用いた複合素材と併用することで、複合素材の欠点である「見た目には故障が分かりにくい」といった課題を克服することが可能であり、これからの航空機産業に大きく貢献するだろう。

エネルギーハーベストは現在、東京駅の改札の床で実用化されている。振動のエネルギーから発電が可能な圧電素子が毎日 100 万人に踏まれることでまとまった電力を発電している。この圧電素子は電力を加えることで振動するため、振動制御を行う部品としての活用が見込まれている。具体的には、宇宙環境や橋での利用である。宇宙ステーションには地球から補給船が飛ばされている。補給船と宇宙ステーションが合体するときにはわずかに加速度が加わり、ステーション内で完全な無重力状態が作れなくなってしまう。その加速度を打ち消す振動を圧電素子で加えることで完全な無重力状態を作り出すことができる。橋の場合も同様に、強風や地震によって生じる振動を打ち消すことで安全性を高めることが可能である。

・感想

私たちは今回の研修を通して、現在行われている研究に加え、ロケットや宇宙、またその課題についてたくさん話を伺えた。地球の軌道には、過去に打ち上げられた衛星やロケットのゴミが多く浮遊していて、そのことが宇宙開発を妨げていると聞いて残念に思った。夢のある計画が考案されても、過去の産物による弊害で実行できない。このような状況を作り出さないように研究をすることが、私たちの世代に求められているのかもしれない。

環境・生体と共存し融合するバイオマイクロマシン

東北大学工学部 西澤・梶研究室

2110 加藤 大地, 2120 佐藤 隼, 2134 伊澤 悠花, 2135 伊藤 舞衣

<研究室紹介>

東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻
 バイオマイクロマシン工学講座
 東北大学大学院医工学研究科生体機械システム医工学領域
 ウェットデバイス工学分野

- 細胞やたんぱく質の高度な機能集積素子を分子レベルの界面制御によってマイクロデバイスと融合し環境・生体親和型バイオマイクロマシンを生み出す。



- 「発電する」「環境・健康を測る」「細胞を操る」「生体と融合する」の4テーマで研究に取り組んでいる

研究の目的

これまで多くの医薬品が開発されてきましたが、医薬品の開発には多くの問題点があります。その問題点としては、倫理面やコスト面での問題点があります。

倫理面については、動物実験が例として挙げられます。医学の発展のために動物実験が必ず行われますが、動物実験は、実験動物の幸せ、つまり QOL, ADL, SOL を奪ってしまうのです。それらが奪われるということを見ながら、対象薬物あるいは毒物の混餌、投薬などを行うことは虐待にあたると思われるため、動物実験は非倫理的であると非難されることもあります。近年、動物福祉や倫理面また、動物実験では、倫理面以外にも実験動物とヒトとの種差問題ももあります。

コスト面では、新薬を開発するにあたって 150 億から 200 億という莫大な費用が掛かります。費用だけでなく 10 年から 18 年もの歳月がかかり、成功する確率も 6000 分の 1 という気の遠くなるような低さです。開発のたびに多くの費用と時間をかけたとしても、成功するわけではないので、改善する必要があります。また、その開発のたびに多くの動物実験を行うのです。

西澤・梶研究室では、動物実験を減らすためだけでなく、その他の問題点を改善するためや、再生医療に貢献するために Organ-on-a-Chip について研究しているのです。

感想

今回の工学部研修を終えて、バイオマイクロ燃料電池や細胞チップなどの多くの技術の開発や研究が進んでいるのが分かり、とても将来が楽しみに感じました。またこのような未来を築く技術や研究に私たち自身も携わっていきたいと思います。今回の研修はとても貴重な体験であり、とても勉強になりました。

再生医療への貢献を目指して

西澤先生の研究室では、Organ-on-a-chip という生体組織の機能を模倣した新しい三次元培養モデルを研究しています。これは一般誌にも掲載されました。

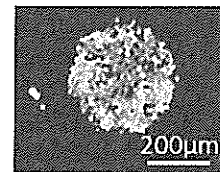
その三次元培養モデルを作るには、フォトソグラフィ、ソフトリソグラフィ、マイクロ流路デバイスの 3 つの方法があります。そのうち、マイクロ流路デバイスは、分子拡散距離・比界面積が大きく、熱容量が小さいのが特徴です。この方法は、他の方法よりも低コストで Organ-on-a-chip を作成することができます。この方法を用いて、肺の細胞を模した Lung-on-a-chip を 5 年前に開発しました。

現在は、肺以外にも応用できないかと、目の網膜の細胞を模倣した新しい培養モデルを開発中です。

また他にも、私たちが病気がかかったときに処方される薬を、必要としているところに必要な分だけ届けられる『ドラッグデリバリーシステム (DDS)』に関する研究をしています。徐方膜という膜が少しずつできるようにするシートを開発するなど、細胞シートをいろいろ応用して研究しています

現在は網膜に対する DDS 研究を行っています。

細胞ナノシート

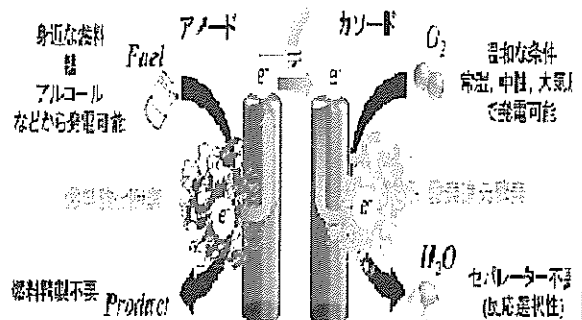


バイオマイクロ燃料電池

バイオマイクロ燃料電池とは酵素の力を利用してエネルギーを取り出す発電デバイスのことです。ジュースなどの身近な溶液をそのまま燃料溶液にすることができ、無害なものから構成できたため「安全で小型」な発電デバイスとして期待されています。

特に体内の血液から発電する埋め込み電源として利用可能です。体内のブドウ糖は酵素によって別の物質に分解されます。この時に生じる活動エネルギーを電気エネルギーとして取り出すという仕組みです。この発電で得られる電池出力はペースメーカーやバイオセンサを駆動させるのに十分な電力として見込まれています。また、木などに装置を取り付けて木から電力を作り出すことも可能です。大手企業でも研究が行われていました。

バイオマイクロ燃料電池は生体や環境などに影響をあたえないとても安全な電源として研究が進められています。



燃料電池のさらなる低コスト化を求めて

東北大学工学部 和田山研究室

2225 藤原 蓮, 2211 菅井 怜史, 2233 足立 響子

1. 研究室紹介

和田山研究室では、表面科学という物質の表面や界面をマイクロ/ナノスケールで扱う研究分野で研究しており、宇宙空間に匹敵するきわめてクリーンな真空中で規則的かつ緻密に並んだ表面原子配列モデルを作製し、それを観察して表面の構造を制御するための基礎を築きあげている。

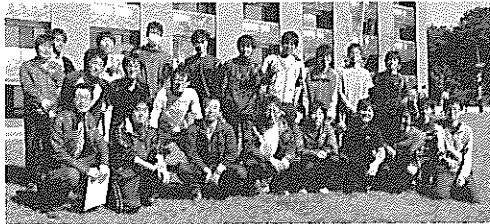
2. 事前に調べたこと

固体高分子形燃料電池とは低温作動・小型化が可能で、燃料電池自動車に応用されている。一環境問題や資源問題を解決する。

その電池の触媒の1つとして白金や白金合金触媒があげられる（とくに、カソードに多く必要とする）。

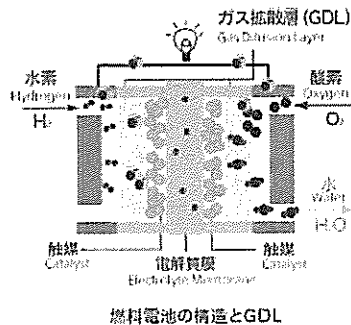
3. 見学してみた

研究室の中を見学したのは初めてだった。想像とは違って、教授も合わせて全員仲良く、楽しく研究をしていて、よいところだと思った。自分もこのようなところで研究してみたいと思った。



4. 研究内容

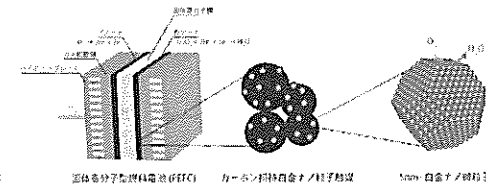
(1) 今日、地球温暖化という環境問題が起こっている。その主な原因は二酸化炭素などの温室効果ガス排出によるものである。そして二酸化炭素の排出の原因は家庭での車や工場の機械の燃料として化石燃料を使用することにある。世界各国で産業革命が始まる前には280ppmだった二酸化炭素濃度が、現在では370ppmと大幅に値が上昇している。つまり、地球の能力（光合成など）では吸収しきれないくらいのスピードで二酸化炭素を排出していることになる。二酸化炭素は地球温暖化の原因となり、先進国の間では、排出量を減らすための努力が行われている。また化石燃料には埋蔵量に限りがあるので、使用するにも今迄通り使い続けていると約数十年前から百年間で資源が無くなって今迄通りの生活ができなくなってしまいます。そこで次世代のエネルギー源として出てきたのが燃料電池である。燃料電池は水素を用いて発電するので有害物質を排出しないので環境に良く、また水素は水から生成できるため、使用量の限りを考えなくてよい。和田山研究室では燃料電池に使われる白金を合金化し、低コストで白金よりも良い性能の合金を作る研究をしている。ここで燃料電池の構造を説明すると、下の図のように2つの電極の材料に触媒を用いることで通常の温度では起こらない水素と酸素の反応をさせる構造をしている。



燃料電池の構造とGDL

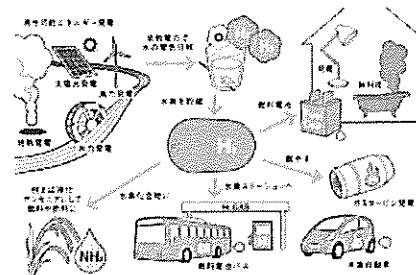
(2) もう一つの研究室では、燃料電池自動車を作るための燃料電池の研究も行っている。現在も燃料電池はあるのだが、この研究室では一般普及化のためにさらに良いものを作ろうとしている。燃料電池には、まず触媒が必要である。そして、その触媒は白金(プラチナ)を使わなければならない。白金は1gで4000~5000円くらいのものであり、希少で価値が高い金属である。そのため、現在の燃料電池自動車は約720万円ととても高い。触媒には白金以外のものもあるのだが、それらは性能が低く、車には使うことができない。そのため、現在は白金を使う必要がある。さらに、白金は銅などのほかの物質と合成させて、白金合金を使ったほうが触媒の性能が高いということが知られている。この方法を使うことで、いままでよりコストを減らすことができる。この白金と銅の割合は詳しくは知られてないが、約3:1だそうだ。

固体高分子形燃料電池 (PEFC) の内部構造



5 社会への利用

化石燃料の代わりに水素を燃料に使えるようにしようというのが近年の日本の変化である。水素を作る手段として水の電気分解を行う。電気分解で使用する電気には、太陽光発電・水力発電・風力発電・地熱発電などの自然エネルギーを利用する。また、使い終わった水素は水となる。したがって、二酸化炭素を少しも排出しないクリーンな燃料となる。もし、水素社会が現実となれば、きれいな地球を取り戻せるかもしれない。しかし、まだまだ社会に普及していないのが現状。トヨタが水素燃料だけを使った自動車を発表したけど、まだまだ値段が高く、水素を供給するための場所（ガソリンスタンドのような場所）の数が少ない。安価でみんなの手に届くのは何十年も先の話かもしれない。仙台に限って言うと、何十年も先になるかもしれない（東京→大阪→名古屋→札幌→仙台の順に水素を供給する場所が作られるから）。数少ない水素自動車であるが、普通自動車並みに距離を走る。また、電気自動車と比べた時にエネルギー供給時間が短いのも利点である。水素を空（から）に近い状態から満タンにするのに要する時間は3分ほどで、ガソリンを入れる時間とほとんど変わらない。ガソリンスタンドの独特のにおいに耐える3分と無臭に近い水素ステーションでの3分では、明らかに後者のほうがよいだろう。



また、水素を燃料として実用化するために研究がなされているが、これは日本の技術を向上させることにもつながる。今まで使われてこなかった水素を損なくエネルギーとして作り出すには、さらなる技術の向上を必要とする。そうなれば、当然日本の工業も発達する。燃料枯渇問題と環境問題の改善、技術力向上の面において、水素燃料の研究が必要不可欠となる。

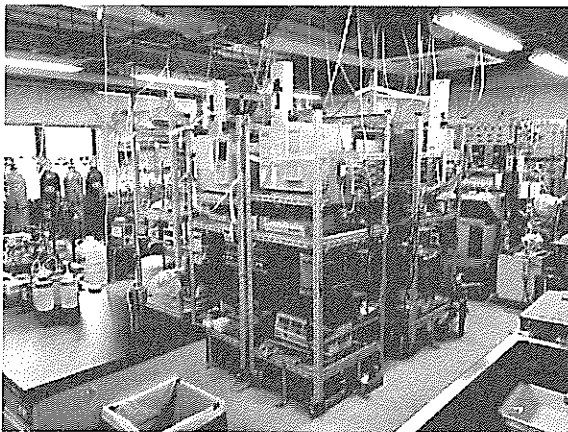
新しい高性能触媒を創る

～よりよいバイオマス資源の変換を～

2201 石川 冬真 2207 黒川 直樹 2220 野中 七海斗

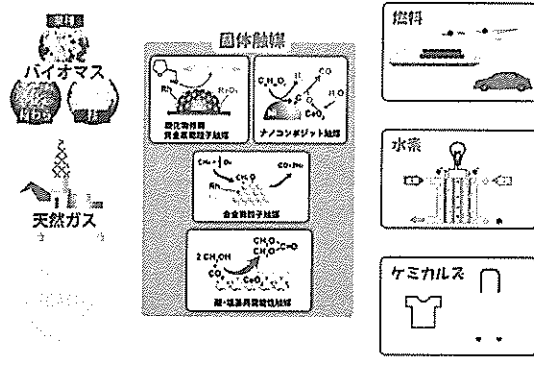
○富重研究室紹介

本研究室ではエネルギーや環境をキーワードとして物質変換を促進する高性能の新しい触媒を作る研究を行っています。その中で現在、特に力を入れているのがバイオマス資源を変換するための固体触媒の創成です。例えば稲藁、廃木材などの炭化水素系資源は身近なものであり、再生可能な地球環境にもやさしく、将来的に石油資源の枯渇に備えた代替燃料や化学原料の合成に大きな役割をもつ存在といえます。また、天然ガスもうまく変換していけば液体燃料になることから、大きな可能性があると考えて利用を検討しています。しかし石油と比べると変換が難しく、いかに効率的に変換するかが重要となることから、私たちは実際にたくさんの触媒を作って試験や構造解析の結果を基に新たな触媒づくりに役に立っています。



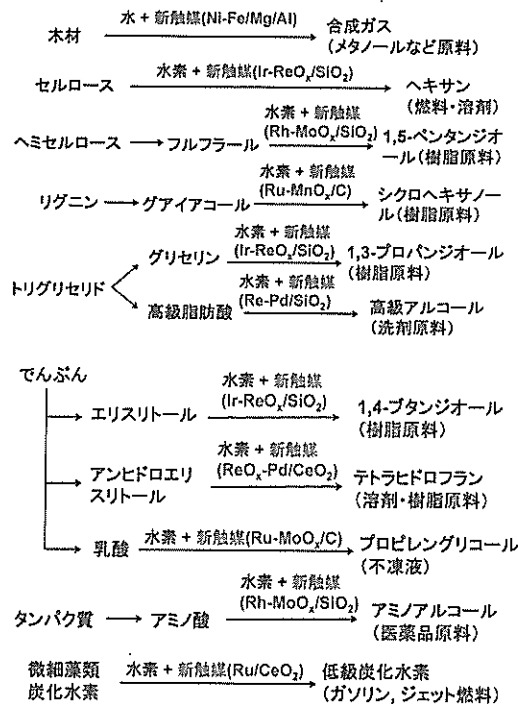
○研究目的

現在、ガソリンや灯油などの液体燃料や、ペットボトルや繊維などの化学原料の多くは、石油から作られています。しかし、将来的な石油資源の枯渇や、地球温暖化への影響といった観点から、石油資源の代替になりうるものとして、液体燃料や化学原料の合成に大きな役割をもち、さらに再生可能で地球環境にもやさしい「バイオマス」が注目されています。また、天然ガスもうまく変換することで液体燃料になることから、大きな可能性があると考えられています。しかし、バイオマスや天然ガスは、石油と比べると変換が難しく、また石油の変換で用いていた技術や触媒の適用も困難です。そこでこの研究室では、これらの物質を効率よく変換できる新たな固形触媒を作ることを目指しています。さらにこのことを実現し、環境やエネルギー問題に貢献していくことも目的としています。



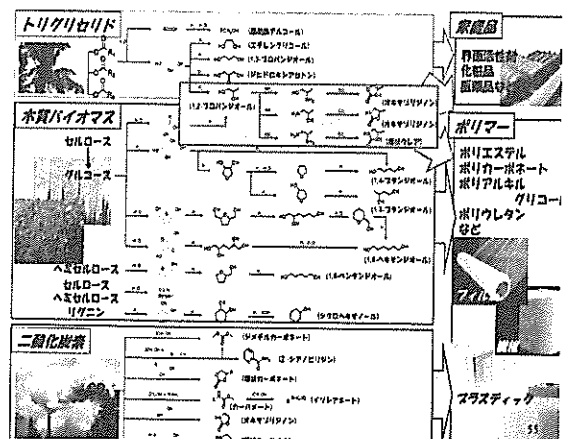
○研究内容

- ・触媒とは？
教科書では、反応物質よりも相対的に少量で反応速度を促進させ、それ自身は反応中に消費されない物質であると定義されています。富重研究室では、基質分子あるいは中間体と反応し、無触媒とは異なった経路で生成物を与える物質と定義されています。
- ・触媒の重要な要素：選択性
異なる触媒を用いることで種類の物質から多様な生成物質を作り分けることが可能です。ここでの触媒は、それぞれ目的の生成物質を与える反応を促進させると同時に、他の副生成物を与える反応を抑制しています。
- ・本研究開発の触媒



・現在富重研究室にて取組中の触媒

木質バイオマスや二酸化炭素から有用な化学品を作る触媒を開発し



新時代の発電システム核融合発電とは

東北大学工学部 橋爪 遊佐 伊藤研究室

2109 大橋一郎, 2124 高山宏輝, 2125 武田蒼輝, 2136 櫻井麻凜

研究室紹介

橋爪・遊佐・伊藤研究室では、核融合炉を実現するため、電磁気・熱・流体等の学問分野を統合したエネルギー総合工学により、核融合炉の先進設計研究に取り組んでいる。また次世代原子力発電所の安全性向上のための原子炉保全の研究も行っている。核融合炉の研究開発分野は日本が最先端を誇る分野だ。

原子核融合と原子炉の二つの主要なテーマにおいては、核融合炉の実現と原子炉(核分裂炉)の更なる発展が主眼となっている。

核融合炉・核分裂炉に代表される原子力エネルギーはエネルギー問題や環境問題といった解決しなければならない問題において非常に重要な役割を担うことは明らかで研究室での研究にも大きな社会的意義が伴ってくる。更に原子力エネルギーは最先端のテクノロジーが数多く導入されるので、高い工学的意義もこの研究室では必要とされる。

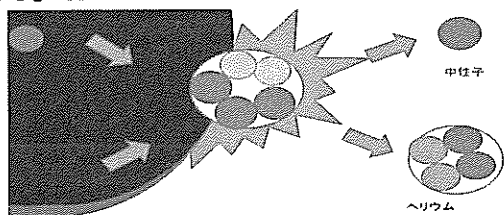
研究室では核融合炉、原子炉とともに複数のテーマに細分化されるので、扱うテーマも多く、同時に、扱われる物理現象、熱伝導、流動、超伝導などもカバーされている。ひとりひとりがそれぞれのテーマを持って研究している。



核融合炉

核融合炉は核融合反応を利用する、Fe(鉄)より重いものは核分裂反応、軽いものは核融合を使って反応を起こす。核分裂はプラズマ状態の原子核に中性子をぶつけ連鎖的に反応を起こし大きなエネルギーを生み出す物で一つの例に福島第一原発がある。

この超伝導マグネット核融合炉ではプラズマ状態の、三重水素と重水素を一億度以上の高温状態にし、プラズマ同士の静電気力による反発力より高いエネルギーでぶつける事で熱を生み出す。その熱でタービンを回し発電する。



プラズマ

分子が部分的に、または完全に電離し、陽イオンと電子に別れて自由に運動している状態である。

超伝導

核融合反応を起こすために超高温にしたプラズマを何かに閉じ込めなければならない。そのため、安定的に閉じ込めるためにプラズマが磁力線に巻きつく性質を利用して超伝導体に保存すること。

研究内容

ダイバーク冷却技術の開発

ダイバークは核融合炉で最大の熱負荷を受ける機器。ロケット打ち上げ時の噴射ノズルの熱負荷と同程度の熱負荷に長期間耐えなければならないため、冷却技術として、金属多孔質体や凝回流を用いた先進冷却技術の開発を行っています。

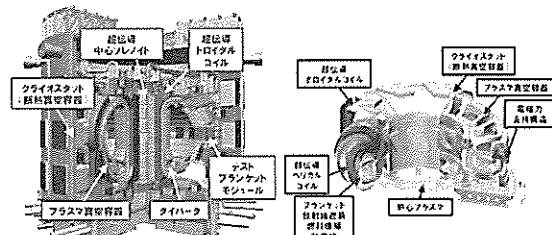
ブランケットの冷却

核融合を行うブランケットと呼ばれる部分の冷却装置の開発も進められている。

金属多孔質体には伝熱面積の拡大の効果、毛細管作用による膜沸騰遷移の防止の効果があるため、金属多孔質体を冷却流路に設置することは、膜沸騰状態に遷移しやすい極低温冷媒(液体窒素・液体水素・液体ヘリウムなど)を用いての高温流体除去に適した方法で考えている。

核融合炉の利点と欠点

核融合炉には様々な利点がある。まず燃料(三重水素)を海水から抽出できるため、燃料が枯渇しない。また、燃料を外から供給しているため燃料の供給を止めれば反応も止まり、1億度に熱したプラズマを使用して反応させるので温度を下げることで反応も止まる。これにより従来の原子力発電所のような核反応の暴走による事故が起きるリスクの低い安全な発電システムとなる。さらにこの核融合反応で発生する放射性廃棄物は50~100年程度だが、原子力発電所で発生する放射性廃棄物は地層処分した場合管理期間は数万年に及ぶ。このため管理期間が比較的短いことも核融合炉の利点の一つである。また核融合炉にはトマカク炉とヘリカル炉の2種類があり、それぞれに利点と欠点が存在する。トマカク炉の利点は炉形状が単純で建設コストが安い、定常運転できない、プラズマ流の消滅が起きる可能性があるという欠点がある。対するヘリカル炉の利点は定常運転が可能でプラズマが消滅してしまうことが無いが、炉形状が複雑で建設コストが高いという欠点がある。



↑トマカク炉(簡単な形状) ↑ヘリカル炉(複雑な形状)

図引用 <http://afre.qse.tohoku.ac.jp/research/SC-Magnet/index.html>

核融合炉の今後の展望

核融合炉の開発はヨーロッパと日本が中心となって行っている。核融合の実験が行われている有名な施設は ITER である。ITER(国際熱核融合炉)は国際協力によって核融合エネルギーの実現性を研究するための実験施設である。国際協力によって核融合エネルギーの実現性を研究するための実験施設である。

核融合炉の実験が進むことで、エネルギー問題だけでなく、誰もが一度は想像したことがある映画やアニメの世界に近い未来が見えてくる。例えばバックトゥー・ザ・フューチャーのようにゴミから核融合が可能になるかもしれない。また、機動戦士ガンダムも動くかもしれない。

このように核融合炉の開発は深刻な問題の解決だけでなく、多くの人々の夢を現実にできるかもしれないのである。

運動機能回復による未来への可能性

東北大学工学部 渡邊研究室

2105 遠藤大河 2112 菊谷博志 2114 草野蘭之介 2139 藤井里咲

1. 渡邊研究室

渡邊研究室は東北大学大学院工学研究科医学専攻社会医学講座神経電子医学分野に属している。研究員にはひとりひとりにパソコンが一台支給されネットサーフィンなどはせずに研究を行っている。コアタイム（研究室にいないといけない時間）は厳しく指定していない。研究室にはアニメ等のフィギュアやパロディが見られた。これは渡邊先生の寛大さが表れているためであろう。自由に研究員を過ごさせることで柔軟な発想を生み出させている渡邊研究室では、病気の後、高齢等により運動機能の麻痺や障害、低下が生じた方々を支援する医学的技術の開発を中心に、研究を行っている。

2. 研究目的

この研究室では、体がなんらかの理由で動かせない人たちのために、患者さんのデータをもとにリハビリ機械を作っている。その目的は大きく分けて二つある。

怪我や病気で麻痺する人の主な理由としては、片側だけが麻痺(片麻痺)したり喋れなくなったりする脳卒中や体全体が麻痺(四肢麻痺)してしまう脊髄損傷がある。このような人たちが、普通の生活に困らないように手足を動かせるような、リハビリの機械を作ることが目的の一つである。

また高齢者は年齢を重ねるごとに、活動量も低下し、下肢筋力の衰えによる転倒や、脳血管障害のリスクも高まる。近年高齢化社会が進む日本では2.5人に一人は65歳以上、4人に一人は75歳以上と言われていて、若者が担う高齢者の数の割合が増えている。これは、若者にとっても大変なことであり、日本にとっても重大な問題である。そのため65歳以上の高齢者と言われていてもまだまだ社会貢献できるようにしてあげることがもう一つの目的である。

3. 研究内容

リハビリの流れ

- ① 患者の入室
- ② 機能測定・検査
- ③ 問題点抽出
- ④ リハビリの計画
- ⑤ 治療

治療を3～6週間続け、その後②に戻り治療の効果判定をし、それ以降②～⑤を循環するという流れである。

しかし、3～6週間では時間がかかりすぎているため、より早くするために様々な方法が生み出されている。その一つとしてFESというものがある。

FES（機能的電気刺激）とは？

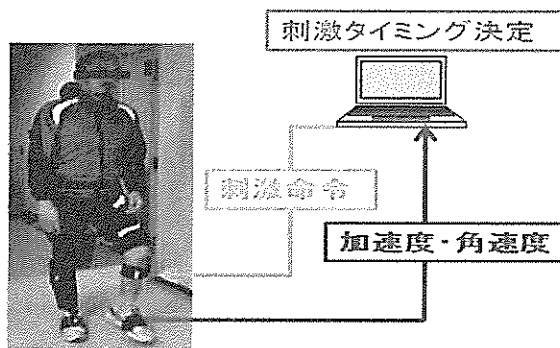
交通事故などによる脊髄損傷や脳卒中などの脳血管障害により、運動機能や感覚機能が、麻痺してしまうことがある。しかし、末梢の神経や筋が損傷していなければ、それらに外部から電気刺激を与え筋を収縮させることで関節を運動させ、動作を再建することができる。これがFESというものである。

FESを用いた歩行リハビリテーションシステム

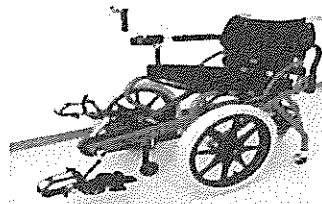
脳卒中や脊髄損傷等により下肢に運動機能障害が生じると、多くの場

合、歩行時につま先が下がってしまう下垂足を生じてしまう。下垂足に対して、短下肢装具(AFO)などを使用することで安定な歩行ができるようになるが、筋や関節の活動が制限されるため、筋の萎縮や関節の拘縮といったもの原因となる可能性がある。

しかし、足を屈伸させる働きのある筋や神経に電気刺激を加えることで、下垂足を矯正することが可能になる。このことを利用して、歩行中の足の動きをFESで補助して、歩行訓練を行うシステムの開発が行われている。

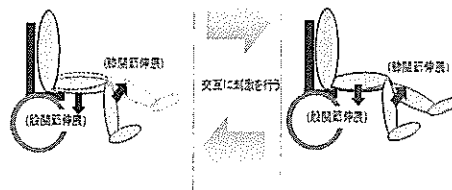


4. FESを用いた足こぎ車いす



足こぎ車いすは、自転車のように自らの足で車いすを運転する、自立歩行が困難な高齢者や片麻痺患者（半身不随の方）でも自分の足で漕いで走行することができる。このため、これを使い普段の生活を送っていると自然にリハビリとなる、したがって筋力の低下や関節が硬化化するという廃用症候群の防止に効果があるという利点がある。

対麻痺患者においても、機能的電気刺激（FES）を下肢動作制御に用いることにより、足こぎ車いすの走行が可能になり、足こぎ車いすの利点を生かすことができると考えられる。



このほかにもFESを用いた自立歩行などFESはさまざまなことに応用が試みられている。

5. 参考文献

<http://www.ecei.tohoku.ac.jp/fes/index.html>

サブハーモニック超音波フェーズドアレイ SPACE

東北大学工学部 三原研究室

2102 阿部 圭佑, 2111 門口 尚広, 2115 郷古麟 太郎

1. 研究室紹介

東北大学三原研究室は三原毅教授を中心として主に材料評価学について研究を行っている研究室である。

材料評価学とは既に開発されている材料が本当に安全なのかをできるだけ正確に評価することを目指す学問で、この研究室では非線形超音波による閉じたき裂および材料特性の評価という世界初の技術を開発した。

この技術により構造物のき裂を従来よりも非常に正確に測定することができるようになり、社会におおきな貢献をしている。

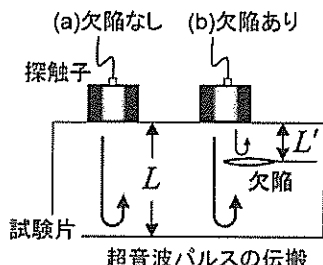
2. 研究目的

社会の安全性を確保することは人間の生活にとってきわめて重要ですが、最近トンネルや原子炉などで、老朽化による事故が起こることが心配されています。2012年に発生した笹子トンネル天井板落下事故はまだ記憶に新しいです。この問題に対処する技術として、材料の内部欠陥の非破壊検査があります。

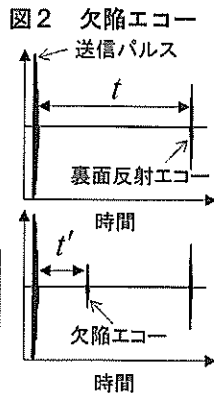
この研究室では特に材料の内部欠陥の非破壊検査法のひとつである、非線形超音波による閉じたき裂および材料特性の評価について研究を行っています。

3. 研究内容(1)

図1 超音波探傷の原理



$$L = V \frac{t}{2} \quad \left[\begin{array}{l} V: \text{音速} \\ L: \text{板厚} \\ t: \text{時間} \end{array} \right]$$



非線形超音波による閉じたき裂および材料特性の評価について説明する上で、通常の超音波による物体内部の欠陥の評価法(図1)について説明します。

図1の(a), (b)の超音波パルスを表した矢印を見て分かるように、超音波が欠陥に衝突した際と、しなかった際とで超音波の反射のしかたが異なります。この違いから対象物に欠陥があるかどうか検査することができます。

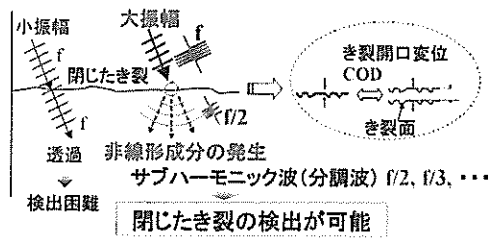
この超音波パルスをオシロスコーフで表示すると、図2のようになります。図2を見て分かるように、対象物に欠陥がある場合欠陥エコーが表示されます。そして欠陥エコーが表示された時間から欠陥の場所を求めることができます。

4. 研究内容(2)

しかし、図1の方法では空洞などの閉じていない欠陥しか発見することができません。なぜなら、酸化物の影響などで閉じた欠陥は超音波を反射せず透過してしまうからです。この研究室では閉じた欠陥でも発見できる検査法について研究を行い、さらに欠陥のある場所を映像として映し出しました。

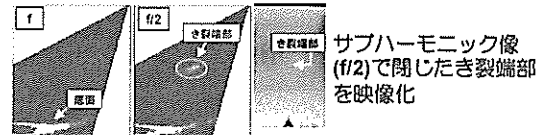
それがサブハーモニック超音波フェーズドアレイ SPACE です。この検査法は閉じた欠陥で発生するサブハーモニック波を利用してします。サブハーモニック波(図2)とは、振幅が非常に大きい超音波が閉じた欠陥に入射した際に発生する入射周波数の半分の周波数とする波のことです。

図3 サブハーモニック波について



SPACEによる閉じたき裂の映像化

アルミニウム合金A7075の閉じた疲労き裂



上の図を見て分かるように、サブハーモニック超音波フェーズドアレイ SPACE によって、対象物の内部にある閉じた欠陥の位置が黄色く表示されていることが分かります。このことからサブハーモニック波から閉じた欠陥を映像として表すことができるようになりました。これにより、従来の検査では確認できなかった欠陥も発見することができます。このことにより、従来よりも正確な検査が行えるようになりました。

5. 社会へ

トンネルや原子炉などの老朽化による事故を未然に防ぐためには、材料の内部の欠陥を正確に測定することが必要不可欠です。

そこで、サブハーモニック超音波フェーズドアレイ SPACE による正確な測定が非常に役に立つと考えられます。

サブハーモニック超音波フェーズドアレイ SPACE が機器、設備の安全性確立に大きく貢献することが期待されます。

6. 謝辞

大変お忙しい中、私たちに時間を割いて貴重な機会を与えてくださった東北大学三原研究室の方々には大変お世話になりました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

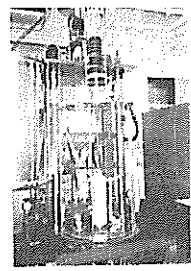
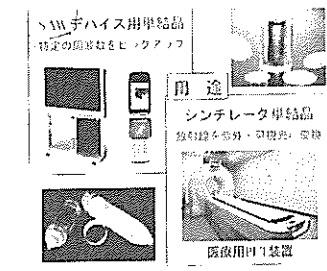
装置の中はどうなっている？

東北大学工学部 塚田隆夫研究室

2106 及川憲信, 2128 長谷川雅己, 2131 真山雄飛, 2140 細川愛佳

★目的

科学は最先端材料によって左右されているといっても過言ではない。新しい材料は実験室で作られることがほとんどだ。しかし、私たちがその材料の恩恵を受けるためには工業レベルでの生産が行われる必要がある。そのためには装置やプロセスの大型化と効率化が必要だ。しかし、現象を理解することさえも難しいことがある。このような場合に、コンピュータを利用して装置やプロセスの現象を理解する、そしてマクロな間とナノ・メブスケールでの構造形成を連結するモデリングの技術の開発を行う。具体的には、コンピュータシミュレーションを利用して装置の中で行われる化学的なプロセスを透視するのである。要するに、装置内の化学プロセスの可視化である。より効率よく正確にこの可視化が行えないものか・・・



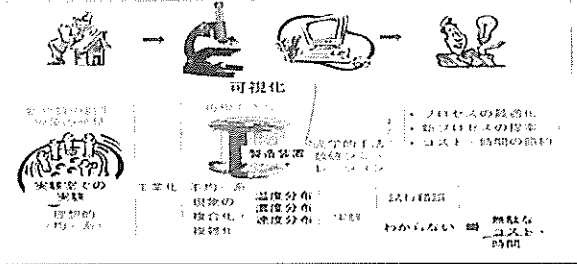
酸化物単結晶製造装置 (高周波加熱チヨクリルスキー炉)

コンピュータを使って見る !!

★塚田研究室とは？

塚田研究室では、主に材料製造プロセスを対象として、様々な観察実験に加えて、コンピュータを利用した数値シミュレーションにより、濃度分布などを理解することで、装置の設計やプロセスの制御法を考えている。(プロセスとは、その物質が作られる行程のことである。)そして、それを詳しく装置で見て、装置などのコストや、時間を節約するのが、塚田研究室の研究だ。見る装置は様々で、コンピュータや、中性子線を使うもの、サーモグラフィなどがある。そして、この装置も決して既製品ばかりではないのである。自分たちで作ったものや、企業と共同作業で作ったものもあるのだ。最近では、ナノレベルで物質を見ることによって、新たな発見をすることや、材料の構造の最適化を目指している。大きな研究成果を上げるためには、他の分野との協力が必要である。例を挙げれば、あのJAXAと協力して、重力を取り除く宇宙実験や、京都大学で、中性子線を使って金属の中身を見る実験などを行っている。このように、ほかの分野と協力する研究集団を作り、それぞれの分野から実験を考察することで、新たな発見や、今までできなかったことを、できるようにすることに努めているのである。

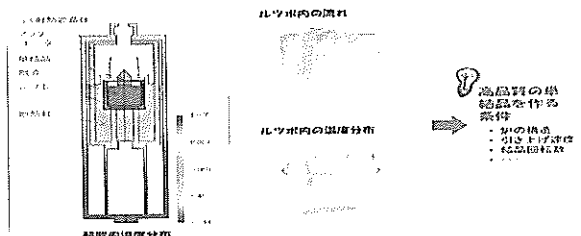
化学プロセスにおける可視化の役割



★研究内容

ピーカーを使って行う実験とは違い、物質を大きな機械などで混ぜて実験をする際、私たちはその物質の中の状態を見る、知るということが簡単にはできない。流体の動き、温度、濃度など...実験中にさまざまな現象が存在している。そこで、私たちが訪れた塚田研究室では、そういった人の目ではなかなか見られないものを“見る”すなわち、化学プロセスを可視化するという内容の研究を行っていた。

Ex)単結晶成長プロセスシミュレーション



単結晶成長プロセスシミュレーションを例にとってみると、上の図から想像がつかうと思われるが、この内部で起こっていることを実際に見ようというのは不可能に近い。すなわち、更に良質な単結晶を製造するための方法をさがすことが難しくなってしまう。また、そのままむやみに方法を模索し続けても、それには莫大なコストと時間がかかってしまうことが多い。比較して、シミュレーションでは、数値を入力して実際の実験に近いものが、想定できる。実際の実験に近いものができるということは、いい物質を製造するための条件も考えやすくなる。考えやすくなることによって、作業、時間の効率化、製造コストの削減も見込める。シミュレーション以外にも、中性子線を利用した可視化のなど様々なもの実験を行っていた。

★社会への利用

この研究室で扱う「材料」は難しそうな響きの名前でも馴染みがないように思われる。しかし実際は情報・通信・エレクトロニクスをはじめ、環境・エネルギー、医療・バイオテクノロジーなど我々の生活に大きく貢献しているものばかりなのだ。それらは最先端の技術を活かした縁の下の方持ちのようである。中でも私が興味深いと感じたのは高分子コンボジット薄膜である。簡略に述べると、プラスチックなどの高分子とナノ粒子を合わせることで、各物質の長所を持ち合わせることで可能な材料だ。以下はこの研究室で扱う材料の具体的な応用例である。

- ⇒ニッケル基超耐熱合金：航空機のタービンブレード
 - ↳環境・エネルギー分野 での応用！
- ⇒SiGe 結晶(シリコンゲルマニウム)：Si(シリコン)を超える高速低消費電力半導体デバイスの基板
 - ↳情報・通信・エレクトロニクス分野
- ⇒高分子コンボジット薄膜：透明性高屈折率材料
 - ↳電気・電子材料、光機能材料、太陽電池、ガスセンサー、耐熱性・高弾性率材料

電磁波工学のイマ!

東北大学工学部 陳研究室

2208 佐々木航太, 2213 鈴木智寛, 2228 松田亨介, 2231 村田亮輔

陳研究所ってどんなところ?

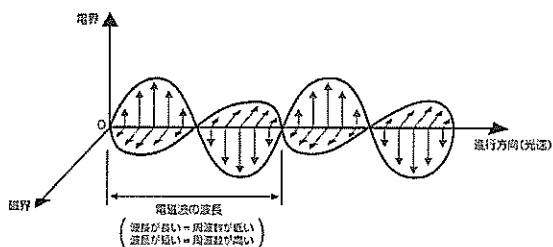
電磁波工学分野に関する研究を行っている。研究対象は、電磁理論、計測、電磁環境など幅広い分野で、基礎から応用に亘る一貫した研究を理論的・実験的に進めている。

この研究が一番盛り上がったのは、世界大戦の頃、レーダーや通信系が必要とされた時代で、今は携帯電話の高速通信や、医療技術の発達のために研究が進められている。

高速移動通信スマートアンテナシステム、高速・高精度の電磁波計測法と計測技術、アンテナと電磁界の数値解析法、波源の位置推定とマイクロ波・ミリ波イメージング、電磁波と人体の相互作用が主な実験テーマとなっている。

電磁波?

電磁波とは、通信技術や、X線の検査などに使われる波で、周波数が主に関係している。周波数が低いほど波長が長く、障害物が波長に対して小さく見えるので避けやすい。そのため4G,LTEなどの携帯電話に使用される電波は3Gよりも周波数が低めである。より速い通信を実現するためには、より大きいアンテナ、より大きい電力、より広い帯域の周波数が必要である。下の図は電磁波のグラフで、見てわかるとおり、電界と磁界は進行方向に対して垂直になっている。



課題、実績

①課題

- ・アンテナの数

通信はアンテナの数が多くなるほど速くなる。そのため、アンテナを増やしたいのは山々だが、日本人が好むスマートな体型の携帯電話により多くのアンテナを仕込むことは難しいそう。

- ・周波数

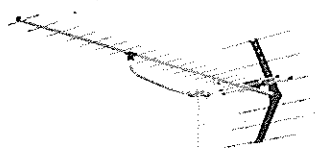
周波数は数字が小さいほど、通信に有利らしいが、近い周波数の電磁波は互いに干渉しあうため、法律で使える周波数が決まっている。そのため、使える周波数には限りがある。

②実績

この研究室は90年以上ある研究所であり、電磁波の研究が盛り上がった、世界大戦あたりにもいくつかの発明がされている。

- ・八木宇田アンテナ

これは、現在テレビのアンテナに使われている。テレビ局の方向にアンテナが向いており、各家庭のアンテナのそれぞれの向きが違うので見てほしい。

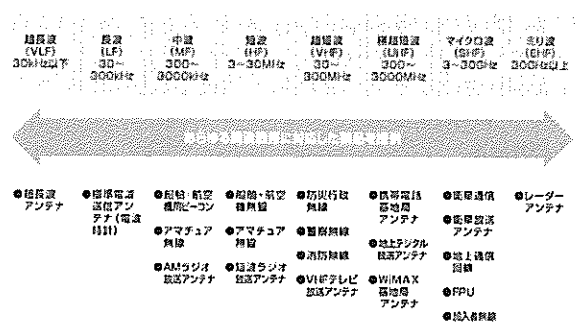


応用

電磁波工学は初め、戦争のために開発が進み、第二次世界大戦のころにアメリカでの研究が盛んであった。そのころは主にレーダーとして活用されていた。しかし、現代では主に携帯電話やスマートホンの内蔵アンテナや、CTスキャンにも活用されている。

今日の日本では周波数帯域が足りなくなってきた。そのため、携帯電話やスマートホンの通信が繋がりにくくなったり、遅くなったりしている。そこで各携帯会社は周波数帯域を増やし、「プラチナバンド」や「LTE」などと名前を付け、その通信速度を売りにしている。また、テレビがアナログ放送からデジタル放送に切り替わったのも周波数帯域に余裕がなくなったからである。

(長い ← 波長 → 短い)



このように、有限な周波数帯域をいかに活用するかが鍵となってきた。そこで今重要視されているのは「アンテナの数」である。アンテナの数を増やすことで、使用する周波数帯域を広げることなく通信速度を速くできる。陳研究室では、携帯電話やスマートホンに内蔵するアンテナをより小型にし、数を増やし、LTEなどの「4G回線」より通信速度の速い「5G回線」を作ることをこれからの研究目標としている。

質問・回答

- Q1** 電磁波って見えるか?
- A, 人間は電磁波の一部は見る事ができる。
電磁波と一言にいっても様々な呼び名がある。波長の長いほうから順に電波、赤外線、可視光線、紫外線、エックス線、ガンマ線とあり、私たちはこの中の可視光線を見ることができる。
- Q2** 実験を行っていく上で危険なことはあるか?
- A, 一概にはなんとも言えない。WHOですら電磁波による危険性はよくわかってないので、そこも含めて研究している。電磁波の人体への影響に科学的根拠はない。
- Q3** 八木宇田アンテナはどうしてそのような形をしているのか?
- A, アンテナに指向性(特定の方向に対する感度)をもたせるため。電波が空間中に出力される時、方向によって異なる。特定の方向からの電波を空間中から検出することができる。よって長距離をカバーできる。

未知の電磁波 テラヘルツ波

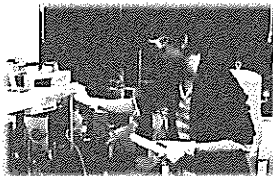
東北大学工学部電光子情報材料学分野 小山研究室

2209 佐々木 康就 2212 菅原 大樹 2232 浅野 舞 2236 遠藤 理澄

1. 研究室紹介

東北大学工学部電光子情報材料学分野の小山研究室では、テラヘルツ波について研究されている。

テラヘルツ波は電波と光の中間に位置する電磁波で、両方の特性を持ち合わせているが、発生や



検出の難しさから、人類未踏の領域とされてきたが、ここでは半導体などを用いて、“テラヘルツ波を効率よく発生させる装置”と“社会や生活に応用する技術”について研究している。

2. 研究目的

光の直進する性質と電波の透過する性質の両方を持ち合わせている、未知の電磁波であるテラヘルツ波は現在、幅広い分野で応用が期待されています。テラヘルツ波を機能的に発生する新しい装置、また、使用される半導体の、より高品質で欠陥の少ない結晶を作成する研究を、人体にも環境にも優しいテラヘルツ波を効率よく発生させるために小山研究室では行っています。

3. 研究内容

未知の電磁波である「テラヘルツ波」に関して、半導体の結晶を用いて、人体にも環境にも安全な「テラヘルツ波」を効率よく機能的に発生する新しい装置と「テラヘルツ波」を使う応用技術の研究している。

テラヘルツ波の特徴

- ・周波数 0.1~10THz の電磁波 (1秒間に1兆回振動)
- ・電波と光の中間に位置する→光波の直進性と電波の透過性の両方を持っている
- ・発生と検出が困難→未知の電磁波
- ・エネルギーが低く、人体への害がない

発生方法

2つのレーザー光を GaSe 結晶に当て、テラヘルツ波を発生させる。GaSe 結晶は、塩の結晶と同じ要領で、溶液成長法を用いて製作する。結晶は透明度が高いものが求められる。

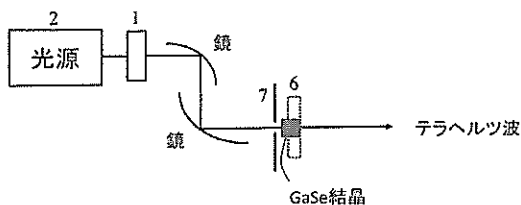
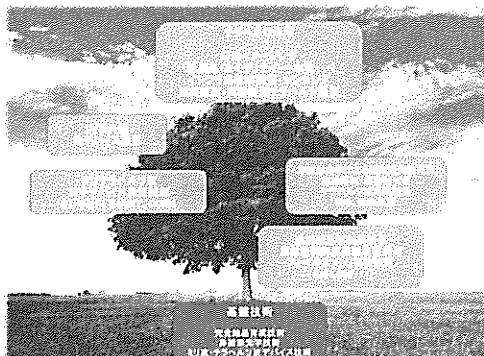


図1 テラヘルツ波発生装置の概略図



4. 社会への応用

このテラヘルツ波の利点は、電波（超短波、マイクロ波など）よりも透過性が高く、さらに光（X線、紫外線など）よりもエネルギーが低いため人体への害が比較的少ないことである。

このことから社会にむけて様々な応用が期待できる。多くの応用例が挙げられるが、ここではその一部を紹介しよう。



図2 応用実験の様子

応用例の一つとして、被覆銅線（銅線などの金属素線を絶縁被覆が覆った構造をした銅線）の被覆に用いられるポリエチレンなどの高分子被覆は黒色不透明であるため内部素線を直接目視はできない。そこで被覆を剥ぎ取る必要があるが、この方法では検査後に再度被覆を修復する手間がかかり、金属素線が劣化する要因である水分が内部に侵入する恐れがある。

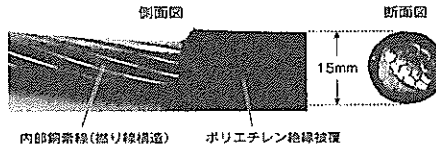


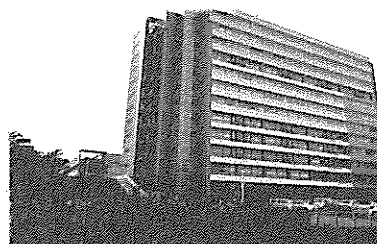
図3 絶縁被覆銅線試験料

高橋見也他、技術開発オーム、3 (2015) 38.

そこで、テラヘルツ波による非破壊センシング技術応用が期待できる。これは、測定対象にテラヘルツ波を与え、テラヘルツ波が対象に透過することで被覆を剥ぎ取ることをせずに反射波を得ることによって内部の状態を測定する方法である。例えば、腐食成分の有無で反射強度が変化することから、金属素線が腐食された場所や範囲がわかる。

このほかにも、テラヘルツ波は医療・バイオ・情報通信・セキュリティなどへの分野への応用の可能性がある。

先ほども述べたように電磁波の側面と光の側面を併せ持ったテラヘルツ波を利用できれば、今まで人体への悪影響が懸念されていた高エネルギーの放射線などに代わって社会に役立てるだろう。テラヘルツ波は近年まで未踏領域であったため未知数の部分が多いが、さらなる研究による発展を期待できる。



情報技術が作り出す健康社会の世界

東北大学工学部 吉澤研究室

2119 佐藤駿介, 2127 土門貴司, 2133 阿部京香, 2137 佐藤杏香

1. 研究室紹介

東北大学工学部・電気情報理工学部の生体システム制御医工学に属する。情報技術を医療分野に応用することで、健康社会の実現を目指した研究開発を行っている。

- ・人工心臓の制御や放射線治療における腫瘍追従法を開発する先端医療機器分野
- ・VRによるリハビリテーションシステムの開発や立体映像が生体に与える影響を明らかにするサイバー医療分野
- ・非接触のセンサから脈波や自律神経機能などの生体情報を計測する健康モニタリング分野



2. 研究目的

人工心臓の制御や放射線治療の画像解析技術は、従来のものでの患者の身体への負担を軽減し、悪化などのリスクを抑えたより安全な先端医療機器を目指して改良が進められている。また、足漕ぎ車椅子のリハビリテーションシステムの開発や3D映像の生態影響評価については、利用者が楽しく快適に生活できることを目的として研究や開発がされている。

3. 研究内容

・人工心臓

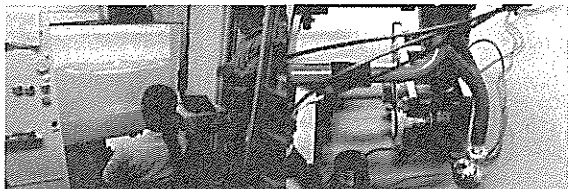
重症心不全患者の唯一の根本治療法である心臓移植は臓器提供者が大幅に不足している。そこで、吉澤研究室では、人工心臓のうち心臓移植までの生命を維持するために用いられる「補助人工心臓」の研究が行われている。しかし、補助人工心臓の制御法と生体反応の関係には不透明な部分が多く残っており、使用者の安全が保障された最適な制御法は明らかになっていない。

そこでポンプを用いた模擬循環回路実験や動物実験などを行うことにより心機能回復を目指した補助人工心臓の開発を行っている。

この研究により、心臓に障害を持った人への治療が従来の治療よりも容易になりたくさんの方が救われると思う。

・VR技術を用いたリハビリテーションシステム

身体の運動機能障害は、脳疾患（脳卒中・脳外傷）・神経疾患や脊髄損傷などによって引き起こされている。特に、高齢化社会を迎える日本では脳卒中による患者数が増加すると考えられている。



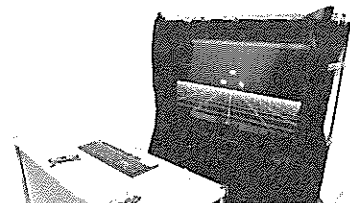
吉澤研究室では片麻痺患者を始めとした歩行が困難な方のために、バーチャルリアリティ（VR）と足漕ぎ車椅子を利用したリハビリテーションシステムの開発を行っている。

VRとはインターネット上の仮想世界のことであり、車いすをこぐことによって仮想世界の中を自由に移動することができる。今回の見学ではGoogleアースを利用することによって、複数の国の都市を体験することができた。有名な都市の上空を移動するのは、つらいリハビリ生活を楽

しくすることができる。また、限られたスペース内で安全にできることから、都内や介護施設のような場所でも使用することができる。

・3D映像

この研究では3D映像を見た際の違和感について焦点をあてている。3D映像が話題となったが、立体的に見えることで気分が悪くなるという例も少なくない。まず、なぜ立体的に見えるのか。まとめると、左右の目に違う映像を見せることで、右目と左目に差が生まれ立体的に見える。



たとえば、指を一本立てて右目で見たときと左目で見たときの指の位置が、わずかにずれる。このズレを利用して、遠くに見える物体、近くに見える物体を画面上に作り出しているのだ。初めに挙げた3D映像を見て気持ちが悪い、目が疲れるなどということを防ぎ、「より見やすく、快適に映像を見る」ということを目的として、アンケート調査やテストなどを行っている。たとえば、SSQアンケート。これは、疲労感がある、目の焦点がぼける、頭痛がするといった身体への影響を調べるものである。これを3D映像鑑賞前と鑑賞後に行い、どのような映像がどのような影響を与えるかを調査する。このほかには、フリッカーテストがある。人がどのくらい光の点滅を認識できるかを調べるものである。人は、精神疲労等により点滅を認識しにくくなる。このテストを3D映像鑑賞前と鑑賞後に行い、どの程度の精神疲労があったかを調査する。これらの調査をもとに多くの人々が快適に鑑賞できる映像の作成をしようと考えている。

・先端放射線技術

現在、ガンの治療法には、手術や抗癌剤による化学療法他、放射線治療がある。放射線治療は、ガン細胞のみに放射線を照射し治療するため、副作用が少ないという他の治療法より優れている点を持っている。この放射線治療で重要な点は、治療対象である腫瘍に十分な線量の放射線を照射し、腫瘍周辺の健康組織の被ばくを抑制することだ。しかし、腫瘍位置が呼吸により時々刻々と移り変わる肺がんなどでは、腫瘍位置をリアルタイムに画像計測する技術、計測から照射までに生じる時間遅れを補うための未来の腫瘍位置を予測する技術が必要となる。この研究では動き続ける腫瘍へ放射線を照射する技術を実現するため、腫瘍位置計測・予測技術の開発に取り組んでいる。その方法は、患者の呼吸波形を計測し、それをもとに誘導する呼吸波形を導き出すというものだ。この誘導する呼吸は、患者が呼吸しやすい呼吸とされている。最先端の設備では、放射線を照射する機械が動いて合わせるというものもあるが、一般的には機械はプログラムされたパターンの動きしかできず、患者の唐突な咳などによる動きや血圧の上昇による心拍の変化には対応できないので、患者がある程度その誘導に合わせることも必要である。

【謝辞】

今回の経験で私達は知らない分野の研究に触れることで、医療システムや健康社会について視野を広げることができた。この研究室訪問に御協力頂いた吉澤研究室の皆様は、改めて謝辞を述べさせていただきます。

藻類バイオマス燃料

東北大学工学部 スミス・リチャード研究室

学籍番号 2130 氏名 古澤 樹, 学籍番号 2117 氏名 坂田 空,
学籍番号 2101 氏名 青木 雄一, 学籍番号 2138 氏名 徳田 千紘

スミス研究室で行っていること

超臨界流体を反応・分離・材料製造溶媒とする独自の利用技術のシステム構築を目的とした、超臨界状態の水と二酸化炭素を利用して、新しい環境調和型化学プロセスを開発している。

そのほかにも、セミクラスレートハイドレート (SCH) を用いたガス分離プロセスの構築を目的とした相平衡の測定、イオン液体を用いたバイオマス変換や回収技術発展途上のレアメタルの効率的な回収法などを研究している。

また、近年は生物資源に関することも行っており、筑波大学と連携して藻類を用いたバイオマス燃料について南浦浄化センターで藻類を培養し研究を行っている。

背景

現在、世界中の研究機関で環境問題に対する取り組みが行われており、太陽エネルギーの有効活用など人間が自然と調和した持続可能な生活を送ることを目的としている環境グリーンプロセス学分野に注目が高まっている。

現代のエネルギー問題

世界経済はエネルギー供給のほとんどを石油等の化石資源に依存してなっている。

化石資源の継続的使用は、地球温暖化や環境汚染など深刻な問題の要因となり、さらに急激でかつグローバルな産業の拡大が化石資源の枯渇という危険をもたらす。

また、2011年に起こった福島第一原発事故により、エネルギー政策の見直しが不可避となり、再生可能エネルギーの拡大が課題となっている。

そうした中、藻類バイオマスは、穀物からのバイオ燃料とは異なり、食料高騰の問題を引き起こす心配がない。

さらにとうもろこしの700倍のオイル生産効率があり、従来のバイオマスに比べ生産能力が高い次世代のエネルギーとして世界が注目している。

作物・藻類	オイル生産量 L/ha/年	世界の石油需要 を満たすのに 必要な面積 (100万 ha)	地球上の耕作 面積に対する 割合 (%)
とうもろこし	172	28,343	1430.0
綿花	325	15,002	756.9
大豆	446	10,932	551.6
カノーラ	1,190	4,097	206.7
ヤトロファ	1,892	2,577	130.0
ココナッツ	2,689	1,813	91.4
パーム	5,950	819	41.3
微細藻類(1)	136,900	36	1.8
微細藻類(2)	58,700	83	4.2

藻類バイオマス燃料とは

従属栄養藻類の中でも有機物によって増殖するのが特徴で、光合成を必要としないため光がなくても炭化水素オイルを生産できるオーランチオキトリウムが発見から下水処理プロセスと藻類バイオマス生産の統合化という研究へ発展した。

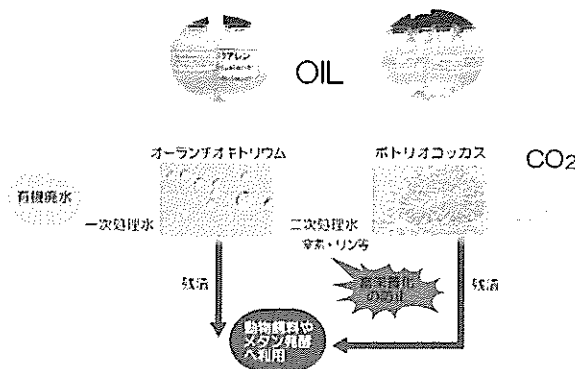
<研究開発内容>

オーランチオキトリウムの上記の特徴と研究室によって開発された、低濃度の有機廃水で増殖が促進されるボトリオコッカスの特性を活かして、

下水処理の一次処理水にオーランチオキトリウムを投入、二次処理水をボトリオコッカスの培養に活用させ、下水処理プロセスへ統合させるといったもの。

<統合化による利点>

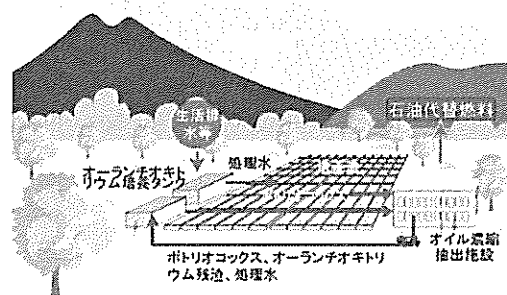
- 廃棄物を使用することによるオイル生産コストの抑制
- 二次処理水（窒素とリンの残渣）をボトリオコッカスの培養に活かすことによる水域の富栄養化の防止
- オイル採集後の藻類残渣物の動物飼料やメタン発酵への利用の実現可能性が広がる。



今後の課題

藻類バイオマスを実用化するためには、屋外での大量培養生産に向けた技術の確立が急務の課題となっている。

そこで、筑波大と東北大および仙台市では、共同研究体制をとり技術的課題の解決を目指している。



大量培養生産のイメージ図

生体分子モーターの世界

東北大学工学部 佐々木 一夫研究室

2107 大久保研吾 2113 菊池奎斗 2118 佐々木大輔 2121 庄子水渡

1. 研究室紹介

佐々木研究室は、工学部の電気情報理工学科の応用物理コースに所属しています。主に、バイオサイエンスという分野のコンピュータによるシミュレーションを用いて生体分子モーターについて研究しています。研究室には現在、佐々木一夫教授、林久美子助教、吉留崇助教と、3人の修士生と5人の学部生が所属しています。どの方もとても優しく、アットホームな雰囲気です。私たちが訪問した時も丁寧に教えていただきました。研究所には1台数千万とする顕微鏡が置いてあり、その他にも様々な装置が置いてありとても充実しています。

毎週水曜日には学部4年生のために、専門の本を読む時間を取り、水曜日には研究室内でゼミと呼ばれる発表会が行われています。学会をはじめ、5月には「工明会運動会」、11月には「応物駅伝大会」など、行事面でも充実しています。

そのような研究に興味がある人は、ぜひ一度研究室に行ってみることをお勧めします。きっと丁寧に教えて頂けるでしょう。また、佐々木教授などのメールアドレスがホームページに載っているので、連絡してみるといいかも知れません。

2. 研究目的

この研究室で研究している「生体分子モーター」は、生体内で働く分子モーターです。生体内と聞くと生物分野？と思うと思いますが、これを研究している研究室は工学部にあります。なぜかというと…

小さい

大きさが約10nm(0.00001cm)程度の巨大分子である

省エネ

エネルギー効率がほぼ100%である

(自動車のエンジンはエネルギー効率が約30%)

→自動車のエンジンに比べ格段に効率がいい!!

環境にやさしい

消費した燃料を再利用している(ATP→ADP→ATP→…)

この分子モーターの仕組みを理解し
工学的应用につなげたい!!

そうは言っても、これほどまでにエネルギー効率が低いものはあまりなく、未だにエネルギーの変換の仕組みは詳しく解明されてはいません。そこで統計物理の法則に基づきそれを明らかにすることで、社会に工学的貢献ができる。これがこの研究室の最大の目的です。

※エネルギー変換効率 (例として)

変換形態	入力エネルギー	効率 [%]
生体分子モーター	化学 (ATP)	ほぼ100
虫(ルシフェリン)	化学 (ATP)	<95
火力発電	化学 (石炭)	40-43
光合成	電磁波(太陽光)	35
ガソリンエンジン	化学(ガソリン)	20-30
LED	電力(直流)	25

3. 研究内容

生体内で働く分子モーター(大きさ10nm程度の動く巨大分子)を対象とし、計算機シミュレーションや1分子実験(個々の分子モーターを顕微鏡を用いて研究しています)。

大腸菌などの単細胞生物バクテリアは、生命維持に必要な物質や、よい環境を求めて、自らべん毛を回転させ泳ぎ回ることが知られていま

このべん毛の回転運動は、べん毛の根元にある「回転分子モーター」によって生み出されます。

この分子モーターは、モーターの一部(イオンチャネル)を通過するイオンのエネルギーをうまく取り出して回転運動を作り出しています。イオンの運動がどのようにしてべん毛の回転運動に変換されているかは、まだ明らかにされていません。

理論的なモデルを提案し、そのモデルを解析することによってエネルギー変換メカニズムの解明を試みています。また、このモーターがどれほどの効率でエネルギー変換を行っているのかにも興味をもっておられるようです。

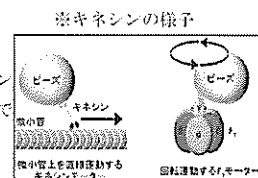
主な分子モーターの例

① 筋肉を動かすミオシン

アクチンフィラメントがミオシンフィラメントの間に滑り込むことで筋肉が縮む

② 神経伝達物質を運ぶキネシン

神経伝達物質のアセチルコリンノルエピフリン、ドーパミン、ヒスタミン、セロトニンなどを運ぶ



分子モーターの利点

- 1 エネルギー変換効率がほぼ100%ということ
- 2 10nmの大きさなのでとても小さいということ
- 3 コンピュータシミュレーションで実験できること
- 4 ビーズなどの比較的大きいものを動かせること

4. 社会への利用

この生体分子モーターについての研究は、かつて多くの研究がそうであったように、今すぐ世の中に役立つのでは無く20年、30年の時が経ってようやく社会に還元されるものでしょう。しかし、この研究がなされることには大きな意味があります。

先述の事項にもあったように、生体分子モーターとはそれ自身が10nmという小ささでありながらエネルギー変換効率がほぼ100%であり、体内で出る廃棄物をエネルギー源として動きます。加えて、自身の大きさの500倍程度のものを動かすことも可能です。現在は未知の領域が多く残されているこの生体分子モーターですが、その仕組みが解明されることによって科学分野、特に工学分野への応用が期待できます。

その中の一つとして挙げられるのは医療機器への応用です。人類が10nmの大きさの、かつ人為的な操作が可能な機械を製作できるようになれば、治療の際に人体に負担をかけたり負傷させたりするリスクが少なくなります。さらに罹患部に直接、集中的な治療を行えるようになるため、現在の医療を飛躍的に向上させることは間違いのないでしょう。

そのきっかけとなるべく、佐々木研究室では今日においても研究が進められています。「科学」とは決して遠い存在ではなく、私たちの日常や未来に密接に関わるものです。それを改めて意識できたならば、今回の研修には意義があったのではないのでしょうか。

5. 参考文献

東北大学工学部情報知能システム総合学科ナノサイエンスコース HP

<http://www.apph.tohoku.ac.jp/mathphys/research.html>

Wikipedia 「エネルギー効率」

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A8%E3%83%8D%E3%83%AB%E3%82%AE%E3%83%BC%E5%8A%B9%E7%8E%87>

東北大学工学部情報知能システム総合学科 HP(旧サイト)

http://www.eeci.tohoku.ac.jp/iss/org/lab/nanoscience_04.html

そして東北は甦る

東北大学工学部 高橋弘研究室

2226 星智也, 2216 田畑賢治 2219 長野峻也 2230 村上裕之

1. 研究室紹介

この研究室では「地球」と「人類」、両者に最適なシステム、「環境調和型システム」について研究している。地球全体を一つのシステムととらえて地球と共生できる人類の未来をどのように築くべきか、そのためには何ができるのかを「工学」の視点から探っている。地球のあらゆる気候、自然環境、生態系などを理解し地球の観音をどのように技術に取り込んでいくか。そこから人類と地球の両者に最適なシステムを導き出す。

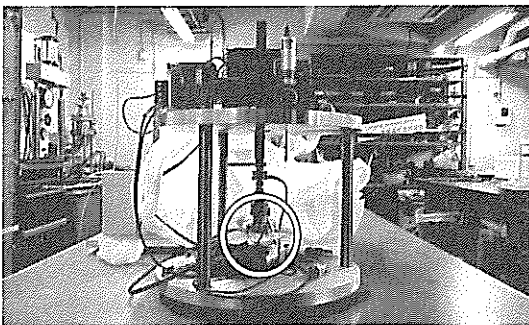
2. 研究内容

(1) 再生路盤材含有アスファルトの高次利活用に関する研究



道路補修工事現場から排出されるアスファルトガラをアスファルト舗装用の再生骨材として利用する場合、全体の土砂分は5%以下であるという法的基準をクリアしていないため、付加価値の低い路盤材にしか活用されていないのが現状である。本研究では、泥水がでないように水を使わずにアスファルトをきれいにする装置を作成している。この装置の仕組みは、オレンジ色のホースから空気を入れ空気で旋回流を起こし、これにより発生した土分をバキュームで吸い取るものだ。また、土砂分離管に振動を付加し、アスファルトガラの滞留時間を増加させることにより、土砂分離効率を増大させる実験も行っている。

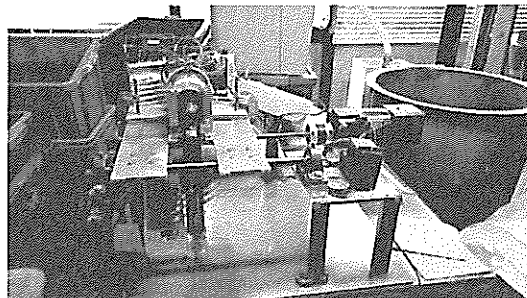
(2) 土砂付着メカニズム解明と土砂非付着材料の開発



ショベルカーやブルドーザーなどの重機を使うと、土や泥がこびりつくことがある。それを防ぐために写真のように土砂の付着具合を計測する装置を開発し、土砂と金属の付着メカニズムの研究を行い、土に付着しない金属の開発に努めている。装置の中にある鉄製の棒の先端部分(黄○)に様々な種類や粗さの金属を装着し下にある土に押し込むことで、土の付着具合が分かる。土の含水量や金属表面の粗さによって土の付着具合にも違いが出るそうだ。最近では昆虫の外皮を応用することを実験も行われている。この研究が成功すれば、効率よく重機を使った工事を行うことができるはずだ。

(3) 災害に強い国づくりを目指した

災害復旧対応型泥土処理システムの開発



近年、東日本大震災や大型台風などの大規模自然災害が多発している。自然災害では地震により液状化した泥土や地すべり・河道閉塞により発生した大量の軟弱泥土が発生することが多く、これにより災害復旧用の車両・重機が現場に進入するための通路が確保できず、迅速な災害復旧が遅れている。そのためこの軟弱泥土を処理しないといけないのだが、これまでは、「軟弱泥土は使い物にならない」というのが常識であり、「使い物にならないから処分場に捨てる」というのが一般的だった。しかし近年、処分場の残存容量は減少してきている。

そこでこの研究室では2013年から「災害復旧対応型泥土処理システム」の開発を目指した研究を開始した。このシステムが具体的に何をやるかという、「繊維質固化処理土工法」という技術を用いて機械により泥土を改良する。

「繊維質固化処理土工法」について説明すると、まず軟弱泥土の再利用が難しいのは水を多く含むからである。その含水比を下げべくこの研究室が試行錯誤を繰り返した結果、古新聞にたどり着いた。古新聞は上質紙に比べれば紙質は劣るがその分水をよく吸収する。そこで、古紙を軟弱泥土に混合して古紙に水分を吸収させ見かけの含水比を下げることにした。すると含水比を下げることに成功しただけでなく、泥土が紙粘土のようになった。こうしてこの古紙に加えセメント系固化材を泥土に添加し良質な土砂に変える方法がこの「繊維質固化処理土工法」である。

そしてこの研究室が具体的にやっているのが攪拌羽(画像)を用いて攪拌装置を作成し、古新聞などの繊維入り固化材を泥土と攪拌させ転圧するという実験である。この実験でシステムが効果的に稼働することが確認され、学会で発表された。これからの時代においてとても期待できる研究である。

3. まとめ

これらの研究には、東日本大震災の復興に直接関連するものが多いと感じた。これらの多くは一般の人々にはあまり馴染みのない内容だと思われる。実際私たちがそうだった。しかし、これらの研究が元となり他の研究・開発に応用されるのである。震災復興のために戦う日々を過ごす高橋研究室の皆さんはまさにヒーローである。私たちが震災復興のためにできることをするべきだと改めて思った。高橋研究室の皆さん、この度はありがとうございました。

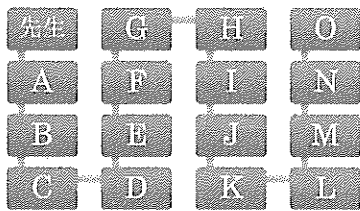
アルゴリズムを用いた効率の良い社会

東北大学電気情報理工学科 情報工学コース 周・伊藤研究室

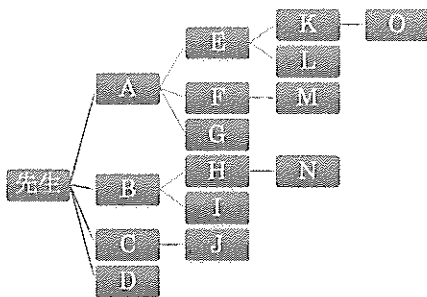
2215 高橋 佳汰 2223 深堀 宗一郎 2234 安達 実成 2238 高橋 扶美奈

○アルゴリズムって何？

研究室で取り上げているアルゴリズムとは何か。
例えば、台風が来て学校が休校になったとする。
学校の連絡網を考えると、



一人に電話をするのに1分かかるとすると、上の連絡網では全員に伝え終わるのに15分かかる。Oが家を出発してから家に電話が入るかもしれない。そこでもっと効率が良くなるよう改良する。



少し複雑だが、これだと4分しかかからない。はじめの15分と比べて9分も縮まった。このように、連絡網の伝え方・手順を変えるだけで、連絡を、効率よく、早く伝えられる。ここでいう、連絡網の伝え方・手順のことをアルゴリズムという。

つまり、私たちの生活上にある、ありとあらゆる手順は、アルゴリズムによって効率化が図られているのである。

○研究内容

この研究室はアルゴリズムについて研究をしている。
アルゴリズムとは、コンピュータの計算方法のことで、目に見える形としては現れないが重要な役割を果たしており、コンピュータになくしてはならない、いわば縁の下の方持ちのような存在である。

例を挙げれば、GoogleやYahooなどの検索媒体で検索をするときや、ゲームをするとき、Siriやしゅべってコンシェルでの人工知能などに使われており、コンピュータの計算には必ず使われていると言ってよい。

しかし、アルゴリズムが誤っていた場合、システム障害を起こし、社会的損失は大きい。そこで、間違ったアルゴリズムを起こさないために使われるのが数学である。

アルゴリズムにも効率が良いものと悪いものがある。

例えば、15人での電話の連絡網で考えてみると、一人ひとり順番に電話をするのと、途中で分岐をさせて電話をし、同時進行で連絡をするのでは、明らかに後者のほうが、アルゴリズムが複雑になるが、効率が良いといえる。

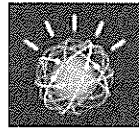
この研究室では、より効率の良いアルゴリズムを目指して研究をしている。

○研究目的

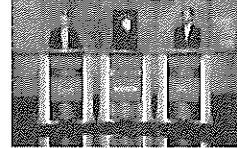
「アルゴリズム」とは問題解決の手続きを与えるもので、計算機ソフトウェアばかりでなくハードウェアにとっても重要な要素であり、コンピュータサイエンスの中心的研究テーマになっている。

なじみ深い身近な利用法としてはコンピュータゲームのAI、使用するアルゴリズムによって計算時間が左右される。

プロの将棋では竜王戦が開催されているが、同様にアメリカではクイズ番組に人工知能の「ワトソン」が登場し、歴戦の優勝者たちを相手に勝利を取っている。



ワトソンのアバター



だが、与えられる情報が多ければ多いほど答えを導き出すのが遅くなるのは人間の脳と同じだ。

そこで、アルゴリズム研究室では効率の良いアルゴリズムの統一設計法、アルゴリズムの新しい解析法などの研究を行っている。より効率の良いアルゴリズムが見つければそれだけ答えを導き出すのが速くなる。人々の生活をより快適にするためにアルゴリズムの研究を進めている。

○社会への利用

周・伊藤研究室では様々な事例を、より効率的に進めるためアルゴリズム理論応用し研究している。

① 人工知能の発展

将棋やゲームの対戦ソフトなどに搭載されている人工知能だが、最近では、アメリカのクイズ番組でコンピュータと人間が早おし問題で対決している。

問題文から回答を導くという高度な技術をアルゴリズム理論によって可能にしている。

② 脳をまねた計算方法

私たちの脳の神経回路はたいへん複雑であり、その全容はいまだ解明されていない。だが、脳が働く際に消費するエネルギーは非常に小さい。そこでアルゴリズムを応用し電気回路を作り計算することで複雑な神経回路の模倣であっても、考えることができる。



脳内にあるシナプスの数は100兆個を超える！

③ 未来の渋滞の予測

現段階では未来の渋滞を予測することは難しい。カーナビの交通渋滞を予測し目的地までの最良のルートを選出するという機能の開発が進められているが、何も考えずに計算すると一時間後の交通渋滞を予測するのに一時間かかってしまう。

だがどのルートを通れば所要時間が短いのか、未来ではどの道で渋滞が起こるかなどの膨大な情報から考え、アルゴリズムを用いることで最短のルートを導き出すことができる。



平成28年3月31日発行

宮城県仙台第三高等学校

SSH委員会
理数科部

〒983-0824

宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷一丁目19番地

TEL 022-251-1246

FAX 022-251-1247

E-Mail chief@sensan.myswan.ne.jp

URL <http://ssh-sensan.myswan.ne.jp/>

<http://sensan.myswan.ne.jp/>

