



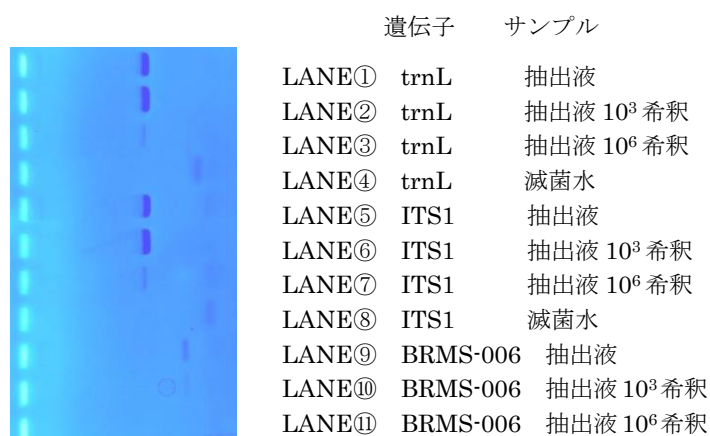
顧問のひと言

東大寺学園の校風としてよく挙げられるのが「自由」ですね。他の学校でもしばしば「自主・自律・自由」といったスローガンを耳にしますが、この一年の部長を中心とした科学部の活動はまさにこれを地で行った感があります。自分たちで実験や活動日程を計画し、連絡手段も整備し、備品を管理し、片付けまで。本当に高校2年生はよく下級生の面倒を見てくれたと思います。自分たちでできることを考え、任せられるところは任せ、下級生や自分たちのさまざまな力を引き出してくれたなあと思います。

ところで、東大寺学園の「自由」を最もよく表しているのは、私は「教師も自由」ということだと思います。もちろん、進路実現に沿うように自主的に足並みをそろえたりしますが、教え方や教材等は個々の教員に任されていますし、さまざまな研修の機会も与えられています。私自身は2年前から、PCR教材の開発に取り組んでいます。市販のキットでなく、自身で試薬を集め、実験を組み立て、授業で生徒に提供したいと始めましたが、高校現場でこれを実現するのはかなりの難度で、長期にわたって調べ・質問し・試行錯誤する、の連続です。しかし、この研究の持続を支えてくれるのは、充実した機器類と試薬、そしてかなり自由に試薬を購入できる体制（あまり高価なものにはばかられます）や研究日といった仕組みなどです。公立勤務時代に感じていた不自由さから解放されたこの環境は、まさに東大寺学園の伝統である「自由」の象徴の1つだと思います。さて、この「自由」によって私が出したさまざまな成果を、どのようにしたらよりよく生徒諸君のために使えるか、うれしい悩みどころです。

科学部顧問

・ブロッコリーDNAの3種類プライマーによるPCR産物電気泳動像



遺伝子	標的 DNA	遺伝子の概略
trnL	378bp	tRNA (UAA) 遺伝子のイントロン領域
ITS1	390bp	核リボソーム DNA の internal transcribed spacer の前半領域
BRMS-006	140bp	Brassica 品種識別用

※植物で増幅領域の大きさが異なる遺伝子を選んだが、ブロッコリー以外ではまだうまくいっていない。

部長の戯言

科学部合宿で夕ご飯を食べているときに中2の部員に「部長ってやっていて楽しいですか」と聞かれました。その時は「難しいな～」と答えましたが、正直とても楽しい部長生活でした。本当に科学部部長はやりやすく、やっていてとても楽しかったです。それは門セクション長をしていて感じました。同学年のJ君、T君、K君、S君は僕が何を頼んでも目的を理解し、完璧にこなしてくれました。そのおかげで僕は科学部で、班活動、Chatwork、HP、関西生物交流部交流会、一般版部誌、専門版部誌と新しい取り組みを始めることが出来ました。本当に僕が突き進んだ道を後ろから、丁寧に整地していってくれるようでした。僕を支えてくれた4人には心から感謝しています。

僕たちが始めたことの中で一番大きな事業は、個人実験を班での活動にするということでした。班活動にすることで実験を見つける機会を少し奪ってしまうという側面はあったのですが、中学生にも是非高度な実験をし、チームワークを学んで欲しいと思い、班での活動に舵を切りました。

「カルス体内時計研究班」「骨格標本班」「透明骨格標本班」「化学班」「物理班」の5つの班を作り、班長には僕を含めた同学年の5人についてもらいました。後輩たちは班での活動に僕が予想していたよりも、積極的に参加してくれました。特に中2は部員が多いにも関わらず、ほとんどの人が活動してくれ、僕でもこんなことが中2で出来るのかということもやってのけたり、僕が知らない知識を調べてきたりしてくれています。この専門版部誌でも実際に書いたり、誤字脱字チェックをしたりなど、大きく関わってくれています。中2には今後、新しい実験を見つける力や、実験を計画する力を身に付けて欲しいと思います。今後の活動にとっても期待しています。

中3は春休みの頃から、僕たちが班での活動をしているのを横目に、自分たちで実験を見つけ計画し、培地を用いた実験や、化学実験に至るまで幅広い実験をしてくれています。思いつく実験の量や、実行力に僕は見ながら感動していました。中3には今後実験に対する「これはあぶないな」や「こうしたら良くなるのでは」というような実験の感覚を学んで欲しいと思っています。来年から上の学年を支えていって欲しいと思っています。

高1はあと一ヶ月もすると科学部を引っ張る立場になります。仲良しな高1のメンバーで後輩たちを引っ張っていって欲しいと思っています。

科学部で分からないことがあった時、色々なことを教えて頂いた、N先輩、S先輩をはじめOBさんには心から感謝しております。

4年半、僕を育てていただき、僕に実験をさせ、様々なことを教えて頂いた、T先生をはじめ、M先生、Y先生、U先生などの科学部顧問の方々には感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。

(東大寺学園科学部部長 K)

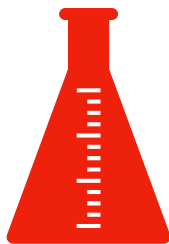
もくじ

生物 Biology



- P5-P13
カルス・プロトプラストを用いた新種の植物作成への挑戦
- P14-P17
アブラナ科アブラナ属(Brassica)のミロシナーゼ配列の比較
- P18-P22
ハムスターの生活リズムと体内時計について
- P23-P30
骨格標本の作製とその考察
- P31-P34
ハツカネズミとアカミミガメの骨格標本
- P35-P38
透明骨格標本作成
- P39-P43
乳酸菌の培養

化学 Chemistry

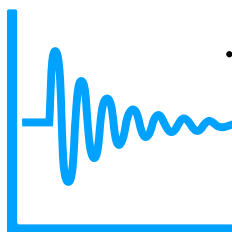


- P44-P45
金属樹の作成

その他 The rest



物理 Physics



- P46-P47
物理班部誌 ～温度計～

- P48-54
Experience Note
- P55
編集後記

カルス・プロトプラストを用いた新種の植物作成への挑戦

カルス・体内時計研究班

I 植物のカルス

1 実験内容

野菜などの植物から未分化細胞(カルス)を作り、ホルモン調整をして根や葉を再生する。

2 カルスとは

カルスとは固形培地上などで培養されている植物の断面から再生した未分化細胞の塊である。未分化細胞は人間ではES細胞やiPS細胞に当たる。人間の未分化細胞は作るの難しいが、植物はそれほど難しくなく、植物細胞が切られるなどの損害を受けると脱分化し分裂能力を得て増殖することでカルスは出来る。木の切り株から、また木が生えてくるのが出来るのは植物にカルスを作ることが出来る能力があるからだ。木の枝だけを取って植えれば、切り口からカルスが再生し、根などになって繁殖することができる(挿し木と言う)。カルスから幼植物への分化は、人工培地中の栄養塩類濃度とホルモン濃度による。

3 カルスの作り方

①MS培地作成

MS培地とは、植物細胞の培養によく使われる培地である。詳しいMS培地の作り方はHP

(<http://tdjkagakubu.jimdofree.com>)の2019年カルス体内時計班、カルス・プロトプラストを用いた新種の植物作成への挑戦、HP版をご覧ください。

②植物の植え付け(クリーンベンチ内)

(無菌状態をキープするため、ピンセットは定期的にバーナーで加熱する。)

<植物の植え付け直前に表面を殺菌する場合>



- (1) 空気に触れていた部分をすべて切り取り希釈したハイターに約30秒表面が殺菌するよう浸ける。
- (2) 純水でハイターを洗い落とす。表面を全て滅菌メスで取り除き、各辺約1cmに切り分ける。
- (3) 優しく、落とすように植え付ける。滅菌したアルミホイルで口を閉じ、さらにビニールテープ等で密閉する。

<無菌状態の植物を植え付ける場合>

(1)無菌状態の植物の作成

①100ml 三角フラスコに脱脂綿を入れ、水で湿らせる。アルミホイルでしっかり蓋をしてオートクレープで滅菌。(＜おまけ＞に作業風景を掲載)

②種を1%次亜塩素酸ナトリウムで殺菌。①に植え付ける。

(2)出来た植物を滅菌メスで切り、傷を付ける。

(3) 優しく、落とすように植え付ける。滅菌したアルミホイルで口を閉じ、さらにビニールテープ等で密閉する。





特に(3)の際には菌が入らないように細心の注意を払う。

無菌栽培の様子↑

4 カルス作成の結果

ニンジン (<i>Daucus carota</i>)	ダイコン (<i>Raphanus sativus</i>)	ブロッコリー (<i>Brassicaoleracea</i>)
カルスの生成が確認された。最も簡単に作成可能。	カルスの生成が確認された。	カルスの生成が確認された。
		

ダイズ <i>(Glycine max)</i>	キュウリ <i>(Cucumis sativus)</i>
カルスの生成が確認された。茎を使用した。	カルスの生成が確認された。茎を使用した。
	

※ダイズ、キュウリの茎は無菌状態で種から育てた物を使用している。

5 カルスの分化誘導

カルスは植物の未分化細胞であるため、ホルモンを調整することで根や芽、茎に分化させることができる。植物ホルモンとして、NAA(ナフタレン酢酸、 $C_{12}H_{10}O_2$ 、合成オーキシシン)とカイネチン($C_{10}H_{9}N_5O$)を使用する。根が出るようにするためにはNAAを多くし、シュート(葉、茎)が出るようにするためにはカイネチンを多くする。この実験はまだ上手くいっていない。理由として考えられることは一世代目のカルスを使用したためである。解決策として、一世代目カルスを切断し、二世代目のカルスを作る必要がある。しかし私たちの技術では、二世代目まで、完璧に無菌操作をすることが極めて難しいため、検証することが出来ていない。

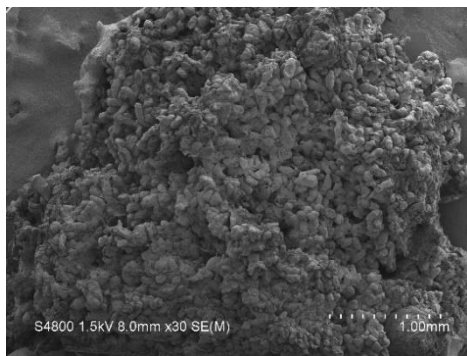
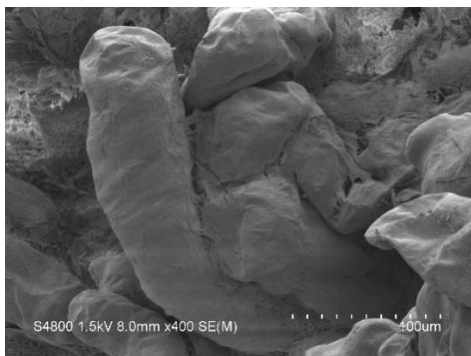
6 カルスの顕微鏡写真

①光学顕微鏡での断面の観察



カミソリの刃で出来るだけ薄く切ったものを使用。細胞は長細く方向性があった。

②走査型電子顕微鏡でのブロッコリーのカルスの表面構造の観察



加藤が ELCAS の実習で撮影させていただいた写真。

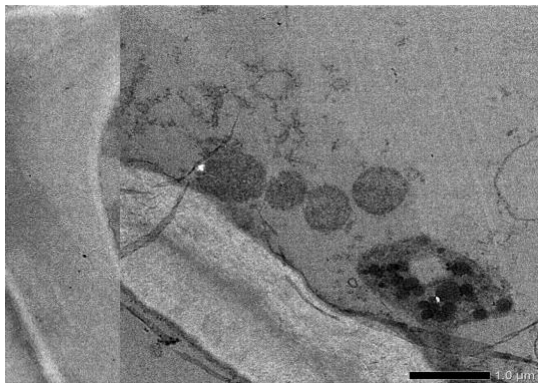
プクプクした形をしていた。キクの柱頭の形に似ているらしい。

※ELCAS グループ型の全体の概要は、Experience Note に記載。

※走査型電子顕微鏡とは

試料に電子を当て、発生した2次電子を電子信号に変え像を出し、その像を撮影する。電子が当たると試料が傷つくので、その電子を逃がすために、試料を金や白金でコーティングする必要がある。

③透過型電子顕微鏡でのカルスのヘテロクロマチン領域の撮影への挑戦



↑ニンジン

↑ニンジンのカルスの TEM 画像

ニンジンの根から出来たカルスにも葉緑体が出来た。

〈加藤の ELCAS の実習〉

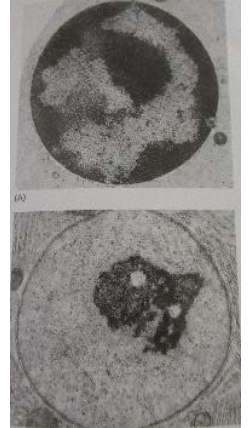
カルスは不要な DNA が少ないと思うので、ヘテロクロマチン領域は少なくなるのではないかという仮説を立てた。透過型電子顕微鏡でカルスの核の観察を試みた。しかし核を発見することは出来なかった。透過型電子顕微鏡では1μmの切片を用いるため、100個に1つ核が観察する

ことが出来ればいほうだと知った。

※ヘテロクロマチン領域とは

植物の細胞はほとんどが分化している。分化している細胞では不要な DNA 部分がある。その DNA 部分は邪魔なので凝縮される。その部分をヘテロクロマチンと呼ぶ。ヘテロクロマチン領域では高度に凝縮しているために DNA の転写に参与する細胞内の装置が接近せず転写されない。ヘテロクロマチン領域が多い細胞は少ない細胞よりも転写が活発に行われていないことになる。

(右写真 Essential 細胞生物学より 上/ヘテロクロマチン領域が多い細胞 下/ヘテロクロマチン領域が少ない細胞)



※透過型電子顕微鏡とは

試料に電子線を当て、透過した電子線をコイルを用いて拡大し観察する。構造は光学顕微鏡に似ているが、波長の短い光を用いている光学顕微鏡よりも、波長の長い電子を用いている透過型電子顕微鏡の方が分解能が格段に上がる。

※ELCAS グループ型の全体の概要は、Experience Note に記載。

7 今後の課題

無菌操作の精度の向上。対称の植物のカルスのできやすい条件（培地の硬さ、温度、ホルモン濃度、滅菌方法）の確立。不定胚の作成。分化誘導。

<おまけ>

カルス制作風景



オートクレーブを使った滅菌作業の様子



II プロトプラスト作成

1 実験内容

細胞壁を持たない植物細胞（プロトプラスト）を作成する。

2 プロトプラストとは

プロトプラストとは植物細胞をある種の菌類から単離した細胞壁を消化する酵素（セルラーゼ）で処理することで得られる、細胞壁を持たない植物細胞のこと。表面張力により球状をしている。異なる種の細胞を融合させることにより種間雑種を作ることができ、融合細胞を培養して新たな植物個体を作ることができる。細胞融合によってできた植物にポマトがある。ポマトはジャガイモとトマトのプロトプラストを細胞融合させ出来たそうだ。上にはトマトのような実がなり、土の中にはジャガイモのようなものが出来ている。

(右写真 Wiki より)



3 プロトプラストの作り方

① 酵素液の調整

- ① 1%セルラーゼ・オノズカ R-10 を含む 0.6mol マンニトール
- ② マンニトール 9.1g、セルラーゼ・オノズカ R-10 1.0g、マセロ ザイム R-10 0.2g、ベクトリアーゼ Y-23 10mg、KCl 3.5g、塩化カルシウム 0.5g /100ml



※作り方は2種類ある。

②植物を剃刀で3~4mmの大きさに切る（ピーマンなどの場合中側に軽く切れ込みを入れる）

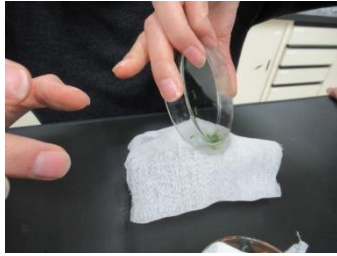


← (左) ニンジンのみじん切り
(右) ムギを小さく切ったもの→



(葉の時は①、葉以外は②がよい) に②をつけ、2~3時間 35℃の環境下に置いた後（振とう

機を使うと良い。減圧すると時間を短縮できる。) ガーゼで濾す。



上記の液体を液体 α とする

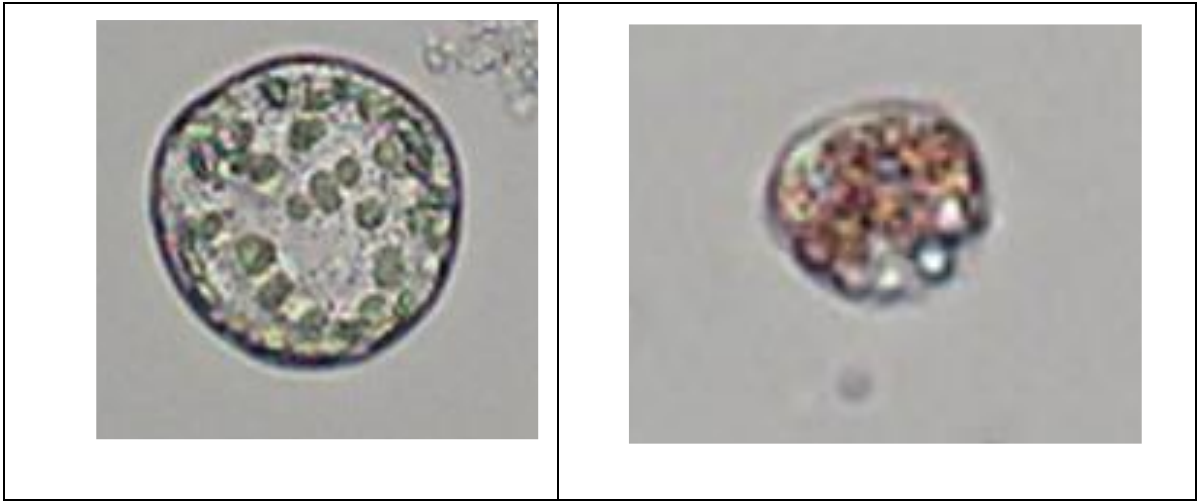
④液体 α を遠心分離機に掛け、プロトプラストの濃度を上げる



遠心分離機に掛けた液体 α を顕微鏡で観察する。



4 プロトプラスト作成の結果

<ピーマン> <i>Capsicum annuum</i>	<パプリカ> <i>Capsicum annuum</i>
果実を使用。 葉緑体が確認された。	果実を使用。 赤い色素が確認された。



<p><カラスムギ><i>Avena fatua</i></p>	<p><ニンジンのカルス><i>Daucus carota' s callus</i></p>
<p>葉を使用。 溶液中のプロトプラストの密度が低く、改善が必要である。</p>	<p>カルスを使用 不完全なプロトプラストを確認。 →カルスが古かったからではないか。</p>
	

今後の課題として、プロトプラストの濃度を上げる必要がある。植物体の細胞壁を酵素で分解する時間が長いのでそこを短くしていき作業の効率化を目指したい。また、細胞膜が破れ、細胞小器官や細胞質基質が流れ出しているので、そうなることをなるべく減らしていきたい。そして、上記したが、ニンジンのプロトプラストを作成できていない。ニンジンのなど硬い細胞でもプロトプラストを作成していきたい。

5 プロトプラストの培養

出来たプロトプラストをプロトプラスト培養液 (KH₂PO₄、KNO₃、MgSO₄ などを含む) に入れ

培養する。行ったものの、菌が繁殖し失敗。

III 今後の課題

この実験の目標はカルスを安定的に作ること。そのカルスをセルラーゼで処理し、プロトプラストを作り、融合させ、そのプロトプラストを培養する。そしてそのプロトプラストから、植物を作るというもの。しかしまず安定的にカルスを作ることができなかった。理由として、種や場所によりカルスができやすい培地の硬さ、温度、植え付け方法が変わるため、その方法が確立しなかったことがある。また菌が入ることが多く、カルスが生存しにくい。よって、十分な量の試料がとれなかったこともある。今後、目標達成には無菌操作の向上が不可欠だと思われる。

IV 終わりに

カルスの実験は、Kが中学1年生の時から、高2の今に至るまで（一次中断した時もありましたが）続けてきた実験です。去年の9月からは実験を手伝ってくれる後輩が出来ました。これほど長く続けてきた実験ですが、大きな成果を上げることは出来ませんでした。理由として ①1年ほど無菌状態を維持できる程の無菌操作を行うことは無理がある。②スパンが長い実験回数にも限りがある。③植物によってカルスが出来やすい条件が違う。（例えば、加藤が中学の時よくカルスの出来た植物はダイコンでした。しかし寒天が中学の時に使用していた濃度では何故か固まらなくなり、寒天の濃度を上げるとニンジンができてやすくなりました。）ということ挙げられると思います。

カルスの実験は実験の難しさと楽しさを教えてくれました。今後、後輩たちがカルスの実験を続けるかどうかは分かりませんが、続けるのであれば新しい植物でのカルスの作成や、分化、プロトプラストでのカルスの作成に成功して欲しいです。

僕たちのために乾熱滅菌などをしていただいたU先生、僕にカルスの実験について教えて下さったY先輩、中一の時から丁寧にアドバイスを下さったN先輩、常に実験をサポートして頂き、また僕たちを信用して実験をさせていただいたT先生には感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。(K)

V メンバー

班長 高二/K 中二/N、S、T、H、M

VI 協力

ELCAS 樹木細胞学 高部圭司教授 TAの皆さん 植物細胞の構造と機能のメンバー

T先生、N先輩、T先輩

VII 参考文献

キャンベル生物学 Essential 細胞生物学

第4章 細胞を培養する『第1節 オオムギ葉からのプロトプラストの単離と培養』

<https://ocw.kyoto-u.ac.jp/pdf>

授業実践記録 プロトプラストの作成と細胞融合

Shinko-keirin.co.jp

長野県教育情報ネットワーク 『新種の植物を作る』

nagano-c.ed.jp/seiryohs/exsite/SSH/s040704happo/sinnsyuno.pdf

滋賀農業試験場 HP

http://www.pref.shiga.jp/g/nogyo/sentanbio/jisyu-kisogijutu/j_2baichi.pdf

アブラナ科アブラナ属 (*Brassica*) のミロシナーゼ配列の比較

カルス・体内時計研究班 高2 K

I 要約

アブラナ科アブラナ属に属する *napus*、*oleracea*、*rapa*、*juncea* のミロシナーゼ配列のエキソン部分の共通部分でプライマーを設計して、PCR を行った。そしてアガロースゲル電気泳動を行い、バンドの比較を行った。結果、種間による差を見ることが出来た。また種が不明であった物の種を結果から推定することが出来た。

II はじめに

アブラナ科には特有の辛味がある。これはアブラナ科特有のカラシ油に含まれているイソチオシアネートという物質の効果である。このイソチオシアネートをグルコシノレートから作り出す作用を持っている酵素がミロシナーゼだ。

私たちはアブラナ科特有の配列であるミロシナーゼ配列に興味を持ち、またミロシナーゼ配列のイントロン部分での長さの差はどれほどものか調べるためこの PCR 実験を行った。

そのため同じプライマーで複数の種の PCR を行うため、mRNA 配列 (*napus* 以外ゲノム情報はなかった) から 20 塩基以上全く同じ塩基配列の配列を探し出し、その共通部分からプライマーを設計した。

当初はアブラナ科全体で使うことの出来るプライマーを設計しようと考えたが、20 塩基以上の共通部分が見つからず、アブラナ科アブラナ属の植物に絞って実験することにした。

III 実験の基本情報

使用したプライマー：Forward: 5'-CTTTTCGAGGAGTGCATCTATG-3'

Reverse: 5'-GCGAGTTGCAAAGCTGATG-3'

使用した DNA データベース (DNA データベースは NCBI から手に入れた。)

- NM_001315867.1 Brassica napus myrosinase (LOC106382674), mRNA (セイヨウアブラナ)
- EU004075.1 Brassica oleracea myrosinase mRNA, complete cds (キャベツ、ブロッコリー)
- AY014960.1 Brassica juncea myrosinase mRNA, complete cds (カラシナ)
- XM_009131664.2 PREDICTED: Brassica rapa myrosinase (LOC103854699), mRNA (ラパ)

使用した PCR 酵素： タカラバイオ EmeraldAmp® PCR Master Mix

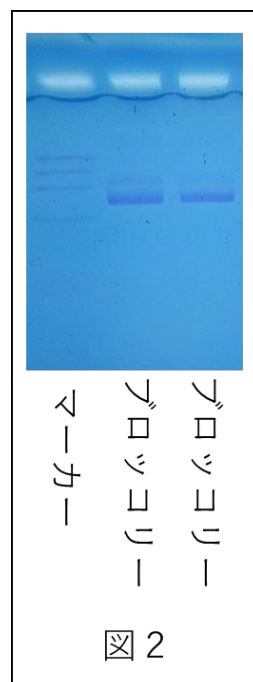
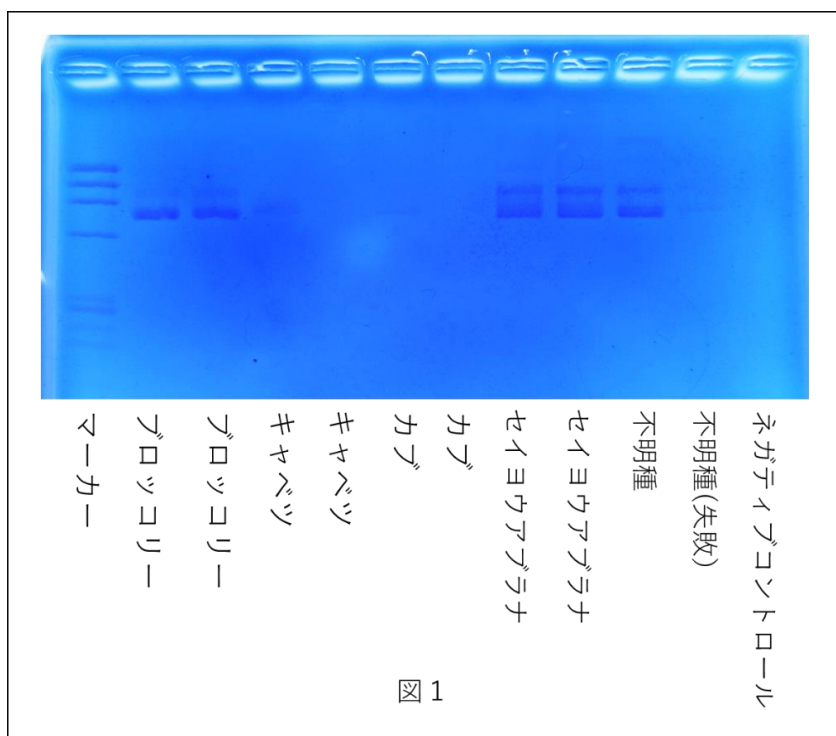
使用したマーカー： タカラバイオ φ X 174-Hae III digest

PCR プログラム：

94°C 1分+「94°C30秒—57°C (55°C) 30秒—72°C45秒」×35 サイクル+72°C 5分

Primer-BLAST でのセイヨウアブラナの DNA で増幅されると予想された塩基数：787bp

IV 結果



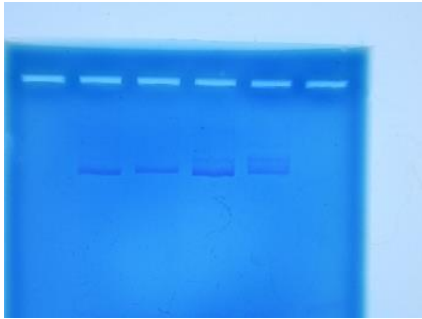
複数のバンドを確認することができた。この実験を数回行ったが、再現性はあった。

表の数値は、バンドとマーカーを目視し、何 bp 付近にバンドが見られたということ。

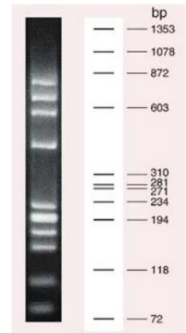
() は薄いことを、(()) はかなり薄く、かろうじて見える程度であることを示している。

	ブロッコリー	キャベツ	カブ	セイヨウアブラナ	不明種
バンド 1	780bp	(780bp)	(780bp)	780bp	780bp
バンド 2	920bp			930bp	930bp

バンド 3	((1300? bp))			1300bp	1370bp
バンド 4	(2000bp 以上)			2000bp 以上	2000bp 以上



←左からブロッコリー、キャベツ、カブ、菜の花
バンド1の微小なずれを確認できる。



V 議論

予想していた 787bp 付近にすべての種（カブとキャベツは見えにくい場合や確認出来ないこともあった。）でバンドが確認されていることから、プライマーが予定通りの塩基に結合し、ミロシナーゼ配列が増幅しているものと思われる。種によりバンドの位置はかなり微小ではあるがずれていた。塩基情報から調べたところ、すべての種で配列のエキソン部分の塩基数は 408bp と差がないため、この差はイントロンの長さの差によるものだと考えられる。

またブロッコリーとキャベツが同じ種であるにも関わらず、バンドに差が出た。（キャベツの方のバンドが出にくかった。）

また予想していたよりも長い塩基の配列のバンドも確認された。（結果、バンド2~4）このバンドはプライマーが予想していた配列と違う配列にミスアニーリングして増幅したと考えられる。今回ミロシナーゼという酵素の配列上でプライマーを設計したため、酵素には似ている配列が多らしく、他の酵素の配列にミスアニーリングしたのではないかと、私たちは考えた。

また不明種は、セイヨウアブラナとバンド3以外、すべて同じ塩基数のところバンドが出ている為、セイヨウアブラナとは全く同じ種ではないものの、かなり近い種であると考えられる。

VI 実験方法

1、DNA 情報（FASTA）の入手と共通部分の調査

（国立生物工学情報センター）からセイヨウアブラナ (*Brassica napus*) のミロシナーゼのゲノムの情報とブロッコリー、キャベツ (*Brassica oleracea*)、カブ、アブラナ (*Brassica rapa*)、カラシナ (*Brassica juncea*) のミロシナーゼの mRNA の情報を入力する。セイヨウアブラナはゲノムは調べられていたが、その他のキャベツ、カブ、カラシナは mRNA 情報しかなかった。そのためイントロンの長さは分からない。

入手した DNA 情報を Clustal Omega というサイトで 20 塩基以上の共通部分を調べた。

2、プライマーの設計

SnapGene というアプリケーションにセイヨウアブラナの FASTA 情報を読み込ませ、その上にセイヨウアブラナのエキソン情報と他のアブラナ属との共通部分を入力し、共通部分からプライマーを設計した。NCBI BLAST でプライマーが標的ではない配列にくっつかないかをチェックし、ThermoFisher でプライマーに不具合がないか調べた。

3、DNA 抽出

サンプルの植物（芽など細胞の密度の高そうな部分を使用）を on ice で乳鉢と乳棒ですりつぶし青汁状態にし、界面活性剤を加え、2mol/l 食塩水を加えた。かき混ぜた液をろ過し、スクリーユ瓶に入れる。スクリーユ瓶に 100%エタノールを静かに添加し静置した。

（エタノール層④と食塩水層⑤の界面に白いモヤモヤができ、時間が経つとモヤモヤがエタノール層上部に浮上する。）

スポイトで食塩水層を除去し、モヤモヤ（DNA が含まれている）をガラス棒で回収し、エタノールを蒸発させた。その後 TE10ml に溶かして保存した。（この方法は、サンプルの DNA 量が多い時に用いる。植物はサンプルを回収し易いため、この方法を使用した。）

3、PCR

反応液（EmeraldAmp® PCR Master Mix、プライマーを含む）9 μ L、DNA サンプル 1 μ L を PCR チューブにいれ、PCR をかけた。プログラムは実験基本情報の通り。

4、電気泳動

アガロースゲル 3.0%のゲルを使用。ウェルに PCR した後の液をマイクロピペットで入れた。電気を流して泳動した。（DNA はマイナスに帯電している為プラスに動く。）約 40 分で端まで達した。

VII 終わりに

この実験は、平成 30 年度の冬に T 先生が僕に PCR をしないかと声を掛けていただき、PCR や DNA に興味を持ち始めていた僕は是非したいということで、この実験を始めることにしました。僕はプライマーの設計の仕方などは全く分からず、科学部 OB の司先輩に NCBI から FASTA 情報の入手の仕方から教えて頂きました。T 先生のご協力もあり、PCR の実験までこぎつけることが出来ました。

この実験がきっかけでより DNA、タンパク質、RNA、エキソン、イントロン、エピジェネティクスなどに興味を持つようになりました。このような実験を提案して下さり、実験のときは常についていただいた T 先生と一から教えていただいた T 先輩には感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。

VIII 参考文献

<http://www.ncbi.nlm.gov>

<http://www.snapgene.com>

<http://www.bionformatics.ni>

<http://www.ebi.ac.uk>

<http://www.thermofisher.com>

IX 協力

O 先生 T 先生 T 先輩 N 先輩

ハムスターの生活リズムと体内時計について

カルス体内時計研究班

1、はじめに

多くの生物は体内時計(概日リズム)を持つ。体内時計はちょうど 24 時間周期ではないと聞いたので興味を持ち、研究してみた。その実験対象として、ペットショップで手に入れやすいハムスターを選んだ。



体内時計とは、ほとんどの生物に存在する約 24 時間周期の生理現象で一般に概日リズムともいう。内在的に形成されるものだが、光や温度などの外界からの刺激によって修正される。この刺激をなくすことによって、内在的に形成される体内時計の周期がわかる。

2、実験方法

概日リズムを調べるために装置を作成した。(図 1-1)のように赤外線距離センサーと Arduino(図 1-3)とパソコンをつなげ、回路を組んだ。赤外線距離センサーの前にハムスターがいなければ赤外線はケージの奥の面に反射し、赤外線距離センサーはケージの奥行きを示す。赤外線距離センサーの前をハムスターが通過すると赤外線はハムスターに反射し、赤外線距離センサーはケージの奥行きより短い長さを示す。(図 1-2)ハムスターがゲージの中を動き回っていると赤外線が何度もハムスターに反射する。5 分ごとに回数を計測する装置を作成した。

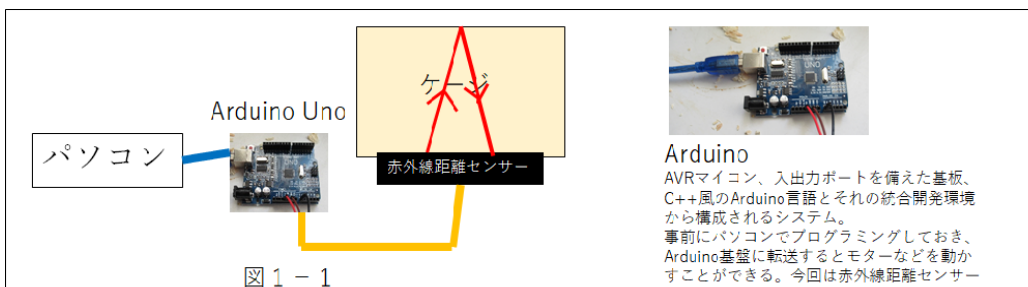


図2 プログラム

5分間に赤外線距離センサーがケースの奥行きよりも短い距離を示した回数をカウントし、時刻と共にその回数を表示する。

```

1 const int InputPin = A0;
2 const int standardValue = 17; // ← 基準値
3 int lastV = 0, lastV = -1, TempTimes = -1;
4 float Voc = 5.0;
5 float Value;
6 unsigned int h, m, s;
7 unsigned long ts;
8
9 const unsigned int starttime = (16 * 3600 + (4) * 60); // ← 測定開始時刻
10 // 時 分
11 void setup() {
12   Serial.begin(9600);
13 }
14 void loop() {
15   Value = 26.549 * pow(Vcc * analogRead(InputPin) / 1023, -1.2091);
16
17   ts = starttime + (int)(millis() / 1000);
18   h = (int)(ts / 3600);
19   m = (int)((ts - h * 3600) / 60);
20   s = ts - h * 3600 - m * 60;
21
22   switch(1){
23     // ↑ この数字を 1 か 2 に変更することで下の動作を選択する。
24     case 1:
25       // 標準値(現在の値をリアルタイムで表示)
26       Serial.print(h);
27       Serial.print(":");
28       Serial.print(m);
29       Serial.print(":");
30       Serial.print(s);
31       Serial.print("\n");
32       Serial.print(Value);
33       Serial.print("\n");
34       Serial.print(TempTimes);
35       Serial.print("\n");
36       break;
37     case 2:
38       // 測定用(5分間に、5分間の標準値を切った数を表示)
39       if((lastV >= standardValue && Value < standardValue){
40         TempTimes++;
41       }
42       if(m % 5 == 0){
43         Serial.print(h);
44         Serial.print(":");
45         Serial.print(m);
46         Serial.print(":");
47         Serial.print(TempTimes);
48         lastV = m;
49         TempTimes = 0;
50       }
51       lastV = Value;
52       break;
53   }
54   delay(100);
55 }

```

3、結果と考察

(1) 暗室での体内時計を調べる

体内時計を調べるために、恒温機(温度 18 度、暗室、音一定)に入れ、外部からの刺激を出来るだけ減らし、昼夜がわからないようにした環境下で 6 日連続、実験を行った。図 4-1 のグラフは結果を示しており、図 4-2 のグラフは考察を示した。グラフの黒い時間帯は活動を示し、棒グラフの棒の長さが長いと活動が活発なことを示している。

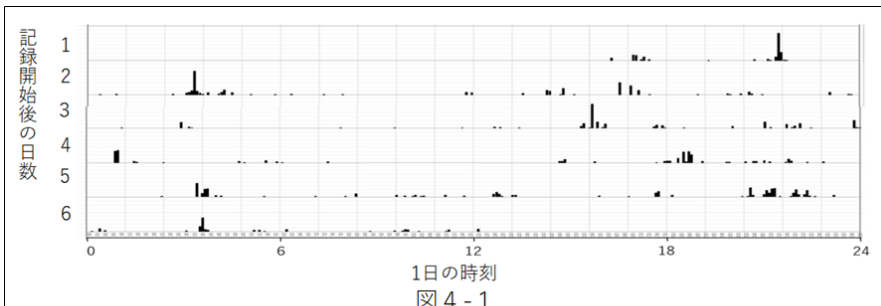


図 4-1



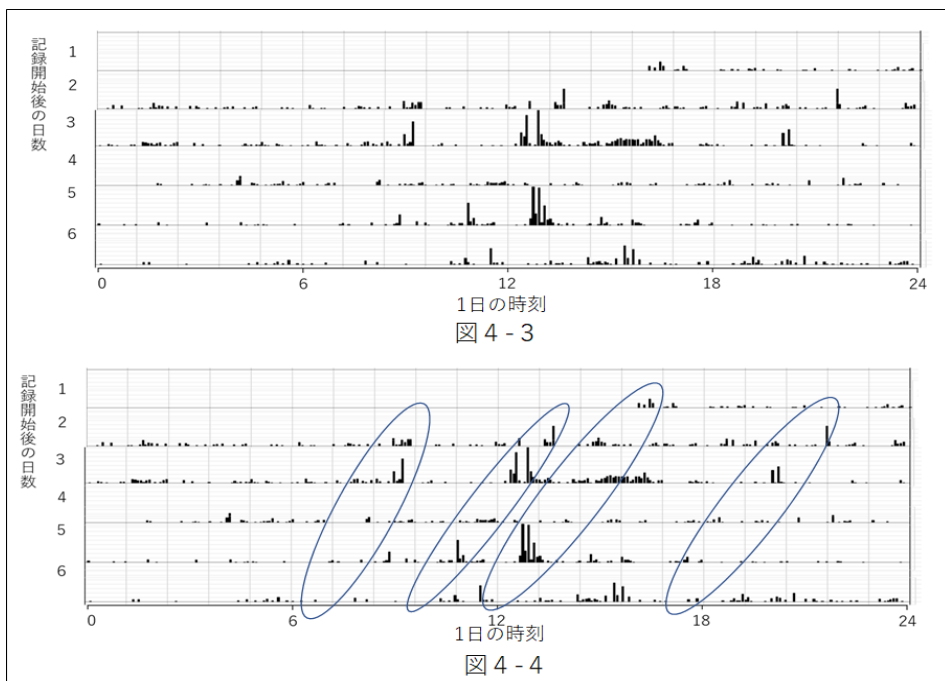
<考察>

1日に活動が活発な時間帯が5回あった。(図4-2)のグラフに楕円で示した。

1つ1つの活動が活発な時間帯がずれており、これよりハムスターの体内時計が24時間周期ではなく、23時間前後だと考えられる。

(2)光が常に当たっている状態での体内時計

(1)と同じ恒温機に蛍光灯1個を付けて(温度一定、音一定、蛍光灯1個分の光)体内時計を調べた。図4-3のグラフは結果を示しており、図4-4のグラフは考察を示した。グラフの黒い時間帯は活動を示し、棒グラフの棒の長さが長いと活動が活発なことを示している。



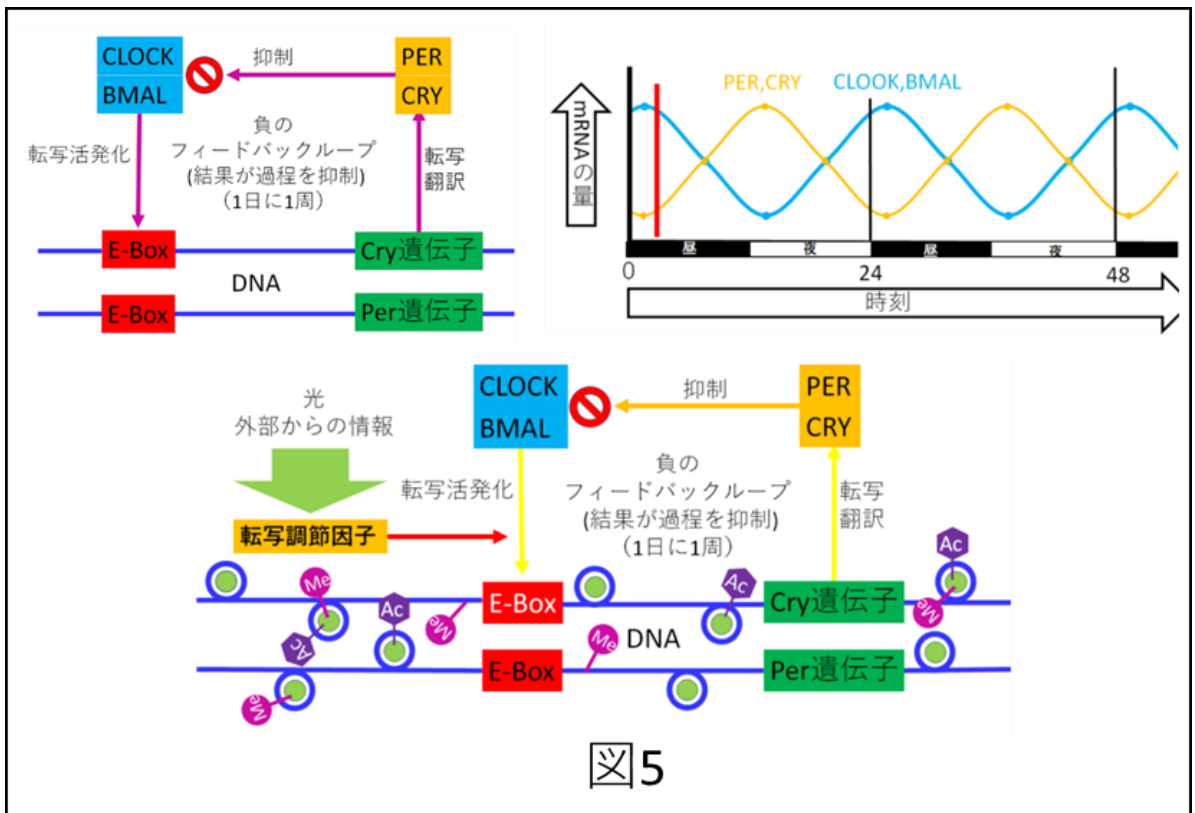
<考察>

ハムスターの体内時計が蛍光灯1個分の光の下では24時間周期ではなく、23時間30分前後だ

と考えられる。そして(1)、(2)より光をあてると体内時計が長くなると考えられる。しかしデータには信用できないところもあるので実験を進めたいと思う。

4、体内時計の仕組み

哺乳類の体内時計には主にクロック(CLOCK)、ビーマル(BMAL)、ピリオド(PER)、クリプトクロム(CRY)という4つの酵素とDNAがかかわっている。図5の左上のようにクロックとビーマルがE-Boxを通じてDNAの転写を活発化させ、ピリオドとクリプトクロムを増やす働きがあり、またピリオドとクリプトクロムはクロックとビーマルを抑制する働きがある。この働きにより酵素の相対的な量が図5の右上のように推移する。この周期が一周すると体内時計が一周したことになる。このように結果が過程を制御する周期のことを負のフィードバックループ(シカとオオカミの関係)と言う。しかしこれだけだと誤差が出るので図5の下のように外部からの情報を反映する転写調節因子やDNAのメチル化、ヒストンのアセチル化、メチル化などで補正する。これによって体内時計は形成される。



さて少し難しい話になるが、時計遺伝子を調べる方法と、昆虫や植物の体内時計についてお話ししようと思う。

①時計遺伝子を調べる方法

mRNA の相対量が知りたい訳ですので、1 日に数回サンプリングをし、逆転写し cDNA を作り、定量 PCR にかけるという方法がある。時間によって mRNA 相対量を追いかけることによって、時計遺伝子の解明に近づく。この実験を ELCAS 個人型で行わせていただいている。

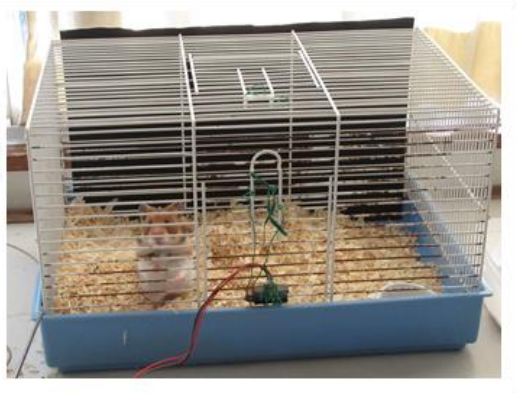
②昆虫の時計遺伝子

昆虫のモデル生物と言えば、ショウジョウバエ。昆虫では初めてショウジョウバエで体内時計が確認された。(昆虫では、BMAL を cycle と呼ぶ。しかしショウジョウバエの時計遺伝子は昆虫の中でも珍しいものだと後になって分かってきた。CLOCK、cycle を抑制する役割を持つ酵素がキイロショウジョウバエでは、timeless と period を使っているのに対し (キイロショウジョウバエは植物型クリプトクロムを持つ)、多くの昆虫が timeless、period そして動物型クリプトクロムを持っている。またややこしいことにスズメバチは timeless を持たないのである。この話を聞いていると体内時計にはまだまだ分からない事がありそうだと感じる。

5、おわりに

K が中学 3 年の後半、体内時計の実験をしようと思ったのは、以前科学部で OB の S 先輩にマングローブスズの体内時計のお話をしていただき、体内時計に興味を持っていたからだ。そしてこの実験を始めるにあたって 1 番苦労したのは装置の作成だった。電子工作部の M 君のおかげで何とか実験までこぎつけることが出来た。しかし数回良いデータが取れたものの (静かな長期休暇中に取れました)、ハムスターが物音のせいで動いたり、PC の調子が悪くなったり (負担のかけすぎで 1 台壊してしまいました。)、ハムスターの調子が悪くなったりと、なかなか上手くいかなかった。この実験はぼくに実験結果が出た時の喜びと、実験の難しさを教えてくれたものであった。

使ったハムスター
ゴールデンハムスター
(*Mesocricetus auratus*)
動物界 脊索動物門 哺乳綱
ネズミ目 (齧歯目) ネズ
ミ上科 キヌゲネズミ科
キヌゲネズミ亜科
体重：94.1 g
性別：♂



6、参考文献

佐藤綾

『潮間帯に生息する地表性昆虫の活動リズムと体内時計』(2009 The

高木孝頼	『みんなの Arduino 入門』
産業技術総合研究所	『きちんとわかる時計遺伝子』
沼田英治 北隆館	『昆虫の時計』

7、共同研究者

M S T N、S、T、H、M

8、協力

N 先生 O 先生 N さん I さん T 先生 M 先生 N 先輩 S 先輩
T 先輩 電子工作部

骨格標本の作製とその考察

T

● 必要なもの

作製にあたって必要なものは以下の通りです。動物（生きてない方が望ましい）、針金、接着剤、メス、ピンセット、ビニール製の手袋、マスク、入れ歯洗浄剤、エタノール、プラ製の容器、あと死んだ動物を入れても問題の無い冷凍庫です。ピンセットは魚の骨を抜く用の先の曲がった小さいものがおすすめです。

◆ モグラ コウベモグラ *Mogera wogura* 哺乳綱トガリネズミ目モグラ科モグラ属

● 入手方法

なかなか都合のいい生物の死体は手に入りません。今回の場合は何故か校内の廊下を歩いていたモグラを用いました。かなり衰弱しており捕獲して数時間後には死亡しました。手に入れたモグラは消毒のために適当に薄めたエタノールに一晩浸けておきます。通販などで手に入れたものに関してはすでに消毒されてある、もしくは無菌状態で飼育してあるので、この作業は必要ないです。その後冷凍庫で冷凍保存します。これで好きな時に作業できます。

● 解体作業

腐敗の進行度によって違いますが、かなり生臭い匂いがするのでマスクとビニール製手袋をつけて作業します。まず流水や温水で解凍します。解凍したモグラは腹側の毛皮をメスで慎重に切っていきます。内臓を傷つけない為に胸からメスをいれて肛門の方まできりま

す。この時誤って内臓を傷つけてしまうとかなりの悪臭がしますし、後処理も大変なので注意しましょう。

肋骨や内臓が露出したらメスで胴体から皮を切り離していきます。この時のコツは皮と内臓を包む膜をつなげる結合組織（だと思ふ）のをメスで丁寧に切ることです。内臓は肺と心臓以外は全部つながっているので食道を切ってから少しずつひきだしていきます。後脚は指で股関節を探ってメスで靭帯を切断して骨盤から切り離します。この時も胴体と同じように皮を剥がしていきます。脚の先は難しいので皮は切って脚側に残します。前脚は背面の肩甲骨と胸部の鎖骨で胴体に付いています。このとき写真を撮っておくとあとから組み立てる時に便利です。まず肩甲骨を胴から切り離します。モグラの場合筋肉に埋まっていますが、靭帯を順番に切断していきます。靭帯は赤っぽい筋肉に対して白く見えるのでわかりやすいです。鎖骨も同じように靭帯を切断していきます。ここでも後脚と同じように皮を剥いていきます。尾も脚の先と同じように皮を剥がさず、切って体側に残します。これで皮は頭のみと繋がっているはずですが、皮と頭蓋骨の間にメスをいれてゆっくり剥がしていきます。

この時下顎がはまっている頬の骨が細く壊れ易いので要注意です。皮を剥がしたら頸骨との間の靭帯を切断して頭蓋骨を切り離します。

これで解体は完了です。これらの作業は一度に全てやる必要はなくその都度冷凍します。



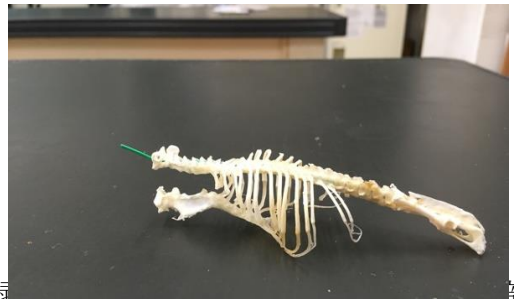
● 徐肉作業

まずはメスを使って大まかに肉をそいでいきます。四肢は粗方筋肉を外したら関節の靭帯を切ります。胴体は全て繋がったままで掃除します。胸骨の軟骨もなるべく残します。ある程度綺麗にしたなら市販の入れ歯洗浄液の出番です。これは酵素入りのものを使いましょう。これに骨を一晩から数日浸けておきます。この薬品はタンパク質の分解や消毒、消臭、漂白の効果があるので非常に効果的なので、次の日には細かな肉が白く柔らかくなり

ます。あとは分解しきれなかった筋肉の筋をピンセットで剥がしていきます。しかし残した肉の量が多い場合は普通に腐る事もあるので注意しましょう。また入れ歯洗浄液を使い過ぎると骨が溶けて薄くなってしまいますので注意しましょう。頭骨も同じようなことをしていきます。下顎は二つに分かれるのでそれぞれ綺麗に掃除します。作業中の骨は使い終わった入れ歯洗浄液に入れても大丈夫なのですが長期保存する場合は薄めたエタノールに保存しておきましょう。綺麗に肉が取れたら直射日光を避けて乾かします。

● 組み立て

発泡スチロールの箱と昆虫標本に使うようなピンを用意します。骨同士をピンで発泡スチロールに固定しながら瞬間接着材でつけていきます。ここはネットで骨格の写真などを見ながら気合いでするしかないです。

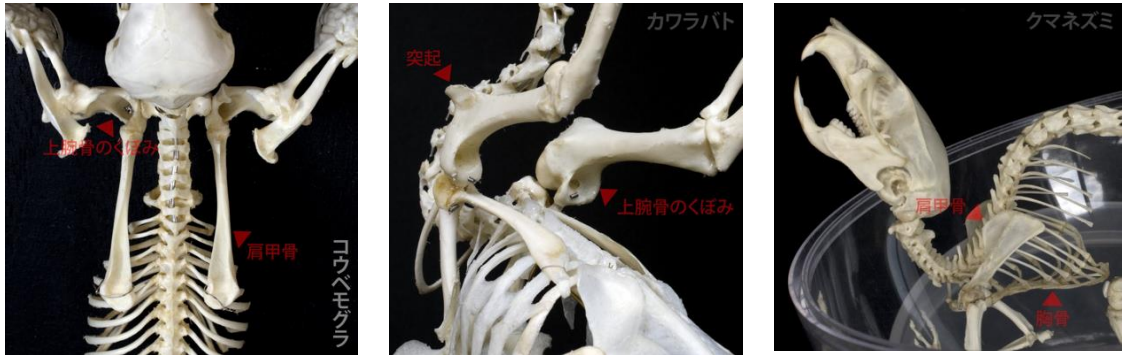


私は取柄モグラの骨が入った時は骨が細いので剥がしていきながら、骨が特殊な形状をしていることに気づき、骨格標本の作製にいたったわけです。そして作製しているうちに疑問が生まれました。そしていろいろ調べていくうちにそれは確信に変わりました。それは以前骨格標本にしようとして断念した鳥類の骨に類似する部分があるということです。以下の写真はネット上にあったものであり私が撮ったものでは



左はコウベモグラ、右はカワラバトのそれぞれ胸骨の写真です。鳥類の竜骨突起は有名ですが、驚いた事にモグラの胸骨にも突起があり大きな筋肉があったという事がわかります。あとにも写真がありますが、ネズミなど他の哺乳類ではここまで隆起していません。

左から順にコウベモグラ、カワラバト、クマネズミのそれぞれ肩甲骨の写真です。見てわかる通りモグラの肩甲骨は哺乳類のネズミの幅広いものより鳥類の細長いものとよく似ています。またくぼみのある複雑な形状の上腕骨ということも共通しているそうです。解剖している時に他の哺乳類と違いかなり肩に筋肉があった記憶があります。これが細長い理由かなと思っています。



左から順にコウベモグラ、ウミスズメ、ハツカネズミの骨盤です。モグラの癒合した骨盤は鳥類の物に似ています。他にもモグラは手の面積を増やす目的で手首の骨が6本目の指のように発達していたりとかかなり奇妙です。おそらく地中の生活に適応するためにこのような興味深い姿になったと思われます。

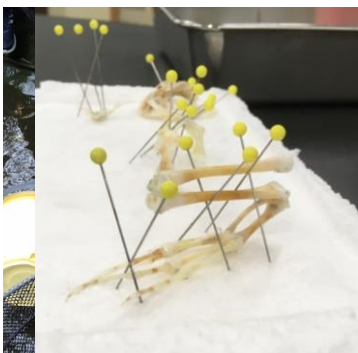
◆ カエル

● 入手方法

校舎の裏の池の掃除中に発見しました。その後速やかにエーテルを満たした容器に閉じ込めて死んでもらいました。

● 製作

基本的なところはほとんどモグラの場合と変わらないのでモグラと違うところのみ挙げましょう。両生類なので皮の質がかなり違って強く引っ張ればメスなど使わなくとも簡単に皮を剥げます。他には、骨の脱色が難しく、モグラと同じ方法でやっても骨の色が抜けなかったのでアセトンに1時間半浸して脱色を試みたのですがあまり効果はありませんでした。



た。哺乳類と両生類では少し骨や骨にたまる脂肪の質が違うのかなというところです。

● 考察

哺乳類と比べると両生類の骨格の特徴が見えてくるのではないかと思います。哺乳類は両生類より陸上に適応しているので骨格がより発達しています。頭骨は一つの骨ではなくていくつかの骨が集まって出来てるのですがカエルの頭骨は哺乳類のものとは比べて骨同士の接続が甘く感じました。胸骨を構成する骨も哺乳類とは様子が違いました。具体的には鎖骨や肩甲骨になるような骨が両生類では小さく未発達でした。骨自体も質感が違っていてより魚の骨に近い感じです。また他にも肋骨がない点や骨盤や背骨が比較的単純な点など



哺乳類の精巧な骨格とは相違点が多く見られます。

◆ カイウサギ 哺乳綱ウサギ目ウサギ科アナウサギ属

● 入手方法

ペットのヘビ用のエサとして冷凍されているものを通販で入手しました。これが最も簡単に哺乳類を手に入れる方法です。

● 製作

中型の哺乳類でも基本的なところは小型のものと変わりません。しかしスケールが違うので小型哺乳類と完全に同じ方法では上手くいきません。私はそれで失敗しました。具体的にはポリデントに漬けるタイミングです。小型の哺乳類は筋肉の量が少ないのである程度ピンセットとメスでとってしまえばあとはポリデントに突っ込んでしまえばなんとかなります。しかしウサギの場合はそう行かなくてかなりしっかり肉を取らないと一晩つけただけでは綺麗にならず何回も漬ける必要がありました。しかも一度つけてしまうとぬるぬるになってメスなどで作業しにくくなります。そうするとまたポリデントに漬けるしかなく、かなり時間がかかりました。そのおかげでタンパク質はなんとか溶けたのですが繊維質のもの、おそらく糖タンパク質とかの一種だと思うのですがそれが骨に残ってしまいました。

またモグラとは違って肋骨や背骨を完全にバラバラにする必要があります。そうしないと骨が綺麗になりません。なので骨の管理が重要になってきます。例えば肋骨ではタコ糸を用意して順番につなげるのもありですし番号のついたテープを貼ってもいいでしょう。それでも手根骨などの細かい骨はなるべくバラバラにせず置いておきます。完璧には綺麗にはなりません。細かすぎて元に戻せる自身がないのでこうしています。このへんはまだ手探りです。



● 考察

みなさんウサギとネズミの違いって何だと思いませんか？ 耳の長さですか？ これは間違いです。同じウサギ目のナキウサギの耳は短いですし、砂漠には耳の長いネズミ目もいます。では脚の長さですか？ これもナンセンスです。

トビネズミの仲間がウサギ以上に長い脚で砂漠を自由に駆け回ります。

違いの一つは門歯です。門歯とは簡単いうと前歯のことです。

ネズミやウサギなどの植物食の哺乳類はこの歯で草や枝を噛み切ります。

ネズミの門歯は一重なのに対し、ウサギは上顎の門歯が二重になっているのです。つまりネズミは上下左右1対ずつ計4本の門歯を持ち、一方ウサギは上左右2対下左右1対の計6本持ちます。このことに研究者が気づくまでウサギはネズミ目として分類されていました。これは両者は別の系統の哺乳類だということです。

もう一つの違いは鎖骨の有無です。我々ヒトには当たり前に首元にある一対の骨。なんとウサギにはないのです。ウサギどころか四足歩行をする多くの哺乳類、たとえばウマ、イヌ、ウシ、ゾウにはありません。一方でネズミをはじめとしてサルやコウモリには鎖骨があります。僕はネズミとウサギの大きな違いはここにあると思っています。リスを含めネズミ目の動物は前足を器用に使ってものを掴むことができます。前足の指は長く、肉球は発達していなく手としてつかうのに適しています。これは我々サルも同じです。鎖骨がある生き物は前足を手として使うことができます。鎖骨は前足を腹側から胴体に固定する役割を担っています。これにより前足が安定します。鎖骨がない哺乳類は前足は筋肉

で繋いでるだけなので半ば宙に浮いたような状態です。これでは前足を精密に動かすことはできません。鎖骨がしっかりと胸骨に前足を固定することが前足を手として使うことを可能にしています。コウモリが鎖骨を持っているのも同じ理由でしょう。前足の安定なしにあのような精密な飛行はありえないでしょう。鎖骨があるということは樹上性の哺乳類の特徴だそうです。木の上で枝を掴むために発達したのでしょうか。

では鎖骨のない哺乳類はどうでしょう。彼らは四足歩行する走行性の動物です。草原を駆け回ることに適しています。四足歩行のメカニズムは後足から始まります。後足で地面を蹴ることによって力が骨盤と背骨に伝わって体が前に進みます。一方前足は後足によって体の着地に使われます。その時に鎖骨があると困るわけです。前述したように鎖骨は前足を胴体に固定しています。そうすると着地した時の衝撃がダイレクトに骨を通して体に伝わります。しかし鎖骨がないと前足は筋肉で繋がっているだけで骨は宙ぶらりんの状態です。これが走行時の衝撃を和らげます。なので走ることに適応したものは鎖骨が退化しました。

話をウサギとネズミに戻します。つまりウサギはネズミより草原で走ることに適した種ということです。実際ウサギの前足の指は短く、肉球が良く発達しています。四足歩行のための適応です。肉球もまた着地時の衝撃を吸収する役割があります。よく考えてみればウサギがエサなどを手に持って食べてる姿を見たことはありません。

これはそういうことだったんですね。

◆ タヌキ 哺乳綱食肉目イヌ科タヌキ属

● 入手方法

池で溺死していた2匹のタヌキを入手しました。それを部員総出でその日のうちに解体して冷凍しました。

かなり状態が良かったです。

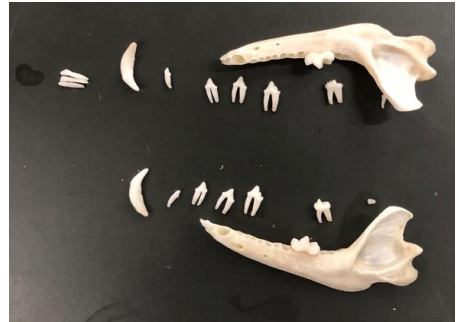


タヌキの一般的な入手方法として交通事故で轢死したものをを用いるというのがあります。しかし大抵、頭蓋骨が陥没していたり内臓が破裂していたりと状態が悪いことが多いです。

● 製作

前述の通り新鮮な死体だったので解体作業は順調に進みました。徐肉作業はウサギのことがあるのでかなり慎重に行いました。方法も変更して、毛皮をとって四肢を外したあとに鍋で煮込んでみました。

これをすると肉に火が入って柔らかくなるのでかなり作業が楽になります。とくに中型の哺乳類の標本を作るときはかなり有効だと思います。加熱すると骨が傷むということも聞いたのですがやってみました。結果としてはかなりの時間短縮になって骨も完全に綺麗になりました。しかし問題もありました。加熱しすぎたためか手や足の細々とした骨が完全にバラバラになってしまったのです。



ヒトでいう掌にあたる位置には手根骨や中手骨と呼ばれる小さな骨がたくさん集まっています。もちろん前足だけではなく後足にも同じような細かな骨があります。それがほとんどバラバラになったのですからまさに地獄です。どれが前足でどれが後足なのかもわかりません。最終的にはネットの画像を見ながら勘と経験でなんとなく組み立てました。

今度するときはお茶パックのようなもので小分けして慎重に加熱すると心に決めました。脱色はウサギよりも上手くいきました。とくに頭骨と背骨は乾燥させると理想的な白骨に仕上がりました。鍋で煮込んだことによって骨の中の脂質が溶け出し易くなったのではないかと考えています。まだ執筆の時点で完成はしてないのですが、文化祭までには出来上がっていると思うのでよろしくお願いします。

● 考察

最初に解体するときに2匹ともタヌキにしては小さいなと思いました。実際骨を見てみると幼体の特徴がありました。彼らが未成熟な個体だと確信したのはその歯を見たときでした。大臼歯（奥歯）が完全に生え揃っておらず、ヒトでいう親知らずのように下顎の一番奥の歯が少ししか生えていませんでした。また左右でも大きさが違っていました。親知らずのようなシステムは哺乳類で共通なのでしょうか。

もうひとつは頭骨です。成熟した頭骨と比べると未成熟の個体の後頭部や側頭部に波のような模様がついていました。これは実物をみるのが一番わかりやすいのでぜひ生物室の展示で見てください。

- タヌキに関してはもう一つの方で剥製も作っております。剥製は骨格標本と違って皮を完全に残す必要があります。そのために皮下脂肪をメスでとります。そのあとにミョウバン

と樟脳を混ぜたものを塗布して縮まないように釘などで板に固定して乾燥させます。中身は針金で骨組みを作ったあとぬいぐるみの容量で綿を巻きつけて生きていた時と同じように形を整えます。頭骨や足の骨はそのまま使います。最後は糸で縫い付けて完成です。

◆ まとめ

動物の骨格は僕たちにたくさんの事を教えてくれます。骨を見るとその動物がどうやって歩いているか、何を食べているのか、すでに成熟した個体なのか、どの動物と類縁関係があるのかかなど多くの情報を秘めています。またただ博物館へ行って標本を眺めるだけではなく、実際に本物の動物から自分の手で作るということに意味があると考えています。肉を取る為にピンセットを片手に色々骨をいじることによって、骨の形や筋肉の位置、腱のつき方など製作者じゃないと知り得ないことを深く知ることができます。しかしどんなに骨格が素晴らしい情報を載せた参考書でも読み方がわからないと意味がありません。僕たちはもっと精進する必要があるということです。最後までお読みいただきありがとうございます



いました。

ハツカネズミとアカミミガメの骨格標本

2年A組 S

初めまして。哺乳綱サル目ヒト科ヒト属ヒト(*Homo sapiens* Linnaeus,1758)の^{きかの}阪野です。部誌を書くのは初めてなので、下手な文章になってしまうかもしれませんが、お許してください。また、一部のお客様の気分を害する場合がございますので、解体中の写真は掲載しておりません。

●ハツカネズミ (*Mus musculus* Linnaeus,1758)の骨格標本の作成

①必要なもの

ハツカネズミ (生きていない方が望ましい)、メス、ピンセット (魚の骨を取る為の先の曲がったものがおススメ)、解剖ばさみ、柄付き針、バット、エタノール(C₂H₆O)、酵素入り入れ

歯洗浄剤、マスク、ゴム手袋、ビーカー（またはプラスチック製の容器）、過酸化水素水、針金、接着剤、死体をいれてもいい冷凍庫

①生物の入手方法

滅多にきれいな死体には出会えません。今回は爬虫類の餌として通販で売られていたものを使用しました。おそらく数年前に購入ししばらく冷凍庫に眠っていたものです。普通は死体には雑菌や寄生虫、ウィルスが付着しているので、エタノールで消毒しますが、通販で販売されているものは無菌状態で飼育もしくは死体の殺菌をしてくれているはずなのでこの作業は行いません。死体が手に入ると、冷凍保存します。

②解体作業

まず、においに敏感な方はマスクをつけましょう。怪我の防止のため、ゴム手袋は必須です。まず、流水で解凍し、腹側の胸骨あたりの毛皮をメスと解剖ばさみで慎重に切り、そこから口と肛門まで切ってください。内臓を傷つけると悪臭がしますし、片付けが大変です。

肋骨と内臓が露出すると皮を切り離します。内臓は肺と心臓以外は繋がっているので食道と横隔膜を切って引き出します。後ろ脚は寛骨と大腿骨の間の靭帯を切り、外します。足先の皮膚は難しいので脚側に残します。前脚は肩甲骨と鎖骨で胴体についています。まず肩甲骨を外します。肩甲骨は肋骨に乗っているだけなので簡単に外せます。鎖骨は靭帯を切ってからです。皮膚については後ろ脚と同じです。ネズミの尾は細いので、皮膚は剥がさずに残します。さあ、最後に頭蓋骨。皮膚を慎重に剥がします。頬骨が壊れやすいので注意しましょう。最後に靭帯を切って第一頸椎と切り離します。解体は以上です。作業を終えたら、冷凍庫に入れましょう。

大型動物の場合は、ここで加熱をすることもあります。小さなネズミだったので、しませんでした。

③除肉作業

まずはメスで大まかに筋肉を削いでいきます。脚は全て、だいたい筋肉を外すと関節の靭帯を切ります。ここでバラバラになると復元が大変なので（タヌキで実際にそうになりました）、写真を撮ることをお勧めします。胴体は全てつなげたまま作業をします。肋骨と胸骨をつないでいる軟骨は、僕は外す派ですが、外さなくてもいいです。綺麗になったら、“酵素入り”入れ歯洗浄剤を使います。必ず酵素入りのものをつかきましょう。

これには、蛋白質を分解し、消毒や消臭、漂白の作用があり、非常に便利です。これに1～3日つけておきましょう。そうすると、肉が白く柔らかくなります。後は残った筋肉や靭帯を剥がします。しかし、残した肉の量が多いと腐ります。また、この薬品を使いすぎると骨がとけ、薄くなることがあるので注意しましょう。頭蓋骨も同じように。上顎は、眼球や筋肉を外すと

入れ歯洗浄剤に入れ、その後柄付き針で脳を取り出します。下顎は、(一つの骨のはずですが)二つに分かれるのでそれぞれきれいにします。骨を長期間保存する場合は、薄めたエタノールに入れましょう。

きれいになった骨は直射日光を避けて乾かします。

④組み立て

ハツカネズミは小さいので脊椎に針金は通さず、水で湿らせて乾かすことで曲がり具合を調節します。四肢を組み立て、胴体に接着剤で接着します。頭蓋骨も同様です。ハツカネズミは骨が軽いので支えなどは必要ありません。展示ケースに入れて完成です。

※ちなみにぼくはこの段階で脚の骨を何本かなくし、紙粘土で代用しました。

●ハツカネズミの骨格に関する考察と感想

このハツカネズミは僕が班に入って最初の作製だったのですが、骨が小さく、解剖しにくかったです。写真を見ても分かるように、骨格が非常に小さく、小さな隙間からも倉に入り込め、世界中に分布を広げたと考えられます。



画像引用元
yaspecimenc.blog.fc2.com/blog-entry-205.html?sp

●アカミミガメ(*Trachemys scripta* (Schoepff,1792))の骨格標本の作成

①必要なもの

だいたいハツカネズミと同じです。変更点は、ハツカネズミ→アカミミガメ
追加で必要なものは のこぎり or 糸鋸、鍋、コンロ、お茶パックです。

①生物の入手方法

今回は学校付近の池で野生化していたものを捕まえました。アカミミガメは要注意外来生物なので移動が可能ですが、特定外来生物に指定されている生物は生きたものの移動が禁止されているので注意が必要です。ちなみに死んだものなら移動も可能です。

捕まえてきたものを冷凍庫で保存しましょう。そのうち凍死します。

②解体作業

まず冷凍していたカメを流水で解凍します。そして背中側の甲羅を背骨の少し横あたりでのこぎりで切断します。腹側の甲羅も同じ側を切断しましょう。この作業では新聞紙を敷くことをお勧めします。小さい方（背骨が入っていない方）の甲羅から皮膚や肩甲骨（烏口骨？）や寛骨をメスで切り離します。

次に、内臓を外します。カメの甲羅には筋肉はほとんど入っていないので、簡単に外すことができます。

③除肉作業

そして前後の脚を外します。脚の筋肉もだいたい取ると、鍋に水と一緒にに入れて煮込みましょう。脚の皮膚はそのままで。取り出す時間は、沸騰から5から10分です。これ以上やると手根骨や指骨がバラバラになるので注意しましょう。お湯から出して、皮膚と筋肉をほとんど外したら、“酵素入り”入れ歯洗浄剤の出番です。前回、ここでタヌキがバラバラになったので、四肢をお茶パックなどに入れることをお勧めします。2日くらいで取り出しましょう。このあたりで甲羅の表面を剥がしましょう。柄付き針を使うと、シール感覚で剥がせます。そして、頭蓋骨や頸椎も外し、頸椎は針金を通しましょう。頭蓋骨は、くちばしの表面を剥がし、鼻の軟骨を取り、柄付き針で脳をかき出したりして、綺麗にしましょう。

そして過酸化水素水に入れて漂白します。僕は部活の日程の関係で一週間以上浸けていましたが、真っ白になっていました。乾燥させるとさらに白くなります。

④組み立て

どこから始めても同じですが、僕は後ろ脚から始めました。写真などを見ながらまずは寛



骨を組み立て、大腿骨、脛骨と腓骨を接着剤で付けます。足の骨は先に組み立ててから付けます。前脚の前に、首と頭を付けましょう。首は予め甲羅に合わせて S 字状に接着し、本体に付けます。首を付けると前脚。肩甲骨（烏口骨？）を付け、上腕骨、橈骨と尺骨、先に接着した手根骨と指骨を付け、姿勢を整えます。木などの台に固定して完成です！

出典 <https://www.pinterest.de/pin/396598310926787327/>

●アカミミガメの骨格に関する考察と感想

初めての爬虫類の骨格標本を作りました。爬虫類の中でもカメは特殊な骨格をしていてまず肋骨がありません。そして甲羅があって、その中に肩甲骨（烏口骨？）があります。甲羅は肋骨が変化したものなので、極めて不思議な変化です。そして甲羅も、二重構造になっていて、外側の角質甲板と内側の骨甲板からできています。しかもこれらの境目は互いにずれており、一方が外れても他方は外れない、丈夫な構造をしています。ちなみに展示の骨格標本のカメは、角質甲板を剥がしています。剥がしていない方も置いているので、境目や質感の違いを感じてください。そしてアカミミガメは頭を甲羅に引っ込めることができます。

そのため頭骨と頸椎に特別な作りがあります。カメはこれほど防御に特化した動物なので

す。

生物の標本を作る際には、お亡くなりになられた動物に感謝して作りましょう。

ご精読ありがとうございました。

透明骨格標本作成

高 2 K

I 透明骨格標本とは

タンパク質を分解し、硬骨と軟骨をそれぞれ赤、青に染色する標本。骨格はあるが小さく「骨格標本」の作成が困難な小型魚類などの生物に特に有効である。本来は学術用だが、昨今はキーホルダーなどのグッズとしても注目を集めている。

II 制作方法

i ホルマリンに浸す

ホルムアルデヒド水溶液を希釈した「10%ホルマリン」液に個体を一日程浸す。

後の内臓除去、透明化以前の液、そして早すぎるタンパク質分解による見の崩れを防ぐ。

ii 内臓除去

内臓や皮膚、鱗などを除去する。

透明化の進行を早め、最終的に骨格を見やすくする。内臓の位置などを合わせて観察したい場合は残しても良いが、黒ずむ。



iii 軟骨染色

→→→

氷酢酸とエタノールの1:4の混合液を3つ、エタノールの濃度を99%→60%→30%にして作り、

アルシアンブルーを入れ、順に一日ずつ浸す。

アルシアンブルーは軟骨に多く含まれるムコ多糖類の一種、コンドロイチン硫酸などと結合して軟骨を青に染色する。

省略して99%のみでやっても一時はできたように見えるが、透明化の過程で青色が消えてしまう。(経験談) 濃度を変えて何度も浸すのは時間をかけて深く染色するためだと考察する。

iv 中和

飽和ホウ酸水溶液に個体を一日浸す。軟骨染色後すぐ透明化用液に浸すと、目標のpHにならずスムーズに出来なくなるので付着した軟骨染色液を中和する。

v 透明化

ヒトの膵液の消化酵素であるトリプシンを飽和ホウ酸水溶液:水=7:3の液に入れ、個体の短波気質を分解する。恒温器に入れ30~33℃に保つ。ただしここでの透明化は完全に骨格が見えるまでではなく適度なところで終了させる。基本的に一日あれば終わるが、かかる日数には個体差がある。時間をかけすぎると身が崩れ、骨格が取れてしまう。

vi 硬骨染色

金属・特にカルシウムに反応し染色するアリザリンレッドを少量入れた0.5%水酸化カリウム水溶液に個体を入れる。長くても3~4日で終わる。ちなみに鱗が残っているとこれも赤に染まるのでこのタイミングで除去する。

vii 最終透明化とグリセリン

0.5%水酸化カリウムとグリセリン(3:1→1:1→1:3)の混合液を作り矢印の順に個体を浸す。

先程あえて途中で止めた透明化を終了させつつ、最終的に個体を浸すグリセリンに慣らす。

ここでどれだけ時間をかけて丁寧にやるかが出来を決める。

viii完成

個体を100%グリセリンを入れた容器に入れて完成。防腐剤を入れることもある。

III完成例



ミッキーマウスプラティ（カダヤシ目カダヤシ科）

生前のトレードマークであった尾の付け根の様子は消えてしまった。同じ目に居るグッピーと同じく卵胎生で稚魚を産む。

胸鰭と尾鰭をパタパタ動かして泳ぎ、加速する際はそのスピードを上げる。普段は速く泳ぐ必要が無いからか、尾鰭は二股に分かれておらず四角形に近い。

鶏の胎児

多くが軟骨として青く染まっている。

硬骨染色液にも入れたが全く染まらなかった。

将来硬骨になる部分も、発生段階ではまず軟骨として作られ、徐々に中心から硬骨化するのでまだ軟骨であるようだ。

横にあるのはより前の段階の鶏の胎児であ
先程に比べて、まだ骨に節ができていない。



しかし軟骨で
大
る。



る。

体の骨の原型を形作ってい

ポリプテルス・エンドリケリー (ポリプテルス目ポリプテルス科)



魚類の分類上重要な位置にいる魚。多くの魚との違いとして、胸鰭の付け根に筋肉が発達しており（この標本でそれがわかるのは「透明骨格標本」としては失敗ではある。）、どちらかというシーラカンスなどの肉鰭亜綱に近いように思える。

ポリプテルスという名は「poly（多い）」「pterus(鰭)」からなり、最も目立った特徴である10数個の「小離鰭」という背びれ兼尾鰭の様なものを出す。一つ一つが硬骨を中心とし旗状の軟骨がついている。



カレイ (イシガレイ)

変わり者の魚の典型である。頭部と、カーブしている硬骨の間に内臓が入っていた。

マダイ



私個人が制作した中では大きめ。目をくり抜いておけばよかったと後悔している。条鰭鋼スズキ目という、現在最も繁栄しているグループの代表的な魚である。

IV失敗例、反省点

- ・小型魚類ばかりやっていた。
- ・液につけているのを忘れて先生方に迷惑をかけてしまったのに加え、個体の状態も悪くしてしまった。
- ・透明化でもろくなった個体をピンセットで挟んで移し替えた結果、個体の顎やエラを外してしまった。
- ・鱗など一部がうまく染まらない事例があった。
おそらく漬ける時間を長く取りすぎたことによる。
- ・総じて、日数の管理が重要である。
- ・骨格の知識が足りない。どう考えても専門誌に乗せる質ではない。

IV今後の疑問点

- ・ホルマリンに付ける前に虫ピンなどで骨の位置を見えやすくするため固定する。
- ・染色のp h調整のために液を作るならば、p hが同じ別種の液では染まるのか？
- ・中和をするとむしろ進行が遅れることがあった、なぜか？
- ・トリプシンが全く反応せず透明化できなかった個体が KOH では成功した。なぜか？



乳酸菌の培養

3年 H, N, K

1. 目的

コンビニエンスストアの棚やテレビ CM を眺めていると、必ずと言っていいほど「乳酸菌〇〇配合」と表示のある商品が目に入ります。そして、中には「生きて腸まで届く」と表示のある商品もあります。人の身体には、細菌やウイルスの体への進入を防ぐためのシステムがたくさんありますが、本当に乳酸菌は生きて腸まで届くのでしょうか？

これを調べるために今回以下の実験を行いました。

2. 実験手順

(1) 準備物

《実験Ⅰ》

{ ・塩酸 ・純水 ・ビーカー ・シャーレ }

*胃液を模した液を作るために使用します。

{ ・重曹 ・純水 ・ビーカー ・シャーレ }

*臍液を模した液を作るために使用します。

{ ・特製 LB 培地 ・乳酸菌を含む物 ・白金耳 ・クリーンベンチ }

*乳酸菌の培地への植え付けに使用します。

*乳酸菌を含む物として今回は「ビスコ」と「ビフィダスヨーグルト」を使用しました。

※特製 LB 培地

多様な細菌を培養でき、主に大腸菌の培養に使われる LB 培地を乳酸菌用に一部改良したものです。（乳酸菌の培養には「MRS 培地」と呼ばれる培地が最も適しているのですが、作製が難しく、今回使用していません。）

《実験Ⅱ》

{ ・牛乳 }

*培養した菌が乳酸菌かどうか調べるために使用します。

(2) 実験手順

《実験 I》

・手順 1

「A」を使って 0.3mol の塩酸をつくります。これが胃液を模した物になります。

これを A1 とします。

同様に、「B」を使って 3.2% の重曹溶液を作ります。これが腸液を模した物になります。

これを B1 とします。

・手順 2

シャーレ a,b,c,e,f,g を設定し、次の表のように液を入れます。

a	A1 を 20ml とヨーグルトを入れて混ぜる。
b	B1 を 20ml とヨーグルトを入れて混ぜる。
c	A1 と B1 をそれぞれ 20ml とヨーグルトを入れて混ぜる。
e	A1 を 20ml とビスコを入れて混ぜる。
f	B1 を 20ml とビスコを入れて混ぜる。
g	A1 と B1 をそれぞれ 20ml とビスコを入れて混ぜる。

・手順 3

培地 A,B,C,D,E,F,G,H を設定し、次の表のように培地に塗布します。

培地記号	塗布する液・物
A	a
B	b
C	c
D	ヨーグルト
E	e
F	f
G	h
H	ビスコ

そして恒温器にいれ、培養します。

《実験Ⅱ》

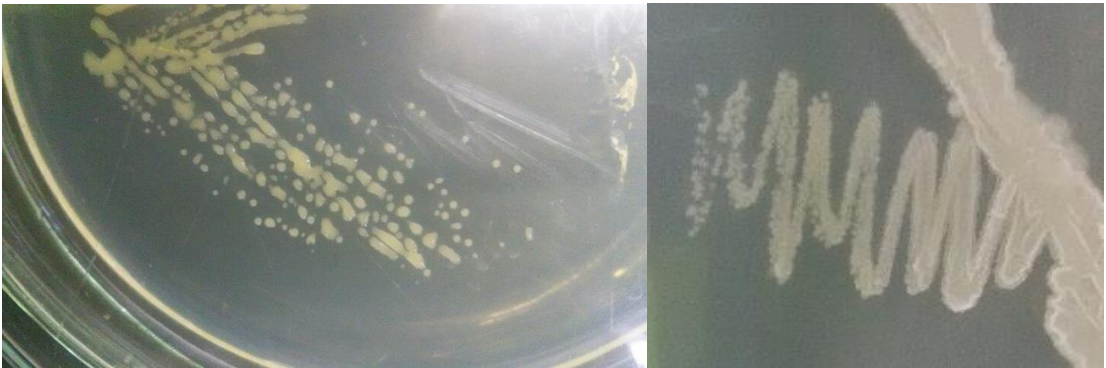
・手順 3

ヨーグルトのみの培地から乳酸菌を取り出し、牛乳に入れて混ぜ、恒温機 (37℃) に入れる。

3.結果

《実験Ⅰ》

培地記号	大まかな結果	詳しい結果
A (ヨ+A1)	○	きれいに培養できた。
B (ヨ+B1)	○	きれいに培養できた。
C (ヨ+A1+B1)	△	A、Bほどではないが、小さいコロニーの形成が観察された。
D (ヨ)	×	まったくでなかった。
E (ビ+A1)	×	まったくでなかった。
F (ビ+B1)	○	きれいに培養できた。
G (ビ+A1+B)	×	まったくでなかった。
H (ビ)	○	きれいに培養できた。



乳酸菌のコロニー

《実験Ⅱ》

表面付近に白く、氷のように浮く塊ができ、牛乳だったにもかかわらず周りはほぼ透明になった。匂いはチーズそのものだった。



4. 考察

《実験Ⅰ》

(1) ヨーグルト

実際消化液には消化酵素が含まれているため、実験結果は正確とはいえないが、ヨーグルトのなかの乳酸菌は胃液や脾液では死滅しにくいと考えられる。

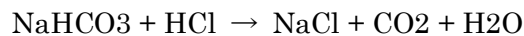
純粋なヨーグルトで乳酸菌が確認されなかったことには、3つの理由が考えられる。一つ目は、ヨーグルトに入っている乳酸菌の濃度が薄すぎたこと。二つ目は、ヨーグルトに入っている乳酸菌は脾液や胃液が周りであることで活性化するということ。三つ目は、そもそも植えつけるときに失敗したこと。である。三つ目は他の培地では乳酸菌が増えていることより否定できるが、一つ目が正しいのかわからないため、後日再度実験をおこなった。その結果、ヨーグルトの量を多くした物で乳酸菌の増殖が認められたため、失敗の原因は一つ目か、二つ目であると考えられる。

培地記号	結果	H ⁺	OH ⁻	Na ⁺	Cl ⁻
A (ヨ+A1)	○	+	-	-	+
B (ヨ+B1)	○	-	+	+	
C (ヨ+A1+B1)	△	-	-	+	+
D (ヨ)	×	-	-	-	-

(2) ビスコ

ヨーグルトと同様に消化酵素の影響があるため、実験は正確とはいえないが、結果を見たところ、胃液を加えたものでは増えなかったことから、ビスコの乳酸菌は塩化物イオンに弱いと考えられる。

培地記号	結果	H ⁺	OH ⁻	Na ⁺	Cl ⁻
E (ビ+A1)	×	+	-	-	+
F (ビ+B1)	○	-	+	+	-
G (ビ+A1+B1)	×	-	-	+	+
H (ビ)	○	-	-	-	-



《実験Ⅱ》

なぜヨーグルトにならなかったのでしょうか？

それは、本来ヨーグルト作りには、数種類の菌が必要だが、ヨーグルトに含まれている数種類の乳酸菌のなかの幾つかの菌は嫌気性（空気があると増殖が難しい）だったために培養の時点で増えている乳酸菌が限られたから。また、コロニーからとったために1種類の菌しか牛乳に入れることができなかったからと考えられます。

5. 感想

今回、乳酸菌の実験をしましたが、とても楽しむことができ、様々な知識や技術を習得できたと思います。空気中の菌がどうしても入ってしまうことが最も大変なことでした。

これからは、乳酸菌以外の菌の実験をしてみたいと思います。

執筆

目的、実験手順、結果、考察—N

感想—K

金属樹の作成

3年 H N K

こんにちは。3年を代表してこの部誌を書かせていただく、東村です。

さて、僕が今回書くのは「金属樹」についてです。拙い文章ではありますが、最後までお付き合いいただけたら幸いです。

1. 金属樹とは

金属樹とは、金属が混ざった水溶液にその混ざっている金属よりもイオン化傾向が高い金属の塊を入れた時に樹のようになって析出する、金属のことである。もちろん、析出する金属とは、水溶液に混ざっていた金属である。

※金属のイオン化列

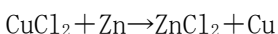
リッチに 貸そうか な ま あ あ て に すん な ひ ど す ぎる 借 金
Li K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H₂) Cu Hg Ag Pt Au
大 ←———— (金属のイオン化傾向) ————— 小

陽イオンになりやすい

陽イオンになりにくい

出典：<https://www.sidaiigakubu.com/examination-measure/chemistry/24/>

例えば、塩化銅水溶液に、銅よりイオン化傾向が高い亜鉛を入れる。すると、



というように、銅が析出する。この析出した銅が樹のようになるので金属樹と呼ばれる。

イオン化傾向とは、簡単に言うとその金属の水に溶けておきやすさのことである。(少し違いますが。)ここでは銅よりも亜鉛のほうがイオン状態でしやすいので亜鉛がイオンになり、代わりに銅が析出する。これが色々な金属で成り立つので、実際に作ってみた。

2. 実験手順

- 飽和した硫酸銅水溶液 100ml これらに寒天 2 g を混ぜ、熱して溶かす。
- 4.5%塩化銅水溶液 100ml それを 2～3 枚のシャーレに均等に入れる。
- 4.5%硝酸銀水溶液 100ml それに亜鉛板又は鉄くぎを入れ、2～3日放置する。

寒天で固める理由は、析出した金属はとても脆く、固めないと崩れてしまうからである。

注意点としては蒸発しないようにシャーレに蓋をすることと、水溶液を熱するときには溢れないように常に目を離さないことが挙げられる。

3. 結果・考察・改善点

a. 飽和している硫酸銅水溶液＋鉄くぎ（銅樹）

うまく樹は形成されたものの、少し汚い。

硫酸銅から銅が抜け、硫黄のようなものができたと考えられる。

もしくは鉄が酸化して酸化鉄(三酸化二鉄)ができたとも考えられる。

改善点としては、硫酸銅の濃度を薄くすることだと思い、やってみたが今度は樹があまり形成せず、失敗した。

このことから、硫酸銅水溶液は金属樹にあまり向いていないことが分かった。



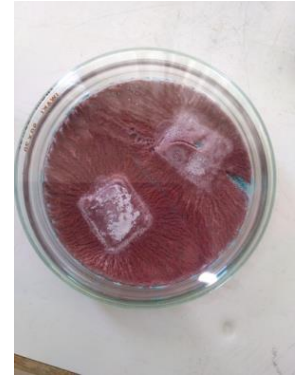
b. 4.5%塩化銅水溶液＋亜鉛（銅樹）

とてもきれいに樹が形成され、硫酸銅とは違い、汚くもない。

しかし、写真の通り樹ができすぎだと思った。

だから改善点としては、硫酸銅と同じで濃度を薄くすることだと思ったが、まだできていない。

硫酸銅とは違い汚くないので、これからも濃度を変えて作っていきたい。



c. 4.5%硝酸銀水溶液＋亜鉛（銀樹）

とてもきれいに樹が形成された。

しかし、やっぱり濃度が濃すぎて、今度は寒天を銀が突き破ってしまった。

銀が多すぎて平面的にだけでなく立体的にも析出したのである。

これも美しいので、適切な濃度を見つけたい。



a～c 全てに共通することはどんなに樹が密集していても、樹は絶対に交わらないということだ。特にcは交わりそうなのに、どこを探してもみつからない。

4. 最後に

今回は金属樹を作ることが目的だったので、濃度はあまり気にしていなかったのですが、いざ作ってみるともっと美しく作ってみたいと思えました。まだまだ時間があるので、これからは美しさを追求して金属樹を作っていきたいと思います。

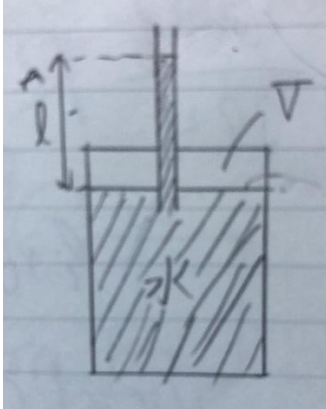
最後までお読みいただきありがとうございました。

物理班部誌 ～温度計～

ここでは、文化祭展示にある温度計について説明します。

1. 膨張式？温度計

① 動作原理



左の図のように小さい穴に差し込まれた穴のあいた筒状の棒以外は密閉されている容器がある。温度計を作るだけであれば、温度に応じて目盛を筒状の棒に打つだけでよい。

② 考察

ここでは、筒状の棒の水面の容器の水面より高い高さ l/m と温度 T/K の関係を考察しておく。棒の断面積を S/m^2 、水の密度を $\rho_w/kg \cdot m^{-3}$ 、空気の密度を $\rho_a/kg \cdot m^{-3}$ 、水の体積を A/m^3 質量を M/kg 、空気の圧力を P/Pa 、体積を V/m^3 、大気圧を $P_0(1atm=1013.25hPa)$ 、 $0^\circ C$ を $273.15K$ とする。この時、水に非圧縮性、空気を二原子分子からなる理想気体、水蒸気はないと仮定し容器内の空気、水の温度が等しく T/K とすると、 $P=\rho_w l + P_0$ 、ボイル=シャルルの法則より、

$$V = \frac{T \times 101325 \times 22.4 \times 10^{-3}}{P \times 273.15}$$

$273.15 \sim 373.15K$ では、

$$A = \frac{M}{-0.0037T^2 + 1.963T + 741.49} = \frac{M}{\rho_w(T)}$$

温度 T で $l=0$ であれば、 $A(T)+V(T)=A(T)+V(T)-Sl$ を得て、これに上式を代入して

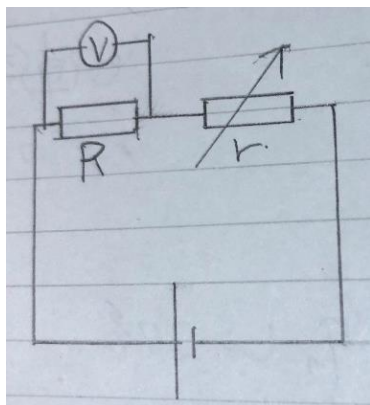
$$l = \frac{1}{\rho_w(T)} \left(\frac{101325 \times 22.4 \times 10^{-3} \times T}{\left(\frac{1}{-0.0037T^2 + 1.963T + 741.49} - \frac{1}{-0.0037T^2 + 1.963T + 741.49} \right) \times M + 22.4 \times 10^{-3}} - 101325 - 273.15 \right)$$

となる。実際は仮定や伝導の差異や熱が逃げたりする問題から、 l の値は異なる。

水の容器内に対する体積は $5/6$ 程度が理想と思われる。

2. 電気抵抗式温度計

① 動作原理



左の回路図のように電圧計、定抵抗 R 、可変抵抗 r 、起電力 E の電源があった時、電圧計の値 V は、オームの法則より

$$V = \frac{R}{R+r} E$$

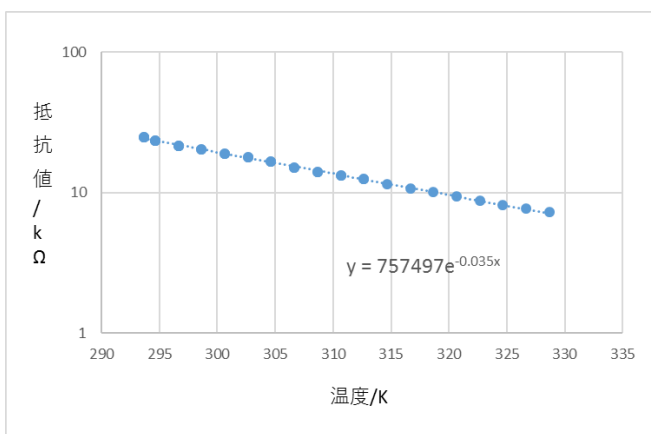
となる。

上図での可変抵抗がサーミスタ(NTR型)に相当し、電圧計の値を温度として表示するため、定抵抗側に電圧計をセットしている。サーミスタの温度と抵抗には指数関数的関係があるが温度計の計測範囲が狭ければ定抵抗の抵抗値を工夫すれば電圧計の値の小数部と温度を3桁の精度で一致させることができる。

② 具体的に

サーミスタの温度と抵抗値の関係を以下に示す。(温度計の感温部とサーミスタの感温部を近づけて DMM の抵抗測定モードで抵抗値を温度ごとに測った。)

このデータを基にして電池や電圧計の内部抵抗を考慮しつつ定抵抗の値を $22k\Omega$ 、 $E = 4.9V$ 程度と決定した。だが、温度表示の際は微調整が必要である。



応答性はサーミスタに依存し、精度は定抵抗の値を工夫することである程度は調整できる。

Experience Note

①ELCAS グループ型

ELCAS とは京都大学が主催する「最先端科学の体験型学習講座」です。高校生が京都大学で実習や講義、発表を通して科学についてより深く学ぶことができます。理系グループ型は 18 分野に分かれて、6 回実習を受け、最後にポスター発表を行いました。東大寺学園科学部からは、加藤と佐々木が参加しました。

～物理学～ (S)

ここでは、ELCAS グループ型理系「物理学」で得られた学びや経験について説明します。僕の選んだ分野である物理学では後述の加藤君とは違い一講義ごとに独立した 6 つのテーマ(超伝導、

対消滅と対生成、分光学、相対論、構造不規則系、宇宙線)について学びました。

高校物理ではあまり触れられない量子論の理論や、大学の実際の実験施設を拝見したこと、コンピュータや装置をフルに使った巨大データ収集に対し感銘を受けたのを覚えています。

その中でも僕自身としては、ルビジウム原子のレーザー冷却装置や磁気工学トラップ及び光双極子トラップの見学、超臨界流体の話やミュオン速度測定などを見て、大学に入って研究をしてみたい気持ちが高まりました。また、ELCAS では様々な地域や学校の中高生が参加するので交流という点でもいい経験になったかなと思います。

ELCAS を通じて、大学の方の「未知」を徹底的に追求する姿勢や人と交流する中で自分も周りも高めていくことの肝要さについて触れられ大いにインスパイアされました。

中高生の方は一度参加してみてもはどうでしょうか？

～植物細胞の構造と機能～ (K)

僕は「植物細胞の構造と機能」に参加しました。プログラムの内容は、自分達が観察したい植物を持ち寄り、皆で走査型及び透過型電子顕微鏡などの最先端の顕微鏡で観察させて頂けるというものでした。僕は科学部で培養したカルスを持っていきました。カルスの電子顕微鏡写真の詳細はこの部誌の「カルス・プロトプラストを用いた新種の植物作成への挑戦」に記載しています。ここでは他のグループのメンバーの方が持って来られた植物細胞の実習に関して紹介したいと思います。

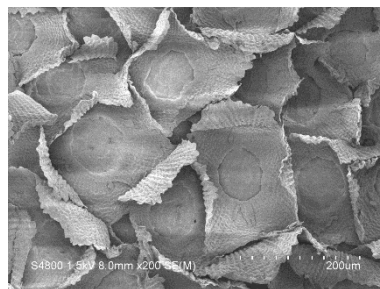
(i) アサガオの2倍体、4倍体の形態比較。長野から来ておられた方がお家でコルヒチン処理をして4倍体にしたアサガオと、普通の2倍体のアサガオを持ってきて下さいました。走査型電子顕微鏡で観察すると4倍体の方が平均的に細胞の大きさが大きいことが分かりました。

(ii) エアープランツの表面構造の観察。エアープランツは表面には鱗のようなひだがとても多く見られました。この表面構造のおかげで吸水性が高くなるのではないかと推測できました。

キセログラフィカのSEM表面画像

→

最先端の顕微鏡を使って観察できるというとても大変貴重な経験をすることが出来ました。また僕たちに詳しくまた分かりやすく説明して下さいました高部教授やTAさんには感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。



ELCAS では科学の好きな高校生と話し合うことが出来ました。科学に興味のある中学3年生と高校生1年生は是非受けてみてください。

②iCeMS 見学 (K、T、K)

京都大学の本間先生にメールで、iCeMS の見学をしたいとお願いしたところ快諾していただき、見学させていただきました。iCeMS とは物質科学と細胞生物学が協力して、最先端科学の研究をしている研究施設です。iCeMS 本館では、隔てられた研究室に籠るだけでなく、様々な分野の専門家が開かれた部屋で交流していたのが印象的でした。

私たちはまず、午前中、桂キャンパスの阿部先生の人工光合成を研究しているラボを見学させて頂きました。まず先生に人工光合成の説明をして頂き、植物がなぜ2段階の光励起を使って水を還元しているのか、そしてその仕組みを参考にして、可視光での人工光合成を世界で初めて成功したお話をわかりやすくしてくださいました。

光触媒や人工光合成の実習をさせていただきました。その後質問などにもお答えして頂きました。

午後、吉田キャンパスに移動して iCeMS 本部を本間先生に紹介してもらいました。FACS やシーケンサ、電子顕微鏡などの実際に研究で使っている設備を見ることができました。電子顕微鏡写真は教科書でよく見ていたので実際に電子顕微鏡を見ることができ少し興奮しました。FACS の内部の構造を見せていただき、仕組みを説明していただいて、「こんなことができるのか！」と想像を遥かに超える高度な技術力に驚かされました。

本場の研究者の方とお話でき、僕らの稚拙な質問にも答えていただけました。本間さんの海外留学のお話はとても参考になりました。抗体やDNAのお話を聞き、今まで不思議に思っていた事が分かり、また新しく知識を得ることが出来る充実した見学となりました。

今回の見学を通して、またどのような方法で研究が行われているのかをもっと深く知りたくなりました。

③科学の甲子園 (K、S)

去年は、工作の結果が響き奈良県2位に終わりました。今年も参加予定です。

今年こそは全国大会に参加できるよう努力しようと思います。

④関西生物部交流会 (K、J、T、K、現中3、現中2、計12名)

今年の会長を東大寺学園科学部部長の加藤が務めさせていただきました。2019年3月28日に数年ぶりに交流会が行われました。今回の交流会は、京都大学生物科学の会と共同で、わざわざ京都大学で会場まで準備をいただき開催することが出来ました。

今回の交流会には、東大寺学園高校科学部、灘高校生物研究部、大阪市立天王寺高校生物部、四

天王寺高校自然科学部、滋賀県立膳所高校生物班、大阪教育大学附属高校天王寺生物部、東山中学校理科部が参加しました。

まず、灘高校と東大寺学園高校の日々の活動をパワーポイントでプレゼンした後、京都大学生物科学の会の方に、「性配分に見る進化学の考え方」と「NETS～好中球が操る諸刃の剣～」 「形づくりは進化するのか？」の講演をしていただきました。どの講義も分かりやすく興味深い内容で、難しいところもありとても勉強になりました。

他校の方と交流し、講演を聞き、生物について深く学ぶことが出来、とても貴重な時間を過ごすことが出来ました。参加していただいた各高校の方々、また声をかけていただき、会場などの準備していただき、講演していただいた京都大学生物科学の会の方々には感謝の気持ちでいっぱいです。ありがとうございました。

関西地区の生物部の方々、是非関西生物部交流会にご参加ください。

<連絡先 [@kansai_biology](https://twitter.com/kansai_biology) or [Facebook:@biology.kansai](https://www.facebook.com/biology.kansai)>

⑤科学オリンピック

～物理オリンピック～ (S)

ここでは物理チャレンジ(Japan Physics Olympiad、以下 JPhO と書かせて頂きます)について、概要と今年度の内容を説明します。

1. 概要

JPhO は世界物理年(2005 年)から毎年開催されており、高校物理の範囲にとらわれず物理の楽しさ面白さに触れられることが魅力です。

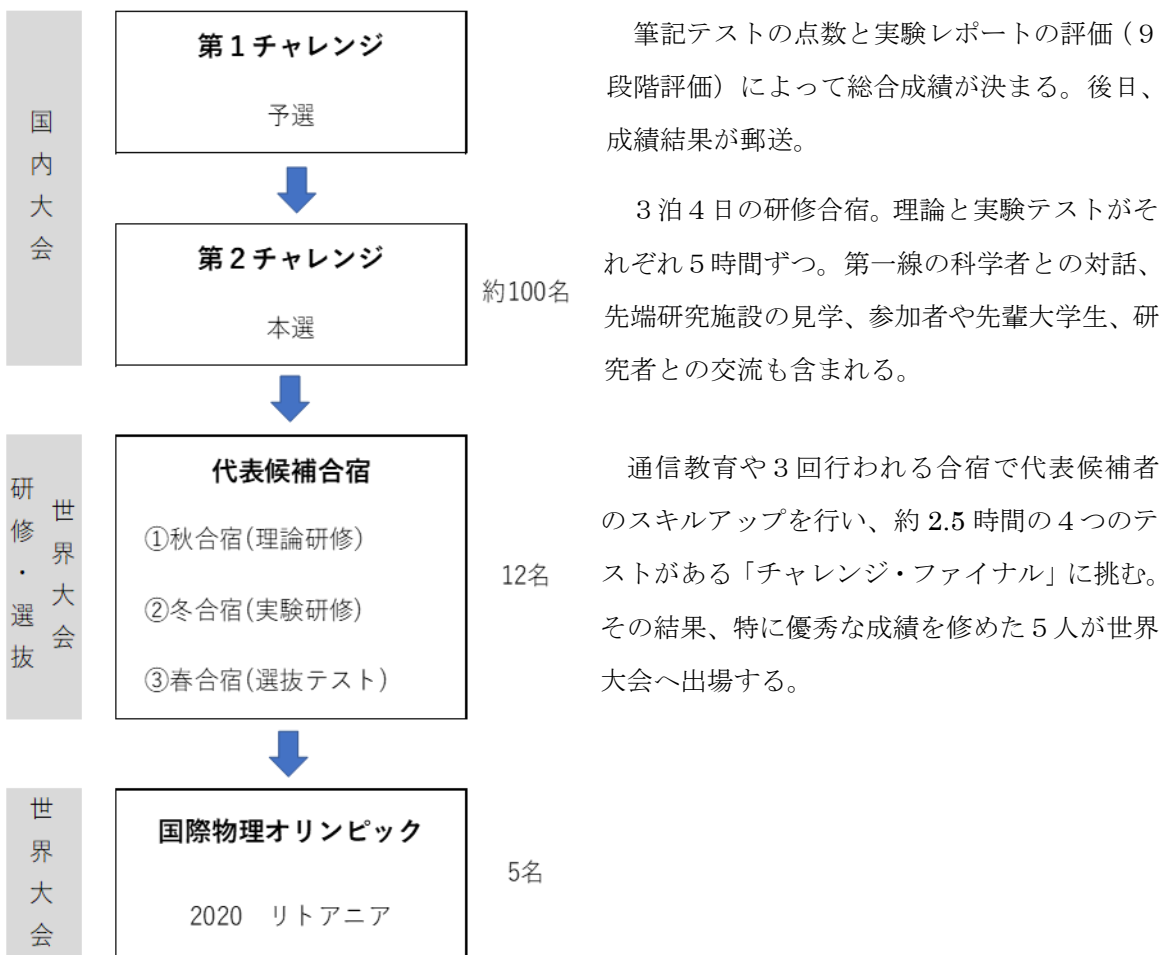
主な参加対象者は、高校生や中学生で、国際物理オリンピックの日本代表選考も兼ねています。毎年、冬頃に大会の募集要項が発表されます。要項が発表されるとすぐに実験課題に取り組み始めます。第1チャレンジでは、「理論問題コンテスト(筆記テスト)」と「実験課題レポート」が行われるからです

理論問題コンテストは、7月に全国約70か所の会場で90分のマーク式の試験を行います。実験課題レポートは、発表された実験課題を学校や自宅で取り組み、その結果を実験レポートにまと

め6月頃に提出します。

以下は、物理オリンピックの主だったスケジュールです。

物理オリンピックのスケジュール



2. 今年度の JPhO について

僕の個人的なエピソードや感想を中心に、8/17~20 に開催された JPhO2019 について紹介したいと思います。JPhO の最終選考には去年及ばず、今年のリベンジという意味もありました。今年も東京理科大学野田キャンパスで行われました。

開催地に向かう途中の車中では、当日行われる 5h の実験問題の対策として、問題文を読み解答と照らし合わせていました。野田キャンパスに着くと、東大寺学園の先輩である某 AW さんに誘導され、一緒に来ていた友達と会場に入りました。ちなみに、実験問題が始まる前に、協賛会社の TDK さんから JPhO のロゴ入り関数電卓の配布がありました。

実験問題は DMM を用いた未知抵抗の抵抗値の決定、コンデンサの時定数の決定と水の比熱

測定、電気分解からアボガドロ係数を決定するという大別して3つの内容でした。実験器具を一回ぶっ壊した以外は特にミスる事もなく順調に終わりました。その後、夕食を取りすぐ寝ました。

2日目、起きて朝ご飯を食べました(お茶碗の大きさが、心なしか大きくなっているように感じました)。その後すぐに5hの理論問題に臨みました。理論問題はテニス(卓球)の壁打ち、流体及び粉流体について、等価電源の定理、重力波の4本立てでした。2問目でケアレスミス、3問目があまり解けなかったのが辛かったです。試験後、夕食(茶碗の直径が1.2倍?)を取り、午前3:00ぐらいまでトランプや人狼をしていました(みんなかしこい)。また、宿泊の際班分けがあり(学生スタッフが班長になるのですが)、班での自己紹介の時、班長(女性)が「好きな物理現象について」の紹介でなぜか生殖学による種の分類(具体的にはクモ)の話を熱弁されました。(その方はフードファイターで僕もお菓子をいくつか貢ぎました)

3日目の午前中には、東京大学の柏キャンパスにサイエンスツアーに行きました。大気海洋研究所では、流体の基礎について(円筒容器を回転させると、容器中の水が多角形を作るのは面白かった! シアー不安定によって生じるらしい!)、新領域創成科学研究科では、超音速空気力学について(装置や氷の風洞実験が刺激的だった!)、物性研究所では、強磁場発生方法について(最高で200~300Tだせるらしいです)、宇宙線研究所では、装置についての説明(ハイパーカミオカンデが話題ですね)を受けました。

昼からは、カブリ数物連携宇宙研究機構特任教授の吉田直紀先生によるブラックホールについての講演(面白かったけど難しかった、宇宙誕生8億年後ぐらいの巨大ブラックホールの謎が印象的でした)を拝聴しました。その後、理論・実験問題の解説を聞きました。昼は大学でご飯を「小」にしたので良かったのですが、夜は茶碗の直径が最初の日の1.5倍ぐらいの量のご飯+カツ×3ができてしんどかったです。もちろん、この日も午前3:00頃まで皆とわいわい遊んでいました。関西人のノリは存分に見せつけられたかなと思います(徹夜したかった...)

そして、最終日の表彰式。正直、理論のやらかし感があったので優良賞(銅の下)だと思っていたので、優良賞で名前を呼ばれなかった時には「終わったー」という負の感情があったのですが、銅の時に自分の名前が呼ばれた時は救われました。そして、ELCAS等の他のイベントで知り合った友人とともに「国際物理オリンピック 2020」の代表候補になれた時には、「俺はやったんだ」という気持ちになれました。良かったです。ちなみに、同じ班だった某氏は金を取っておられました。(その方は世界パズル選手権の代表でもあるすごい方で、激ムズパズルを一問名刺代わりに頂きました。2問目まだ解けていない)

その後、灘の中2、高1、栄光の高3、筑駒の高3、三国丘の高2、東邦大付属の高1の方々と「串家物語」という店で打ち上げをしました。(お気づきの通り?)男子校が大半を占めている

のでパン粉を球状にして揚げることで流体中のパン粉の回転を観察する悪ノリが発生しました。
(ちなみに味はパンを25倍に濃縮した味がしました。その後、胃がもたれました。炭酸を飲んでたのも良くなかった)

このように、JPhO は単に物理のスキルアップだけでなく、全国各地から集まった日本トップレベルに物理ができる人たち(筆記だけでないので来る人たちに多様性があるのもいいと思います、今年は女子も10人程来ていました!)と交流でき、沢山の刺激をもらえる場でもあるので、中・高校生の方々はぜひ一度物理チャレンジに参加してみてもいいでしょうか？

～生物オリンピック～ (高2:K 中3:N 中2:S、N、M)

東大寺学園科学部から、5人参加しましたが、結果は上手くいきませんでした。高2のKは本戦(80人参加)まで、数点足りず、1点の重みを痛感させられました。

また中学の皆は、勉強の成果か、受験している人大半が高2、高3であるのにも関わらず、皆平均を越え、なかには優秀賞(予選参加者約4000人中上位5%)、優良賞(上位10%)を取った者もありました。

⑥Japan-UK Young Scientist Workshop (ELCAS) (K)

僕は7月29日～8月2日にかけて日英ワークショップ(日英SW)に参加しました。ELCASに平成29年度か30年度に参加した人が応募でき、書面による審査に通り参加しました。

日英SWとはイギリスの高校生と日本の高校生が交互に使節を送りあい、共に科学について深く学び、交流するというイベントです。

今年はイギリスの高校生24人が来日し、日本からは京都の高校の学生やELCAS生など24人が参加し、主に京都大学で実習が行われました。

8班に分かれて実習を受けました。僕たちは日本人3人、イギリス人3人の班で、Sivaniah教授のラボで実習を受けさせていただきました。(実習は基本的に英語です。)

実習1日目と2日目は、半透膜を作りその性能を調べる実験を行いました。膜を作る際、短時間で膜の表面の溶媒が蒸発したり、水にさらしたりすることによって膜の構造が大きく変わることを知りました。

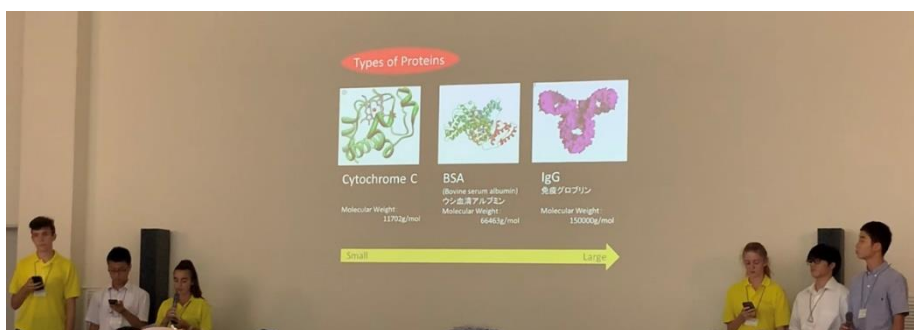
実習3日目では、2019年6月20日にNatureに載ったプリント技術について教えて頂きました。膜が層構造になることによって色が付き、光によってできる化学結合で層と層の幅を変えることによって、色を変えることが出来るということを知りました。

(教えて頂いたプリント技術でプリントされたピカチュウ。僕たちのためにキーホルダーにまでしていただきました。→)



イギリスの方と共に泊まり、共に実験し、共にプレゼンを作り、共にプレゼンをするというとても貴重な経験をする事が出来ました。イギリスの方の実験に対する姿勢や、考えを知ることが出来ました。プレゼンを作る際、イギリスの方に自分の考えを正確に英語で伝えることの難しさを体験しました。英語の勉強を精進しようと思います。日英ワークショップに関わって下さったすべての先生に感謝の思いでいっぱいです。ありがとうございました。

発表の様子↓



⑦ELCAS 個人型 (K)

4月末から実習を受けさせて頂いております。カブトムシの角の長さなどの成長過程と体内時計の関わりをRNAiなどの技術を使って実験をさせて頂いております。結果などは、来年の1月に発表する予定です。また英語で論文にまとめる予定です。

ELCAS 個人型とは ELCAS グループ型を受講した高1の中から、書面と面接による選抜の後、より高度により深く研究することができるプログラムです。機会があれば是非ご参加下さい。

編集後記

こんにちは。編集部の神保です。気付けば科学部員歴はや4年半。優秀な先輩方と後輩、そして最高の同級生に助けられ、のびのびと過ごして来たような気がします。

中一の5月、右も左も分からない僕を出迎えてくれたのは超 at home な放課後の生物室。本当に誰が部長なのかというレベルで上下関係もない、自由気ままな日常に安心しました。さらに

多種多様な研究内容。おかげで様々な分野に触れることができました。私自身贅沢にも DNA 抽出実験、金属樹その他物理実験などいろんな分野をかじってきました。私の場合は着地点がどこ行ったのかよく分かりませんが、後輩たちも同じように様々な分野をつついて、個人個人が最適な着地点や目的地を見つけて欲しいと思います。個人研究は大海原のように果てしなく続きます。目的地なんて見えないものです。焦らず挑戦して、もがけばいいんです。

大事なものは、出航(sailing)そして巡航(cruising)。最高の帰港地を見つけてくださいね。

話は変わって、今年度、部誌を 2 種類作成しました。この部誌編集は私が担当し、もう片方の編集はなんと中 2 の後輩が担当してくれました。正直、後輩の編集能力には脱帽です。私が中 2 の時なんて何していたのやら。来年度以降も安心して部誌の編集を任せられるような気がします。

さて、この専門版部誌、いかがでしたか。同級生の原稿、私にはさっぱりとまでは言いませんが、気軽に読めるような内容ではありませんでした。本当に読むのに苦労しました。しかし、面白い、興味深い、流石、と感じてしまう自分がいるんです。誰か共感してくれる人いませんか。高 2 生の自分が言うのも変ですが、今年の科学部高 2 部員は凄すぎる気がします。いつもいつも新鮮な話題を提供してくれて、たくさん知識を詰め込まれたような気がします。

こんな友達、本当に稀です。特に K、T、K、S。本当にありがとう。

さらに科学部顧問の先生、そして顧問でないにも関わらずお世話になった先生、OB の方々、4 年半に渡り大変お世話になりました。ありがとうございました。

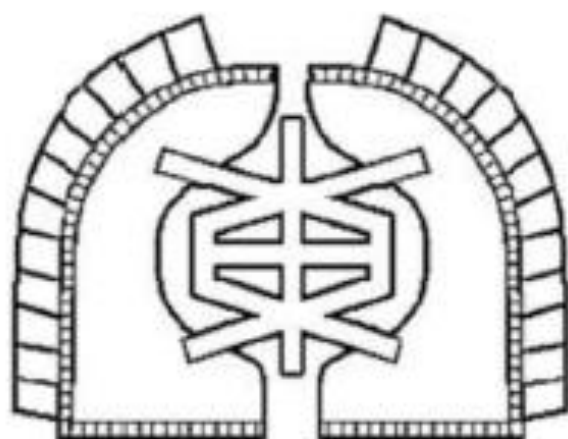
最後に、この部誌を最後まで読んでいただいた皆様、至らぬ点多々あったかと思いますが、ここには部員たちの集大成が詰まっております。少しでも皆様の心に響くものがあって、雑学の一つとして記憶にとどめておいていただけたら幸いです。来年度以降もぜひ、菁々祭、そして科学部にお越しください。この学園がなくなる限りは、毎年一味違う科学部をお見せできると思います。

本日は第 55 回菁々祭科学部展示ブースへお越しいただきありがとうございました

The END

表紙絵 塩見作

作者が、2014 年大泉緑地で発見した、スジボソギンヤンマとクロスジギンヤンマとの交雑種をモチーフにしている。



Sailing

TDJ Science Club

The 55th Sei Sei Festival



HP URL <https://tdjkagakubu.jimdofree.com>