

# 理科実験テキスト 2016

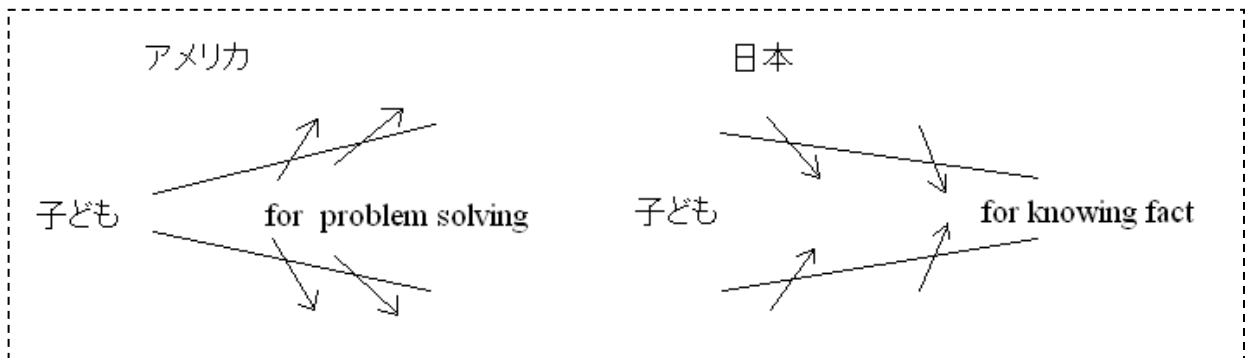
Science experiment text

教育学博士 桐山 信一 (理科教育/環境物理)

*N.Kiriyama* Ph.D

工学博士 ビクター桑原 (海洋学/環境教育)

*V.Kuwabara* Ph.D



## ■ 担当

桐山信一（環境物理/教育） Dr.kiriyama（Physics）

ビクター桑原（海洋学/教育） Dr.kuwabara（Oceanography）

## ■ 授業概要

小学校理科の授業は、観察・実験を中心に進められる。それゆえ、本授業では理科・科学に対するセンスや構えを養う。

The class of the elementary school science is carried out by observation and experiment. Therefore, in this class we develop a sense for science.

(1) データ取得、測定値の統計処理、観察・実験の基本的技能の修得を通して科学の方法を学ぶ。

We learn scientific method through data acquisition, statistics handling of measurements, the acquirement of the basic skill of observation and experiment.

(2) 観察・実験を通して、科学的概念を用いて自然事象を解釈し、自然認識を深める。

We interpret natural phenomena with scientific conception and deepen natural recognition through observation and experiment.

(3) 科学の方法を用いて事象を研究するという、科学的態度を身に付ける。

We acquire scientific attitude to study phenomena with scientific method.

## ■ 授業計画・内容（実施順は変わることがあります。）

項目 (contents)	担当 (charger)	pages
1 オリエンテーション・器具の使用法など Orientation, The direction for uses of the appliance.	桐山・ビクター	1
2 酸・アルカリと中和滴定 Acid / alkali and neutralization titration.	桐山	3
3 コロイド溶液の製作と観察 Production and observation of the colloidal solution.	桐山	7
4 野外観察（植物） Outdoor observation (A plant) .	北野	13
5 野外観察（昆虫） Outdoor observation (An insect) .	北野	18
6 レンズの焦点距離測定と実像の観察 The focus distance measurement of the lens and observation of the real image.	桐山	23
7 動物プランクトンの観察 Observation of the zooplankton.	ビクター	27
8 植物プランクトンの観察・色素抽出 The observation of the photo plankton and pigment extraction.	ビクター	29
9 クロロフィルの測定 The measurement of the chlorophyll.	ビクター	31
10・11・12（3回分） 真鶴研修、魚の解剖・海洋実習など The Manazuru marine training, dissection of fish etc.	ビクター・桐山・TA	32
13 レプリカ分光器の製作とスペクトル観察・波長測定 Production of the replica spectroscope and the spectrum observation, wavelength measurement.	桐山	37

14	紫キャベツを用いたpHの測定 The measurement of the pH with Scotch kale.	桐山	42
15	アルミ箔の抵抗率測定 The specific resistance measurement of the aluminum foil	桐山	46
16	追加資料		50
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構内放射線測定マニュアルなど</li> <li>・ 福島原発事故による土壌汚染の事実</li> <li>・ Skech techniques</li> <li>・ 双眼実体顕微鏡、生物顕微鏡の使い方</li> <li>・ ミクロメーターの使い方</li> </ul>		

なお、進度によっては、グループまたは個人発表を行うことがある。

これまでの実験・観察の中から1つ選んでプレゼンするなど。

A group or individual announcement choosing 1 from past experiment・observation and give presentation.

#### ■到達目標

観察・実験の技能修得を通して自然現象に関心・興味を深め、科学的態度・構えを身につける。

Through letting students acquire the skill of observation and experiment, deepen the interest about the natural phenomenon and acquire a scientific manner for students.

#### ■評価・試験方法

種別	割合%	評価基準
定期試験	0	実施せず。
中間試験	0	実施せず。
レポート	70	レポートの内容を点数化し、全体の70%程度に配分
実技・作品等	30	出席、態度・意欲などを点数化、全体の30%程度に配分
日常点（小テスト・課題等）	0	実施せず。
その他	0	特になし。

A・B・C評価とする。目安は、日常点30点、レポート70点。

#### ■教科書

理科年表（できるだけ新しい版）：国立天文台編

#### ■参考書

授業中指示します。

#### ■履修上のアドバイス

能動的な学習態度と安全に配慮する姿勢が求められます。

# 理科実験報告書(short report)の書き方

学籍番号・氏名

実験中に、データ表などにメモして書き込んだ事柄を、下記の様式にまとめる。

## 1 実験の概要 abstract of experiment

(1) どんな装置を用いて実験を行ったのか(図)。 apparatus

(2) どんな内容の実験を行ったのか。 contents

(3) 実験はどのように行ったか。 method

## 2 理論 theory

(1) 実験内容の背景となる基本概念や知識を書く。 basic conception

(例 酸・塩基・塩・中和、シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和反応・・・)

(2) 実験データを解釈するためのセオリーを書く。 theoretical relations

(例 中和の量的関係・・・)

## 3 実験結果 conclusion

(1) 実験データ experimental data

(例 ビュレットの始位置と終位置、水酸化ナトリウム水溶液の体積V・・・)

(2) データをどのように処理し、どんな結果が得られたのか。 analysis of data

(例 水酸化ナトリウム水溶液の体積の平均値V・・・)

## 4 考察 consideration and evaluation

(1) 得られた結果に、どんなセオリー(関係式など)を適用して何がわかったか、わかったことをグラフなどに表す。 that you understand

(例 中和の量的関係を用いて、最終的には食酢の%濃度を計算する・・・)

(2) 測定値および結果の誤差を見積もる。 errors of data etc

ex) モル濃度の3回の測定値が、 $c_1=0.10$   $c_2=0.12$   $c_3=0.14$  であったとする。

平均値  $c=0.12$ 、データ数  $n=3$

$\therefore$  モル濃度=平均値 $\pm$ 変動= $0.12\pm 0.02$  以内

もっと精密にやるには、「理科教育」で出てきた標準偏差 $\sigma$ 、標準誤差 $\sigma_m$ などを算出する。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (c_i - c)^2}{n-1}} = 0.002$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0.002/1.73 = 0.01156 \approx 0.01$$

$\therefore$  モル濃度= $0.12\pm 0.01$

※誤差の算出はできる範囲でよい。

(3) わかったことの妥当性 estimation for rightness

(例 食酢の%濃度の値(ラベルに記載された値)は、測定値の誤差の範囲内であったか?・・・、それは妥当な値か・・・)

(4) 気付きと感想 notice

## 器具の使用法—中和滴定の基本操作—

中和滴定とは、濃度未知の酸や塩基を濃度既知の塩基や酸で中和させ、その量的関係から未知の濃度を知る操作である。

### ① 基本操作1 電子天秤による質量の測定

② 電子天秤に薬包紙を置き、この状態を0gとする。

③ シュウ酸の白色結晶 ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) を薬包紙に静かに乗せ、電子天秤で0.63gを正確に測り取る。

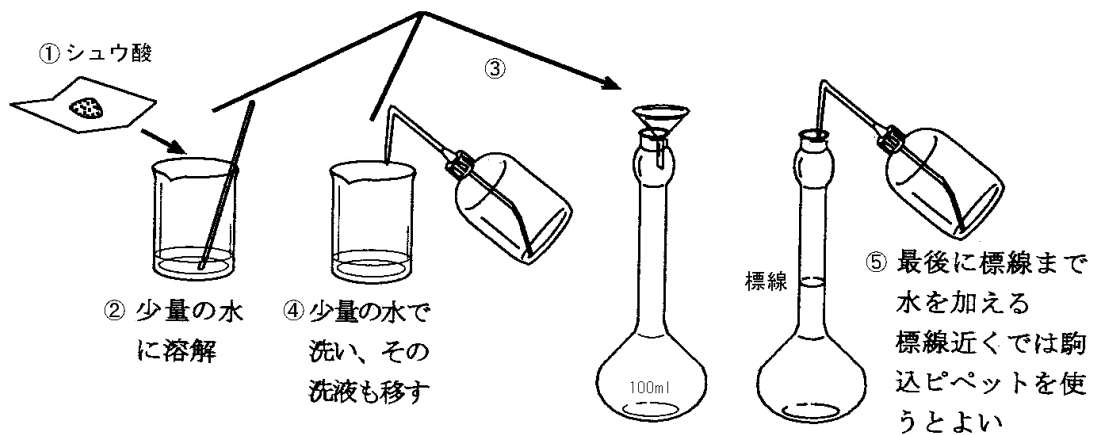
### ② 基本操作2 標準溶液 (0.050mol/lシュウ酸水溶液 A液) 100mlの調整

① 測り取ったシュウ酸をビーカーに入れて、少量の純水で溶かす。

② この水溶液をメスフラスコに移す。

③④ ビーカーを少量の純水で洗い、その洗液もメスフラスコに移す。(数回)

⑤ 最後にメスフラスコの標線 (100ml線) まで純水を加える。



問：A液のモル濃度 $C_A$ が、0.050mol/lとなることを確かめよ。

### ③ 基本操作3 約0.1mol/lの水酸化ナトリウム水溶液 (B液) 200mlを作る。

① 水酸化ナトリウム約0.8g (7~8粒) を天秤で測り取る。

② それをビーカーに入れて少量の純水で溶かす。

③ 水を加えて200mlにする。

問：B液のモル濃度 $C_B$ が、約0.1mol/lとなることを確かめよ。

### ④ 基本操作4 ビュレットの基本操作

① 基本操作2で作ったA液を10mlをホールピペットで測りとり、コニカルビーカーに移す。 $V_A=10\text{ml}$

このとき、指示薬 (フェノールフタレイン) を数滴加えておく。

② B液をビュレットに入れ、目盛りを読む ( $V_1$ )。①の溶液に少しずつB液を加える。

この操作を滴下という。加えてはコニカルビーカーをよく振って液を攪拌する。

③ 指示薬の色が微赤色 (ごく薄いピンク色) に変色した瞬間、滴下をやめ、ビュレットの目盛りを読む ( $V_2$ )。

このとき、シュウ酸水溶液 (A液) と水酸化ナトリウム水溶液 (B液) が中和している。

$$\text{滴下量 } V_B = V_2 - V_1$$

問： $V_A$ と $V_B$ には次の関係がある (中和における量的関係)。式(1)の意味を次回までに調べよ。

$$\frac{z_A \cdot C_A \cdot V_A}{1000} = \frac{z_B \cdot C_B \cdot V_B}{1000} \quad \dots(1)$$

$z$  : 酸およびアルカリの価数

# 実験1 —中和滴定による食酢の酢酸濃度の決定—

## 1 中和滴定原理の理解

### 1 目的

基本操作3で作ったB液のモル濃度を、基本操作2で作ったA液を用いて求める。

### 2 準備

器具 ビュレット、ホールピペット (10ml)、ビュレット台、コニカルビーカー (三角フラスコ)、漏斗

薬品 A液 ( $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$  シュウ酸水溶液=標準溶液)

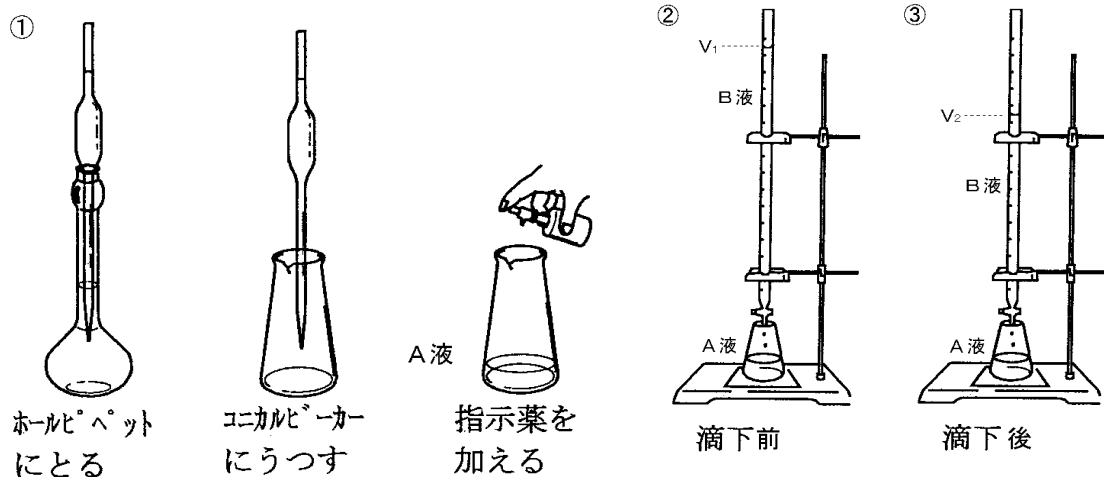
B液 (約 $0.1 \text{ mol/l}$  の水酸化ナトリウム水溶液)

フェノールフタレイン

### 3 方法

①A液10mlをホールピペットで測りとり、コニカルビーカーに移す ( $V_A=10\text{ml}$ )。このとき、指示薬 (フェノールフタレイン) を数滴加えておく。

②B液を共洗い後のビュレットに入れ、目盛りを読む ( $V_1$ )。①の溶液に少しずつB液を加える。この操作を滴下という。加えてはコニカルビーカーをよく振って液を攪拌する。



③指示薬の色が微赤色 (ごく薄いピンク色) に変色した瞬間に、滴下をやめ、ビュレットの目盛りを読む ( $V_2$ )。結果をデータ表に書き込む。

④実験を連続5回行い、結果をデータ表に書き込んで平均をとる。平均値が、B液のモル濃度である。

※ビュレットの液が少なくなってから、新たにB液を入れる。毎回は入れない。

※コニカルビーカーは、毎回水道水で十分に洗ってから純水で洗うこと。

#### 4 結果と考察

##### (1) B液の滴下量

		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均滴下量 $\bar{V}_B$
目盛り	終わり $V_2$						[ml]
	はじめ $V_1$						
滴下量 $V_B$ [ml]							

(2) シュウ酸と水酸化ナトリウムの中和反応を書け。

(3) 中和に要したB液の体積 $V_B$ を計算し、表に書き込め。

$$V_B = V_2 - V_1$$

(4) 平均滴下量  $\bar{V}_B$  を求めよ。

$$\bar{V}_B = 5 \text{ 個の } V_B \text{ の値の平均値}$$

(5) 下記の中和の量的関係式を用いて、B液のモル濃度を有効数字2桁で求めよ。

$$\text{酸の} [\text{H}^+] \quad \frac{z_A \cdot C_A \cdot V_A}{1000} = \frac{z_B \cdot C_B \cdot V_B}{1000} \quad \text{アルカリの} [\text{OH}^-]$$

B液のモル濃度 $C_B =$  \_\_\_\_\_ [ml/l]

## 2 食酢中の酢酸濃度の決定

### 1 目的

基本操作3で作ったC液のモル濃度を、実験1で用いたB液を用いて求める。そして、食酢の重量パーセント濃度を求める。

### 2 準備

器具 ビュレット、ホールピペット (10ml)、ビュレット台、コンカルビーカー (三角フラスコ)、漏斗

薬品 B液 (約0.1mol/lの水酸化ナトリウム水溶液)

C液 (食酢の10倍希釈液)

フェノールフタレイン

### 3 方法

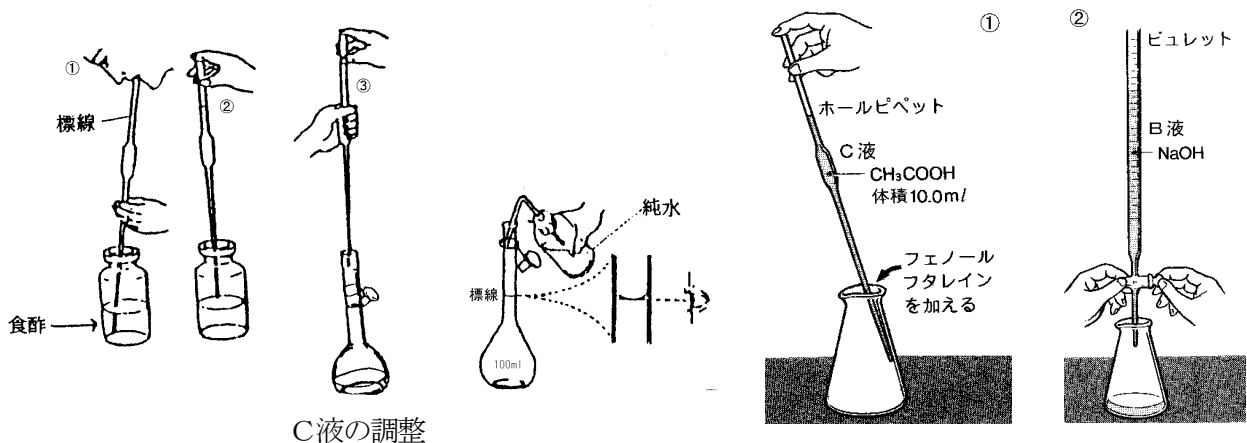
まず、試料 (食酢の10倍希釈液 C液) の調整を行う。

ホールピペットを用いて、食酢を10mlとってメスフラスコに入れ、純水を加えて正確に100mlにする。

①ホールピペットの先を液中につけ、液を吸い込みながら標線上まで液を入れる。

②ホールピペットの後ろを人指し指で押さえる、そして徐々に指先をゆるめながら空気を入れ、液面と標線とを一致させる。

③先端を内壁につけ、自然流下させたあと下図 (左③) のようにして残りの液を出す。純水を標線まで加えて100mlとする (下図左④)。



④C液10mlをホールピペットで測りとり、コンカルビーカーに移す ( $V_C=10\text{ml}$ )。このとき、指示薬 (フェノールフタレイン) を数滴加えておく。

⑤B液をビュレットに入れ、目盛りを読む ( $V_1$ )。①の溶液に少しずつB液を滴下する。加えてはコンカルビーカーをよく振って液を攪拌する。

⑥指示薬の色が微赤色 (ごく薄いピンク色) に変色した瞬間、滴下をやめ、ビュレットの目盛りを読む ( $V_2$ )。結果をデータ表に書き込む。

⑦実験を連続3回行い、結果をデータ表に書き込んで平均をとる。平均値が、C液のモル濃度である。②の操作では、新たにB液を入れない。コンカルビーカーは、毎回水道水で十分に洗ってから純水で洗うこと。



#### 4 結果と考察

##### (1) B液の滴下量

		1回目	2回目	3回目	平均滴下量 $\bar{V}_B$
ビュレットの 目盛り	終わり $V_2$				[ml]
	はじめ $V_1$				
滴下量 $V_B$ [ml]					

(2) 酢酸と水酸化ナトリウムの中和反応を書け。

(3) 中和に要したB液の体積 $V_B$ を計算し、表に書き込め。

$$V_B = V_2 - V_1$$

(4) 平均滴下量 $\bar{V}_B$ を求めよ。

$$\bar{V}_B = 5 \text{ 個の } V_B \text{ の値の平均値}$$

(5) 1の(5)と同様な計算で、C液のモル濃度を有効数字2桁で求めよ。

$$C \text{ 液のモル濃度 } C_c = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [ml/l]}$$

(6) 希釈前の食酢のモル濃度を求めよ。

(7) 食酢の質量パーセント濃度を求めよ。

モル濃度が $C$ [mol/l]とする。食酢1リットルに溶けている(酢酸)の質量は、  
 溶質=分子量×モル数= $60 \times C = 60 \cdot C$  [g]  
 食酢1リットル(1000 [cm<sup>3</sup>])の質量は、食酢の密度を水と同じ値(=1g/cm<sup>3</sup>)であると仮定すると、  
 溶液=1000cm<sup>3</sup>×1g/cm<sup>3</sup>=1000g  
 のようになる。したがって、食酢の質量パーセント濃度は、  
 質量パーセント濃度=100×溶質/溶液 [%]  
 =100×60・C/1000 [%]

$$\text{食酢の質量パーセント濃度} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ [%]}$$

## 実験2—コロイド—

### 1 目的

真の溶液とコロイド溶液の違いを知るために、コロイド溶液をつくり、その性質を調べ、コロイドの特性を理解する。そして、実験を通して粒子概念を深める。

### 2 準備

#### (1) 薬品

30%塩化鉄(Ⅲ)、0.1Mヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム、0.1M硝酸銀、0.1M塩化ナトリウム、飽和塩化ナトリウム(水22gに食塩8g)、0.05M塩化カルシウム、0.05M硫酸ナトリウム、ゼラチン水溶液(水30gにゼラチン1g)、牛乳薄め液など(水溶液は30mlとする)

#### (2) 器具

レーザーポインター、シャーレ、銅板、直流安定化電源装置、透析チューブ、ろ紙、輪ゴム、試験管、ビーカー、ロート、pH試験紙、蒸発皿など

### 3 実験

#### (1) 水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液の作製

- ①図1(左)のように、試験管に蒸留水5mlを入れ、30%塩化鉄(Ⅲ)水溶液を1滴加えてよく振る(→溶液A)。
- ②200mlのビーカーに蒸留水を100ml入れて加熱する。
- ③図1(右)のように、蒸留水が十分に沸騰したら、30%ピペットで0.5~1mlをゆっくりかき混ぜながら1滴ずつ加える。褐色になったら加えるのをやめる。その後、かき混ぜずに2分間沸騰させ加熱を止める(→溶液B)。
- ④2つの溶液の状態や色を比較する。
- ⑤溶液Bには、水素イオン $H^+$ 、塩化物イオン $Cl^-$ 、赤褐色の水酸化鉄(Ⅲ)コロイド粒子が共存している。

#### (2) 電気泳動の観察

コロイドはふつう帯電している。正に帯電しているか、負に帯電しているかを以下の方法で調べる。

- ①銅板を切り取って電極を2枚作る。
- ②図2のように、白紙の上にシャーレを置き、その中に水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液がわずかに広がる程度に満たす。
- ③2枚の銅板を離して設置し、電極とする。溶液をケータイで撮影する(写真1)。
- ④電極をワニ口クリップで固定し、直流電圧10Vをかける。両極を絶対にショートさせないこと。

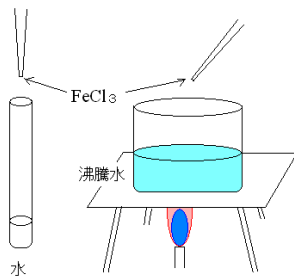


図1 沸騰水に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加える

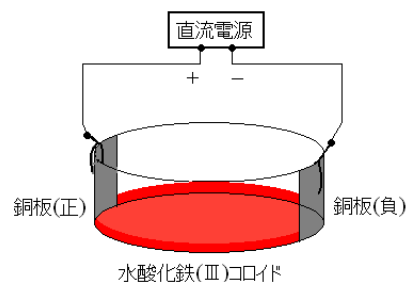


図2 電気泳動の観察装置

⑤約5分後、シャーレの中のコロイドどうなっているのかを観察する。このとき、コロイド粒子がどちらの極から離れているかに注意する。

⑥溶液を撮影する(写真2)。写真1と2はレポートに張り付ける資料とする。

### (3) チンダル現象の観察

レーザー光の光路が見えるときと見えないときがある。次の物質を調べ、光路が見えるのはなぜかを考える。

①水道水、溶液A、溶液B(水酸化鉄(III)コロイド)、ゼラチン溶液、石けん水、牛乳薄め液をビーカーに入れる。

②これらにレーザー光を当て、光路が見えるかどうか調べる。

### (4) 半透膜による透析実験—コロイド粒子のサイズを調べる実験—

コロイド粒子の特性(凝析、塩析)とサイズを、以下の方法で調べる。使用する「ろ紙」は約 $1\mu$ (ミクロン、 $=10^{-6}\text{m}$ )のサイズの穴が開いており、一般に細菌などは通過できない。また、半透膜として用いる「透析チューブ」は約 $1\text{nm}$ (ナノメートル、 $=10^{-9}\text{m}$ )のサイズの穴が開いており、これは原子の10倍程度のサイズである。

①水酸化鉄(III)コロイド溶液を冷やしてから約1/4をろ過し、ろ紙上の残留物の有無を確認する。

次に、透析チューブの一端を輪ゴムできつく縛る。

②蒸発皿のなかに透析チューブを置き、水酸化鉄(III)コロイド溶液約20mlを、ロートを使用して透析チューブに入れる。

③図3のように、蒸留水(50~75ml)を入れた200mlビーカーに透析チューブを静かに入れ、3~5分間放置する。この操作を透析という。

[注意] コロイド溶液を入れる際、コロイド溶液がチューブの外にこぼれないように充分注意する。こぼれた場合は、チューブについての溶液を蒸留水で洗い落とすこと。透析が終われば、次の操作をして変化の様子を観察して記録する。

④ビーカーの水を3つの試験管a、b、cに採り、aにpH試験紙を入れ液性を調べる。

⑤bに0.1M硝酸銀水溶液を2~3滴加える。

⑥cに0.1Mヘキサシアノ鉄(II)酸カリウムを2~3滴加える。

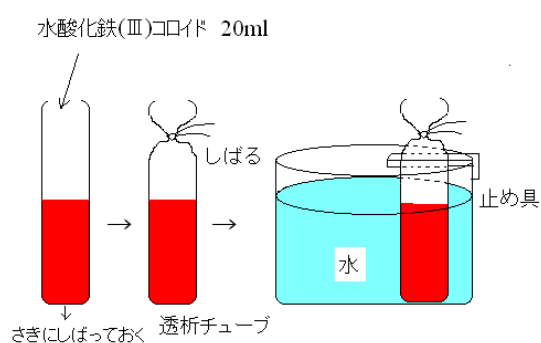


図3 透析実験の手順

### 5 凝析 (=コロイド粒子の沈殿効果) を調べる実験

⑦透析後の水酸化鉄(III)コロイド溶液(チューブのみなみ)を、A、B、C、D、Eの5本の試験管に2mlずつ採る。

(Aは比較対照用で何もしない。)

⑧別の試験管にゼラチン溶液2mlを採り、これをFとする。

⑨図4のようにB、C、Dの試験管に、電解質溶液を1滴ずつ加え、よく振り混ぜ、何滴で濁るか(不透明

になるか)を調べる。10滴加えても濁らなければ次に移る。

⑩セッケン液2mlを試験管G、Hにとる。

⑪試験管Fに0.05M硫酸ナトリウム水溶液を徐々に加えていき、変化があるかどうか観察する。

⑫試験管Gに0.1M塩化ナトリウム水溶液を徐々に加えていき、変化があるかどうか観察する。

⑬試験管Hには飽和塩化ナトリウム水溶液を徐々に加えていき、変化が見られたら加えるのをやめる。

セッケン液やゼラチンと、水酸化鉄(III)はいずれもコロイドであるが、両者の性質は異なる。

#### 6 保護コロイドの塩析を調べる実験

⑭試験管Eに、ゼラチン溶液1mlを加える。

⑮試験管Eに、0.05M硫酸ナトリウム水溶液を1滴ずつ加え、よく振り混ぜ、濁るかどうかを調べる。濁るまでに必要とした量を、試験管Dの場合と比較する。

⑯溶液があれば、Bをもう1本作り、⑨と同様に飽和食塩水を加えてBと比較する。

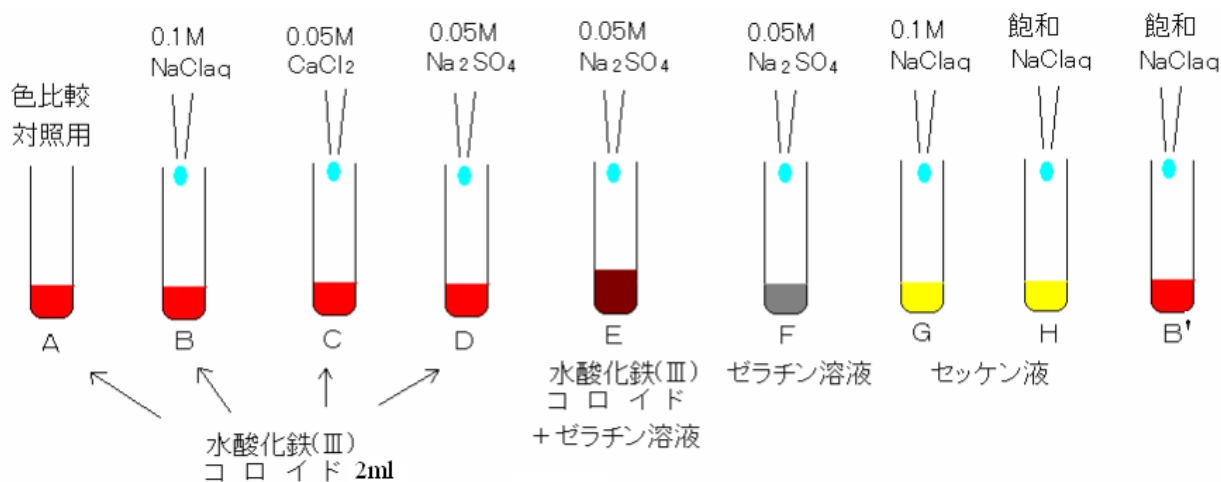


図4 凝析・塩析を調べる実験

#### 4 考察

①実験(1)で、水酸化鉄(III)コロイドが生じる化学反応式を書きなさい。

②水酸化鉄(III)は水には溶けない難溶性の物質である。それが沈殿せずに溶液の状態になっているのはなぜか。

③実験(2)の結果から、水酸化鉄(III)コロイドは正負のどちらに帯電しているといえるか。

④実験(4)①の結果から、水酸化鉄(III)コロイドの粒子はろ紙を通過したといえるか。

⑤実験(4)④⑤の結果から、透析チューブを通過した粒子は何であったか。

⑥実験(4)⑥の結果から、水酸化鉄(III)コロイドの粒子は透析チューブを通過したといえるか。

⑦実験(4)①及び④⑤⑥の結果から、水酸化鉄(III)コロイドの粒子のサイズについてどのようなことがいえるか。

⑧実験(4)⑨の結果から、水酸化鉄(III)コロイドの凝析に対して最も有効なイオンは何か。

⑨実験(4)⑪⑫⑬の結果からいえることであるが、ゼラチンやセッケン液が凝析しにくいのはなぜか調べよ。

⑩実験(4)⑮の結果からいえることを説明するために、ゼラチンはどのようなコロイドとして働いたかを調べよ。

⑪実験(3)①②の結果で、レーザー光の光路が見えるのはなぜか、考察⑦と関連させて述べよ。

5 実験(1)~(4)の観察記録

(1)④	
(2)⑤	
(3)水道水 溶液A.....	
	溶液B.....
	ゼラチン.....
	石けん水.....
	牛乳薄め液...
(4)①残留物(粒状)の有無	
	④試験管a
	⑤試験管b
	⑥試験管c
(4) ⑨試験管B	
	試験管C
	試験管D
(4) ⑪試験管F	
	⑫試験管H
	⑬試験管G
(4)⑮試験管E	
⑯試験管B'	

## 粒子概念を広げるための資料 (コロイド)

●**コロイド** スクロース(ショ糖)や食塩 NaCl を水に溶かした水溶液を観察したら透き通って見えますね。このとき、スクロース分子や NaCl が電離してできたナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  と塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  などの溶質はとても小さく、溶媒である水  $\text{H}_2\text{O}$  分子とほぼ同じくらいの大きさなので、光がそのまま通過します。このような溶液を真の溶液といいます。それに対して、デンプンやタンパク質などの水溶液は、真の溶液とは異なるさまざまな性質を示します。このようなデンプンやタンパク質などの溶液をコロイド溶液といいます。

ここで、デンプンやタンパク質などの溶質は、ろ紙は通れるけれどセロハンなどの半透膜は通れない大きさで、その直径は  $10^{-7}\text{m} \sim 10^{-9}\text{m}$  程度です。この程度の大きさの粒子をコロイド粒子といいます。ここで、コロイド粒子を分散させている物質を分散媒、分散しているコロイド粒子を分散質といい、コロイド粒子が分散した状態または物質をコロイドといいます。分散媒や分散質には、さまざまな状態があるため、さまざまなコロイドが知られています。

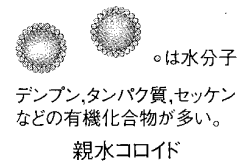
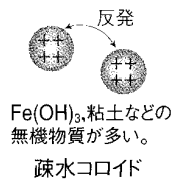
→コロイド粒子サイズは  
通常の分子の10~1000倍

### ●疎水コロイドと親水コロイドの性質

#### ①疎水コロイドと親水コロイド

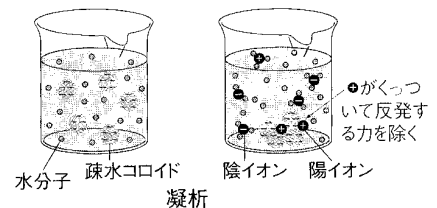
水分子との親和力が小さい(水と仲があまりよくない)コロイドを疎水コロイドといいます。疎水コロイドは、表面が+または-のどちらかに帯電していて、同じ電荷で反発しながら沈殿せずに分散しています。

それに対して、水分子との親和力が大きい(水と仲がいい)コロイドを親水コロイドといいます。親水コロイドは、表面にたくさんの水分子を強く引きつけて水中で安定しています。



#### ②凝析と塩析

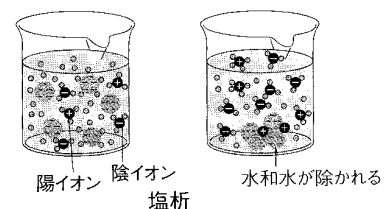
疎水コロイドは、表面が同じ電荷で反発しながら分散しています。ここに、反対符号のイオンを加えると反発力が除かれて沈殿します。少量の電解質を加えることで、この電解質から電



離してできた陽イオンと陰イオンのうちコロイド表面の電荷と反対符号のイオンが、コロイドにくっついて反発する力を除いてくれます。そうすると、疎水コロイドは集まって沈殿(凝析という)します。

また、少量の電解質を加えるとき、「コロイド表面の電荷と反対符号」で「その価数の大きいイオン」が含まれている電解質のほうが凝析させる効果が大きくなります。つまり、+電荷をもつ  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のコロイドは、塩化物イオン  $\text{Cl}^-$  よりも硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-}$  のほうが、-電荷をもつ粘土のコロイドならナトリウムイオン  $\text{Na}^+$  よりもアルミニウムイオン  $\text{Al}^{3+}$  のほうが効果的に凝析させることができます。

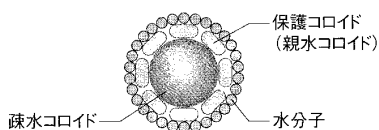
親水コロイドは、たくさんの水分子がコロイドを安定化しています。この親水コロイドに多量の電解質を加えると、コロイドをとりまいている水和水が、



電離して出てきた陽イオンや陰イオンに水和することで引き離されます。コロイドを支えていた水和水が除かれたので、親水コロイドは集まって沈殿(塩析という)します。

### ③保護コロイド

疎水コロイドに親水コロイドを加えると、親水コロイドが疎水コロイドをおおいます。表面を親水コロイドがおおっている

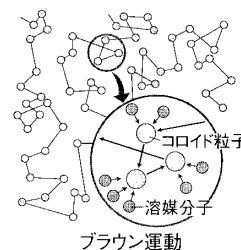
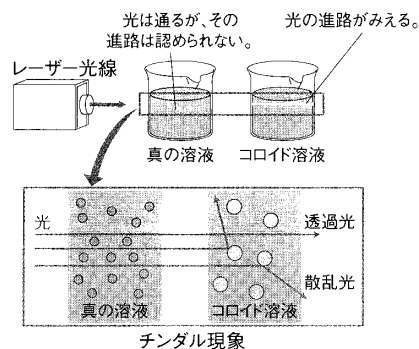


ので、そのまわりをさらに水和水がとりまき、凝析しにくくなる場合があります。このような働きをする親水コロイドを保護コロイドといいます。保護コロイドには、インキ(疎水コロイド)に加えるアラビアゴムや、墨汁(疎水コロイド)に加えるニカワがあります。また、ゼラチンは保護コロイドとしての作用が強くなります。

## ●コロイド溶液の性質

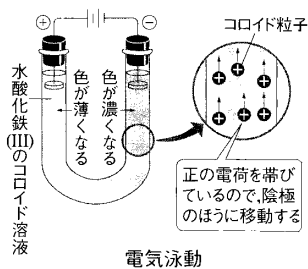
### ①チンダル現象とブラウン運動

コロイド溶液に横から強い光をあてると、光の進路がはっきりと観察できる現象をチンダル現象といいます。この現象は、コロイド粒子が光をよく散乱するために起こります。チンダル現象を起こしている部分を限外顕微鏡で観察すると、光ったコロイド粒子が不規則なジグザグ運動(ブラウン運動)をしているようすが観察できます。ブラウン運動は、熱運動している溶媒分子が、コロイド粒子に不規則に衝突することで、コロイド粒子が自分からジグザグ動いているように見えるのです。



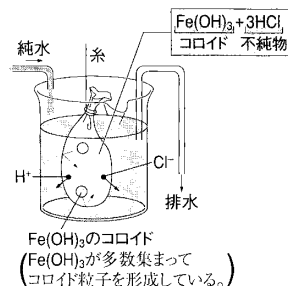
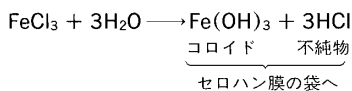
### ②電気泳動

U字管にコロイド溶液を入れて直流電圧をかけると、コロイド粒子が陽極または陰極に向かって移動する現象を電気泳動といいます。この現象は、コロイド粒子の表面が、+または-に帯電しているので、反対符号の電極に引き寄せられて移動します。ここで、+電荷をもつコロイドは $\text{Fe}(\text{OH})_3$ のコロイド、-電荷をもつコロイドは粘土や硫黄Sのコロイドということは覚えておいてください。



### ③透析

コロイド溶液に不純物として分子やイオンが含まれている場合、セロハン膜などの半透膜の袋に入れて、これを流水中に浸しておくで不純物である分子やイオンがセロハン膜の外に出ていきます。このように、コロイド溶液を精製する操作のことを透析といいます。右に、例として塩化鉄(III)水溶液を沸騰水中に滴下して得た赤褐色の水酸化鉄(III)のコロイドを精製する操作を示します。



# 7

## 野外学習の方法

### 7-1 生物的自然の野外観察法

#### (1) はじめに

環境教育は裾野の広い山になぞらえることができる。頂上への道は自然科学的なアプローチ、社会科学、芸術、哲学、倫理、宗教分野など様々なコースがある。山案内人として山の全容を知ってもらうためには、少なくとも一つのコースをしっかりと自分のものとした上で学際的・総合的な視野から山の良さを人々に解説できる力を身につけることが必要であろう。ここでいう解説とは「自然解説」(日本自然保護協会, 1990)の意味であり、学習者に自然に関する知識や情報を単に教えることではなく、自然のしくみやはたらきについて関心と興味をいだかせ、主体的に調べてみたいという気持を啓発することである。

山案内人の一人として著者の担当するコースは自然科学的アプローチの道、とくに、生物的自然を中心とした野外観察学習の方法(以下、自然観察と略)に関するものである。いうまでもなく、ここでいう自然とは人間に対立するものとしての自然ではなく、その中に人間をも含んだ自然を意味する。自然観察学習(自然教育)はありのままの自然に接し、そこにみられる様々な現象の中からある事実をとらえ、問題を発見し、解決へ進むという、現象への関心と探究心を基礎とした学習活動であり、それは環境教育という山の全容を直接的・具体的なもの(生きもの)を通して把握し、理解するための基礎となるものである。

#### (2) “観察” という行為と自然観察の方法について

基本的なことではあるが、自然観察を行う前に、自然科学で用いている“観



## 7-1 生物的自然の野外観察法

察”という行為の意味を理解しておく必要がある。1973年、K・ローレンツ、K・フォン・フリッシュとともにノーベル医学生理学賞を受けたN・ティンバーゲン(1972)は、観察とは外界のできごとを単に受動的にみつめることではなく、何を見るかをはっきりと選択し、観察対象についてなんらかの予想、偏見、もしくは仮説すら抱いてことをはじめめる行為であり、私たちは観察の結果が予想に反していることがわかると、はじめて不思議がり、期待したことの反証に驚き、この驚きによってさらに深い観察行為が誘発されることを述べている。つまり、科学的観察は予想を意識の外に追いやるのではなく、自分が何を見ようとしているのかをはっきりと確認することが大切であり、次に、その予想が本当であるかどうかを検証する態度で観察することが望ましいといえる。

一方、川喜田二郎(1978)は「野外科学は、それが実験科学とひとしく観察を基盤としつつも、根本的にちがった方法論によって自然を観察している」と述べ、「野外科学における自然は、ありのままの渾沌とした統御されない現実であるのに対し、実験科学における自然は、統御された単純な対象である。このちがいに応じて、実験科学の方法では、ある仮説の適否を確かめるという『仮説検証型』の方法が卓越するのに対し、野外科学の方法では、問題意識こそあっても仮説を前提的に定めるのではなく、まず観察が先行し、その観察の中から仮説そのものをつかみだしてくるという『仮説発想型』の方法が重要になる」とし、さらに、「問題意識をはっきり持つということと、その問題を解くに特定の理論や仮説のみを持って問題に接近するということとは、全く別のことである」と述べている。

高野恒雄(1984)は教育的な視点から理科における観察の理論依存性(知識依存性)について、「実験や観察を通してあることを発見する場合、理論に依存して発見をする場合もあるが、依存しないで発見をする場合も十分あり得る」と述べ、前者の例としてH・R・ヘルツの電磁波(ヘルツ波)の発見を、後者のそれにW・K・レントゲンによるX線の発見を紹介している。そして、「発見にはいろいろな場合があるという意味での発見の多様性を考えるとき、そこには理論依存の面とそうでない面とが存在すると考えるのが自然であろう」と述べている。この意味において、自然観察の方法として品田穰(1987)が提示している収斂法と検証法は、野外において観察という行為を遂行し、総合的に自然のシステムを理解する上で有効な方法である。

いずれにせよ、観察の指導は学習者の発達段階にあわせて指導する必要がある。具体的には、観察とは五感をフルに活用して事物・現象に関する情報を収

集する活動である。対象を定性的観点(色, 形, 手ざわり, におい, 味, たたいたときの音など)と定量的観点(長さ, 重さ, 数など)の両面から観察することが大切である。幼児の段階から観察力を養うためには, 日浦勇(1975)が指摘しているように, まず, 目と頭だけの観察ではなく, 追っかけ, ちぎり, むしり, 握り, たたいてみるといった肉体の労働にもとづく体感によるべきものであろう。自然に接した場合, 幼児はこの過程で自発的になにか珍しいこと, おもしろいことに気づくものである。しかし, この気づきは持続性が弱く, 自己規制の少ないものであろう。この段階から観察行為に進めるためには, 興味・関心をもった事物や現象に意識的に注目することが必要となる。多くの場合, 「しばらく見ていてごらん」というような呼びかけによる指導者の方向づけが必要となろう。

観察という行為が指導者による方向づけ(観察する観点を与えてやること)により, その効果を発揮する場合を野外および室内での指導例を参考に挙げておく。

真船和夫(1979)は渡辺万次郎(1959)による幼稚園児の指導例を次のように紹介している。

「私はかつて幼稚園の2児を近郊に伴った。彼らは“みやこぐさ”の花に注意を引かれたが, その名を問うほかに能がなかった。当時私どもの菜園には, 同じ豆科の“えんどう”の花が咲いていたので, 私は名を教えるかわりに, その花を持って帰り, おうちでそれによく似た花を見出すようにと指導した。彼らが帰宅後両者の類似を見出したときには, 小さいながら自力に基づく新発見の喜びに燃えた。やがて1人は“みやこぐさ”について, 「これにもお豆がなるか」と尋ねた。それはだれにも教えられない独創的な質問であった。私はそれに答えずに, 次の日曜に彼らに現場で確かめることを提案した。彼らがそこに小さな“お豆”を見出した時, そこには自分の推理の当たった喜びがあった。秋が来た。庭には菽の花が咲いた。彼らが菽にも豆のなることを予測した。彼らは過去の経験から, いかなる花に豆がなるかを自主的に知り, その推論を独創的にまだ見ぬ世界に及ぼしたのである。」(渡辺, 1959)。

渡辺氏はここで子どもの自主性や独創性の重要なことを指摘している。しかし, この野外観察で幼児たちが重要な発見をしたのは, 幼児たちの自主性や独創性だけによるのではない。渡辺氏が子どもの観察をどこにむけるかをはっきりとおさえ, 子どもたちが目的とする点を観察できるように適切に援助したからである。基本的なことをしっかりと教えるということは, ただ言葉で教えることだけではない。渡辺氏のような教え方もあるのである。

羽仁協子(1980)は外国の心理学者の研究例を引用しながら5歳3カ月の子どもが大人との問答の過程で観察という行為を見事に遂行していく過程を記述

## 7-1 生物的自然の野外観察法

し、その過程について考察を加えている。

「クララちゃんは、ミルクがふきこぼれないためには、どうしたらよかったのかしら？」

「ずっとそこにおいて、ガスコンロを止めてからくま人形をとりに行けばよかった。」

「クララちゃんは、ミルクがわいてきたのをみたとき、どうすればよかったのかしら？」

「ふきこぼれないように気をつける。」

「ふきこぼれるということは、どうしてわかるの？」

「白くなって、こぼれてくるから。」

「ミルクがわいてくると何か音がする？」

「台所においても、へやにおいてもきこえる。」

「ミルクの他に何かふきこぼれるかしら？」

「ミルクのうわずみ。」

「ミルクの他には？」

「スープとか、紅茶、ココア、コーヒー、キャラメル。」

「水がわいてくるとどうなる？」

「ぼこぼこいう。」

「わいているとき上に出ていくのは何か知っている？」

「ゆげ。」

「ゆげって何かしら？」

「みえないようでもあるけど、ずっと上っていくもの。何かな。分からない。」

この子どものゆげに対する答えを、文献をかいた心理学者は高く評価しています。もちろん、小さい子どもたちが、言語的、思想的にはとても解決できないことを行為では解決してみせることは、ピアジェ以来、よく知られています。しかし、この子どもは、手まねや“感じ”を使わずに、ことばで文章であらわしてみせました。つまり、この子どもは、特定の物理的現象をまだ知ってはいませんが、その現象の本質を完全に観察できていました。「みえないようではあるけど」という“詩的な”比喻を使って、ゆげの気体としての性質に興味をひかれたことを示しながら、答えのつづきの部分においては、「ずっと上っていく」と全く具体的な規定にむけて方向を定めました。ところが、みえない、あるようなないようなものが、とにかくはっきり上っていくという二つの反対なことがらの前に降参し、「分からない」と結論づけました。つまり、物理的現象の経過が、まだ意識に上っていないことが示され、そのために、気体现象とゆげが“上る”という目に見えるさまとを一致させることができないことを示しました。日本の子ども、私たちの子どもにも、もちろん、こういうことはあるのですが、日本の近代教育の伝統は、こういう子どもの発言をちがったふうに解釈し、位置づけてきました。それらは“口頭詩”として、子どもの美的感覚のすばらしさの証明としてうけとめられ、大きくなってもしういものをなくさないようにといわれてきました。子どもの美的柔軟性こそ、真の知的認識、真の合理主義に向かって教育をはげますものでなければなりません(下線は筆者による)。

### (3) 自然観察実施上の注意

自然観察を実施する場合の事前・事後の注意は、自然教育・自然保護教育において共通するものと考ええる。その詳細については、金田平・柴田敏隆(1977)の『野外観察の手びき』や日本自然保護協会(1984)の『自然観察ハンドブック』などが参考となる。ここでは、次の点にふれておきたい。

#### (a) 観察場所、コースの選定

原則として、指導者の生活圏内にある地域の自然を中心に観察コースを選定するのがよい。日常的にその自然に接していることにより、思わぬ観察テーマを開発することが可能である。コースの距離、観察指導に費やす時間は指導する対象(年齢や職業)や人数により異なるが、選定したコースは春夏秋冬各シーズン訪れることによって、より多様な生きものの生活を観察することができる。次に、青柳昌宏(1971)に従い、望ましい観察コースの条件を列記する。①ゆっくりと観察して2時間のコース。②ゆるやかな上り坂コース。③日光を背にしたコース。④特別な目的を持たないかぎり、全コースを谷川沿いに設定しない方がよい。⑤安全第一に考え、危険のないコースを選ぶこと。

#### (b) 観察用具について

用意すべきものとして、サブザック、雨具、地図、コンパス、懐中電灯、ライターまたはマッチ、救急セット、ちり紙、手拭、軍手、水筒、喫煙者は携帯用灰皿、ビニール袋と輪ゴム、フィールドノート、筆記用具、ルーペ、大型ピンセット、ふた付アイスクリームカップ、透明なフィルムケースなどが挙げられる。そのほか目的に応じて、捕虫網、三角紙、三角ケース、吸虫管、毒瓶、小型タッパーウェア、根掘り、はさみ、野冊、胴乱またはビニール袋、紙テープ、荷札、双眼鏡、カメラ、ポータブルビデオカメラ、小型テープレコーダ、携帯可能な昆虫・クモ・植物・キノコ・鳥類図鑑などがあると便利である。

#### (c) 採集について

自然の中に入って観察する場合は、自身が自然の中に溶け込み、“石化け”、“木化け”の気持で自然に対する思いやりをもつことが大切である。観察や種の同定のために生きものの命を奪う必要のあるときもある。その場合には、私たちが食事をするとき口ぐせのように言う「いただきます」を思い出して欲しい。著者の母はこのことばを米や魚の命をいただかせてもらおうと解釈していた。以上のことをふまえた上で採集する場合の条件を小川潔・川藤秀治(1989)に従い次に列記する。

①採集するものが、そこにふんだんにあり、採集しても自然をそこなうおそ

## 7-1 生物的自然の野外観察法

れが全くないこと。

②採集する目的・必然性が誰にも納得のいくものであること。

③採集したものが活用されること。

### (4) 生物的自然を観察する場合の観点

環境教育をめざした自然観察学習の指導者に求められるものは、まず、指導者が自然のしくみとはたらきを自然史および生態学的視点から理解していることである。また、複雑な自然の中から「生きものの生きているようす」やそれらと人間とのかかわりを見つけだす能力である。さらに、これらの素材を学習者に解説することにより、教材<sup>＊1</sup>にまで高めることのできる能力である。その場合に役立つと思われる生物的自然を観察する場合の観点を表7-1にまとめておく。

表7-1の各項目は、自然の中にあっては相互に関連したあり方で具現してくるが、ここでは項目別にその内容を説明し、関連する素材を紹介したい。表7-2はそれらの素材例を生物的自然の階層構造に対応させて整理したものであり、図7-1は、観察を実施する季節・時間の流れ(X軸)、具体的な個体のレベルから、より高次な生態系概念の理解へと進むような学習者の発達段階を考慮した学習のレベル(Y軸)および観察場所としての生物の生活空間(Z軸)の3

表7-1 生物的自然を観察する場合の観点

項目	観 点
1	まず、巨視的に自然をみる。
2	生きものは、なかま同士同じ形をしている。
3	生きものは、なにかを食べて生きている。
4	生きものは、子供をつくる。
5	生きものは、自分を外敵から守る。
6	生きものは、生まれ、成長し、死んでいく。
7	生きものは、環境とのかかわりの中で生きている。
8	生きものには、歴史がある。

\*1 教材とは、教師の教育的な意図と学習者の主体的な活動の相互関係を成立させる媒介物である。すなわち、教師は教育の目的・目標を考慮し、児童の実態を把握し、素材(自然の事物・現象)を選び、児童の活動を通して得られる教育的価値を与えたとき、その素材を教材と呼ぶ(新理科教育用語辞典、初教出版)。また、庄司和晃(1974)は教材組織上の原則として、最も一般的で基礎的な概念・法則は何かということ、それを学びとることによっての実践的課題は何であるか、それと子どもが興味的にやれるのかどうか、という3点をあげている。

クテリアの “ご先祖様” にあたるものは、いったいどのような生命体であったのだろうか。そして、ノースポールで見つかった最古バクテリア化石は、この遺伝子系統樹の中のどのあたりに位置づけられるのであろうか。

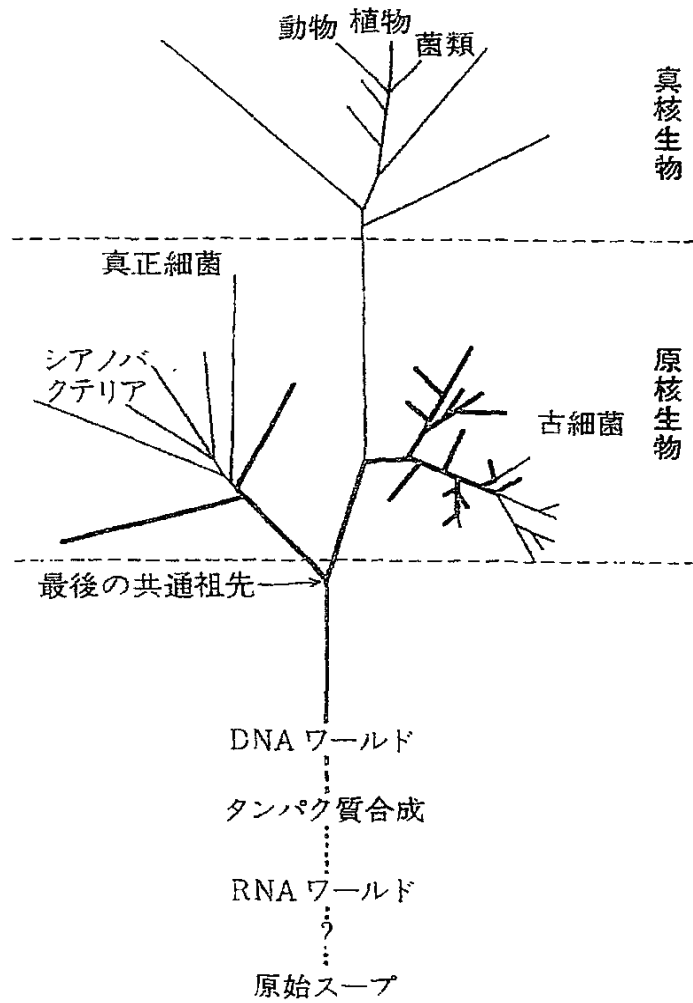


図 3.4 遺伝子の塩基配列にもとづく地球生命の系統樹(ラツカノ, ステッターによる)

いして、外部形態について圧倒的な多様性をほこる真核生物は、意外にも共通性の高い配列でひとくくりになされていることである。もう一つは、近縁性をたどっていくと、現存する地球生命のもっとも古い共通祖先が真正細菌と古細菌とのあいだにあると推定されることである。このすべてのバ

丸山・磯崎(1998) 生命と地球の歴史:岩波書店

## 好熱菌

もういちど図3・4の遺伝子系統樹をながめてみよう。最初の分岐に近いあたりの枝のいくつかが太線でしめしてあることに気がつくだろう。この太線の枝に属する現世のバクテリアは、真正細菌でも古細菌でも、温泉、熱水噴出孔、高温ポイラー室などの高温の水がある場所でのみ生活・繁殖する仲間である。なかには、通常の沸点を超える一一五℃の熱水中に生息しているものがあり、これらは一般に「好熱菌」とか「高度好熱菌」とよばれている。

興味深いことに、これら好熱菌の仲間は、系統樹の中で共通祖先から離れれば離れるほど、より低い生息適温をもつ。この傾向は、共通祖先にあたる生命がもともと高温水がある環境で発生し、その後多様化した子孫たちがより低温の環境へと徐々に拡散していったようすを物語っているように見える。いま熱水噴出孔の周辺にすむ好熱菌は、メタン発酵や硫酸酸化などの化学反応によって生活エネルギーをえている。おそらく、初期生命体も原始的なエネルギー変換機構として、ある種の化学反応を利用していたのであろう。大きな温度勾配をもち化学ポテンシャルが高い熱水噴出孔周辺は、彼らにとって魅力的な環境であったにちがいない。同様に、初期生命は栄養分を無機物から化学反応によってつくりだすことができる「独立栄養生物」であったと推定される。

NASAの火星探査チームがいま躍起になって探しているのが、かつて表面に液体の水があ

## 生き物の名前を知ることの意味

つい最近のことである。某文系大学での自然観察実習の折り、参加していた学生（2年生）45名全員がスギの木の実物を知らないことがわかった。理系の大学に勤務する友人にこのことを話すと「うちの学生たちも同じような状況ですよ」との返事。

生き物の名前を知ってはいても、実物を知らない学生たちがますます増えていることは確かである。私はこのことに大きな危機感を抱いている。地球環境の変化を的確に認識するためには身のまわりの生き物の名前（分類名）を知ることが大切である。

生き物の名前を知ることの意味について、2人の方々の考え方を次に紹介しておこう。

自然学習の先覚者L. H. ベイリは「あなたは、子どもに事物の名称を教えるか」という問いに次のように答えている。

教える。それは、新しく来た男の子、女の子の名を教えるのと同じである。けれども、私は名前だけで終わりにほしない。自然学習は、究極的には「そのものは何か」とたずねるのではなく、「いかにそのものは生きるのか」、「それは何をするのか」、「私はそれにたいして何をすることができるのか」などとたずねるのである。名称は対象について語るができるようにすることばの一部にすぎない。はじめに名称を教えてしまうべきである。それから本質的な問題にすすめばよい。

河合雅雄は「自然と親しむためには、ともかく身近な動植物の名を覚えて欲しい。私は今机に向かってこの文を書いているが、さまざまな物に囲まれている。鉛筆、消ゴム、電気スタンド、本、花瓶には椿と水仙……。でも、それらに名前がついていなかったならばどうだろう。私は不安になり、いたたまれない気持ちになるだろう。……取り巻く物が名前を持っているからこそ、私はそれらと関係を維持し、安定した小世界を作ることができるのだ」と述べている<sup>2)</sup>。

〈北野日出男〉

1) ベイリ, L. H. 1911, 『自然学習の思想』宇佐美寛訳, 明治図書出版, 1972, 121～122頁。

2) 河合雅雄 1990, 『子どもと自然』岩波新書, 232～233頁。



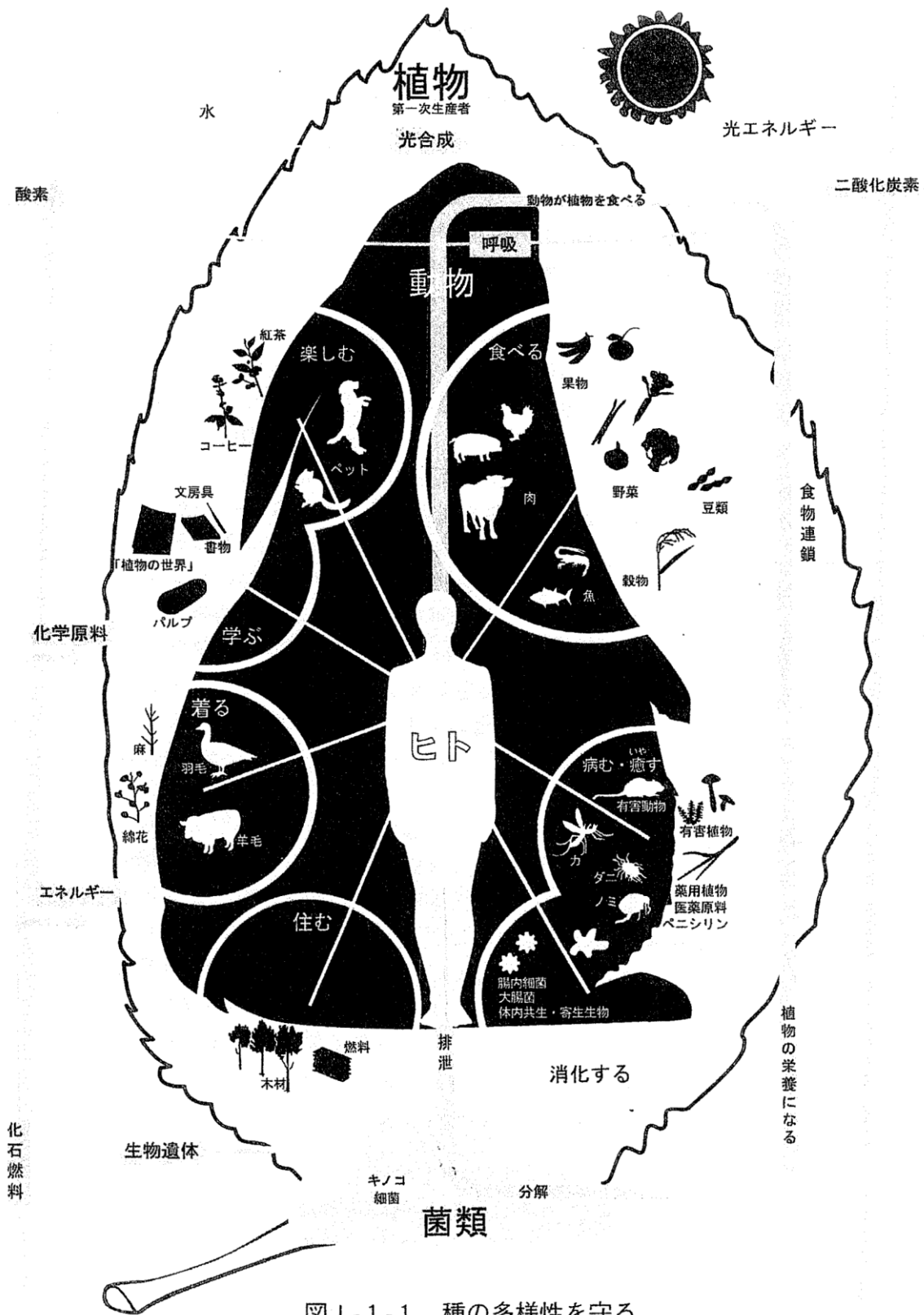


図 1-1-1 種の多様性を守る

出典) 岩槻邦男 1996, 「なぜ危うい種を守るのか」『週刊朝日百科 植物の世界』No.132, 朝日新聞社, 14の339頁.

## 実験3ーレンズの焦点距離測定と像の観察ー

### 1 実験目的

移動法により、凸レンズの焦点距離を正確に測定する。また、物体と実像の位置及び倍率を定量的に測定し、物体と実像の位置が焦点距離とどのような関係にあるかを導く。

### 2 準備

光学台、焦点距離の異なる2つの凸レンズ、光源、スクリーン、十字スリット、キャリアー（5個）、ペンライト、レーザーポインターなど

### 3 実験ー1ー移動法による焦点距離測定

#### (1) 原理

凸レンズの焦点距離を $f$ とする。図1において、物体PQとつuitateの距離 $p$ を $4f$ 以上にしたとき、ちょうどつuitate上に実像のできる凸レンズの位置を $L_1$ および $L_2$ とする。

レンズの移動距離 $L_1L_2=q$ とすれば、

$$f = \frac{p^2 - q^2}{4p} \dots (ア)$$

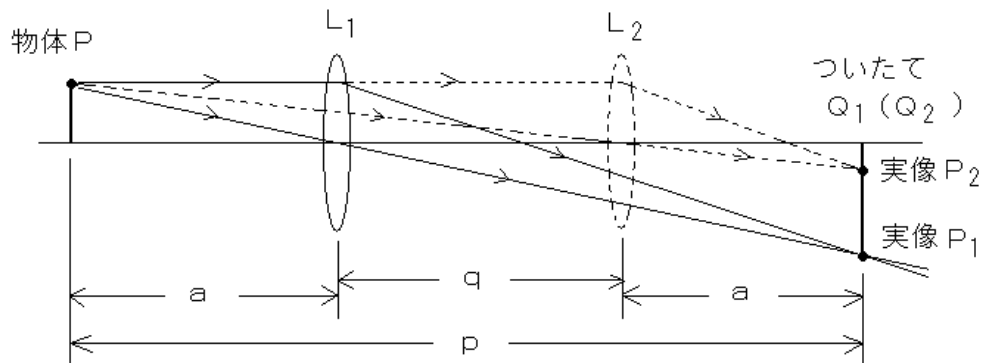


図1 凸レンズによる2つの実像

#### (2) 実験方法

①凸レンズ1を開封し、凸レンズに太陽光線をあてて透明ガラス板に焦点を結ばせる。凸レンズとガラス板の距離を定規で測定し、焦点距離の概値を知る。太陽が出ていないときは、遠方の景色、たとえば遠方の電柱などの像を白紙に写す。凸レンズと白紙の距離を測定して焦点距離の概値とする。

②方眼紙から、一辺が2.0cmの正方形をカッターで精確に切り出し、サインペンで裏を黒くぬる。図2のように、十字スリットの中央にこの正方形をしっかりと貼り付ける。

③図3のように、光学台上に、光源と十字スリット、レンズ、スクリーン（白）を設置する。レーザーポインターを用いて、これらの光軸を合わせる。

④十字スリットから、スクリーンを80cm以上離して設置した後、スクリーンを動かさない。

このときの、十字スリットの位置 $x_1$ とスクリーンの位置 $x_4$ を測定する。測定は最小目盛り（1mm）の1/2まで読みとる。

例)  $x_4=96.20\text{cm}$  もし、1目盛りの間にきた場合は中間をとる。 $x_4=96.25\text{cm}$ など

このとき、図4のように、十字スリットの厚さ（=0.22cm）を考慮し、 $x_1$ は、光学台の値に0.10cmを加えるものとする。

例) 光学台の値=4.90cm なら、 $x_1=5.00\text{cm}$

⑤レンズの位置を調整し、スクリーンに正方形の実像が鮮明に写るようにする。このときのレンズの位置 $x_2$ を測定する。

⑥レンズをスクリーン側に動かしていき、再び正方形の実像がスクリーンに鮮明に写るようにする。この

ときのレンズの位置 $x_3$ を測定する。

⑦ $x_1$ から $x_4$ までのデータを、6のデータ表に記入し、次式によって、 $p$ 、 $q$ を求める。

$$p = x_4 - x_1$$

$$q = x_3 - x_2$$

⑧式(7)を用いて、 $f$ を小数点第2桁まで求める。

⑨スクリーンの位置 $x_4$ を少しずらし、④～⑧をもう2回行う。

⑩ $f$ に関する3個のデータの平均をとり、凸レンズの焦点距離 $f_1$ とする。

⑪凸レンズ2の焦点距離 $f_2$ を、再び①～⑩のようにして求める。

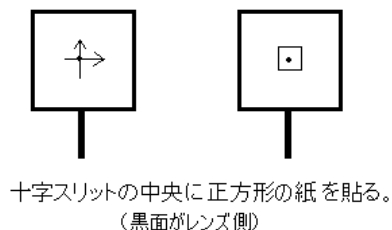


図2 正方形の物体

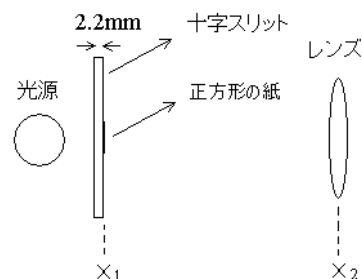


図4 光源、正方形物体、凸レンズ

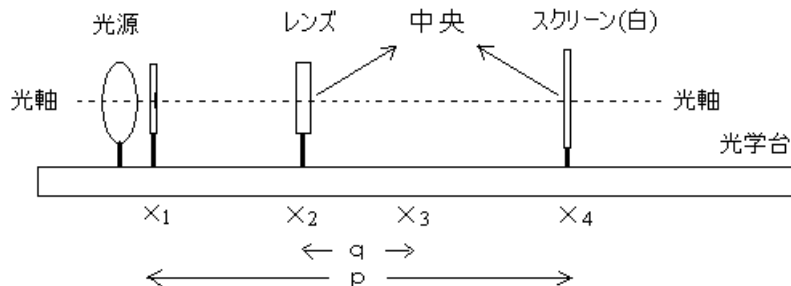


図3 光学台上の配置(1)

#### 4 実験-2-物体と実像の位置及び倍率の定量的測定

##### (1) 実験の目的

光源とレンズの距離 $a$ 、レンズと実像の距離 $b$ は、実験-1-で求めたレンズの焦点距離とどんな関係にあるかは、レンズ公式によって示される。ここでは、レンズ公式を実験的に検証することを通して、光やレンズについての理解を深める。

##### (2) 実験方法

①光学台上、図5のように、光源と十字スリット、レンズ（焦点距離 $f_1$ ）、スクリーンを設置する。以後、光源と十字スリットを動かさないようにする。

②十字スリットの位置 $x_1$ を測定する。値は、3(2)④と同様に処理する。

③6のデータ表の $a$ の始めの値から、レンズの位置 $x_2$ を次式で求め、レンズを移動させる。

$$x_2 = x_1 + a$$

④スクリーンを動かして、十字スリットに貼った正方形の実像が鮮明に写る位置で止める。このとき、スクリーンの位置 $x_3$ と正方形像の一边の長さ $r$ を測定する。 $r$ は、正方形像の縦と横を測り平均をとる。なお、 $b$ は次式で求められる（計算は測定後に行う）。

$$b = x_3 - x_2$$

⑤ $a$ を次の値に変えて、レンズをスクリーン側に少し動かし、③④と同様に測定する。

⑥操作③～⑤を繰り返して、 $x_2$ 、 $r$ 、 $x_3$ の値を6のデータ表に書き込む。正方形は正確に2.00cmであるから、像の倍率 $m$ は次式で求められる（計算は測定後に行う）。

$$m = \frac{r}{2.00} \dots (イ)$$

- ⑦レンズを交換する。光学台にレンズ2（焦点距離 $f_2$ ）を設置し、①～⑥を繰り返す。  
 ⑧測定後、6のデータ表の諸量（ $b$ 、 $m$ 、 $b/a$ 、 $1/a$ 、 $1/b$ 、 $1/a+1/b$ ）を計算する。

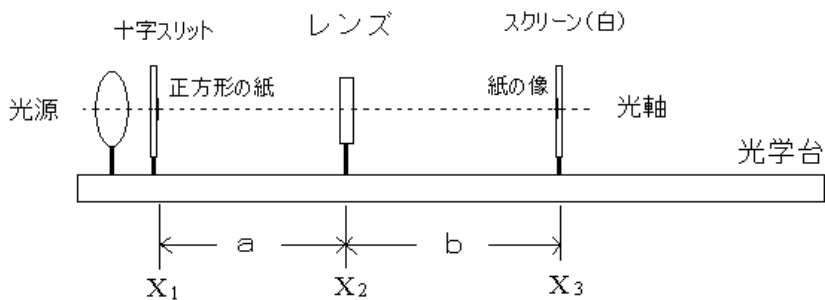


図5 光学台上の配置(2)

## 5 結果と考察

### (1) 移動法による焦点距離測定

①焦点距離の概値は、正確な値に比べると何%違うか。

### (2) 物体と実像の位置及び倍率の定量的測定

① $a$ を横軸、 $b$ を縦軸に $a$ と $b$ のデータをプロットせよ（エクセル散布図で）。

$a$ と $b$ はどのような関係になっているか。

② $1/a+1/b$ の値はほぼ一定になったか。その平均値を求めよ。

③ $1/a+1/b$ の値は、レンズの焦点距離 $f$ の逆数（ $1/f$ ）とどんな関係になっているか。

この関係をレンズ公式という。

④ $b/a$ の平均値を求めよ。その値は、式(4)で求めた実像の倍率 $m$ とどのような関係か。

## 6 データの整理

実験結果を下記のデータ表にまとめ、結果の考察に役立てる。

### (1) 実験-1 移動法による焦点距離測定

#### 凸レンズ1

回	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$p$	$q$	$f$
1							ア
2							イ
3							ウ

$$f_1 = (\text{ア} + \text{イ} + \text{ウ}) \div 3$$

$$f_1 = \quad \text{cm}$$

#### 凸レンズ2

回	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$p$	$q$	$f$
1							エ
2							オ
3							カ

$$f_2 = (\text{エ} + \text{オ} + \text{カ}) \div 3$$

$$f_2 = \quad \text{cm}$$

(2) 実験-2 物体と実像の位置及び倍率の定量的測定 (凸レンズ1 :  $f=15\text{cm}$ 、凸レンズ2 :  $f=20\text{cm}$ )

凸レンズ1  $X_1 =$  \_\_\_\_\_ cm

a [cm]	$X_2$	$X_3$	r	b	m	b/a	1/a	1/b	1/a + 1/b
19.5									
20.0									
20.5									
21.0									
21.5									
22.0									
22.5									
23.0									
24.0									
25.0									
26.0									
27.0									
28.0									
29.0									
30.0									
33.0									
35.0									
40.0									
45.0									
50.0									
55.0									
60.0									
65.0									
70.0									
75.0									

凸レンズ2  $X_1 =$  \_\_\_\_\_ cm

a [cm]	$X_2$	$X_3$	r	b	m	b/a	1/a	1/b	1/a + 1/b
27.0									
27.5									
28.0									
28.5									
29.0									
29.5									
30.0									
30.5									
31.0									
32.0									
33.0									
34.0									
35.0									
36.0									
37.0									
38.0									
39.0									
42.0									
45.0									
50.0									
55.0									
60.0									
65.0									
70.0									
75.0									
80.0									

## Ponds, Plankton and Microscopes

The goal of the laboratory exercise is to familiarize the student with basic field measurement techniques including abiotic factor observations, plankton sampling techniques, compound microscope fundamentals (including calibration of an ocular micrometer), plankton identification, and sketch techniques.

### 1. Plankton Sampling

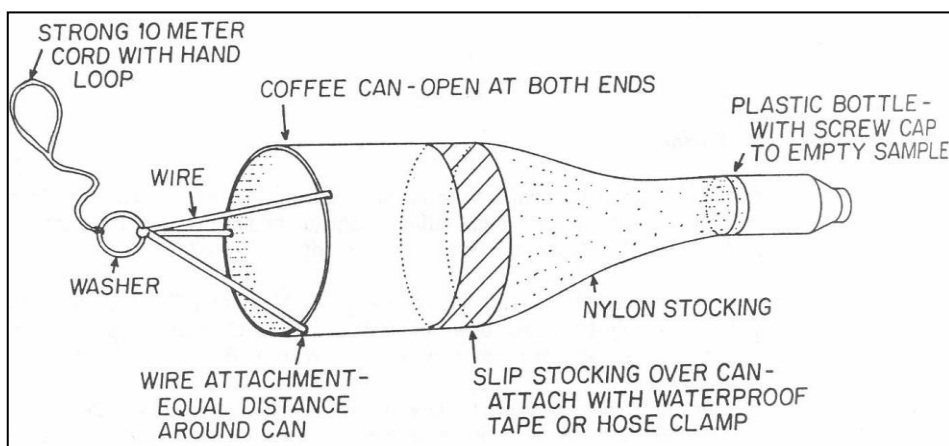
Materials Per Group: Pencil & paper, thermometer, plankton net, bucket with rope, 2 x 500 ml beaker, 2 x distilled water dispenser.

Methods:

- Walk down to the pond and take notes about the abiotic environment, i.e. time, weather, temperature (air & water), depth of pond, pH, topography, etc. Make note of sampling location.

Time: _____ Weather: _____ Air Temperature: _____ Water Temperature: _____ pH: _____ Topography Notes: _____ _____ _____ _____ _____	Map (Drawing)
---	---------------

- Seal the valve of the plankton net and lower into pond. Do not let the end of the net sink to the bottom! Raise and lower the net a few times to collect plankton samples. Do not allow floating leaves and large debris to collect in the net. Raise the net out of the water.
- Rinse the area around the net with distilled water and release the sample water into your beaker.
- Repeat process until you have collected enough sample water
- Return to laboratory



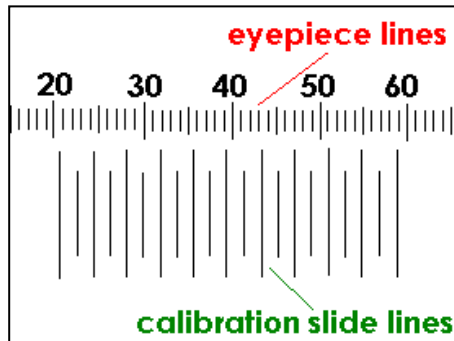
**Figure 1.** Home-made plankton net. By pulling the net through water, small organisms will be filtered and collected in the bottom portion of the net. The sample can be retrieved by simply unscrewing the cap and allowing the sample to collect in a vial.

## 2. The Compound Microscope

Materials Per Group: 4 x compound microscopes (1 per student), 1 x compound light microscope, 1 x dissecting microscope, large Petri dish, 1 x ocular micrometer lens, 1 x stage micrometer lens, slide glasses, cover glasses and sampling pipettes.

Methods:

- Familiarize yourself with the moving parts of the compound microscope: viewing lens, magnification, diaphragm, mirror, and mounting stage for slide glass. Be sure your microscope is clean and works!
- Each person should calibrate the ocular lens of their respective microscope (see attached). Make note of the ocular lens calibration at x10 and x40 magnification. Be careful with the micrometer slide and lens – very expensive!



The number of lines must be counted. As shown in the figure (left), the eyepiece lines have numbers on them whereas the calibration slide's lines do not. The total number of eyepiece lines (**X**) are from line 21 to 59. That's a total of 38 lines. The number of calibration slide lines (**Y**) show a total of 10 lines (note the little lines mark half spaces and the first line is not counted because it is zero).

$(Y / X) \times 10 \mu\text{m} =$  Measurement between two lines for

x10 \_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$

x40 \_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$

- Prepare your water sample by collecting some of the water using a pipette, and dispensing into the Petri dish. Sort through Petri dish water using the dissecting microscope and find plankton to sketch. Collect plankton samples and move to slide glass. Cover with cover glass and wipe any extra water off the slide glass.
- Observe through compound microscope, make notation of size and identify using taxonomy book.

## 3. Sketch Techniques

Materials Per Group: 4x sketch paper, pencil and eraser

Method:

- Prepare your sketch paper by dividing the paper into two sections.
- Please write your name, ID number and date. Also note the name of the organism, where it was collected, and any abiotic factors your group measured.
- Sketch your specimen slowly using long, controlled pencil strokes. Take your time. Do not sketch using short, burst like strokes.
- Try your best to represent the depth and volume of the specimen using shading techniques. Adjust the focus of your microscope if necessary. Take breaks accordingly to rest your eyes.
- Make any notations regarding colors or textures your some across.

## Chlorophyll Pigment Biomarker

### Why is Chlorophyll an Important Water Quality Parameter?

The measurement and distribution of microscopic phytoplankton or algae is of interest to scientists, researchers and aquatic resource managers. An understanding of the phytoplankton population and its distribution enables researchers to draw conclusions about a water body's health, composition, and ecological status.

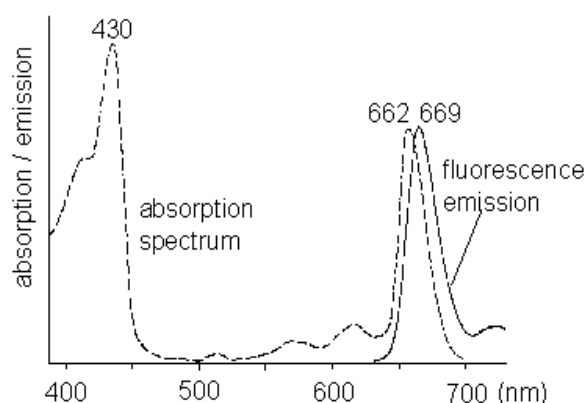
Chlorophyll is essential to the existence of phytoplankton. In general, the amount of chlorophyll in a collected water sample is used as a measure of the concentration of suspended phytoplankton. Currently, chlorophyll determinations are made on lakes, rivers, reservoirs, and coastal and ocean waters across the globe. Surface waters that have high chlorophyll conditions are typically high in nutrients, allowing the algae to grow or bloom. High levels of nitrogen and phosphorus can be indicators of pollution from manmade sources, such as septic system leakage, poorly functioning wastewater treatment plants, or fertilizer runoff. Thus, chlorophyll measurement can be utilized as an indirect indicator of nutrient levels.

### Chlorophyll *a* Fluorescence Measurements in Plant Biology

Light energy that is absorbed by chlorophyll in a plant can undergo three fates:

- 1) Light can be used to drive photosynthesis
- 2) Light can be dissipated as heat
- 3) Light can be re-emitted as red fluorescence

These three processes occur in competition. Any increase in the efficiency of one process will result in a decrease in the yield of the other two. Therefore, determining the yield of chlorophyll fluorescence will give information about changes in the efficiency of photochemistry and heat dissipation.



Although the total amount of chlorophyll fluorescence is very small (only 1~2% of total light absorbed), measurement is quite easy. The spectrum of fluorescence is different to that of absorbed light ( $460 \pm 20$  nm), with the peak of fluorescence emission being longer wavelength ( $685 \pm 20$  nm) than absorption.

### 1. Chlorophyll Collection, Filtration and Extraction

Materials Per Group: 1x water collection bucket, 2x 200 ml graduated cylinder, 2x 20 ml brown glass vials per person, 100% Acetone, filtration set, GF/F filters and distilled water

Method:

- Prepare 90% Acetone (using distilled water) for your group (each person requires 20 ml of solution). Add 10 ml 90% Acetone solution to your respective vials.
- Go to the pond to collect water! Be careful not to collect floating debris. Note the time, location of sampling, air temperature, water temperature and pH.
- Set a GF/F filter (waffle-side down) using forceps on the filter funnel. Be sure your funnel is tightly sealed.
- Using a 200 ml graduated cylinder, filter 50 ml of pond water through the GF/F filter.
- Carefully remove the GF/F filter (without touching the plankton on filter) and insert into vial filled with 10 ml of 90% Acetone. Make sure filter is settled within the Acetone solution.
- Label and store in refrigerator.



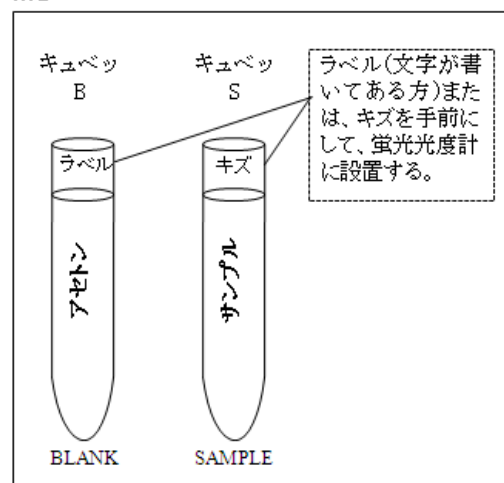
## 2. Chlorophyll Fluorescence Measurement (クロロフィル a (CHL a) の測定)

CHL a の測定にはいくつか方法があるが、最も手軽に行われているのが蛍光光度計を用いた測定法である。本実験では抽出した CHL a の蛍光を蛍光光度計で測定し、CHL a 量を算出する。

### 〈測定操作〉

- ① 冷蔵庫から自分のサンプルを出し、よく混ぜておく。
- ② 2つのキュベット(試験管)を用意し、アルコールで外側を拭き、汚れを落とす。
- ③ 一つを BLANK 用(キュベット B)に、一つを SAMPLE 用(キュベット S)とする。(※1)
- ④ ピペットマンでキュベット B にアセトン 2.5 ml を入れ、キュベットの中を洗い、一度捨てる。
- ⑤ アセトンで洗ったキュベット B にピペットマンでアセトン 5 ml を入れ、キュベットのラベルを前に向け(※1)、蛍光光度計に設置し、蛍光値( $F_0$ )を測定する(蓋をしたら $\star$ を押し、「DONE」の表示が出た時の値をみる)。
- ⑥ 測定値を配布試料(自分のデータ欄)に記入する。
- ⑦ ピペットマンでキュベット S にサンプル 2.5ml を入れ、キュベットの中を洗い、一度捨てる。
- ⑧ サンプルで洗ったキュベット S にピペットマンでサンプル 5ml を入れ、ボルテックスでよく混ぜた後、キュベットのラベルを前に向け、蛍光光度計に設置し、蛍光値( $F_0$ )を測定する(蓋をしたら $\star$ を押し、「DONE」の表示が出た時の値をみる)。これを 2 サンプル分行う。
- ⑨ 2 サンプルの測定値を配布試料(自分のデータ欄)に記入する。
- ⑩ SAMPLE の測定値から BLANK の測定値を差し引いて、サンプルの蛍光値を出す。
- ⑪ 以下の式を用いて CHL a 量を算出する。

※1



$$\text{CHL } a \text{ (mg m}^{-3}\text{)} = F_0 \times v / V$$

ここで、 $v$  は抽出溶媒(アセトン)量(ml)、 $V$  は濾過した海水の体積(ml)である。

自分のデータ:  Blank ( $F_0$ )      _____  Sample 1 ( $F_0$ )    _____  Sample 2 ( $F_0$ )    _____  Sample 3 ( $F_0$ )    _____	$F_0 - F_0^{\text{BLANK}}$ の計算:  <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Sample #</th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;">Blank</th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;"><math>F_0</math></th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;"><math>v</math></th> <th style="text-align: left; border-bottom: 1px solid black;"><math>V</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>F_0 1 =</math> _____</td> <td><math>-</math> _____</td> <td><math>=</math> _____</td> <td><math>\times</math> _____</td> <td><math>/</math> _____</td> </tr> <tr> <td><math>F_0 2 =</math> _____</td> <td><math>-</math> _____</td> <td><math>=</math> _____</td> <td><math>\times</math> _____</td> <td><math>/</math> _____</td> </tr> <tr> <td><math>F_0 3 =</math> _____</td> <td><math>-</math> _____</td> <td><math>=</math> _____</td> <td><math>\times</math> _____</td> <td><math>/</math> _____</td> </tr> </tbody> </table>	Sample #	Blank	$F_0$	$v$	$V$	$F_0 1 =$ _____	$-$ _____	$=$ _____	$\times$ _____	$/$ _____	$F_0 2 =$ _____	$-$ _____	$=$ _____	$\times$ _____	$/$ _____	$F_0 3 =$ _____	$-$ _____	$=$ _____	$\times$ _____	$/$ _____
Sample #	Blank	$F_0$	$v$	$V$																	
$F_0 1 =$ _____	$-$ _____	$=$ _____	$\times$ _____	$/$ _____																	
$F_0 2 =$ _____	$-$ _____	$=$ _____	$\times$ _____	$/$ _____																	
$F_0 3 =$ _____	$-$ _____	$=$ _____	$\times$ _____	$/$ _____																	

### Chl a の計算:

Calculate your three (3) chlorophyll concentrations using the formula (above).

Sample 1: _____ mg m <sup>-3</sup>	}	AVERAGE (MEAN) from Samples 1-3: _____ mg m <sup>-3</sup>
Sample 2: _____ mg m <sup>-3</sup>		
Sample 3: _____ mg m <sup>-3</sup>		

クラスのデータ

No.	Chl <i>a</i> Average (mg m <sup>-3</sup> )
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

Class Average	
Class S.D.	
Class C.V.	

※ S.D. (Standard Deviation) : 標準偏差  
値の散らばり度合いを示す数値。

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2 / n}{(n - 1)}}$$

(n = データ数, x = n<sub>1</sub> ~ n<sub>20</sub> の値)

※ C.V. (Coefficient of Variation) : 変動係数  
相対的な散らばりの度合いを示す数値。

$$C.V.(%) = S.D. / AVERAGE \times 100$$

Calculations / Notes :

Time:

Date:

Air Temperature:

Water Temperature:

pH:

## Life, Anatomy and a Fish

The goal of the laboratory exercise is to familiarize the student with the importance of life, basic anatomy and fish biology. The practicum requires each student to dissect a bony fish (Class *Osteichthyes*).

Food enters the fish's mouth and passes through the stomach and into the intestine. Digestion is aided by bile produced by the liver, which is attached to the intestine. Solid waste passes out through the anus. Wastes from metabolism are processed by kidneys and pass out through the urogenital opening. Oxygen is obtained from the water as it passes over the gills. Waste carbon dioxide is passed into the water at the same time. Movement is achieved by the action of muscles attached to the bony skeleton of the fish and is guided by the action of several types of fins. The fish has an air bladder in its body to help it stay afloat. The amount of gas in the bladder is adjusted by gas exchange across the capillaries in the air bladder wall. The lateral line, found on the outside of the body, allows the fish to sense differences in pressure and to sense low-frequency sounds. In this lab, you will dissect a fish in order to observe the external and internal structures of fish anatomy.

### 1. Dissecting a Fish

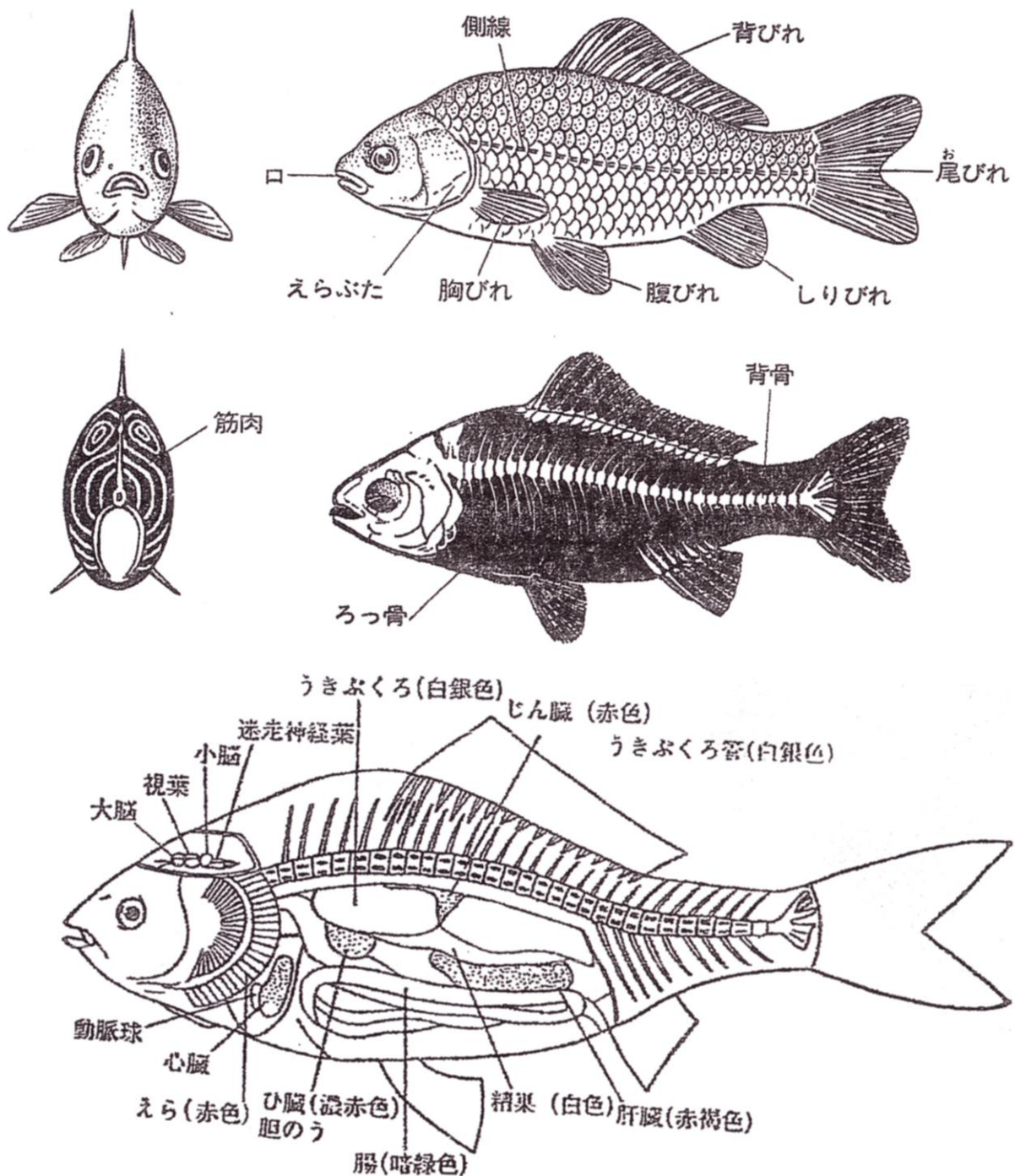
Materials Per Student: Dissection kit and tray, 1 Funa

- Methods:
1. Place a fish on a dissection tray with the head on your left. Use illustration to locate and identify the external structures of the fish. The head includes the mouth, *nostrils*, eyes, and *operculum* (gill cover). Turn the fish as needed.
  2. Use your fingers to pry open the mouth, and note the teeth.
  3. Use forceps to lift back the operculum, and observe the comb-like gills underneath.
  4. Identify the *scales* on the skin (each ring is equal to roughly one year), the eyes and nostrils, the *lateral line*, the *anus*, and the *urogenital opening*. Then locate and identify the different types of fins: *dorsal* (back), *pectoral* (shoulder), *pelvic* (hip), *anal*, and *caudal* (tail).
  5. Sketch fishes external structures described above.

**Sketch Fish:**



- Dissection:
1. After sketching the external structures of the fish, prepare the scalpel and scissors for dissection.
  2. Refer to instructors' guidance to clarify how to proceed with dissection.
  3. Remove scales, cut along backbone or lateral line (in the direction from head to caudal fin), and cut down towards the anus.
  4. From anus, carefully cut towards the head. Be very careful not to cut any internal organs.
  5. After making the cuts, carefully lift off the flap of skin and muscle to expose the internal organs in the body cavity.
  6. Identify internal organs: air bladder, stomach, liver, kidneys, gall bladder, spleen, gonads (ovaries or testes), heart (2-chamber system composed of atrium and ventricle), and intestines.
  7. Observe the eyes and find the lens. Finally find the brain.



## 授業計画書・参加学生名一覧（参考）

### 授業計画書（理科実験）

期間： 201\*年\*月\*日から\*月\*日まで

場所： 横浜国立大学教育人間科学部附属理科教育実習施設  
住所：〒259-0202 神奈川県足柄下郡真鶴町岩 61  
連絡先：046-568-0055

目的： 本授業の目的の1つは、観察・実験を通して、科学的概念を用いて自然事象を解釈し、自然認識を深めることである。実習施設は、相模湾北西部に位置する真鶴半島に位置し、自然豊かな環境に囲まれている。そのような環境での実習および船上での作業を通して、直に自然環境に触れ、実験室では感じることの出来ない自然に対する理解を深めることを目的とする。また、顕微鏡によるプランクトンの観察および魚類の解剖を通して、観察・実験の基本的技能を修得することを目的とする。

### 日程（過去の例）

5月27日 15時 真鶴駅集合

JR 八王子駅—町田駅—小田原駅—真鶴駅（交通費：1090円）

5月27日 15時半 実習施設着

5月27日 16時 魚類の解剖実験

5月27日 18時 片付け・実験終了

5月27日 19時 夕食

5月28日 07時 船上作業（1グループ目：\_\_\_人）

5月28日 10時 船上作業（2グループ目：\_\_\_人）

- 動物プランクトン採集
- 透明度測定
- 水温・塩分測定

5月28日 12時 昼食

5月28日 13時 プランクトンの顕微鏡観察およびスケッチ

5月28日 15時 片付け

5月28日 15時半 真鶴駅にて解散

費用：一人 4180円

内訳・・・交通費（往復）	2180円
宿泊費（1泊）	1100円
食費（3食分）	約1000円

授業参加学生名一覧 (計 名)

学籍番号	氏名	学籍番号	氏名

引率教員など

教育学部      教授      桑原ビクター  
教職大学院      教授      桐山信一  
工学研究科      大学院生      TA (      )

## 食事・掃除等に関して

1日目 学生が真鶴駅に集合するまでに近くのスーパーで食事の材料を購入する。  
魚類の解剖実験終了後、夕食係を中心に夕飯（カレーを予定）の準備をする。  
魚類の解剖実験の片付けが終わり次第、掃除・お風呂係がお風呂の準備をする。

2日目 朝食の準備は朝食係を中心に行う。

1本目の船から帰ってきたら、昼食係を中心に昼食（焼きそば？）の準備をする。午前中（船1本目の学生は乗船前あるいは昼食前。2本目の学生は乗船前。）には、寝室にある各自の荷物を実験室に運び、寝室・トイレ・浴室の掃除をする。昼食後、食堂の掃除を行う。

以下の係りはあくまでも担当なので、食事の準備や掃除等は皆で協力して行う。

夕食係（ ）： \_\_\_\_\_

朝食係（ ）： \_\_\_\_\_

昼食係（ ）： \_\_\_\_\_

掃除・お風呂係（ ）： \_\_\_\_\_

## 宿舎での注意事項

- ◇ 近隣の方々の迷惑にならないように、宿舎内（特に夜）は騒がないこと。
- ◇ 宿舎をきれいに使用すること。

## 実験4－自作分光器によるスペクトル観察と物質理解－

### 1 実験目的

複製回折格子（レプリカグレーティング）を使って分光器を作り、様々な光源から出る光のスペクトルを観察する。原子の発光機構を、エネルギー準位の概念を用いて理解する。

### 2 準備

器具：簡易分光器キット（ケニス MJ）、カッター、ゴム板、アルミ箔、のり、セロテープ、ビーカー、ガラス棒、温度計、三脚、金網

薬品：ステアリン酸、メタノール、塩化ナトリウム、塩化リチウム、塩化バリウム、塩化カルシウム、

### 3 分光器の製作

(1) スリット（幅0.5mm、長さ25mm）を切り抜く。

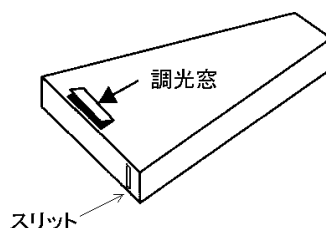
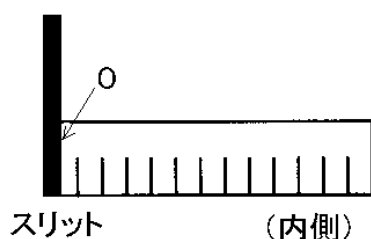
(2) 箱の内側で、スリットの右側にスケールの0を合わせて貼り付ける。

この作業を、できるだけ正確に行う。

(3) のぞき窓の内側から回折格子シートを貼り付ける。

このとき、回折格子シートは、スペクトルがスリットと平行になるように貼り付ける。

(4) のりしろが外側になるように本体を組み立てる。



(5) スケールの目盛りが薄く見えるように調光窓を調節し、光源を観察する。

### 4 操作の仕方

(1) 分光器を光源に向ける。光源が蛍光灯の場合は、蛍光灯の管軸（ライン）にスリットを平行にして観察する。

(2) スペクトルが、スリットの右側に見える。

(3) 見えた線スペクトルの位置（スリットからの距離X[mm]）をスケールで読む。

(4) 光の波長 $\lambda$ を、1次スペクトルの式(7)から求める。

$$\lambda = 7.69 \cdot X \quad \dots(7)$$

式(7)から、線スペクトルの波長を次の例のように求めることができる。

例) X=65mm のとき

$$\begin{aligned} \lambda &= 7.69 \cdot X \\ &= 7.69 \times 65 \\ &= 499.85 \\ &\approx 5.0 \times 10^2 \text{ nm} \end{aligned}$$

※ 3桁目の数値（左から3つ目）を四捨五入し、有効数字2桁で表すこと。

※ 単位nm（ナノメートル）は、 $10^{-9}\text{m} = 10^{-7}\text{cm} = 1$  千万分の1cm



## 5 炎色反応観察用試料（ゲル）の作り方

- (1) 湯煎に水を入れガスバーナーにかけ、湯の温度を50～60℃に保つ。
- (2) 2本の試験管にそれぞれメタノール10mlを入れ、これらをA、Bとする。さらに2本の試験管にそれぞれメタノール5mlを入れ、これらをC、Dとする。試験管を2本ずつ、湯の中につけて暖める。

### 《注意事項》

メタノールは沸点64℃であり、揮発しやすい。ガスバーナーを使用して湯を沸かすときは引火しないよう注意すること。また、蒸気を吸わないよう注意すること。

- (3) アルミ箔で容器を4個作る。
- (4) 容器Aに、ステアリン酸1.0gと塩化ナトリウム0.5gを入れ、そこへ(2)で暖めたメタノールを加えてよくかき混ぜる。かき混ぜているうちに、メタノールの温度が下がり固化する。NaClを含む観察用ゲルができる。
- (5) 容器Bに、ステアリン酸1.0gと塩化リチウム0.5gを入れ、そこへ(2)で暖めたメタノールを加えてよくかき混ぜる。冷えて固化すると、LiClを含む観察用ゲルができる。
- (6) 容器Cに、ステアリン酸0.6gと塩化カルシウム0.3gを入れ、そこへ(2)で暖めたメタノールを加えてよくかき混ぜる。冷えて固化すると、CaCl<sub>2</sub>を含む観察用ゲルができる。
- (7) 容器Dに、ステアリン酸0.6gと塩化バリウム0.3gを入れ、そこへ(2)で暖めたメタノールを加えてよくかき混ぜる。冷えて固化すると、BaCl<sub>2</sub>を含む観察用ゲルができる。

## 6 観察の仕方

### (1) 白熱電球

タングステンタイプの電球を分光器でのぞくと、赤から紫までの連続スペクトルを見ることができる。

### (2) 太陽光

分光器のスリットを窓の外に向けてのぞくと、赤から紫までの連続スペクトルを見ることができる。赤と紫の末端の位置Xを測定する。

(よく見ると、連続スペクトルの中で一部分が欠けて暗線になることがある。これを吸収スペクトルという。光が太陽の外気や地球の大気によって吸収されて生じる。吸収線の研究から、太陽外気の成分が特定された。)

### (3) 塩素化合物の炎色反応

①NaClのゲルに火をつけ、炎を分光器で観察する。Naの輝線スペクトルが見られる。これを、特にNaのD線という。D線の位置Xを測定する。

②LiClのゲルに火をつけ、炎を分光器で観察する。Liの輝線スペクトルが見られる。その位置Xを測定する。

③CaCl<sub>2</sub>、BaCl<sub>2</sub>の炎色反応を肉眼で観察する。

### (4) 蛍光灯

連続スペクトルの中に輝線スペクトルが見える。これらは何本まで見えるか。また、特に強い青紫色、緑色、黄色の輝線スペクトルの位置Xを測定する。

## 7 結果と考察

- (1) 連続スペクトル、輝線スペクトルをことばで説明しなさい。

(2) 目に見える光（可視光線）の範囲どのくらいと考えたらよいか。太陽光の赤と紫の波長から考えよ。

(3) 何が原因で、光が連続スペクトルになったり線スペクトルになったりするののか。

(4) ①NaのD線とLiの輝線スペクトルの波長の測定値を、文献値と比較して測定を評価せよ。

②蛍光灯の3本の線スペクトルの波長を計算し、その値から蛍光灯にはどのような元素が封入されているか判断せよ。

(5) CDはなぜ色付いて見えるののか。回折の考え方で説明せよ。

観察した光源・光	色	X [mm]	$\lambda$ [nm](実測値)	$\lambda$ [nm](文献値)
太陽光線	赤(末端)			
	紫(末端)			
Na(D線)				ア)
Li				イ)
Ca				
Ba				
蛍光灯	青紫			ウ)
	緑			エ)
	黄			オ)

※ア)イ)ウ)エ)オ)は、理科年表の「紫外部、可視部、近赤外部のおもなスペクトル線の波長」から調べよ。

物 82(428)

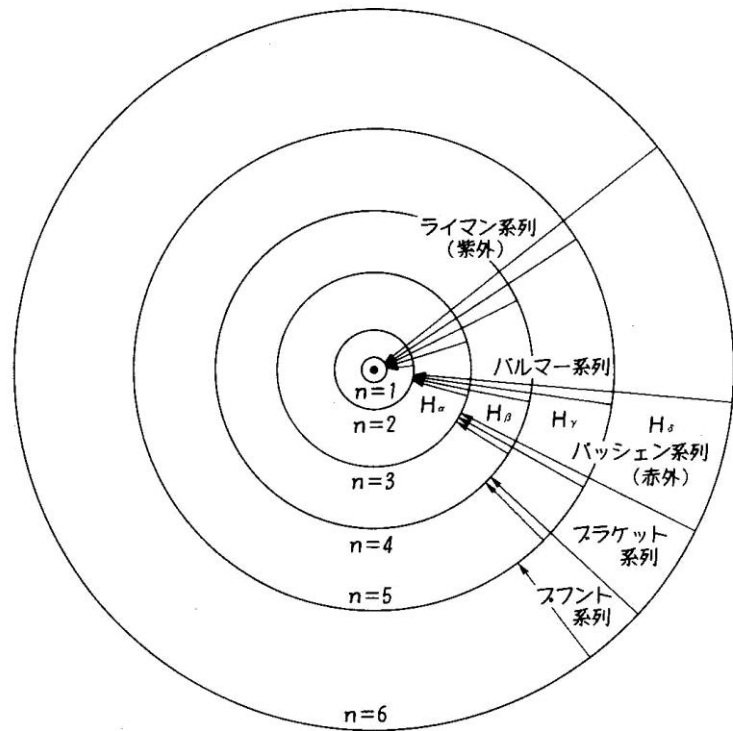
物理 / 化学

紫外部, 可視部, 近赤外部の  
おもなスペクトル線の波長 (3)

(単位: nm)

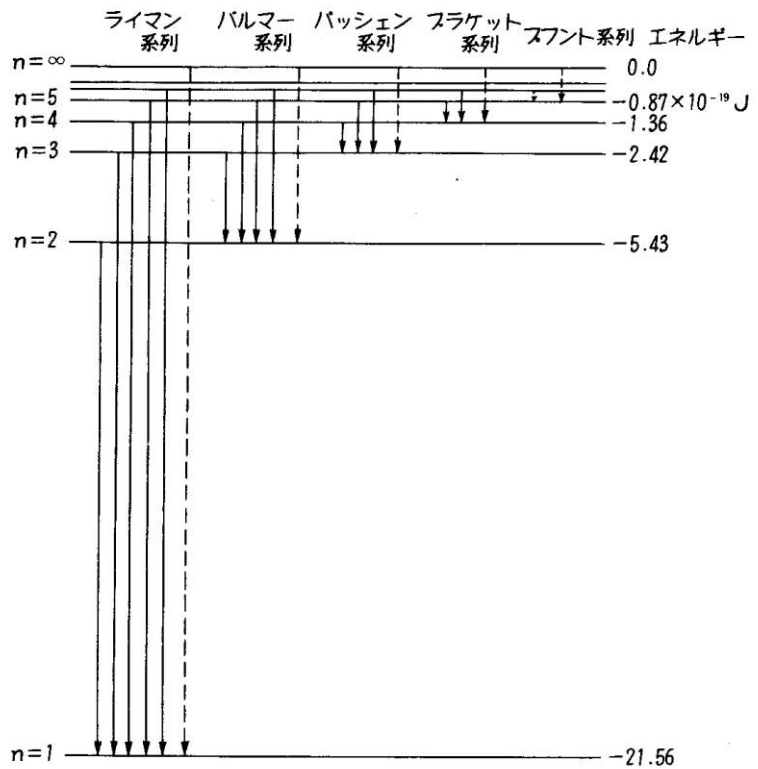
374.169	II	737.171	I	265.368	I	268.034	I	630.479	I	ヘリウム	
371.802	II	734.637	II	265.204	I	259.393	I	626.650*	I		
365.397*	II	709.199	I	253.652*	I	254.388	I	621.728	I		2058.09* I
363.187*	II	708.188	I	246.407	I	251.213	I	616.359	I		1083.034 I
332.116	II	690.716*	I	244.691	I	249.073	I	614.306*	I		1083.025 I
324.700	II	671.643	I	239.938	I	ネオン		609.616	I		1082.908 I
242.835		623.437	I	222.471	II		607.434	I	728.135		I
241.841*		589.016		水素		966.542	I	603.000	I		706.519 I
237.552	II	588.894	II		656.285	1)	954.740	I	597.553		I
231.632		580.365	I	656.273	1)	953.417	I	594.483	I		656.013 II
228.779*	II	579.065*	I	486.133	2)	948.668	I	588.190*	I	587.562 I	
228.307*		578.966	I	434.047	3)	942.538	I	585.249*	I	501.568 I	
水	銀	576.959*	I	410.174	4)	932.652	I	540.056*	I	492.193 I	
		567.586	I	397.007		930.085	I	534.109*	I	471.314 I	
2325.42	I	546.074*	I	ナトリウム		920.176	I	495.703	I	468.575 II	
2249.29	I	535.405	I		914.868	I	488.492	I	447.148 I		
1970.09	I	491.604	I		886.576	I	482.734	I	438.793 I		
1813.07	I	435.835*	I		819.481	I	475.273	I	414.376 I		
1710.993	I	434.750*	I		818.327	I	471.534	I	412.081 I		
1707.27	I	433.924	I		616.076	I	471.206	I	402.619 I		
1694.200	I	407.781*	I		615.423	I	470.885*	I	396.473 I		
1692.016	I	404.656*	I		589.592* I <sup>5)</sup>		868.192	I	470.440*	I	388.865* I
1529.582	I	398.398	II		588.995* I <sup>6)</sup>		865.438	I	453.775*	I	381.960 I
1395.055	I	390.641	I		568.822	I	849.536	I	370.123	I	361.364 I
1367.351	I	366.328	I	568.266	I	837.761	I	369.420	II	344.759 I	
1357.021	I	366.288	I	515.365	I	830.033	I	368.574	I	320.314 II	
1128.64	I	365.483	I	514.909	I	753.578	I	368.224	I	318.774 I	
1013.98*	I	365.015*	I	498.285	I	724.517*	I	366.411	II	294.510 I	
1013.85	I	334.148	I	497.851	I	717.394*	I	359.364	I	282.907 I	
998.090	I	313.183	I	475.189	I	703.241	I	359.353	I	276.380 I	
996.934	I	313.155	I	474.802	I	692.947	I	356.853	II	273.332 II	
942.564	I	312.566*	I	466.860	I	671.704	I	352.047*	I	272.319 I	
924.310	I	302.150	I	466.489	I	667.828	I	347.257	I	251.122 II	
877.311	I	296.728*		439.345	I	659.895	I	341.790	I	238.542 II	
876.302	I	292.541	I	330.299	I	653.288	I	336.991*	I	230.622 II	
875.806	I	289.360	I	330.232	I	650.653*	I	336.981	I	225.271 II	
821.412	I	284.767	II	285.303	I	640.225*	I	264.742	I		
797.870	I	275.278	I	285.283	I	638.299	I				
745.433	I	265.512	I	268.044	I	633.443	I				

1) H $\alpha$  2) H $\beta$  3) H $\gamma$  4) H $\delta$  5) D $_1$  6) D $_2$



(19-23)

水素原子のボーアモデルにおいて、電子の可能な遷移を示す概念図(最初の六つの軌道について)。



(19-24)

水素原子のエネルギーレベル図。最初の六つのエネルギーレベル間での可能な遷移が示されている。おのおのの系列における点線の矢印は、その系列の極限を示している。つまり、電子が核から完全に自由な(無限に遠い)状態からの遷移である。

## 実験 5 - 紫キャベツを用いたpHの測定 -

### 1 目的

酸・アルカリの指示薬としては、リトマス紙、BTB溶液を用いるのが普通であるが、より身近な指示薬を作って、酸アルカリについて調べる。

### 2 準備

器具 駒込ピペット (3ml)、メスシリンダー (5ml)、漏斗、ビーカー、試験管など  
薬品 濃塩酸、水酸化ナトリウム、ムラサキキャベツの葉

### 3 方法

(1) 温水を用いて指示薬を作る。I make an indicator with warm water.

- ①ムラサキキャベツの葉を数枚、細かく刻み乳鉢ですりつぶす。
- ②すりつぶしたものをビーカーに移し、100ml程度の水を入れる。
- ③ビーカーを20分ほど加熱する。
- ④しばらく置いて冷まし、溶液をろ過する。
- ⑤抽出液 (指示薬) の色は濃い紫である。



(2) 塩酸標準溶液を作る。

- ①水1.0mlに濃塩酸 (35%) 1.0mlを加え、これを6倍に薄める。  
→1mol/l 塩酸溶液A  $[H^+]=1\text{mol/l}$  (濃塩酸の希釈はドラフト内で行う。)

I increase water 10ml to concentrated hydrochloric 35% acid 10ml and dilute this to 6 times.

→1 mol/l hydrochloric acid solution A

- ②溶液Aを10倍に薄める。→0.1mol/l 塩酸溶液B (そのつど共洗いをする。)

I dilute solution A to 10 times. →0.1 mol/l hydrochloric acid solution B

- ③溶液Bを10倍に薄める。→0.01mol/l 塩酸溶液C

- ④溶液Cを10倍に薄める。→0.001mol/l 塩酸溶液D

- ⑤溶液Dを10倍に薄める。→0.0001mol/l 塩酸溶液E

- ⑥溶液Eを10倍に薄める。→0.00001mol/l 塩酸溶液F

- ⑦溶液Fを10倍に薄める。→0.000001mol/l 塩酸溶液G

- ⑧蒸留水H

溶液	A	B	C	D	E	F	G	H
pH (測定値)								
pH (計算値)								7

表1 塩酸標準溶液のpH

(2) 水酸化ナトリウム標準溶液を作る。

- ①水酸化ナトリウム1.0gに水を加え25mlにする。

→1mol/l 水酸化ナトリウム溶液a  $[OH^-]=1\text{mol/l}$

I add water to sodium hydroxide 4.0g and make it 100ml. →1 mol/l sodium hydroxide solution a

- ②溶液aを10倍に薄める。→0.1mol/l 水酸化ナトリウム溶液b (そのつど共洗いをする。)

I dilute solution a to 10 times. →0.1 mol/l hydrochloric acid solution b

- ③溶液bを10倍に薄める。→0.01mol/l 水酸化ナトリウム溶液c

- ④溶液cを10倍に薄める。→0.001mol/l 水酸化ナトリウム溶液d

- ⑤溶液dを10倍に薄める。→0.0001mol/l 水酸化ナトリウム溶液e

- ⑥溶液eを10倍に薄める。→0.00001mol/l 水酸化ナトリウム溶液f

- ⑦溶液fを10倍に薄める。→0.000001mol/l 水酸化ナトリウム溶液g

- ⑧水道水h

溶液	a	b	c	d	e	f	g	h
pH (測定値)								
pH (計算値)								7

表2 水酸化ナトリウム標準溶液のpH

(3) 水素イオン濃度を測定し、計算値と比較する。

①pHメータの電極を溶液に入れて、pHを測定する。値を表1、2に記入する。

pH測定は、H→G→F→…→B→A、h→g→f→…→b→a の順に行う。

I measure pH of the solution in a pH meter or all-around pH litmus paper and fill out table 1,2.

②次式でpHを計算し、表1、2に記入する。

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

簡単のため、溶液の電離度は全て1とする。

I calculate pH in the next expression and fill out table 1,2.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

For it simply, all the ionization degrees of the solution assume it 1.

(4) 色指標の作成 The making of the color index

①試験管に、A～G及びa～gの残りの溶液を2mlずつとる。

②それぞれの試験管に、指示薬を1mlずつ加え色の変化を観察する。

③色指標が完成する。記録として、ケータイで写真を撮る (A～Gで1枚、a～gで1枚)。

(5) 身近な物質のうち、興味あるものの液性を調べる。

I examine the liquid characteristics of an imminent material.

①表3に見られるような物質 (液体) の液性 (酸性、中性、アルカリ性) を予測し、表3 に記入する。

②物質 (液体) を2mlずつ試験管に取る。

③それぞれの試験管に指示薬を1mlずつ加え色の変化を観察する。

④(4)の色指標から、物質 (液体) のpHを予測する。

From a color index (4), I predict pH of the solution.

⑤物質 (液体) を5mlずつ試験管に取る。

pHメータまたは万能pH試験紙で物質 (液体) のpHを測定する。

⑥結果を表3にまとめる。随時、記録写真を撮る。

No	身の回りの物質	液性 (予測)	色指標によるpH(a～g、A～Gを記入)
1	トイレ用洗剤		
2	サイダー		
3	レモン汁		
4	食酢		
5	虫刺され薬(キンカン)		
6	石鹼水		
7	梅干 (梅酢)		
8	清涼飲料水(オロナミン)		
9	石灰水		
10	アクエリアス		
11			
12			

表3 身の回りの物質の液

#### 4 結果と考察

(1) 3(4)の色指標を用いると、pHのいくらの変化まで確認できたか。

(2) 3(5)で求めた2種のpHはどの程度一致したか。

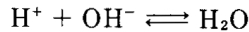
(3) ムラサキキャベツを用いた実験は、学校理科における教材として適切かどうか論じよ。

## 液性に関する認識を深める資料

参考：三國 均：化学入門（駿台文庫 1989）pp90-93

### (1) 水のイオン積

水あるいは水溶液中では、次の平衡が成り立つ。



この平衡に対し

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K \quad (\text{一定})$$

が成立する。水の場合には  $[\text{H}_2\text{O}] = \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g}} = 55.5 \text{ [mol/l]}$  で一定になる。水溶液中では、 $[\text{H}_2\text{O}]$  は水の値より多少小さい値になるが、薄い溶液ではほぼ一定と考えてよいから

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K [\text{H}_2\text{O}] = K_w \quad (\text{一定})$$

が成り立つ。この  $K_w$  の値を **水のイオン積** とよぶ。この値を実測してみると

$$K_w = \begin{cases} 25^\circ\text{C} & 1.0 \times 10^{-14} \text{ [mol/l]}^2 \\ 60^\circ\text{C} & 1.0 \times 10^{-13} \text{ [mol/l]}^2 \\ 100^\circ\text{C} & 5.2 \times 10^{-13} \text{ [mol/l]}^2 \end{cases}$$

となる。

中性とは  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$  になることなので

$$25^\circ\text{C} \text{ では } [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = \sqrt{1.0 \times 10^{-14}} = 1.0 \times 10^{-7} \text{ [mol/l]}$$

$$60^\circ\text{C} \text{ では } [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = \sqrt{K_w} = \sqrt{1.0 \times 10^{-13}} = 10^{-6.5} \text{ [mol/l].}$$

### (2) 水素イオン濃度とpH

一方、 $[\text{H}^+]$  の変化は非常に大きいので、**pH**（ペーハー）という単位を導入し、非常に大きな  $[\text{H}^+]$  から非常に小さな  $[\text{H}^+]$  まで扱えるようにする。pH は

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad \text{または} \quad [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}} = \frac{1}{10^{\text{pH}}}$$

と定義する。つまり、水素イオン濃度を  $10^{-n}$  という形で書いたときの  $n$  が pH で、pH が大きいと  $[\text{H}^+]$  が小さく、pH が小さいと  $[\text{H}^+]$  が大きいことになる。

25°C の中性溶液では  $[\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ [mol/l]}$  だから、25°C の中性は  $\text{pH} = 7$  となる。また、60°C の中性溶液では  $[\text{H}^+] = 10^{-6.5} \text{ [mol/l]}$  だから、60°C の中性は  $\text{pH} = 6.5$  となる。

以上から、25°C では下の関係が成り立つ。

$$\text{酸性} \quad : \quad [\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \implies [\text{H}^+] > 10^{-7} \text{ [mol/l]} \implies \text{pH} < 7$$

$$\text{中性} \quad : \quad [\text{H}^+] = [\text{OH}^-] \implies [\text{H}^+] = 10^{-7} \text{ [mol/l]} \implies \text{pH} = 7$$

$$\text{アルカリ性} \quad : \quad [\text{H}^+] < [\text{OH}^-] \implies [\text{H}^+] < 10^{-7} \text{ [mol/l]} \implies \text{pH} > 7$$

以下では、特別な場合を除いて、25°C、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ [mol/l]}^2$  で考えることにする。

### (3) 水溶液の電離度

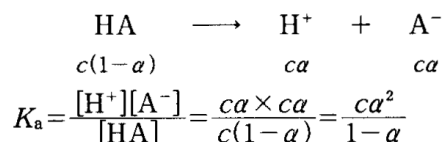
薄い水溶液にしたとき、ほとんど完全に電離している酸・塩基を「強い」、薄い水溶液でも、あまり電離しないものを「弱い」という。

強酸	： 完全に電離しイオンになっている	例	HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub>
中位の酸	： 分子状のものとイオンが同程度	例	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , (COOH) <sub>2</sub>
弱酸	： ほとんどが分子状のまま	例	CH <sub>3</sub> COOH, H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> S
強塩基	： 完全に電離しイオンになっている	例	NaOH, KOH, Ca(OH) <sub>2</sub>
弱塩基	： ほとんどが分子状のまま	例	NH <sub>3</sub>

0.1 mol/l の塩酸 (HCl), 酢酸 (CH<sub>3</sub>COOH) 水溶液 で考えてみると、塩酸では HCl → H<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup> と完全に電離するので [H<sup>+</sup>] = 0.1 [mol/l] になっているが、酢酸水溶液では電離度 (イオンになっている割合) がだいたい 0.01 程度 (1%) なので [H<sup>+</sup>] = 濃度 × 電離度 ≃ 0.1 × 0.01 = 1.0 × 10<sup>-3</sup> [mol/l] で、ほとんどは分子のまま存在している。

このように弱酸・弱塩基では電離度が問題になるが、電離度はどのようにきまるのであろうか。電離度は濃度によって変わるが、電離定数は物質と温度によってきまる定数で、物質と温度がきまれば、電離定数がつねに一定になるように、電離度がきまるのである。

以下では、HA を弱酸の化学式とし、その濃度を  $c$  [mol/l], 電離度を  $\alpha$ , 電離定数を  $K_a$  としている。



弱酸では  $\alpha \approx 0$  なので、 $1-\alpha \approx 1$  と近似して

$$K_a \approx c\alpha^2 \quad \therefore \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}$$

上式から、弱酸では濃度  $c$  の大きいほど電離度  $\alpha$  が小さくなることがわかる。また、水素イオン濃度を計算してみると

$$[\text{H}^+] = c\alpha = c \times \sqrt{\frac{K_a}{c}} = \sqrt{cK_a}$$

となり、弱酸では、水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は濃度  $c$  が大きいほど大きいことがわかる。この結果は、前述の濃度  $c$  の大きいほど電離度  $\alpha$  が小さいということと矛盾しているようだが、これで正しい。たとえば、ある弱酸で濃度 0.1 mol/l のとき、電離度が 0.01 で、[H<sup>+</sup>] = 1.0 × 10<sup>-3</sup> [mol/l] となっている場合を考える。この濃度を 4 倍にすると、電離度は 0.01 × √1/4 = 0.005 と小さくなるが、[H<sup>+</sup>] = 2.0 × 10<sup>-3</sup> [mol/l] と大きくなる。



## 実験 6 – アルミの抵抗率測定 –

### 1 実験目的

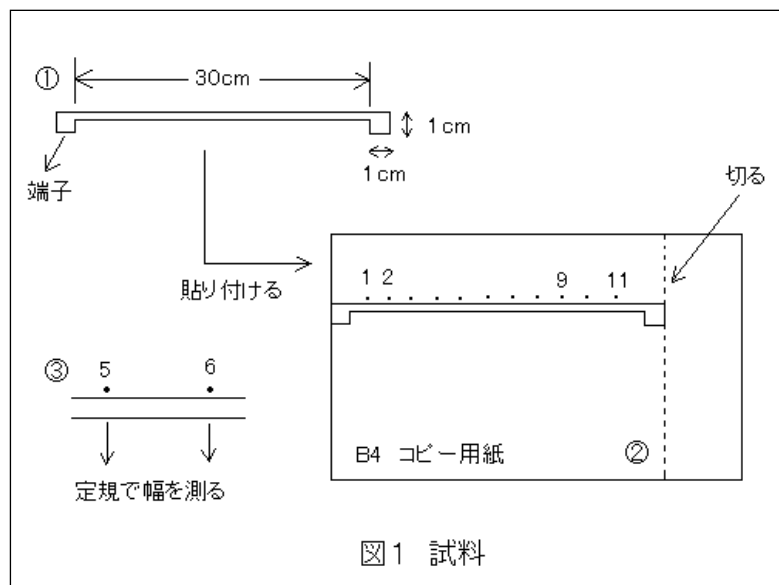
身近なアルミホイルの電気抵抗を測定し、アルミの抵抗率を特定して文献値と比較する。その際、データの最確値を導出する手順に慣れ、最確値の統計的意味の理解を深める。

### 2 準備

各グループ：電源（DC5V、電流可変）、デジタルマルチメーター2台（mA計、mV計として使用）、料理用アルミホイル（通常、厚め）、カッター、はさみ、定規、ゴム板など

### 3 試料の製作

- (1)アルミホイルをゴム板の上で、カッターまたはハサミでできるだけ細く切り取る(図1①)。両端は約1cm四方を残し、鱗口クリップをつなぐ端子とする。これを試料とよぶ。試料の長さをLとする。Lは30~40cm程度にする。
- (2) 試料をA3コピー用紙などに貼り付け、不要部が生じれば切り取る(図1②)。
- (3) 試料の一端から、等間隔(2.5cmくらい)に1~11までの番号を試料の外側に記す。



### 4 回路の構成

- (1) 電源をAC100Vに接続せず、図2のような測定回路を作る。
- (2) 試料を図2のXY部に接続し、測定の準備をする。

### 5 実験方法

実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲは、それぞれ両方のアルミホイル（通常、厚め）で行う。

#### (1) 実験Ⅰ – 電気抵抗の測定 –

- ①回路が正しく作られていることを再度確認した後、電源をAC100Vに接続する。
- ②電源のボリュームを調整し、XYにかかる電圧（mV計の読み）を10~50mV程度の範囲で変化させて（5~7データ）、電流値I[mA]と電圧値V[mV]を読んで表1に記録する。

※このとき、電流値を100mA (=0.1A) 程度までにおさえること。

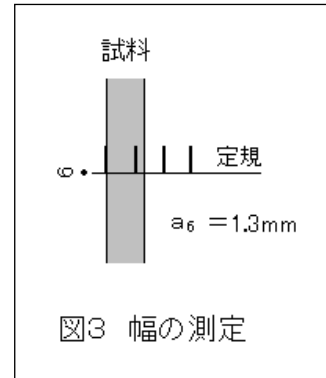
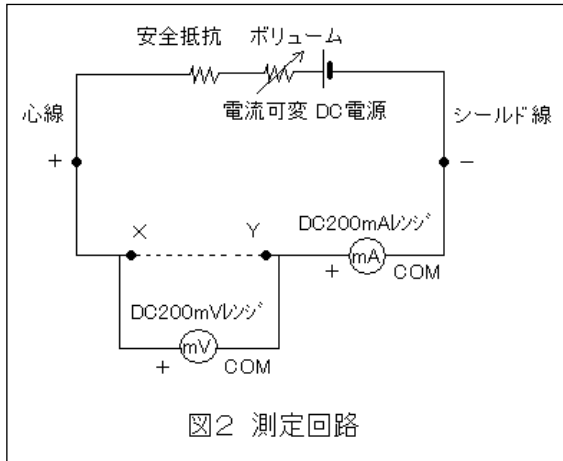


表1 (通常)

No	V[mV]	I[mA]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

表2 (通常)

No	a[mm]	No	a[mm]
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5			
6			
7			

表1 (厚め)

No	V[mV]	I[mA]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

表2 (厚め)

No	a[mm]	No	a[mm]
1		8	
2		9	
3		10	
4		11	
5			
6			
7			

(2) 実験Ⅱ－試料の幅の測定－

- ① 図3のように試料の上に透明定規を置く。図3は一例としてNo6の測定例を示す。
- ② ルーペで拡大して試料の幅を測定する。

1 mmの1/10まで目分量で読む。図3では、No6の位置の厚さは、 $a_6 = 1.3\text{mm}$ 。(  $a_6 = 1.2\text{mm}$  と判断する場合もある。目分量だから誤差を含む。)

- ③  $a_1 \sim a_{11}$ までを同様に測定し、表2に記録する。

(3) 実験Ⅲ－試料の厚さの間接測定－

表3 (通常)

A[cm]		m[g]	
B[cm]		d [g/cm <sup>3</sup> ]	

表3 (厚め)

A[cm]		m[g]	
B[cm]		d [g/cm <sup>3</sup> ]	

- ① アルミホイルを長方形に切り取る。縦Aと横Bは10cm以上にすること (図4)。
- ② 横の長さ=A[cm]、縦の長さ=B[cm]を表3に記入する。
- ③ 切り取ったアルミホイルの質量mを電子天秤で測り、表3に記入する。

アルミホイルの厚さをb[cm]とすると、切り取ったアルミホイルの質量m[g]は、

$$m = A \cdot B \cdot b \cdot d \quad \dots (ア)$$

となる。ここで、d[g/cm<sup>3</sup>]はアルミの密度である。

- ④ 理科年表でAlの密度dを調べ、値を表3に記入する。

以上より、式(ア)からアルミホイルの厚さbが求められる (詳細は6の(3))。

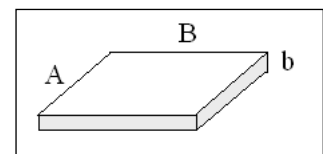


図4 アルミ片

6 データの処理・グラフ化

(1) 実験Ⅰ－試料の電気抵抗Rの決定－

- ① 表1のデータを、横軸にV、縦軸にIをとり、データをプロットする。
- ② 原点を通る直線を、データにベストフィットするように引き、データがこの直線に乗ること (オーム則) を検証する。
- ③ その傾き (=V/I) を求める。傾きが試料の電気抵抗R[Ω]である。電気抵抗Rを求め、下記に記入する。

(通常)

R[Ω]	
------	--

(厚め)

R[Ω]	
------	--

(2) 実験Ⅱ－試料の幅の決定－

- ① 幅の平均値a、データの標準誤差s<sub>m</sub>を次の関係を用いて求める。

$$a = \sum a_i / N \quad \dots (イ)$$

$$s^2 = \sum (a_i - a)^2 / (N - 1) \quad (s \text{ はデータの標準偏差、データ数 } N = 11)$$

$$s_m = s / \sqrt{N} \quad \dots (ウ) \quad (s_m \text{ は分布の標準誤差})$$

- ② 幅の最確値 (=a ± s<sub>m</sub>) を決める。結果を表4に記入する。

表4 (通常)

(厚め)

a[cm]		
s <sub>m</sub> [cm]		
最確値[cm]		

(3) 実験Ⅲーアルミホイルの厚さ**b**の決定ー

⑥ アルミホイルの厚さ**b**を次式より求め、表5に記入する。

$$b = \frac{m}{(A \cdot B \cdot d)} \quad \dots\dots(\text{イ})$$

表5 (通常)

b[cm]		b[μ]	
-------	--	------	--

表5 (厚め)

b[cm]		b[μ]	
-------	--	------	--

※表5の単位μはミクロンと読み、 $1\mu = 10^{-6}\text{m} = 10^{-4}\text{cm}$  である。

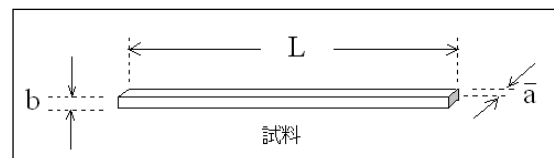
※厚さの公称値：しっかりホイル（厚め）25μ、生活良好アルミホイル（通常）12μ

7 結果と考察

長さL、a、bの単位を[m]に直した後、次の考察を行え。

(1) 試料（長さLの部分）の断面積Sは、 $S = a \cdot b [\text{m}^2]$  になる。電気抵抗は長さLに比例し、断面積abに反比例するので次の関係が成り立つ。

$$R = \rho \frac{L}{\bar{a} \cdot b} \quad \dots\dots(\text{ウ})$$



比例定数ρは抵抗率とよばれ、物質固有の値を持っている。

- ①アルミの抵抗率ρの単位を求めよ。
- ②式(エ)から、アルミの抵抗率ρを求めよ。

$$\rho_{\text{ex}} = R \frac{\bar{a} \cdot b}{L} \quad \dots\dots(\text{イ})$$

このとき、bには表5の値を、aには表4の平均値aを用いよ。

③誤差s<sub>m</sub>からρ<sub>ex</sub>の誤差を見積もれ。

(2) (1)で決めた実験値ρ<sub>ex</sub>を、文献値ρ<sub>T</sub>と比較せよ

①アルミの抵抗率を理科年表で調べ、表6のア、イをうめよ

表6

Al	実験室[ ]°C	0°C	100°C
ρ <sub>T</sub> [Ω・m]	ウ	ア	イ

②実験室の温度tを測り、図5を参考にしながらアとイの値を内挿してウ (= ρ<sub>T</sub>の値) を求めよ。図5では、■の点がウの値である。

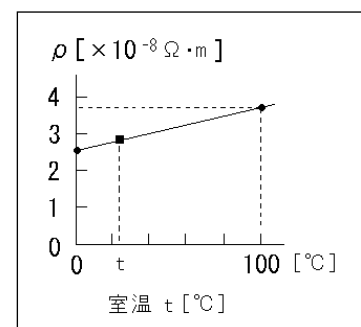


図5 抵抗率の文献値

# 追加資料

# 福島原発事故による土壤汚染の事実—公開データから探る—

## 1 はじめに

2011年3月11日の原発事故によって、東北・関東を中心に深刻な土壤放射能汚染が生じた。その真実を後世に分かりやすく伝えるために、教育を視野に入れて本研究が行われた(2012年)。事故後1年以上が経過し、原発放射能による環境汚染は実際よりも過小評価されているように見受けられる。しかし、土壤の放射能汚染はそんな簡単には減らない。放射性セシウムが土壤表面にこびりつき、それが次第に土壤の内部に沈着していくし、雨水ではなかなか流れ落ちないからである。半減期も $^{134}\text{Cs}$ は2年だが、 $^{137}\text{Cs}$ は30年と長い。文部科学省の航空機モニタリングの画像によると、右図のように、東京の大部分では土壤中の放射性セシウム濃度は1平方メートルあたり1万ベクレル以下の第9ランクになっている。しかし、奥多摩ではその8倍程度になる第6ランクの地域が一部ある。その周辺に第7、8ランクの汚染地帯が帯を作る。したがって、東京の土壤の放射能汚染は10000~5000Bq/m<sup>2</sup>程度はあると考えなければならない。この値は、土壤1キログラム当たりで考えると200~100Bq/kg程度になる。我々は、土壤中の放射性セシウムから出るγ線で外部被曝している。さらに、土壤中の放射性セシウムのたった1%が作物に移行すると考えた場合、それを直接食する場合は、2~1Bq/kg程度の放射性セシウムを人体に取り入れてβ線による内部被曝をすることになる。作物を肥料にして家畜に食わせ、その肉を人間が食べる場合は、セシウムは10倍、100倍と濃縮されていく。これらの値は、政府の暫定基準値(2012年4月1日以前は500Bq/kg、以後は100Bq/kg)よりは低くなるかもしれない。しかし、原発事故前は、放射性セシウム濃度はほぼ0であったことをしっかりと思い出さねばならない。我々は、原発事故でいらぬ被曝(外部被曝と内部被曝)を強制されるのである。特に、若い人や子どもへの影響(晩性影響)が真に懸念される事態である。中でも、これからは食による内部被曝の影響が重要であると考えられる。関東や東北では、地域で作られた食材が売られていることが多い。国や自治体の放射能検査はサンプル検査であり、店頭にならぶ野菜や肉類のひとつ1つに、放射能検査が行われているとは到底考えられない。また、サンプルの検査値が暫定基準値以内ならば、母集団となる食材にはその値が明記されることもなく流通してしまっている。こんな状態こそが、風評被害(放射能が入っていないか少ないのにある程度入っていると誤解されて売れない状態)を作り出している元凶である。さらには、風評逆被害(流通しているのを安全だと誤認して放射能の濃度が高い食材を摂取している状態)も十分あり得るのである。小さな子どもがいたりして食材に気を付けている消費者は、食材を産地で選ぶことが多い。政府・自治体は、流通している食材は暫定基準値以内であるから安全であると説明するのみで、食材の放射能の事実を明らかにしようとしなからである。放射能汚染の事実をもとに、消費者が食材を選択できるようにしていない。もちろん、食材の選択を産地名だけで決めるのは非科学的である。産地名ではなく、産地の土壤放射能汚染の事実データを踏まえて、購入するかどうかを決めることが科学的である。その参考となるデータを提供することも本研究のもう一つの目的である(2011~2012年の状況)。

## 2 研究の方法

桐山ゼミ(3、4年生、院生)では、文部科学省の航空機モニタリングの画像(2011年8月28日換算データ)を用いて、各自治体の土壤放射能汚染の実態を数値データ化することにした。画像データは、汚染レベルが1万Bq/m<sup>2</sup>以下から300万Bq/m<sup>2</sup>以上までの9段階に設定され、レベル毎に異なった9色で塗られている(図1)。我々は福島県と関東の行政

区画毎に数値データ化した。数値データ化の方法については、拙著「学校理科で探究する生活科学—生活科学的アプローチによる学校理科の学習転換—(エネルギー・電磁波・放射能)」の pp171～173 に記されている。我々の取り組みは、原発事故の悲惨な痕跡を学生達の手作業で確認する作業でもある。関東の福島県のデータは、2011年の6～10月の測定であり、福島県ではチェルノ事故の強制移住地(15キュリー[Ci]=55.5万Bq/m<sup>2</sup>)の数十倍という想像もできない高濃度汚染地域から汚染度の低い地域まで様々であった(図2)。その地域別を知るための基礎データとして、図3に福島県内市町村別の土壤汚染の一例を示す。また、図4に関東・東北各都県の土壤汚染の一例を示す。いずれも2011年8月頃の状況と考えてよい。

### 3 データから食材の汚染レベルを見積もるには

米の平均的な移行係数から考えると、各自治体の平均土壤汚染量を5000で割れば、食材に含まれる放射能のオーダーエスティメイトが可能である。例えば、東京都の場合、土壤汚染レベルは11000Bqであるから、 $11000 \div 5000 \div 2Bq$  となり、食材1kgには2Bq程度の放射性セシウムが入っていることになる。これは、あくまでも目安であり、本来は産地の土壤汚染データから直接算出して見積もることが望ましい。この2Bq/kgを低いと判断するか、小さな子どもには食べさせないようにしようと判断するかは、消費者が決めることである。国や自治体、電力会社はこのような情報を国民にきちんと提供すべきであろう。

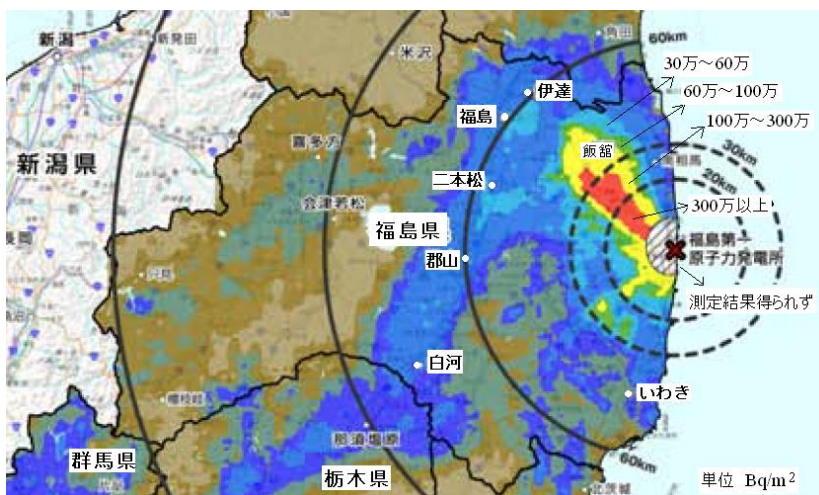


図1 データ元：文部科学省航空機モニタリング画像 (<sup>134</sup>Cs+<sup>137</sup>Cs 土壤表面汚染)

図中の汚染レベル	汚染量[×万 MBq/km <sup>2</sup> ]
9	300～3000
8	100～300
7	60～100
6	30～60
5	10～30
4	6～10
3	3～6
2	1～3
1	1以下

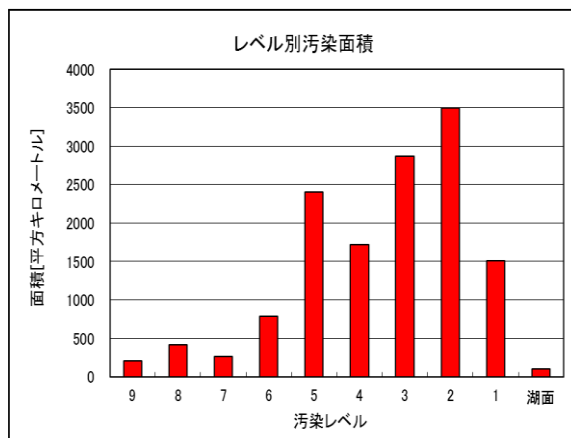


図2 ヒストグラム

※ 単位1MBq/km<sup>2</sup>は1Bq/m<sup>2</sup>(1平方メートル当たり1ベクレルの汚染)に等しい。

行政区画	平均土壌汚染 [×万Bq/m <sup>2</sup> ]
田村市・葛尾村・川内村	55
飯舘村・川俣町	152
福島市	13
二本松市	25
郡山市	11
いわき市	13
石川郡	4
須賀川市	13
西白河郡	22
東白河郡	4
白河市	12
耶麻郡	3
伊達市	22
本宮市	33

図3 福島県市町村の土壌汚染レベル

参考：各自治体の平均土壌汚染 [×万 Bq/m <sup>2</sup> ]	
福島	31 (県面積の約 10%が 55.5 万 Bq/m <sup>2</sup> 以上)
群馬	4.5
宮城	4.1 (県面積の約 0.3%が 55.5 万 Bq/m <sup>2</sup> 以上)
東京	1.1
茨城	2.0
栃木	2.0
千葉	1.5
埼玉	1.0
新潟	1.0
山形	0.83
岩手	0.72
神奈川	0.53

図4 関東・東北の土壌汚染レベル

参考 HP : <http://home.soka.ac.jp/~kiryama/>



# 原子力発電の仕組みと放射能

課題	目標と対策 (丸数字は東電が示したステップ数)
原子炉の冷却	① 安定的冷却……窒素補充、格納容器注水、熱交換機設置 ① 2号機……格納容器密閉まで、注水量を抑制しつつ冷却 ② 冷温停止(100度以下)の達成……冷却機能の維持、強化
燃料プールの冷却	① 安定的冷却……循環冷却機能復旧 ② プールの水位維持……熱交換機能の検診、設置
汚染水の閉じ込め	① 敷地外流出の防止……保管タンクなどの設置 ① 低レベル汚染水の管理……保管タンクなどの設置、除染作業 ② 汚染水の減少……施設の拡充、除染後の再利用
大気・土壌対策	① 飛散防止……樹脂散布、がれき撤去 ② 建屋全体を覆う……原子炉建屋カバーの設置
放射線監視・除染	① 放射線量監視の充実 ② 周辺地域の放射線量低減……除染、家屋の放射線測定

東日本大震災において、東京電力の福島第1原子力発電所事故の動向が注視されている。原発で何が起きたのか、今後どうしていいのか。一方、イメー

シできない原発の複雑なメカニズム、「放射性物質」「シーベルト」など、分かりにくい言葉、単位も多い。それらの理解のために解説する。

## 被災した福島第1原発

### 「冷やす」「閉じ込め」に苦戦

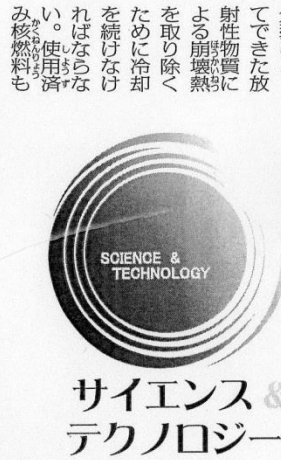
3月11日、マグニチュード9.0の巨大地震が発生。震源に近い東京電力の福島第1原子力発電所は、稼働中のすべての原子炉が停止した。送電用の鉄塔は倒壊し、14メートルの大津波が直撃した。そして、原子炉を冷やすための緊急炉心冷却装置(ECCS)を動かす非常用電源が6号機を除いてすべて使用不能となった。政府は同日、直ちに原子力災害対策特措法に基づき、原子力緊急事態を宣言した。

原子炉は運転を停止しても、核分裂によってできた放射性物質による崩壊熱を取り除くために冷却を続けなければならない。使用済み核燃料も

使用期間と同程度の期間、冷却する必要があるという。これが不十分だと1000度以上の高温になり燃料が溶け出す炉心溶融(メルトダウン)を起してしまふ。

原子力発電所は事故に備えて原子炉を「止める」「冷やす」、放射性物質を「閉じ込める」という三つのレベルで安全策を講じている。今回は「止める」ことはできたが、「冷やす」「閉じ込め」がいまだ不完全で、危険な状態が続いている。

地震の翌日、1号機で水素爆発が発生し、3号機、2号機、4号機と、次々に爆発が起った。核燃料の容器には、シリコニウムという物質が含まれており、高温で水が触れると化学反応を起して水素が発生する。また、水は高温になると水素と酸素に分解する。こうして発生した水素や酸素が反応して、爆発したと考えられている。



## サイエンス & テクノロジー

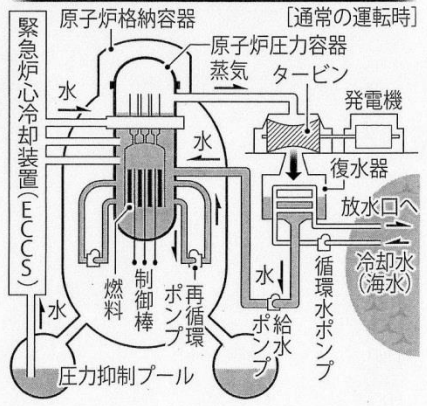
### 放射線

放射性物質とは、放射線を放って、別の物質に変わる性質を持つ物質のこと。例えば、ヨウ素131は、放射線(β線)を出してキセノンという物質に変わる。

一方、放射能とは「放射線を出す能力」のことだが、放射性物質そのものを指す場合にも使われる。

放射線はその種類と、どのくらいの量を浴びたかで人体への影響が異なる。いずれにしても、少量であれば、即座に健康被害を及ぼす可能性は低い。

### 原子炉の炉心を冷却する仕組み



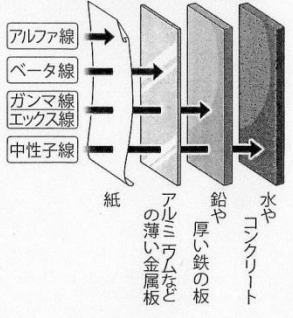
原子力発電所も火力発電所も、発生した熱で水を沸騰させ、出てきた蒸気(風車のよつな)タービンを回して電気をつく。

原子力では「ウラン235」という物質を利用する核燃料で蒸気を発生させる。ウラン235は1gで、石油2000gに相当する熱が発生する。原子爆弾はウラン235を100%近く含む燃料

が一度に反応することで大規模爆発を起すが、原発の核燃料はウラン235を3~5%しか含まないため、大規模な爆発は起さない。

しかし、適切に管理しないと自ら発生する熱で溶けてしまう炉心溶融(メルトダウン)を起して周囲に放射性物質を撒き散らし、甚大な被害を与えてしまふ。

### 放射線の種類と透過力



だが、短時間であっても大量に浴びると、生体は大きな影響を受ける。

レントゲンに使うX線も放射線の一部。そ

の他、α線(ヘリウム原子核が飛び出す)、β線(電子が飛び出す)、γ線(電磁波)、中性子線、中性子が飛び出す)などがある。

## 事故収束に6~9カ月

事故の収束に向けてさまざまな努力が続けられているが、放射線量が高く作業は困難を極めて

いる。一刻も早く放射線物質の漏れを止め、周辺地域から取り除き、普通の暮らしができるようになることが求められている。

東京電力は17日、事故の収束に向けた作業を2段階で行う工程表を発表した。原子炉と使用済み核燃料プールを安定的に冷却し、放射線量が着実に減少傾向となる「ステップ1」を今後3カ月程度で実現。6~9カ月をかけた、放射性物質の放出が管理され、線量が大幅に抑制される「ステップ2」を達成する方針だ。

18日午前の参院予算委員会で菅直人首相は、「1ステップが達成できれば、住民が元の場所に戻ることが可能になるか、一定の方向性が出せる」と理解している」との認識を示した。

また、現在は圧力容器に注水して応急冷却しているが、圧力容器を覆う格納容器への大量注水や、熱交換器の外付けによる循環型冷却機能の復旧により、ステップ2では原子炉の温度を100度以下に安定させる「冷温停止」の状態を目指す。

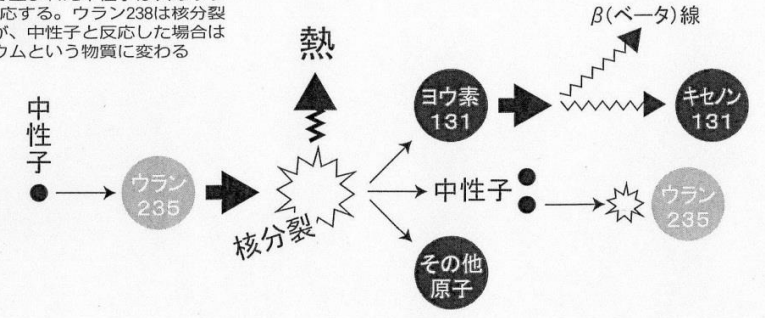
一方、燃料が炉建屋が大破した影響で底が抜ける恐れがあり、補強工事をする。2号機の高濃度汚染水は集中廃棄物処理施設や仮設タンクなどに回収。原子炉建屋には放射性物質の放出を抑えるカバーをかけた後、コンクリートなどの構造物で取り囲む。

### 今後の課題と取り組み

ウランは、陽子92個と約142個の中性子で構成される原子。中性子142個のウラン234、同143個のウラン235、同146個のウラン238の3種類がある。ウラン235が最も核分裂しやすい。ウラン235に中性子を1個当てると、ウラン原子が割れて、膨大な熱とともに、原子二つと、中性子3個が新たに発生する。これが核分裂反応である。

この時、割れてできる二つの原子は、割れ方によって、さまざまな原子になる。ニュースなどで報じられている放射性物質のヨウ素131やセシウム137など、セシウム137なども発生している原子の種類の一つである。

ウラン235に中性子が衝突すると核分裂し、ヨウ素131などの原子が生まれる。分裂で生まれた中性子は次のウラン235と反応する。ウラン238は核分裂しにくい、中性子と反応した場合はプルトニウムという物質に変わる。



### ベクレルとシーベルト

「ベクレル」は放射能の強さ(放射性物質の量)を表す単位で、1秒間に1個の放射性物質が割れる(崩壊する)と1ベクレルと数える。放射性物質や割れたときに出る放射線の種類、エネルギーの大きさは関係ない。ガイガー計数管で測定することができる。

一方、「シーベルト」は、放射線が人体に与える影響を合計した評価値(実効線量)を示す単位。放射線の種類やエネルギーの大きさを加味した値である。

ベクレル  $Bq =$  1秒間に崩壊する放射性物質の量

シーベルト  $Sv =$  人体への放射線の影響を示す単位

治療や作業環境を知る上で大事な指標になる。

人間は自然界から1年間に累計2.4ミリシーベルト(世界平均)の放射線を浴びている。最近の例では、1時間当たりの放射線量が東京で0.000078ミリシーベルト(文部科学省、今年14、15日)で、1年間に換算すると0.0284ミリシーベルトとなっている。一般への限度は自然背景放射1.0ミリシーベルトとされている。

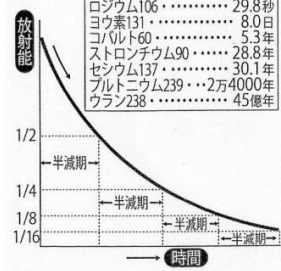
1時間で100ミリシーベルトを浴びた場合、がん発症の恐れが0.5%上昇するといわれている。

放射性物質には固有の「半減期」と呼ばれる「ほかの物質に変わる」ことで放射性物質が半分になる時間の長さがある。

ヨウ素131は約8日、セシウム137で約30年、ウラン238は約30年、ウラン235は約45億年である。

### 放射能の減り方

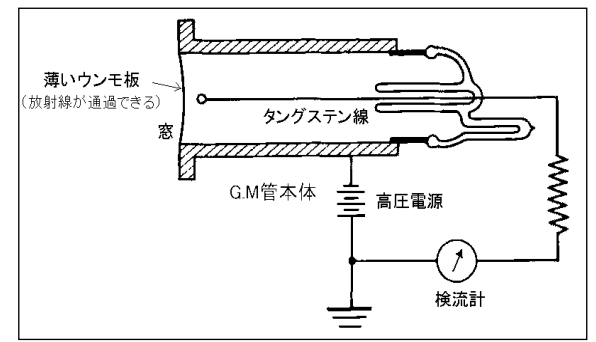
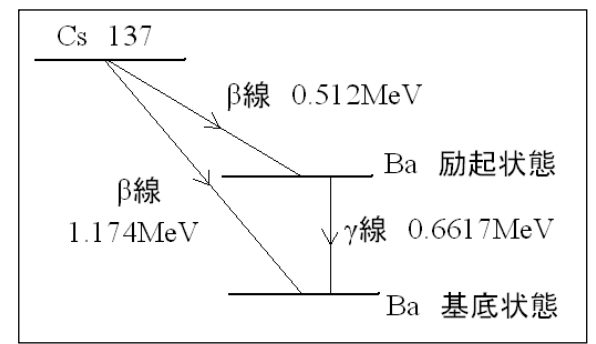
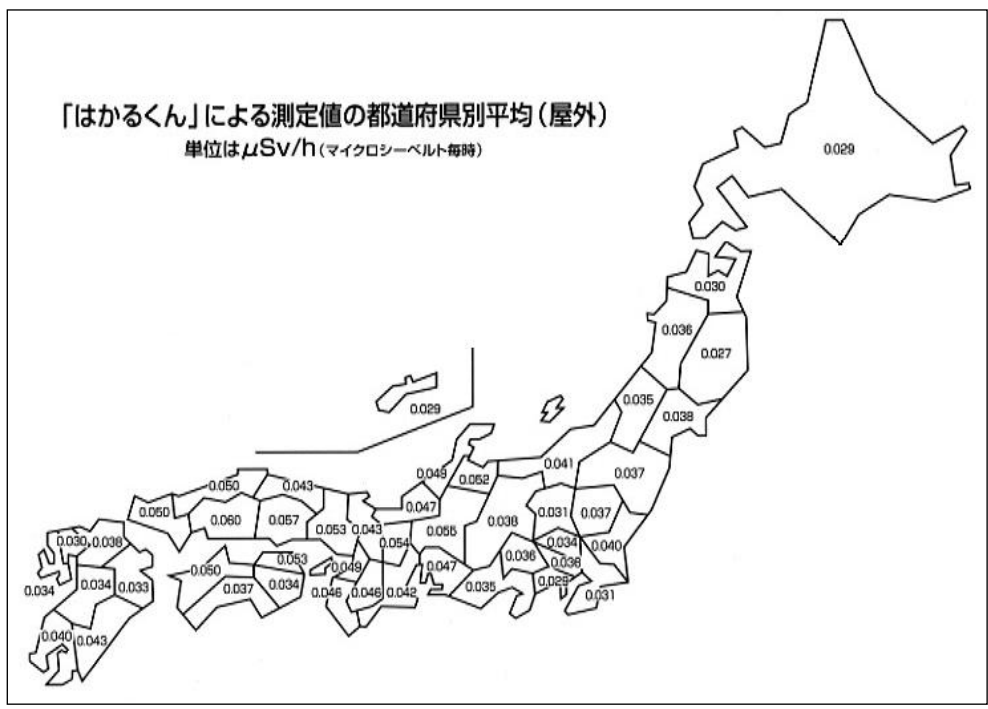
放射性物質	半減期
ロジウム106	29.8秒
ヨウ素131	8.0日
コバルト60	5.3年
ストロンチウム90	28.8年
セシウム137	30.1年
プルトニウム239	2万4000年
ウラン238	45億年



ヨウ素131は約8日、セシウム137で約30年、ウラン238は約30年、ウラン235は約45億年である。

参考1 放射線の実状 (桐山「生活科学」第3章 第3節)      参考2 事故前の放射線量 (同 p63 図2-3-4)      参考3 放射性崩壊 (同 p59、p64)

原発による放射性物質は、昨年3月の4度の水素爆発などにより放出された。現在は、おもに土壌に吸着されている。したがって、外部被曝の原因となる放射線(γ線)は土壌から来る。また、土壌から吸着された放射性物質(<sup>134</sup>Cs、<sup>137</sup>Csなど)は、米、野菜、肉類、淡水魚などあらゆる食材に含まれるに至っている。海に流れた放射性物質は海底土に蓄積され、生態循環を通して海洋魚に移行していく。今回は、大学構内で土壌や建物に蓄積されたと思われる放射性物質から放出されるγ線を測定することにする。測定は3回行い、データと測定場所の情報をデータ表記録する。



1 測定値の換算

低線量ではRADEXはやや高めに出る。MODEL923は、計数率から線量率への換算が必要。

RADEX 便宜的換算表 (μSv/h)

GM式放射線測定器 MODEL923 換算表

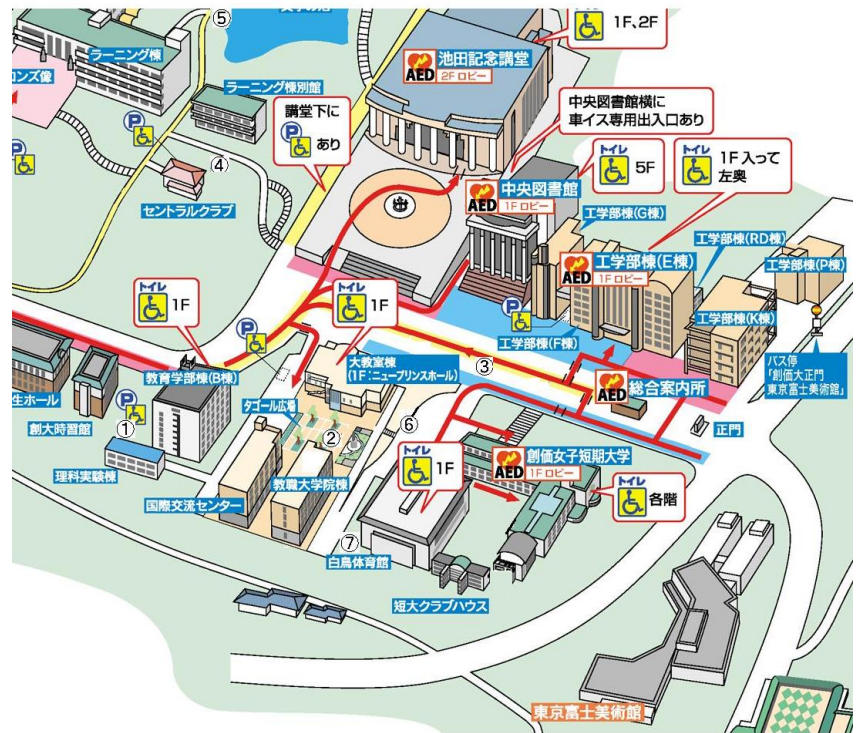
	係数	測定値	推定値
		0.05	<b>0.05</b>
		0.06	<b>0.05</b>
		0.07	<b>0.05</b>
1	1.50	0.08	<b>0.05</b>
2	1.50	0.09	<b>0.06</b>
3	1.50	0.10	<b>0.07</b>
4	1.50	0.11	<b>0.07</b>
5	1.50	0.12	<b>0.08</b>
6	1.50	0.13	<b>0.09</b>
7	1.50	0.14	<b>0.09</b>
8	1.50	0.15	<b>0.10</b>
9	1.48	0.16	<b>0.11</b>
10	1.45	0.17	<b>0.12</b>
11	1.43	0.18	<b>0.13</b>
12	1.40	0.19	<b>0.14</b>
13	1.38	0.20	<b>0.15</b>
14	1.35	0.21	<b>0.16</b>
15	1.33	0.22	<b>0.17</b>
16	1.30	0.23	<b>0.18</b>
17	1.28	0.24	<b>0.19</b>
18	1.25	0.25	<b>0.20</b>
19	1.23	0.26	<b>0.21</b>
20	1.20	0.27	<b>0.23</b>
21	1.18	0.28	<b>0.24</b>
22	1.15	0.29	<b>0.25</b>
23	1.13	0.30	<b>0.27</b>
24	1.10	0.31	<b>0.28</b>
25	1.08	0.32	<b>0.30</b>
26	1.05	0.33	<b>0.31</b>
27	1.03	0.34	<b>0.33</b>
28	1.00	0.35	<b>0.35</b>
	1.00	0.36	<b>0.36</b>
	1.00	0.37	<b>0.37</b>
	1.00	0.38	<b>0.38</b>
	1.00	0.39	<b>0.39</b>
	1.00	0.40	<b>0.40</b>

計数率[cpm]	線量率[μSv/h]	計数率[cpm]	線量率[μSv/h]
7	0.006	51	0.41
8	0.009	52	0.42
9	0.012	53	0.43
10	0.017	54	0.44
11	0.022	55	0.45
12	0.027	56	0.46
13	0.033	57	0.47
14	0.039	58	0.48
15	0.046	59	0.49
16	0.053	60	0.50
17	0.059	61	0.51
18	0.066	62	0.52
19	0.073	63	0.53
20	0.10	64	0.54
21	0.11	65	0.55
22	0.12	66	0.56
23	0.13	67	0.57
24	0.14	68	0.58
25	0.15	69	0.59
26	0.16	70	0.60
27	0.17	71	0.61
28	0.18	72	0.62
29	0.19	73	0.63
30	0.20	74	0.64
31	0.21	75	0.65
32	0.22	76	0.66
33	0.23	77	0.67
34	0.24	78	0.68
35	0.25	79	0.69
36	0.26	80	0.70
37	0.27	81	0.71
38	0.28	82	0.72
39	0.29	83	0.73
40	0.30	84	0.74
41	0.31	85	0.75
42	0.32	86	0.76
43	0.33	87	0.77
44	0.34	88	0.78
45	0.35	89	0.79
46	0.36	90	0.80
47	0.37	91	0.81
48	0.38	92	0.82
49	0.39	93	0.83
50	0.40	94	0.84
		95	0.85
		96	0.86
		97	0.87
		98	0.88
		99	0.89
		100	0.90

※換算は3回測定の平均値に実施する。

## 2 測定場所など

B棟前 (B棟と時習館の間)	①
タゴール像前	②
正門から登り道	③
蛍桜保存会看板前 (石畳)	④
文学の池休憩所 (石畳)	⑤
短大体育館前排水溝	⑥
V棟と白鳥体育館の間	⑦
独自に決めた地点で測定	
独自に決めた地点で測定	



### 記録事項

- ・測定器 ( )
- ・測定場所番号
- ・測定位置 (1m、土の上)
- ・測定値 (3回) と平均値 (後で計算する)

### スケジュール例

#### 1 放射線および測定に関する基礎知識の説明

測定器毎の説明

- 1班 MODEL923
- 2班 MODEL923
- 3班 PA1000
- 4班 A2700
- 5班 RADEX
- 6班 RADEX

#### 2 ①～⑨の測定場所に移動して測定

- 1・2班 実験室→①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→ → → 実験室
- 3・4班 実験室→①→③→②→④→⑤→⑥→⑦→ → → 実験室
- 5・6班 実験室→①→④→②→③→⑤→⑥→⑦→ → → 実験室

測定器はほぼ北を向けること。

#### 3 実験室にもどってデータ処理・まとめ

## 構内放射線測定データ表

氏名 ( )  
測定器名 ( )

地上 1m

測定場所番号	1回目	2回目	3回目	平均値	※換算値( $\mu$ Sv/h)

地上

測定場所番号	1回目	2回目	3回目	平均値	※換算値( $\mu$ Sv/h)

※RADEX と MODEL923 は平均値を換算値になおす。他の測定器は平均値が空間線量率 ( $\mu$  Sv/h) になる。

【memo】

## 実験室の安全ガイド

### 1. はじめに

実験室での安全には、化学薬品、火、電気などの安全な取り扱いが必要です。このプリントでは以下のことにふれていきます。

- ・ 一般的な実験室での危険
- ・ 実験室での危険のコントロール
- ・ 安全な実験の実施—化学薬品の取り扱い
- ・ 実験器具の安全—ガラス器具と加熱装置

### 2. 一般的な実験室での危険

- ・ 化学薬品による危険：有毒性、腐食性、可燃性、反応性
- ・ 生物による危険：細菌、動物、植物、遺伝子組換えのもの
- ・ 身体への危険：加熱装置、騒音、飛び出すもの、火、低温、など
- ・ 電気による危険：火災と電気ショック
- ・ 空気に関する危険：蒸気、ほこり、など
- ・ 人間工学的な危険：同じ姿勢、反復動作

### 3. 実験室での危険をコントロールする

安全意識を持ち正しい実験を行う学生が、実験を安全なものにするために一番大事です。指導する人ではなく、実験を行う学生みなさん自身が責任をもっているのです！安全な実験を行うためには以下のことが重要になります。

- ・ 十分な換気
- ・ つくえの上や足元がすべらないか
- ・ 手を洗える設備
- ・ 身体保護器具
- ・ 実験器具
- ・ 消火器
- ・ 目を洗える設備
- ・ きちんとした片付け

### 4. 安全な実験の実施

実験を安全なものにするために、以下のことを守ってください：

- ・ あわてない。パニックにおちいらない
- ・ 化学薬品のこと、実験に関する危険について知ること
- ・ いろいろな非常時の対応について知ること
- ・ 行う実験に適切な服装と身体保護器具を身につけること
- ・ 化学薬品を扱う時は安全上の注意を守ること
- ・ 刃物やガラスを扱う時は最大限に注意すること
- ・ 実験室での飲食とタバコの使用は禁止です
- ・ ピペット（ガラス管）を口に入れないこと
- ・ 器具、つくえ、床など汚れたら、すぐにきれいにする
- ・ 玄関、廊下、出口への通路は、何も物を置かずに、しっかり開けておくこと

#### 4a. 化学薬品の取り扱い

- ・ 直接化学薬品を吸い込んだり、匂いをかいだり絶対にしないこと
- ・ 液体を注ぐ時は、かき混ぜ棒を使い（液体の容器の上に置き）、液体の流れを導くようにする
- ・ 濃縮溶液は必ずゆっくりと、かき混ぜながら、水や他の溶液に注ぐ
- ・ 化学反応のために試薬を加える時はゆっくりと行い、絶対に一気に入れない。一回試薬を加えたら少しの間様子を観察する。それから加える
- ・ 予想する反応が起こらない場合、さらに試薬を加える前に、指導する者にアドバイスを求める
- ・ 固体を運ぶ時は、固体が空中に飛んでいってしまわないように、慎重に運ぶ
- ・ 試薬を容器から出す前にそのラベルを慎重に読む。まちがった物質の使用は事故につながる
- ・ 指示されている以上の量は使用しないこと。容器から必要な分だけ取り出すこと

- ・元の容器に化学薬品を絶対に戻さないこと。固体廃棄用とラベルがついている容器に必要な固体を捨てること

## 5. 実験器具の安全

実験器具の安全については4つの基本的なポイントがあります。それは、正しい実験器具を使うこと、実験器具の使い方を知ること、実験器具を点検すること、実験器具を正しく使うこと、の4つです。実験器具の安全を確かなものにするために以下のことをみなさん確認してください：

- ・ 実験器具の使い方
- ・ 実験器具の保持・点検に必要なこと
- ・ 実験器具の安全上の注意点
- ・ 実験器具が適切に動くかどうかのチェック

### 5a. ガラス器具

ガラス器具による事故が、実験室での一番多いけがの原因となっています。常識を働かせれば事故は起きません! 実験でガラス器具を安全に使うために以下のことを守ってください：

- ・ ガラス器具を扱う時と保管する時に傷をつけないようにする
- ・ 使う前と使った後に毎回ガラス器具を点検する。傷ついたり、ひびが入ったり、こわれているガラス器具は捨てる
- ・ 毎回使用後にガラス器具をきれいに洗いしっかりと汚れを落とす。実験室用洗剤を使う

また以下のガラス器具を扱う時の安全ガイドを守ってください：

- ・ さめているフラスコを扱う時は、片手でフラスコの首の部分をしっかりとかみ、もう一方の手でフラスコの底の部分を支える
- ・ さめているビーカーは、片手でビーカーの縁のすぐ下の横の部分をつかみ、もう一方の手でビーカーの底の部分を支える
- ・ ビンを運ぶ時は、絶対にビンの首の部分を持たない
- ・ 素手など無防備な手で、こわれたガラスに触らない

ガラス器具を片づける時の注意：紙タオルの上や乾燥器の中できれいにしたガラス器具を逆さまにする。もしもガラスの部分に水滴がついて残っているとしたら、まだそのガラスはきれいになったとはいえません

### 5b. 加熱装置

化学反応や分離をさせるための加熱装置には以下のものがあります：

- ・ バーナー（火開放型）
- ・ ホットプレート

（ロバート）ブンゼンバーナー：まず点火し、そしてガスの量を調節し、確認をします

- ・ バーナーのガス調節弁を閉め、ガス管口の弁を開ける
- ・ バーナーの底にある空気口を閉め、バーナーのガス調節弁を少しだけ開ける
- ・ バーナーの筒口の近くで、マッチかライターに火をつけ、点火させる
- ・ 点火した後、炎がうすい青色になり、はっきりと円すいが二つ以上重なるように見えるようにガス調節弁を調整する
- ・ 空気の通る音が少し聞こえるようになるまで、バーナーの空気口をゆっくりと開ける

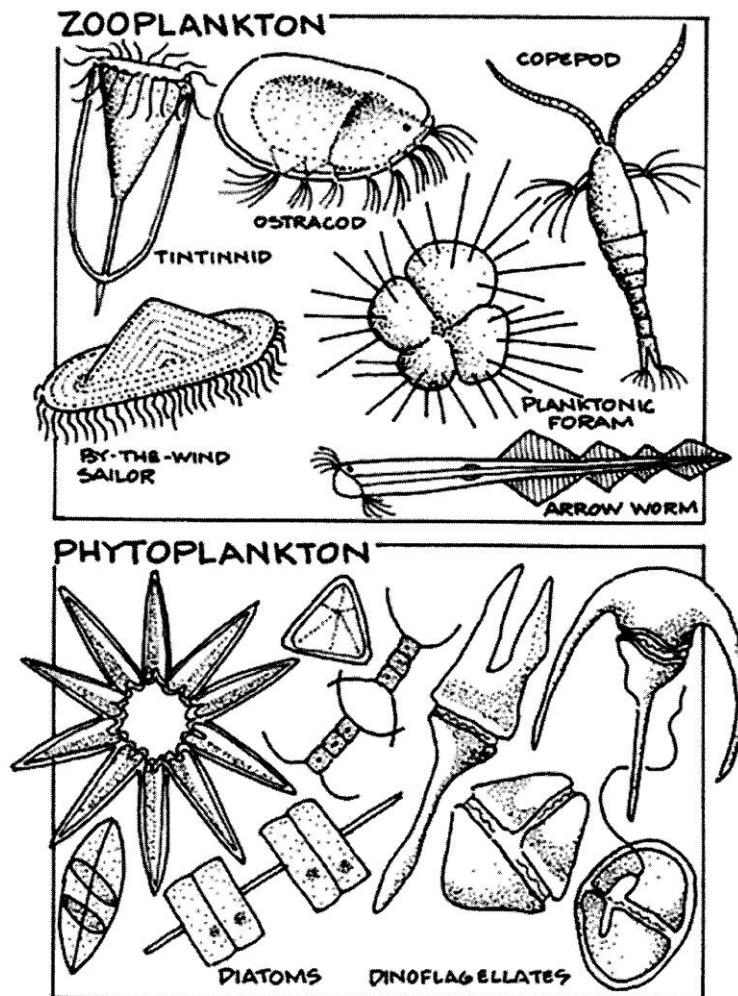
重要：バーナーの火をつけたまま絶対に離れないでください

### 3. Sketch Techniques

Materials Per Group: 4x sketch paper, pencil and eraser

Method:

- Prepare your sketch paper by dividing the paper into two sections.
- Please write your name, ID number and date. Also note the name of the organism, where it was collected, and any abiotic factors your group measured.
- Use a sharp pencil. Draw what you observe, not what you think you should be seeing.
- Sketch your specimen slowly using long, controlled pencil strokes – sharp lines. Take your time. Do not sketch using short, burst like strokes.
- Make the sketch large! Label different parts of the sketch and indicate scientific name.
- Draw the scale bar or magnification used.
- Try your best to represent the depth and volume of the specimen using shading techniques. Adjust the focus of your microscope if necessary. Take breaks accordingly to rest your eyes.
- Make any notations regarding colors or textures your some across.

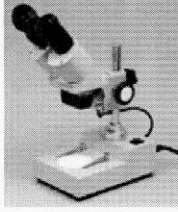




## 双眼実体顕微鏡

光学顕微鏡には、接眼レンズが1個で片目で観察する顕微鏡（ステージ上下式と鏡筒上下式の2種類、この稿では双眼実体顕微鏡ではないほうの顕微鏡を「ふつうの顕微鏡」と表記することにします）と、接眼レンズが2個あって両目で観察する**双眼実体顕微鏡**とがあります。

この稿では、**双眼実体顕微鏡**を取り上げます。

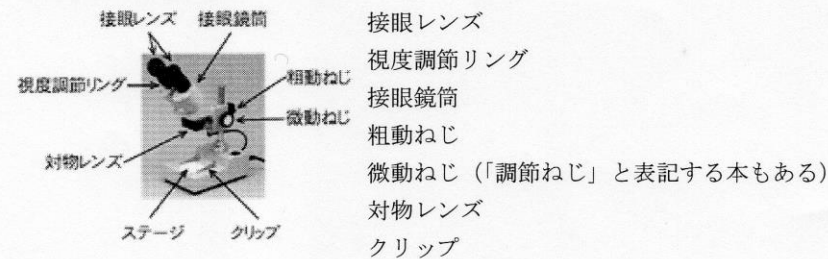


### 双眼実体顕微鏡の特徴・利点

双眼実体顕微鏡には次のような特徴があります。

- (1) **20～40倍**の倍率で観察するのに適しています（ふつうの顕微鏡は**40～600倍**程度）。
- (2) ルーペと同様に、観察物にあたって反射した光をレンズで拡大して観察しているので、ものを立体のまま観察できます（ふつうの顕微鏡は、透過する光で観察物を見るので、光が通りぬける薄さのプレパラートに加工しないと観察できません）。
- (3) 両眼で観察するので、観察物を厚みのあるまま立体的に見ることができます。
- (4) 本体内のプリズムで正立の像（上下左右がそのまま）になるので、観察物を上下左右そのまま観察できます（ふつうの顕微鏡は対物レンズで上下左右が逆になった倒立の像を見るので、上下左右が反対に見えています）。
- (5) 自然光が弱い場所でも光をあてて見ることができます。

### 双眼実体顕微鏡の各部の名称



ステージ

### 双眼実体顕微鏡の使い方

次のような順序で操作します（本によって、少しちがいががあります）。

- 1、ステージの白と黒の面のうち、観察物を観察しやすい面を選択します。

2、視野が明るくなるように光を採りいれます。自然光で不十分なときは照明装置を使い、ステージの中央が明るくなるようにします。

3、観察物をステージにのせます。

4、接眼レンズから少し眼を離して両眼で覗き、接眼鏡筒を動かして、左右の接眼レンズを目の幅に調節して、視野が1つに重なるようにします。

5、粗動ねじをゆるめて、両眼でおよそのピントを合わせます。

6、右眼で覗きながら、微動ねじでピントを合わせます。

7、左眼で覗きながら、視度調節リングをまわしてピントを合わせます。

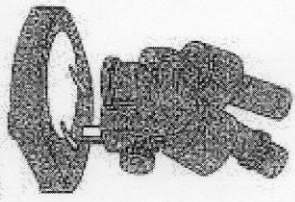
※「接眼レンズを目の幅に調節して、視野が1つに重なるようにする」操作については、「ピントを合わせる前にする」と書かれた本と「ピントを合わせた後にする」と書かれた本とがあります。

### ● 双筒鏡倍率調節

視野で観察する顕微鏡。接眼レンズと対物レンズとからなり、総合倍率は10～60倍程度で、像は正立像である。ズーム式で変倍できるものもある。双筒鏡本体顕微鏡の倍率は、対物物を立体的に観察できることである。

#### 使い方

- ①接眼レンズから少し目を離してのとき、接眼鏡筒を左右に移動させて視野が1つになるように眼鏡を合わせる。
- ②粗動ねじを回しておおよそのピントを合わせる。
- ③顕微ねじを回し、ピントを合わせる。像が鮮明にならないときは、視度調節リングを回して調節する。



双筒鏡本体顕微鏡

### ● スライドガラス

おもに顕微鏡の観察の際、小さな試料を載せるために用いるガラス板。普通のスライドガラスのほか、ホルムスライドガラス、目盛りつきスライドガラスなどがある。ホルムスライドガラスは、ミシロコなどの生き物を観察するときに便利。目盛りつきスライドガラスは顕微鏡を見ながら試料の大きさを知ることができる。



スライドガラス



ホルムスライドガラス



目盛りつコスライドガラス



カバーガラス

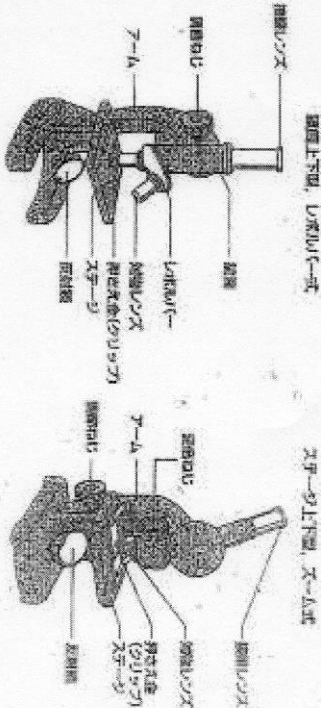
### ● カバーガラス

スライドガラスに載せた試料の上に載せる薄いガラス板。透明プラスチック製で扱いやすい安全カバーガラスというものもある。規格は皿の長さ(mm×mm)：18×18、18×24、22×22、24×24、24×30などがある。

カバーガラスをかけた後、顕微鏡で観察するときは、試料にカバーガラスをかけた後に、扱い取り紙で余分の水を吸い取る。

### ● 空筒顕微鏡

筐体から広く使用されてきた顕微鏡で、一般的に標本鏡と呼ばれるものである。鏡筒上下型とステージ（載せ台）上下型の2つのタイプがある。普通は単眼であるが電鏡標本種では双眼のものもある。鏡筒はレボルバー式とズーム式がある。ズーム式ものは変倍操作が容易。倍率は接眼レンズと対物レンズの組み合わせて決まり、総合倍率（接眼レンズの倍率と対物レンズの倍率の積）は40～400倍程度。像は上下左右が写像とは逆に立った倒立像である。



鏡筒上下型、レボルバー式

ステージ上下型、ズーム式

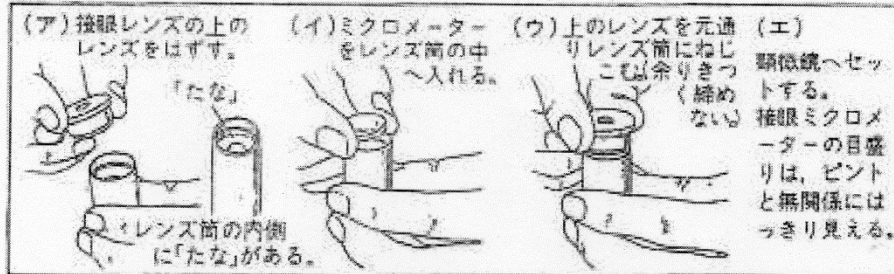
#### 使い方

ステージを上下させるもの、鏡筒を上下させるもの、レボルバー式で変倍させるもの、ズーム式で変倍させるもの、と様々なタイプがあるが、鏡筒の仕方に大きな違いはない。

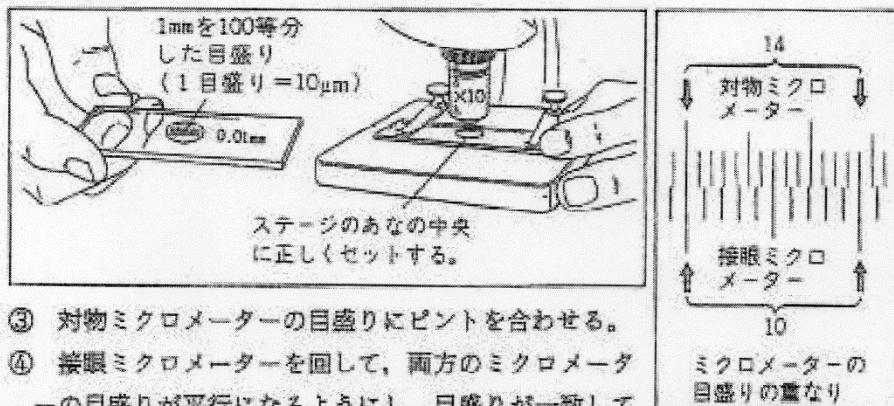
- ①接眼レンズ、対物レンズの倍率を最低にする。
- ②接眼レンズをのぞきながら長針鏡の向きを変えて明るく見えるようにする。
- ③プレパラートをステージの穴の上、レンズの真下に置く。
- ④横から見たら、対物レンズとプレパラートを近づける。
- ⑤接眼レンズをのぞきながら対物レンズとプレパラートの間を開け、焦点を合わせる。粗動ねじと微動ねじがあるものは、粗動ねじで大まかな調整をし、微動ねじで飛込にする。

## 資料2 ミクロメーターの使い方

### ① 接眼マイクロメーターをセットする。



### ② 対物マイクロメーターをセットする。



### ③ 対物マイクロメーターの目盛りにピントを合わせる。

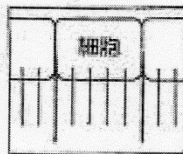
### ④ 接眼マイクロメーターを回して、両方のマイクロメーターの目盛りが平行になるようにし、目盛りが一致している所(右上図の↓印)を2箇所さがし、その間の目盛り数をそれぞれ数える。

### ⑤ 両方のマイクロメーターの目盛り数から、接眼マイクロメーターの1目盛りの長さを計算する。右上図の場合は、次のようになる。

$$10 \mu\text{m} \times \frac{14}{10} = 14 \mu\text{m}$$

### ⑥ 規定の倍率に組合せて、接眼マイクロメーター1目盛りの長さを測定しておく。また、視野の直径も測定しておくとい。

### ⑦ 長さの測定例 右図の場合、⑤と同じ倍率であれば、細胞の長径は、14 $\mu$ m $\times$ 5=70 $\mu$ mとなる。



	接眼 レンズ	×10	×15
対物 レンズ			
	×10	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
	×40	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$

**参考** 対物マイクロメーターの代わりに透明な定規をセットして、低倍率で見て、視野の直径や接眼マイクロメーター1目盛りの長さの見当をつけておくとい。

その見積りを表1に示した(表1にはウイルスも含めた)。これまでにウイルスから動物までの約175万種が記載されており、その見積りは1億1170万種から360万種までの幅はあるものの、1360万種程度が妥当と考えられている。表1からも明らかなように、植物や動物(線虫類などの例外はあるものの)についてはそれなりに分類が確立し、その種数の推測も妥当になされているが、細菌、原生動物、藻類の分類はまだまだ不明な点が多い。

ところで、生物の分類を考えるとまずはじめに「生命体とは何か、生物とは何か」という問題に直面する(第3巻参照)。今日では、核酸の司る遺伝とタンパク質の司る代謝を基本として、自己増殖することを生物のもっとも一般的な属性とみなしている。しかし、よく議論されるように、ウイルスは宿主の細胞のなかで自己複製を行いまた宿主のリボソームを利用してタンパク質合成を行っているときは生命体としての特性を発揮しているが、いったん宿主を離れて単独で存在する場合は生命体としての活動を停止した無生物的な構造体と考えられる。このことから、ウイルスは生命体としてのみ取り扱い、それ以外の生命体を生物とみなすのが一般的である。

表1 地球上に生息する生物の種数(単位:万)(Gaston and Spicer, 1998による。Hawksworth and Kalin-Arroyo, 1995より改変)

	記載種数	推測種数の見積り			見積りの正確さ
		最大	最小	推測種数	
ウイルス	0.4	100.0	5.0	40	非常に貧弱
細菌	0.4	300.0	5.0	100	非常に貧弱
菌類	7.2	270.0	20.0	150	中程度
原生動物	4.0	20.0	6.0	20	非常に貧弱
藻類	4.0	100.0	15.0	40	非常に貧弱
植物	27.0	50.0	30.0	32	良好
動物					
線虫類	2.5	100.0	10.0	40	貧弱
甲殻類	4.0	20.0	7.5	15	中程度
クモ類	7.5	100.0	30.0	75	中程度
昆虫類	95.0	10000.0	200.0	800	中程度
軟体動物	7.0	20.0	10.0	20	中程度
脊索動物	4.5	5.5	5.0	5	良好
その他	11.5	80.0	20.0	25	中程度
計	175.0	11165.5	363.5	1362	非常に貧弱

佐藤 短行他(2004)「マクロ進化と全生物の系統分類」, 岩波書店, 4頁

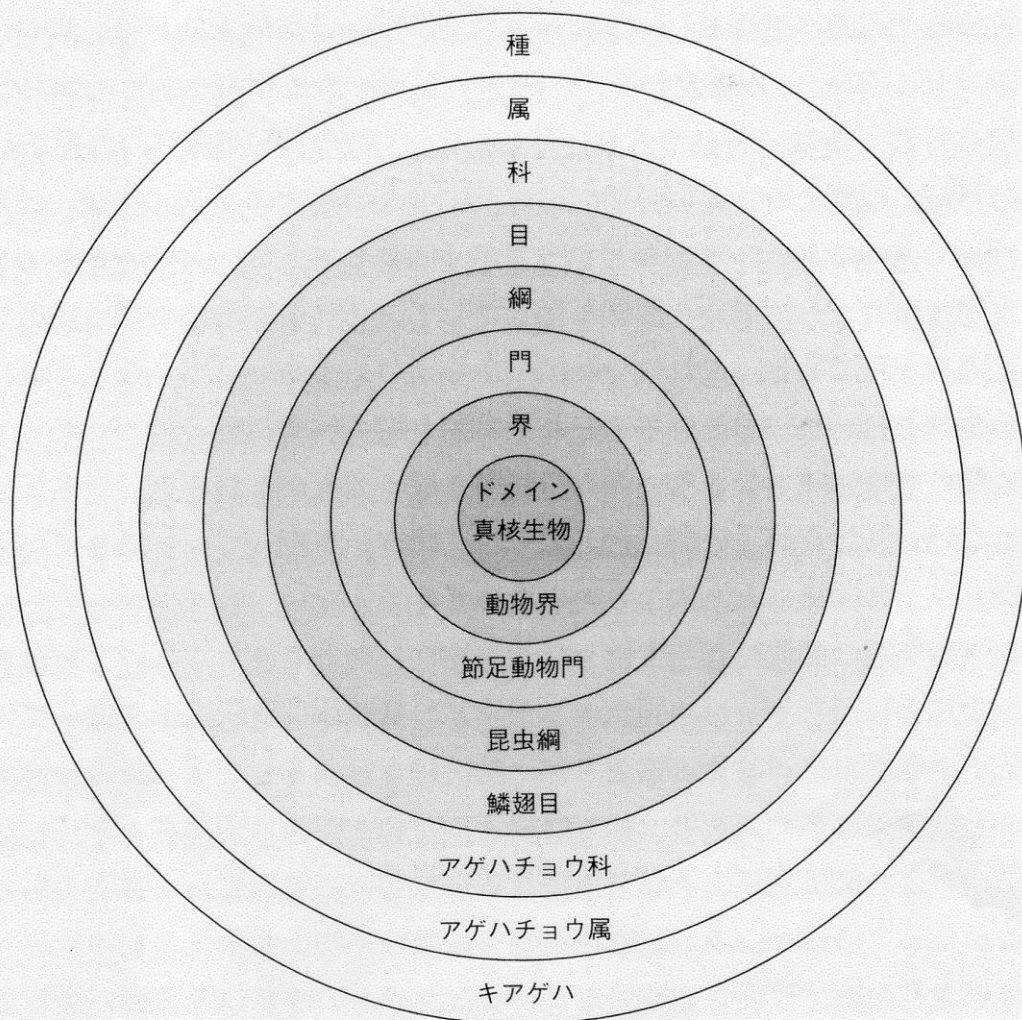


図2 生物分類の求心的同心円の例

異なる種のアブラムシを宿主とする *Buchnera* のゲノムの比較が行われたが、案の定、それらの中には数十個の遺伝子が欠失したもの、しないものなど非常に大きな違いのあることが明らかになった。これは、多様なものを強引に単一種に押し込めた例だが、細菌の分類では逆に、多くの共通点をもつにも関わらず別種として扱われている例も少なくない。

1章では、キアゲハを例にとりて、生物の階層的分類体系をひとつの同心円によって説明している。この同心円は中心に種(キアゲハ)を置き、外へ向かうほど上位のタクソンになるという構造をしている。上位のタクソンはそれだけ多くの種を含むのだから、たしかにこの遠心的構造は理にかなっている。しかし、正反対の、いわば求心的同心円によっても分類体系の説明は可能である。

佐藤 短行 他 (2004) 『マクロ進化と全生物の系統分類』, 岩波書店, 206頁

## 昆虫類（現生）の分類と各目のおおよその種数

内顎類（約1,000種）			
カマアシムシ目	700種	┌──────────┐	「無翅昆虫類（無変態類）」（約8,000種）
トビムシ目	5,000種		
コムシ目	800種		
外顎類（約106万種）			
イシノミ類		└──────────┘	
イシノミ目	500種		
シミ類		└──────────┘	
シミ目	500種		
有翅昆虫類（約106万種）			
旧翅類（約9,000種）		┌──────────┐	
カゲロウ目	2,500種		
トンボ目	6,000種	└──────────┘	「不完全変態類」（約15万種）
多新翅類（約4万種）			
カワラゲ目	2,500種		
バツタ目	20,000種		
ナナフシ目	3,000種		
シロアリモドキ目	2,000種		
カカトアルキ目	13種		
ガロアムシ目	26種		
カマキリ目	2,000種		
ゴキブリ目	4,000種		
シロアリ目	3,000種		
ジュズヒゲムシ目	22種		
ハサミムシ目	2,000種		
準新翅類（約10万種）			
チャタテムシ目	3,000種		
ハジラミ目	3,000種		
シラミ目	700種		
アザミウマ目	7,000種		
カメムシ目	90,000種		
完全変態類（貧新翅類）（約90万種）			
アミメカゲロウ目	7,000種		
シリアゲムシ目	600種		
トビゲラ目	12,000種		
チョウ目	150,000種		
コウチュウ目	400,000種		
ネジレバネ目	700種		
ノミ目	2,000種		
ハエ目	170,000種		
ハチ目	150,000種		

合計

約110万種

2006 (訂用)

資料：筑波大学生命環境科学研究科・町田龍一郎助教授

赤池学(2006)「昆虫力」, 小学館