

グローバルサイエンスキャンパス
平成30年度全国受講生研究発表会

研究成果の要約集

開催日：平成30年10月7日(日)・8日(月・祝)

場 所：日本科学未来館

(東京都江東区青海 2-3-6)

主 催：国立研究開発法人科学技術振興機構

世界にはばたけ未来の科学者たち！

（事業名の略称）

GSC: グローバルサイエンスキャンパス

目 次

発表番号	タイトル	実施機関名	発表者(*)	ページ
A - 1	クワガタムシの大顎形状を用いた曲がりばり構造のデザイン A structural design of the curved beam by using the big jaw shape of the stag beetle	金沢大学	野関 悟	1
A - 2	VCとCuの複合析出によるマルテンサイト鋼の高強度化 Strengthening of martensitic steel by vanadium and copper addition	九州大学	李 卓衍	3
A - 3	マイクロ波を用いたFeSの単熱還元及び脱硫 Carbothermic Reduction and Desulfurization of FeS during Microwave Heating	九州大学	宮崎 桃華	5
A - 4	高次共振を有する機械システムの防振制御系に関する研究 Study on Vibration Suppression Controller for Mechanical Systems with Higher-Order Resonance	慶應義塾大学	矢島 健大	7
B - 5	河川の勾配の決定要因の考察 A theory on how the gradients of rivers are determined	広島大学	坂本 コナン	9
B - 6	福島第一原発事故と環境放射能 - 葛西臨海公園における人工放射性物質の測定 The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and Environmental Radioactivity Measurement of Artificial Radioactive Substances in Kasai Rinkai Park	慶應義塾大学	蓮本 裕加	11
C - 7	他個体との接触による外部環境の変化がうつ病モデルマウスに及ぼす影響 The Effect of Social Interaction on Depression Model Mice	大阪大学	福田 めぐみ	13
C - 8	術後イレウスマウスにおける腸筋層の組織学的解析 Histological study of the postoperative ileus in mice	福井大学	安宅 華 木瀬 茉鈴 西 秀翔	15
C - 9	自閉症モデルマウスにおけるシナプス構造異常の電子顕微鏡解析 Morphological anomalies of the synapse in an autism spectrum disorder model mouse revealed by electron microscopy	福井大学	櫻井 太翔	17
C - 10	細胞分化決定におけるヘム機能の解析 Analysis of heme function in cell fate determination	福井大学	浅井 良佳 平山 琴珠	19
C - 11	力学的要因による赤血球の変形・破壊シミュレーション A simulation study of red blood cell deformation and destruction caused by mechanical effect	神戸大学 (共同機関:兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	谷内 太陽	21
C - 12	DUSP6遺伝子は膵臓がんを征圧できるか Save patients with pancreatic cancer! -Our analyses on DUSP6 as the promising candidate-	東北大学	山本 望海 立石 朱紗美	23
D - 13	2011年東北地方太平洋沖地震は南海トラフの深部低周波微動活動に影響を与えたのか? What impact could the 2011 Tohoku earthquake have had on the activity of deep low frequency tremors in Nankai subduction zone?	金沢大学	河野 葉子	25
D - 14	大気硝酸をトレーサーとして利用した河川水中の硝酸の挙動解析 Quantifying Nitrate Dynamics in a River Using Atmospheric Nitrate as a Tracer	名古屋大学	元吉 千遥 山岸 美彩	27
D - 15	静岡県清水区の高長寺のボーリングコアに基づく後期完新世の環境変化の復元 Reconstruction of Late Holocene environmental changes based on analysis of core sediments from Kaicho Temple, Shimizu-ku, Shizuoka city, central Japan	静岡大学	鈴木 大介 伊奈 朋弥	29

発表番号	タイトル	実施機関名	発表者(*)	ページ
E - 16	高温下での光合成酸素発生系の損傷メカニズム Molecular Mechanism of the Heat Stress to Oxygen-evolving System in Photosynthesis	名古屋大学	佐藤 祐菜 峯松 礼佳	31
F - 17	雨水に含まれる酢酸の微量分析 Trace Analysis of Acetic Acid in Rainwater	大阪大学	明日 理湖	33
F - 18	天然物フラボノールとホウ素の錯体の発光 Luminescent Properties of Boron Complexes with a Natural Product Flavonols	埼玉大学	飯塚 菜々美	35
F - 19	発光材料として期待される新しいイリジウム錯体 Novel Luminescent Ir(III) Complexes for Light Emitting Material	埼玉大学	清水 寿菜	37
F - 20	光をトリガーとした状態遷移に基づくDNAコンピューティング DNA computing based on photo-triggered gate transition	金沢大学	北村 佳のん	39
F - 21	BR反応における新しい振動の発見 Findings of new oscillations in BR reaction	静岡大学	袴田 彩仁	41
F - 22	天然物質と交互積層法を用いた構造色を発する水溶性多層膜の作製 Preparation of biodegradable structural color multi-layer films composed of biopolymers using a cast method	神戸大学 (共同機関: 兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	御船 渚紗	43
F - 23	酸化鉄ナノ粒子の低温還元による α -Feナノ粒子の調製 Preparation of α -Fe nanoparticles by reduction of iron oxide ones at lower temperature to prevent their aggregation	東北大学	丸山 千智 安斎 優希	45
F - 24	水質汚染と再生可能エネルギー - 太陽光による脱塩化- Water pollution and Renewable Energy - Desalination by sunlight	慶應義塾大学	金 穎燦	47
G - 25	細胞が発生する微量な力を見える化する Visualization of contractile force generated by cells	大阪大学	鏑本 侑志	49
G - 26	栃木県産ミヤコタナゴの全ミトコンドリアDNA配列の決定 Complete mitochondria genome sequence of wild population of the Tokyo bitterling in Tochigi prefecture	宇都宮大学	中野 智恵理 岩田 涼花 宮城 知広	51
G - 27	インドネシアのヘチマから分離されたBegomovirus属ウイルスの全塩基配列決定 Complete nucleotide sequence of a begomovirus isolated from luffa plants in Indonesia	宇都宮大学	田上 真衣 金子 海咲	53
G - 28	野菜やキノコに含まれる糖の分析 Analysis of sugars included in vegetables and mushrooms	埼玉大学	杉浦 絵理	55
G - 29	微小重力下でニワトリは孵化するか～宇宙農業への挑戦～ Chicken Embryonic Development under Microgravity Environment ~ Challenge to Space Agriculture ~	広島大学	大西 大知	57
G - 30	未利用の有機物でバッテリーを充電する Battery charging with a organic waste	広島大学	佐藤 功典	59

発表番号	タイトル	実施機関名	発表者(*)	ページ
G - 31	精子の長さミトコンドリアの体積の相関 The correlation between the sperm length and the volume of its mitochondria in <i>Drosophila</i>	名古屋大学	野畑 夏鈴 前野 里佳	61
G - 32	モリアオガエルの産卵地調査と室内実験 Survey on spawning grounds and laboratory experiments of forest green tree frog	静岡大学	竹内 希海	63
G - 33	菌従属栄養植物クロヤツシロランの根から出る物質が共生菌の菌糸生長に及ぼす影響 Effect of Substances Secreted from the Roots of the Mycoheterotrophic Plant <i>Gastrodia pubilabiata</i> on the Growth of its Mycorrhizal Fungi	神戸大学 (共同機関: 兵庫県立大学, 関西学院大学, 甲南大学)	千田 綾菜	65
G - 34	細菌が分泌するタンパク質-細菌にとっての役割、構造と機能の相関をさぐる- Bacterial extracellular proteins -Their roles, functions and structures-	東北大学	関 百咲	67
G - 35	カイク低分子量GTP結合タンパク質RabX4の結晶化 Crystallization of the protein RabX4	九州大学	島谷 玲央	69
G - 36	カクレマノミ体表粘液中のタンパク質は、Mg ²⁺ を吸着するのか？ Do proteins in the body surface mucus of a clownfish adsorb magnesium ions?	愛媛大学	重松 楽々	71
G - 37	ハリガネムシの生態に関する研究 Study on the ecology of horsehair worms	愛媛大学	曾我部 真央	73
G - 38	ミミウイルスのX型DNA polymeraseの起源 The origin of DNA polymerase family X of Mimivirus	東京理科大学	寺井 修介	75

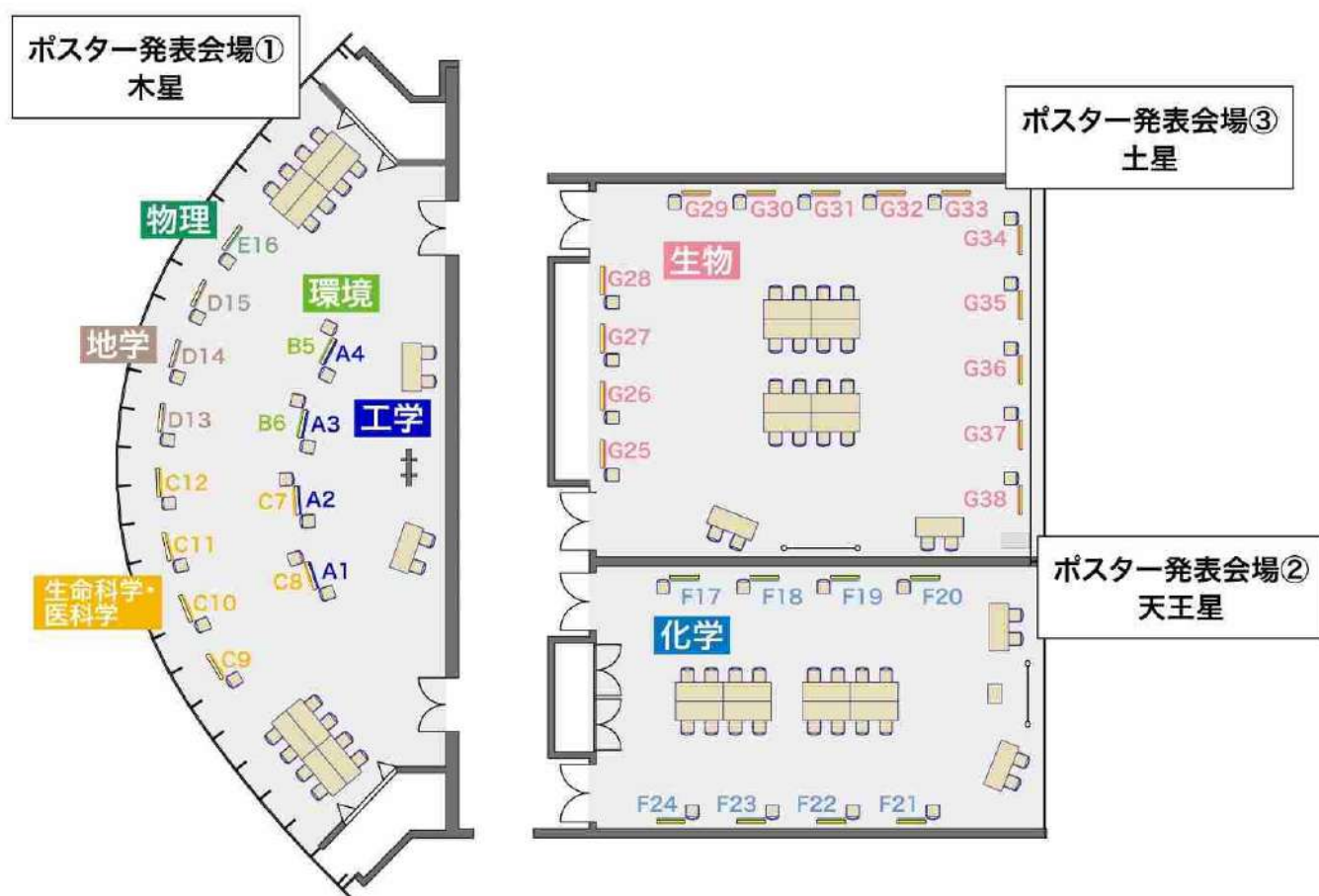
*「発表者」には、当日発表を行う受講生名を記載しています。

■ ポスター配置図

※分野番号について

分野番号	分野名	会場
A	工学	ポスター発表会場① (木星)
B	環境	
C	生命科学・医科学	
D	地学	
E	物理	
F	化学	ポスター発表会場② (天王星)
G	生物	ポスター発表会場③ (土星)

※発表番号(分野番号 - 番号)



■ 審査員に対するポスター発表

下表は発表時間の目安です。発表時間は10分、質疑・応答は5分、審査は4分になります。その後、3分の審査員の移動時間の後に次の発表がスタートします。

発表	発表者 (発表番号)	開始 時間	終了 時間	発表(10分)+質疑・応答(5分)		審査 (4分)	次のポスター への移動(3 分)
				開始	終了		
開始の合図(連絡事項説明他)		14:10	14:15	－	－	－	－
1回目	奇数番号	14:15	14:37	14:15	14:30	14:34	14:37
	偶数番号	14:37	14:59	14:37	14:52	14:56	14:59
2回目	奇数番号	14:59	15:18	14:59	15:14	15:18	－
休憩		15:18	15:33	－	－	－	0:15
2回目	偶数番号	15:33	15:55	15:33	15:48	15:52	15:55
3回目	奇数番号	15:55	16:17	15:55	16:10	16:14	16:17
	偶数番号	16:17	16:36	16:17	16:32	16:36	－
終了の合図(連絡事項説明他)		16:36	16:45	－	－	－	－

■ 受講生同士のポスター発表

下表は発表時間の目安です。受講生同士の相互発表は発表番号毎に3つのグループに分かれておこないます。1グループの発表時間は20分です。

分野 番号	分野名	第1グループ	第2グループ	第3グループ
		16:55～17:15	17:15～17:35	17:35～17:55
A	工学	1、3	2	4
B	環境	5		6
C	生命科学・医科学	7、10	8、12	9、11
D	地学	13	14	15
E	物理		16	
F	化学	17、20、23	18、21、24	19、22
G	生物	25、28、31、 34、37	26、29、32、 35、38	27、30、33、36

MEMO

MEMO

MEMO

クワガタムシの大顎形状を用いた曲がりばり構造のデザイン

野関 悟（石川工業高等専門学校 3年）

坂本 二郎（金沢大学新学術創成研究機構）

1. 研究の目的と意義

近年、ものづくりの従来の考え方に捕らわれずに生物の構造から新たな着想を得る研究に期待が高まっている。生物の骨格は、その生息環境に適応し、必要最小限の材料で最大限の強度を出せるよう最適化されていると考えられている。本研究では、そのような生物の骨格構造を工業製品の構造デザインに生かすことを目的とする。具体的には、クワガタの大顎に注目し、その形状を片持ちの曲がりばり構造のデザインに応用する。クワガタのオスの大顎は、オス同士や他の甲虫と争う際に、それらを挟んで持ち上げることから、なんらかの力学的最適性を有しており、先端に荷重を受ける片持ちの曲がりばり構造のデザインに適していると考えられる。



図1 ノコギリクワガタ

2. 研究の手法

金沢大学「バイオインスパイアードデザインの研究開発」の骨データベース[1]では、様々な生物の骨に対して CT 画像に基づく 3 次元形態データを提供している。このデータベースから、ノコギリクワガタのオス（図 1）の大顎外形形状の STL データを入手し、それに基づいて有限要素解析ソフトウェア MSC. Marc (MSC 製) を用い、長さ 300 mm の片持ち曲がりばり構造のモデルを作成した（図 2 (a)）。比較のため同等の長さを持つ単純形状のパイプモデルを作成した（図 2 (b)）。両者に対し有限要素解析ソフトを用いて力学解析を行い、単純なパイプモデルとクワガタ大顎モデルとの違いを検討する。具体的には、二つのモデルに同じ荷重を与えたときの応力を比較した。荷重条件としては、モデル下部を完全固定し、先端において下向きに同じ大きさの集中荷重を負荷した。

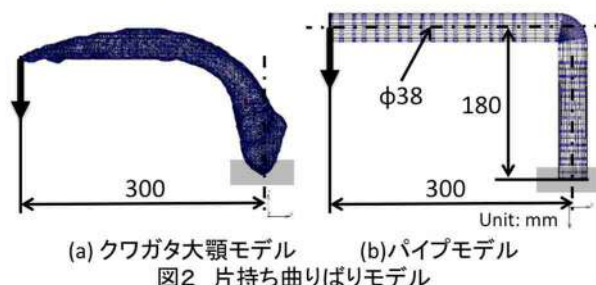


図2 片持ち曲りばりモデル

比較のため同等の長さを持つ単純形状のパイプモデルを作成した（図 2 (b)）。両者に対し有限要素解析ソフトを用いて力学解析を行い、単純なパイプモデルとクワガタ大顎モデルとの違いを検討する。具体的には、二つのモデルに同じ荷重を与えたときの応力を比較した。荷重条件としては、モデル下部を完全固定し、先端において下向きに同じ大きさの集中荷重を負荷した。

3. 結果と考察

クワガタ大顎モデルと単純パイプモデルにおける引張主応力分布を図 3 に示す。双方とも曲率の最も大きい部分に最も大きな引張主応力が発生しており、クワガタ大顎モデルにおける最大値は、パイプモデルの最大値の 40.8% であった。このように、鉛直下向きの荷重がかかった場合の応力分布については、パイプモデルでは高い応力が狭い範囲に集中しているのに対し、クワガタ大顎モデルではそれよりも低い応力が広範囲に渡って分布していることから、クワガタ大顎の形状がより力を分散させ易く、曲げ荷重に対してより強いと考えられる。

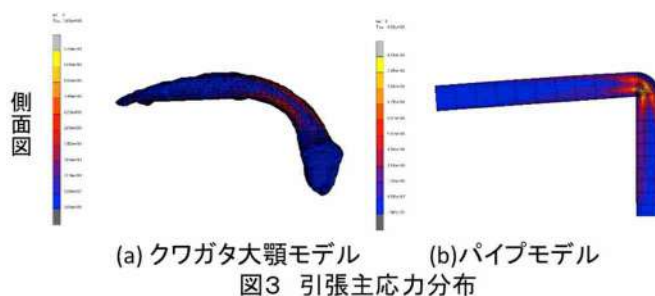


図3 引張主応力分布

4. 謝辞

研究の遂行にあたり、喜多一斗氏（金沢大学大学院自然科学研究科）の協力を得たことをここに感謝します。

5. 参考文献

[1] <http://bid.w3.kanazawa-u.ac.jp/database/> (2018.9.1 閲覧).

A structural design of the curved beam by using the big jaw shape of the stag beetle

Satoru Nozeki (National Institute of Technology, Ishikawa College, 3rd year)

Jiro Sakamoto (Kanazawa University)

1. Purpose of the study

In recent years, without sticking to a conventional way of manufacturing, research works which get new idea of structural design from the structure of living things are expected. It is thought that the skeleton structure of living things is optimized to maximize the strength by the material of the necessity minimum because of adaptation to the habitat environment. To utilize skeleton structure of living things for structural design of industrial products is the purpose of this study. The big jaw of the stag beetle was focused specifically, and its shape was applied to the structural design of curved cantilever beam.



Fig.1 The sawtooth stag beetle

2. Method

The skeleton database developed by "research of bio-innovative design technology" of Kanazawa University provides 3D form data of the skeleton of various living things based on CT images. STL data of a big jaw shape of a male sawtooth stag beetle (Fig.1) was obtained from the database, and a computational model of curved cantilever beam with 300 mm length (Fig.2(a)) was made by using finite-element analysis (FEA) software, MSC.Marc (MSC). A simple pipe model with the equal length and volume was made for comparison (Fig.2(b)). Mechanical analyses are performed by the FEA to both of them and the mechanical stress while giving the same load to two models was compared.

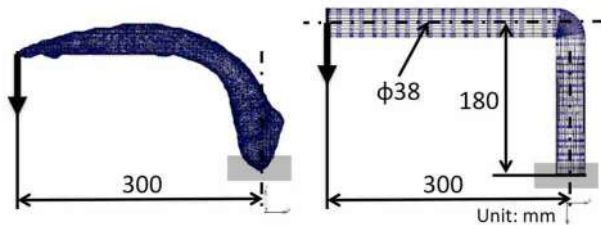


Fig.2 Curved cantilever beam models

3. Result and discussion

The tensile principal stress distribution in the models is shown in Fig.3. The maximum tensile principal stress occur both in the largest curvature part, and the maximum stress value in the big jaw model is 40.8% of the pipe model's one. While high stress is concentrating at a small area in the pipe model, lower stress is distributed in the big jaw model. Therefore, it is considered that the shape of the stag beetle big jaw is more advantageous to disperse force widely, and it is stronger to the bending load.

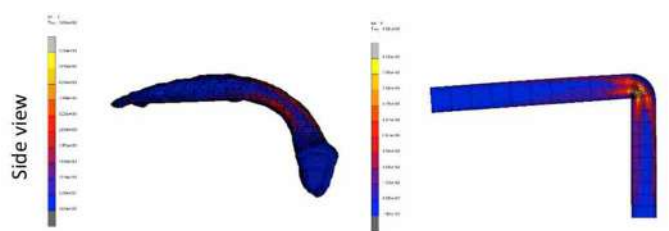


Fig.3 Distribution of tensile principal stress

4. Acknowledgement

We would like to thank our coworkers Mr. Kazuto Kita (Graduate School of Kanazawa University) for his contributions.

5. References

[1] <http://bid.w3.kanazawa-u.ac.jp/database/> (accessed on 2018.9.1).

VC と Cu の複合析出によるマルテンサイト鋼の高強度化

李 卓衍 (慶進高等学校 3 年)

担当教員 土山聡宏 准教授 (九州大学大学院 工学研究院)

1. 研究の目的と意義

自動車の省エネルギーと安全性の両立への要求が高まる中、高強度と軽量化を実現する一つの方法として高強度薄鋼板の開発が重要な課題である。しかし、鋼材の高強度化に伴う加工性の劣化が問題である。マルテンサイト鋼は非常に強度が高く乗用車の構造部材に適する一方で、延性に乏しいという弱点がある。本研究では、マルテンサイト鋼に硬質なバナジウム炭化物粒子と軟質な銅粒子を併用するという革新的な手法を用いることで、延性に優れた高強度マルテンサイト鋼を開発し、その力学的特性や微細組織を従来鋼と比較することを目的とした。

2. 研究の手法

まず供試材として、独自に設計した Fe-2Ni-1V-0.2C 合金 (VC 鋼) および Fe-2Ni-1V-2Cu-0.2C 合金 (VC-Cu 鋼) の 2 鋼種の試料を溶製した。次に、各試料を 1100℃ で 30 分のオーステナイト化処理を施した後、水焼入れしてマルテンサイト変態させた。同様に、比較材として市販の SNCM420 に同様の熱処理を施した。さらに 600℃ で種々の時間の焼戻し処理を行い、得られた各種試料の組織を走査型電子顕微鏡 (SEM) および透過型電子顕微鏡 (TEM) で観察した。またビッカース硬さ測定及び引張試験により機械的性質の評価を行った。

3. 実験結果および考察

各試料の焼戻しに伴う硬さの変化を調査した結果、従来鋼では焼戻し時間の経過に伴い単調に硬さが低下したが、VC 鋼と VC-Cu 鋼は共に硬さが上昇することが確認された。これは添加した V が VC (バナジウム炭化物) として析出し、また Cu の焼戻し軟化抵抗が発現したためだと考えられる。また、Fig 1. に示される SNCM420、VC 鋼および VC-Cu 鋼 (837K-600s 焼戻し) の公称応力-公称ひずみ曲線において、V 添加により降伏強度が約 300MPa 上昇し、それに Cu を添加すると、延性を損なうことなくさらに約 100MPa 強度が上昇することがわかる。微細組織の SEM 観察により、SNCM420 中には粗大なセメンタイト

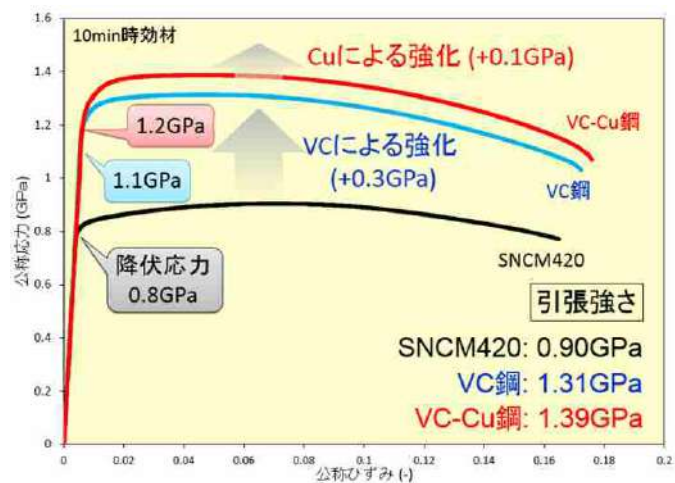


Fig 1.

(Fe₃C)が多く分散していたが、VC 鋼には平均粒子径 16nm の微細な VC 粒子が均一に分布していた。オロワン機構に従えば、VC 鋼での析出強化量は 370MPa と見積もられ、降伏強度の実験結果とほぼ一致する。VC-Cu 鋼では、Cu が鉄基地より軟質で転位が内部を通過するカッティング機構のため、延性を損なわずに VC 粒子と複合析出し、強度をさらに上昇させることが明らかとなった。以上より、VC 粒子と Cu 粒子の複合析出は延性を損なわずに強度が著しく上昇させる効果があり、自動車材料に適した新しい鋼の開発が期待できる。

4. 謝辞

本研究の遂行にあたり、九州大学 土山聡宏先生のご指導、また 増村拓朗さん 荒木理さん 瀬戸雄樹さんの協力をえたことをここに感謝します。

5. 参考文献

E. Orowan: Discussion in the Symposium on Internal Stresses in Metals and Alloys, Inst. Metals (1948)

Strengthening of martensitic steel by vanadium and copper addition

Zhuoyan Li (Keishin High School, 3rd Grade)

Mentor: Prof. Toshihiro Tsuchiyama (Kyushu University)

1. Introduction

As the demand for fuel efficiency and crashworthiness increases, researches on high-strength steel sheets have been conducted to reduce the vehicle weight and increase its strength. However, it is commonly understood that increased strength trades off with ductility and limits press formability. Martensitic steels are hard and suitable for structural components like pillars, yet brittle for application. In this study, a unique high strength martensitic steel with sufficient ductility was produced by adding both hard vanadium carbide particles and soft copper particles to a conventional low-alloyed martensitic steel. The microstructure and mechanical properties of the developed steels were investigated and compared with those of the conventional steel.

2. Method

The Fe-2Ni-1V-0.2C and Fe-2Ni-1V-2Cu-0.2C alloys were austenitized at 1373 K for 1.8 ks, and then water-quenched to form full martensitic structure. The specimens obtained were tempered at 873 K for varying durations of time. As a referential material, commercial SNCM420 with the same heat treatment was also prepared. The microstructure of the alloys was examined using a scanning electron microscope (SEM) and transmission electron microscope (TEM), and mechanical properties were evaluated by Vickers hardness testing and tensile testing.

3. Result and discussion

For changes in hardness during tempering as a function of tempering time, we observed that the hardness of VC and VC-Cu steel increased, while that of SNCM420 decreased over time. This is likely explained by the precipitation of vanadium carbides and Cu, which provides resistance to softening during tempering. From the stress-strain curves of the tempered specimens (837K-600s) as shown in Fig 1, the addition of V increased yield stress by approx. 300MPa, and Cu by 100MPa, and improvement in both strength and ductility was particularly evident in VC-Cu steel. SEM observations for the microstructure revealed that coarse cementite (Fe_3C) particles were dispersed in the SNCM420, while fine VC carbide particles of 16nm in diameter were uniformly distributed in the VC steel. Using Orowan's equation, the expected increase in yield stress by the precipitation was 370MPa and nearly matched our experimental results. In the VC-Cu steel, Cu particles further strengthens steel in addition to the VC effect without reducing ductility due to the cutting mechanism characterized by the soft properties of Cu. In conclusion, compound precipitation of fine VC and Cu precipitates is effective for increasing strength without reducing ductility, and a development of a new steel suitable for automobile application could be expected.

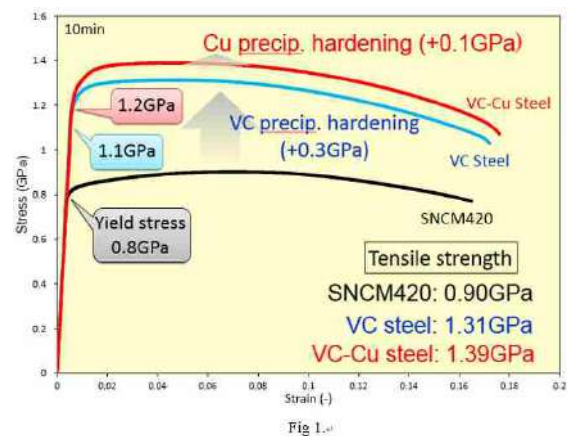


Fig 1.

4. Acknowledgements

I am grateful to Prof. Tsuchiyama, Mr. Masumura, Mr. Araki and Mr. Seto for their helpful discussion and technical support.

5. References

E. Orowan : Discussion in The Symposium on Internal Stresses in Metals and Alloys, Inst. Metals(194

マイクロ波を用いた FeS の炭熱還元および脱硫

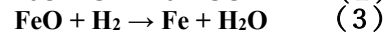
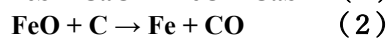
宮崎 桃華
福岡県立香住丘高等学校

背景

鉄を作る過程で、私たちは炭質素材を用いて浸炭、減少、加熱を行う。これらの素材は二酸化炭素を排出するため、地球温暖化を促進させる。二酸化炭素排出を削減させるために、炭素の代わりに水素を用いることが提案される。また、マイクロ波加熱は、迅速かつ選択的な加熱、環境にやさしい、さらに細かい鉄鉱石を使用するという利点から、二酸化炭素排出を軽減させることが可能である。鉄鉱石の劣質化が問題となっており、不純物元素である硫黄を取り除く必要がある。本研究では CaO を脱硫剤として使用し、その反応を確認した。

目的

脱硫反応は (1) 式により進行する。この反応をより促進させるためには FeO は還元されなければならない。



従来は (2) 式のように炭材が還元に使われていた。本研究では (3) 式のように水素を還元剤として用い、炭素消費量を軽減させることを目的とする。

実験手順

3 g の混合粉末試料を用意し、乾燥させた粉末混合物に圧をかけタブレット状のサンプルに変形させる。試料の混合モル比率は、FeO : CaS : C = 1:1:2 and 1:1:1 の 2 種類とした。作製したタブレットは 10 vol % N₂ - 90 vol% H₂ 雰囲気下で 30 分間、1050W でマイクロ波加熱した。加熱終了後の試料は N₂ 雰囲気下で冷却した。

結果

炭素混合量が多い試料ではより高い温度に到達しより重量変化率が大きくなった。

XRD 分析により反応後試料から、CaS と Fe が同定された。

議論

Fig. 1 には水素を随伴した反応条件と不活性雰囲気条件における炭素消費量比較を示した。

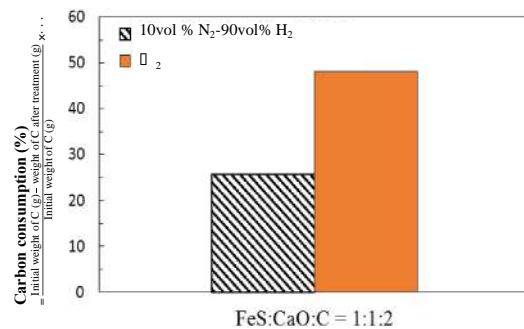


Fig. 1 Comparison of carbon consumption (%) between with H₂ condition and inert condition.

水素随伴条件では不活性条件と比して炭素消費量半減した。水素による部分的還元が炭素消費量を削減したためである。

結論

マイクロ波加熱による炭熱還元と H₂ 還元を組み合わせは、炭素消費量を削減し脱硫反応を有利進行させる可能性が示唆された。

Carbothermic-hydrogen Reduction and Desulfurization of FeS during Microwave Heating

Momoka Miyazaki

Kasumigaoka High school

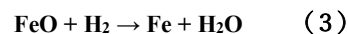
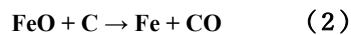
Background

Carbonaceous materials have been used for carburization, reduction, and heating of raw materials in the ironmaking process that cause global warming because of CO₂ emission. To decrease CO₂ emission, using hydrogen instead of carbonaceous materials has suggested. Moreover, employing microwave heating decreases CO₂ emission because of advantages such as rapid and selective heating, volumetric heating, and possibility of using fine iron ore in the process.

Recently, the ratio of produced low grade iron ore is increasing and treatment of impurities such as sulfur is necessary. In the present study, CaO was used as a good desulfurizer.

Purpose

Desulfurization reaction can be presented by Eq. (1). Further progress in this reaction requires reduction of FeO according to Eqs. (2) and/or (3).



Previously, carbonaceous materials have been used as reducing agent (Eq. (2)). In this study, hydrogen was used in addition to carbonaceous materials to reduce carbon consumption.

Experimental procedure

Tablet shape samples were prepared by pressing dried powder mixtures with mole ratios of FeS:CaO:C=1:1:2 and 1:1:1. The tablet was heated via a microwave system at 1050 W in 10vol% N₂-90vol% H₂ atmosphere for 30 min. Finally, treated

sample was cooled down in N₂ by switching off the microwave system.

Results

A higher temperature was attained in sample with larger amount of carbon that causes a higher weight change ratio. Moreover, according to XRD pattern of treated samples, CaS and Fe were detected.

Discussion

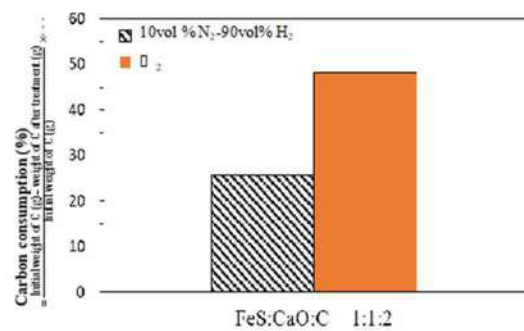


Fig. 1 Comparison of carbon consumption (%) in the presence and in the absence of H₂

Comparing carbon consumption in the presence and in the absence of hydrogen during treatment indicated that carbon consumption in H₂ is half of that in N₂. The decrease in carbon consumption in the presence of H₂ is attributed to the partial-reduction by hydrogen, instead of carbon.

Conclusions

Combination of microwave heating and using H₂ as reducing agent reduces carbon consumption during desulfurization and reduction of FeS-CaO mixture.

高次共振を有する機械システムの防振制御系に関する研究

矢島 健大（横浜市立横浜サイエンスフロンティア高校 3 年）

担当教員：桂 誠一郎（慶應義塾大学）

1. 研究の目的と意義

図 1 に示すガントリステージに代表される多くの機械システムが工場等で稼動している。このような機械システムの生産性向上にあたっては、より高速な動作が必要になる。しかし、高トルク化に用いられる減速機の利用や、軽量化に伴う低剛性化に起因する振動現象が高速化に向けた重要な課題であり、特に高次共振を考慮した機械システムの制御が必要となっている。



図 1 ガントリステージ

そこで、本研究では 2 次共振まで考慮することが可能な 3 慣性系モデルを用いた防振制御系を提案する。本研究の成果により、工場等における産業機器のさらなる高速化が可能となり、生産効率の向上に貢献できる。

2. 研究の手法

3 慣性系モデルを図 2 に示す。根元のモータの駆動力により負荷側全体が動作する。一般に 3 慣性系は 1 次共振と 2 次共振の 2 つの共振点を持ち、制振を実現するためにはこの両方を考慮した制御系が必要になる。

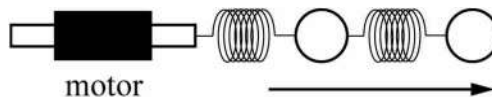


図 2 3 慣性系モデル

本研究では、「推定反力フィードバック」^[1]と「先端位置遅延フィードバック」という異なる 2 つの手法を組み合わせた制御系に関して検討する。推定反力フィードバックはモータで推定された反力をモータ側へフィードバックし、剛性を下げることで振動を抑制する手法であり、1 次共振にのみ有効な手法である。したがって、2 次共振を抑圧するために先端位置遅延フィードバックを用いる。先端位置遅延フィードバックは共振系の波動モデルに基づく手法であり、位相を安定化させることにより振動抑制が実現される。これら 2 つの手法を組み合わせることで 2 次共振までを考慮した制振制御系を構成することが可能である。

3. 結果と考察

提案する振動抑制制御のブロック線図を図 3 に示す。また、提案手法のシミュレーション結果を図 4 に示す。図 4 の結果から、振動が生じることなく位置制御が達成できていることが分かる。提案手法を用いることで、3 慣性系の振動抑制制御が達成できていることが確認できた。

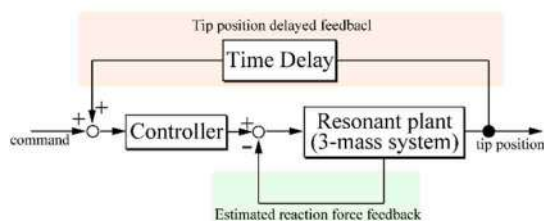


図 3 ブロック線図

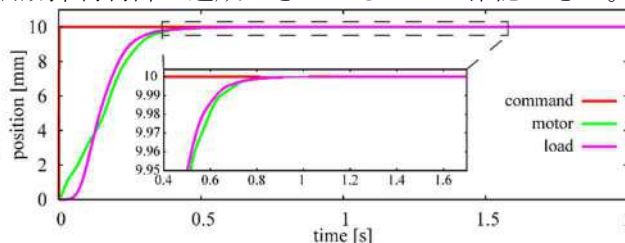


図 4 シミュレーション結果

4. 謝辞

本研究の実施にあたり、ご指導頂いた慶應義塾大学の桂誠一郎先生、井上浩義先生、及び桂研究室の皆様にご感謝致します。

5. 参考文献

[1] 結城, 村上, 大西: “共振比制御による 2 慣性共振系の振動抑制制御”, 電気学会論文誌 D (産業応用部門誌), Vol. 113, No. 10, pp. 1162-1169, 1993.

Study on Vibration Suppression Controller for Mechanical Systems with Higher-Order Resonance

Kenta Yajima (Yokohama Science Frontier High School, Grade 3)

Seiichiro Katsura (Keio University)

1. Purpose of the study

A lot of mechanical systems like a gantry stage in Fig. 1 are used in many factories and plants. To improve the productivity of these machines, high-speed motion is necessary. However, vibration related to gears for obtaining high torque and low rigidity along with weight reduction are important problem. Thus control method considering more higher-order resonance is necessary.



Fig. 1 Gantry Stage.

This study proposes a vibration suppression controller for 3-mass resonant system. By using the proposed method, it is possible to improve the production efficiency.

2. Method

A 3-mass resonant model is shown in Fig. 2. Whole of 3-mass system is driven by motor. In general, 3-mass system has two resonant frequencies. Therefore, control system considering both of them is necessary. In this study, the control system using estimated reaction-force feedback [1] and tip-position delayed feedback is proposed. The estimated reaction-force feedback can decrease the stiffness of motor and can suppress the vibration. This method is used in order to suppress the 1st-order resonance. Furthermore, tip-position delayed feedback is integrated in order to suppress the 2nd-order resonance. This method is based on wave model of resonant system and realizes the vibration suppression by phase stabilization. By integrating above two methods, it is possible to design the vibration suppression controller considering both 1st and 2nd-order resonances.

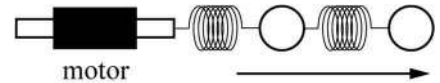


Fig. 2 3-mass resonant model

3. Result and discussion

The block diagram of the proposed method is shown in Fig. 3. The simulation results are shown in Fig. 4. From Fig. 4, it turns out that position control without vibration is achieved. Effectiveness of the proposed vibration suppression controller is confirmed through numerical simulations.

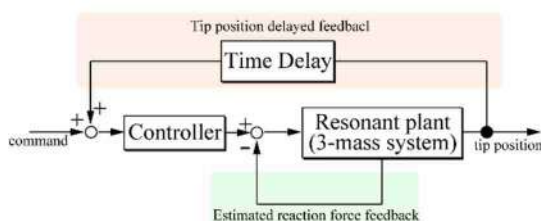


Fig. 3 Block diagram

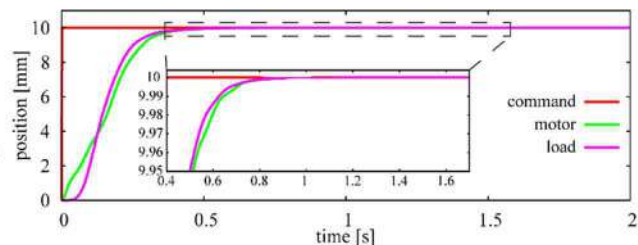


Fig. 4 Simulation results

4. Acknowledgement

I sincerely thank Prof. Seiichiro Katsura, Prof. Hiroyoshi Inoue, and members of Katsura laboratory, Keio University.

5. References

- [1] K. Yuki *et al.*, IEEJ Trans. Ind. Applicat., vol. 113-D, no. 10, pp. 1162-1169 (1993).

河川の勾配の決定要因の考察

坂本コナン（武田高等学校 3 学年）

内田龍彦（広島大学 大学院工学研究科）

1. 研究の目的と意義

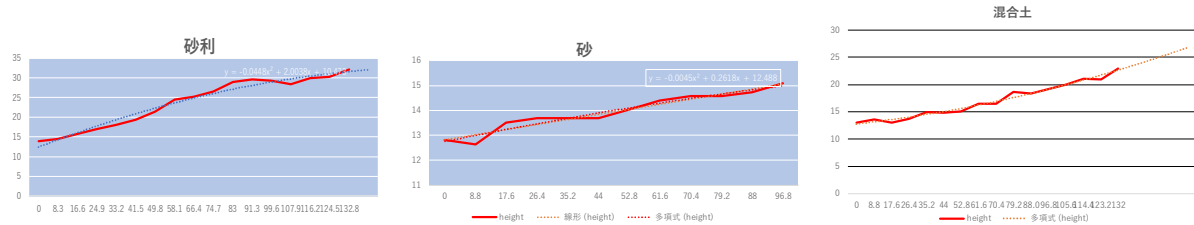
河川の全体的な縦断面図の特徴と物理学における最速降下曲線の特徴が類似している。このことから、河川の縦断面図の形は時間がたつにつれて最速降下曲線に近づいていくと仮説を立て、実験によって河川の曲線型の縦断面図が形成される要因を調べる。この実験によって河川の勾配の傾向とその決定要因を確かめることができれば今後河川工事において研究成果を応用して川の流れの乱れを軽減することにつながる。

2. 研究の手法

側面の長さ 180 cm、高さ 90 cm、そして横幅が 10 cm であり、タンクを取り付けられる水路を用意し、砂、砂利、またその混合土をその中に積んだ後、流量 4/s のポンプを使い、一定の水を流し、その河川の勾配変化をビデオ記録に撮る。その結果をグラフ化し、勾配の特徴を確かめる。

3. 結果と考察（図表等）

予想していた最速降下線に類似した結果にはならず、直線状の勾配となった。ただし粒径によって勾配の角度が変化しており、混合土を使うとわずかだが途中で勾配の変化が見られた。粒径の様々な土壌を流れている河川は粒径の違いによって勾配が決定する



4. 謝辞

終始熱心なご指導を頂き、知識不足であった私を研究する上で多大なサポートをしてくださった内田龍彦准教授、また、終始研究をする上で常に助けていただいた横江祐樹様及び同じく広島大学水工学研究室の皆様には感謝の念に堪えません、本当にありがとうございます

5. 参考文献

A theory on how the gradients of rivers are determined

Conan Sakamoto (Takeda Senior High School 3rd Grade)

Tatsuhiko Uchida (Graduate School of Engineering, Hiroshima University)

1. Purpose of the study

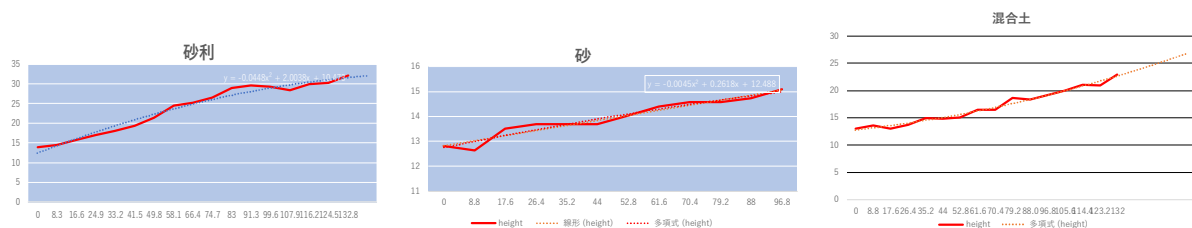
The overall longitudinal profile of many rivers and the Brachistochrone curve are alike. From this, I theorized that the longitudinal profile of river will resemble the Brachistochrone curve overtime. By conducting various experiments, we will determine the cause of the curved longitudinal profile of rivers. If we would determine the factor which determines the gradient of rivers, this can lead to improved river development with less stir in the river's flow.

2. Method

Set up a waterway which is 180cm in length, 90cm in height and 10cm in width with a tank to store water on the side. After filling it with either sand, gravel or a mix of both, using a pump that can send water 4L/s, create a flow of water with a constant flow rate and record it on a video tape. Afterwards, convert the results into a graph and observe its shape.

3. Result and discussion (Pictures and tables)

Instead of a curved longitudinal profile that we expect, the results were a linear line. However, depending on the grain size, the gradient of the river had changed and when using a mix of two different grain size, we could see a slight change in its gradient midstream. A river with particle size distributions will have its gradient determined by its grain size.



4. Acknowledgement

I wish to thank Dr Tatsuhiko Uchida who helped me a lot throughout the research when I did not have the enough knowledge and experiences at first and Mr Yuki Yokoe and the others from the Hiroshima university's Department of Hydraulic Engineering for supporting me with the construction of the waterway and the experiment. I cannot thank them enough.

5. References

福島第一原発事故と環境放射能 - 葛西臨海公園における人工放射性物質の測定

蓮本 裕加（豊島岡女子学園高等学校第1学年）

井上 浩義（慶應義塾大学医学部）

1. 研究の目的と意義

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による福島第一原発事故以来、大気、海水、土壌といった環境や作物の放射性物質による汚染が度々問題となってきた。事故発生から7年以上経過した現在、その影響は収束しつつあると考えられるが、事故以来毎年測定されてきた多摩川流域の土壌からは未だに人工放射性核種であるセシウム137が観察されている。そこで、本研究においては、同じく関東の一級河川である荒川流域の土壌中における放射性核種の測定、検出を行い、3年前の結果と比較、考察することを目的とした。この研究により未曾有の原子力事故の環境への影響と今後のエネルギー政策について私たちが考える糧となり得る。

2. 研究の手法

荒川流域の葛西臨海公園周辺の河川敷において6か所の土壌サンプリングを行った。サンプリング地点の計数率はGMサーベイメータ（日立製）、空間線量率は空間線量率計（日立製）を用いて、地上1mで測定した。土壌サンプルの採取は日本工業規格JISA1201に従った。土壌サンプル中の γ 線放出核種の測定は、NaIシンチレーション γ カウンター（Ospray、キャンベラ社）を用いて、12時間、 γ 線を累積測定し、マルチチャンネルアナライザー（Model 802、キャンベラ社）でチャート化して、その面積から放射能を測定した。

3. 結果と考察

今回の測定では空間線量率等は事故前と変わらない値を示した。また、環境放射能の測定例を図1に示すが、このチャートで示されるように、未だに人工放射性核種であるセシウム134および137が土壌中から検出された。これを3年前の測定結果と比較する（表1）。その結果、半減期が2年と短いセシウム134はほとんど観察されなくなっていたが、半減期が30年と長いセシウム137に関しては減少していなかった。測定地点は河川下流に位置するので新たな堆積等について観察を続けたい。

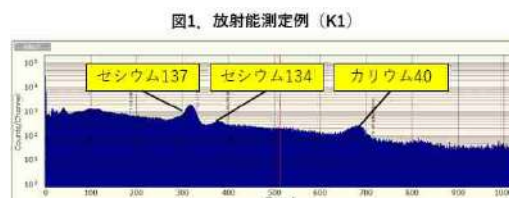


表1. 土壌放射能の2015年と2018年の比較

核種名	2015年5月放射能濃度 (Bq/kg)					2018年7月放射能濃度 (Bq/kg)				
	K1	K2	K3	K4	K5	K1	K2	K3	K4	K5
I-131	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cs-137	978	ND	4.78	44.6	230	872	32.5	29.5	6.21	1.06
Cs-134	242	ND	ND	13.3	54.6	11.3	ND	ND	ND	ND
K-40	556	419	397	366	376	473	613	375	325	401

4. 謝辞

土壌サンプリングをご指導頂いた東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻博士課程1年生・五十嵐悠氏に深謝申し上げます。

5. 参考文献

Neroda AS, et al.: Radioactive isotopes in atmospheric aerosols over Russia and the Sea of Japan following nuclear accident at Fukushima Nr.1 Daiichi Nuclear Power Station in March 2011. Environ Sci Pollut Res Int.2014; 21(8):5669-77.

Masson O, et al.: Size distributions of airborne radionuclides from the Fukushima nuclear accident at several places in Europe. Environ Sci Technol.2013; 47(19):10995-1003.

The Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant and Environmental Radioactivity Measurement of Artificial Radioactive Substances in Kasai Rinkai Park

Yuka Hasumoto (Toshimagaoka Joshi Gakuen Senior High School 1st Grade)

Hiroyoshi Inoue (Keio University School of Medicine)

1. Purpose of the Study

The meltdown at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant triggered by the Tohoku Pacific Coast Earthquake on March 11, 2011 has caused many problems concerning radioactive contamination in the air, sea, soil and crops. More than 7 years have passed since the meltdown, and the effects of radiation are gradually decreasing. Yet, Cs-137, an artificial radio nuclide, has been detected every year since the meltdown. In this study, we collected samples of soil near Arakawa River, one of the largest rivers in Kanto region, to measure the level of nuclides and compare the results with a study conducted three years ago. We hope that this study would be helpful in thinking about the environmental impact of this unprecedented accident and the future of energy.

2. Method

We collected soil samples at six different points in the Arakawa River Basin near Kasai Rinkai Park. We measured the radiation rate with a GM survey meter (Hitachi Aloka) and the dosimeter (Hitachi). Soil samples were collected in accordance with JISA1201. We accumulated the data of γ -rays nuclides in soil samples for 12 hours with a NaI scintillation- γ counter (Osprey, Canberra) and charted the results with a multichannel analyzer (Model 802, Canberra) to measure the radiation rate from the charted area.

3. Result and Discussion

The results show that the air dose rate was the same as the rate measured before the accident. As shown in Fig.1, artificial radio nuclides Cs-134 and Cs-137 were still detected in the collected soil. Table 1 compares the radiation rate of 2018 with that of 2015. Cs-134, with a half-life of 2 years, was hardly detected in 2018, while Cs-137, with a half-life of 30 years, did not decrease. We conducted this study downstream of the Arakawa, so we would like to continue studying the new deposits there.

4. References

Neroda AS, et al.: Radioactive isotopes in atmospheric aerosols over Russia and the Sea of Japan following nuclear accident at Fukushima Nr.1 Daiichi Nuclear Power Station in March 2001. Environ Sci Pollut Res Int.2014; 21(8):5669-77.

Masson O, et al.: Size distributions of airborne radionuclides from the Fukushima nuclear accident at several places in Europe. Environ Sci Technol.2013; 47(19):10995-1003.

Figure 1. Example of Radioactivity Measurement (Point K1)

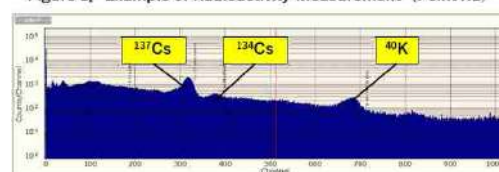


Table 1. Comparison of 2015 and 2018 in soil radioactivity

Nuclide	Results in May 2015 (Bq/kg)					Results in July 2018 (Bq/kg)				
	K1	K2	K3	K4	K5	K1	K2	K3	K4	K5
I-131	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cs-137	978	ND	4.78	44.6	230	872	32.5	29.5	6.21	1.06
Cs-134	242	ND	ND	13.3	54.6	11.3	ND	ND	ND	ND
K-40	536	419	397	366	376	473	613	375	325	401

他個体との接触による外部環境の変化がうつ病モデルマウスに及ぼす影響

福田 めぐみ(兵庫県立加古川東高等学校 3年)

疋田 貴俊、山口 隆司(大阪大学 蛋白質研究所 高次脳機能学研究室)

1. 研究の目的と意義

現在うつ病の治療は一般的に抗うつ剤投与による治療が行われているが、抗うつ剤には多くの副作用が見られることが問題視されている。抗うつ剤投与以外で、在宅でも可能な治療法を探るべく本研究を立ち上げた。今回は他者との接触によるうつ様の症状の変化について、接触相手の性別による違いに着目し実験を行った。

2. 研究の手法

まずマウスを強制的に6分間泳がせることでうつ病モデルマウスとし、他ケージからのマウスと10分間接触させた後に、遮蔽された箱に入れた場合の走行距離を計測した。最後にもう一度強制的に泳がせ、泳がずに浮いている時間(無動時間)を計測することでストレス耐性を数値化し比較した。また比較対象として、積み木と接触させた個体やうつ様の症状を示さない個体についても同様に実験を行った。各群はそれぞれ6-8匹よりデータを得た。

3. 結果と考察

まず、図1において、1度目の強制遊泳を行ったかどうかではオスの2度目の強制遊泳の結果は変化しなかった(図1青)。一方、メスは大きく差が開いた(図1赤)。このことから、オスよりもメスの方がうつ様の症状を表しやすく、メスは強制遊泳を行うことでうつ病モデルマウスになったと考えられる。このことから、メスについてのみ考察を進めた。

次に、メスの走行距離に接触相手は関係しなかった。よって、接触相手はマウスの運動性に影響を及ぼさないといえる。

最後に、図2よりうつ様の症状を示すメス同士が接触することによってその症状が緩和されることが分かる。(図2赤) また、散布図より、マウスはそのうつ様の症状の出やすさによって同じ条件下のグループ内でも二群に分けられるということが示唆された。

4. 謝辞

本研究を行うにあたりご指導くださった大阪大学 蛋白質研究所 高次脳機能学研究室の皆様、貴重な機会を提供してくださったSEEDS事務局の皆様がこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

(1) 厚生労働省 「精神疾患のデータ」(最終閲覧日:2018年8月23日)

<https://www.mhlw.go.jp/kokoro/speciality/data.html>

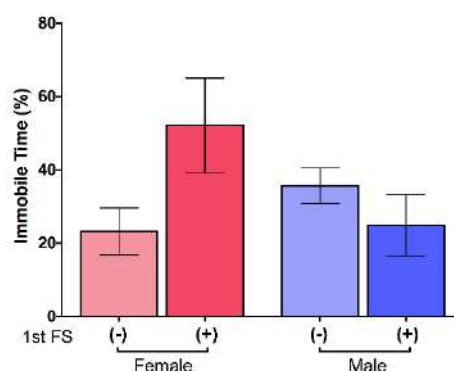


図1 強制遊泳(2回目)の無動時間

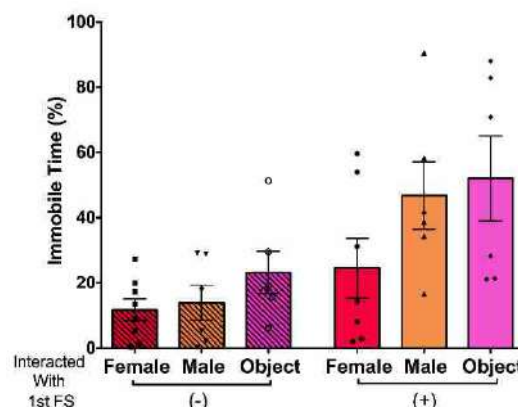


図2 強制遊泳(2回目)における接触相手の性別による無動時間の違い

The Effect of Social Interaction on Depression Model Mice

Megumi Fukuda (Kakogawa Higashi High School, 3rd Grade)

Takatoshi Hikida, Takashi Yamaguchi (Laboratory for Advanced Brain Functions, Institute for Protein Research, Osaka University)

1. Purpose of the study

Today, the first choice in treating depression is the administration of antidepressant drugs. However, there are many side effects to antidepressant drugs. We carried out research to investigate other possibilities in the treatment of depression. We focused on the effects of social interaction, depending on the partner's sex.

2. Method

First, a depression model mouse was prepared by administering a 6-minute forced swim (FS). After the FS, the mouse was placed in a novel cage to interact with an unfamiliar partner, either male or female. A group of mice were interacted with an inanimate object as a control. After the social interaction, the mice were placed in an Open Field Test (OFT) to measure their locomotor ability. Lastly, they were put in a 2nd FS. The immobile time during the FS was used as a measure of their tolerance of stress. The locomotion and the immobile time were compared with a group that was not administered the 1st FS.

3. Result and discussion

The immobile time for the 2nd FS was not dependent on the administration of the 1st FS for male mice (Fig. 1). While for the female mice, the immobile time was longer in mice that was administered the 1st FS. This suggests that female mice are more sensitive to depression than male mice.

The partner's sex did not influence the female's locomotion in the OFT.

In contrast, the immobility time in the 2nd FS for the female depression model mice was decreased after interacting with other female mice (Fig.2). The scatter plot suggests that the female mice can be divided into 2 groups according to their sensitivity to stress.

4. Acknowledgements

I would like to acknowledge the members of Hikida Lab and the SEEDS-secretariat office.

5. References

- (1) The Ministry of Health, Labor and Welfare [The data of mental disease]
(Obtained: 23/08/2018) <https://www.mhlw.go.jp/kokoro/speciality/data.html>

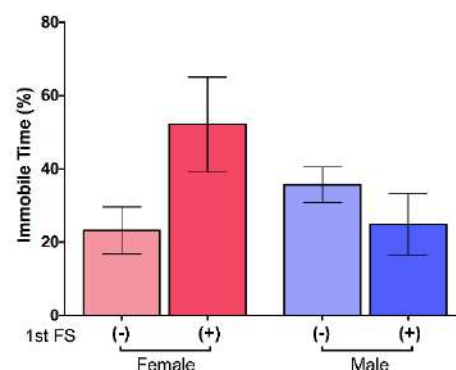


Fig. 1 Immobile time of 2nd FS

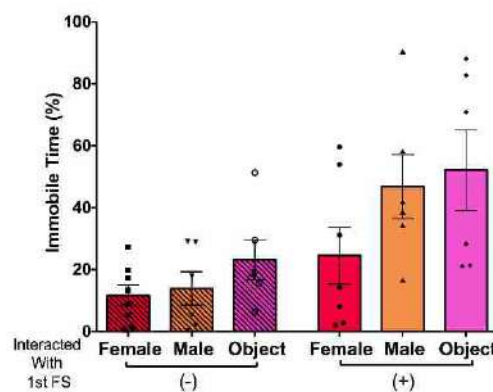


Fig. 2 Effect of Social Interaction in 2nd FS

術後イレウスマウスにおける腸筋層の組織学的解析

安宅 華（敦賀気比高・2年）、木瀬 茉鈴（藤島高・2年）、

西 秀翔（北陸高・2年）、西川奈々恵（仁愛高・2年）

担当教員：飯野 哲（福井大学学術研究院・医学系部門・解剖学分野）

1. 研究の目的と意義

開腹手術を受けた患者では、術後イレウス (Postoperative Ileus; POI) が起こることがあり、消化器系の諸症状や絶飲食、再手術などで患者の負担となる。本研究では POI モデルマウスの小腸に生じる細胞の変化を明らかにする目的で、免疫組織学的解析を行った。POI でどのような細胞が障害を受けるか明らかにすることにより、その細胞を対象とした新たな治療法の開発につながることを期待される。

2. 研究の手法

雄の BALB/c マウスを用いた。24h 絶食後、麻酔下に腹部正中切開し、回腸遠位部を、リン酸緩衝生理食塩水 (PBS) で湿らせた綿棒で表層を表裏各 3 往復ずつ擦る外科的刺激 (Intestinal Manipulation; IM) を行った。コントロール群は無処理マウスを用いた。IM24 時間後に小腸を摘出し、凍結切片を作製して各種細胞マーカーに対する抗体で染色した。標本を共焦点レーザー顕微鏡で観察し、画像を取得して解析を行った。

3. 結果と考察

免疫染色の結果 (右図)、IM 群では筋層最外層において CD26 (漿膜中皮マーカー) の反応が消失していた。これは IM による漿膜の剥離を意味するものと考えられた。白血球マーカーである CD45 陽性反応面積は IM で増加しており、IM の筋層における炎症の惹起が示唆された。消化管運動の調節性細胞であるカハール介在細胞 (KIT 陽性細胞) と線維芽細胞 (PDGFR α 陽性細胞) については、IM 群での有意な減少が認められた。この結果から、POI の運動抑制はこれらの細胞の減少によるものであることが推察された。 α SMA 陽性の平滑筋細胞と PGP9.5 陽性の神経については、IM 群とコントロール群の間で顕著な差は見いだされなかった。以上の結果から、POI の筋層における細胞の変化が明らかとなった。

また、IM 後の回復過程を解析することで、細胞を特異的にターゲットにする新たな治療法の開発が期待できるだろう。

4. 謝辞

ご指導いただいた福井大学医学部解剖学教室の飯野教授はじめ教員の皆様に厚くお礼申し上げます。

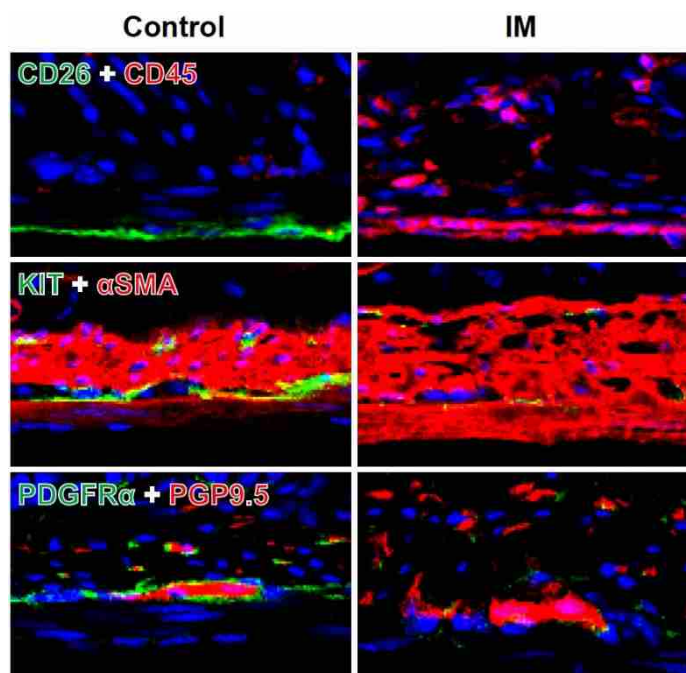


図1. 免疫染色の結果。左列：コントロール群、

Histological study of the postoperative ileus in mice

Hana Ataka (Tsuruga Kehi H.S.), Marin Kise (Fujishima H.S.)
 Shuto Nishi (Hokuriku H.S.), Nanae Nishikawa (Jin-ai Girls' H.S.)
 Supervisor: Satoshi Iino (University of Fukui)

1. Purpose of the Study

Postoperative Ileus (POI) is the disorder of intestinal movement which occurs following abdominal surgery. POI causes several intestinal symptoms, and places an additional burden on the patients. In this study, we studied the histological change in POI model mouse intestine. To clarify the cell type that affects in POI may lead to new therapeutic strategy for POI.

2. Method

Male BALB/c mice were used. After a 24-hour fast, median laparotomy was performed under anesthesia. Cecum and distal ileum was pulled out and intestinal manipulation (IM) was performed by scrubbing the wall of terminal ileum for 5 cm from ileocecal junction using a moist cotton applicator. Untreated mice were used as control. 24 hour after IM, ileum was removed and cryosections were cut. Sections were stained by antibodies against several cell markers. The tissues were examined with confocal laser microscope.

3. Result and Discussion

Immunohistological observation (right figure) showed the lack of CD26 (marker for serosa) reactivities at the outermost layer in IM. It indicated the exfoliation of serosa in IM. The CD45 (marker for leukocytes) -positive area was increased in IM compared with control. This result suggested that the elicitation of inflammation in the muscle layer of IM. Both interstitial cells of Cajal (KIT positive) and fibroblasts (PDGFR α positive) were decreased in IM. Because these cells act as regulators in intestinal movement, the decrease of these cells may cause the motility disorder in POI. Both smooth muscle cells (α SMA positive) and nerves (PGP 9.5 positive) showed no remarkable differences between IM and control. In this study revealed the cellular changes in the muscle layer of IM ileum. Further study on the recovery process from IM expects the development of new cell-specific therapeutic strategies.

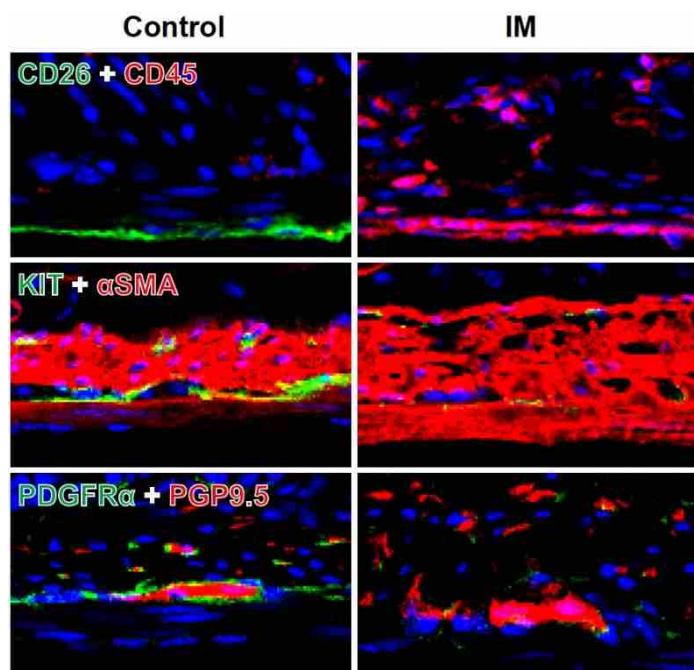


Figure 1. The results of immunohistochemistry in control (left) and IM (right).

4. Acknowledgement

We thank Prof. S. Iino and his colleagues for their kind guidance.

自閉症モデルマウスにおけるシナプス構造異常の電子顕微鏡解析

櫻井 太翔（京都府立洛北高校 2 年）

担当教員 深澤 有吾（福井大学医学部医学科教授）

1. 研究目的と意義

神経回路の形成を担うシナプス結合は、直径 1 μm にも満たない小さな接着構造であり、神経細胞間の情報伝達の間としても機能する、脳の構造と機能の両面に重要な構造である。Neurologin3 はシナプス後部に発現する接着分子であり、伝達機能にも深く関与することが報告されている（文献 1）。

自閉症患者は年々増加しており、その発症メカニズムを解明し、予防や治療に関する新たな戦略を開発することが急務である。我々は昨年度、自閉症の発症メカニズムを解明するため、家族性自閉症患者に見出された遺伝子変異の 1 つ（Neurologin3-R451C 置換：NLG3-R451C）がマウス遺伝子に導入された「R451C 自閉症疾患モデルマウス（文献 2）」を解析し、シナプス結合の協調的な前後構造の構築に異常が見られることを見出した。そこで今年度は、この異常がアミノ酸置換の特異的な影響によるものか、それとも NLG3 遺伝子産物の機能的欠損によるものかを区別する目的で、自閉症様症状を示さない NLG3-knockout (KO) マウスのシナプス構造について解析を行った。

2. 研究手法

深麻酔下の野生型、及び、NLG3-KO マウスを灌流固定し、脳を摘出した。この固定脳より海馬領域を含む脳スライスを作製し、電子顕微鏡観察用の処理を行った後、プラスチック樹脂に包埋した。海馬 CA1 領域放射状層の連続電子顕微鏡像を収束イオンビーム搭載型走査型電子顕微鏡を用いて、10 nm 毎に取得した（図 A）。得られた連続画像からシナプス前後構造の三次元像を TrakEM2 (Fiji software) を用いて再構築し（図 B）、シナプス前後部と各種オルガネラの微細形態情報を定量化した。

3. 結果と考察

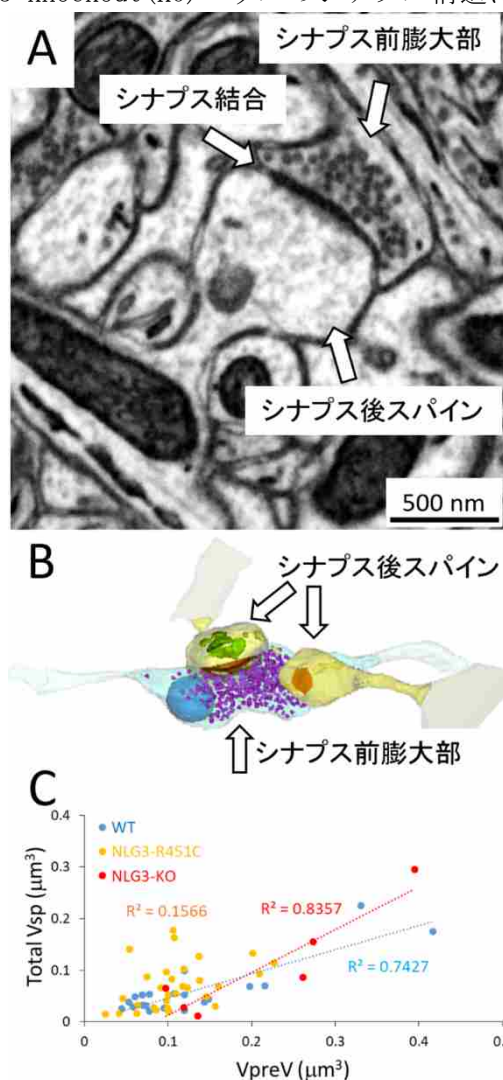
野生型マウスのシナプス結合には、シナプス前膨大部の体積 (V_{preV}) とシナプス後スパインの総体積 (Total V_{sp}) の間に、有意な正の相関が見られたが、NLG3-R451C マウスには見られなかった、（昨年度報告）。しかし、NLG3-KO マウスでは、野生型と同様な正の相関が見られた（図 C）。この結果は、自閉症様症状を示す NLG3-R451C マウスにみられたシナプス前後構造の相関の消失は NLG3 の点突然変異に特異的に誘導された表現型であることを示し、自閉症との関連性が深いことを示唆している。

4. 謝辞

本研究に関し丁寧な指導をして頂いた深澤教授、前川さん、舟橋さんに深く感謝します。また黒田助教、村田助教、研究室の皆さまに、様々な実験をご紹介いただき、福井大学では素晴らしい体験が出来ました。

5. 参考文献

1. Jang et al., Synaptic adhesion molecules and excitatory synaptic transmission. *Curr. Opin. Neurobiol.* 45: 45-50. 2017.
2. Tabuchi et al., A neurologin-3 mutation implicated in autism increases inhibitory synaptic transmission in Mice. *Science* 318: 71-76. 2007.



Morphological anomalies of the synapse in an autism spectrum disorder model mouse revealed by electron microscopy

Taito Sakurai (Kyoto Prefectural Rakuhoku High School, 2nd grade)

Yugo Fukazawa (University of Fukui, School of Medicine)

1. Purpose of the study

In recent years, the number of patients diagnosed as Autism Spectrum Disorder (ASD) has been increasing, and thus, it is imperative to determine the pathology of ASD in order to develop new drugs and therapeutic strategies for ASD patients.

A point mutation in genomic region encoding neuroligin-3 (NLG3), a synaptic adhesion molecule, was identified among familial ASD patients (R451C substitution), and mutant mouse mice carrying the same mutation in their genome was reported to show ASD-like behavioral impairments (Ref. 1). The neuroligin-3 was reported to play pivotal roles not only in the formation of synaptic adhesion structure but also in signal transmission at the synapse (Ref. 2). Thus, in order to gain insights into the etiology of ASDs, we investigated the structural anomaly of a synaptic contact in the NLG3-R451C mice last year and found that the coordinated volume changes between pre- and post-synaptic structures were missing in the mutant mice. Here, in order to deepen our insights into a cause of the anomaly, we analyzed the synaptic structure in NLG3 knockout (NLG3-KO) mice.

2. Method

We took advantages of a focused ion beam-scanning electron microscope (FIB-SEM) for high-resolution observation and quantification of fine structures of the synapse (Figure A). Wild-type (WT) and NLG3-KO mice were perfused with fixative under deep anaesthetization and the fixed brains were further processed for electron microscopy. Serial FIB-SEM images of whole synaptic contacts in stratum radiatum of the hippocampal CA1 region were taken with 10-nm-interval and processed by TrakEM2 software for 3-dimensional reconstruction of the synapses (B). Morphological parameters of fine structures of the synapse were quantified.

3. Result and discussion

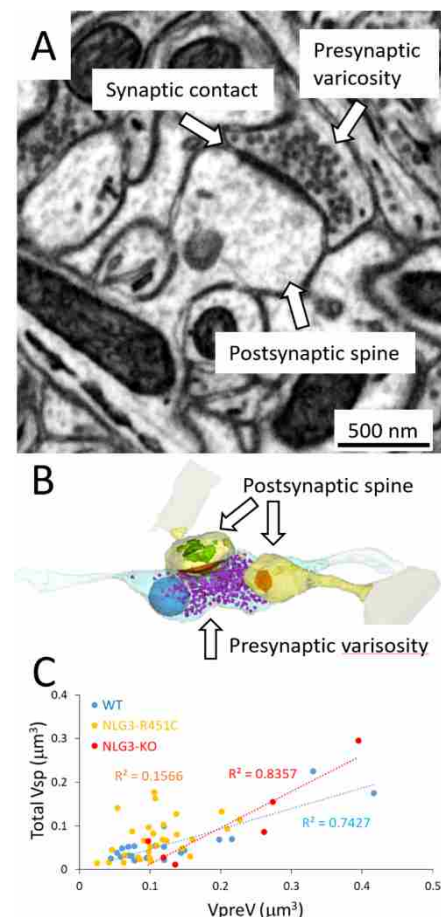
The volumes of presynaptic varicosities, mitochondria, dendritic spines and smooth ERs, the number of synaptic vesicles and the area of postsynaptic density in individual synapses were quantified and correlations across these parameters were assessed statistically. Previously, we found a significant positive correlation between the volume of presynaptic varicosity (VpreV) and the total volume of spine (Total Vsp) in WT but not in NLG3-R451C mice. In this study, we found the significant correlation in NLG3-KO mice (C), strengthening an idea that the uncoordinated formation of the synapse between pre- and post-synapse may be a cause of the ASD.

4. Acknowledgment

I deeply appreciate Prof. Fukazawa, Ms. Maegawa and Ms. Funabashi for training and help in this research. I also thank Dr. Kuroda, Dr. Murata, and other lab members for kind guidance to various experiments. I had wonderful experiences in University of Fukui.

5. References

1. Tabuchi et al., *Science* 318: 71-76. 2007. 2. Jang et al., *Curr. Opin. Neurobiol.* 45: 45-50. 2017.



細胞分化決定におけるヘム機能の解析

浅井良佳（藤島高等学校 2年），平山琴珠（金沢大学附属高等学校 2年）
菅井学

1. 研究の目的と意義

遊離ヘムが、細胞内シグナル因子として機能している可能性が示唆されている。しかし今のところ細胞内遊離ヘムを検出する方法がないため、その生理的意義を検証することができないのが現状である。今回私たちは、細胞内フリーヘムを検出するプローブを作成することによって、細胞内遊離ヘムのシグナル因子としての機能とその生理的役割を検証することを目指す。

2. 研究の手法

私たちは、ヘムが特定の波長の光を吸収する性質を利用して細胞内遊離ヘムセンサーを作成した。ヘムに結合するタンパク質 (HO1) と EGFP (緑の蛍光を発する) を融合させたタンパク質 (EGFP-HO1) の蛍光強度は、ヘムとの結合により減弱するため相対的なヘムの量を調べる事が可能になる。実際には EGFP-HO1 と一緒に発現させた EBFP (青い蛍光を出すタンパク質) の蛍光強度を基準値として定量する。ヘムに対する親和性の異なる様々なヘムセンサーを得るため、HO1 のヘムとの結合に重要なアミノ酸を置換したいくつかの変異体を作成した。これらのヘムセンサーとしての機能を 293T 細胞内で評価した。

3. 結果と考察

高親和性の HO-1 を用いたヘムセンサーは、ヘムや ALA (ヘムの材料) を加えることによって EBFP の蛍光強度に対する EGFP の蛍光強度が減少する。その一方で、細胞内でのヘムの合成を阻害する SA を加えた場合には蛍光強度の増強が認められ、ヘムセンサーとして機能していることが明らかになった。親和性の低いセンサー (図 1 A, B, C) を用いた場合には、ヘムの増減に対する変化が高親和性の場合とは異なることから、異なった細胞内ヘム濃度を検出するには、それぞれのヘム濃度に適したセンサーを用いる必要があることが示された。

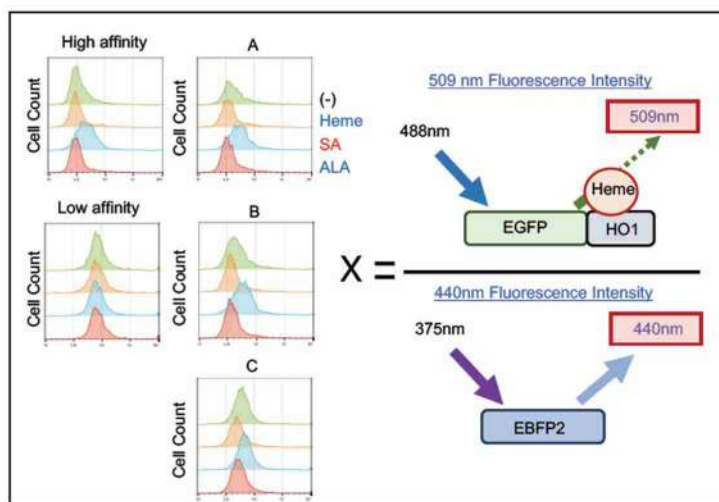


図 1 293T 細胞に発現させたヘムセ

ンサーによる相対的細胞内ヘム濃度の測定

4. 謝辞 本研究に際し、ご指導頂きました南部由希子先生、林達成先生に感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) Jang KJ, Mano H, Aoki K, et al. *Nat Commun.* 2015 Apr 10;6:6750.
- 2) Halder M, Kohyama M, So AY, et al. *Cell.* 2014 Mar 13;156(6):1223-34.
- 3) Taira J, Nakashima Y, Yoshihara S, et al. *Anal Biochem.* 2015 Nov 15;489:50-2.

Analysis of heme function in cell fate determination

Yoshika Asai (Second grade of Fujishima Senior High School), Kotoko Hirayama (2nd grade of Kanazawa University High School)

Manabu Sugai

1. Purpose of the study

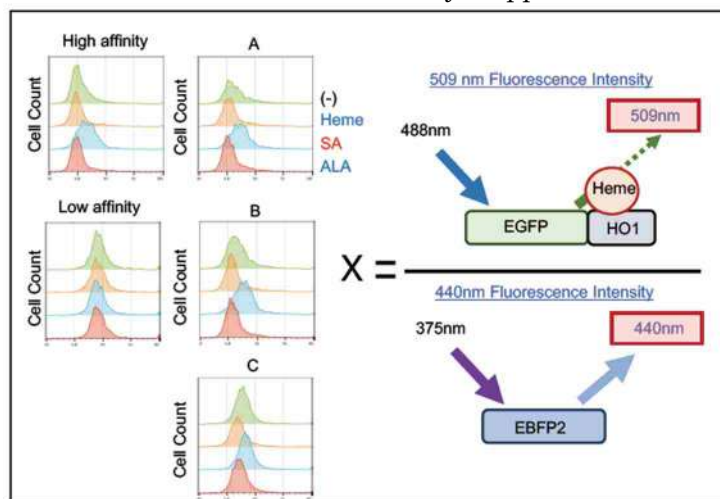
The signaling function of free-heme is a concept that has only emerged recently; however, its relevance cannot be evaluated because a reliable free-heme sensor is not yet available. In this project, we developed free-heme sensor to verify and examine the physiological role of free-heme as a signaling molecule.

2. Method

We previously generated a retinometric fluorescent free-heme sensor, using heme-binding protein, called HO-1. HO1-fused enhanced green fluorescent protein (EGFP)(EGFP-HO1) and enhanced blue fluorescent protein (EBFP) were combined with a self-cleaving P2A peptide. Because heme quenches the fluorescence of EGFP, EGFP's fluorescence intensity is considered to be heme-sensitive, whereas EBFP is considered to be heme-insensitive. To generate several other free-heme sensors, having different affinities for heme, we introduced various point mutations into HO-1 coding sequences. And their differential affinities for heme were evaluated in 293T cells.

3. Result and discussion

In the case of high affinity heme sensor, EGFP/EBFP fluorescence ratios in 293T cells decreased when intracellular heme concentrations were augmented with heme or ALA supplementation, whereas those were increased by supplementation with the heme biosynthesis inhibitor



succinylacetone. In the case of the other heme sensors (heme sensor A, B, C), having relatively weak affinity for heme, changes of EGFP/EBFP fluorescence ratios were different from that of high affinity one (Fig. 1). These data indicated that heme sensors with different affinities are suitable for detecting different concentrations of heme.

Figure 1. Heme-dependent

fluorescence ratios of free-heme sensors in 293T cells

4. Acknowledgements The authors thank Drs. Yukiko Nambu and Tatsunari Hayashi for their continuous guidance and helpful discussions.

5. References

- 1) Jang KJ, Mano H, Aoki K, et al. *Nat Commun.* 2015 Apr 10;6:6750.
- 2) Haldar M, Kohyama M, So AY, et al. *Cell.* 2014 Mar 13;156(6):1223-34.
- 3) Taira J, Nakashima Y, Yoshihara S, et al. *Anal Biochem.* 2015 Nov 15;489:50-2.

力学的要因による赤血球の変形・破壊シミュレーション

谷内 太陽（兵庫県立大学附属高等学校総合科学科 2年）

担当教員： 鷺津 仁志（兵庫県立大学）、齊藤 泰之（神戸大学）

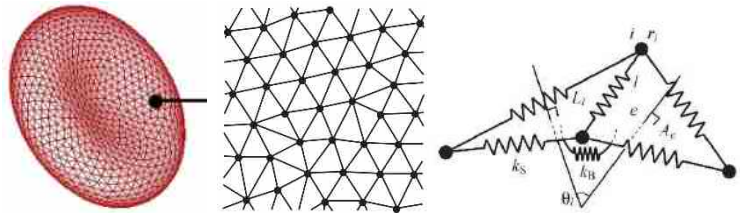
1. 研究の目的と意義

激しい運動によっておこる運動性貧血の原因として、外部からの衝撃による赤血球の機械的破壊が考えられる。赤血球は酸素運搬という生命活動の維持に極めて重要な役割を担っており、自身よりも直径の小さい毛細血管内を移動できるなど、柔軟性に富んだ細胞である。その性質を明らかにするため、赤血球の流体力学特性や、人工心臓内での赤血球の破壊を低減させるための研究が多く報告されている。しかし、運動性貧血に着目した赤血球の機械的破壊についてのシミュレーション研究はこれまで報告されていない。そこで、今までの研究に新たな物理モデルやパラメータを導入することで、実験で得られる赤血球の力学的性質を再現できるようにし、赤血球の機械的な破壊についてコンピュータシミュレーションを行うことを目的とした。

2. 研究の手法

赤血球膜は、脂質二重層を基本単位とする細胞膜と、伸縮性のあるスペクトリンの棒分子がネットワーク状に連結して形成された細胞骨格から構成されている。スペクトリンは種々の蛋白を介して細胞膜を貫通して存在する蛋白と接合しており、その網目構造が細胞膜につなぎとめられている。このような構造を持つ赤血球の変形及び破壊をコンピュータシミュレーションするためにモデルを構築した。図1に示すように、赤血球の膜面を三角形の微小要素に分割し、各要素内での変形に対する抵抗力をばねで近似した。

図1 赤血球の要素分割と弾性抵抗モデル¹⁾



3. 結果と考察

シミュレーション結果を図2に示す。赤血球の形状を完全には再現できていないが、初期の体積を標準状態の1.7倍にすることで時間を追うごとに球形から6つの凹みのある球形、最終的に2つの凹みのある球形の状態で力学的エネルギーが安定した。これにより、赤血球のモデル化の第一歩を印したと考える。



図2 赤血球の形状のシミュレーション結果

4. 謝辞

この研究を進めるにあたりご指導いただいた鷺津仁志教授、齊藤泰之教授に感謝致します。また、基礎ステージ、実践ステージを通しご指導及び助言をいただいた蛭名邦禎教授、伊藤真之教授をはじめ ROOT プログラムの皆様にも感謝致します。

5. 参考文献

1) Tsubota, K., and S. Wada. Elastic force of red blood cell membrane during tank-treading motion: consideration of the membrane's natural state. Int. J. Mech. Sci. 52:356–364, 2010.

A simulation study of red blood cell deformation and destruction caused by mechanical effect

Taiyo Taniuchi (High School of University of Hyogo, 2nd grade)

Supervisors: Hitoshi Washizu (University of Hyogo), Yasuyuki Saito (Kobe University)

1. Purpose of the study

Prevalence of exercise-induced iron deficiency anemia is notably high in athletic populations, particularly those with heavy training loads. Preceding studies have revealed the mechanical properties of Red Blood Cell (RBC) in shear flow, such as in artificial hearts. Here we study to reveal the destruction process of the RBC by tank-treading motion, known as hemolysis, and clarify the mechanism behind this process by using computer simulation.

2. Method

The membrane of RBC consists of the lipid bilayer membrane and spectrin network structure. In order to simulate the deformation and destruction of the membrane, we divided the membrane into small triangular elements and applied five kinds of strings as shown in Figure 1.

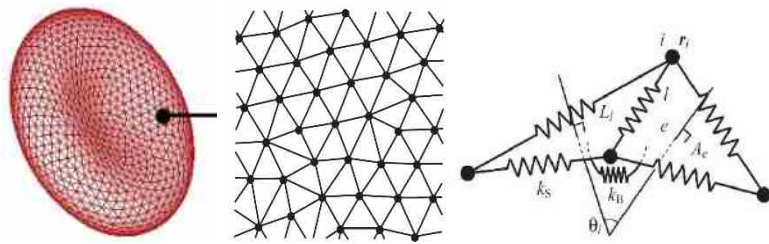


Figure 1: Spring network model of RBC.

3. Results and discussion

When we started the simulation with an initial volume of 1.7 times larger than the natural state, we succeeded in reproducing a hexaconcave sphere. As time passes, the shape changes into biconcave sphere (Figure2).



Figure2: Changes in the shape of a swollen RBC

4. Acknowledgement

I am grateful to Dr. Washizu and Dr. Saito. I also thank Dr. Ebina, Dr. Itoh, and all the staff of ROOT program for their support.

5. References

- 1) Tsubota, K., and Wada, S. Elastic force of red blood cell membrane during tank-treading motion: consideration of the membrane's natural state. *Int. J. Mech. Sci.* 52:356–364, 2010.

DUSP6 遺伝子は膵臓がんを征圧できるか

山本望海(仙台青陵中等教育学校 5年), 立石朱紗美(宮城県仙台二華高等学校 2年)

堀井明教授, 齋木由利子助教授(東北大学大学院医学系研究科 病理病態学講座分子病理学分野)

1. 研究の目的と意義

本研究は膵臓がんの中でも最も高頻度に生じる膵管がんを対象とした。膵管がんは予後が非常に悪いが, 原因として初期症状に乏しく, 進行がんて診断される患者が多いことや早期から浸潤・転移や抗がん剤抵抗性などが見られることが考えられている。有効な分子標的薬は開発できておらず, gemcitabine(以下 GEM) などが治療に用いられている。本研究では発がん過程の後半で重要な役割を果たしていると考えられる *DUSP6* 遺伝子(Dual Specificity Phosphatase 6)に注目した。*DUSP6* 分子は細胞増殖を促進する MAPK の経路の最終段階の ERK を脱リン酸化することにより活性化を阻止する。私達は *DUSP6* の発現抑制と膵管がんの進展の関係を研究することで, 膵管がんの予後改善に貢献する方策を模索することを目指した。

2. 研究の手法

切除標本を用いた免疫染色法と膵がん細胞株を用いた。免疫染色では抗 *DUSP6* 抗体を用いて観察し, 培養細胞系では siRNA によるノックダウン, alamarBlue assay による細胞増殖能の解析, 直接シーケンス法による遺伝子配列決定などを行った。膵臓がん細胞株は PK8 とこれを親株として樹立した GEM 耐性株 G100C10 を用い, *DUSP6* 発現と GEM 感受性の関係を調べた。

3. 結果と考察

免疫染色では, 前がん病変では *DUSP6* が高発現しているが, がんでは発現抑制されていた。このことは, 発がん過程の後期で *DUSP6* の抑制が重要であることを示唆する。培養系では PK8 と G100C10 に対し siRNA で *DUSP6* の発現抑制し, GEM への応答を調べた。図 1 は siRNA による *DUSP6* の発現量を示す。GL2 は内在性コントロールである。G100C10 において有意に発現抑制がみられたが PK8 の抑制は部分的であった。図 2 は GEM 添加環境下における細胞の生存率で, PK8 では GEM 添加と生存率低下が相関したが, ノックダウン効果は部分的であるため結果の解釈は困難であった。G100C10 で si*DUSP6* において特異的に高い生存率が確認できた結果は興味深い。*DUSP6* の発現抑制が GEM 抵抗性を増強した可能性が考えられる。*DUSP6* による ERK の脱リン酸化が機能しないために MAPK の経路が抑制されず, GEM 抵抗性を誘導する可能性が考えられる。*DUSP6* の発現抑制による GEM 抵抗性誘導は, 膵臓がん治療の障壁である。本研究の結果から, *DUSP6* の再活性化で GEM 感受性を高め, 膵臓がん治療に貢献できる可能性が考えられた。

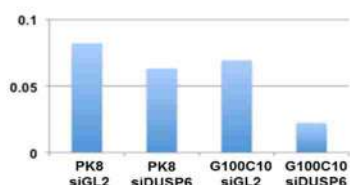


図 1 *DUSP6* の発現量

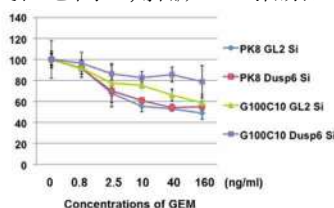


図 2 各 GEM 濃度における細胞生存率

4. 謝辞

本研究の実施にあたり, ご指導助言を賜りました東北大学医学部医学科蛭原健介さん, 山中美慧さん, 小川裕美佳さん, 丹彩乃さん, 廣田嵩人さんに感謝申し上げます。なお本研究は東北大学飛翔型科学者の卵養成講座の下で行われました。この講座は JST の支援を受けたものです。

5. 参考文献

Furukawa et al, Cancer Sci 97 4-5(2006)/鈴木拓 他 実験医学 32 3024-3029(2014)/Human Biology, McGraw-Hill Education 14th ed/Pathologic Basis of Disease, Elsevier 9th ed/Essential 細胞生物学 原書第 4 版 南江堂

Save patients with pancreatic cancer!

–Our analyses on DUSP6 as the promising candidate–

Miu Yamamoto (5th grade, Sendai Seiyo Secondary School), Asami Tateishi (2nd grade, Sendai Nika High School) Professor Akira Horii, Associate Professor Yuriko Saiki (Department of Molecular Pathology, Tohoku University School of Medicine, Sendai)

1. Purpose of this study

Pancreatic cancer shows the worst prognosis among all the cancer types. Most of the pancreatic cancer patients are diagnosed at stage IV, the most advanced stage, partly because of little symptoms. We focused on the *DUSP6* gene (dual specificity phosphatase 6) to seek for better clinical management of patients with pancreatic cancer.

2. Materials and Methods

Immunostaining with anti-DUSP6 antibody using primary resected specimens was studied. Cultured pancreatic cancer cells PK8 and its derived gemcitabine (GEM) resistant G100C10 cells were used for two studies; (1) nucleotide sequencing analyses to determine the mutation statuses, and (2) siRNA (short interfering RNA) mediated knockdown to suppress *DUSP6* mRNA function followed by alamarBlue assay to check for cell viability. The *GL2* gene (firefly luciferase) was used as the internal control, and effects of *DUSP6* on GEM sensitivity was our main focus.

3. Results and Discussion

Immunostaining study revealed frequent upregulation of DUSP6 in premalignant lesions whereas prominent downregulation in malignant lesions was observed. Mutation statuses of *TP53* in PK8 and G100C10 were identical, homozygous Q167X. siRNA-mediated knockdown against *DUSP6* in demonstrated remarkable reduction of *DUSP6* in G100C10 only when si*DUSP6* was added. Although knockdown in PK8 was not successful, we went on to next analyses. A significant increase of GEM resistance after si*DUSP6* treatment only in G100C10 was observed; there is a possibility that the expression level of *DUSP6* associates with GEM sensitivity. If this is the case, then DUSP6 may restore GEM sensitivity which is promising for patients with pancreatic cancer.

4. Acknowledgements

We thank Mr&Mis. Kensuke Ebihara, Mie Yamanaka, Yumika Ogawa, Ayano Tan, and Shuto Hirota (all medical students and teaching assistants) for their mentorship. We are grateful for all the people who gave us this opportunity of research. This study was supported in part by Exploring-Germination-and-Growth program for young Scientist (EGGS) by Tohoku university and JST.

5. References

Furukawa T et al, Cancer Sci 97, 1-7 (2006); Suzuki T et al, Exp Med 32, 3024-3029 (2014); Human Biology 14th ed, McGraw-Hill Education; Pathologic Basis of Disease 9th ed, Elsevier; Essential Cell Biology 4th ed, Nankodo

2011 年東北地方太平洋沖地震は南海トラフの深部低周波微動活動に影響を与えたのか？

河野葉子（横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 2 年次）

担当教員：平松良浩（金沢大学）

1. 研究の目的

日本の地震活動に大きな影響を与えた 2011 年東北地方太平洋沖地震（M9.0）が、巨大地震の発生が想定される南海トラフのプレート境界遷移領域でのすべりに及ぼす影響を調査する。本研究は巨大地震の準備過程の解明につながることを期待される。

2. 研究方法

紀伊北部・中部・南部、四国東部・中部・西部、東海の 7 地域において、長期的スロースリップイベント未発生時の深部低周波微動から推定される東北地方太平洋沖地震前後におけるプレート境界遷移領域での地震モーメント解放率（図 1）の変化を、ノンパラメトリックブートストラップ法を用いて評価する。深部低周波微動の大きさ及び地震モーメントへの換算率のデータは先行研究^{1), 2)}で報告されているものを用いる。

3. 結果と考察

東北地方太平洋沖地震前後におけるプレート境界遷移領域での地震モーメント解放率は、紀伊北部と四国東部・中部・西部では有意な差はなかった。紀伊中部・南部については東北地方太平洋沖地震前から地震モーメント解放率の減少が認められる。なお、東海については長期的スロースリップイベント未発生時の期間が短く、信頼性のある解析結果を得ることができない。

本研究結果から、東北地方太平洋沖地震は南海トラフのプレート境界遷移領域での地震モーメント解放率、すなわち深部低周波微動活動に影響を与えていないと結論できる。これは、東北地方太平洋沖地震による応力変化が南海トラフにおいては地震発生に影響を及ぼすほど大きくないこと³⁾と整合的である。一方、紀伊中部・南部では、東北地方太平洋沖地震とは無関係に地震モーメント解放率が減少しており、遷移領域での摩擦状態が変化している可能性がある。

4. 謝辞

本研究の解析において R を、図の作成において Generic Mapping Tools を使用しました。本研究の指導・支援いただいた金沢大学の中本敬大氏と GSC 事務局の皆様、両親に感謝します。

5. 参考文献

- 1) Daiku et al. (2018), Tectonophysics, 722, 314-323.
- 2) 中本・他 (2018), 日本地震学会 2018 年度秋季大会講演予稿集
- 3) Toda et al. (2011), Earth Planets Space, 63, 725-730.

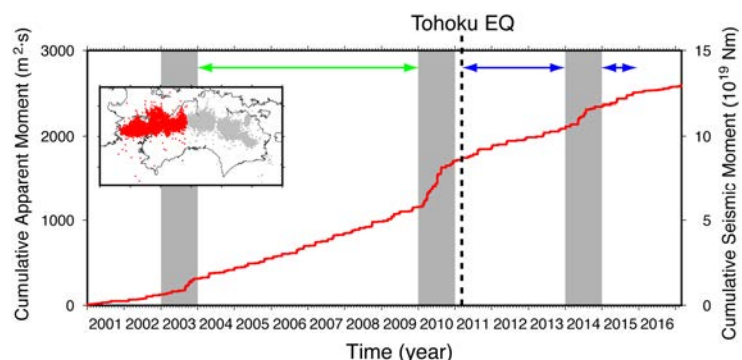


図 1. 四国西部における累積地震モーメントの時間変化

What impact could the 2011 Tohoku earthquake have had on the activity of deep low frequency tremors in Nankai subduction zone?

Yoko Kono (Yokohama Science Frontier Highschool, Grade 2)

Yoshihiro Hiramatsu (Kanazawa University)

1. Purpose of the study

To understand the generation process of great earthquakes, we investigated the effects of the 2011 Tohoku earthquake (M9.0), which has modulated the seismicity in Japan, to the slip at the transition zone on the plate interface of the Nankai subduction zone.

2. Method

We examined the temporal variation in the seismic moment release rate in the periods with no long-term slow slip events before and after the 2011 Tohoku earthquake for seven areas in the Nankai subduction zone, the northern, central and southern Kii, the eastern, central and western Shikoku, and the Tokai. We used the size of deep low frequency tremors and the conversion rate to seismic moment reported by previous works^{1), 2)}. We estimated the seismic moment release rates before and after the 2011 Tohoku earthquake using the nonparametric bootstrap method.

3. Results and discussion

We recognize no variations in the seismic moment release rate before and after the 2011 Tohoku earthquake for the northern Kii and the eastern, central and western Shikoku areas. For the central and southern Kii areas, the seismic moment release rate decreases after the earthquake. However, the decrease is also observed before the earthquake. We, therefore, consider that the decrease does not relate to the earthquake.

From the results mentioned above, we conclude that the 2011 Tohoku earthquake does not affect the seismic moment release rate at the transition zone, that is, the activity of the deep low frequency tremors, in the Nankai subduction zone. This is coincident with the fact that the stress change induced by the earthquake is too small to affect the seismicity in the Nankai subduction zone³⁾. On the other hand, we recognize that the decrease in the seismic moment release rate has no relation to the earthquake, suggesting a possibility that the frictional condition might change at the transition zone.

4. Acknowledgements

We used R and GMT in the analysis. We are grateful for the supports of Keita Nakamoto and the staffs in the GSC office of Kanazawa University and my parents.

5. References

- 1) Daiku et al. (2018), *Tectonophysics*, 722, 314–323.
- 2) Nakamoto et al. (2018), Programme and Abstracts of SSJ 2018 Fall Meeting.
- 3) Toda et al. (2011), *Earth Planets Space*, 63, 725–730.

大気硝酸をトレーサーとして利用した河川水中の硝酸の挙動解析

元吉千遥（愛知県立旭丘高等学校3年） 山岸美彩（愛知県立明和高等学校3年）

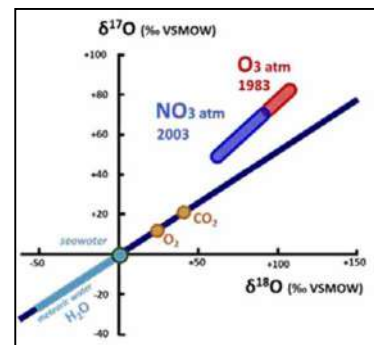
角皆潤教授（名古屋大学環境学研究科）

1. 研究の目的と意義

硝酸（ NO_3^- ）は光合成に欠かせない栄養塩類の1つである。河川水中の NO_3^- 濃度が過剰になると赤潮やアオコなどの環境問題を引き起こしたり、河川水を飲料水として利用することが難しくなったりする。私たちは今回、河川水中の NO_3^- の挙動解明を目指して研究を行った。河川水中の NO_3^- 濃度は、河床から河川水への NO_3^- の供給（硝化）と河川水から河床への NO_3^- の除去（同化・脱窒）によりコントロールされると考えられている。しかし、人工同位体トレーサーを用いた従来手法では、供給・除去の速度を個別に測定することが難しかった。そこで本研究では、 NO_3^- の中に含まれる大気硝酸（ $\text{NO}_3^- \text{Ratm}$ ）という天然指標に着目し、これを用いて各過程の個別定量化を試みた。

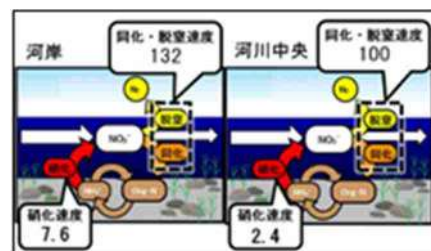
2. 研究の手法

NO_3^- を構成する O には、 ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O という3種類の安定同位体があり、 $\delta^{18}\text{O}$ および $\delta^{17}\text{O}$ という二つの安定同位体比が存在する。通常の化学反応であれば、酸素同位体比は各分子の質量差に依存して変化する。この場合、 $\delta^{17}\text{O}$ に対する $\delta^{18}\text{O}$ の相対的变化は、右図に青色で示した原点を通る直線上に分布する。しかしオゾンの生成及び分解反応においては、質量以外の要素（特にオゾン分子が対称形か非対称形か）に依存して酸素同位体比が変化するため、オゾンに由来する大気中の含酸素分子はこの直線からずれていることが明らかとなっている。このずれを $\Delta^{17}\text{O}$ ($\delta^{17}\text{O} - 0.52 \times \delta^{18}\text{O}$) と定義し指標として用いた。 NO_3^- の起源には大気由来と生物活動由来の2種類があり、本研究ではそれぞれ大気硝酸、再生硝酸と呼ぶ。再生硝酸は必ず原点を通る直線上に分布する ($\Delta^{17}\text{O} = 0\text{‰}$)。一方、オゾンと反応して生成する大気硝酸は直線から大きくずれる ($\Delta^{17}\text{O} = +26.3\text{‰}$)。ため、 $\Delta^{17}\text{O}$ を指標に用いることで由来の異なる二種類の硝酸の区別が可能となった。



3. 結果と考察

琵琶湖は日本最大の湖で、近畿地方の主要水源である。その主要流入河川である野洲川において、実験を行った。河岸および河川中央の河床環境をそれぞれ透明バケツ内に再現し、同じ温度・光量環境下に放置培養した。大気硝酸の $\Delta^{17}\text{O}$ 値を用いて時間経過に伴う大気硝酸および再生硝酸の濃度変化を求め、そこから各反応速度を相対値として表した（右図）。ここから、河底では除去過程（同化＋脱窒）と供給過程（硝化）が同時に（特に河岸で活発に）進行していることが明らかになった。観測を行った夏季は、硝化速度が同化＋脱窒速度に比べ遅く、 NO_3^- 濃度は流下に伴い減少することが予想されたが、これは実測結果とも一致した。従来必須であった人工同位体トレーサーの添加が不要になり、培養系を用いた NO_3^- の挙動の解析が容易に実験できるようになった。今後、河川水中の NO_3^- の挙動解明が進展することが期待される。



4. 謝辞

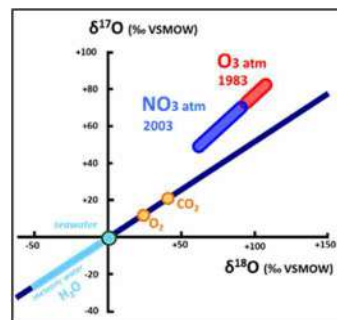
研究に際し、名古屋大学環境学研究科地球惑星科学科 大気水圏科学講座生物地球化学グループ 角皆潤教授、中川書子准教授、池上文香さんにご指導いただきました。

Quantifying Nitrate Dynamics in a River Using Atmospheric Nitrate as a Tracer

Chiharu Motoyoshi (Asahigaoka High School) Misa Yamagishi (Meiwa High School)
 Urumu Tsunogai (Nagoya University Graduate School of Environmental Studies)

1. Purpose of the study

Nitrate (NO_3^-) is an essential nutrient which controls photosynthesis in aquatic environments. An increase in its amount causes severe environmental problems such as eutrophication. In this study, we tried to clarify the behavior of nitrate in rivers. In previous studies, it was difficult to differentiate the supply process of nitrate (nitrification) from the removal processes of nitrate (assimilation and denitrification) without using artificial isotopic tracers such as ^{15}N . In this study, we aimed to quantify the processes simultaneously using atmospheric nitrate as a new tracer.



2. Method

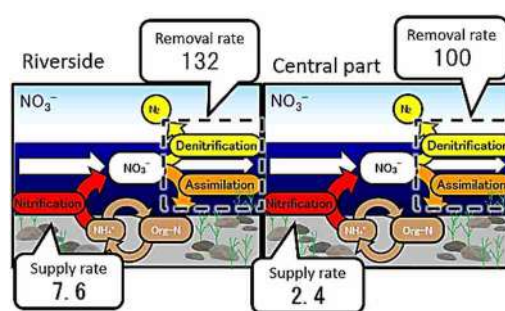
Nitrate in rivers consists of atmospheric nitrate which is derived from atmosphere (its oxygen is derived from atmosphere), and remineralized nitrate which is derived from biological activities (its oxygen is derived from organic matters). Both are removed from water by assimilation and denitrification simultaneously, but only remineralized nitrate is reproduced through nitrification, and atmospheric nitrate is unreproducible.

In the new method, we traced the oxygen in atmospheric nitrate. Of three stable isotopes of oxygen ($\delta^{16}\text{O}$, $\delta^{17}\text{O}$, $\delta^{18}\text{O}$), $\delta^{16}\text{O}$ is the most abundant. There is a constant relationship between the amount of $\delta^{17}\text{O}$ against $\delta^{16}\text{O}$ and the amount of $\delta^{18}\text{O}$ against $\delta^{16}\text{O}$ in most oxygen containing molecules. The blue line on the graph shows the relationship of most of the oxygen containing molecules such as surface water, oxygen, and carbon dioxide. However ozone is not positioned on the line. Since ozone participates in the production of atmospheric nitrate, atmospheric nitrate is also plotted away from the line. Using this difference in oxygen isotope ratios, we can estimate the sources of nitrate in water, and quantify the nitrate dynamics

We carried out our measurement at river Yasu, which is a major inflow of the Lake Biwa, an important water resource of the Kinki area. Since we hypothesized that periphyton (organisms attached on rocks) contributes to the nitrate dynamics, we reconstructed the riverbed environment of the riverside and the central part of the river by collecting rocks together with periphyton, and cultivated them under the same light & temperature condition. Then we measured the changes in the amount of total nitrate and atmospheric

3. Results and Discussions

Each values in the figure is expressed in the relative values with the value of the removal rate at the central part of the river being 100. The result indicates that each process happens simultaneously at the riverbed (which supports our hypothesis), and the reactions are more active at the riverside. Therefore we concluded that we succeeded in measuring supply and removal rates of nitrate using a natural tracer; atmospheric nitrate. This enables us to understand the nitrate dynamics in water much easier than before.



We would like to quantify the seasonal changes in nitrate dynamics, and also verify if it is possible to explain the actual changes in the concentration of nitrate from the data we obtained through our own measurement. In addition to this, the measurement of nitrification rate using atmospheric nitrate is the first attempt in the world, so we still need to improve the reliability of the method by measurements in parallel with previous methods.

4. Acknowledgements

Prof. Urumu Tsunogai, Prof. Fumiko Nakagawa and the other lab members.

静岡市清水区の花長寺のボーリングコアに基づく後期完新世の環境変化の復元

伊奈朋弥 鈴木大介 葛原敬登（静岡県立磐田南高等学校，2年）

北村晃寿（静岡大学理学部地球科学科）

1. はじめに

駿河トラフの西岸（静岡市～御前崎市）は、フィリピン海プレートの沈み込みにより、6～8mm/年の速度で沈降しているが、西暦1854年の安政東海地震では約1mの隆起が起きた（石橋，1984；Kitamura & Kobayashi, 2014）。1970年代に、安政東海地震から120年間も経過しているので、近い将来、東海地震が発生するとされた。その後の研究では1707年の宝永地震や1498年の明応東海地震で駿河トラフ西岸が隆起したという証拠は得られず、安政東海地震のような駿河トラフ西岸を隆起させる地震（以後、安政型地震）の発生間隔は依然として不明である。そこで、本研究では、静岡県静岡市清水区の花長寺の地下の地層記録から後期完新世の環境変化を復元し、安政型地震の履歴を検討した。花長寺は、標高約4mの浜堤（図1）に西暦1011年に建てられたので、その時には陸地だったという制約を与えられるという利点がある。

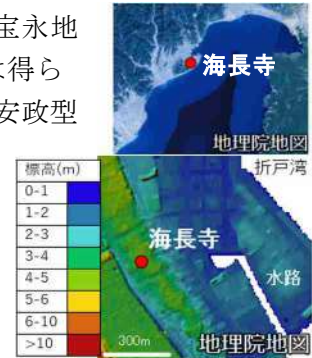


図1. 花長寺の位置

2. 方法

地中レーダーによる地層分布調査と2本のボーリングコア試料を調査した。コア試料は半裁し、堆積物と含有化石を記載し、軟X線写真を撮影し、柱状図（図2）を作成した。7試料の植物片の¹⁴C年代測定をBeta Analytic社に依頼した。

3. 結果と考察

地点1は、下位より灰色砂礫層（深さ8.0～4.9m）、平行葉理をもつ灰色粘土層（深さ4.9～4.2m）、砂礫層の順に重なる。灰色砂礫層からは多くの貝化石が産出した。灰色粘土層は、潮間帯に生息する巻貝 *Umbonium moniliferum*（イボキサゴ）を産し、粘土層中の葉の¹⁴C年代は西暦398～539年を示した。地点2は、下位より砂層、粘土層、逆級化構造を示す砂層、木片密集層（深さ2.13～2.06m）、砂礫層の順に重なる。木片密集層中の葉の¹⁴C年代は西暦258～428年を示した。木片密集層では木片間に堆積物がほとんどないので、打ち上がった木片と推定される。



図2. 2地点の柱状図

潮間帯に生息する巻貝を産する粘土層と木片密集層の葉の¹⁴C年代は、それぞれ西暦398～539年と西暦258～428年を示す。したがって、陸化した時代は、西暦398年から西暦428年の間の可能性が高い。この時代に汎世界的海水準の低下は起きていないので、陸化は堆積作用か地震性隆起のどちらかである。地震性隆起の場合には、安政型地震が発生したことにより、南海トラフの歴史地震の中で最古の西暦684年の白鳳地震よりも280年古い。今後、陸化の原因を明らかにするために、堆積物と微化石の調査を行うとともに研究地域周辺の研究事例との比較を行っている。

4. 謝辞

本研究にあたってふじのくに地球環境史ミュージアム准教授菅原大助先生、磐田南高校青島晃先生にご指導いただきました。改めて感謝を申し上げます。

5. 参考文献

石橋克彦(1984) 第四紀研究, 23, 105-110; Kitamura & Kobayashi (2014) The Holocene, 24, 814-827; 松原彰子 (1989) 地理学評論, 62, A-2, 160-183.

Reconstruction of Late Holocene environmental changes based on analysis of core sediments from Kaicho Temple, Shimizu-ku, Shizuoka city, central Japan

Tomoya Ina, Daisuke Suzuki, Keito Tsutahara (Iwata Minami High School, 2nd grade)

Akihisa Kitamura (Shizuoka University)

1. Introduction

We reconstruct environmental change and coseismic uplift during last 2000 years in the western part of Suruga Bay, Japan, based on analysis of cored deposited from Kaicho Temple located at an elevation of about 4 m on the Shimizu Plain in Shizuoka Prefecture.

2. Method

In Kaicho Temple, we investigated the geological distribution by underground radar and drilled two core samples. We described deposits and fossils. We took soft x-ray photographs, and make columnar sections. A total of 7 radiocarbon age determinations on leaves and woods were made by Paleo Labo Co. Ltd. and Beta Analytic Inc.

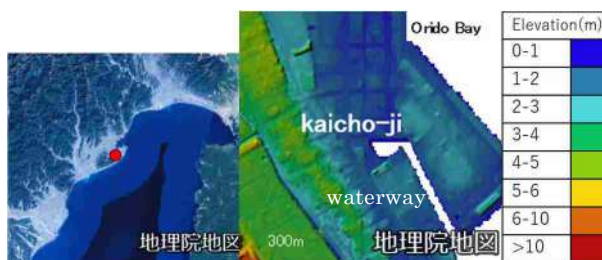


Figure1: Map of Kaicho-ji

3. Result and discussion

At site 1, deposits consist of the following facies, in ascending stratigraphic order: gravelly sand, clay and gravel beds.

Gravelly sand bed yields many intertidal molluscs. Spiral shell *Umbonium moniliferum*, which inhabits the intertidal zone, was found from clay bed. ¹⁴C age of the leaves from the clay bed represents AD 398 to 539.

At site 2, deposits consist of the following facies, in ascending stratigraphic order: sand, clay, very well-sorted sand, pebble, wood pieces, sandy gravel beds. Sand and clay beds yield molluscs. The ¹⁴C age of the leaves of wood pieces bed represent AD 258 to 428. Since wood pieces bed forms an open frame, the bed was deposited during high wave events and is positioned at the top of the storm berm.

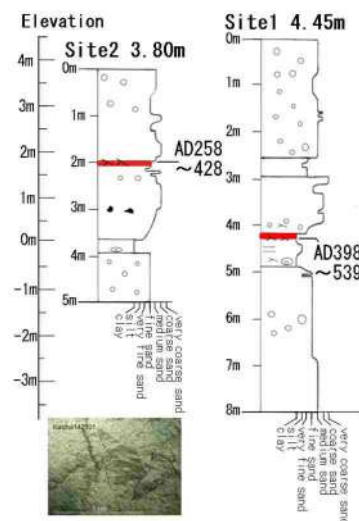


Figure2: Columnar sections

These findings imply that the emergence occurred in the area between AD 398 and AD 428. Since eustatic sea-level was stable during this period, the emergence was caused by sedimentation or coseismic uplift. In case of coseismic uplift, this earthquake was 280 years older than the oldest historical earthquake (AD 684 Hakuho earthquake) along Nankai Trough.

4. Acknowledgement

We thank landowners in the study area for allowing us access to their land for our research activities. We thank Daisuke Sugawara and Akira Aoshima for their advice.

5. References

Ishibashi (1984) (Daiyonki-kenkyu) 23: 105–110; Kitamura & Kobayashi (2014) The Holocene, 24, 814-827; Matsubara (1989) Geographical Review of Japan, series A, Chirigaku Hyoron 62(2): 160–183.

高温下での光合成酸素発生系の損傷メカニズム

峯松 礼佳（静岡県立浜松北高等学校 3 年） 佐藤 祐菜（愛知県立旭丘高等学校 3 年）

三野広幸教授（名古屋大学理学研究科）

背景：高等植物における光合成酸素発生の役割を担っている光化学系 II

（以下 PSII）の熱ストレスに対する失活メカニズムは未だ不明である。本研究の目的は高温下でのマンガクラスターの失活メカニズムを解明することである。クラスターの構造を解明することで、人工光合成の開発や気候変動の光合成への影響の評価に役立つことが期待される。

マンガクラスターとは、PSII 内の酸素発生機構である。アミノ酸で囲まれており、4 つのマンガン、酸素とカルシウムで構成される（図 1）。マンガクラスターの 5 つの酸化還元状態 [S_i ($i = 0 \sim 4$)] は、マンガクラスターが光子を吸収すると S_i から S_{i+1} に進む。但し、 S_4 の状態で光子を吸収すると S_4 状態から S_0 状態へ移行する。この移行の際、酸素分子が生成される。（図 2）

実験：今回はホウレンソウから PSII が含まれるチラコイド膜のみを遠心分離によって抽出した。この試料を様々な温度で加熱し、ESR（電子スピン共鳴）測定を行った。ESR 測定では装置に試料を入れ共鳴条件に合ったマイクロ波を照射することで電子スピンを検出することができる。今回は、Bruker E580 EPR 分光器を使用し、Mn の電子スピンを検出した。

結果：図 3 は 60℃で測定したチラコイド膜の ESR スペクトルを示す。3100～3700G 付近の 6 本の線が、放出された Mn^{2+} イオンのスペクトルである。グラフの一番下にある硝酸処理サンプルと比較し、マンガクラスターから析出したマンガ原子の数を予測することができる。結果は以下のとおりである。

- (1) マングクラスターの破壊は 22℃で始まった。
- (2) マングクラスターからは 4 個中 1 個のマンガンのみが除去された。
- (3) 60℃では熱損傷の 2 つの異なる成分、速いもの（～5 分）および遅いもの（～60 分）が見られた。しかし、40℃未満では、速いもののみが見られた。

考察：熱ストレスによってマンガクラスターから少なくとも 1 つのマンガンが除去された。ここで、マンガクラスターの構造（図 1）より、 $Mn4$ は他の 3 つのマンガンと比較した時に他の原子との結合が弱いことが分かる。よって、放出されたマンガンは $Mn4$ だと推測される。また、マンガクラスターは異なる酸化還元状態（図 2）のうち、暗条件下では、 S_0 および S_1 の状態をとる。よって、この 2 状態の違いにより異なるタイプの損傷が現れたと推測される。

展望：実験結果により、少数の Mn^{2+} のみがマンガクラスターから放出されることは明らかだが、放出されたマンガ原子の数をより正確に測定しなければならない。単離された PSII を使用した測定を行い、実験回数を増やし、再現性を確認することで、実験結果の精度を高めること必要である。また、植物の種類において熱損傷に差は出るのかについても調査したい。

謝辞：三野広幸教授 寺島尚貴さん 佃野弘幸さん 大平彩花さん（名古屋大学理学研究科物理学科）

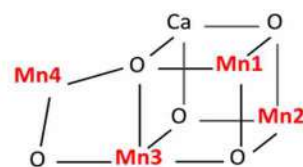


図1: マングクラスターの構造

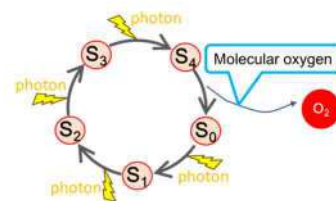


図2: マングクラスターの 5 つの酸化還元状態の模式図

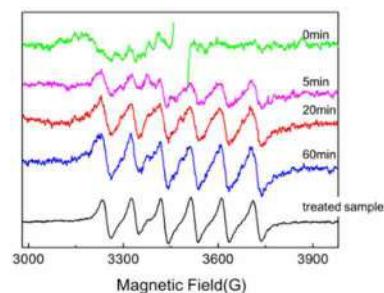


図3: 60℃で測定時のチラコイド膜の ESR スペクトル

Molecular Mechanism of the Heat Stress to Oxygen-evolving System in Photosynthesis

Ayaka Minematsu (Hamamatsukita High School), Yuna Sato (Asahigaoka High School)
Prof. Hiroyuki Mino (Nagoya University Graduate School of Science)

1. Introduction

Photosystem II (PSII) protein complex has a role of photosynthetic oxygen production in plants. Manganese cluster is a structure which evolves molecular oxygen in PSII.

Manganese cluster is composed of four manganese, oxygen and calcium (Fig.1). There are five redox states for manganese cluster, denoted as S_i ($i=0\sim4$). Absorbing photons, the redox state advances from S_i to S_{i+1} . In the transition from S_4 to S_0 states, molecular oxygen is produced (Fig.2). The purpose of this study is to understand deactivation mechanism of manganese cluster at high temperature.

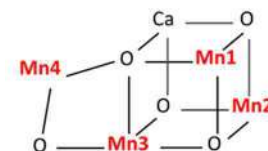


Fig.1: the model structure of manganese cluster

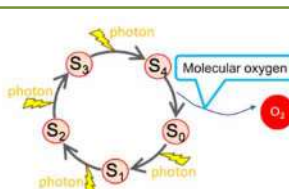


Fig.2: Schematic model of five redox states of manganese cluster

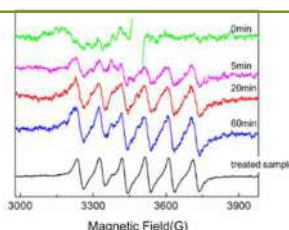


Fig.3: ESR spectra of thylakoid membranes incubated at 60°C

2. Methods and Results

We prepared thylakoids membranes, heated them at various temperatures, and performed measurements using a Bruker E580 EPR spectrometer. Figure 3 shows ESR spectra of thylakoid membranes incubated at 60°C. The lines are ascribed to Mn^{2+} ions released from thylakoid membranes.

The results show followings:

- (1) Destruction of manganese cluster starts at 22°C.
- (2) One manganese out of four was removed from the cluster.
- (3) Two different kinetics for the heat damage, the fast one (~ 5 min) and the slow one (~ 60 min) were found at 60°C. But below 40°C, only the fast one was found.

3. Discussion

The structure of manganese cluster shows that Mn4 is weakly connected with other atoms (Fig.1). Therefore, the released manganese would be Mn4.

Manganese cluster has five different states (Fig.2). In the low states it is possible to be in S_0 and S_1 states. Different types of damage might be detected because of the difference of these states.

4. Prospects

It is clear that only small number of Mn^{2+} is released from manganese cluster. However, the numbers of the manganese ions should be evaluated more precisely. In this work, we used thylakoid membranes, but the use of isolated PS II would be preferable. Moreover, we are interested in the difference of heat damage in other kinds of plants.

5. Acknowledgements

Prof. Hiroyuki Mino, Naotaka Terashima, Hiroyuki Tsukuno, and Ayaka Ohira
(Department of Physics, Graduate school of Science, Nagoya University)

雨水に含まれる酢酸の微量分析

明日理湖（大阪府立天王寺高校3年）

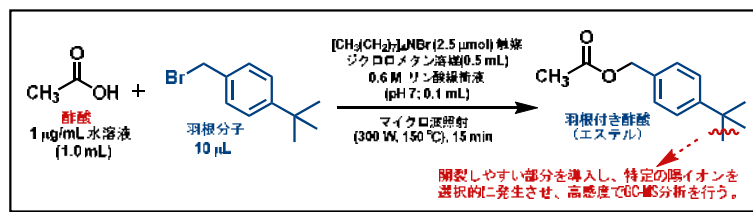
芝田育也、角井伸次、鈴木 至（大阪大学環境安全研究管理センター）

1. 研究の目的と意義

ポリエステルのようなプラスチック製品は、環境中で、最終的に酢酸のような小さな分子へ分解する。そこで、環境中に酢酸がどの程度含まれるかを分析できれば、将来その変化を観測することで環境汚染の程度を予測できると考えた。

2. 研究の手法

私は、雨水に含まれる酢酸を分析するためにガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）を用いた。極めて微量の酢酸を分析するため、大阪大学芝田研究室では酢酸分子に羽根をつけ（誘導体化）^[1]、エス



テルに変換する方法を開発している^[2]。この羽根には2つの役割がある。①水素結合によりお互にくっつきやすい（会合しやすい）酢酸分子を離して気化させやすくする。②羽根の一部分をわざと切れやすくし、特定の陽イオンを選択的に発生させる。この2つの特徴によって、高感度なGC-MS分析が可能になる。

3. 結果と考察

上記の方法で、検量線を作成したところ、ギ酸、酢酸、プロピオン酸について良好な直線性が得られた。また、雨水からの添加回収テストを行ったところ、100%に近い回収率が得られ、純水よりも不純物を多く含む雨水に対しても正確に分析可能であることがわかった。

次に、大阪の吹田市、藤井寺市、枚方市の3地点で雨水を採取し濃度を測定した。吹田市ではギ酸が0.91 μg/mL、酢酸が0.41 μg/mL、プロピオン酸が0.04 μg/mLという濃度で検出され、RSDも比較的低い値となり信頼性の高い結果が得られた。藤井寺市ではギ酸、プロピオン酸は検出限界を下回ったが、酢酸は0.26 μg/mL検出された。枚方市では3種類のカルボン酸は検出できたが、低い濃度となった。これは、今年7月の集中豪雨時の雨水を使用したため、降りに初めに多く含まれるカルボン酸濃度が薄まったためと考えられる。

以上、雨水中、4ppb-1ppmの極めて薄い濃度のカルボン酸を分析することに成功した。

4. 謝辞

実験を行うにあたりご指導を頂きました大阪大学芝田研究室の皆様、特に直接ご指導頂いた保久友宏さんに御礼申し上げます。

5. 参考文献

- [1] K. Blau and J. Halket, Handbook of Derivatives for Chromatography, 1993, Wiley, New York. (誘導体化)
[2] 芝田、角井ら 日本分析化学会第67年会(2018) P3018.

表. 大阪府の雨水の分析結果

カルボン酸	吹田市		藤井寺市		枚方市	
	濃度 μg/mL	RSD %	濃度 μg/mL	RSD %	濃度 μg/mL	RSD %
ギ酸	0.91	6.5	-	-	0.44	28
酢酸	0.41	7.1	0.26	13	0.05	9.0
プロピオン酸	0.04	8.8	-	-	0.004	5.6

Trace Analysis of Acetic Acid in Rainwater

Riko Akehi (Osaka Prefectural TENNOJI High School, 3rd grade)

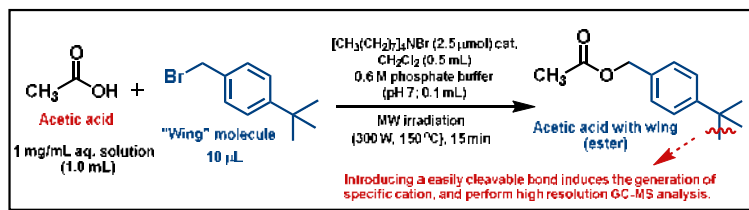
Ikuya Shibata, Shinji Tsunoi, Itaru Suzuki (Osaka University)

1. Purpose of research

Polyester resins end up in decomposition into small molecules such as acetic acid in the environment. If the amount of the acetic acid can be measured, the progress of environmental pollution would be monitored by observing the change in some period.

2. Research method

Here, I report the reliable techniques for analysis of extremely low concentrated acetic acid in rainwater by GC-MS. In order to analyze a trace amount of acetic acid, Shibata's group has



developed the method to convert acetic acid to a special compound (derivatization).^[1] Namely, acetic acid is derivatized by a “wing” molecule which plays two important roles. First, the wing makes acetic acid easy to vaporize by removing hydrogen bonds which interconnect the individual molecules. Second, the wing includes an easily cleavable bond and generates specific cations selectively.^[2] These features are necessary for high resolution analysis in GC-MS measurement.

3. Results and discussion

Calibration curves for formic acid, acetic acid and propionic acid, were prepared by the above method, and all of them were found to show good linearity. In addition to this, almost all the acids were recovered from rainwater after they dissolved in the rainwater. Thus it was possible to accurately detect the acids even in rainwater containing some impurities.

I collected rainwater at Suita, Fujii-dera and

Table. Results of Analysis of Rainwater in Osaka

Carboxylic Acid	Suita		Fujii-dera		Hirakata	
	Conc. μg/mL	RSD %	Conc. μg/mL	RSD %	Conc. μg/mL	RSD %
HCOOH	0.91	6.5	-	-	0.44	28
CH ₃ COOH	0.41	7.1	0.26	13	0.05	9.0
C ₂ H ₅ COOH	0.04	8.8	-	-	0.004	5.6

Hirakata Cities and measured the concentration of the carboxylic acids. In rainwater of Suita City, 0.91 μg/mL of formic acid, 0.41 μg/mL of acetic acid and 0.04 μg/mL of propionic acid were detected with good reproducibility. For the sample of Fujii-dera City, although propionic acid and formic acid could not be detected, acetic acid could be detected at the concentration of 0.26 μg/mL. For the sample of Hirakata City, three carboxylic acids were observed at very low concentration. This is probably because the rainwater was taken during the torrential rain this July, which could be too diluted. In this way, we succeeded to analyze accurately 4ppb-1ppm of carboxylic acids in rainwater.

4. Acknowledgement

I would like to thank research assistant Mr. Tomohiro Yasuhisa and members of Shibata laboratory.

5. References

- [1] K. Blau and J. Halket, *Handbook of Derivatives for Chromatography*, 1993, Wiley, New York. (derivatization)
- [2] I. Shibata, S. Tsunoi *et al.* 67th Analytical Chemical Society Meeting (2018) P3018.

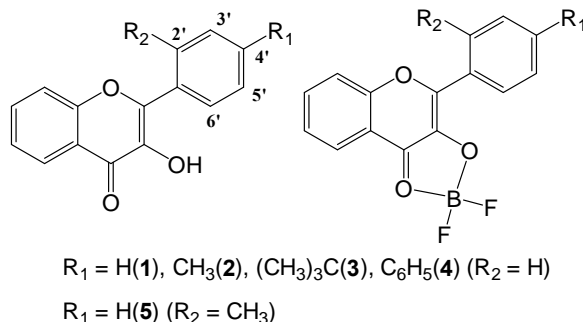
天然物フラボノールとホウ素の錯体の発光

飯塚菜々美（私立浦和明の星女子高等学校 2 年）

担当教員：藤原隆司（埼玉大学科学分析支援センター 准教授）

1. 研究の目的と意義

フラボノールは植物界に広く分布するフラボノイドを構成する化合物の一つである。フラボノールの性質に関する研究は、生体内における役割の解明や新しい機能、役割の発見に役立つ可能性がある。また、フラボノールにホウ素が結合した錯体は紫外線の照射によって発光することから、化学的、機能的な見地からも大変興味深い。これらの理由から、様々なフラボノール類やそれらのホウ素錯体を合成し、得られた化合物の電子状態を明らかにすることでフラボノール化合物の化学を発展させることを本研究の意義、目的とする。

図 1. フラボノール類(左)とその BF_2 錯体(右)

2. 方法

様々な置換基を有するフラボノールを合成した後、溶媒にジクロロメタンを用いて、それらを三フッ化ホウ素 BF_3 と反応させることでホウ素が結合した BF_2 錯体 (**1-5**、図 1) を得た。得られた錯体の溶液中と固体状態での発光や吸収スペクトルを、フリーのフラボノール類のスペクトルや結晶構造等と比較し、理論計算の結果とあわせて電子状態についての考察を行った。

3. 結果と考察

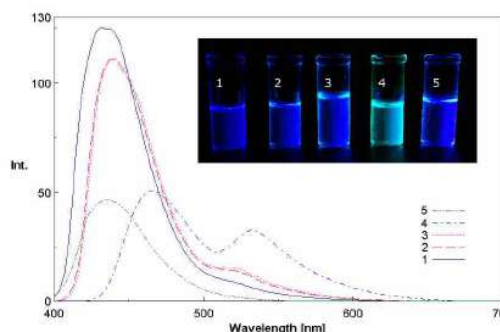
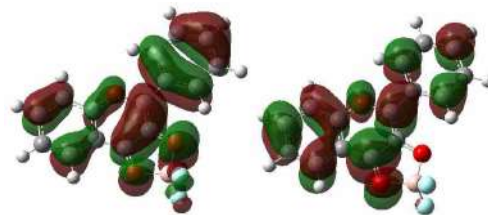
BF_2 錯体の発光スペクトルにおける発光極大値は図 2 で示されたように **1,2,3,4** の順に長波長シフトすることがわかった。一方、**5** のスペクトル形状は **1-4** のものと大きく異なっており、2' 位に置換基 (R_2) を有することで分子構造が立体的にねじれるためであると考えられる。吸収スペクトルも発光スペクトルと同様の傾向を示し、もっとも長波長側の吸収極大が **1,2,3,4** の順に長波長シフトし、**5** のスペクトルは **1-4** の形状と大きく異なっていた。また、理論計算の結果も同様の傾向も示していた。これらの結果より、図 3 に示すように吸収および発光スペクトルに重要な影響を与える分子軌道である最高被占分子軌道 (HOMO) と最低空分子軌道 (LUMO) はほぼ分子全体に分布しており、 R_1 の電子的影響が吸収および発光特性に影響を及ぼしていることを明らかにすることができた。

4. 謝辞

実験の実施に際しては藤原研究室の皆様、特に大野桂史さん、横堀英久さんのご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

5. 参考文献

- (1) A. D'Aléo and F. Fages, *Photochem. Photobiol. Sci.*, **2013**, *12*, 500-510.
- (2) M. Wera, *et al. Acta Cryst.*, **2010**, *E66*, o3354-o3355.

図 2. BF_2 錯体の発光スペクトル図 3. BF_2 錯体(**1**)の HOMO と LUMO

Luminescent Properties of Boron Complexes with a Natural Product Flavonols

Nanami Iizuka (Urawa Akenohoshi Girls' Senior High School 2nd grader)

Teacher : Takashi Fujihara (Saitama University)

1. Purpose of this study

The flavonol is one of the compounds constituting flavonoids widely distributed in the plant kingdom. Research on the properties of flavonols may be useful for elucidating their roles in living bodies and discovering new functions and roles. Especially, the flavonol complexes with boron are interesting from a chemical and functional point of view, because they emit light when irradiated with ultraviolet rays. For these reasons, the significance and purpose of this research is to develop chemistry of flavonol compounds by synthesizing various flavonols and their boron complexes and clarifying the electronic states of the obtained compounds.

2. Method

The flavonols with various substituents were synthesized (Fig. 1). The obtained flavonols were reacted with boron trifluoride using dichloromethane as a solvent and the BF₂ complexes were obtained. The absorption and luminescence spectra in the solution and solid state of the obtained BF₂ complexes were compared with those of the flavonols themselves.

3. Result and discussion

It was found that the emission maximum of the BF₂ complex were red-shifted in the order of **1**, **2**, **3** and **4** as shown in Fig 2. Furthermore, it was found that the absorption maximum at the longest wavelength were red-shifted in the order of **1**, **2**, **3** and **4**. The absorption spectrum of **5** greatly differs from **1-4** owing to the twisted structure with the substituent at the 2' position. As shown in Fig. 3, the HOMO and LUMO giving an important influence on the absorption and emission spectra were distributed in the whole molecule. It is found that the electron donating property of the substituent at the 4' position greatly influences the absorption and emission spectra.

4. Acknowledgement

I would like to thank Dr. Keiji Ohno and Mr. Hidehisa Yokobori of Saitama University for their help.

5. References

- (1) A. D'Aléo and F. Fages, *Photochem. Photobiol. Sci.*, **2013**, *12*, 500-510.
- (2) M. Wera, *et al. Acta Cryst.*, **2010**, *E66*, o3354-o3355.

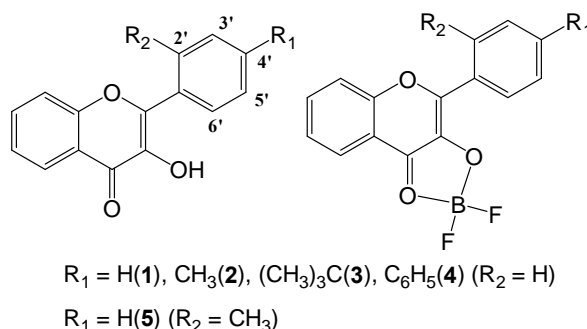


Fig 1. Flavonols and their BF₂ complexes.

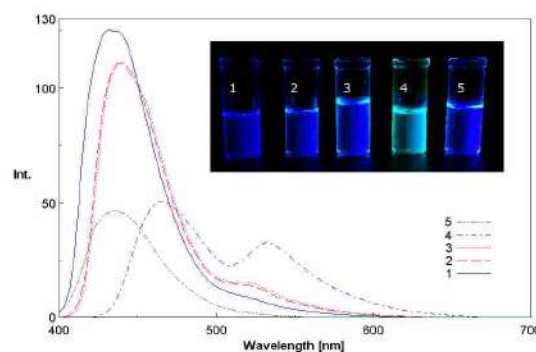


Fig 2. Emission spectra of BF₂ complexes.

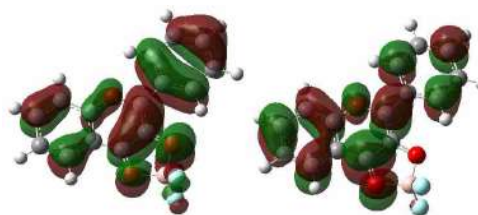


Fig 3. HOMO and LUMO of BF₂ complex **1**.

発光材料として期待される新しいイリジウム錯体

清水 寿菜（浦和明の星女子高等学校 2年）

担当教員：大野 桂史（埼玉大学 産学官連携研究員）

1. 研究の目的と意義

Ir 錯体, $[\text{Ir}(\text{Rppy})_3]$ や $[\text{Ir}(\text{Rppy})_2(\text{L1})]$ (HRppy: フェニルピリジン誘導体; L1: 補助配位子) は強発光性を示すため発光材料としての研究が広く行われている^[1]。しかしながら、固体状態での Ir 錯体は、分子間相互作用や励起状態での構造変化などにより発光強度が著しく弱くなる(濃度消光)ことが知られている^[2]。この濃度消光の改善は、発光材料への応用には必要不可欠である。そこで、本研究では、固体状態での発光強度の増加を目標に、フェニルピリジンに置換基を導入した新規な Ir 錯体 ($[\text{Ir}(\text{R}_1\text{R}_2\text{Meppy})_2(\text{acac})]$ 、図 1) を合成し、その構造と発光特性を調査した。

2. 研究の手法

目的とする錯体は、ジクロロメタン中、テトラブチルアンモニウムヒドロキシド (Bu_4NOH) 存在下、 $[\{\text{Ir}(\text{R}_1\text{R}_2\text{Meppy})_2\}_2(\mu\text{-Cl})_2]$ とアセチルアセトンとを反応させることで、黄～橙色粉末として得た。合成した錯体は ^1H NMR を用いて同定した。錯体の構造は単結晶 X 線構造解析によって明らかにし、発光特性は発光スペクトルと量子収率をもとに検討した。

3. 結果と考察

発光スペクトルを測定したところ ($\lambda_{\text{em}} = 365$ nm)、溶液中と固体状態での **1a** および **1b** の発光極大波長は 528 と 547 nm および 498 と 524 nm であった。一方、置換基を導入していない $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ の発光極大波長は溶液中で 516 nm、固体状態で 540 nm であった^[3]。溶液中での発光波長の違いは、ppy 部に導入した置換基の電子的影響に由来する。また、いずれの錯体も固体状態の方が溶液中と比べ 20 nm ほど長波長側へシフトしていた。

発光量子収率を測定したところ、**1a** および **1b**、 $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ は溶液中で 63 および 75、52% であり、固体中では 3.7、7.8、1.4% であった^[3]。これより、**1a** および **1b** では $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ に比べ固体状態での量子収率の低下が改善された。この原因については現在考察中である。また、**1c** の発光特性に関しては、現在調査中である。

4. 謝辞

本研究にあたりご指導いただきました埼玉大学分析支援センター藤原隆司准教授および埼玉大学大学院理工学研究科山下将享氏に厚くお礼申し上げます。

5. 参考文献

- [1] S. Ladouceur *et al.*, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2013**, 2985.
- [2] J. Mei *et al.*, *Chem. Rev.*, **2015**, 115, 11718.
- [3] S. Lamansky *et al.*, *Inorg. Chem.*, **2001**, 40, 1704.

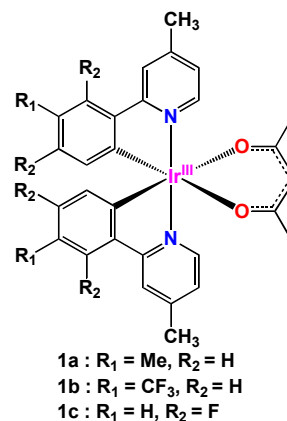


図 1. 目的錯体

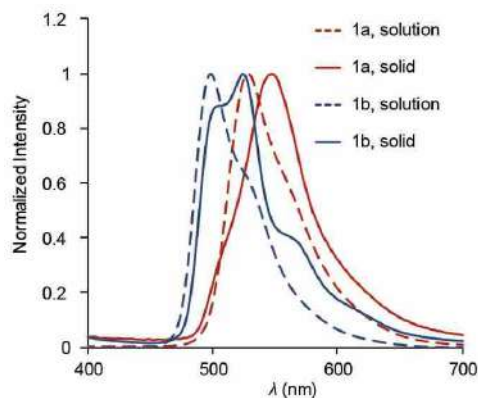


図 2. 錯体 **1a** と **1b** の発光スペクトル

Novel Luminescent Ir(III) Complexes for Light Emitting Material

Juna Shimizu (Urawa Akenohoshi Girls High School 2nd grade)

Keiji Ohno (Saitama University)

1. Purpose of the Study

Luminescent properties of cyclometalated iridium(III) complexes, such as $[\text{Ir}(\text{Rppy})_3]$ and $[\text{Ir}(\text{Rppy})_2(\text{L1})]$ (HRppy: phenylpyridine derivatives; L1: auxiliary ligand), have been widely studied due to their application to organic light-emitting materials.^[1] Generally, most of Ir complexes in the solid state showed weak emission intensities compared to those in diluted solution because of non-radiative decay and strong intermolecular interactions in the solid state.^[2] The behavior is the factor that must be overcome for their potential applications in molecular devices. In this study, we synthesized novel iridium complexes bearing substituents on ppy ($[\text{Ir}(\text{R}_1\text{R}_2\text{Meppy})_2(\text{acac})]$, Fig. 1), and discussed relations between structures and luminescent properties.

2. Methods

$\text{Ir}(\text{R}_1\text{R}_2\text{Meppy})_2(\text{acac})$ were synthesized by the reaction of corresponding $[\{\text{Ir}(\text{R}_1\text{R}_2\text{ppy})_2\}_2(\mu\text{-Cl})_2]$ and Hacac in CH_2Cl_2 in the presence of Bu_4NOH . The complexes were identified by ^1H NMR, and their structures and luminescent properties were revealed by X-ray crystallography and emission spectroscopy, respectively.

3. Results and discussion

The emission spectra of **1a**, **1b**, and $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ ^[3] in CH_2Cl_2 ($\lambda_{\text{em}} = 365$ nm) displayed emission maxima at 547, 524, and 540 nm, respectively (Fig. 2). The red- and blue-shifts in bands of **1a** and **1b** from one of $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ originate from electronic properties of R_1 and R_2 . In the solid state, the emission bands of **1a**, **1b** and $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ were observed at 528, 498, and 516 nm, respectively, and respective wavelength red-shifted as 20 nm from those of corresponding complexes in solution. The quantum yields of **1a** and **1b** being 3.7 and 7.8%, respectively, in the solid state and 63 and 75%, respectively, in solution state showed high values compared to those of $[\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})]$ being 1.4 and 52% in the solution and the solid state, respectively. The relation between structures and the luminescent properties are currently under consideration.

4. Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to Prof. Takashi Fujihara (Comprehensive Analysis Center for Science, Saitama University) and Mr. Masamichi Yamashita (Graduate School of Science and Engineering, Saitama University).

5. References

- [1] S. Ladouceur *et al.*, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2013**, 2985. [2] J. Mei *et al.*, *Chem. Rev.*, **2015**, 115, 11718. [3] S. Lamansky *et al.*, *Inorg. Chem.*, **2001**, 40, 1704.

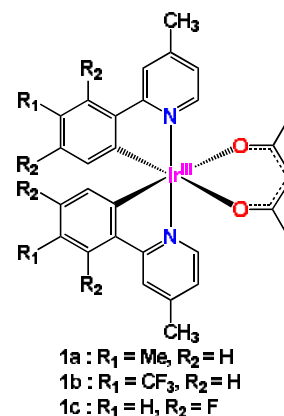


Figure 1. Ir complexes.

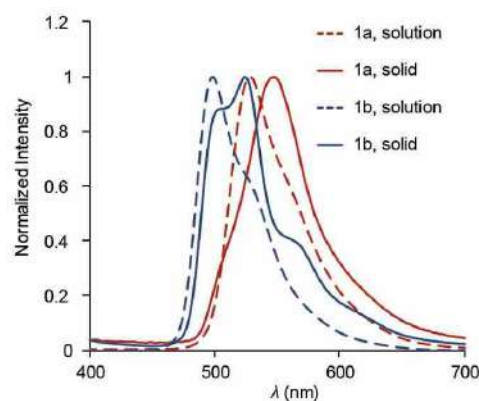


Figure 2. Emission spectra of **1a** and **1b** in CH_2Cl_2 and in the solid states.

光をトリガーとした状態遷移に基づく DNA コンピューティング

北村 佳のん（金沢大学附属高等学校 2 年）

藤本 健造 教授

1. 研究目的と意義

生体内における転写・翻訳を始めとする複雑な機能の実現には様々な miRNA などの核酸が関与している。癌関連遺伝子として有名な p53 も miRNA373 や miRNA21 など様々な核酸の制御を受けている¹。それら核酸の制御ネットワークを知ることは生命機能の詳細な理解だけでなく、疾患の治療にも役立てられる。しかし、既存の RNA 解析法である real-time PCR やマイクロアレイ解析、各種ゲル電気泳動などは生体外で解析しており、生体内の情報を望みのタイミングで知ることが困難である。そこで、生体内で複数の miRNA がどのような順序で機能しているのかを明らかにするため、本研究では DNA 状態遷移モデルを利用し、Input DNA の状態を記憶させる系をモデル系として構築する。さらに望みのタイミングでの Input 鎖を記憶するため、光応答性人工核酸²を用いることにより、光駆動能を付与し、連続した生命活動の中で、望みのタイミングで Input 鎖を記憶できる DNA 状態遷移モデルの構築を目的とする。

2. 研究の手法

光照射を行った際の input 鎖の順序を記憶する DNA 状態遷移モデルの構築に向け、Gate DNA に対し、input 鎖を添加・光照射を行った際の構造変化を変性 PAGE 解析によるゲルシフトアッセイにより状態変化を確認した。また、生体内の利用を想定し、beacon probe を添加し、蛍光スペクトル測定による定量解析、及びイメージングを行った。

3. 結果と考察

変性 PAGE によるゲルシフトアッセイの結果、2 つの Input 鎖を異なる順序で添加し、光照射を行った際に、異なる位置にバンドが検出された。Input 鎖①→②の順で添加したものが、②→①の順で添加したものよりも移動度が低いことから、意図した通りに状態遷移していると考えられる。また、蛍光観察の結果からもそれぞれの 2 状態に応じた蛍光観察結果が得られ、Input 鎖①→②の順で添加した際に、状態遷移が 70%程度進行し、蛍光強度が 4.5 倍程度上昇していることが確認でき、目的としていた DNA 状態遷移モデルの構築に成功した。

4. 謝辞

本研究を行うにあたり、計画から考察・まとめの段階まで様々なご助言を頂いた北陸先端科学技術大学院大学、藤本健造教授、中村重孝助教に厚く御礼申し上げます。また、藤本研究室の皆様に高校生である私を暖かく迎えてくださりありがとうございました。

5. 参考文献

1. Hermeking, H., *Nat. Rev. Cancer*, **2012**, 12(9), 613-626.
2. Fujimoto, K., Yoshimura, Y., *Org. Lett.*, **2008**, 10(15), 3227-3230.

DNA computing based on photo-triggered gate transition

Kanon Kitamura Kanazawa University High School 2nd Grade

Professor Kenzo Fujimoto

1. INTRODUCTION

Various miRNAs are involved in complex functions, including transcription and translation *in vivo*. The P53 gene, a well-known oncogene, is regulated by various nucleic acids such as miRNA 373, miRNA 21, and so on¹. Elucidation of the regulation network of these nucleic acids is useful not only for the detailed understanding of their biological functions, but also for disease treatment. However, existing RNA analysis methods such as real-time PCR, microarray analysis, and various gel electrophoresis techniques are applicable *in vitro*, and it is difficult to gain information about nucleic acids in the living body at a desired time point. Therefore, to clarify the order in which multiple miRNAs function *in vivo*, this study involves the construction of a system that uses the DNA state transition model and stores the state of input DNA as a model system. Furthermore, to memorize the input chain at a desired time point, this study aims to build a model involving a DNA state transition with the ability to be photo-triggered and store an input DNA at a desired time point in daily life activities, by using a photoresponsive artificial nucleic acid².

2. MATERIALS AND METHODS

For the construction of a DNA gate transition model that stores the order of the input DNA by photoirradiation, two input DNAs were added to the gate DNA in different orders; they were then photoirradiated and analyzed by denaturing PAGE. In addition, a molecular beacon probe was added. Then, quantitative analysis by fluorescence spectrum measurement and imaging were carried out, assuming *in vivo* use.

3. RESULTS AND DISCUSSION

According to the results of the gel shift assay by denaturing PAGE, two input strands were added in different orders, and bands were detected at different positions when photoirradiation was performed. The mobility when the input DNAs were added in the order ① → ② was lower than that for the order ② → ①, indicating that the DNA state transitions were achieved as intended. These DNA gate transitions were confirmed only when light irradiation was carried out by adding the sequence of interest; therefore, it can be said that this is a photo-triggered state transition model capable of recognizing the input DNA sequence selectively. In addition, fluorescence observation results corresponding to each of the two states were obtained, indicating the successful construction of the objective DNA state transition model.

4. Acknowledgment

My deepest appreciation goes to professor Fujimoto who provided carefully considered feedback and valuable comments. I also owe a very important debt to Nakamura whose opinions and information have helped me very much throughout the production of this study.

5. Reference

1. Hermeking, H., *Nat. Rev. Cancer*, **2012**, 12(9), 613-626.
2. Fujimoto, K., Yoshimura, Y., *Org. Lett.*, **2008**, 10(15), 3227-3230.

BR反応における新しい振動の発見

袴田 彩仁（静岡市立高等学校2年）

戸塚 滋子（静岡市立高等学校）

1. 研究の目的と意義

Briggs Rauscher 反応（BR 反応）は、ヨウ化物イオンとヨウ素が繰り返し生成する振動反応の一種である。ヨウ素デンプン反応を利用して、無色の溶液と濃い青紫色の溶液が繰り返し現れる点に特徴がある。振動反応は、その反応メカニズムの解明、ならびに実演としての有用性から、反応を長時間継続する条件や、反応を復活させる条件の解明が高い注目を集めてきた。本研究では、BR 反応について、酸化還元活性な指示薬の添加がその振動に影響を与え、特に、フェリシアン化カリウム ($K_3[Fe(CN)_6]$) を添加すると、振動が通常の反応に比べて、およそ3倍長く継続することを見いだした。

2. 研究の手法

BR 反応に用いられる基本的な試薬（ヨウ素酸カリウム、硫酸、過酸化水素、マロン酸、硫酸マンガン、デンプン）に様々な酸化還元活性な試薬（指示薬）を添加し、反応溶液の色と電位の変化をレゴマインドストームの光センサー、および電圧計（電極 Pt, Pt）を用いて記録した。

3. 結果と考察

通常の実験条件では、およそ5分程度反応が続き、その間に18回の振動が見られた（図1a）。通常の実験溶液に、BTB、フェノールフタレイン、エリオクロムシアニンRなどの指示薬を添加したところ、電位の波形が2つに割れるなどの挙動が観測された。これは、指示薬の酸化還元反応が振動反応に影響を与えていると考えられ、フェリシアン化カリウム ($K_3[Fe(CN)_6]$) を添加して実験を行ったところ、反応が通常の実験のものに比べておよそ3倍（14分）長く継続し、振動回数も4倍以上（81回）に増加することが分かった。これは、添加したフェリシアン酸イオンの酸化還元反応が、ヨウ素とヨウ化物イオンの酸化還元を効果的に促進した結果ではないかと考えられる。今後は、フェリシアン酸イオンの濃度とBR反応の反応時間の関係を明らかにしていく予定である。

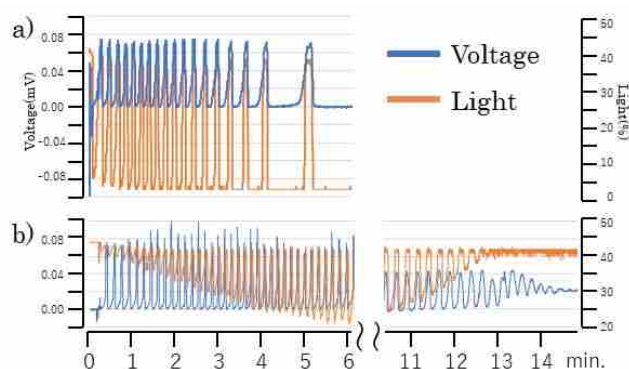


図1 通常の実験条件におけるBR反応(a)とフェリシアン化カリウムを添加したBR反応(b)の電位の変化。青色チャートとオレンジチャートは、それぞれ色と電位の変化に対応している。

4. 謝辞

共同研究者である杉森仁奏、杉山伊吹、望月はな（静岡市立高等学校2年）と、FSSプログラム、ならびに多くのご教示を頂いた静岡大学の近藤 満教授に感謝申し上げます。

5. 参考文献

①<http://yamamoto-akira.org/butsuriya/BRshindou/>（山本 明） ②教師のための化学実験デモンストレーション6「振動反応と時計反応」（Bassamz. Shakhshiri、池本 勲） ③平成29年度SSH生徒研究発表会ポスター発表・口頭発表（ノートルダム清心学園・清心女子高等学校）

Findings of new oscillations in BR reaction

Ayato Hakamada (Shizuoka Municipal High School 2nd Grade)

Shigeko Totsuka (Shizuoka Municipal High School)

1. The purpose of the study

The Briggs Rauscher reaction (BR reaction), which is one of the oscillation reactions, produces iodide ion and iodine repeatedly. Colorless and deep blue-violet solutions appear during the reaction due to the “iodine test” reaction. In this work, we studied the effects of the present redox active indicators on the oscillation behavior of the BR reaction, and found that addition of potassium ferricyanide ($K_3[Fe(CN)_6]$) extends the life-time of the oscillation reaction remarkably.

2. Method

A redox active reagent (indicator) was added to the reaction mixture of KIO_3 , H_2SO_4 , H_2O_2 , $C_3H_4O_4$, $MnSO_4$, starch, which are used for the general BR reaction. Changes in color and voltage of the reaction solution were recorded by a photosensor of the LEGO MINDSTORMS and a voltmeter using Pt electrodes.

3. Result and Discussion

Under normal reaction condition, the reaction continued for about 5 minutes, which involves 18 times of oscillations (Fig.1a). When an indicator such as BTB, phenolphthalein, eriochrome cyanin R was added to the general reaction solution, splits of the voltage wave were observed. Moreover, we found that when $K_3[Fe(CN)_6]$, which has high redox activity, was added in the reaction solution, the reaction continued

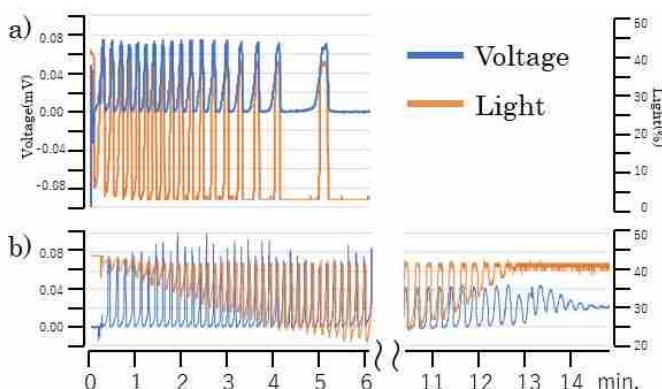


Fig.1 Observed oscillations of the BR reaction carried out under general condition (a) and the condition in the presence of ferricyanide (b).

about 3 times (14 min.) longer comparing to the normal reaction, and increased the number of the oscillation more than 4 times (81 times). This result indicates that the oxidation-reduction reaction by the added ferricyanate ion effectively promotes the oxidation and reduction of iodine and iodide ion.

4. Acknowledgment

I would like to thank my co-workers Mikana Sugimori, Ibuki Sugiyama, Hana Mochizuki (Shizuoka Municipal High School), FSS program and Prof. Kondo of Shizuoka University.

5. References

① <http://yamamoto-akira.org/butsuriya/BRshindou/> (Yamamoto,A) ② Chemistry experiment demonstration for teachers 6 (Bassamz.Shakhashiri & Ikemoto,I) ③ SSH Student Research Presentation as of 2017(Notre Dame Seishin Gakuen · Seishin Girls High School).

天然物質と交互積層法を用いた構造色を発する水溶性多層膜の作製

御船渚紗（兵庫県立加古川東高校 2年生）

担当教員：甲元一也（甲南大学）、藍原祥子（神戸大学）

1. 研究の目的と意義

化粧品などに含まれるラメは鮮やかな輝きを示す。そのようなラメに含まれるプラスチックなどの有機物が環境問題を引き起こしている。また、ラメの原材料であるアルミニウムのような無機物はアレルギーを起こしやすい。これらの問題を軽減するために、私は、生分解性で体に害の少ない多糖やポリペプチドなどのバイオポリマーを用いて、構造色を持つ多層膜を作製することを目的に研究を始めた。

2. 研究の手法

バイオポリマーの薄層を作るために、キャスト法を用いた。ウシ血清アルブミン(BSA)、セルロース、デキストラン、ヘモグロビン、カラギーナンの 500 μL 水溶液を 18mm \times 18mm のカバーガラスの上に乗せた。その後、それらのカバーガラスを 60 $^{\circ}\text{C}$ で加熱し水を蒸発させた。薄層は目視での透明度と、白金コート走査電子顕微鏡を用いて層の均一性を観察した。

3. 結果と考察

ヘモグロビンの単層は不透明になったが、その他の試薬のカバーガラスは透明なままだった。また、ヘモグロビンとカラギーナンでは均一な層を作成することができなかった。2層目を積層すると、ヘモグロビンを用いた全ての組み合わせのカバーガラスは不透明になった。更に、ヘモグロビンは疎水性の影響で2層目の積層が難しかった。一方で、デキストランと BSA を用いた2層のカバーガラスは透明だった。しかし、単層のカバーガラスは透明であったにもかかわらず、デキストランと BSA の組み合わせ以外は全て不透明になった。デキストランを用いて多層膜を形成すると、試薬を乗せた回数に比例し、層の重量が増えた。これらの結果から、キャスト法を用いてバイオポリマーの平らで均一な層を積層することができたと考える。層の透明度を維持するために積層の順番と、選ぶ材質が重要であることが分かった。また、構造色を観察するには、屈折率を考慮してバイオポリマーを選ぶ必要がある。



図1. 表面に層を形成したカバーガラスサンプル



図2. デキストランの層数と重量

4. 謝辞

甲南大学 甲元一也先生、神戸大学 藍原祥子先生には日常の議論を通じて多くの知識や示唆を頂きました。甲南大学 山本真史さんには、実験の指導をしていただきました。ありがとうございました。

5. 参考文献

Highly Efficient Perovskite Solar Cells with Tunable Structural Color (W. Zhang et al., Nano Lett., 15, 1698-1702)

Flexibility and Color Monitoring of Cellulose Nanocrystal Iridescent Solid Films Using Anionic or Neutral Polymers (R. Bardet et al., ACS Appl. Mater. Interfaces, 7, 4010-4018)

Preparation of biodegradable structural color multi-layer films composed of biopolymers using a cast method

Nagisa Mifune (2nd grade, Hyogo Prefectural Kakogawa-higashi Senior High School)
Kazuya Koumoto (Konan University), Yoshiko Aihara (Kobe University)

1. Purpose of the study

The aim of our research is to develop structurally colored multi-layer films composed of biopolymers such as polysaccharides and polypeptides, which are biodegradable and less harmful to our body.

2. Method

To produce thin layer of biopolymers, each 500 μ L of solution of albumin, cellulose, dextran, hemoglobin, and κ -carrageenan were subjected to cast on 18mm \times 18mm cover glasses and subsequently evaporated water at 60°C. The films thus prepared were observed visually for transparency and measured thickness by Pt-coated scanning electron microscopic observation.

3. Result and discussion

A single layer film of hemoglobin turned opaque but others turned transparent. Films of hemoglobin and κ -carrageenan showed unequal thickness. When second layers were overlapped, all the combination with hemoglobin turned opaque. In addition, a film of hemoglobin was difficult to deposit second layer on, due to hydrophobicity. Double layer films of dextran and albumin were transparent. However, all other double layer films turned opaque, though the materials were transparent as a single layer film. When dextran layers were deposited several times, weight of film increased proportionally. Flat and proportional layers were obtained by biopolymers using cast method. It was important to select materials and the order of overlapping in order to keep transparency of the films. To obtain structural color, it should be needed to select biopolymers by considering refractive index.

4. Acknowledgement

I wish to thank Kazuya Koumoto (Konan university), Yoshiko Aihara (Kobe university), Masahumi Yamamoto (Konan university) for teaching knowledge about my topic.

5. References

- Highly Efficient Perovskite Solar Cells with Tunable Structural Color (W. Zhang et al., Nano Lett., 15, 1698-1702)
- Flexibility and Color Monitoring of Cellulose Nanocrystal Iridescent Solid Films Using Anionic or Neutral Polymers (R. Bardet et al., ACS Appl. Meter. Interfaces, 7, 4010-4018)

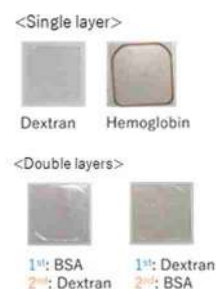


Fig. 1 Cover glass samples with coating

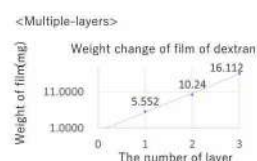


Fig. 2 Number of layers and the weight (dextran)

酸化鉄ナノ粒子の低温還元による α -Feナノ粒子の調製

丸山千智（宮城県仙台二華高等学校 2 年），安斎優希（福島県立福島高等学校 2 年），

大井一輝（宮城県仙台第二高等学校 3 年）

村松淳司（東北大学 多元物質科学研究所）

1. 研究の目的と意義

α -Fe ナノ粒子は，飽和磁化の高さ，毒性の低さ，可採埋蔵量の高さから，センサーや医療用造影剤などとしての応用が期待されている材料である．また，磁化の高さを保ったまま粒径を小さくすることで，保磁力を小さくしてヒステリシス損（鉄損）の低減を可能とする材料としても期待されている．しかし，本ナノ粒子は容易に酸化されてしまうため，耐酸化能の付与が不可欠である．凝集抑制のためシリカ被覆された酸化鉄ナノ粒子を還元処理してナノ粒子を調製した例が報告されているが，そのままでは全体として磁化を低下させてしまう．また，被覆材の除去は非常に高い pH 下での処理が必要とする．そこで本研究では，高沸点有機分子に配位・保護された Fe_3O_4 ナノ粒子を低温還元（400 °C 以下）することで，粒子同士の凝集を抑制しながら α -Fe ナノ粒子を合成することを目的とした．

2. 研究の手法

Fe_3O_4 ナノ粒子は，鉄(III)アセチルアセトナート ($\text{Fe}(\text{acac})_3$) を鉄前駆体として用い，オレイルアミン，オレイン酸混合溶液の中へ $\text{Fe}(\text{acac})_3$ を加え，減圧下（100～200 Pa）で激しく攪拌させながら 130 °C で 1 時間反応させた後，窒素雰囲気下で 300 °C で 3 時間更に反応させることで合成した．得られた Fe_3O_4 ナノ粒子に対し，管状炉内で，水素流通化，300～400 °C で 6 時間還元処理を行った．還元処理後に試料を取り出すことなく，1%酸素バランスガス流通下，300 °C で 1 時間酸化処理を行った．このようにして調製した試料は，透過型電子顕微鏡（TEM）および X 線回折（XRD）測定により分析した．

3. 結果と考察

得られた Fe_3O_4 ナノ粒子を TEM により観察したところ（図 1a），平均粒径は約 18 nm であることが分かった．また，粒子間の距離が約 3 nm であることから，約 1.5 nm の大きさを持つ有機分子（オレイルアミン，オレイン酸）が粒子表面に配位していることが示唆された．また，XRD 測定により Fe_3O_4 相の形成を確認した．本試料を 300 °C で還元・酸化処理した場合， α -Fe 相に対応する XRD パターンは確認されなかった．一方，350 °C 以上で還元後に 300 °C で酸化処理を施すと，得られた試料中に α -Fe 相と Fe_3O_4 相が共存していることが分かった．ただし，350 °C での処理では顕著な粒子融合は観測されなかったのに対し（図 1b），400 °C では粒子の融合が見られた．したがって，還元処理に最適な温度は 350 °C であることが明らかとなった．さらに，350 °C での還元処理を経て調製したナノ粒子は，10 日間大気下で放置した後でも高い飽和磁化値を示した．XRD パターンにも変化がなかったことから， α -Fe 相の表面に形成された酸化鉄層が不動態として機能することにより高い安定性を示したことが示唆された．

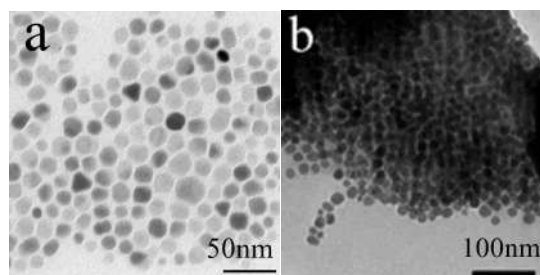


図 1 (a) Fe_3O_4 ナノ粒子、(b)350°C還元処理後のナノ粒子 TEM 像

4. 参考文献

1) M. Nakaya, R. Nishida, A. Muramatsu, *Molecules* **2014**, *19*, 11395.

Preparation of α -Fe nanoparticles by reduction of iron oxide ones at lower temperature to prevent their aggregation

Chisato Maruyama (Sendainika High School, 2nd grade), Yuki Anzai (Fukushima High School, 2nd grade), and Kazuki Oi (Sendai Daini High School, 3rd grade)
Atsushi Muramatsu (IMRAM, Tohoku University)

1. Purpose of the study

Metallic iron (α -Fe) nanoparticles are expected to use in sensor devices or medical contrast agents for its high saturation magnetization, low toxicity and large recoverable reserves. For that potential to come to fruition, size control is crucial because their magnetic properties strongly depend on size. However, the oxidation resistant ability is necessary, since they can be oxidized easily. As in previous researches, coating treatments of iron oxide Fe_3O_4 nanoparticles with SiO_2 were utilized to prevent nanoparticles from cohesion, but magnetization becomes lower with the coating and treatment under high pH is needed to remove the coating. So, our purpose of the research is to find the condition to get α -Fe phase nanoparticles with preventing particles' aggregation by changing deoxidization treatment temperature for Fe_3O_4 nanoparticles covered in high boiling point organic molecules.

2. Method

Fe_3O_4 nanoparticles were prepared by using iron acetylacetonate as iron precursor, adding it into a mixture of oleic acid and oleyl amine, heating them at 130°C for 1 hour under reduced atmosphere (100~200Pa) with vigorous stirring, and heating it three hours at 300°C under nitrogen atmosphere. The nanoparticles were deoxidized by heating in 300~400°C under 100% hydrogen atmosphere in a circular furnace. After that, the nanoparticles were treated at 300°C for 1 min with flowing 1% O_x balanced gas. We analyzed the as-treated sample by transmission electron microscopy (TEM) and X-Ray diffraction (XRD).

3. Results and discussion

The TEM image shows that average diameter is about 18nm (Fig.1(a)). Distance between these particles of 3nm indicates that organic molecules with the depth of 1.5nm (oleyl amine, oleic acid) cover the surface of particles. Although XRD pattern corresponding to Fe_3O_4 phase was observed, α -Fe phase couldn't be appeared at 300°C oxidization and deoxidization treatment. Whereas, when they were deoxidized at 350°C, both α -Fe phase and Fe_3O_4 phase could be seen without particle sintering (Fig. 1(b)). Since deoxidization with 400°C in deoxidization temperature results in particle cohesion, it turned out that the best temperature for deoxidization is 350°C. The treated nanoparticles showed high saturation magnetization even after 10 days in air and no change in XRD pattern was observed. It indicates that a passive Fe_3O_4 layer on the α -Fe nanoparticles prevents their oxidation.

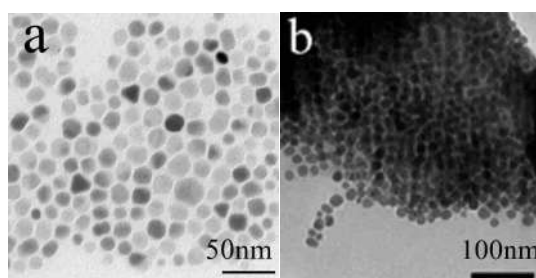


Figure 1 TEM image of (a) Fe_3O_4 nanoparticles, and (b) nanoparticles after treatment in 350°C.

4. Reference M. Nakaya, R. Nishida, A. Muramatsu, *Molecules* **2014**, *19*, 11395.

水質汚染と再生可能エネルギー - 太陽光による脱塩化-

金 穎燦 (東京韓国学校第2学年)

大石 毅 (慶應義塾大学医学部)

1. 研究の目的と意義

今なお7億4800万人の人々に食水が供給されていない。UNDPによると、水不足で年間180万人、汚染水で年間220万人が死亡している。世界の人口増加が著しい中で、世界で利用可能な水を増やすことが求められている。世界の水の97.5%は海水であり、水不足の国の9割が海と接している。なので、海水の淡水化は近年の技術目標になっている。工業的な淡水化技術には逆浸透膜(RO膜)が用いられるが、浸透圧に抗する電気エネルギーを要する。このため、古典的な方法ではあるが、省電力で、なおかつ含塩汚水の前処理が不要な陽および陰イオン交換膜を用いることで、ソーラーシステムを利用した淡水化について検討した。陽および陰イオン交換膜とソーラーシステムを用いることで、汚染水や水不足で困っている国々の各家庭が自給自足で安全な食水と生活用水を生産するのが本研究の最終目的である。

2. 研究の手法

本研究では、図1のシステムを用いた。ソーラーパネルは30×40cmで最大出力は16V(10W)を用いた。実験は室内で実施し照度は1400Luxであった。陽イオン交換膜はNEOCEPTA(アストム)を用いた。溶液I相には常時0.001mol/LのNaCl水溶液を入れ、溶液II相には、0.1、0.01、あるいは0.001mol/LのNaCl水溶液を入れた。通電は白金電極を通して最大30分間行った。Na濃度は原子吸光分光光度計(島津製作所)にて決定した。

3. 結果と考察

Naイオンが陽イオン交換膜を通して移動する溶液I相の濃度を測定し、その総移動量を膜面積あたりで表した(図2)。この結果、0.001M-0.001M系では通電から約15分でほぼ完全に溶液II相のNaイオンはI相側へ移動した。また、0.01M-0.001M系では同様に約30分でほぼ完全にI相側へ移動した。本研究では続いて陰イオン交換膜を用いた測定を行い、最終的に純水製造の実用化につなげる予定である。

4. 謝辞

陽イオン交換膜を提供頂きましたアストム株式会社(東京)、ご指導を頂きました井上浩義教授に感謝申し上げます。

5. 参考文献

Daud SM, et al.: Separators used in microbial electrochemical technologies: Current status and future prospects. *Bioresour Technol.* 2015; 195: 170-179.

Hassanvand A, et al.: The Role of Ion Exchange Membranes in Membrane Capacitive Deionisation. *Membrane (Basel)* 2017; 7(3):pii E54.

図1. ソーラー発電を用いた陽イオン交換システム概要

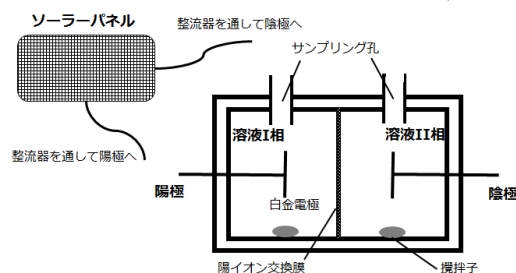
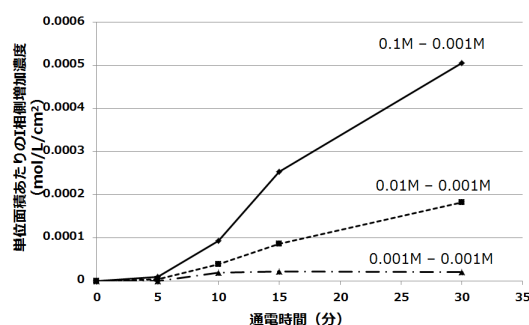


図2. 陽イオン交換膜を透過したNaイオン量



Water pollution and Renewable Energy - Desalination by sunlight

KIM YOUNG CHAN (Tokyo Korea School 2nd Grade)

Takeshi Oishi (Keio University School of Medicine)

1. Purpose of the Study

Up to this date, about 748million people have not been supplied any drinking-water. According to the research taken by UNDP, 1.8million people are dying from water shortage, and 2.2million people are dying from polluted-water. With the exponential growth of world population, more access to the drinking water is highly demanded. 97.5% of water in the earth is sea water, and 90% of countries with a water shortage is bordered with the ocean. Thus, the desalination of the seawater is the key technology to the stable supplication of water. Although, reverse osmotic membrane (RO membrane) is being used for industrial desalination in recent years, it requires a lot of electric power. Although it is traditional method, we used the ion exchange membrane that does not require much electricity and does not necessitates pretreatment of saliferous wastewater.

2. Method

In this experiment, the usual concentration aqueous system is used. 30×40cm solar panels (16V (10W)) is used. All experiments were held in indoor laboratory, and the intensity of sunlight was approximately 1400Lux. We used NEOCEPTA (ASTOM) cation ion exchange membrane. 0.001mol/L of NaCl aqueous solution was always inserted to Phase I. 0.1, 0.01, or 0.001mol/L of NaCl aqueous solution was set to Phase II.

3. Result and Discussion

We first measured the concentration of Phase I which move through positive ion exchange membrane, then mark the total movement by per unit area of the net. (Fig. 1). In a result, Na ion from Phase II moved to Phase I perfectly only by 15 minutes from energizing in 0.0001M-0.001M system. In 0.01M-0.001M system, we performed the exact same thing, and it perfectly moved to solution Phase I after only 30 minutes. In the experiment, by utilizing negative ion exchange membrane for the measurement continuously, we will achieve our ultimate goal which is to make the practical use of pure water manufacture possible.

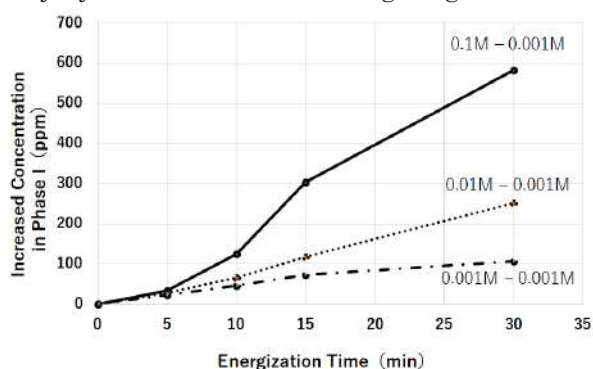


Figure 1. Penetration of Na ion through cation exchange membrane in 0.1-0.001M, 0.01-0.001M, and 0.001-0.001M systems.

4. References

- Daud SM, et al.: Separators used in microbial electrochemical technologies: Current status and future prospects. *Bioresour Technol.* 2015; 195: 170-179.
- Hassanvand A, et al.: The Role of Ion Exchange Membranes in Membrane Capacitive Deionisation. *Membrane (Basel)* 2017; 7(3):pii E54.

細胞が発生する微小な力を見える化する

鏑本侑志（甲陽学院高等学校 2年）

出口真次先生 松井翼先生 山中亮輝 TA

1. 研究の目的と意義

細胞が発生する力は、移動時の駆動力として働くにとどまらず、分化や増殖など細胞が生存する上で重要な機能を果たしている。本研究では、特殊基板を用いて細胞が発生する力を可視化し、力に関連した種々のホメオスタシスのメカニズムを明らかにすることを目的とする。

2. 研究の手法

シリコンの一種であるポリジメチルシロキサン（PDMS）に酸素プラズマを照射し、PDMS表面に酸化層の薄膜を形成した。衣服にしわがよると同様に、薄膜に外力が加わるとしわが生じる。力の指標としわの総長さを計測すると同時に、蛍光染色したミオシンIIの働きを制御するミオシン調節軽鎖(以下：調節軽鎖)の局在、細胞の大きさを計測した。

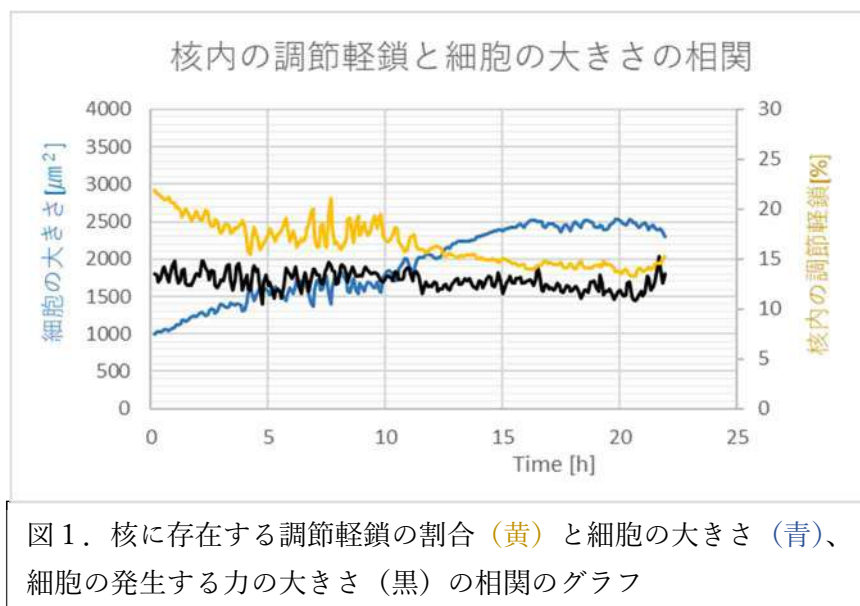
3. 結果と考察

時間に応じて変化する調節軽鎖の局在が、核の位置と一致する時があった。細胞内に存在する全ての調節軽鎖のうち、核内に存在する調節軽鎖の割合、細胞の大きさ、細胞が発生する力の相関を整理した（図1）。核内の調節軽鎖の割合と細胞の大きさの間には負の相関があった。力はほぼ一定の値をとっているが、その向きや場所などは変化していたので、総長さとは異なる評価方法を今後検討する必要がある。

核に対する調節軽鎖の働きについて、以下のことが考えられる。まず、調節軽鎖の輝度が核の中心程高かった。これは調節軽鎖が核内で働いていることを示唆している。また、核内での調節軽鎖の局在はヒストンの局在と一致し、核小体には存在していなかった。これらのことから、「調節軽鎖は遺伝子発現の制御に関わっている」と仮説を立てられる。調節軽鎖は、外部の物理的環境に対する細胞の適応の一翼を担っている可能性がある。

4. 謝辞

本研究を手伝ってくださった出口先生、松井先生、山中先輩、そして SEEDS 事務局の先生方に感謝申し上げます。



Visualization of contractile force generated by cells

Yushi Tsubamoto(Koyo high school 2nd grade)

Sinji Deguchi, Tsubasa S. Matsui, Ryoki Yamanaka

1. Background

Cells generate contractile forces which play critical roles in maintenance, growth and differentiation as well as migration. The aim of this study is to visualize the cellular contractile forces using the unique instrument, and to make clear the association of homeostasis and the forces.

2. Materials and Method

By applying oxygen plasma to a silicone substrate, which was made of polydimethylsiloxane (PDMS), a thin oxidizing layer was formed on the top surface of PDMS. As clothes crimple, when external force is applied to the layer, then wrinkles form. The strength of the cellular force was measured by the sum of each length of the wrinkles. The size of cells and the localization of the myosin II regulator, myosin regulatory light chain (LC), were evaluated by fluorescent labeling.

3. Results and Discussion

We observed the localization of LC in nucleus. The percentage of intranuclear localization of LCs, the size of the cells, and the force of the cells were measured as shown in Figure 1. Negative correlation was found between the percentage of intranuclear localization of LCs and the size of the cell. The force of the cell was maintained during observation, but its direction and location were spatiotemporally changing. Therefore, the development of the different methods to evaluate the force is necessary.

The roles of LC on nucleus was considered as following. Higher intensity of the LCs was observed in the center of the nucleus, which implied that LCs might work in the nucleus. LCs colocalized with Histone-H2B in the nucleus, but did not exist in nucleolus. From this point, we hypothesized that LC regulates gene transcription. LC might play a role in adaptation of the cells to the extracellular physical environment.

4. Acknowledgement

I appreciate the support of this study by S. Deguchi, T.S. Matsui, R. Yamanaka and SEEDS.

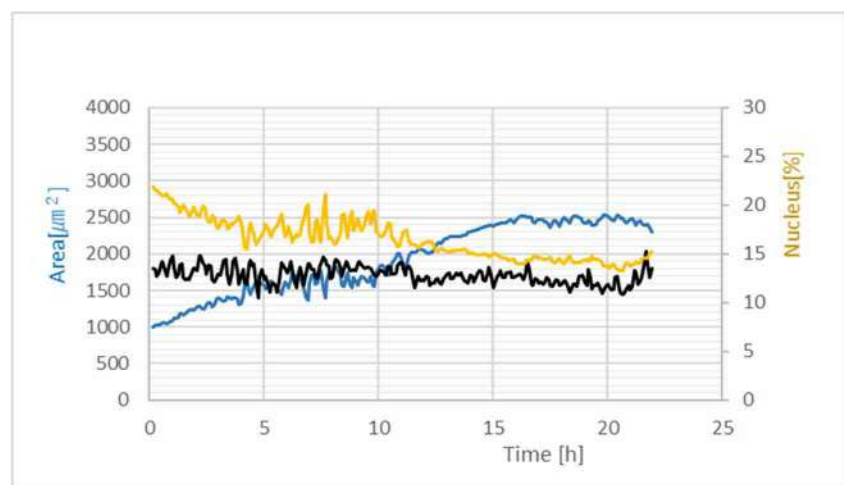


Figure 1 Correlation of the percentage of intranuclear LC(yellow), the size of the cells(blue), and the force of the cells(black)

栃木県産ミヤコタナゴの全ミトコンドリア DNA 配列の決定

中野 智恵理, 岩田 涼花, 宮城 知広 (宇都宮中央女子高校 2 年)

滝沢 宏之 (宇都宮中央女子高校) 松田勝 (宇都宮大学)

1. 研究の意義と目的

ミヤコタナゴ (*Tanakia tanago*) は、日本に生息する小型の淡水魚で、国の天然記念物である。それ故に、ミヤコタナゴの体や組織を傷つける際は、事前に許可を得なければならない。DNA 抽出で、それらを傷つける際も同様である。

2016 年度、本学では、飼育しているミヤコタナゴの由来を調べるために、それらのフンを用いて、体を傷つけずに DNA を抽出することに成功し、ミトコンドリア DNA の一部を解析した。しかし、この方法では、短い DNA 断片しか解析することができなかった。そこで我々は体を傷つけず、完全なミトコンドリア DNA の塩基配列を決定することを目的として、ミヤコタナゴの精子から高品質な DNA を抽出する方法を確立した。

2. 手法

- ・ 70%エタノール中に保存した精子から、タンパク質分解酵素処理、フェノール抽出、アルコール沈殿により、DNA を抽出した。
- ・ 抽出した DNA の品質を、ナノドロップワンとアガロースゲル電気泳動法により検証し、濃度と長さが適当なサンプルを選別した。
- ・ 次世代シーケンサー、サンガー法を用いてミトコンドリア DNA の全塩基配列を決定した。
- ・ 決定した塩基配列をもとに、MEGA6 を用いて分子系統樹を作成した。

3. 結果と考察

精子からの DNA 抽出方法を確立し、ミヤコタナゴの体を傷つけることなく、全ミトコンドリア DNA の塩基配列を決定することに成功した。これらをもとに、栃木県産ミヤコタナゴの全ミトコンドリア DNA 塩基配列を解析して分子系統樹を作成した。この研究は、環境 DNA を用いた生息地の調査や、ミヤコタナゴの確実な系統保全を行うための土台となることが期待される。

4. 謝辞

研究のサポートをしてくださった宇都宮大学の関係者の皆様に感謝申し上げます。

Complete mitochondrial genome sequence of wild population of the Tokyo bitterling in Tochigi prefecture

Chieri Nakano, Suzuka Iwata, Chihiro Miyagi (Utsunomiya Chuo Girls' Senior High School)
Hiroyuki Takizawa (Utsunomiya Chuo Girls' Senior High School),
Masaru Matsuda (Utsunomiya Univ.)

1. Purpose of the study

The Tokyo bitterling, *Tanakia tanago*, is a small fresh water fish native to Japan and is proclaimed as a National Monument by the Japanese government. Therefore, we have to get permission in advance from government to use invasive procedures that involve injuring of the fish body or tissues. This includes injuring their body for DNA extraction. We have developed a noninvasive method for the extraction of DNA from the Tokyo bitterling in 2016. Although we could not amplify long DNA sequences, a short DNA fragment of approximately 300bp of the mtDNA could be amplified by the PCR method from the DNA extracted from feces. In this study, we developed another noninvasive method for the extraction of high-quality DNA from Tokyo bitterling, to analyze complete mitochondrial DNA sequences of Tokyo bitterling from Tochigi prefecture.

2. Method

Total DNA were extracted from sperm, which was stored in 70% ethanol. There sperm was dried and treated with SDS-proteinase solution. The DNA was purified by alcohol precipitation after phenol extraction. The DNA quality was estimated by Nano-drop-one and agarose gel electrophoresis. Then, the DNAs with high concentration and without shearing were selected for next generation sequencer (NGS) analysis. Complete mitochondrial DNA sequences were constructed from DNA sequence obtained by using NGS. However, there included some gaps. These gaps were closed by DNA data obtained from the Sanger DNA sequencing method of PCR products. These sequence data were used for phylogenetic analysis by using MEGA6.

3. Results and discussion

We could establish a method for extracting DNA, which was high quality and appropriate to NGS analysis, from the sperm of Tokyo bitterling. This means that we have developed a noninvasive method for the extraction of DNA for NGS analysis. We also constructed a phylogenetic tree based on complete mitochondrial sequences derived from Tochigi prefecture. These data will contribute to investigation of habitat and conservation of endangered Tokyo bitterling using environmental DNA.

4. Acknowledgement

We are grateful to members of Utsunomiya University for supporting our study.

インドネシアのヘチマから分離された *Begomovirus* 属ウイルスの全塩基配列決定

金子海咲（栃木翔南高校 3 年）、田上真衣（佐野高校 3 年）

担当教員：夏秋知英、西川尚志、煉谷裕太郎（宇都宮大学 農学部）

1. 研究の目的と意義

Geminiviridae 科 *Begomovirus* 属のウイルス（ベゴモウイルス）は環状 1 本鎖 DNA をゲノムに持つウイルスで、世界各地の作物生産に重篤な被害を及ぼしている。2017 年 8 月、インドネシアのジャワ島でサンプル採集を行い、葉に黄化を示すヘチマが見出された（図 1）。病徴などからベゴモウイルスに感染している可能性が考えられたことから、感染しているウイルスの同定を行った。



図 1 黄化したヘチマ

2. 研究手法

採集したヘチマから全 DNA を抽出後、ベゴモウイルスの DNA-A に対するユニバーサルプライマー（UPV1, PAVc715）[1,2]を用いた PCR でベゴモウイルスの検出を行った。また、DNA-B の検出も行い、得られた配列を基にプライマーを作成し、全長塩基配列を解読した。さらに、ヘチマ分離株に近縁のウイルスをジーンガン接種し、ヘチマへの感染性を確認した。

3. 結果と考察

ユニバーサルプライマーを用いた PCR により、DNA-A 由来の特異的な DNA 断片が増幅された。配列を基に残りの DNA-A の全長配列解読、DNA-B の増幅プライマーを作成して検出したところ、DNA-B も持つことが明らかとなった。ゲノムの全塩基配列を解読したところ、*Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) タイ分離株および台湾分離株、バングラデシュ分離株と高い相同性を示し、DNA-A 全長で 99%、DNA-B 全長で 88%以上であった。また、外被タンパク質の推定アミノ酸配列の同一性は 98%以上であった。以上のことから、本分離株は ToLCNDV に分類されるウイルスであり、インドネシアにおいてヘチマから分離された初めての報告である。さらに、ヘチマ分離株と近縁の ToLCNDV メロン分離株の感染性クローン[3]を用いてヘチマへの感染性を調査した。ToLCNDV メロン分離株を接種したヘチマは病徴を示さず、感染が確認されなかったことから、ヘチマ分離株とは宿主範囲が異なることが示唆された。

4. 謝辞

本研究にあたり、現地での採集、実験のサポートでご指導いただいた Fariha Wilisiani さんに感謝申し上げます。

5. 参考文献

- [1] Briddon RW and Markham PG (1994) Universal primers for the PCR amplification of dicot-infecting geminiviruses. *Mol Biotech* 1: 202-205
- [2] Rojas MR, Gilbertson RL, Russell DR, Maxwell DP (1993) Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Dis* 77: 340-347
- [3] Wilisiani F, Mashiko T, Wang WQ, Hartono S, Suzuki T, Neriya Y, Nishigawa H, Natsuaki T. Novel mixed infection of two begomoviruses on melon plants in Indonesia. 平成 30 年度日本植物病理学会本大会（2018 年 3 月 25~27 日，神戸）No.444

Complete nucleotide sequence of a begomovirus isolated from luffa plants in Indonesia

Misaki Kaneko (Tochigi Shonan High School, 3rd grade)Mai Tagami (Sano High School, 3rd grade)Tomohide Natsuaki, Hisashi Nishigawa, Yutaro Neriya
(School of Agriculture, Utsunomiya University)

1. Purpose of the study

Begomoviruses (family: *Geminiviridae*, genus: *Begomovirus*) have a single-stranded circular DNA genome. Begomoviruses give serious damage to crop production around the world. In August 2017, we collected samples in Java, Indonesia, and found luffa leaves showing yellow symptoms (Figure 1), typical symptom of begomoviruses, which tempted us to detect begomovirus from them.



Figure 1.

Yellowing luffa

2. Method

Total DNA was extracted from collected luffa, then a part of DNA-A components of begomovirus genome were amplified by PCR using universal primers (UPV1, PAVc715) [1,2]. Some PCR primers were designed for detection of DNA-B and sequencing of the complete nucleotide of the genome. For inoculation test, we used the infectious clone of melon isolate, closely related to the luffa virus.

3. Result and discussion

Begomovirus-specific DNA fragments were amplified from symptomatic luffa leaves, indicating that the luffa was infected with begomovirus. Using universal and designed primers, DNA fragments covering complete nucleotide of the genome were amplified and sequenced. Homology search analysis indicating that this virus was similar to *Tomato leaf curl New Delhi virus* (ToLCNDV) isolates from Thailand, Taiwan and Bangladesh. Nucleotide identities of DNA-A, DNA-B and the deduced amino acid sequence of coat protein were 99%, at least 88% and at least 98%, respectively. According to the species demarcation criteria in the genus, this virus was classified as one of ToLCNDV strain. It is first report of ToLCNDV isolate from luffa in Indonesia.

To confirm infectivity to luffa, ToLCNDV melon isolate [3] was used for gene gun inoculation, but the inoculated leaves showed no symptoms without infection. These results suggest that the host range of melon isolate and luffa isolate is different.

4. Acknowledgement

We would like to thank Fariha Wilisiani for giving us advice at the field survey in Indonesia and experiment support of this research.

5. References

- [1] Briddon RW and Markham PG (1994) Universal primers for the PCR amplification of dicot-infecting geminiviruses. *Mol Biotech* 1: 202-205
- [2] Rojas MR, Gilbertson RL, Russell DR, Maxwell DP (1993) Use of degenerate primers in the polymerase chain reaction to detect whitefly-transmitted geminiviruses. *Plant Dis* 77: 340-347
- [3] Wilisiani F, Mashiko T, Wang WQ, Hartono S, Suzuki T, Neriya Y, Nishigawa H, Natsuaki T. Novel mixed infection of two begomoviruses on melon plants in Indonesia. The phytopathological society of Japan annual meeting 2018 (March 2018, Kobe) No.444

野菜やキノコに含まれる糖の分析

杉浦 絵理（浦和明の星女子高等学校 2年）

担当教員：小竹 敬久 教授（埼玉大学理学部分子生物学科）

1. 研究の目的と意義

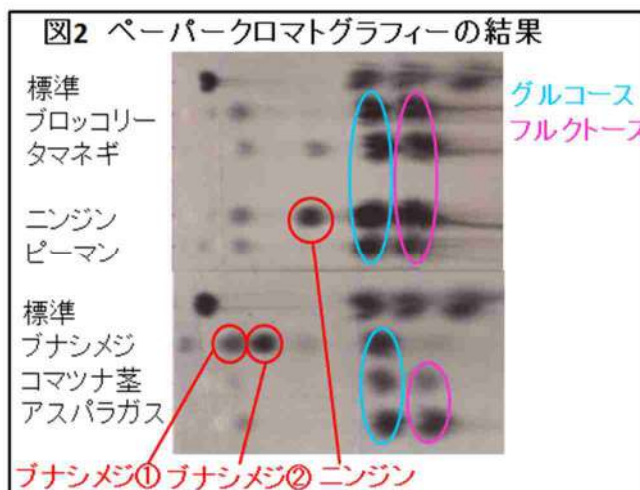
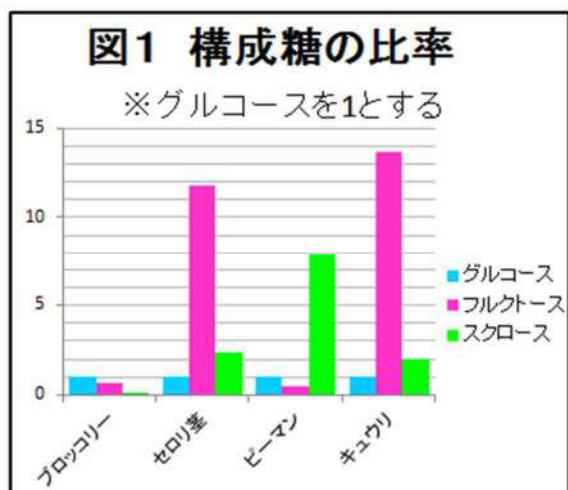
植物は、光合成により同化した炭素を糖に変換して運搬・貯蔵している。多くの植物では、グルコース、フルクトース、スクロースが蓄積するが、糖の代謝は植物種や組織、生育環境によって異なっており、蓄積する糖の種類や割合には違いがみられる。本研究では、様々な植物やキノコで、これら3つの糖の含量を比較すること、そしてこれらとは異なる糖を単離して同定することを目的とする。

2. 研究の手法

16種類の植物と2種類のキノコから、カットした際ににじみ出る液や搾り汁を集め、以下の操作を行った。(a)陰イオン交換クロマトグラフィー-電気化学検出 (HPAEC-PAD) により、グルコース、フルクトース、スクロースの濃度を分析した。(b)ペーパークロマトグラフィーにかけて(a)の実験結果のグルコースとフルクトースを確認するとともに、未知のオリゴ糖の有無を調べた。未知のオリゴ糖が含まれる試料は、再度大量にペーパークロマトグラフィーにかけてオリゴ糖を精製し、水抽出により回収した。続いて、様々なオリゴ糖と移動度を比較し、また加水分解して HPAEC-PAD で構成糖を調べて、オリゴ糖の同定を行った。

3. 結果と考察

(a)グルコース、フルクトース、スクロースの濃度を求め、グルコースを1とした時の比率を算出したところ、セロリ茎、ピーマン、キュウリに特徴がみられた（図1）。セロリ茎やキュウリでは、甘みが強いフルクトースの比率が特に高かった。このことから、それぞれの野菜を構成する糖の比率が形質や食味といった特徴に影響を与えている可能性があると考えられる。(b)多くの植物にはグルコースに加えてフルクトースが含まれていたが、ブナシメジではフルクトースがほとんど見られなかった。また、ニンジンとブナシメジでは、未知のオリゴ糖と考えられる糖を観察し、3種類（ブナシメジで2種類、ニンジンで1種類）の糖を精製した（図2）。現在、これらの糖を同定を進めている。



4. 謝辞

本研究にあたり、小竹敬久教授、小竹研究室の皆様、埼玉大学 HiGEPS の皆様をはじめ、多くの方々のご協力を賜りました。この場をお借りして心より御礼申し上げます。

5. 参考文献

テーツ・ザイガー「植物生理学」第3版 10章「師部転流」p189-212

Analysis of sugars included in vegetables and mushrooms

Eri Sugiura (Urawa Akenohoshi Girls High School 2nd grade)

Toshihisa Kotake (Saitama University)

1. Purpose of the study

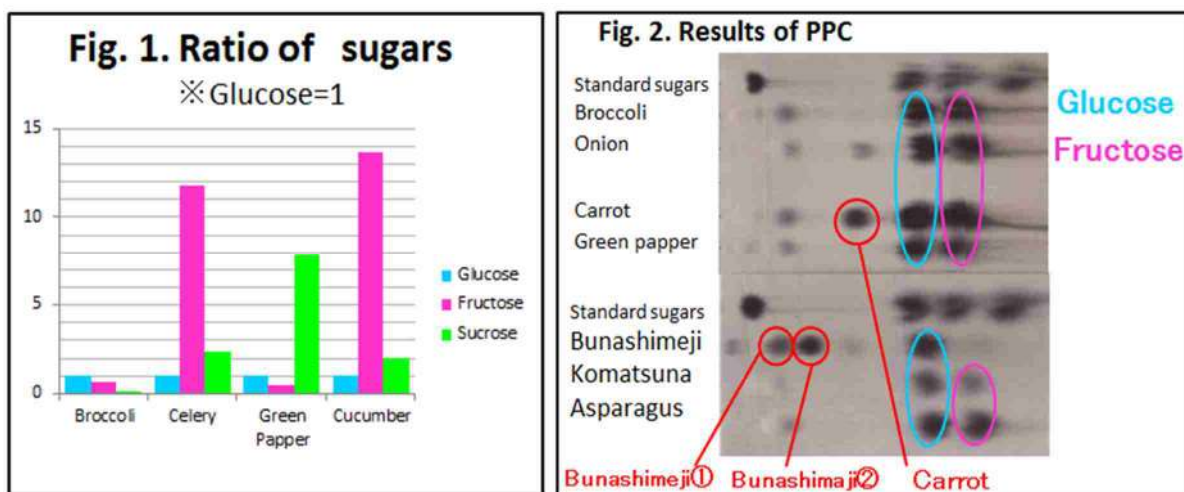
In plants, carbon assimilated by photosynthesis is converted to sugars, translocated and stored. Most plants accumulate glucose, fructose, and sucrose, but the ratio of them differs depending on the plant species, tissues, and environmental factors. In this research, I measured and compared these sugars in various plants and mushrooms. I also tried identification of unknown sugars different from these sugars.

2. Method

From 16 plants and 2 mushrooms, I collected crude extracts by slicing or squeezing them. (a) To determine the concentration of glucose, fructose, and sucrose, I applied the extract to high-performance anion-exchange chromatography-pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD). (b) To check glucose and fructose, I used paper chromatography (PPC). For the extracts including unknown sugars different from these sugars, I also applied a large amount of extract to the PPC to purify the unknown sugars from the paper.

3. Result and Discussion

(a) I found that the ratio of three sugars in broccoli, celery, green pepper, and cucumber is different from other plants (Fig. 1). Celery and cucumber had more fructose that is sweeter than other sugars. The concentration and ratio of these sugars probably affect their tastes. (b) I observed strong spots for glucose and fructose in many plants, but a mushroom, bunashimeji, had quite less fructose. In addition, bunashimeji and carrot included two and one unknown sugars, respectively (Fig. 2). I have purified these sugars and am now analyzing them by HPAEC-PAD and PPC for oligosaccharides.



4. Acknowledgement

The research is supported by HiGEPS in Saitama University. I thank lab members in Prof. T. Kotake lab for assistance of my experiments.

5. References

Taiz & Zeiger 'Plant Physiology' 3rd Edition, Chapter 10 "Translocation in the Phloem", p193-219.

微小重力下でニワトリは孵化するのか～宇宙農業への挑戦～

○大西大知（広島学院高等学校）・迫川優大（広島県立西条農業高等学校）

担当教員：南野幸（広島県立西条農業高等学校）・中村義則（広島学院高等学校）・西堀正英（広島大学）

1. 研究の目的と意義

将来、人は宇宙で暮らせるのか。宇宙で農業、宇宙でニワトリを飼育できれば、食料面でも宇宙での生活が期待できる。本研究では宇宙農業を実現するための基礎実験として、ニワトリ胚の微小重力下での発生を宇宙と同じ $10^{-3}G$ 環境でシミュレートできる GRAVITE[®] を用いて実験した。

2. 研究の手法

実験は白色レグホンの受精卵を用い、温度 37.9℃、湿度 55～60%で行った。地球環境(1G)では2時間に一度*転卵させる孵卵器を使用した(*転卵¹⁾:(1G)下で卵黄は卵白より軽いため浮上し、卵黄が卵殻膜に接することで胚は卵殻からカルシウム(Ca)や酸素(O₂)を取り込む。しかし胚が卵殻膜に癒着すると酸欠になり発生が止まる。卵殻膜への癒着を防ぐために2時間に一回転卵する)。



図1. (1G)環境下の卵

GRAVITE では同様の転卵ができないため、実験 1.3 の対照実験として実験 3 を行った。

実験 1 0日から1日目(実験 1.1), 0～4日目(実験 1.2), 0～5日目(実験 1.3)を

GRAVITE で、その後(1G)で孵卵。

実験 2 0～8日目を(1G), その後 GRAVITE で孵卵。19日目に胚観察。

実験 3 0～5日目 転卵なし (1G)で孵卵。その後胚観察。

3. 結果と考察(図表等)

(発生 Stage は Hamburger & Hamilton²⁾ によるニワトリ胚の発生段階表のものである。)

1.1 ほぼ全てが孵化。 1.2 12個中8個が孵化。

1.3 すべて発生停止。Stage20-22 (約3.5日目)。

2 すべて発生停止。最大で Stage38 (約12日目)。

3 「転卵あり」と比べて発生に遅れるが、すべて発生。6日目胚で Stage19-24 (約3～4日目)。

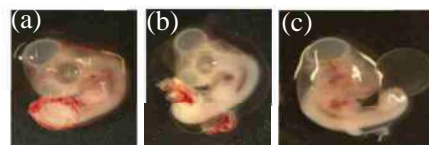


図2. (a) 1Gで孵卵 5日目胚
(b) 転卵なし1Gで孵卵 5日目胚
(c) GRAVITEで孵卵 5日目胚

実験 1.3 と実験 3 から、本実験では胚に転卵の影響はないものと推察された。微小重力下では図3のように胚は卵殻膜から離れ、(Ca)を吸収できない状態になっていたと考えられた。10日目からは骨化が急速に進み(Ca)が多く必要なため³⁾, 実験 2 の結果から(Ca)不足が考えられた。一方、実験 1.3 においてほとんど(Ca)を必要としない時期に発生停止している。このことから発生5日目を中心に『発生3～5日目』がニワトリ胚の発生に重力が最も影響する時期であろうと考えられた。

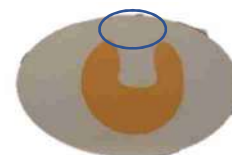


図3. 微少重力下の卵

今後、『発生3～5日目』に重力が必要な理由とメカニズムを明らかにするとともに、宇宙ステーションなど恒常的な微少重力下(宇宙)実験の実現を目指している。

4. 謝辞

広島大学大学院医歯薬保健学研究科・弓削類先生、同生物圏科学研究科・中村隼明先生、広島大学のTAおよびGSC広島事務局の皆様にご感謝いたします。

5. 参考文献

- 1) Cutchin *et al*, J. Appl. Poult. Res., 18: 447-451. 2009. 2) Hamburger & Hamilton, J. Morphology, 88: 49-92. 1951. 3) Suda *et al*, Bone, 22: 73S-78S. 1998.

Chicken Embryonic Development under Microgravity Environment ～Challenge to Space Agriculture～

Taichi ONISHI^{1,2} and Yudai SAKOGAWA^{1,3}

(¹GSC Hiroshima, ²Hiroshima Gakuin Highschool, ³Hiroshima Saijo Agricultural Highschool, ⁴Hiroshima Univ.)

Sachi MINAMINO³, Yoshinori NAKAMURA², and Masahide NISHIBORI^{1,4}

1. Purpose of the study

Do human beings live in space in the future? If chicken can be kept in space, it will be solution to food issues. Since, it is difficult to do experiments in space. We examined whether chicken eggs can hatch under microgravity environment. That why fertilized eggs were exposed to “GRAVITE”, which simulated microgravity at $10^{-3}G$ environment on earth.

2. Materials and Methods

Fertilized eggs of White Leghorn chicken were used. All five experiments were carried out at 37.9°C and 55~65% humidity. All eggs under 1G condition (1G) were turned once every two hours. While the eggs placed in GRAVITE, did not turn every two hours.

Experiment 1 : day0~1 (1.1), day0~4 (1.2), day0~5 (1.3) incubated in GRAVITE, and after that the period, it incubated under (1G)

2 : day 0~8 incubated under (1G), day9~ in GRAVITE and at day19 embryo was observed

3 : day 0~5 incubated under (1G) without turning eggs, and at day 6 embryo was observed

3. Results and discussion

1.1 Almost eggs showed to hatch at day21 (Fig.2a).

1.2 8/12: 8 hatched eggs out of 12 incubated eggs at day 21.

1.3 0/12: All eggs showed development failure (Fig.2c).

2 All eggs showed development failure.

3. All eggs were alive but some of them showed delayed development (Fig.2b).

From results 1.3 and 3, turning eggs¹⁾ had nothing to do with the failure of embryonic development. In microgravity environment, yolk did not float on, so that embryo could not be supplied with Ca and O₂ (Fig. 3). After ten days, embryonic ossification period starts in chick embryo²⁾. Therefore it is necessary to supply much more calcium. The reason for failure of development in 2 may be due to lack of calcium.

All eggs showed completely developmental failure only in 1.3. However, at day 5 chick, embryo did not need much more calcium. Therefore the developmental failure in 1.2 may be caused by other factors than the calcium.

Moreover, it is, absolutely, necessary to investigate the same experiments through real space situation.

4. Acknowledgements

We thank Prof. Dr. R.Yuge, Dr. H.Nakamura (Hiroshima Univ.), Prof. Mohamed E. Ghanem (Suez Canal Univ., EGYPT), GSC Hiroshima members and their teaching assistants.

5. References 1) Cutchin *et al*, J. Appl. Poult. Res., 18: 447-451. 2009. 2) Suda *et al*, Bone, 22: 73S-78S. 1998.



Fig.1.Eggs under(1G)

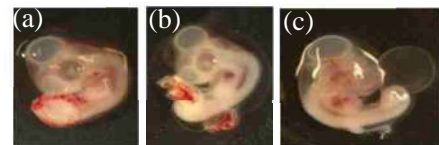


Fig.2. Embryo development, (a) incubate under 1G, day 5, (b) incubate under (1G) without turning eggs, day 5, (c) incubate in GRAVITE, day 5

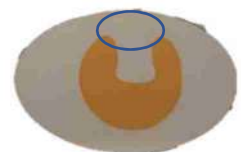


Fig.3. Egg under microgravity

未利用の有機物でバッテリーを充電する

広島学院高校 2 年 佐藤功典

西村和之（県立広島大学 環境科学科教授）

1. 研究の目的と意義

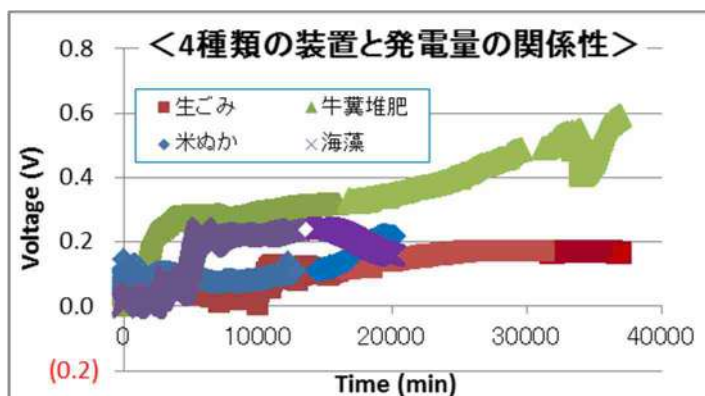
現在、各国で将来に渡ってエネルギーの枯渇が心配されており¹⁾、持続可能な開発が求められているなか、「エネルギーをより身近なものから新しく作ることはできないだろうか」と考えた。そこで土壌の中に生息している発電菌が放出する電気を集めてバッテリーを充電する「微生物電池」を製作することによって、災害時や未だ電気の通っていない国への電力供給に役立てることが出来るのではないかと考え、このような実験を始めた。

2. 研究の手法

市販のプラスチック容器(DAISO)の底に 1cm(約 100g)の泥を敷き、その上に銀入りのボンド(CR-2800: 化研テック社)で銅線と炭素繊維電極(TGPH120-4005: MOUBIC 社)を貼り付けたものをアノード(マイナス極)としてのせる。さらにこの電極の上に有機物と泥を混ぜたものを 5 cm(約 300g)押し込みながら詰める。そして下の電極と同じ構造のものをカソード(プラス極)としてその上に乗せ、片面は泥と接し片面は空気と触れるようにのせる。プラスチック容器の蓋を閉め小さな穴を開けて銅線を通す。今回は有機物の質の違いを調べるために、4 種類の有機物(生ゴミ, 米ぬか, 牛糞, 海藻)と泥の混合で 25℃の実験を行った。なお、ここで用いた泥は、予備実験で約 0.4V の起電力が確認できた広島市内の京橋川の底泥を用いた。

3. 結果と考察

今回の実験では牛糞堆肥がほかの 3 種類の有機物に比べて約 3 倍の発電量を出している。この理由として、以下が考えられた。1) 牛糞堆肥は微生物によって有機物が分解されて低分子化が進み、他の 3 種類の有機物に比べて発電菌にとって発電に利用しやすいものとなっていた。2) 牛糞堆肥中には、発電に関与する微生物が既に存在していた。これらの 2つの要因から、牛糞堆肥の発電量が他の有機物に比べ高くなったのではないかと考えられる。また、前実験として太田川河口、京橋川汽水域、牛田の水田の 3 か所の泥を採取し、それぞれの起電力を測定したところ、どの地点においても 0.3V~0.8V の発電量を示したが、もっとも高かったのは牛田の水田であった。このことから、少なくとも自分の身近な地域では発電菌と呼ばれる微生物が生息しており、災害時などの様々な場所における発電の可能性があると考えられる。



4. 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導を頂いた担当教授の西村和之教授(県立広島大学環境科学科教授)のご協力に心から感謝申し上げます。またこれまでの研究をいろいろな面から支えてくれた両親に感謝します。

5. 参考文献

<http://www.nims.go.jp/news/press/2017/07/201707130.html>

Battery charging with a organic waste

Hiroshima Gakuin high school Kosuke SATO

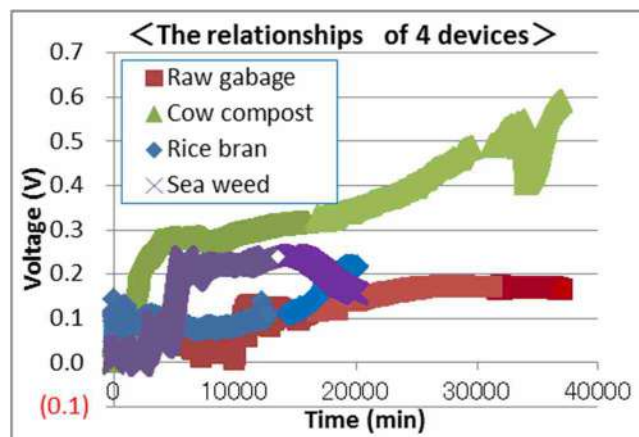
Prefectural University of Hiroshima Kazuyuki NISHIMURA

1, The purpose of study

At present, lack of the energy was worried in each country, and the development which the continuation is possible was needed¹⁾, so I thought if the energy may be made from something much closer material? I began such experiment by electricity bacteria which lives in the ground and to collect the electricity, made the "microorganism battery".

2, Method

I laid mud for 1cm (about 100 grams) in the bottom of plastic container (about 11 cm of diameter and 12 cm of height). I put a copper wire and carbon fiber electrode (TGPH120-4005: MOUBIC co.) which was attached by a bond with silver (CR-2800: KAKEN TECH Co.) on the mud. I putted stuffed organic matter and mud for 5 cm (about 300 grams) with pushing. Put the same carbon. The electromotive force of the "microorganism battery" was measured over time with a voltage data logger (VR-71: T&D co.).



3, Result and discussion

In this experiment, Cow compost generated electricity about 3times more than other organic matter. That reason could think like below the sentence. 1) Cow compost was distributed by bacteria and became useful for microorganisms to utilize it to generate electricity. 2) Bacteria which related to generate electricity had already existed in the Cow compost. For these reasons stated above, I thought the amount of electricity Cow compost generated became higher. Before doing this experiment, I took mud from 3 points and the respective amounts of electric power generation were measured of the 0.3-0.8V. It shows that bacteria live at least in Hiroshima, there is a possibility of the generation of electricity in various places, like in the disaster.

4, Acknowledgement

I wish to express my sincere gratitude to my supervisors Prof Kazuyuki Nishimura (PUH). Last but not least, I am very grateful to my parents who supported the former study from various faces again.

5, References

- 1) <http://www.nims.go.jp/news/press/2017/07/201707130.html>

精子の長さとのミトコンドリアの体積の相関

愛知県立時習館高校 3 年 野畑夏鈴 愛知県立西春高校 3 年 前野里佳

名古屋大学理学研究科 杉山伸教授

1. 研究の目的と意義

- ① 新しい精子の測定方法の確立
- ② 精子の長さとのミトコンドリアの体積の相関があることを示す
- ③ 性進化におけるミトコンドリアの新しい役割の検証

2. 研究の手法

仮説

精子の長さとのミトコンドリアの体積には相関がある

新しい精子の測定方法

- ① 固定した精巣を共焦点レーザー顕微鏡で立体的に写真を撮る
- ② 自家蛍光で発光している精子を imageJ でなぞって長さを出す

利点

解剖を要さないため、従来と比べて正確で容易

ミトコンドリアの体積の測定方法

- ① 減数分裂時に巨大な 1 つの球状になったミトコンドリアを共焦点レーザー顕微鏡で測る
- ② imageJ を用いて積分の要領で体積を出す

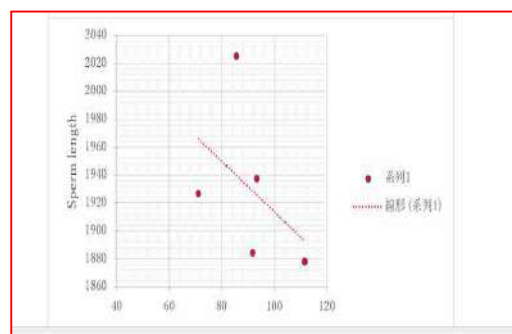
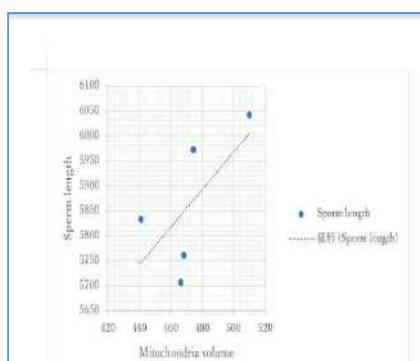
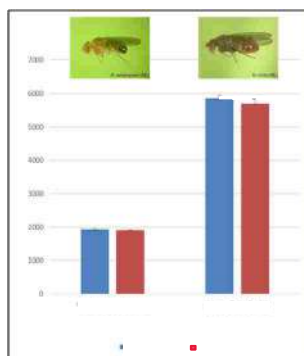
3. 結果と考察

- ① 自分たちで確立した新しい精子の測定方法は、従来の方法で出した値と同じだったので、新しい精子の測定方法は信頼できる

- ② 種内での精子の長さとのミトコンドリアの体積の相関は弱く、信頼できる値ではない

- ③ 種間での精子の長さとのミトコンドリアの体積の相関は大きく、信頼できる

種内での相関が見られなかった理由としては、このデータを得たのが実験を開始して間もないときで、経験の少なさから正確に測定することができなかった可能性が考えられる



4. 謝辞

名古屋大学 理学部生命理学科 発生成長制御学グループ 杉山伸教授 金子蒼平さん

5. 参考文献

Pitnick, Markow, and Spicer. PNAS USA92,pp. 10614-10618, 1995

The correlation between the sperm length and the volume of its mitochondria in *Drosophila*

Karin Nobata (Jishukan high school) and Rika Maeno (Nishiharu high school)

Professor Shin Sugiyama (Nagoya University Graduate School of Science)

1. Purpose of the study

- ① Establish a new method to measure sperm length in the testis
- ② Demonstrate the correlation between sperm length and mitochondria size
- ③ Verification of a new role for mitochondria in sexual evolution

2. Method

Hypothesis

The length of sperm in *Drosophila* is determined by the size of their mitochondria

New method to measure sperm length

- ① Take a 3-D stack of photos of the whole testes with a confocal laser microscope.
- ② Measure the sperm length by tracing the sperm using image analysis software.

Advantages

Takes time but is more accurate, and does not need the expertise required for dissection

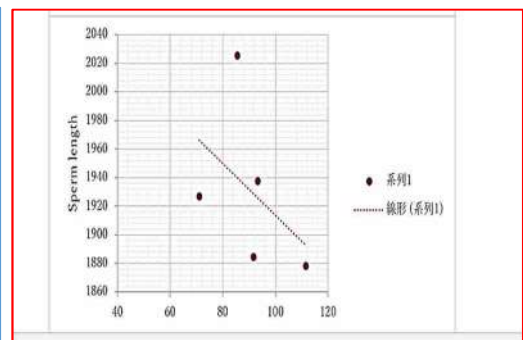
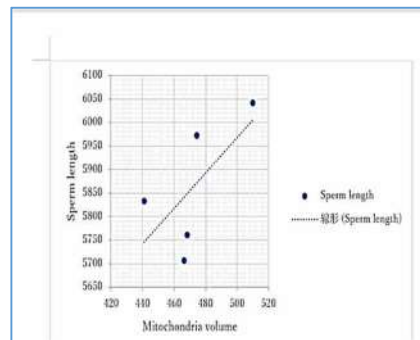
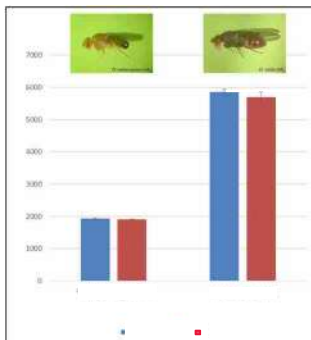
How to measure the size of mitochondria

- ① Capture 3D images of giant mitochondria after meiosis
- ② Measure volume = $\Sigma(\text{Image area}) \times (\text{Image interval})$

3. Result and discussion

- ① Our new method for measuring sperm length is reliable and useful.
- ② Correlation between mitochondria size and sperm length within the same species was weak and not significant.
- ③ Correlation among 5 different species was strong and significant!

(We predict that correlation will be shown by improving the precision of our methods)



4. Acknowledgement

Nagoya University, School of Science, Department of Biological Science, Group of Development and Growth Regulation

5. References: Pitnick, Markow, and Spicer. PNAS USA92, pp. 10614-10618, 1995

モリアオガエルの産卵地調査と室内実験

竹内 希海（静岡県立静岡高等学校 2 年）

担当教員：竹内 浩昭（静岡大学）

1. 研究の目的と意義

本研究の目的は、静岡大学構内に毎年来て産卵するモリアオガエルの産卵場所・産卵日・卵塊数と温度・湿度・降水量など環境条件との関係を調査し、産卵に適した環境条件を推定することにある。また、卵塊から孵化したオタマジャクシと子ガエルを室内実験に用いて、成長速度や体色変化に及ぼす環境要因の推定を試みた。

2. 研究の手法

2011～2018 年の 5 月～7 月に静岡大学構内を調査し、モリアオガエルの産卵行動の観察と産卵場所・産卵日・卵塊数の記録を行った。また、一部の卵塊を採集し、孵化したオタマジャクシと変態後の子ガエルを用いて、成長速度や体色変化に及ぼす餌の種類や飼育密度、背景色の影響を調べた。

3. 結果と考察

記録した産卵場所・産卵日・卵塊数と温度・湿度・降水量などとの関係を可視化したデータから、モリアオガエルの産卵は、やや温度が低く、湿度が高く、降水量が増える時期に多く見られること、産卵時期 5～7 月の気象条件だけでなく、それに先立つ時期の気象条件も産卵日・卵塊数に影響を及ぼすことがわかった（図 1）。また、自然環境下におけるオタマジャクシの孵化率や成長速度は、産卵後の降水量や棲息環境中の餌条件などに依存することが示唆された。

室内実験から、孵化したオタマジャクシは、飼育密度を上げると、成長が遅れるだけでなく、体色が暗化したりすることがわかった。両生類用飼料に比べてやや成長が遅いが、卵塊片だけを食べても十分に成長・変態できることが確認された（図 2）。また、オタマジャクシや子ガエルは背景色や周囲の明るさに応じて体色を変化させるが、オタマジャクシでは主に黒色素胞の拡散・凝集で体色の明るさのみが変化し、子ガエルになると黒色素胞以外の色素胞の発達で明るさ以外の体色変化も現れることがわかった。

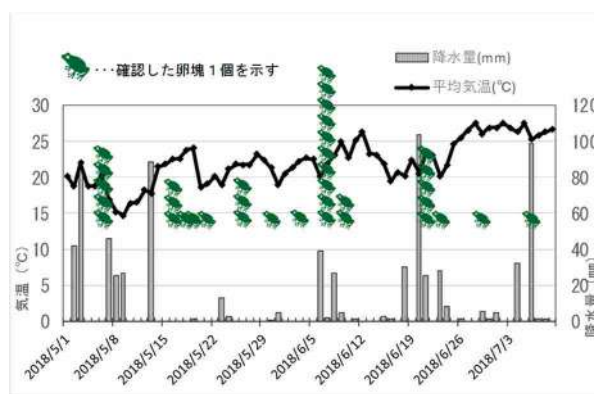


図 1. 産卵時期と環境条件

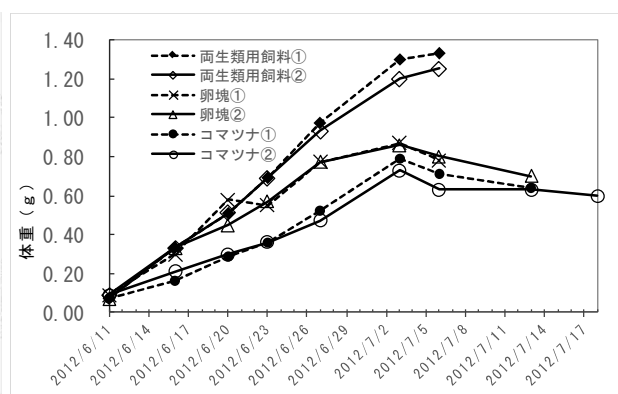


図 2. 飼育飼料と体重増加

4. 謝辞

本研究は、一般社団法人静岡倶楽部および JST 次世代科学者育成プログラム、JST グローバルサイエンスキャンパスの助成を受けている。関係者の皆さまに感謝の意を表する。

5. 参考文献

- ・増田辰樹，「モリアオガエル」，あかね書房，2010。
- ・松橋利光，「カエルの知られざる生態：変態・行動・脱皮のしくみ」，誠文堂新光社，2010。

Survey on spawning grounds and laboratory experiments of forest green tree frog

Nozomi Takeuchi (Shizuoka Prefectural Shizuoka Senior High School, 2nd grade)

Mentor: Hiro-aki Takeuchi (Shizuoka University)

1. Purpose of study

To estimate the environmental conditions suitable for spawning of forest green tree frog, the relationship between the number of egg masses and environmental conditions such as temperature, humidity and precipitation were analyzed. The environmental factors on growth and body color of tadpoles were also examined by laboratory experiments.

2. Methods

The spawning behavior was observed and the spawning place, spawning date and number of egg mass in the campus of Shizuoka University were recorded on May-July of 2011-2018. The effects of feeding type, breeding density and background color on growth rate and body color change in tadpoles and froglets were examined.

3. Results and Discussion

The analysis of the relationship between the spawning conditions and environmental conditions suggested that the spawning was often seen at the time somewhat lower temperature, higher humidity, higher precipitation, and the weather condition in pre-season also affected the spawning date and the number of egg mass (Fig.1). Field observations suggested that the hatching rate and growth rate of tadpoles in the natural environment were depended on the precipitation after spawning and the feeding condition.

Laboratory experiments confirmed that hatched tadpoles were somewhat slower than artificial diet condition but could grow and metamorphose even if they ate only egg mass pieces (Fig.2). When raising breeding density, not only the growth was delayed but also the body color was darkened. It was suggested that tadpoles changed their body color brightness using the melanophores, whereas froglets changed their body color using the several chromatophores according to the background color and the surrounding brightness.

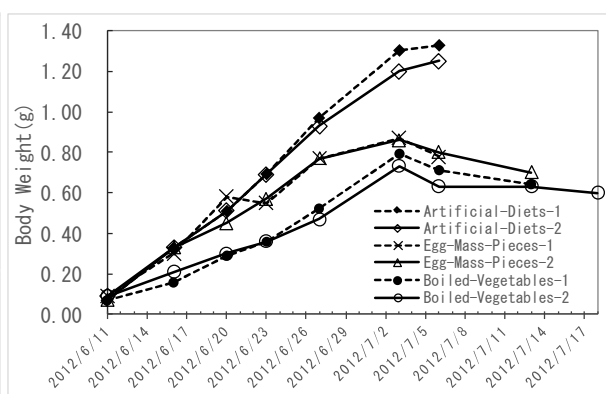
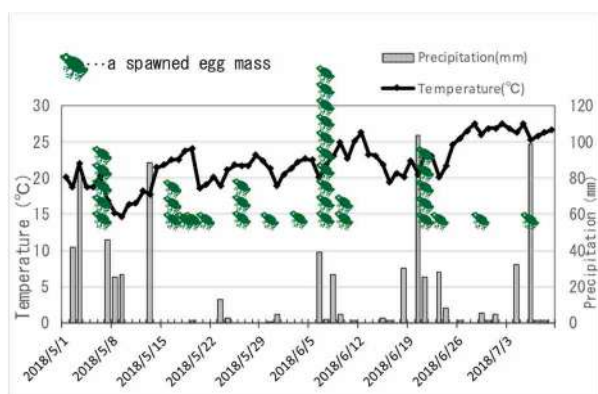


Fig.1. Spawning date and environmental conditions

Fig.2. Feeding condition and growth

4. Acknowledgement

This research was supported by Shizuoka Club and JST Future Scientist Program and JST Global Science Campus. I express my appreciation to everyone concerned.

5. References

- Masuda, M., *Moriaogaeru*, Akaneshobo, 2010. (in Japanese).
- Matsuhashi, T., *Kaeru no Shirarezaru Seitai*, Seibundou-Shinkosha, 2010. (in Japanese)

菌従属栄養植物クロヤツシロランの根から出る物質が 共生菌の菌糸生長に及ぼす影響

千田綾菜（兵庫県立大学附属高等学校 2年）

末次健司，武富晋太郎（神戸大学）

1. 研究の目的と意義

植物の約80%は菌根菌と共生し、一般的な植物は光合成産物を菌に供給し、菌は窒素やリンを植物に与える共生関係にある。ところが菌従属栄養植物は、栄養分を光合成で生産する代わりに共生菌に依存し、菌根菌に光合成産物を供給しない。この共生関係において何らかのシグナル物質が関係していると考えられているが、そのメカニズムは解明されていない。そこで本研究では、菌従属栄養植物の根から出る物質が菌根菌の菌糸成長に及ぼす影響を調べた。

2. 研究の手法

実験対象の菌従属栄養植物としてクロヤツシロラン (*Gastrodia pubilabiata*)、その共生菌の *Marasmiellus* sp.を用いた。植物根と菌の対峙培養（以下【対峙培養】）、根のエタノール抽出液、アセトン抽出液を滴下した濾紙を置いた寒天培地での菌の培養（以下【抽出物実験】）を行った。また、根の滲出物中に含まれている可能性があるフラボノイド (Myricetin, Quercetin, Rutin, Kaempferol) のエタノール溶液添加寒天培地での菌の培養（以下【フラボノイド実験】）を行った。

3. 結果と考察

【対峙培養】では、植物方向への菌糸生長が反対側より速いことが確認された（図1）。そのため、根から菌糸生長を植物側に誘引する物質が出ていることが示唆された。【抽出物実験】では、抽出液を滴下した濾紙を置いた培地の方がコントロール培地より濾紙への菌糸接触本数が多く、より激しい菌糸分岐が観察された。そのためエタノール、アセトン抽出液にこのような効果や対峙培養での影響を及ぼした物質が含まれていると考えられる。このような物質としては、これまでに菌糸生長に作用を及ぼすと報告されている植物ホルモンやフラボノイドなどの二次代謝産物などが

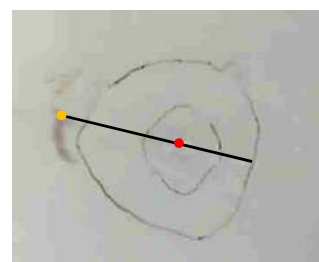


図1. 対峙培養での菌糸生育

● 植物 ● 菌接種場所

考えられる。【フラボノイド実験】では菌の接種から5日後において、濃度によって差はあるが、全ての種類のフラボノイド添加培地でコントロール培地より菌糸長が有意に長かった（一部を図2に示す）。このことは、菌従属栄養植物の菌根共生確立において、植物二次代謝産物であるフラボノイドが関与している可能性を示唆した。

4. 謝辞

神戸大学の末次健司先生、武富晋太郎さんにご指導をいただきました。ここに御礼申し上げます。

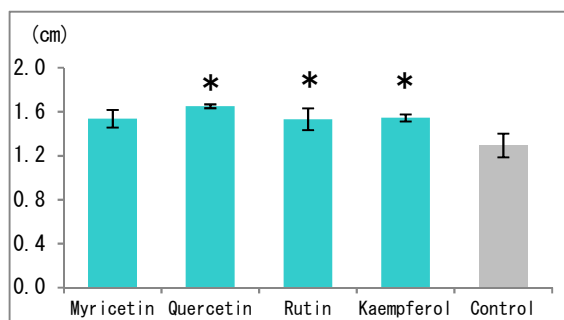


図2. フラボノイド 5.0×10^{-10} mol 添加培地での菌接種から5日後の菌糸長

*はControlに対し有意差が見られた。

Effect of Substances Secreted from the Roots of the Mycoheterotrophic Plant *Gastrodia pubilabiata* on the Growth of its Mycorrhizal Fungi

Ayana Chida (The High School of University of Hyogo, 2nd grade)

Kenji Suetsugu, Shintaro Taketomi (Kobe University)

1. Purpose of the study

Most land plants are associated with mycorrhizal fungi that help them to maintain water and mineral nutrient supply and they supply the fungi with photosynthetic products. Mycoheterotrophic plants, however, fully depend on their mycorrhizal fungi for their carbon demands and never supply the fungi with any nutrients. It is considered that there is some chemical signal to develop this commensal or parasitic relationship, but the mechanisms haven't been clarified. Therefore, the effects of substances secreted from the roots of the mycoheterotrophic plants on the hyphal growth of their mycorrhizal fungi were examined.

2. Method

A mycoheterotrophic plant, *Gastrodia pubilabiata*, and its mycorrhizal fungi, *Marasmiellus* sp. were used. The co-cultivation of the plant roots and the fungi, and the cultivation of the fungi on the agar medium with the paper discs on which ethanol extracts and acetone extracts of the roots were dropped were carried out. In addition, since it is possible that root exudates contain some flavonoids (Myricetin, Quercetin, Rutin, Kaempferol, and so on), the cultivation of the fungi on the agar medium to which ethanol solution of these flavonoids were added was performed.

3. Results and discussion

In co-cultivation, the hyphal lengths toward the plant side were longer than those of the opposite side (Fig. 1). It was suggested that the plants produce chemical signals that orient hyphal elongation toward the plants. In cultivation with the extracts, there were more hyphal bonds to the paper discs with the extracts than control paper discs. It seems that ethanol extracts and acetone extracts contain substances that have these effects and that have an influence on co-cultivation. Plant hormones and secondary metabolites such as flavonoids could affect them. In cultivation with flavonoids, the hyphal lengths on the medium to which each flavonoid was added were significantly longer than control (Fig. 2). This implies that flavonoids are related to the establishment of mycorrhizal symbiosis of mycoheterotrophic plants.

4. Acknowledgement

I would like to thank Prof. Kenji Suetsugu and Mr. Shintaro Taketomi from Kobe University for their tremendous support.

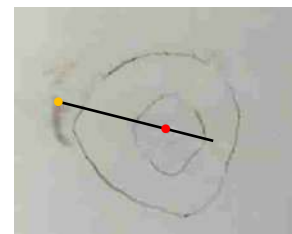


Fig. 1 Hyphal growth in co-cultivation

● plant ● a place of fungal inoculation

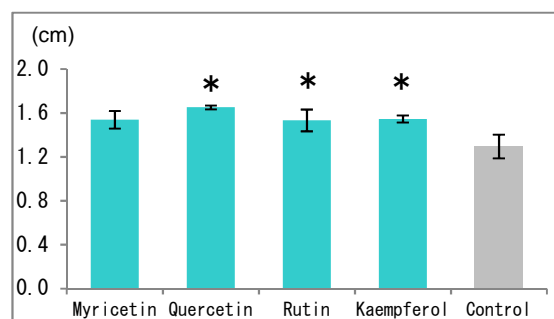


Fig. 2 Effect of flavonoids (5.0×10^{-10} mol) on hyphal growth 5 days after inoculation

* : there are significant differences against control.

細菌が分泌するタンパク質 –細菌にとっての役割、構造と機能の相関をさぐる–

関 百咲（宮城県仙台二華高等学校 2 年） 荻野みずき（福島県立福島高等学校 3 年）

八幡佑奈（岩手県立一関第一高等学校 3 年）

金子淳（東北大学大学院農学研究科 生物産業創成科学専攻）

1. 研究の目的と意義

細胞膜は核酸やタンパク質など生命の基本物質を外界と隔てることで細胞の機能を維持する一方、細胞外で栄養源を分解するための酵素などのタンパク質を分泌する仕組みも持つ。病原菌の中には感染する際に働く「毒素」を分泌するものもあり、黄色ブドウ球菌の γ ヘモリジンは、赤血球を破壊することでヘム鉄の獲得に貢献する。本研究では、 γ ヘモリジンのタンパク質成分 2 種類（LukF と Hlg2）が標的細胞膜上で自律的に集合して「穴」を開けるという特殊な働きに注目し、 γ ヘモリジンの構造情報とタンパク質工学の手法を用いて、その膜孔形成に関わる残基を探索した。本研究は黄色ブドウ球菌感染症への新たな予防法や治療法に重要な情報を提供するだけでなく、標的細胞膜に自律的に「膜孔」を開ける生体ナノマシンを設計するための基盤となる。

2. 研究の手法

β バレル形成時にたたまれていた stem（脚）が伸びる。膜孔の構造情報より Hlg2 の反応開始に関わるアミノ酸残基を推測した。【実験 1】Hlg2 の発現プラスミドから quick change 法により構築したプラスミドを導入した大腸菌のダイレクト PCR とアガロース電気泳動法でプラスミド保有を検出した。【実験 2】融合させた His タグを使って精製した Hlg2 の野生型と変異体、LukF を SDS-ポリアクリルアミド電気泳動で確認した。【実験 3】Hlg2 及び変異体を LukF とともにヒト赤血球に作用させ、溶血活性を調べた。さらに抗 Hlg2 抗体を用いたウェスタンブロッティングで赤血球への結合を解析した。

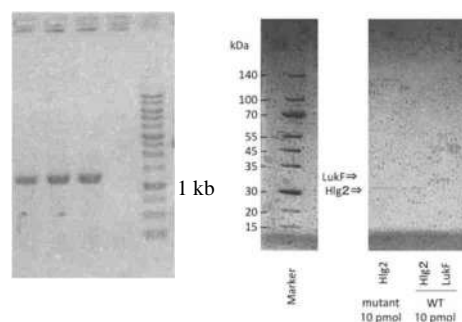
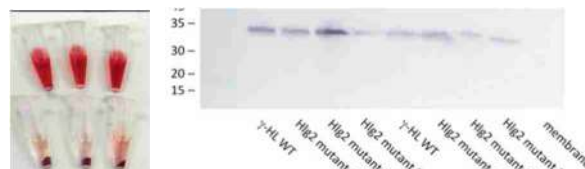


図 1 ↑

図 2 ↑

図 3 ↓

図 4 ↓



3. 結果と考察(図表等)

ダイレクト付近に泳動がみられ、プラスミドを持つことが確認された（図 1）。【実験 2】（上, 野生型; 下, 変異体 1, 2, 3）図 2 のように LukF と Hlg2、Hlg2 変異体はそれぞれ 1 本のバンドが見られ、精製が確認された。【実験 3】図 3 のように Hlg2 野生体は活性あり、Hlg2 変異体は活性殆どなし。一方、図 4 のウェスタンブロッティングより野生体、変異体ともに赤血球に結合している。以上から、この変異体は赤血球への結合には影響せず、stem が伸びるスイッチとして働いている可能性を強く示唆した。

4. 謝辞

本研究の機会を与えてくださった科学者の卵養成講座事務局の皆様に、心より感謝いたします。

5. 参考文献

D. Yamashita, *et al.*, Nature communications. 5: 4897 (2014).

Bacterial extracellular proteins -Their roles, functions and structures-

Hisaki Seki (Sendainika High School, 2nd grade), Mizuki Ogino, (Fukushima High School, 3rd grade), Yuna Yahata (Ichinoseki Daiichi Senior High School, 3rd grade)

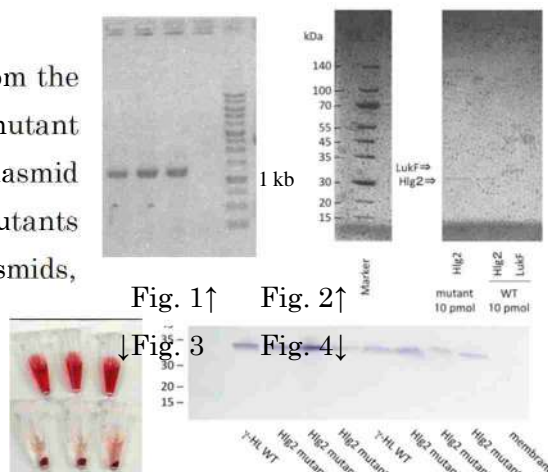
Jun Kaneko (Dept. Microbial Biotechnology,
Graduate School of Agricultural Science, TOHOKU University)

1. Purpose of the study

Cell membranes can secrete protein, while cell membranes maintain the cell functions by separating the vital substances from outside. Enzymes hydrolyze nutrients outside, and “toxins” work as the weapons of pathogens. γ -hemolysin of *Staphylococcus aureus* is the bi-component pore-forming toxin that lyses red blood cells to get heme iron. In this study, we focused on its function that two protein components, LukF & Hlg2, autonomously assemble on the target cell membrane and form β -barrel “pore”. Using the structural information and protein engineering techniques, we explored the residue(s) involved in the pore formation. This study provides new information for prophylaxis and therapeutics of staphylococcal infection and for designing biological nanomachine that open “nano-pore” on target cell.

2. Methods

The target amino acid residues were estimated from the structural information of the membrane pore, and mutant plasmids were constructed based on the expression plasmid of Hlg2 by quick-change method. His-tagged Hlg2 mutants were expressed in *E. coli* cells having mutant plasmids, and were purified by affinity chromatography. Hemolytic activity of Hlg2 mutants was assayed using human erythrocytes in combination with LukF, and their cell binding was analyzed by western blotting using anti-hlg2 antiserum.



3. Result and discussion

E. coli cells having mutant plasmids were (upper, Hlg2; lower, Hlg2 mutants 1,2,3) selected by direct PCR and agarose gel electrophoresis (Fig. 1), and purity of toxin components were confirmed by SDS-polyacrylamide electrophoresis (Fig. 2). All mutants markedly lowered their activity (Fig. 3) while they still have binding ability (Fig. 4), suggesting that these mutations are involved in pore formation.

4. Acknowledgement

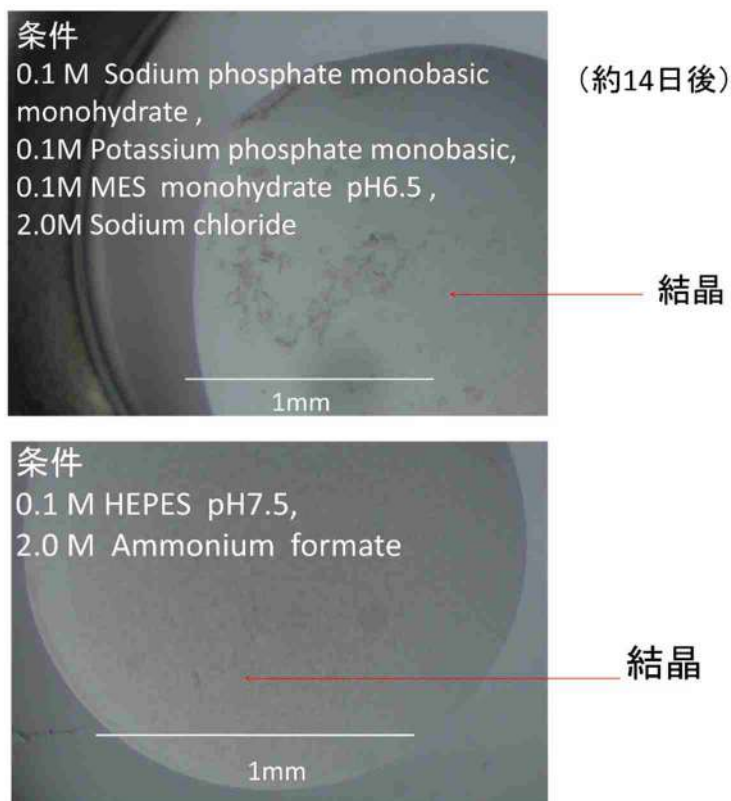
I would like to express my sincere gratitude to the office of EGGS who have given us the opportunity of this research.

5. References D. Yamashita, *et al.*, Nature communications. 5: 4897 (2014).

カイコ低分子量 GTP 結合タンパク質 RabX4 の結晶化

修猷館高校、2 年、島谷 玲央

1. 本研究では RabX4 を結晶化し X 線構造解析によって RabX4 の立体構造の情報を得る。これによって RabX4 の詳細な機能の解明が期待される。
2. あらかじめ精製しておいた RabX4 の溶液の精製度を SDS 電気泳動によって調べる。結晶化溶液キット (Crystal Screen, PEG/Ion Screen, Index) で結晶化した。(シットティングドロップ法) (288 条件)



3. 288 条件中の 2 条件で結晶が成長した
RabX4 は上記の条件で結晶化することが分かった。
この条件では結晶が大きく成長しなかったが、この条件をもとにしてさらに細かく条件を設定し結晶化を行うことで X 線構造解析を行うのに十分に大きく高品質な結晶を作成できると期待される。X 線構造解析によってタンパク質の構造が明らかにされ、RabX4 の機能解明へ貢献できると期待される。
4. 多くの方に支えていただいたことを感謝します。

Crystallization of the protein RabX4

Syuyukan High School, Reo Shimatani

1. RabX4 is a protein that insects possess, it is said to control transformation, emergence, nap as a specific property of insects, and it is predicted that it is involved in neuropeptide hormone, but its details are unknown. The purpose of this research is to obtain the three-dimensional structure of RabX4 by X-ray structural analysis after crystallizing RabX4. It is expected that the detailed function of RabX 4 will be elucidated

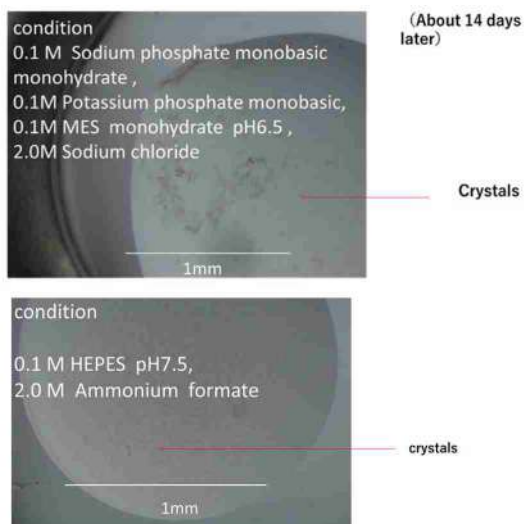
2. The experimental method is as follows. First, the degree of purification of the solution of RabX4 that had been produced was examined by SDS electrophoresis.

As a result of SDS electrophoresis, there were two types of contaminating proteins of high molecular weight, but it was found that the protein was sufficiently pure for crystallization.

Next, using the crystallization solution kit, these samples were crystallized under the condition of 288 by a sitting drop method.

3. The experimental results showed that the crystal grew under two conditions out of 288 conditions. However, it was not sufficient crystals to perform X-ray structural analysis.

Based on the two conditions for which crystallization was confirmed in this study, it is expected that crystals can be produced with sufficiently large and high quality to carry out X-ray structural analysis by setting finer conditions and crystallization . After that, the structure of the protein is clarified by X-ray structural analysis and it is expected that it can contribute to elucidation of the function of RabX4.



4. I thank you for supporting many people.

カクレクマノミ体表粘液中のタンパク質は、 Mg^{2+} を吸着するのか

重松 楽々（長浜高等学校 3年）

1. 研究の目的と意義

ハタゴイソギンチャクに共生するカクレクマノミ(図1)、(1)は、体表粘液に高濃度の Mg^{2+} を保持することでイソギンチャクに刺されないようにしている(2)。

私は、 Mg^{2+} が粘液中に高濃度な状態で保たれている仕組みを突き止めるため、「カクレクマノミ体表粘液中の特定のタンパク質が海水中の Mg^{2+} を吸着し、粘液中の Mg^{2+} を、常に高濃度な状態で保持しているのではないか」という「吸着説」を立て実験を行った。また、現在開発中の、日焼け止めクリームに高濃度の Mg^{2+} 溶液を加えた「刺胞(毒針)予防クリーム」は、何種かのクラゲの触手に対し刺胞を防御する効果を発揮することが分かっているが、時間が経つと海水中に Mg^{2+} が流出しクリーム効果が長時間続かないことが課題である。「吸着説」の検証を行い、「 Mg^{2+} を吸着するタンパク質」を発見し人工的に合成することができれば、これを「刺胞予防クリーム」に配合することで、海水中で効果が継続する(Mg^{2+} を長時間保つ)クリームを開発できるかもしれないと期待した。



図1 ハタゴイソギンチャクと共生するカクレクマノミ

2. 研究の手法

カクレクマノミの粘液を採取した後、 Mg^{2+} を含まない PBS の中で透析を行い、粘液中の Mg^{2+} を除去した。次に、透析後の粘液を2つに分けて片方を加熱し、粘液中のタンパク質を失活させた。加熱した粘液としていない粘液をそれぞれ 1000ppm の Mg^{2+} を含んだ PBS の中で透析し、 Mg^{2+} を吸着させた。最後に、ICP-MS で透析した粘液の Mg^{2+} を測定し、加熱の有無で濃度に差が出るか調べた。

3. 結果と考察

結果(一部)を図2に表した。加熱処理の有無で、 Mg^{2+} 吸着後(2回目透析後)の粘液中の Mg^{2+} 濃度に多少の差が見られた。しかし、今までに約 20 回実験を繰り返した中データに一貫性が見られず、現状では「吸着説」が正しいとは言えない。実験方法を再び見直したい。

Mg^{2+} を保持するための仕組みとして、「カクレクマノミが呼吸の際に海水中の Mg^{2+} を体内に取り込み、

蓄積し、粘液と共に Mg^{2+} を分泌しているのではないか」という「分泌説」も考えられる。

4. 謝辞

この研究を進めるにあたり、多くの方々に支えていただきました。研究の指導をしてくださった、愛媛大学の 高田 裕美 先生、北村 真一 先生、顧問の内山 太 先生、重松 洋 先生。研究を支援してくださった、国立研究開発法人 科学技術振興機構様、日本科学協会様、愛媛県知事様、愛媛小林製薬様、大洲市長様。「刺胞予防クリーム」の開発を共に進めている株式会社 ABS 様。そして、研究を応援してくださったすべての方々に、厚く御礼申し上げます。

5. 参考文献

- (1) ジャック T. モイヤー (2001)「クマノミガイドブック」TBS プリタニカ、阪急コミュニケーションズ
- (2) チーム・ニモ (2014)「ハタゴイソギンチャク刺胞射出の秘密」

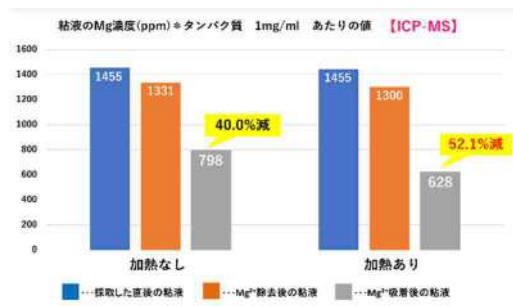


図2 粘液中の Mg^{2+} 濃度 (タンパク質濃度 1 mg/mL)

Do proteins in the body surface mucus of a clownfish adsorb magnesium ions?

Rara Shigematsu (Nagahama High School 3rd grade)

1. Purpose of the study

Living clownfish have symbiotic relationship with sea anemones (Figure 1) (1). They keep high concentration of Mg^{2+} in the body surface mucus, protecting them from anemone's attack (2).

To confirm the mechanism that Mg^{2+} is retained at high concentrations in mucus, I made a hypothesis of adsorption theory that "some certain proteins in the body surface mucus of clownfish adsorb Mg^{2+} from sea water and always maintain high Mg^{2+} concentration". It is clear that "jellyfish sting-preventing sunscreen cream" has a preventive effect against several jellyfish tentacles,

which high concentration of Mg^{2+} solution is blended in. However, since it is known that Mg^{2+} flows out into the sea, the effect of cream cannot last long. If we can verify "adsorption theory", determine " Mg^{2+} adsorbing protein" and artificially synthesize it, By blending the protein in, we may develop new-generation "jellyfish sting-preventing sunscreen cream" that will continuously work in seawater.

2. Method

After collecting mucus from clownfish, dialysis was carried out in PBS without Mg^{2+} to remove Mg^{2+} in mucus. Next, the dialyzed mucus was divided into two. One half was heated to inactivate the proteins in mucus. Heated mucus and unheated mucus was respectively dialyzed in PBS containing 1000 ppm of Mg^{2+} to adsorb Mg^{2+} . Finally, Mg^{2+} in the mucus after dialyzed by ICP-MS was measured to see whether there was a difference in concentration between the heated and unheated mucus.

3. Result and discussion

Part of the result is shown in Table 1. Slight difference in Mg^{2+} concentration in mucus after Mg^{2+} adsorption (after second dialysis) was observed with and without heat treatment. However, consistency has not been seen in the data of experiments repeated about 20 times so far, suggesting that the "adsorption theory" is not correct. I want to review the experimental method again.

As a mechanism to hold Mg^{2+} , it is considered that Mg^{2+} is accumulated and secreted together with mucus following a "secretion theory" in which anemone fish takes Mg^{2+} from the sea water into the body during respiration.

4. Acknowledgement

This research was supported by many people. Professor Hiromi Takata, Shiniti Kitamura of Ehime University, adviser Toru Uchiyama, Hiroshi Shigematsu, Governor of Ehime Prefecture, Ehime Kobayashi Pharmaceutical, Mayor of Osu, JST, and Corporation ABS. I thank all the people who supported me.

5. References

- (1) Jack T. Moyer (2001) "Anemonefish guide book" TBS-Britannica, Hankyu Communications
- (2) Team Nemo (2014) "Mg Ions in the Skin Mucus of Anemone Fish Block Nematocyst Discharge of Sea Anemone to its Symbionts"



Fig.1 Clownfish living together with Sea Anemone.

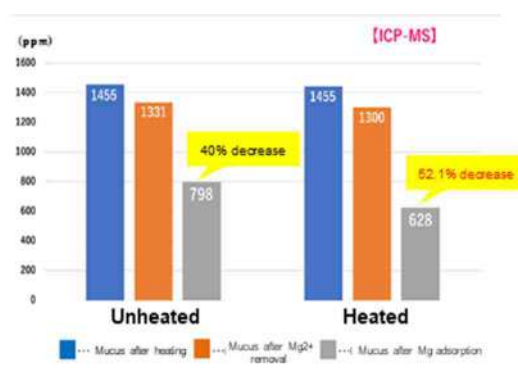


Fig.2 Mg^{2+} concentration in mucus (1 mg/mL protein)

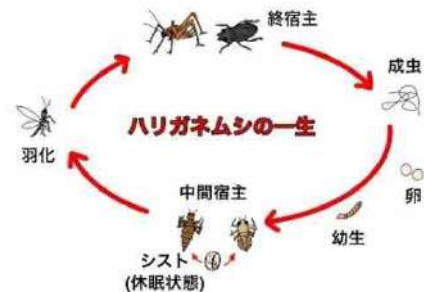
ハリガネムシの生態に関する研究

曾我部真央（愛媛県立今治西高等学校 1 年）

担当教員：中川和倫（愛媛県立今治西高等学校）

1. 研究の目的と意義

ハリガネムシは先行研究が少なく生態についても未解明な部分が多い寄生生物である。私はこの生物の謎を明らかにしたいと思いこの研究を始めた。また、この研究の結果を医療に転換して役立てることができるのではないかと考えている。



2. 研究の手法

(1) 宿主誘導実験：フランスの先行研究でハリガネムシに寄生されたコオロギが光の反射する水面に引き寄せられたというデータがあったので、それを確認するために水辺環境装置を用いコオロギの代わりにカマドウマを入れて夜間の行動を観察した。

(2) 雌雄認識実験：目のないハリガネムシがどうやって雌雄を認識しているのかを確認するため、雌雄の成分入りの模型を作り行動を観察した。

他にもいくつかの実験を行った。

3. 結果と考察

（宿主誘導実験）

「結果」・10 匹中 9 匹のカマドウマが夜間に転落し、死亡。

・うち 2 匹の体内から、小型で未成熟のハリガネムシを確認。

「考察」・カマドウマに寄生するハリガネムシの成長には 1 年以上かかるのではないかな。

・寄生する昆虫によってハリガネムシの成長速度は異なるのではないかな。

（雌雄認識実験）

「結果」・♂生体＋♀生体 & ♂生体＋♀模型→反応大

・♂生体＋♂模型 & ♂模型＋♀生体→反応小

「考察」・雌が分泌する化学物質を雄が感知することで雌雄を認識しているのではないかな。

4. 謝辞

神戸大学の佐藤拓哉准教授からハリガネムシの調査方法についてご指導していただきました。また、愛媛大学教育学部で電子顕微鏡写真を撮影させていただきました。

5. 参考文献

小澤祥司, 「ゾンビ・パラサイト」 岩波科学ライブラリー (2016)

成田聡子 (2017) 「したたかなる寄生」 (幻冬舎新書)

浦部美佐子 (2016) 「湖と川の寄生虫たち (琵琶湖博物館ブックレット)」 (サンライズ出版)

Study on the ecology of horsehair worms

Mao Sogabe (Imabari-West High School, 1st grade)

Supervisor Kazunori Nakagawa (Imabari-West High School)

1. Purpose of the study

Horsehair worms are parasites living in some insects or beetles. However, there are few previous studies and their ecology remains almost unknown. I started this study to reveal the mystery of this creature. Also, I think that the result of this study can be utilized for medical care in future.



Fig. 1 Horsehair worms

2. Methods

(1) Induction of parasitizing the host insect: A previous study in France reported that crickets parasitized by horsehair worms tend to go to water where light reflects on the surface, and jump into it. To confirm that, I used a special device for waterside environmental examination, put camel crickets instead of crickets in the device, and observed their behavior at night.

(2) Gender recognition: I made a model and observed the behavior of it to know how invisible horsehair worms recognize gender.

(3) Some other relative experiments.

3. Results and Discussion

(1) Induction of parasitizing the host insect

“Result”

- 9 out of 10 camel crickets fell out of the device at night, and died.
- Small and immature horsehair worms were found in 2 camel crickets.

“Discussion”

The result implied that it may take more than a year for horsehair worms to parasitize camel crickets.

(2) Gender recognition

“Result” ♂living body + ♀living body → big reaction

♂living body + ♀model → big reaction

♂living body + ♂model → small reaction

♂model + ♀living body → small reaction

“Discussion”

Male may recognize gender by sensing chemical substances.

4. Acknowledgement

Mr. Takuya Sato, associate professor at Kobe University, taught us how to research horsehair worms. Also, we took photographs using electronic microscope in Department of Education at Ehime University.

5. References

Shoji Ozawa (2016) “Zombie • Parasite” Iwanami Science Library

ミミウイルスのX型 DNA polymerase の起源

横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校 2年 寺井修介

東京理科大学 武村政春

1. 研究の目的と意義

2003年、英国 Bradford で発見されたアメーバ (*Acanthamoeba polyphaga*) 細胞内に存在する小型粒子がウイルスであることがわかった¹⁾。これがミミウイルスであり、その後世界中から次々と分離される「巨大ウイルス」の先駆けとなった。そこで本研究では、ミミウイルスを含めた巨大ウイルスが持ち、従来のウイルスが持っていないX型 DNA polymerase の起源を探ることで、生物と巨大ウイルスの関係に迫ることを目的とした。

2. 研究の手法

分子系統解析ソフトウェアの MEGA7 を使用した²⁾。NCBI のデータベース (URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) から巨大ウイルスや他の生物のX型 DNA polymerase のアミノ酸配列のデータ (74 本) を入手した。データを整理し進化距離を計算させることで、二種類の分子系統樹 (近隣結合法、最尤法) を作成し、ミミウイルスを含むクレードの位置を確認した。

3. 結果と考察

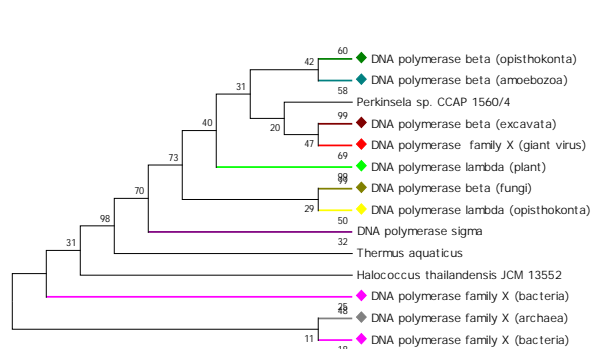


図1 近隣結合法で作成した系統樹

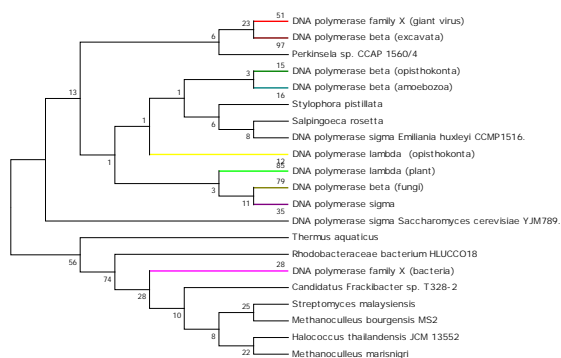


図2 最尤法で作成した系統樹

2つの系統樹で同じ分岐が見られたことから、ミミウイルスを含む巨大ウイルスのX型 DNA polymerase とエクスカバータのDNA polymerase beta が近縁であると考えられた。

これまでミミウイルスの自然宿主は、アメーボゾアに属する生物 (アカントアメーバ) であると考えられてきたが、本研究により、ミミウイルスの自然宿主はエクスカバータに属する生物であり、その生物がミミウイルスのX型 DNA polymerase の起源なのではないかと考えられる。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、熱心にご指導を頂いた東京理科大学の武村政春教授に感謝致します。また、議論を通じ多くの示唆を頂いた武村研究室の皆様、横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校の教員の皆様に感謝致します。

5. 参考文献

- (1) 山田隆. (2007) 脂質二重膜をもつ大型ウイルス群の系統的単一性と太古の起源. 蛋白質核酸酵素 52(5), 463-468.
- (2) Kumar S et al. (2016) MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. Mol. Biol. Evol. 33(7), 1870-1874.

The origin of DNA polymerase family X of Mimiviruses

Yokohama Science Frontier High School, Junior Grade, Shusuke Terai

Tokyo University of Science, Masaharu Takemura

1. Purpose of the study

It has been known that Mimiviruses, one of the famous “giant viruses ¹⁾,” have DNA polymerase family X gene on their genomes. To explore the origin of DNA polymerase family X that almost viruses do not possess, I have studied molecular evolution of DNA polymerase family X, and identified the relationship between the viruses and cellular organisms.

2. Method

The analysis was performed using MEGA7 software ²⁾. Amino acid sequences of DNA polymerase family X were downloaded from NCBI database (URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>). The evolutionary distances were calculated and the molecular phylogenetic trees were reconstructed, and finally I observed the OTUs (operational taxonomic units) of giant viruses.

3. Results and discussion

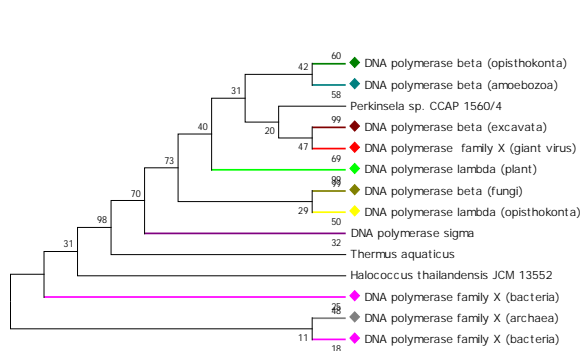


Fig.1 Phylogenetic tree by neighbor joining method

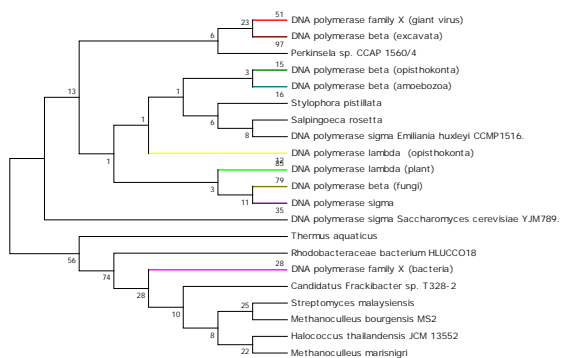


Fig.2 Phylogenetic tree by maximum likelihood method

From the results, DNA polymerase family X of Mimiviruses were similar with DNA polymerase beta of Excavata because the same clade was found in both of the two phylogenetic trees. According to these data, it is suggested that the natural host of Mimiviruses is one of the cellular organisms belonging to Excavata, from which DNA polymerase family X of Mimiviruses have been derived.

4. Acknowledgement

I would like to thank Professor Masaharu Takemura, a Tokyo University of Science who was keenly instructed to advance this research. Also, I would like to thank the members of the Takemura Laboratory who gave me many suggestions through discussions and the faculty members of Yokohama Science Frontier High School.

5. References

- (1) Yamada T. (2007) Monophyletic origin and evolution of nucleo-cytoplasmic large DNA viruses (NCLDV). Protein, Nucleic Acids, and Enzyme 52(5), 463-468.
- (2) Kumar S. et al. (2016) MEGA7: molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. Mol. Biol. Evol. 33(7), 1870-1874.

グローバルサイエンスキャンパス 平成30年度全国受講生研究発表会
研究成果の要約集

第1版 平成30年9月21日 発行

第2版 平成30年9月27日 発行

第3版 平成30年9月28日 発行

(編集・発行者) 国立研究開発法人 科学技術振興機構
理数学習推進部



〒332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8
TEL 048-226-5669 FAX 048-226-5684