

研究紀要

第2号

平成2年3月

北海道立理科教育センター

発刊に当たって

平成元年3月に、学習指導要領が改訂され、新しい教育課程が平成4年度から順次実施されることとなっています。

今回の改訂では、21世紀をめざし、社会の変化に自ら対応できる心豊かな人間の育成を図ることをめざしています。

刻一刻と変化する情報化、国際化社会の中で、自ら考え、主体的に学習する児童・生徒の育成をめざして、学習指導においても、教育の質的な改善を図ることが、今日の教育の重要な課題でもあります。

当理科教育センターにおいては、生涯学習の基盤を培うために、理科教育を通して、自然に対する関心や自然観を育てるよう努力しております。

自然と人間とのかかわりが薄くなってきたといわれている今日、理科教育の果たす役割は大きいと考えます。

この度、当理科教育センターの所員が、日ごろの研究実践をまとめ、研究紀要第2号を発刊することにしました。いろいろと不備な点があると思いますが、この資料が、各先生方の理科指導の一助として御活用いただければ幸いです。

平成2年3月

北海道立理科教育センター所長

奈 良 由 夫

目次

発刊に当たって	奈良 由夫	
実験を中心とした課題研究の2・3の例	宮下 正格	1
水の深さと圧力の関係を調べる実験の工夫	檀 棒 光一	5
電磁気の応用の一工夫 -スピーカー作りを通して-	中里 勝平	10
等速円運動についての実験の工夫	一口 芳勝	16
小学校理科における「水溶液」教材について	作原 逸郎	22
高校化学「中和滴定」における反応の終結点決定に関する一考察	鈴木 哲	25
バラタナゴの産卵行動の観察	白井 馨	29
蝶類の種間交雑に関する研究(Ⅱ) -ナミアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と分析-	青山 慎一	33
プロトプラストの作成についての工夫	青山 慎一	37
十勝東北部の池田層産植物化石に関する研究	那賀島 彰一	39
地震教材についての一工夫	高橋 文明	45
音調津花崗岩の不均質性について(Ⅰ)	森 裕	47
小学校における植物教材園のあり方	乳井 幸教, 河原 英男	55

実験を中心とした課題研究の2・3の例

宮下 正格

はじめに

平成元年3月に告示された高等学校学習指導要領理科の“総合理科”をはじめ、各選択科目Ⅱに課題研究の項目が、また、ⅠBには探究活動の項目が指導事項として位置づけられた。

理科の目標に、

自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。

と記載されている。

さて、課題研究は、科学的に探究する能力と態度を育てることに主眼をおき、生徒自らが課題を見出し、その探究の過程で事物・現象に対する理解を深め、創造的な能力を身に付けることにある。このような観点で課題研究をとらえると、従来実施してきた受動的な理科学習では、目的とする能力を身に付けさせることは難しい。

筆者が、過去、選択化学で実践した“課題研究”の2・3の例を発表し、諸兄の教示を仰ぎたい。

1 課題研究の位置づけ

課題研究を実施するに当たって次の諸点を留意した。

(1) 課題は身近なところから

高等学校の化学領域で課題研究に取り組むには、身近な課題といっても大きな制限がある。テーマの設定に当たっては、生徒自身の既習事項を把握し、生徒が自発的に活動できるテーマでなければならない。単なる興味だけでテーマ設定を行うと、研究の端緒からつまづくことになる。

なる。

選定されたテーマについての解決の見通しを教師側がもっていなければならない。部活動のように十分な意欲をもった生徒ばかりが対象の課題研究とは異なった対応が必要となる。

このような条件を考慮すると、すでに学習した教科書からのテーマ設定が有力である。

その例として、

- ① 炭酸塩の酸分解における質量保存の法則
- ② 過酸化水素の分解
- ③ フェノールフタレインの変色
- ④ 教室内の二酸化炭素濃度
- ⑤ アルコールの炭素数と水酸基の反応性
- ⑥ アゾ染料の色と堅牢性

などを挙げることができる。

(2) 課題研究の方法

「生徒自らが課題を見出し」と、本来的には自発的行動が必要になるが、残念ながら筆者の経験では、このことが最難関である。

普段の授業で、随所に仕掛けをほどこす必要がある。例えば、“過酸化水素の分解”では、消毒薬として市販されているオキシドールは保存中の分解を防ぐために弱酸性にしてあると説明し、アルカリ性にしたらどうなるのかの疑問点を残しておく。“アルコールの炭素数と水酸基の反応性”では、水に対する溶解性やナトリウムとの反応などを授業実験として行い、エステル化の難易の違いなど探究テーマとして温存するなどの手法である。

正攻法ではないが、テーマの設定は無策ではなかなか成功しない。

テーマが設定されると、意外に自発的な探究活動が展開され、事物・現象に対する理解も深まり、独創的な方法も生れてくる。

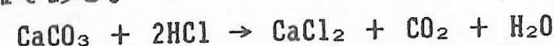
課題研究の留意事項として、

- ・ 研究の目的・動機を明確に
 - ・ 予測をたてた実験
 - ・ 実験条件の明示と記録
 - ・ 実験条件を踏まえた結果の検討
 - ・ 理論的考察との整合性
 - ・ 仮説の設定と検証
 - ・ 研究成果のまとめ
- などを挙げることができよう。

2 課題実験の例

(1) 炭酸塩の酸分解における質量保存の法則 目的

質量保存の法則は、中学校学習指導要領理科第1分野で、「化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和とが等しいことを見いだすこと」と記載されている。実際に気体の発生する反応で検証しようとするれば、なかなか困難である。



この反応で発生する二酸化炭素をソーダ石灰に吸収させ、定量化を行うと炭酸カルシウム1gあたり約10%の減量(誤差)が常に観察される。

この誤差の原因を追及させ、質量保存の法則を実験的に検証する。

導入実験

開放容器で炭酸カルシウム1gと6M塩酸 8mlとを上皿天秤上で反応させ、質量の変化を測定する。

実験結果

反応前	59.9	57.7	65.7	106.0	56.5
反応後	59.4	57.3	65.3	105.6	56.0
減量	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5

平均減量：0.44g

予想された減量結果が得られた。

検証実験1

上皿天秤上で炭酸カルシウム1gと6M塩酸8mlとを反応させ発生気体を10gのソーダ石灰に吸収させて質量の変化を測定する。

実験結果

反応前	137.4	140.5	145.3	128.2	127.5
反応後	137.3	140.3	145.2	128.1	127.4
減量	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1

平均減量：0.12g

発生した二酸化炭素の全量は吸収されているが、反応の前後で質量が異なっている。

検証実験2

減量の約0.1gが気体発生にともなって追出された容器内の空気であることに気付かせ、実験方法を工夫させる。

留意事項

装置を含めた全体の質量が100gを越える場合があるので、上皿天秤は秤量200gのものを使用する必要がある。

検証実験1・2でポリエチレン製の密閉容器を用いることも可能であるが、容器の膨張が浮力としてはたらくことに留意する必要がある。

(2) 過酸化水素の分解

目的

最近では酸素ポンペを活用することも多くなってきているが、過酸化水素の分解による酸素の製法は、反応速度を実験的に調べるには適当な反応である。

実験

分解触媒(1.4M硫酸銅(II)溶液、0.025M塩化鉄(III)溶液)5mlと過酸化水素水(1~6%)を混合し、発生気体をビュレットで測定する。

実験結果

① 温度の影響(CuSO₄-H₂O₂:6%)

	0'30	1'00	1'30	2'00	2'30	3'00	3'30
30℃	—	—	—	13.0	19.0	23.5	27.3
35℃	—	—	19.2	27.2	33.5	40.0	45.7
40℃	—	22.0	35.2	47.5	56.7	65.0	70.8
45℃	18.2	40.0	56.3	71.2	78.8	84.3	90.5
50℃	34.8	67.3	86.8	96.0	—	—	—

* (—)部分は、測定できなかった。

塩化鉄(III)触媒の場合は、反応速度が大きく、6%過酸化水素水での温度の影響を調べるには、

適当ではなかった。

② 過酸化水素濃度の影響(FeCl₃)

	1'00	2'00	3'00	4'00	5'00	6'00	7'00
1%	—	—	13.6	16.4	18.5	19.8	20.6
2%	—	14.7	20.4	24.4	26.9	28.7	30.3
3%	12.5	25.8	38.7	44.5	48.5	51.2	52.8
4%	16.5	35.3	49.8	59.2	66.0	69.7	72.2
5%	20.7	44.2	63.8	74.8	82.2	87.0	90.2
6%	24.8	55.5	81.5	97.5	—	—	—
7%	30.0	63.7	89.5	—	—	—	—

* (—)部分は、測定できなかった。

考察

① 分解触媒

分解触媒としてよく知られているものに酸化マンガン(IV)があるが、固体なので不均一反応になる。なるべく均一反応になるように硫酸銅(II)溶液、塩化鉄(III)溶液を用いた。

② 温度が反応速度におよぼす影響

	反応時間	発生体積	反応速度 ml/sec
30℃	150sec	19.0ml	0.127 (0.127)
35℃	180sec	40.0ml	0.222 (0.222)
40℃	150sec	56.7ml	0.378 (0.381)
45℃	60sec	40.0ml	0.667 (0.655)
50℃	60sec	67.3ml	1.138 (1.143)

一般に反応速度は、温度が10℃上昇すると2~3倍になるといわれている。表中の()内の数値は、30℃のときの反応速度を基準とし、

$$V_x = V_{30} \times 3^{x/30}$$

の計算式に代入した数値である。

これによると過酸化水素の分解速度は温度が10℃上昇すると約3倍になる。

③ 濃度が反応速度におよぼす影響

	反応時間	発生体積	反応速度 ml/sec
1%	180sec	13.6ml	0.076 (0.076)
2%	120sec	14.7ml	0.125 (0.152)
3%	180sec	38.7ml	0.215 (0.228)
4%	120sec	35.3ml	0.294 (0.304)
5%	120sec	44.2ml	0.368 (0.380)
6%	180sec	81.5ml	0.441 (0.456)
7%	120sec	63.7ml	0.531 (0.532)

表中の()内の数値は1%の反応速度を基準とし、一次反応とした計算値である。

実験結果から、過酸化水素分解反応は一次反応であると推定できる。

留意事項

過酸化水素分解反応で反応初期の分解速度が遅いことを考慮に入れること。

溶液として用いることのできる分解触媒には、水酸化ナトリウム溶液もある。水酸化ナトリウム溶液を触媒とする場合、1mol/L付近で極大の反応速度を示し、触媒効果に最適濃度が存在すると推定される。

(3) 教室内の二酸化炭素

目的

大気中の二酸化炭素の増加が社会問題となっている。また、校舎の不燃化から気密度の高い教室での授業が行われている。当然のことながら教室内の二酸化炭素量は、授業の始めと終わりでは異なっているはずである。これを実験的に検証するのが目的である。

実験

容積を正確に量った三角フラスコ(1 L)に水を満たし、測定場所で水をあけ空気を満たす。

試料を入れた三角フラスコに0.005M水酸化バリウム溶液を一定量(25ml)加え、フェノールフタレインを指示薬として過剰の水酸化バリウムを0.02M 塩酸で滴定する。

実験結果

測定結果を標準状態に換算し、二酸化炭素量を体積百分率にした。

① 夏期間の二酸化炭素量%(ブロック建築)

	始業前	2校時	4校時	6校時
5/23	0.046	0.222	0.103	0.170
6/27	0.030	0.071	0.098	0.083
6/28	0.046	0.034	0.044	0.040
7/ 1	0.033	0.109	0.151	—
7/ 3	0.030	0.158	0.118	0.177
7/ 4	0.032	0.178	0.093	0.112
7/ 8	0.031	0.068	0.051	0.030

水の深さと圧力の関係を調べる実験の工夫

榎 棒 光 一

* 一部分は授業がなかった。

② 冬期間の二酸化炭素量%(ブロック建築)

	始業前	2校時	4校時	6校時
12/ 4	0.049	0.297	0.240	0.295
12/ 7	0.054	0.212	0.268	0.213
12/14	0.061	0.278	0.197	0.257
12/18	0.055	0.278	0.241	0.211
2/15	0.035	0.216	0.224	0.177
2/19	0.034	0.203	0.211	0.235
2/22	0.060	0.203	0.124	0.125

①, ②は、気密度の高い教室での測定結果である。

③ 夏期間の二酸化炭素量%(木造建築)

	始業前	2校時	4校時	6校時
5/21	0.040	0.141	0.053	0.191
6/20	0.038	0.052	0.060	0.052
6/25	0.039	0.063	0.052	0.044
6/27	0.030	0.073	0.055	0.034
6/28	0.030	0.035	0.042	0.034
7/ 2	0.030	0.039	0.044	0.038
7/ 4	0.030	0.047	0.074	0.041

④ 冬期間の二酸化炭素量%(木造建築)

	始業前	2校時	4校時	6校時
11/30	0.040	0.190	0.099	—
12/ 4	0.039	0.150	0.069	0.195
12/18	0.038	0.110	0.123	0.101
2/13	0.047	0.124	0.128	—
2/16	0.037	0.133	0.116	—
2/20	0.037	0.130	0.138	0.149
2/27	0.037	0.101	0.107	0.074

* 一部分は授業がなかった。

③, ④は、気密度の低い教室での測定結果である。

考 察

気密性の高いブロック建築で、始業前の二酸化炭素の含有量は、夏期で0.03~0.05%であったものが、冬期には0.06%を超える値を示し、授業が行われた後では、夏期では5月23日第2校時の0.22%を例外とすれば、0.2%を下回っていたのに対し、冬期では0.30%にもなっていた。

た。

一方、気密性の低い木造建築の教室では、夏期・冬期とも始業前では差が認められず、また、授業後の測定値も0.2%を超えることはなかった。

最近の校舎の気密性を考慮すると、授業途中での換気が授業効率を上げる上からも必要と思われる。

留意事項

二酸化炭素吸収に用いる水酸化バリウムの濃度は、検定した後、空気中の二酸化炭素が溶解しないような装置に保存し、ビュレットも連続操作が可能なものにする必要がある。

ガス検知器による測定は簡便であるが、逆滴定を利用した本方法は、中和の理論を学習する上で有効な手段である。

3 課題研究指導の留意事項

課題研究を指導するに当たって、次の諸点に留意したい。

- ・ 知識を求め、理解しようとする態度
- ・ 知識の不完全さを知り、疑いを追究する態度
- ・ 偏見をもたず、自説に固執しない態度
- ・ 証拠に基づいて、理論を検証しようとする態度
- ・ 理論性を尊ぶ態度
- ・ 証拠が不十分なとき、判定を保留する態度
- ・ 真実を追究しようとする態度
- ・ 数量化を尊重し、蓋然性を容認する態度
- ・ 自然の事象に対する興味・関心

生徒の観察力には、しばしば素晴らしいもののあることを心に止めておきたい。特に、少ない実験例から簡単に結論をだす誤りには、気を配りたいものである。予備実験、検証実験を繰り返すことが、誤りを防ぐ近道である。

参考文献

藤目清一郎監修 那須淑子編集

PAC化学 part 2

富士書院(1985)

(みやした まさのり 事業課長)

1 はじめに

中学校学習指導要領理科第1分野(2)ウ圧力では、圧力の考え方(定義)と伝わり方、水面からの深さと水の圧力、水中の物体にはたらく力を学習することになっている。水面からの深さと水の圧力は、水中の物体にはたらく力(浮力、力のつりあい)の学習の基礎であり、観察、実験を通して定量的な理解が重視されている。この実験は、従来から下記の実験方法で実施されることが多い(図1)。

しかし、この方法には、操作上の難しさがあり、実験結果もあまりよい結果を得にくいので、生徒が実験するときのしやすさを第1のねらいとして、2・3の点について改善を試みたので、その結果について報告する。

2 従来の実験方法

従来の実験方法は、次に示す通りである。

- (1) ものさしを円筒(アクリル製)の下端に合わせて輪ゴムで取り付ける。
- (2) 円筒の下端に底板(アクリル板)をあてておもりを入れ、円筒内に水が入らないように底板を手で押え、適当な深さまで沈めたのち、底板を押さえていた手を離す(図1)。

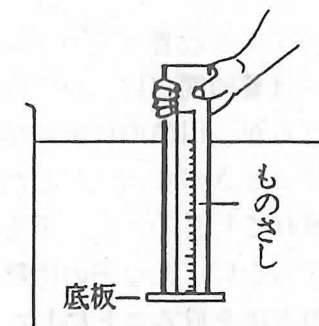


図1 従来の実験装置

- (3) そののち、手で円筒を静かに引き上げ、底板が離れたときの水面から円筒の下端までの深さを読み取る。

この実験方法は、水の深さと水が底板に及ぼす圧力(全圧力)との関係が直接的・原理的で、生徒にとって分かりやすいと思われる。

しかし、実験方法上、次に示すような困難点がある。

(1) 操作上の困難点

- ・ 円筒を静かに垂直に手で引き上げること(困難点①)。
- ・ 底板が離れたときの水面から円筒の下端までの深さを読み取ること(水中で底板が離れたときに、ものさしで水面のめもりを読む)(困難点②)。

(2) 装置の構造上の困難点

- ・ 底板の中央におもりを置き、おもりの重さを底板全体に、均一に作用させること(困難点③)。
- ・ 円筒を引き上げる途中で、水が円筒内に染み込んで、本来であればまだ離れない深さのところまで底板がしばしば離れること(困難点④)。
- ・ 円筒を引き上げる時、底板の円筒より外側に出ている部分が水の抵抗を受けて離れ易いこと(困難点⑤)。

3 実験方法の工夫と改善(その1)

これらの困難点を改善するために、次の方法を取ることにした。

- (1) スタンドの自在はさみで円筒を鉛直に支え、自在はさみをスタンドの支柱に沿って上下させる(対策 困難点①、②)。
- (2) 円筒と底板の接触面を研磨し平滑性を高める(対策 困難点⑤)。

- (3) 底板を円筒の外径と同じ大きさの円板にする(対策 困難点④)。
- (4) 底板の中心に針金を立てて固定し、針金を通る穴を開けたおもりを用いる(困難点③)。

実験1 底板とおもりを工夫した実験方法 準備

円筒(アクリル製 内径34mm 断面積9.1cm² 長さ23cm 外壁にTPシート製のものをさしを張り付ける)、底板(アクリル製 直径が円筒の外径と等しく厚さ2mmの円板 中央に太さ2mm長さ10cm程の針金を固定したもの 図2)、おもり(18.5g重 数個)、水槽、スタンド

- 方法
- (1) 円筒を自在はさみで鉛直に支える。
- (2) 底板の針金におもり1個を通し、円筒の下端にあて水が入らないように底板を手で押え、適当な深さまで沈めたのち、底板を押さえていた手を離す(図3)。

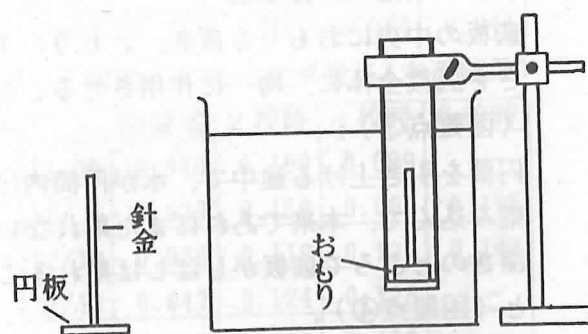


図2 底板

図3 実験1の装置

- (3) 自在はさみをスタンドの支柱に沿って上げ、底板が円筒から離れたとき固定する。
- (4) 水面から底板の下面までの深さを測定する。
- (5) おもりの数を変えて同様に測定する。

結果と考察

実験結果の例は表1、図4の通りである。

この実験方法では円筒への水の侵入は避けられないが、手際よく実施すると図4に示すよう

に水面からの深さと水の圧力(全圧力)の間に比例関係があり、深さが1cm増すごとに圧力は1.0g重/cm²増すことが分かる。

表1 水面からの深さと水の圧力

底板とおもりの重さ [g重]	23.3	41.6	60.1
圧力 [g重/cm ²]	2.6	4.6	6.6
水面からの深さ [cm]	2.6	4.4	6.7
	78.4	96.8	115
	8.6	10.6	12.6
	8.4	10.5	12.4

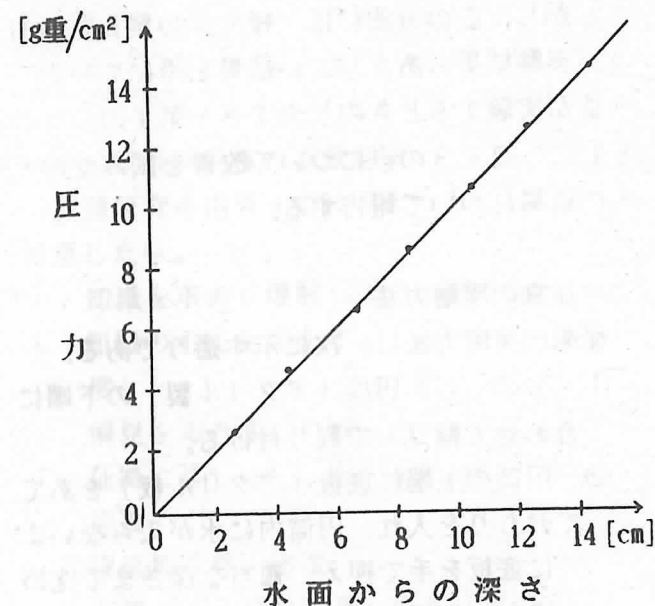


図4 水面からの深さと水の圧力

4 実験方法の工夫と改善(その2)

実験1の方法は量的関係については満足できる結果を得られるが、円筒内に水が染み込むこと、円筒を上げるときのちょっとした衝撃などで底板が突然離れてしまうこと、手を水の中に入れなければならないことなどの困難点があるのでさらに次の方法を取ることにした。

- (1) 円筒の下端に薄いゴム膜を伸び縮みしてない状態にして、輪ゴムとビニルテープ

で固定する(対策 困難点④、⑤)。

- (2) 底面の直径が円筒の内径とほぼ等しい筒(以下 中筒)の中におもりを入れて、ゴム膜面を加重する(対策 困難点③)。

実験2 ゴム膜と中筒を用いる方法

準備

円筒(実験1のもの)の下端にうすいゴム膜を付ける)、中筒(フィルムケースを利用し重さを20g重に調整した。直径3.1cm 断面積7.5cm² 図5)、おもり(20g重 数個)、水槽、スタンド

方法

- (1) 円筒を自在はさみで鉛直に支える。
- (2) おもりを入れた中筒を円筒に入れ、自在はさみを支柱に沿って下げ、円筒を適当な深さまで水中に沈める。
- (3) ゴム膜面が円筒の下端と一致したところで、自在はさみをスタンドに固定する(図6)。
- (4) 水面から円筒の下端までの深さを測定する。

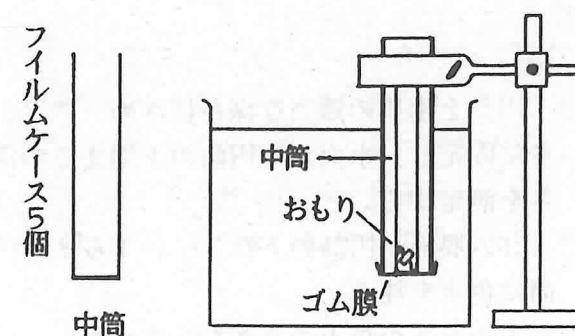


図5 中筒

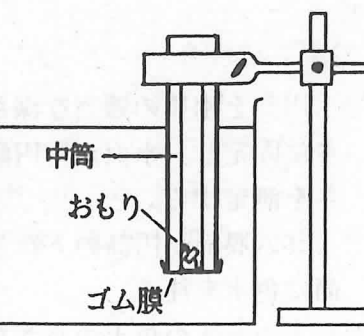


図6 実験2の装置

- (5) おもりの数を変えて同様に測定する。
- (6) 中筒とおもりの重さを、圧力に換算する。

結果と考察

実験結果の例は、表2、図7のグラフ①の通りである。

表2 水面からの深さと水の圧力

中筒とおもりの重さ [g重]	20	40	60
圧力 [g重/cm ²]	2.2	4.4	6.6
水面からの深さ [cm]	2.5	5.2	7.9
	80	100	120
	8.8	11.0	13.2
	10.6	13.1	15.6

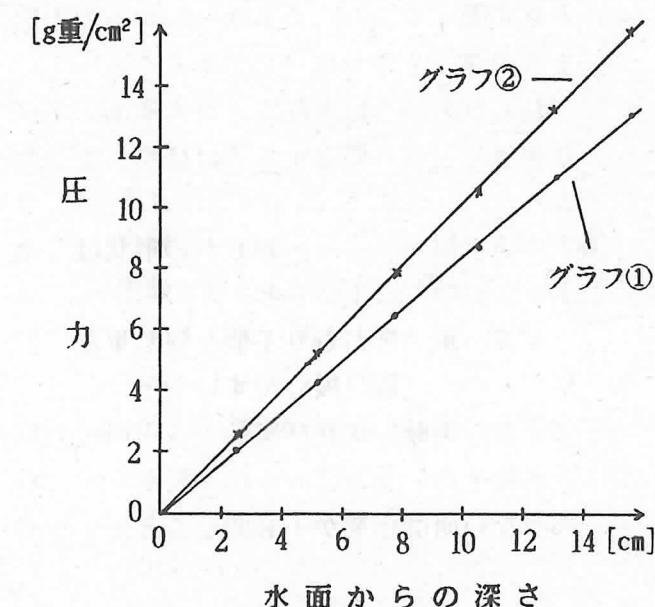


図7 水面からの深さと水の圧力

この実験方法でも、水面からの深さと水の圧力(全圧力)との間に比例関係があることが、グラフ①から分かる。また、深さが1cm増すごとに増す圧力は0.85g重/cm²で、理論値よりやや小さ目である。このことは、中筒とおもりの重さを圧力に換算するとき、中筒の底面積を用いず円筒の断面積を用いたためと考えられる。圧力について、中筒の底面積(7.5cm²)を用いて補正すると図7のグラフ②となり、深さが1cm増すごとに圧力は1.0g重/cm²増すことになる。授業においてこの補正の取り扱い、生徒の実態に応じて考慮するとよい。これらのこと

からこの実験方法は、水面からの深さと水の圧力（全圧力）が比例することを定性的に確認する実験として取り上げるのがよいと考える。

この実験方法の、生徒が実験するときのしやすさの面における改善点は次の通りである。

- (1) 円筒の下端をゴム膜で覆い中に水が入らないようにし、ゴム膜の様子で圧力のつり合いの状態を観察するようにしたので、円筒の沈める深さをゆっくりと調整できること。
- (2) 円筒をスタンドの支柱に沿って鉛直に上下させ固定するので、水面から円筒の下端までの深さを容易に測定できること。
- (3) おもりを中筒に入れて、ゴム膜面にかかる加重を、ゴム膜面全体にほぼ均一化したこと。
- (4) 中筒を用いるので、おもりの形状はどのようなものでもよいこと。
- (5) 中筒の重さをおもり1個と同じ重さに調整したので、取り扱いやすいこと。
- (6) 従来の実験方法及び実験1（円筒の下端に底板をあてる方法）では、欠かすことができない研磨作業が不必要なこと。

5 装置の活用法の工夫

実験2の装置を用いてさらに現象の観察に伴う感動や、現象に直接働きかけ、体感による理解をねらいとした実験例を次に示す。

実験3 押しばねはかりによる方法

実験2の円筒を用い、おもりの代わりに手に持った押しばねはかりで力を加え、ゴム膜面を円筒の下端と一致させたときの力を読み取る。この実験方法の主なねらいは、水面からの深さと水の圧力（全圧力）の大きさとその変化の様子を体感させることである。

準備

実験2の円筒、水槽、スタンド、押しばねはかり（押し棒の先端に、円筒の内径にほぼ等し

いアクリル製円板を付けたもの）

方法

- (1) 円筒を水槽の適当な深さに沈め、スタンドに固定し、水面から円筒の下端までの深さを測定する。
- (2) ゴム膜面が円筒の下端と一致するまで押しばねはかりで力を加え、そのときの力の大きさを十分感得する。
- (3) そのときの押しばねはかりのめもりを読む。
- (4) 円筒を沈める深さを変えて、同様に行う。

結果と考察

この実験方法によって、水面からの深さが深くなると水の圧力（全圧力）が大きくなることが十分感得できる。

実験4 円筒内に色水を注ぐ方法

実験2の円筒に色水を注いで、ゴム膜面を円筒の下端と一致させ、そのとき注いだ色水の深さを測定し、水面から円筒の下端までの深さと比較する。

準備

実験2の円筒、水槽、スタンド、ビーカー、色水

方法

- (1) 円筒を水槽の適当な深さに沈め、スタンドに固定し、水面から円筒の下端までの深さを測定する。
- (2) ゴム膜面が円筒の下端と一致するまで円筒に色水を注ぐ。
- (3) そのときの色水の深さを測定する。
- (4) 円筒を沈める深さを変えて、同様に測定する。
- (5) 水面から円筒の下端までの深さと色水の深さを比較する。

結果と考察

実験結果の例は表3の通りである。

表3 水面から円筒の下端までの深さと色水の深さ

水面から円筒の下端までの深さ[cm]				2.0	4.0	
色水の高さ				[cm]	1.9	4.0
	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0	
	6.0	8.0	10.0	12.0	13.9	

水面から円筒の下端までの深さと色水の深さは、それぞれの場合で等しいことが分かる。このことから、水がゴム膜面に及ぼす圧力（全圧力）が、ゴム膜面より上にある色水を支えていることの理解へ導くことができる。この考え方を発展させると、円柱や角柱などの物体に働く浮力（アルキメデスの原理）の理解を演えき的に進めることができる。

6 まとめ

ここで例示した各実験の特徴は、次の通りである。

- (1) 実験1の方法は、手際よさが要求されるが、実験結果は定量的にもよい結果が得られる。
- (2) 実験2の方法は、つり合いの位置を見定めるのに慣れが必要であるが、ゆっくりと操作でき、水面からの深さと水の圧力（全圧力）が比例することを確かめる定性的な実験として、よい結果を得ることができる。

(3) 実験3の方法は、体感による理解がねらいである。

(4) 実験4は、静止液体中の圧力の生じ方についての理解に役立つものと考えられる。

また、実験4のねらいと同じような内容の実験として、円筒の下端に底板をあて、水槽の中に適当な深さまで沈めて固定し、円筒内に水を注ぎその高さが水槽の水面と一致したときに底板が離れる様子を観察させる方法（参考文献）が紹介されている。この実験方法も難しいところはなく、水位が同じになったとき底板が離れる様子は、大変感動的で教育的効果は高いものである。

以上のことから本題材を授業で展開するときには、

- (1) 参考文献の実験の観察
- (2) 実験3の体を使っての感得
- (3) 実験1による定量的な理解、あるいは実験2による定性的な理解
- (4) 実験4から浮力の推定

などを、生徒の実態に応じて適宜取り上げるとよいと考える。

参考文献

田辺綱雄（1960年）：理科実験詳解事典 P.76 学芸出版社

（かしぼう こういち 物理研究室長）

電磁気の応用の工夫 — スピーカー作りを通して —

中里 勝平

1 はじめに

現行の小学校学習指導要領理科第6学年「電磁石」では、電磁石の特徴やはたらきについて、原理的なことを理解させることをねらっている。また、この学習内容は、中学校第1分野（4）電流、（6）運動とエネルギーの学習につながっている。

これらの学習の活動例として、モーターや電鈴の製作活動などを挙げることができるが、児童・生徒の身の回りには、それ以外にも、興味、関心の持てる色々なものが考えられる。

そこで、児童・生徒が、スピーカーの製作活動を通じ、電流と磁界との相互作用について、より理解を深められるようスピーカーの原理や仕組み、及び製作するうえで工夫できる点などを、児童・生徒の視点に立って述べる。

2 スピーカーの原理と仕組み

永久磁石の様な磁界と電磁石を組み合わせれば、電流を音に変えることができる。その原理的なことを発展的に学習できる方法を述べる。

A 基本的な仕組み（その1）

ねらい

磁界の中で、スピーカーのボイスコイルが振動する原理や仕組みを調べる。

準備

単巻き可変変圧器、すべり抵抗器、U字形磁石、ビーカー（100 cc）、エナメル線（直径0.35mm）、厚紙、セロテープ、リード線

方法

- （1）ビーカーの回りに、エナメル線を軽く30回巻き、ビーカーを抜いてコイルを作る。コイルの数箇所を短く切ったセロテープで留める。

- （2）作ったコイルを厚紙の上に載せ、その中にU字形磁石の一方の磁極を通す。コイルを、すべり抵抗器を通して単巻き可変変圧器につなぐ。
- （3）すべり抵抗器を調節し、コイルが上下に振動して、厚紙が次第に大きい音を立てるようにする。
- （4）交流電圧を50～80V（ボルト）で調節する。

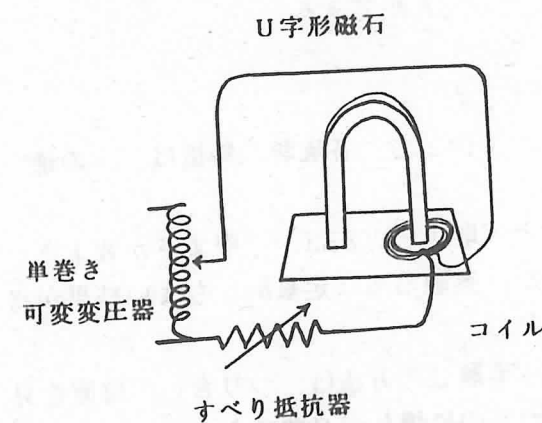


図1 スピーカーの原理

結果と考察

- （1）コイルから磁石を遠ざけると、コイルは振動しなくなる。磁石を固定して、コイルを遠ざける場合も同じ現象になる。
- （2）すべり抵抗器を使って電流を大きくすると、振動は大きくなり、音も大きくなる。
- （3）振動音は、同じ間隔で生ずる。
- （4）特に、コイルから厚紙を取り外して、実験すると、振動音は非常に小さくなる。
- （5）振動音を生じさせるためには、コイル、磁石、振動板（体）の3つの要素が必要である。

B 基本的な仕組み（その2）

ねらい

電流の種類やコイルの巻き数の違いにより音の生ずる様子を、系統的、段階的に調べる。

準備

蓄電池、単巻き可変変圧器、ラジオ、すべり抵抗器、円形フェライト磁石（直径30mm）、コイル（直径0.35mm、10回巻、30回巻、60回巻）セロテープ、木片、スタンド、厚紙、リード線

方法

- （1）蓄電池とコイル、すべり抵抗器を図2のように連結し、コイルに円形フェライト磁石をゆっくり近付ける。
- （2）コイルを10回、30回、60回巻きに変えたときの振動の仕方の違いをみる。
- （3）蓄電池の電極+、-や磁石の向きを変えたときの振動の仕方の違いをみる。
- （4）同じ要領で、単巻き可変変圧器、ラジオに変えて連結し、振動の仕方の違いをみる。

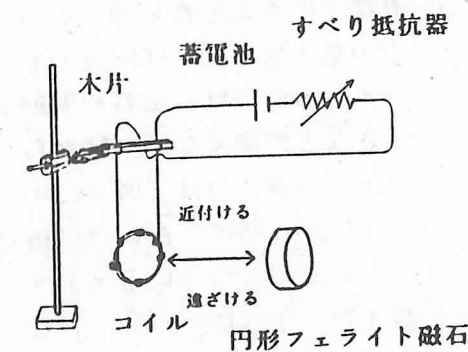


図2 コイルと磁石による振動

- （5）コイルをセロテープで厚紙に固定して、方法（1）～（4）の順に、同様の実験を行う。

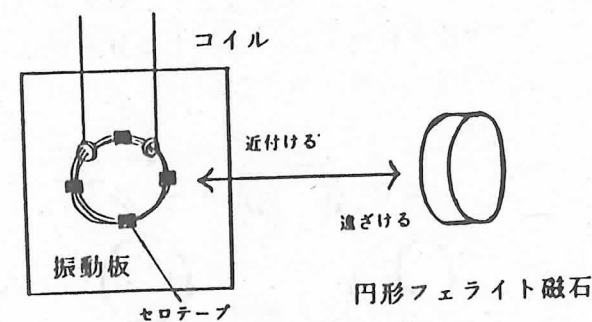


図3 振動と音

結果

- （1）電流の種類と巻き数による振動の仕方の違いは、次の表の通りである。

電流の種類	振動の仕方の違い
直 流 (蓄電池)	・磁石の向きを固定して電流を流すと、コイルは磁石に引き付けられか、反撥するかのどちらかで、振動はしない。 ・電流の向き、または磁石の向きを変えると、上とは逆の結果となる。 ・コイルの巻き数の多い方が、強い力を受ける。
交 流 (単巻き可変変圧器)	・磁石の向きを固定して電流を流すと、コイルは磁石に引き付けられたり、反撥したり交互に向きを変えて規則正しく振動する。 ・電流の向き、または磁石の向きを変えても、上の結果と同じく振動する。 ・コイルの巻き数の多い方が、強く振動する。
音声電流 (ラジオ)	・磁石の向きを固定して電流を流すと、コイルは磁石に引き付けられたり、反撥したりして、不規則に振動する。 ・電流の向き、または磁石の向きを変えても、上の結果と同じく振動する。 ・コイルの巻き数の多い方が、強く振動する。

- （2）コイルを厚紙に固定したときの振動の様子は、次の表の通りである。

電流の種類	振動の様子と音
直 流	・振動も音も生じない。
交 流	・規則正しく振動し、聞き取れる振動音が生ずる。
音声電流	・不規則に振動し、聞き取れる音が生ずる。

考察

(1) 音が生ずるメカニズムを考えると、「磁界中のコイルに電流が流れることによって、電流（コイル）は磁界から力（ローレンツ力）を受ける。」ことにより、振動が起こり、音を生ずる。

力→→→振動→→→音

- (2) 電流に忠実な音を得るためには、強い磁界の中に振動板を付けたコイルを置き、そのコイルに電流を流すとよい。これを能率よく忠実に果たすための装置がスピーカーである。
- (3) コイルに円形フェライト磁石を近付けることは、コイルを流れている電流が磁界から強い力を受けることになる。したがって、逆に遠ざけることは、磁界から受ける力を弱めることになるので、振動が小さくなる。
- (4) 磁石の種類を変えても、基本的には同じような現象がみられる。
- (5) スピーカーとしての機能を果たすためには、コイル、磁石、振動板（体）の3つの要素が必要である。

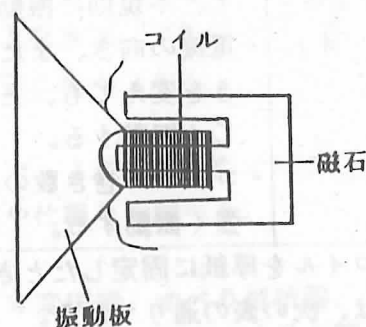


図4 コイルと磁石と振動板

(6) 児童・生徒に、スピーカーから音が生ずるメカニズムを理解させるためには、児童・生徒の実態に合わせ、分かりやすく学習のステップを工夫することが大切である。

3 スピーカーを製作するに当たって工夫できる事項

A コイルの作り方

- (1) 児童・生徒が作るのであれば、エナメル線が適している。
- (2) 入手できるエナメル線の直径は、0.18mm～0.6mm であるが、エナメル線の細いほど電力感度が大きいので、製作技術のレベルに応じて細いエナメル線を使うとよい。
- (3) 音を強くするために、コイルの巻き数を多くすると、コイルに働く力も大きくなるが、振動板とコイルの質量が増大し、音質の良い音を生じにくくなるので、巻き数を極端に多くはできない。
- (4) コイルのインピーダンスは巻き数に比例するので、ラジオ（アンプ）の出力インピーダンスを考慮に入れて、エナメル線の太さと巻き数を決めることが望ましい。
- (5) 直接耳にあてて音を聞くのであれば、コイルの巻き数は10～50回位でもよい。
- (6) コイルの直径は、磁石や振動板の形状、大きさなどで変えなければならない。
- (7) コイルの巻き方は、図5に示す要領で行うとよいが、特に、次の点に留意する。

- ① コイルになっているエナメル線部分が緩まないようにセロテープなどできちんと留める。
- ② コイルの両端部分の端子（リード線）は、50cm位取る。
- ③ コイルから端子（リード線）を出すとき、コイルに端子（リード線）を2～3回巻き付けると、コイル部分も緩まないで安定し扱いやすい。

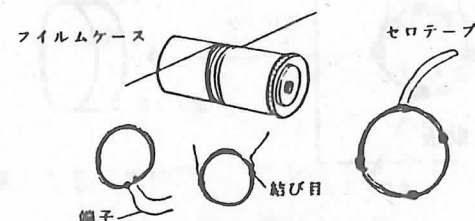


図5 コイルの作り方

B 磁石の選択と取り付け方

(1) 磁石の選択

- ① スピーカーの大きさによっても違うが、児童・生徒が扱うのであれば、小型で強力な磁石がよい。例えば、円形フェライト磁石、リング形フェライト磁石、希土類（RE）磁石、ネオジム磁石などがある。
- ② 磁石の値段や形状から考えると、円形フェライト磁石が適当である。
- ③ スピーカーの大きさや形状によっては、アルニコ磁石やU字形磁石も使える。
- ④ コイルの質量より磁石の質量の多い方が音を弱めなくてよい。
- ⑤ 磁石の磁力を強めることは、強い音を得られる。同形のフェライト磁石を数個重ねて使用することも効果的である。

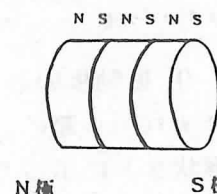


図6 磁力の強化と質量の増大

(2) 取り付け方

- ① コイルと磁石を、同一の振動板に留める。

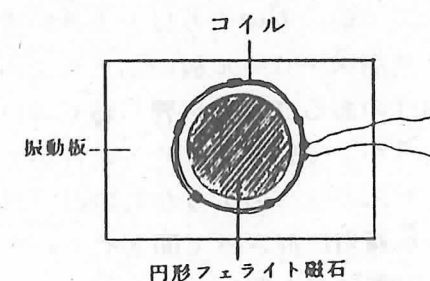


図7 取り付け方

- ・ コイルと振動板だけが振動するわけではなく、磁石も一緒に振動することになるので、コイルの巻き数が少なかったり電流が弱かったりすれば、振動部分の質量が増え、音が弱くなる。

- ・ 振動板にある程度硬さがないと音がでない。
- ・ 両面接着テープできちんと留める。
- ② コイルと磁石をそれぞれ振動板と固定板に留める。

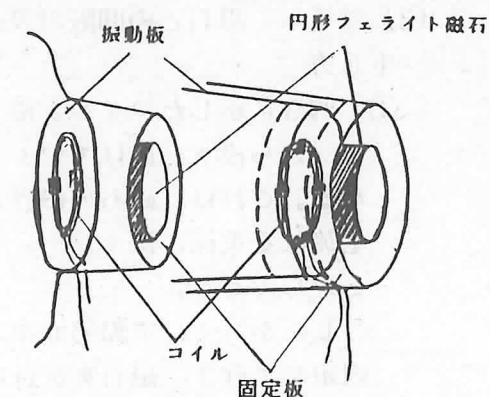


図8 取り付け方

- ・ コイルによる振動は振動板を通して伝わるが、磁石の振動の影響もでる。
- ・ 図8のように、振動板と固定板とが途中でつながっているものやコップを重ねたような二重構造のものなどがある。二重構造の方が響きやすい。
- ・ 二重構造の場合は、振動板と固定板がきちんと接触するように作らないと、効果がでない。
- ③ ②とは逆に、コイルと磁石をそれぞれ固定板と振動板に留める。

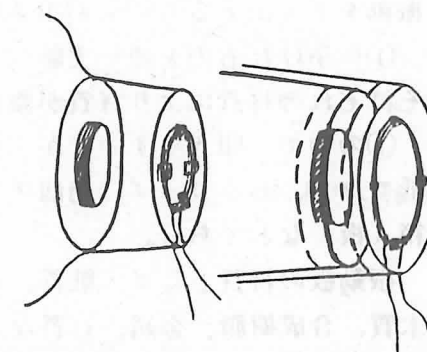


図9 取り付け方

- ・ 図9の左図の場合は、②と大差はない。右図の場合は、振動板が外側にあるので手で持ったりすると、若干音声吸収されることがある。

- ・ 固定板の方も振動するので、作り方によっては、余り差はない。

(3) コイルと磁石との間隔の違いによる音の生じ方

- ① 図3に示したコイルと磁石との間隔を0cmから段々と広げていくと、音が弱くなる。これは、磁石の磁界からのコイルを流れる電流に働くローレンツ力が弱まるからである。

したがって、実際場面では、コイルを固定して置き、磁石を近付けたり遠ざけたりして聞きやすい位置を選ぶとよい。

- ② 同じ間隔でも、コイルの巻き数の多少や磁石の強弱によっても、音量が変わる。

C 振動板(体)の選択と形状

(1) 振動板(体)の選択

- ① 児童・生徒の身の回りにあるものの中から振動板を選ぶとすれば、次のものが考えられる。
 - ・ 紙コップ ・ めんカップ ・ サーモカップ ・ プラスチックカップ ・ 発泡スチロール箱 ・ 発泡スチロール板 ・ 牛乳パック ・ 空き缶 ・ フィルムケース ・ アクリル板(箱) ・ 段ボール箱 ・ ガラス板 ・ 厚さの薄い木箱など
- ② ①のような既製のものばかりではなく振動をよく伝えるものを利用すればよい。
- ③ ①に挙げたものを使い実験してみると、それぞれの材質により音質が微妙に違う。
- ④ ①の中で、聞きやすい音がでるのは、紙コップ、めんカップ、発泡スチロール箱(板)などである。
- ⑤ 振動板の材質として、紙質、ガラス質、木質、合成樹脂、金属、石質など色々なものがあるが、その材質の構造によって、音質や音の伝わり方が微妙に違う。

(2) 振動板(体)の形状

- ① 振動板として、児童・生徒がよく使う紙コップを、1個使っても音声を開くことができるが、図10のように2個の紙コップを重ねて使うと、響きをよくすることができる。この際、2個の紙コップがきちんと密着していることが、大切である。また、形状がラッパ形であるので、主にその方向に音が伝わる。しかし、音量を上げ過ぎると、音が割れる。

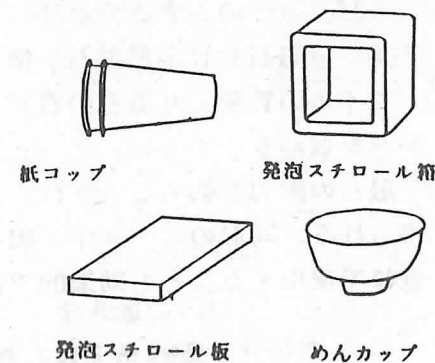


図10 振動板の形状例

- ② 発泡スチロール箱のようなものは、大きさや形状などによって音質が変わる。高音は指向性があるので、10cm四方位の大きさのものは、高めの音が響く。30~40cm四方位の大きさになると、高音より低音の影響がみられ、音は柔らかい感じの響きになる。箱の中で共鳴するので他のものよりは、大きい音がでる。
- ③ 発泡スチロール板のようなものは、指向性のある高音の影響がわりあい少なく、低音がよく響き聞きやすい音がでる。
- ④ めんカップのようなものは、高音と低音が適当に混ざって聞きやすい音がでる。
- ⑤ 実際に音を聞いてみると、同じ材質であっても振動板の形状や重さ、口径によって音質や音量に違いがみられる。

したがって、スピーカーを作るうえで、必要なコイル、磁石、振動板についての実際的な点を幾つかふれたが、これらの条件を考慮に入れる必要である。

4 スピーカーの製作

ねらい

スピーカーの仕組みや工夫できる事項を参考にして、初歩的なスピーカーを中心にして製作する。

◎ コップスピーカー(二重式)

準備

フェライト磁石(直径25mm 3個)、エナメル線(直径0.3mm 6m10cm 1本)、紙コップ(2個)、両面接着テープ、セロテープ、紙やすり、はさみ、カッター、千枚通し、作業板、プラグ付きみのむしクリップコード、ラジオ、単一乾電池(1個)

方法

- (1) 図11のように、エナメル線を単一乾電池に50回巻いてコイルを作る。
- (2) コイルの部分をセロテープなどで固定し、コイルの端子(リード線)を50cm以上とる。
- (3) コイルの先端のエナメルを紙やすりでよく磨く。
- (4) 図11のように、コイルを紙コップの外底(または内底)に、両面接着テープできちんと貼り付ける。
- (5) フェライト磁石をもう1個の紙コップの外底(または内底)に、両面接着テープできちんと貼り付ける。

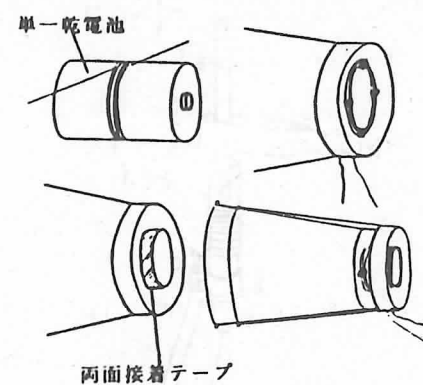


図11 コップスピーカーの作り方

- (6) コイルを貼り付けた紙コップをもう1個の紙コップの中に入れて重ねる。

- (7) 外側の紙コップに千枚通しで穴を開け、コイルの端子を外にだす。
- (8) 2個の紙コップがきちんと重なるようにして、固定する。

活用法

- (1) コップスピーカーと連結したプラグをラジオのジャックに差し込み、コップスピーカーから音がでるか確かめる。
- (2) コップスピーカーを複数個作り、それを直列や並列に連結すれば、スピーカーの効果的な利用の仕方でも工夫できる。
- (3) 2個のコップスピーカーをつないで、お互いに話したり聞いたりすることができる。
- (4) 磁石の個数を変えたり、磁石を取り外して近付けたり遠ざけたりして、確かめることにより、電流と磁界の相互作用が分かる。
- (5) スピーカーを音を取り出すための装置としてばかりではなく、外部からの力や振動を電流に変換する仕組みを応用すればセンサーなどに利用できる。

5 おわりに

ここでは、スピーカーの仕組みやスピーカーを作るうえで工夫できる点、初歩的なスピーカーの作り方などについて、児童・生徒が学習するとき、理解しやすくするために、どのような実験や展開の仕方があるのかなどについて、例を挙げながら述べてきた。更に、理論的なことに深入りせずに、児童・生徒のアイデアとして生かされるものを中心に考えた。

参考文献

藤岡由夫 (1979) 物理実験事典 講談社

(なかざと しょうへい 物理研究室研究員)

等速円運動についての実験の工夫

一口 芳 勝

1 はじめに

高等学校物理の「力と運動」のなかで、円運動が取り上げられているが、生徒にとって理解しにくい単元の一つである。円運動するときには向心力が働いていることを実験を通して体験させることが必要である。

これまでに等速円運動を調べる方法として、円運動する液体の観察やゴム栓に糸をつけて振り回して円運動を調べる実験が行われているが、正しい測定結果を得ることは難しい。とはいえ、精度の高い定量実験を行うためには、装置の道具立てがおおがかりになり、条件制御に手間取り、実験を準備するのに長い時間を要する。

そこで、従来から行われている方法を改善し、 $F = m r \omega^2$ を比較的簡単に確かめられ、しかも、ある程度の精度が期待される実験の工夫を試みたので、ここに報告する。

2 中空円筒を使った簡易実験の改良

(1) 実験の方法

ア 準備するもの

肉厚のガラス管 (a、長さ20cm、外径0.9mm)、アクリル管 (b、長さ10cm、内径1.0mm、外径1.5mm)、ゴムホース用とめ金具 (c)、アクリル板 (d)、ビニルテープ (e)、油粘土、滑車、ゴム栓 (f、16g)、リング (g)、スタンド (h)、ナイロン糸 (i、3号)、綿糸 (j)、ワッシャー (k)、おもり (10g、5g)、クランプ、よりもどし金具、木板

上記 () の中のアルファベットは図1の記号に一致する。

イ 装置の組立

① 図1の様に、アクリル板を幅1cm、

長さ15cm程に切り取り、両端に2mm程の孔をあけ、ゴムホース用とめ金具を使ってアクリル管に取り付ける。(以後回転補助具と名付ける) このとき、回転補助具の腕が軸の回りに自由に回転することが必要である。

- ② ガラス管の端にビニルテープを巻き、ワッシャーを入れてから回転補助具をはめ込む。
- ③ 二つ実験台の間に厚手の木板を渡し、その上にスタンドをクランプで固定する。
- ④ 長さ150cm程のナイロン糸にゴム栓を付け、ゴム栓の重心から10cm間隔で60cmまで油性ペンで印をつける。
- ⑤ 次にナイロン糸を回転補助具の先の輪に通した後にガラス管に通し、スタンドに固定する。
- ⑥ 糸の途中によりもどし金具をつけ、滑車を経て糸の先におもりを下げる。

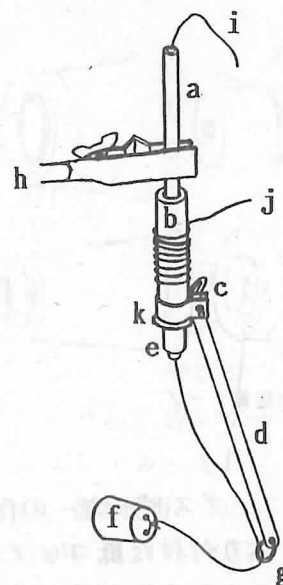


図1 回転補助具

ウ 測定方法

- ① おもりの重さを一定にして、円錐振子の糸の長さLを20cmから10cmおきに60cmの範囲まで変えて、回転の周期を測定する。このとき、ゴム栓が等速円運動をするように、綿糸を巻き付け、回転補助具を滑らかに回転させる。回転が均一になるのをみて、10回転の時間を計り、平均の周期を求める。
- ② 円錐振子の糸の長さLを一定 (50cm) にし、おもりの重さFを20gwから順次5gw (油粘土を秤量し、張り付ける) ずつ加えていき、回転の周期を測定する。

エ 測定の際の留意事項

- ① 円運動の最大半径を考慮して実験場所を確保し、回転補助具のガラス棒が鉛直になるように装置を組み立てる。
- ② ゴム栓を等速円運動させるためには回転補助具と振子が同じ速さになるように、予め巻き付けておいた綿糸をゆっくり手繰り寄せる。

(2) 測定値と結果の処理

ア おもりの重さを30gwにし、物体を等速円運動させたときの周期Tの測定値を表1に示す。

なお、表中の記号mはゴム栓の質量、Rは糸の張力で、向心力等の結果の処理においては、MKS単位を用いて計算する。

表1

L[cm]	20	30	40	50	60
T[s]	0.65	0.80	0.92	1.07	1.20
T ²	0.42	0.64	0.85	1.1	1.4
ω^2	94	62	46	36	28
$mL\omega^2$	0.30	0.30	0.29	0.29	0.27
R[N]	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29

イ 糸の長さLを50cmに保ち、物体を等速円運動させたときの周期の測定値を表2に示す。

結果の処理においてはMKS単位を用いて計算する。

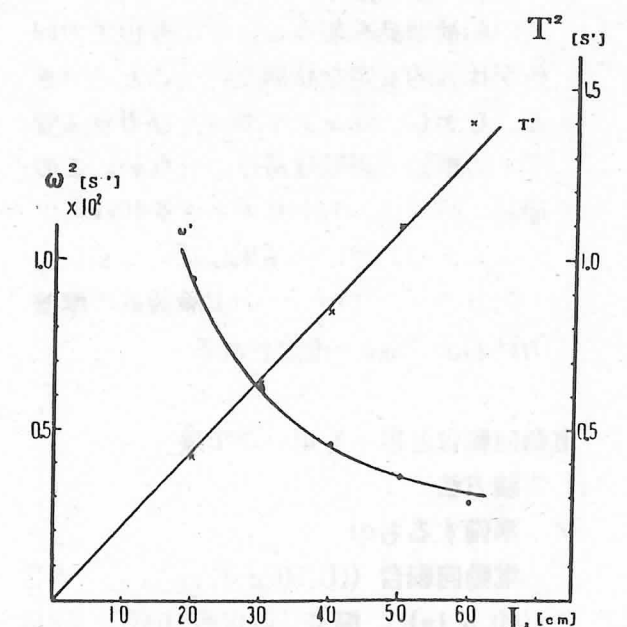
表2

F[gw]	20	25	30	35	40
T[s]	1.3	1.1	0.99	0.94	0.84
T ²	1.7	1.2	1.0	0.88	0.71
ω^2	23	33	40	45	57
$mL\omega^2$	0.18	0.26	0.32	0.36	0.46
R[N]	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39

(3) 考察

ア 理論的考察

質量mのゴム栓が円運動しているとき、それに働く力は、張力Rとゴム栓に働く重力の合力が向心力fになっているので、糸が鉛直線に対し θ の傾きを保っていたとすると、 $f = R \cdot \sin \theta$ で表される。

図2 ω^2 と円錐振子の糸の長さLとの関係

一方、等速円運動している物体には、円運動の半径を r とすると、 $m r \omega^2$ の向心力が働いている。円錐振子の糸の長さ L と r の関係は、 $r = L \cdot \sin \theta$ であるから、結局 $R = m L \omega^2$ が成り立つ。

上の表1と表2の結果を比較してみると、 R の値と $m L \omega^2$ の値は有効数字1桁ではほぼ一致する。

これらのことを考慮してグラフを描くと図2と図3のようになる。

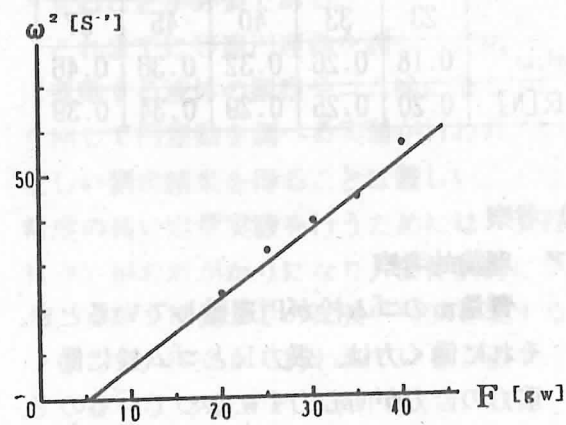


図3 ω^2 とおもりの重さ F との関係

イ 実験上の問題点

回転補助具を使うことにより振子の回転が比較的安定な状態で行うことができる。しかし、リングや滑車及びガラス管壁との摩擦の影響は避けられない。この簡易実験では、おもりの重さを40gw以上大きくすると測定の結果はばらつく。

図3のグラフからこの実験装置の摩擦力はおよそ5gwと推定される。

3 電動回転台と振子を用いた実験

(1) 実験方法

ア 準備するもの

電動回転台 (①、50cm、12V)、ものさし (③、D、1m)、振子、乾電池 (④)、豆電球、アクリル板 (②、B)、電源装置 (⑤) 黄銅ハタ金 (A、24cm)、金属球 (C)、ナ

イロン糸、アルミニウム管 (H)、バインダークリップ (E)、ビニルテープ、両面テープ、ネジ (F、3mm)、ワニグチクリップ付きリード線 (G)

上記 () の中の数字は図4と、7/17ページは図5の記号に一致する。

イ 装置の工夫

- ① 回転の状態では長さや角度を測ることは難しいので、まず、静止の状態では振子の位置 (回転台の中心から s の距離) を固定する。次に、回転の状態では振子の角度が分かるように、図4のようなスイッチ機構を作って、豆電球の消滅を観測して、等速円運動時の角度 θ を確定する。
- ② 振子はアルミニウム棒の部分とナイロン糸の部分から成り、アルミニウム棒の両端にはリングを取り付け、回転の自由度を持たせる。
- ③ アクリル板を10cm平方に切り取り、振子の中心に直径3mmの孔をあける。その中心を通る鉛直線から10度毎に50度まで同じ大きさの孔をあける。

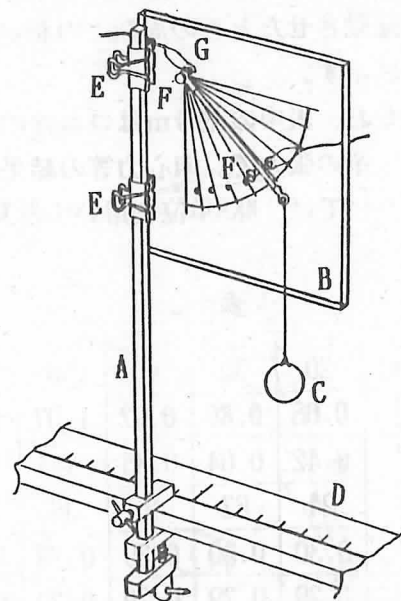


図4 スイッチ機構のついたパネル装置

- ④ 中心の孔にネジを差込み振子をつける。パネルの裏面に出たネジの先をリード線のワニグチクリップで挟む。

ウ 測定方法

- ① 電動回転台の中心を決め、物差しと乾電池を両面テープとビニルテープで張り付ける。
- ② パネル装置を物差しに固定し、振子を鉛直線に下げ、金属球の重心の位置 (回転台の中心からの距離 s) を読み取る。
- ③ 所定の角度のところにネジを差込み、振子のアルミニウムの部分をそれに掛ける。
- ④ 図5の様に、乾電池と豆電球を直列に結び回路をつくり、豆電球を点灯させる。回転台は、駆動部の電源端子に電源装置から直流を供給し、回転させる。回転の速さはダイヤルによって調節する。

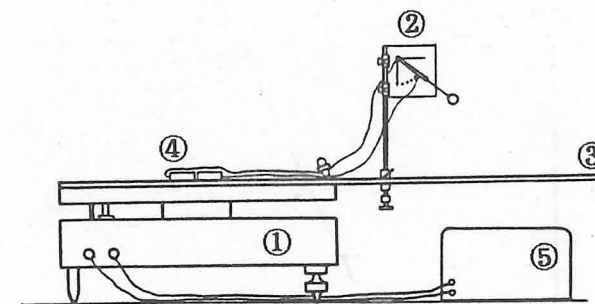


図5 電動回転台を用いた装置の概要

- ⑤ 回転すると振子は外側に離れ、ある一定の回転速度になると、豆電球は消える。
- ⑥ 豆電球が点滅する状態で回転台の10回の周期をストップウォッチを使って測定する。

(2) 測定値と結果の処理

ア 金属球の位置 s と振子の角度 θ をともに変えて実験したときの周期の測定値を次の表3にトリックスにして示す。

表3

s	θ	10°	20°	30°	40°	50°
40cm		2.64	1.98	1.61	1.38	1.18
50cm		3.13	2.21	1.81	1.54	1.33
60cm		3.33	2.45	1.98	1.70	1.44
70cm		3.73	2.62	2.13	1.79	1.53
80cm		3.96	2.79	2.26	1.94	1.64

イ 上の表の金属球の位置 s と振子の角度 θ との関係から、同じ角度のとき、つまり向心力が一定のときの球の円運動の周期と半径の数値を取り出し、その関係を調べてみる。向心力などの結果の処理においてはMKS単位を用いて計算する。

なお、円運動の回転半径 r は、パネル装置を物差しに固定し、振子を鉛直線に下げたときの金属球の重心の位置 s に、振子の水平成分を加えた長さになる。振子の水平成分は振子の長さを L とすると、 $L \cdot \sin \theta$ で与えられるから、円運動の半径は $r = s + L \cdot \sin \theta$ から求められる。ここで振子の長さ L は14.7cmである。

① θ が10度のとき

表4

r [cm]	32.6	42.6	52.6	62.6	72.6
T [s]	2.64	3.13	3.33	3.73	3.96
T^2	7.0	9.8	11	14	16
$r \omega^2$	1.8	1.7	1.9	1.8	1.8

$$g \cdot \tan 10^\circ = 9.8 \times 0.176 = 1.72 [\text{m/s}^2]$$

g : 重力加速度

② θ が20度するとき

表5

r [cm]	35.0	45.0	55.0	65.0	75.0
T [s]	1.98	2.21	2.45	2.62	2.79
T^2	3.9	4.9	6.0	6.9	7.8
$r \omega^2$	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8

$$g \cdot \tan 20^\circ = 9.8 \times 0.364 = 3.57$$

③ θ が30度するとき

表6

r [cm]	37.4	47.4	57.4	67.4	77.4
T [s]	1.61	1.81	1.98	2.13	2.26
T^2	2.6	3.3	3.9	4.5	5.1
$r \omega^2$	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0

$$g \cdot \tan 30^\circ = 9.8 \times 0.577 = 5.65$$

④ θ が40度するとき

表7

r [cm]	39.5	49.5	59.5	69.5	79.5
T [s]	1.38	1.54	1.70	1.79	1.94
T^2	1.9	2.4	2.9	3.2	3.8
$r \omega^2$	8.2	8.1	8.1	8.6	8.3

$$g \cdot \tan 40^\circ = 9.8 \times 0.839 = 8.22$$

⑤ θ が50度するとき

表8

r [cm]	41.3	51.3	61.3	71.3	81.3
T [s]	1.18	1.33	1.44	1.53	1.64
T^2	1.4	1.8	2.1	2.3	2.7
$r \omega^2$	12	11	12	12	12

$$g \cdot \tan 50^\circ = 9.8 \times 1.19 = 11.7$$

ウ 振子の角度を変えるごとに、半径 r を40cmになるように調整し、物体を等速円運動させたときの周期の測定値を表9に示す。

なお、結果の処理においてはMKS単位を用いて計算する。

表9

θ [度]	10	20	30	40	50
T [s]	3.26	2.09	1.68	1.40	1.15
ω^2	3.7	9.0	14	20	30
$g \tan \theta$	1.72	3.57	5.65	8.22	11.7
$r \omega^2$	1.5	3.6	5.6	8.0	12

(3) 考察

ア 理論的考察

電動回転台の上に置かれた振子は回転が増すにつれて物体は外がわに広がり、

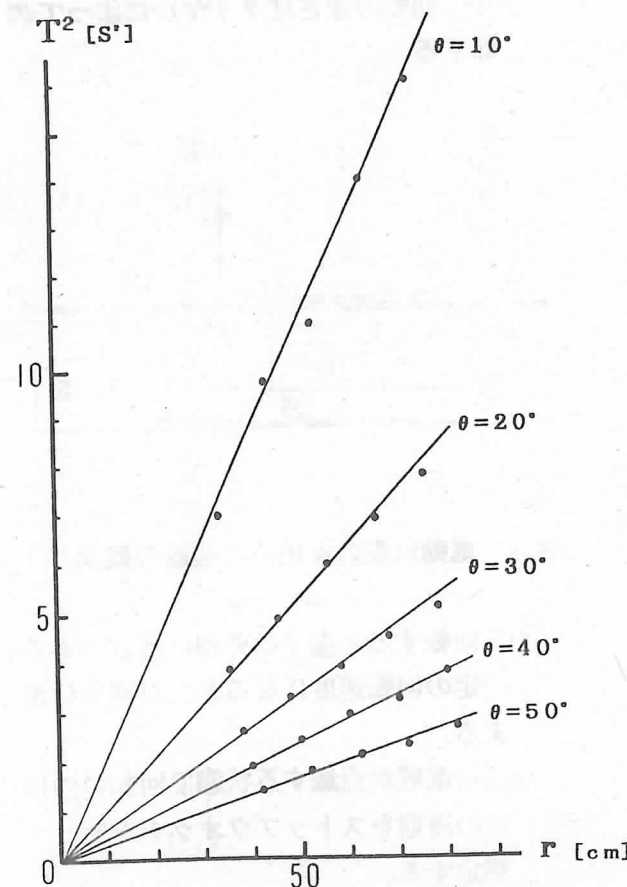


図6 T^2 と回転半径 r の関係

振子の角度は大きくなる。このとき、円運動する物体には、張力と重力 mg の合力 F が中心向きに作用している。鉛直線に対する振子の角度を θ とすると、向心力 f は $f = mg \cdot \tan \theta$ で与えられる。

一方 $f = m r \omega^2$ の式と対比すると m が消去され、物体の質量 m に関係なく、 $g \cdot \tan \theta = r \omega^2$ が成り立つ。

両辺の値をMKS単位で各々計算した結果をみると、理論値との誤差が数%以内におさまリ、有効数字2桁でほぼ符号している。

これらのことを考慮してグラフを描くと図6と図7のようになる。

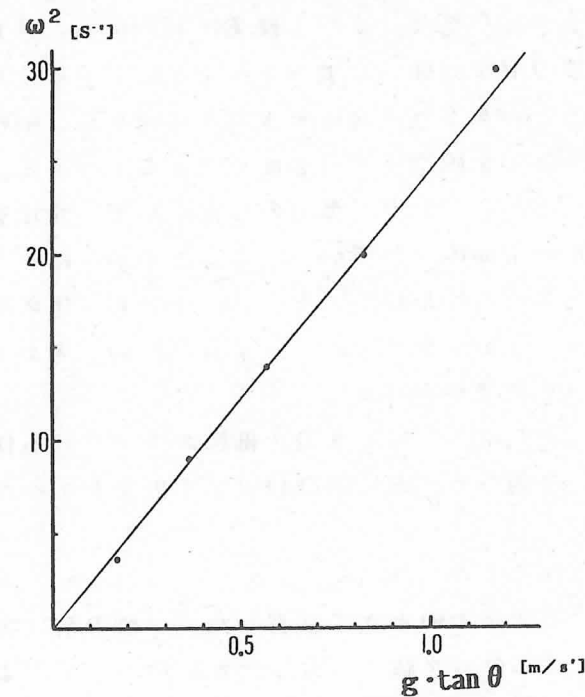


図7 ω^2 と $g \cdot \tan \theta$ の関係

イ 実験上の問題点

電動回転台を使うことにより金属球の回転は極めて安定な状態で持続する。

従来のようなバネと小型台車を使った実験と異なり、この実験ではほとんど摩擦の影響を考えなくてよいのが特徴である。パネル装置に振子を組み立てたこと

により、回転中も容易に測定することができるようになった。このことは、読み取りの誤差を取り除くのに有効である。

さらに、精度を上げるためには、スイッチ機構を改善することと装置を軽量化することが必要である。

4 おわりに

生徒実験としての中空円筒を使った簡易実験は、円運動を自ら作り出し、体験を通して理解することができる点から大変価値の高い教材である。しかし、測定のとくに人為的な操作が入り、回転させるときの個人差や回転の中心が偏る嫌いがあった。今回このような点を改良し、滑らかに回転させる方法を工夫してみた。改良の観点として、できるだけ身近な素材を使って、従来の簡便さを失わせないように、しかも、ある程度の規則性が求められるように努めた。しかし、この種の実験では、量的に測定はするがあくまでも定性的に扱うことが大切である。

また、電動回転台と振子を用いた実験は、測定精度もよく、量的な関係について調べることが可能であり、従来の方法よりも優れている。多人数で観察できることから教師のデモ実験としても役立つものと思う。

参考文献

- 三門正吾 (1987) : 等速円運動の実験における生徒の工夫
物理教育 第35巻 第4号
- 桜井康雄 (1989) : $F = m r \omega^2$ を確かめる実験
物理教育 第37巻 第1号
- 福士公一郎 (1989) : 等速円運動における F_{cor} 検証の方法について
北海道の理科 No.32

(かずぐち よしかつ 物理研究室研究員)

小学校理科における「水溶液」教材について

作 原 逸 郎

はじめに

子どもが自然の事物・現象にはたらきかけるとき、直感的イメージとして、様々な個人レベルのイメージではたらきかけていく。

この直感的イメージは、一人一人に個性があり、単元全体を通して子どもが興味・関心を示して学習していくかどうかの大きなポイントにもなると考える。つまり、事物・現象に対するあやふやな意識の段階にあり、個人の揺れ動いている場である。

しかし、授業の中では、教師は、ややもするとこのイメージをこわしてしまったり、無理に他人のイメージに向けさせてしまうことがある。また、イメージを表面に出せる子どもとそうでない子どもがいるように思われる。

そこで、教師が考えていかなければならないことは、一人一人にイメージを持たせる事象を提示しているかどうかであり、子どもたちがイメージを拡大させ、必然的に見通しのできる内容や順序が工夫された事象であるかどうかを考えてみる必要がある。

ときには、子どもからかけはなれた事象が提示されたり、子ども側からすると必然性がない事象であったりする。

ここでは、小学校理科における「水溶液」教材について子ども側から見た事象の在り方について検討する。

1 研究の視点

子どもたちが必然的に見通しのできる内容や順序が工夫された事象の在り方

2 具体的な内容

第5学年の「食塩と水」を通して～子どもが食塩を水の上におき、食塩の溶ける様子を調べようとする場について～

今までは、食塩を水の上にもってくる必然性が子どもの活動順序とずれていることが多く見られた。また、授業においては、「食塩の溶ける様子を調べてみよう」と進める際に、いきなり、食塩を水の上におき、溶ける様子を観察させる場面を見ることがある。

しかし、子どもたちの日常生活で、食塩を水の上において溶かすような場が、ほとんどないと思われる。やはり、子どもの思考や活動の順序を大切に学習の展開を考えていく必要がある。

そこで、食塩を水の上におき、溶ける様子を調べる活動に結び付ける工夫をしてみた。

《授業での実践》

第4学年のときに学習したホウ酸の溶け方を話し合った後、「食塩を水に溶かしてみよう」となげかけると、ほとんどの子どもたちは、手でつまんで入れると同時に、かき混ぜはじめた。そして、ある程度溶かすと、ガラス棒で液を手につけてなめる。このことから、水に溶かすということは、まず、かき混ぜるというイメージが強くある。「しょっぱい」「ほくの方がしょっぱいよ」と言いながらどんどん食塩を入れてかき混ぜている。このまま活動させて、食塩が水に溶ける量には、限度があることに結びつける構成もあると思うが、ここでは、「かき混ぜないで、少しずつ食塩を溶かしてもしょっぱいだろうか」とな

げかけた。

- ・ ゆらゆらしたしっぽをつけて食塩が落ちて行く。
- ・ 花火がドンと鳴り終わったときみたいだ。
- ・ 本当にきれいだ。
- ・ しっぽみたいなゆらゆらが、底までついていく。
- ・ あれ、あまりしょっぱくない（上の方の液をガラス棒につけて）。
- ・ かき混ぜたときと味が違う。へんだぞ。

子どもたちは、かき混ぜたときと同じように、食塩を溶かしたのだから上の方もしょっぱくなっていると考えている。

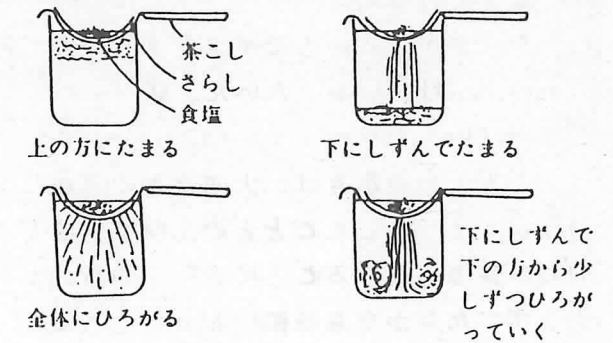
- ・ もっと食塩を溶かしてみよう。

ここでは、多くの食塩を溶かしてかき混ぜないでいると、かき混ぜたときより、上の方の液はあまりしょっぱくないことと、まだ溶けきらない食塩がビーカーの底に白くたまっていく事実が目に向くことを期待した。

- ・ あれ、上の方の液をなめても、あまりしょっぱくない。
- ・ 底に食塩がたまっているまわりは、すごくしょっぱいと思うよ。
- 「ストローを使って液の上の方、真中のあたり、食塩がたまっている底の方の味を調べてみよう」
- ・ 上の方は、ちょっとしょっぱかった。
- ・ 真中のあたりは、もう少ししょっぱかった。
- ・ 底の方は、一番しょっぱかった。
- ・ 先生、やっぱり食塩のある近くが一番しょっぱいのは、あたりまえだよ。
- 子どもたちは、かき混ぜないで食塩を溶かすと、食塩が多量にあるまわりが一番しょっぱいと考えている。

そこで、茶こしの中にさらしをのせて、その中に多量の食塩を入れ、食塩が十分につかるぐらいに水を入れて溶ける様子を観察させることにした。

観察の前に、子どもたちに食塩の溶ける様子を予想させた後、話し合わせた。



- ・ ほくは、上の方をしょっぱくしても、混ぜてないから下に落ちてきて、さっきと同じように下の方がしょっぱくなると思う。
- ・ 私も同じ考えで、食塩を指でつまんで溶かしたときに、食塩が下に落ちて行くときにしっぽのようなものも食塩について下の方に落ちていったのだから、下にしずむ。
- ・ ほくは、全体的にもやややがたまると思う。それは、上の方も塩があるし、下の方も塩の溶けたのが落ちてくると思う。
- ・ ほくは、やっぱり食塩のまわりに濃い食塩水がたまると思う。
- ・ 食塩の溶けているもやややをなめるとしょっぱいのはあたりまえだけれど、その他のところは、きっとあまりしょっぱくないと思う。でも、ながく溶かしていると少しずつ下の方からしょっぱくなって全体にひろがると思う。
- 子どもたちは、油状のもやややしたものが食塩水であり、茶こしから溶けてくるものは、食塩水であるとストローで液を取り出した際に色々調べて知っている。
- 「では、自分の考えたことと比べながら上の方で食塩を溶かしてみよう」
- ・ 塩が溶けたものが、滝のように流れていって下にたまっていく。
- ・ 下の方にいってビーカーの底にぶつかって広がって、その広がったものが上にいっていかないように見える。
- ・ 塩を水につけたとたんに、塩の溶けたもの

高校化学「中和滴定」における 反応の終結点決定に関する一考察

鈴木 哲

が下においていった。上の塩はどんどんなくなっていく。

もやもやが、底の方でキラキラ光って、何か油が溶けているみたいだ。味もすごくしょっぱい。

子どもたちの驚きは、大変なものである。自分がイメージしたこととの比較で事象を見つめ、食塩が溶けることについての意識が、少しずつたしか意識に変わりつつあるのである。

このように、食塩を水に溶かして、溶ける様子を調べる子どもの活動は、

食塩を水に入れる⇒かき混ぜる⇒味をみる⇒かき混ぜないで食塩を溶かしてみる⇒味をみる(食塩がたまっているところが一番しょっぱい)⇒食塩を水の上部にもっていく(やはり、食塩が多量にある水の上部がしょっぱいと子どもは考える)

ここに、食塩を水の上部にもっていく必然性がでてくると考えた。

おわりに

子どもが、問題意識を持って自ら解決していこうとするようにしむけることは、大切なことである。

そのためには、子どもの側に立った事象提示と場の構成を十分に考えていかねば、子どもに問題解決能力が育たない。教師は、もっともっと子どもの姿をみとり、子どもの心に入っていかなければならないと考える。

(さくはら いつを 化学研究室長)

はじめに

酸塩基滴定は、化学ではもとより、他領域においても、広く活用されている。

原理的には、ある成分を含む試料溶液に適当な試薬の既知濃度の溶液を加えて反応させ、その反応の終結点(当量点)を適当な方法で求め、それに要した容積から定量する。通常、既知濃度の溶液はビュレットから滴下させるので滴定分析ともいわれる。

これらにおいて使用される反応は、反応が定量的に進行し、副反応または逆反応が伴わないこと、反応速度が大きいこと、特に、反応の終結点(当量点)が直接または間接的に明瞭に知ることができるなどの条件が必要とされる。

反応の終結点を知る方法は、指示薬、電導度、温度など種々の方法がある。

ここでは、多塩基酸(シュウ酸)を対象にした酸塩基滴定の滴定曲線から、反応の終結点について考察する。

1 実験

(1) 使用機器

pH計 : 東亜電波工業製ガラス電極pH計 HM-5A を用いた。

電導度計 : 東亜電波工業製電導度計CM-6A を用いた。

温度計 : 上記pH計内蔵の温度計を用いた。

(2) 操作方法

0.1 mol/L $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 50 mL を 200 mL のビーカーにとり、約 100 mL に希釈する。ガラス電極及び電導度セルを浸し、pH、電導度、温度を測定する。

つぎに、1 mol/L NaOH を 50 mL のビュレットから 0.5 mL ずつ滴下し、スターラでかき混ぜ、

そのつど、pH、電導度、温度を測定する。

(3) 被滴定溶液の濃度と液量

pHと電導度を同時測定するために、ガラス電極の球部及び電導度セルの両方が完全に没するまでの液量として、被滴定溶液約 100 mL を必要とした。

また、滴定溶液の濃度は、電導度の測定での液量による変化を小さく保つために、被滴定溶液の10倍の濃度とした。

(4) 滴定曲線

シュウ酸-アンモニア水、水酸化ナトリウム溶液、水酸化カリウム溶液を用いて操作し、得られたpH、電導度の値を縦軸に、加えられた塩基の体積を横軸にとって滴定曲線を描く。

2 結果及び考察

(1) pH滴定曲線

図1・2・3には、シュウ酸を弱塩基及び強塩基で滴定したときのpH滴定曲線を示す。

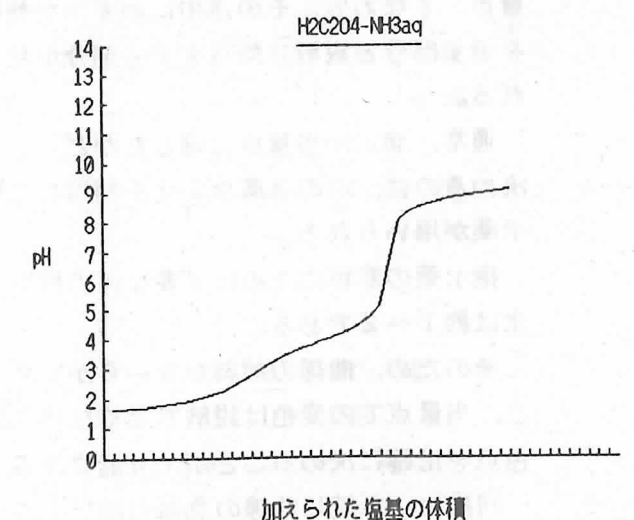


図1 pH滴定曲線($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - NH_3aq)

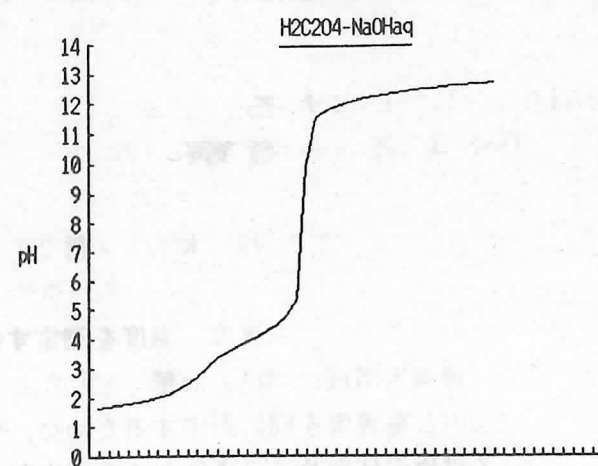


図2 pH滴定曲線($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - NaOH)

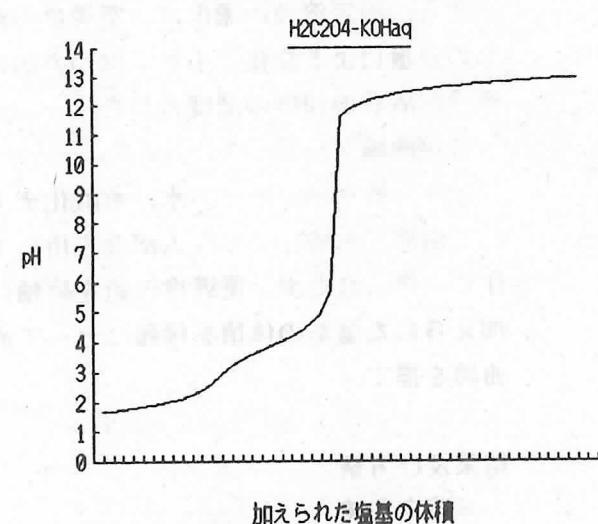


図3 pH滴定曲線($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - KOH)

滴定曲線には、二塩基酸特有の2つの当量点、すなわち、その途中にわずかな傾斜を示す部分と鋭敏な傾斜を示す部分が見られる。

通常、滴定が当量点に達したかどうかを決めるのに、pHの急激な変化を利用した指示薬が用いられる。

指示薬の変色のために必要なpHの最小変化は約1~2である。

そのため、曲線の傾斜がなめらかであると、当量点での変色は鋭敏でなくなり、変色点を正確に決めることが不可能になる。

同様に、単純に曲線の急傾斜部分を通して垂線を引き、体積軸との交点から当量点

を見いだす方法も、目測によって行われるため、若干の不正確さが伴う。

そこで、滴定曲線の傾斜、即ち体積変化に対するpH変化の割合($\Delta\text{pH}/\Delta V$)を滴定溶液の体積に対してプロットしたものを、図4・5・6に示す。

いずれも、得られた曲線は当量点で極大を示す。

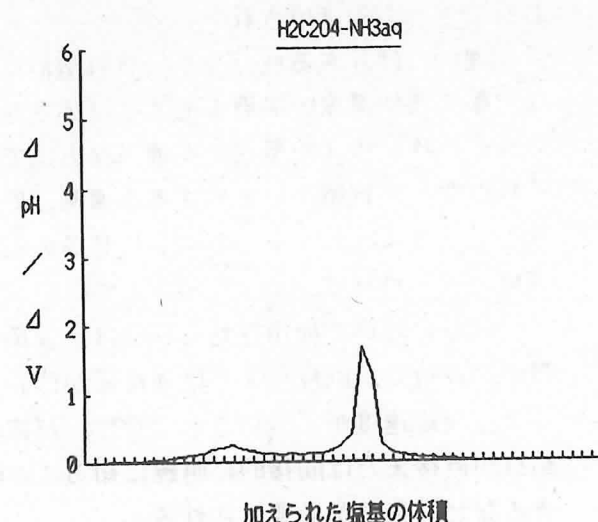


図4 体積変化に対するpH変化の割合($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - NH_3)

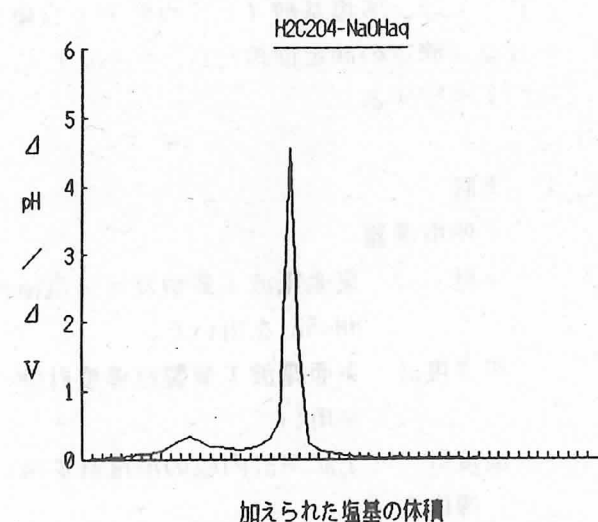


図5 体積変化に対するpH変化の割合($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - NaOH)

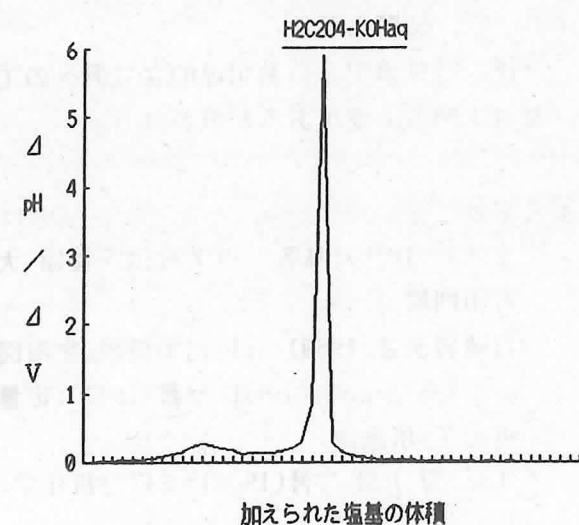


図6 体積変化に対するpH変化の割合($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - KOH)

これらの頂点から体積軸に垂線を引けば、当量点での体積が求められる。

pH滴定曲線からの目測によるものよりは、ある程度正確さは増す。

また、グラフによらず、得られた数値をもとに、系統的手法を用いて当量点を決めることもできる。

(2) 電導滴定曲線

シュウ酸を強塩基で滴定した場合の滴定曲線と、弱塩基で滴定した場合の滴定曲線を図7・8・9に示す。

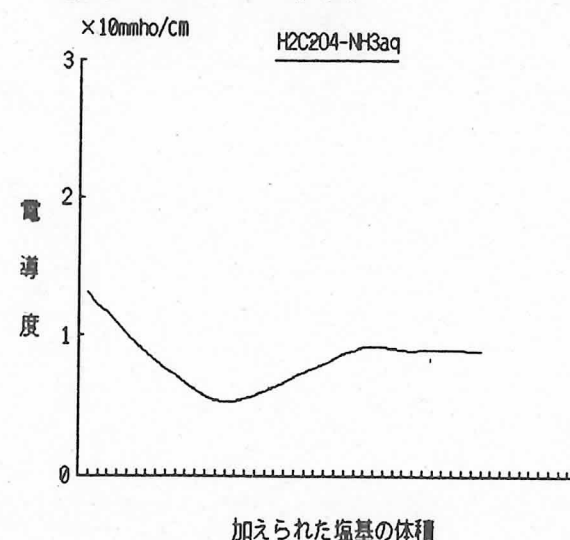


図7 電導滴定曲線($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - NH_3)

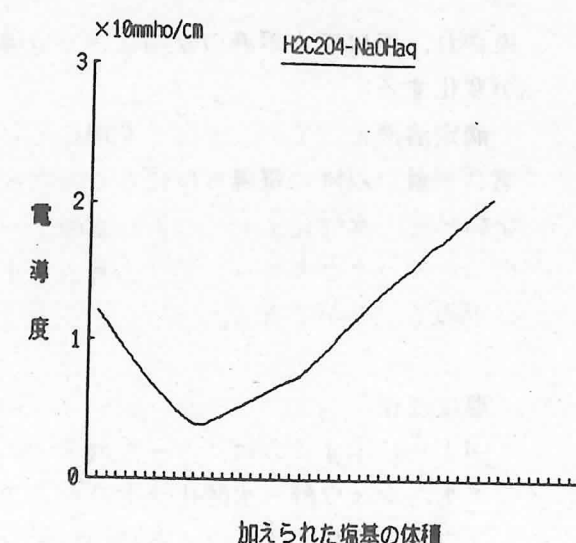


図8 電導滴定曲線($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - NaOH)

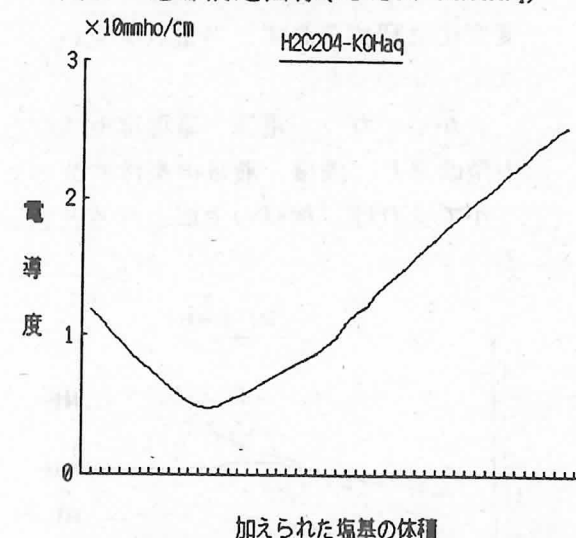


図9 電導滴定曲線($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ - KOH)

理論的に電導滴定は、滴定の当量点の前後における、溶液の電導度の変化、すなわち、交換されるイオンの易動度の差を測定して当量点を求める。

図7・8・9では、溶液の電導度が2箇所に変化していることがわかる。これらは、第1及び第2当量点に対応している。

滴定曲線の2辺の交点の角度の鋭さは、溶液中のイオン電導度の関数である。

最初は、 $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ の解離によって生じた水素イオンの減少により、電導度の低下がみられる。

次に HC_2O_4^- が消費され $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ イオンに置

換され、更に滴定溶液の添加により電導度が変化する。

滴定溶液としてアンモニアを用いると、第2当量点以降の電導度はほとんど増加しないので、水酸化ナトリウム、水酸化カリウムを使ったときより、第2当量点を正確に求めることができる。

(3) 温度変化

図10に示すように、シュウ酸-アンモニア水、シュウ酸-水酸化ナトリウム溶液、シュウ酸-水酸化カリウム溶液のいずれの場合も、第1及び第2当量点での著しい温度変化は認められず、当量点を見いだすには至らなかった。

しかし、ガラス電極、電導度セルなどを小型改良し、濃度・液量の条件を改めることができれば、検討の余地があると思われる。

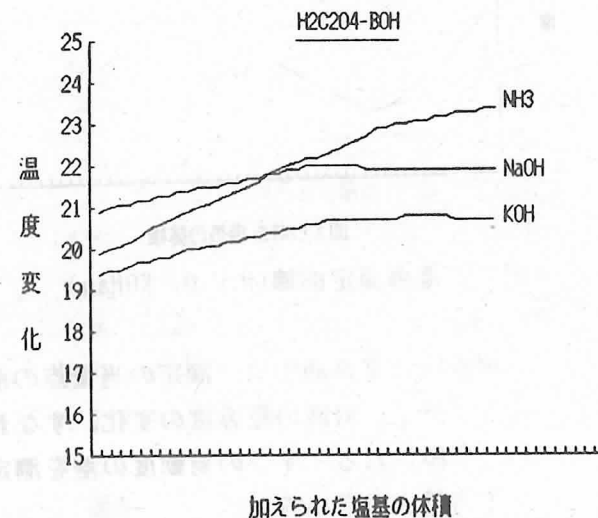


図10 体積変化に対する温度変化

おわりに

多塩基酸（シュウ酸）を対象にした酸塩基滴定において、pH及び電導度、温度の変化が終点の決定に有効かどうかについての検討を行った。

手動による測定には、ビュレットから滴定溶液の滴下及びメーターの読み取りなど多少煩雑

で、また、時間も要する。

今後、自動滴定・自動記録的な装置への工夫・改善を図る必要があると思われる。

参考文献

- (1)文部省(1978):高等学校学習指導要領.大蔵省印刷局
- (2)岩崎岩次著(1969):分析化学概説.学術図書
- (3)R.A.ディ・A.L.フンダーワット'原著(1971):定量分析化学.培風館
- (4)江見・原・川手共著(1969):基礎分析化学.広川書店.
- (5)墓目監修・那須編集(1985):PAC化学Part II.富士プリント

(すずき さとし 化学研究室 研究員)

バラタナゴの産卵行動の観察

白井 馨

はじめに

バラタナゴ *Rhodeus ocellatus ocellatus* はコイ科バラタナゴ属の淡水魚の一種で、日本には1940年代に中国から移入され、現在では関東平野一帯に広く分布し、特に利根川、荒川水系の下流部の浅い池沼に多く生息している。北海道には分布しなかったが、最近石狩川水系で採集されたとの報告があり(前川, 後藤 1982), 恐らく熱帯魚店などより購入したものが水系に放たれ、野生化したものと思われる。

産卵期になると雄には鮮やかな婚姻色が現れ、本種の名はこのバラ色の婚姻色に由来する。また、産卵場所になるカラスガイを中心になわばりをつくり、その中に侵入する他の魚を攻撃する。一方、雌には長い産卵管が現れ、この管をカラスガイの出水管に挿入して貝のえらの中に卵を生む特異な習性がある。卵はえらの中でふ化し、子魚はしばらくその中に止まって、十分活動ができるようになると貝から外に泳ぎだす。これらの行動は水槽内で容易に観察され、産卵の回数も多い。

このような特徴のある産卵習性をもつバラタナゴは生物教材としても優れており、ここでは、その産卵行動、特に、産卵管の伸長についての観察結果を説明し、あわせて、その教材性についても検討したい。

1 バラタナゴの入手法

北海道では採集出来ないで、熱帯魚店やペットショップで購入する。バラタナゴまたはタナゴという名称で普通に売っている。この魚はタナゴ属のなかでも雄の婚姻色が特に鮮やかなこと、丈夫で飼育が簡単なことから鑑賞魚としても一般に親しまれているが、売っているものには雄が多いので、雌を購入

する場合は産卵管を確認するとよい。

雄と雌では色彩が異なり、雄は背面が青緑色、頭部側面から胸腹部にかけては紅赤色で、背びれとしりびれは赤い。尾びれの中央部にも紅赤色のにじんだような線があり、目のふちは赤い。雌は銀白色で婚姻色は現れず、背びれに大きな黒斑がある。産卵管は灰色で基部のみ黄橙色で、産卵期になると、体の2倍くらいの長さまで伸長する。

2 産卵習性

産卵期になると雌の輸卵管は体外にのびて産卵管になり、この管をカラスガイ、タガイ、イシガイなどの二枚貝の出水管に瞬間的にさしこんで貝のえらの内側に卵を産む。一度に産み出される卵の数は35個程度である。産みつけられた卵は二枚貝のえらの中で保護され、前期子魚期は完全に貝の中で過ごし、ふ化後約40～50日で貝から出て自由生活に移る。

二枚貝はタナゴの育児役を無償で引き受けるのではなく、産卵のために近づいたタナゴに向かって、えらの中で育てている二枚貝の有鉤子幼生(glochidium)を出水管より吹き出し、タナゴの体表やひれに付着させる。付着した幼生はタナゴの遊泳とともに遠隔地に運ばれ、やがて脱落して独立生活に入る。

タナゴの特殊な産卵習性と、タナゴと二枚貝との共生を簡単に観察することが出来る。

3 産卵管の伸長

30×20×26cmの水槽に、雄1匹、雌1匹、カラスガイ1個を入れ、イトミミズを餌にして飼育した。産卵期である5～9月にかけて雌の産卵管の長さがどのように変化するかを

調べた（産卵管の長さを午前10時にデバイダーで測定し、記録した）。

産卵期中、雌の産卵管の長さは周期的に変化し、その長さが最大になった時に産卵が起こる。産卵管の周期的変化は4つの相（phase）に分けられる。すなわち産卵相（oviposition phase）、産卵終了相（post-oviposition phase）、休止相（resting phase）、排卵相（ovulation phase）である。

産卵期における産卵管の伸長の例を2匹の雌で示すと図1のようになる。

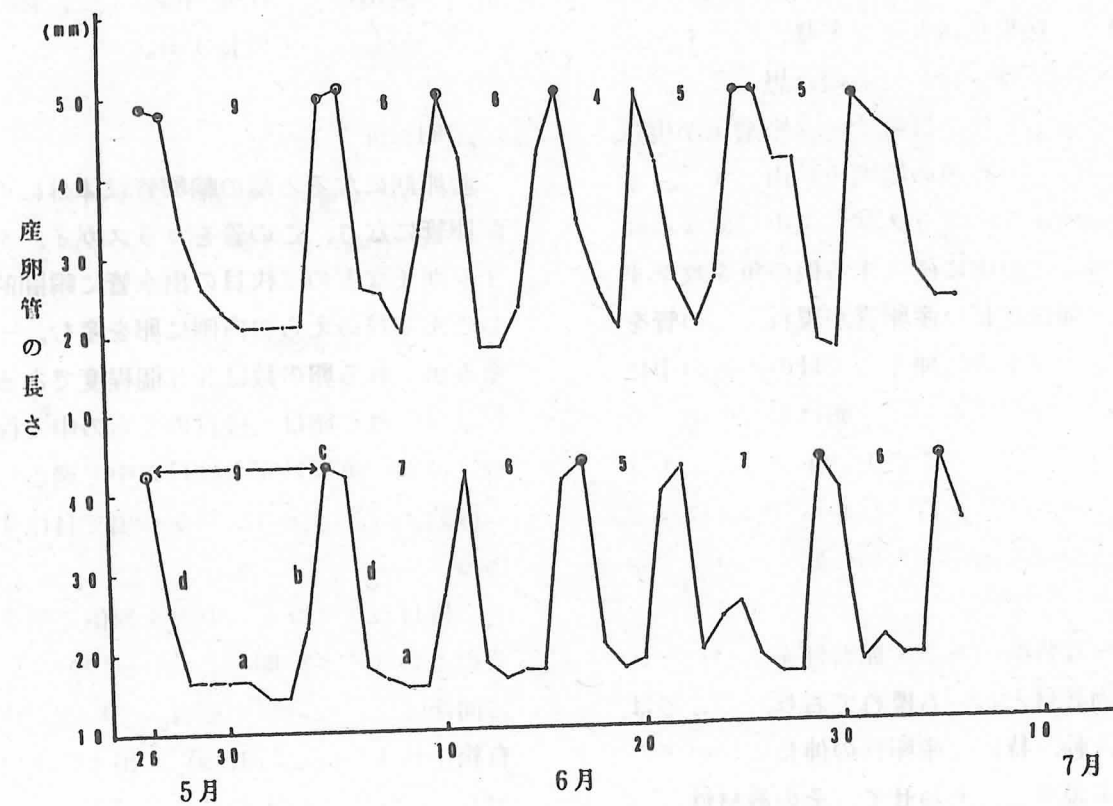


図1 2匹の雌における産卵管の周期的変化

a: 休止相 b: 排卵相 c: 産卵相 d: 産卵終了相 ◎: 産卵の確認

産卵管の長さが最大になった時に産卵が起こり、この時期が産卵相である。この時の産卵管の長さは個体によって差があり、3.2～6.3 cmであった。産卵が終了すると、産卵管は約1日で短縮し、2.0～2.7 cmとなる。この時期が産卵終了相である。次いで休止相に入り、この相は3～4日間続く。この時、

産卵管は最も短くなり、1.1～1.4 cmになる。休止相に続く排卵相では、産卵管の伸長が著しく、約1日で2.5 cmも伸長する。この相で排卵が起こるので、この相にあるタナゴの腹部を圧すると、産卵管から熟卵が出てくる。排卵相は産卵相へと続く。このように管の長さは約6～9日の周期で変化を繰り返し、管の長さによって卵巣の成熟度を知ることができるので、発生の観察のために熟卵を得ることが可能である。

4 産卵と二枚貝との関係

産卵期の雄と雌は、二枚貝（殻長1.0～1.5 cm位のカラスガイが最適である）の出水管から出る水流に著しい興味を示し、出水管を中心にして雄のなわばりが形成される。

なわばりを持つ雄は出水管の位置に雌を誘導し、他の雄を近づけない（なわばりの観察

に適している）。産卵相の雌は特に水流に刺激され、水流を生じている出水管に産卵する。殻を閉じて水流を出していない貝には全く関心を示さず、産卵はもちろん起こらない。死んだ二枚貝の殻にガラス管をはさみ、ガラス管から水流を出すとその中に産卵が行われるという観察結果も報告されている。これらの現象から、神経系（水流による刺激）と内分泌系（産卵を誘発するホルモンの分泌）の関連を指導できる。

5 産卵管の伸長に及ぼす雄と二枚貝の影響

雄と二枚貝との存在が、産卵管の伸長にどのような影響を及ぼしているかを知るために、次の4つの組み合わせで飼育し、産卵管の伸長を調べた。水槽の大きさは3の場合と同じであり、水槽は各グループにつき、3個用いた（表1）。

表1 各水槽における組み合わせ

グループ	水槽の数	各水槽における雌、雄、貝の数		
		雌	雄	カラスガイ
A (対照)	3	2	1	1
B	3	2	0	1
C	3	2	2	0
D	3	2	0	0

グループA（対照区）では産卵管が周期的に変化したもの2匹、不規則ながら変化したもの4匹で、すべての個体に産卵が見られた。

グループBでは、予想に反して2匹に産卵管の周期的な伸長が見られ、非常に興味深いことは、1つの水槽で雌の一方が雄と同様の生殖行動を示したことである。すなわち、カラスガイのまわりになわばりをつくり、産卵相の他の雌を出水管へと誘導し、誘導された雌は産卵した。他の2つの水槽ではこのようなことは起こらなかった。このような結果から、産卵管の伸長には雄が必ずしも必要でないことがわかった。

グループCでは、1匹だけに不規則な変化が見られたが、産卵は起こらなかった。

グループDでは、産卵管の伸長は見られず産卵も起こらなかった。

グループC、Dの結果から明らかなようにカラスガイが存在しない時は大きな影響が見られ、産卵管の伸長も産卵行動も見られなかった。

ここで観察された現象から、動物の行動と環境との関係を指導できる。

6 産卵管の構造

産卵管は泌尿生殖突起（urogenital-papilla）の伸長したものである。卵巣、卵巣腔、ぼうこう、産卵管の関係は図2によって示される。卵は成熟すると卵巣腔に排卵され産卵管の筋肉によって体外へ放出される。

7 産卵期以後の産卵管の伸長

9月の下旬になると、産卵管の長さは徐々に短縮し、10月の中旬迄には、1.0 mm以下となり、その状態が産卵期迄続く（図3）。

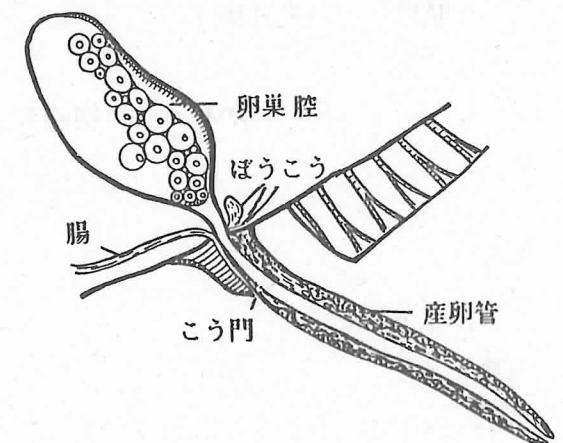


図2 雌の生殖器官の模式図

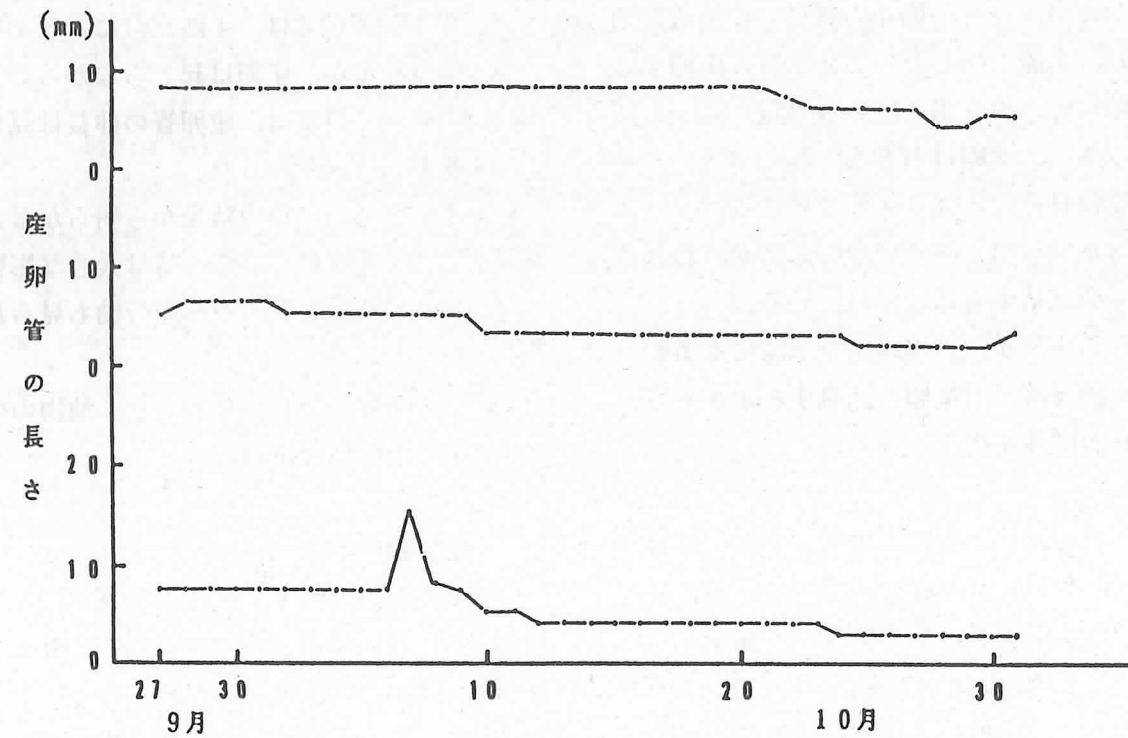


図3 3匹の雌における産卵期以後の産卵管の伸長

参考文献

- 1) K. Shirai (1962): Correlation between the growth of the ovipositor and ovarian conditions in the bitterling Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 13(3).
- 2) K. Shirai (1964): Histological study on the ovipositor of the bitterling Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 14(4).
- 3) 前川光司・後藤 晃 (1982): 川の魚たちの歴史. 中央公論社

(しらい かおる 生物研究室長)

蝶類の種間交雑に関する研究 (II)

— ナミアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と分析 —

青山 慎一

まえがき

前号では、蝶類の種間交雑に関する概説と、キアゲハを母蝶とした交雑実験の結果とについて報告したり。

今回は、ナミアゲハ(アゲハ)を母蝶とした実験の結果について、これまでの成果を報告する。

1 ナミアゲハ♀ × キアゲハ♂

札幌市中央区宮の森で採集したそれぞれの幼虫を飼育し、羽化した成虫を用いて、下記の4例について交雑を行った。採卵はいずれもサンショウで行った。

表1 実験の結果

番号	産卵	受精	黒化	ふ化	蛹化	羽化
K 1	88	80	60	6	—	—
K 2	102	88	77	13	—	—
K 3	26	—	—	—	—	—
K 4	91	86	73	18	—	—
K 5	138	93	69	27	—	—



図1 ナミアゲハとキアゲハとの交尾
(ハンドペアリング法による)

実験3は、交雑の失敗であろう。阿江²⁾によれば、この組み合わせでは、わずかながら雑交体を得られているが、今回の実験では、すべて1令から2令への過程で衰弱死した。

飼育上での失敗は思い当たらないので、これが北海道産のものに特有の現象なのかどうか、今後も追試してみたい。

2 ナミアゲハ♀ × カラスアゲハ♂

宮の森で得た幼虫から育てたナミアゲハ♀と札幌市百松沢で採集した母蝶から採卵・飼育したカラスアゲハ♂を用いたが、羽化のタイミングが合わず、実験は下記の2例にとどまった。

表2 実験の結果

番号	産卵	受精	黒化	ふ化	蛹化	羽化
B 1	124	22	12	—	—	—
B 2	110	34	4	—	—	—

受精率及び発生が進行していることを示す黒化卵の出現率共に低く、この組み合わせからは雑交体は生じないものようである。

3 ナミアゲハ♀ × ミヤマカラスアゲハ♂

ナミアゲハは上記のもの及びその累代飼育によって得たものを用い、ミヤマカラスアゲハは札幌市常盤で採集した♀から採卵・飼育したものを用いた。

実験1～3は交配の失敗であろう。ペアリングは成立していたので、♂の精子が未熟だったものと思う。

実験4では、すべて1令で死亡した。サンシ

表3 実験の結果

番号	産卵	受精	黒化	ふ化	蛹化	羽化
m 1	143	—	—	—	—	—
m 2	102	—	—	—	—	—
m 3	81	—	—	—	—	—
m 4	114	67	54	21	—	—
m 5	141	83	80	30	2	2♂

ヨウからキハダへの食草の切り換えがうまくいかなかったためである。

2♂を羽化させることのできた実験5について詳しく述べる。

◆ 交 尾

ペアリングは、同種どうし程には簡単ではないが、大きさに多少の差が有っても、十分に吸蜜させた♂を用いれば容易に交尾させることができた。交尾に要する時間は平均して2時間前後、長いもので4時間であった。

◆ 採卵と受精の判別

採卵には水差しにしたサンショウを用いた。

蝶類は一般に累代を重ねるにつれて小型化し、産卵数も減少するが、この実験では、母蝶はすべて2代目のものを用いたので産卵数は比較的多かった。

産卵直後の卵は一樣に淡黄色をしているが、受精しているものは、2～3日後に、表面に茶色の斑模様が現れ、さらに発生が進と、幼虫の体色が卵殻から透けて見えるようになり、黒化卵となる。

◆ 幼 虫

ふ化直後のものは、サンショウに着けたままプラスチック製のケースに移し、その中にキハダの葉を入れ、自力で移らせるようにした。

幼虫の体形及び色彩・斑紋は、すべてのステージを通してナミアゲハに近いが、4令以降は黒帯の境目がい昧になり、偽頭部の盛り上がりが少ないなどの特徴が現れ、明らかに区別できるようになる。

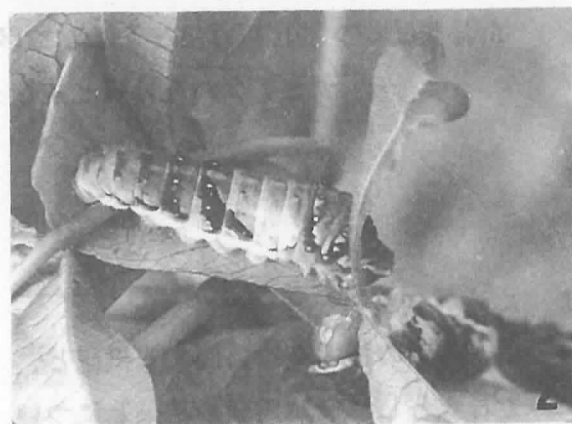


図2 ナミアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂
雑交体の終令幼虫

死亡した幼虫のほとんどは、2令及び3令での脱皮に失敗して衰弱死したものである。

また、生き残った幼虫のうち3頭は、さらに脱皮を続けて7令となり、5.5～6cmもの大きさに成長したが、いずれも蛹化することなく死亡した。

◆ 蛹

2個とも褐色蛹で、大きさはナミアゲハに近いが、形状は両種の間隔的なものであった。

◆ 成 虫

羽の形状及び色彩・斑紋はミヤマカラスアゲハに近く、前報で紹介したキアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂の雑交体に非常によく似ている。ナミアゲハの持つ白色鱗粉が、上翅の一部に密に散布して、微かな帯状紋となっているほか、後×裏面の半月状紋が両種のどちらにも見られない鮮やかな現れ方をしている。

このことから、この組み合わせでは、幼虫期においては母方の、成虫期においては父方の形質が強く現れるものであることが分かる。

ナミアゲハ、ミヤマカラスアゲハの染色体数は、いずれも♂♀共通に $n=30$ である。この両種の雑交体の染色体数は調べられていないが、キアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂の雑交体では $n=50\sim60$ であることが分かっている。

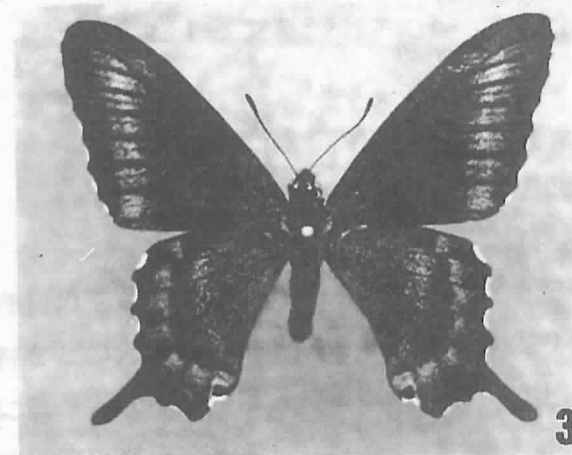


図3 ナミアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂
雑交体成虫（表面）

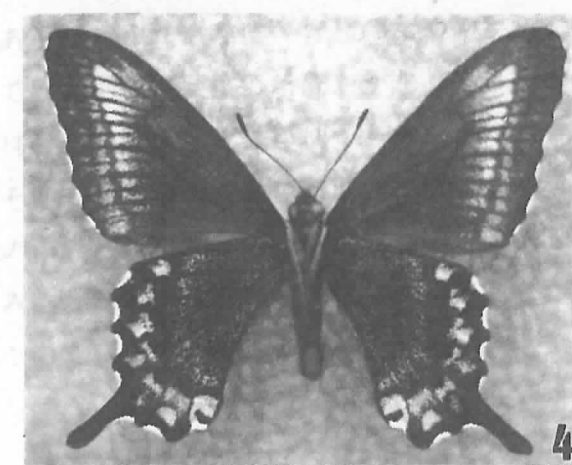


図4 同 同 （裏面）

この雑交体の染色体数もおそらく $n=60$ 前後、すなわち、双方の染色体は対をなすことなく核内に散在するものとおもわれ、受精卵の発生が進行したり停止したりする条件については別の角度から検討する必要がある。

4 ナミアゲハ♀ × オナガアゲハ♂

母蝶は宮の森産の累代飼育品を、オナガアゲハは小樽産の♀から採卵・飼育したものを用いた。採卵にはサンショウ、食草にはツルシキミを用いた。

この両種は、成虫の形態がひどく異なり、ペアリングが最も難しい組み合わせであったが、幼虫の形態や食性が似ていることから、雑交体の得られる期待がもたれたが、結果としてはいずれも若令（1～2令）で衰弱死した。

表4 実験の結果

番号	産卵	受精	黒化	ふ化	蛹化	羽化
M 1	26	25	16	3	—	—
M 2	38	33	30	6	—	—
M 3	93	47	40	2	—	—
M 4	76	42	21	20	—	—

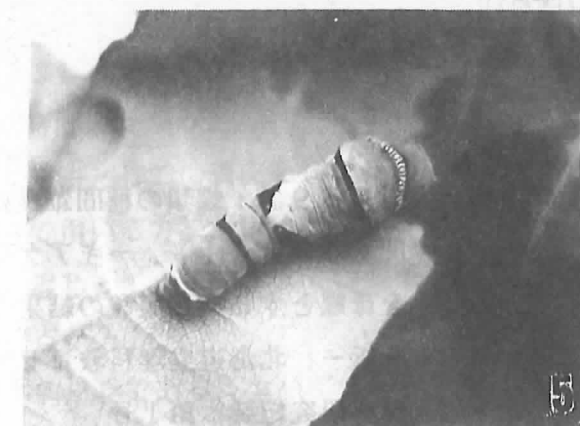


図5 ナミアゲハの終令幼虫



図6 オナガアゲハの終令幼虫

あ と が き

ナミアゲハを母蝶とする4組の交雑実験の結果、雑交体を得られたのはミヤマカラスアゲハとの組み合わせのみであった。

この「もどし交配」はまだ行っていないし、実験対象とした種間の類縁関係については、他の組み合わせの結果を総合して判断しなければならないので、総括的な分析は次回以降にゆずりたい。

なお、この研究を続けるにあたり、当理科教

育センターの宮下事業課長からは、ご自宅のサンショウに自然産卵されたナミアゲハの卵及び若令幼虫を多数ご恵与いただいた。

飼育に関しては、当センターの技師、水林則幸・岩淵幹学両氏にお世話になり、また、北海道昆虫同好会の藤田邦彦氏からは、データーなどの提供を受けた。これらの方々に心より厚くお礼申し上げる。

参 考 文 献

- 1) 青山慎一(1989): 蝶類の種間雑種に関する研究(Ⅰ)、—キアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と分析—, 北海道立理科教育センター研究紀要 第1号
- 2) 阿江 茂(1988): アゲハチョウの生物学、たたら書房、京都
- 3) 斎藤和夫(1988): 蝶類の染色体、—1966年前後から1984年までの形態学的研究から—, 日本鱗翅学会特別報告 第6号

(あおやま しんいち 生物研究室研究員)

プロトプラストの作成についての工夫

青 山 慎 一

ま え が き

理科の学習の中に、バイオテクノロジーや新素材などの先端技術に関する事柄を、深入りせずに取り入れることは、教科への興味付けとして効果的な方法である。

プロトプラストの作成は、組織培養と並んでバイオテクノロジーの中では最も基礎的な操作であるが、これまでの、育種のための手法や材料では、単離に要する時間がかかり過ぎるので教材として扱う上では不便があった。

そこで、授業の一単位時間内にプロトプラストの作成と観察とを行う方法について工夫してみたところ、ある程度の成果を得ることができたので、そのいくつかを紹介する。

1 酵素の濃度について

酵素の濃度はマニュアルによって、また材料によって多少の違いはあるが、ペクチン分解酵素としてはマセロチームR-10を使った場合で0.1~0.2%、セルローズ分解酵素としては、セルラーゼオノズカR-10を使った場合で0.8~1%とするのが標準的なものとなっている。植物の種類によって異なるが、コマツナやタマネギでは、この濃度で、25℃前後の室温の場合、プロトプラストができるまでに要する時間は1.5~2時間である。

細胞融合や組織培養等への活用を考えずに、単に、素早くプロトプラストを得ることだけを目的とするならば、もう少し濃くしても良いのではないかと考え、いろいろ実験してみたところ、マセロチームを1%、セルラーゼを4~5%にした場合、同じ条件で、20~30分でプロトプラストを単離させることができた。

2 材料とする植物について

最もよく用いられている材料は、コマツナ、ハクサイ、キャベツなどのアブラナ科の野菜類やホウレンソウなどであるが、これらの材料は入手は容易であるが、表皮を剥ぎ取るのが難しく、時間がかかる。

簡便法として、表皮を剥がさずに細かく切り刻んで用いる方法があるが、断片や破片がたくさん混じって、そのままでは観察しにくいという欠点がある。

多肉植物であるミセバヤ(ベンケイソウ科)の仲間の葉は、素手で簡単に表皮を剥ぎ取ることができるので、準備作業に要する時間をかなり短縮することができる。

実験したのはヒダカミセバヤ *Hylotelephium caudicolum* とカラフトミセバヤ *H. pluricaule* の2種であるが、これらの植物は細胞が大きくて観察しやすいうえ、葉の柔細胞どうしの接着が弱いので単離も早い。

ミセバヤのプロトプラストは、コマツナやホウレンソウに比べて、葉緑体の色が黄色味を帯び、美しさではやや劣る。その代わり、葉縁が赤くふちどられている部分からは、ピンク色の色素を含んだ美しいプロトプラストが得られる。

なお、これらの植物は、道央や道南の山地のガレ場などに自生しているほか、園芸店でも安価に入手できる。

このほか、当理科教育センターの温室で栽培しているもののうち、素手で簡単に表皮を剥ぐことのできる多肉植物各種についても試みてみたが、あまり良い結果は得られなかった。

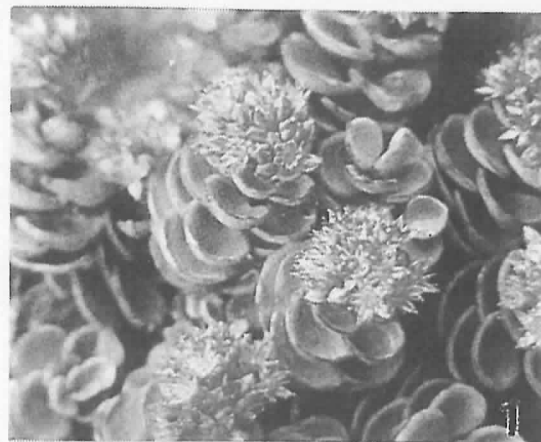


図1 ヒダカミセバヤ
日本の野性植物(Ⅱ)平凡社より転写

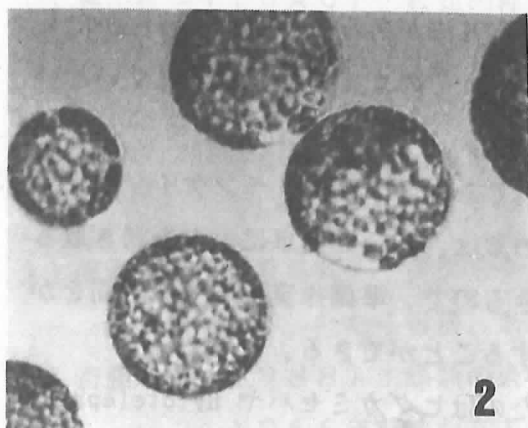


図2 ヒダカミセバヤのプロトプラスト

3 PH、温度、その他

酵素を早く働かせるには、温度とPHとを調整する必要がある。前記の酵素濃度では、最適とされるPH5.5~6.0よりは、ややアルカリ性に傾くので、1モルの塩酸を用いて調整する。

PHは最適域を大きくはずれないかぎり影響は無いから、判定は万能PH試験紙で十分である。温度については、マニュアルでそうなっているように30~35℃が適当である。

また、酵素を早く組織に浸透させるために、注射器やアスピレーターを用いて減圧する方法が紹介されているが、実際にやってみると、確かに単離はある程度早まるが、それらの操作に要する時間と相殺されるので、効果的な方法とは言えない。

あ と が き

授業で行う実験は、そのことによって生徒に何を学習させるのかという目的がしっかりしたものでなければならない。

プロトプラストを教材として取り上げる場合、「プロトプラストの作り方」の技術を学ばせることになってはならない。

プロトプラストの作成と観察を通して、

- (1) 細胞の基本構造 細胞壁の役割、核や葉緑体の観察など。
- (2) 酵素のはたらき 特異性、最適温度 最適PHとの関係。
- (3) 細胞膜の性質と浸透圧

といった既習事項とのかかわりを重視した総合的な扱いにすることが望ましい。

なお、ここで紹介した方法は、当理科教育センターの通常講座の一部に取り入れている。

参考文献

- 1) 岡本修治(1987): 高等学校生物におけるバイオテクノロジーの指導の試み、一プロトプラストの観察と細胞融合に関する実験を導入して、島根県立松江教育センター紀要
- 2) 海野芳太郎(1988): バイオテクノロジー、酪農学園大学 第1回理科実験講座テキスト

(あおやま しんいち 生物研究室研究員)

十勝東北部の池田層産植物化石に関する研究

那賀島 彰一

はじめに

植物化石は、動物化石と同じ様に示準化石・示相化石として重要である。できるだけ多くの化石(葉)を一つの産地から採集し、保存が悪ければ、多くの葉片を集めて、それらを総合して植物の形態を復元し、植物が生育していた場所の古環境や古気候を解明することができる。

北海道には大型植物化石の産出地が多く、中学校第二分野「地かくとその変動」の単元や、高校の選択地学「地球の歴史」の単元などで地域素材の教材化をすすめるという観点から、授業における植物化石の活用が考えられる。

筆者は十勝管内東北部の本別地域から植物化石を採集し、クリーニングを終えたもの約100個体について化石の鑑定を行い、近似現生種が東南アジアなどのどの地域に分布しているか、古気候はどうであったかなどを研究中であり、ここでは、それを中間報告として紹介する次第である。

1 化石の産地と産状について

(1) 化石の産地

池田層から産する植物化石の産出地点を図1に示す。化石を産する露頭は、美里別川上流の中央橋付近に露出する段丘堆積層の下位の基盤にあたる部分である。また、中央橋のすぐたもとの泥岩層中にも化石層が認められるが、橋の掛け替え工事で埋められてしまい、現在は採集が困難である。

池田層の最下部にあたるビリベツ夾炭層中に2枚の植物化石層を認めることができる。なかでも顕著な化石層は下の一枚である。化石は主として凝灰質の泥岩中に産し、保存状態もよ

く産出固体数も多い。

(2) 化石の産状

化石は泥岩層中の下位の部分や泥岩と亜炭との層理面に多い。葉のほかに蓇葖も少し産出する。葉は重なり合い散在して含まれているが、比較的完全な葉形をなすものが多い。また、植物化石といっしょに貝化石(*Corbicula* sp.)も産出する。

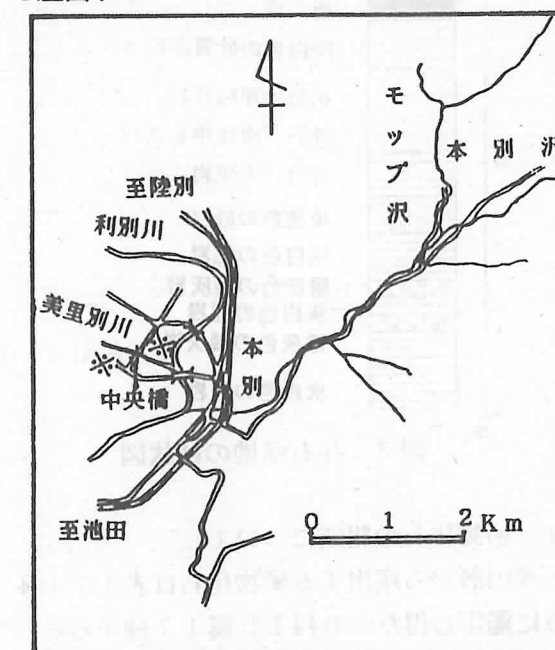


図1 植物化石の産出地点 ※……化石産地



図2 植物化石を含む地層

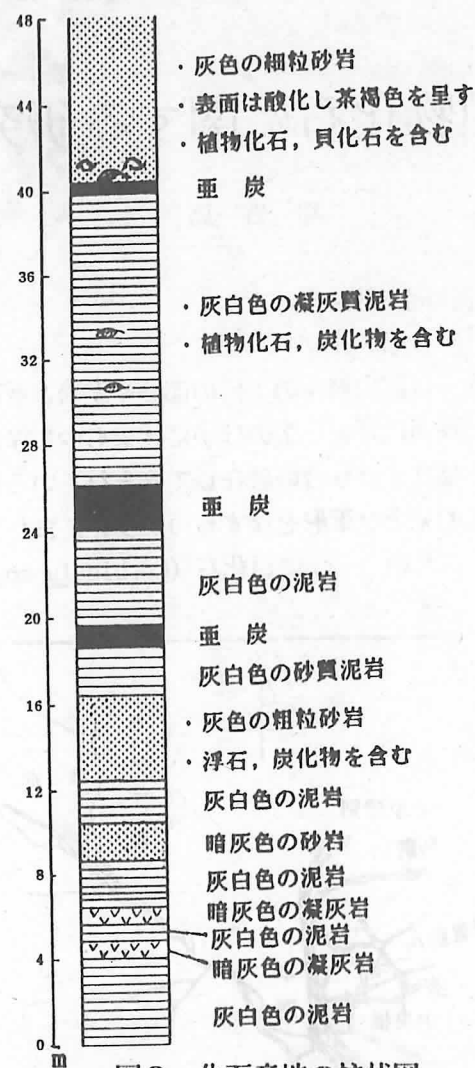


図3 化石産地の柱状図

2 植物化石の組成について

池田層から産出する植物化石は表1に示すように鑑定し得た10科12属17種からなっている。この植物化石群を産出層の名にちなんで『池田層植物化石群（以下“化石”を略す）』と呼ぶことにする。

池田層植物群のうち、最も多くの種類を有する科はAceraceae（カエデ科）、Betulaceae（カバノキ科）、Fagaceae（ブナ科）で、3種からなっている。残りの科は、2種以下で1種のみからなる科が6ある。

以上のような組成内容をもつ本植物化石群を他の植物化石群と比較してみると、近くでは名寄地域瑞穂植物群に組成内容が類似している。

3 古植生について

池田層植物群の古植生を明らかにするためには、化石群の組成及び産状はもちろん池田層が堆積した当時の古地理の様子、堆積環境を考慮しなければならない。

池田層は、新第三紀鮮新世の後期に十勝川付近を中心に出現した大きな湖（古池田湖）の湖底堆積物であると考えられている。池田層植物群を産する本別町美里別付近は、この湖の周辺地域にあたり、後背地から植物葉が運搬され堆積したものと解釈される。

表2は古植生を復元するために、池田層植物群を構成している種の主として東南アジアにおける現在の分布を示したものである。この表からわかるように、17種の化石のうち10種の化石によく似ているものが、現在の北海道、本州、四国、九州に分布しているが、*Fagus protojaponica*, *Acer pseudocarpinifolium*, *Acer palaeorufinerve*, *Acer palaeodiabolicum* は現在北海道に分布していない。

4 古気候について

(1) 気候環境の割合について

池田層から産出した化石17種を近似現生種におきかえて、それぞれの気候環境の比率を調べてみると表3のようになる

表3 気候環境の比率について

気候環境	種 (%)
亜熱帯および暖帯	0 (0%)
暖帯	0 (0%)
暖温帯	8 (50%)
温帯	4 (25%)
温〜冷温帯および亜寒帯	4 (25%)

暖温帯のものが多く50%、次いで温帯、温〜亜寒帯の順になっている。なお亜熱帯及び暖帯、暖帯のものはみられない。また、産出個体数の多い種の気候環境は

<i>Acer pseudocarpinifolium</i>	暖温帯性
<i>Alnus protohirsuta</i>	暖温帯性
<i>Alnus protomaximowiczii</i>	温帯〜亜寒帯性

表1 植物化石分類表

Sphagnaceae

Sphagnum sp.

Rosaceae

Prunus subserotina TANAI and N. SUZUKI
Sorbus uzenensis HUZIOKA

Rutaceae

Phellodendron mioamurensense TANAI and N. SUZUKI

Aceraceae

Acer pseudocarpinifolium ENDO

Acer palaeorufinerve TANAI and ONOE.

Acer palaeodiabolicum ENDO

Oleaceae

Fraxinus sp.

Ulmaceae

Ulmus protojaponica TANAI and ONOE

Betulaceae

Alnus protohirsuta ENDO

Alnus protojaponica

Alnus protomaximowiczii TANAI

Fagaceae

Fagus protojaponica SUZUKI

Quercus miocrispula HUZIOKA

Quercus protodentata TANAI and ONOE

Salicaceae

Salix sp.

Gramineae

Sasa sp.

表2 近似現生種とその分布

学名	近似現生種	北海道	本州	四国	九州	カラフト	千島	朝鮮	中国	その他
<i>Quercus miocrispula</i> (ミズナラの仲間)	<i>Q. crispula</i>	◎	◎	◎	◎	◎	◎			東シベリア, 満州
<i>Fagus protojaponica</i> (イヌブナ)	<i>F. japonica</i>		◎	◎	◎			◎	◎	
<i>Sasa</i> sp. (ササの仲間)	<i>S. borealis</i>	◎	◎	◎	◎	◎		◎		
<i>Salix</i> sp. (ヤナギの仲間)	<i>S. subfragilis</i>	◎	◎	◎	◎			◎		
<i>Phellodendron miocanense</i> (キハダ)	<i>P. amurense</i>	◎	◎	◎	◎					
<i>Fraxinus</i> sp. (アオダモ)	<i>F. lanuginosa</i>	◎	◎	◎	◎					
<i>Sorbus uzenensis</i> (ナナカマド)	<i>S. camixta</i>	◎	◎	◎	◎					
<i>Sphagnum</i> sp. (ミズゴケの仲間)	<i>S. palustre</i>									
<i>Alnus protohirsuta</i> (ヤマハシノキ)	<i>A. hirsuta</i>	◎	◎	◎	◎	◎	◎			北米大陸東南部
<i>Alnus protojaponica</i> (ヤチハシノキ)	<i>A. japonica</i>	◎	◎	◎	◎					
<i>Alnus protomaximowiczii</i> (ミヤマハシノキ)	<i>A. maximowiczii</i>	◎	◎	◎	◎					
<i>Prunus subserotina</i> (サクラの仲間)	<i>P. subserotina</i>		(中部以北)							
<i>Acer pseudocarpinifolium</i> (ヤマシバカエデ)	<i>A. carpinifolium</i>		◎	◎	◎					
<i>Acer palaeorufinerve</i> (ウリハダカエデ)	<i>A. rufinerve</i>		◎	◎	◎		◎		◎	東シベリア
<i>Acer palaeodiaboli</i> (カシカエデ)	<i>A. diaboli</i>		◎	◎	◎				◎	
<i>Quercus protodentata</i> (カシワ)	<i>Q. dentata</i>	◎	◎	◎	◎				◎	
<i>Ulmus protojaponica</i> (ハルニレ)	<i>U. davidiana</i>	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	

Quercus miocrispula 温帯～亜寒帯性と暖温帯性のものが多いことがわかる。

(2) 双子葉植物の葉縁の特性について
双子植物15種について、葉縁の特性について調べてみると表4のようになる。

表4 葉縁の特性についての割合

	全縁のもの	全縁でないもの
双子葉植物 / 5種	0%	100%

一般に双子葉植物の葉の特性は気候条件と関係があると考えられ、今まで研究者の多くはこの点に注目してきた。

遠藤(1962)は、次のように全葉縁のパーセントは熱帯林に多く、温帯に向かって少なくなることを述べている。

暖温帯性樹	全縁のもの56%	全縁でないもの44%
温帯性樹	19%	81%
寒帯性樹	8%	92%

池田層植物群は、表4から分かるように、双子葉植物のすべてが全縁でないという特徴がある。

5 考察

・Aceraceae (カエデ科), Betulaceae (カバノキ科), Fagaceae (ブナ科) の各3種が優先種で、個体数が最も多いのは、*Acer pseudocarpinifolium*, *Alnus protomaximowiczii*, 次いで *Alnus protohirsuta*, *Quercus miocrispula*, *Acer palaeorufinerve* であることから湖岸の Slope forestとして、上記のような落葉広葉高木(針葉樹を含まない)が繁っていたと考えられる。

・気候環境の割合を調べてみた結果、化石植物の生育環境は、暖温帯性から温～亜寒帯性の地域の条件を多くそなえているといえる。このことは双子葉植物の葉縁の特性からもあてはまると考えられる。

・*Fagus protojaponica*, *Acer pseudocarpinifolium*, *Acer palaeorufinerve*, *Acer pala-*

eodiaboli は現在の北海道に分布しておらず優勢であることから現在よりも温暖で、かつ湿润な気候が推定される。

参考文献

- 1) 遠藤誠道(1955): 日本産化石植物図譜, 産業図書
- 2) 遠藤隆次(1966): 植物化石図譜, 朝倉書店
- 3) 吉良竜夫(1951): 日本の森林帯, 日本林業技術協会
- 4) 宮脇昭(1978): 日本植生便覧, 至文堂
- 5) 牧野富太郎(1961): 新日本植物図鑑, 北隆館
- 6) 森下晶(1978): 日本標準化石図譜, 朝倉書店
- 7) 三谷勝利(1964): 北海道主要部における鮮新世の層序と造盆地運動について, 道地下資源調査報告 No. 32
- 8) 井上浩・他(1975): 植物系統分類の基礎, 北隆館
- 9) 大井次三郎(1953): 日本植物誌, 至文堂
- 10) 奥山春季(1977): 寺崎日本植物図譜, 平凡社
- 11) 鈴木敬治(1976): 古植生の復元と古気候の推定, 日本地質学会・日本古生物学会編「陸の古生態」, 共立出版
- 12) 鈴木順雄・岡崎由夫(1973): 北海道東部の新第三紀以降の植物群の変遷, 日本古生物学会刊, 「化石」25, 26号
- 13) 棚井敏雅(1960): 本邦炭田産の第三紀化石植物図説, 地質調査所
- 14) TANAI, T. and SUZUKI, N. (1963): Tertiary Flora of Japan, Miocene Floras, Anniversary of The Geological Survey of Japan

(なかじま しょういち 地学研究室室長)

地震教材についての一工夫

高橋 文明

はじめに

高校の地震教材では、地震発生の仕組みについて、P波の初動分布とその意味するところを扱っている。震源を出た地震波はあらゆる方向に放射されるので、立体的に考えなければならず、紙面上に平面的に描かれる図だけでは分かりづらい。P波の初動分布はステレオ投影によって表示される。押しひきの分布は断層における土地のずれを示すものと考えられ、地殻に加わった力の方向を推測する資料となる。

ここでは、1986年11月に北海道沼田町付近で起こった地震において、P波の初動分布からこの地震に関わった断層の方向と、加わった力を推定する演習と、その説明の中で用いた工夫の一つを述べる。

1 震央の推定について

北海道には札幌管区气象台と北大地震予知観測地域センターなどが設置する約30の観測点があり、常時データを収集している。震央の推定には、気象庁から発行される地震月報に掲載された留萌、旭川、札幌のデータ（表1）を用い、幾何学的に行った。結果は図1に示す。

表1 留萌、旭川、札幌におけるP波、S波の到着時刻（札幌管区气象台）

観測地	P波到着時刻	S波到着時刻	P-S時間
留萌	44m12.5s	44m15.9s	3.4s
旭川	15.4	22.8	7.4
札幌	23.8	35.6	11.8

札幌管区气象台の発表

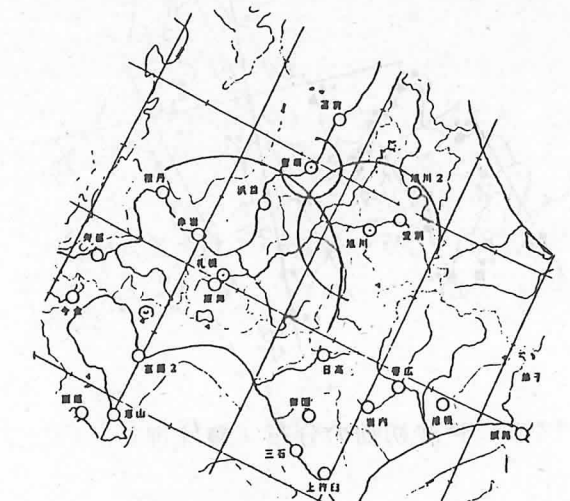


図1 震央を推定するための作図

2 P波の初動の推定

各観測地に置けるP波の初動の推定には、主に北大地震予知観測センターにテレメータによって集められた記録（図2）を用い、これに札幌管区气象台によるデータを加えて行った。

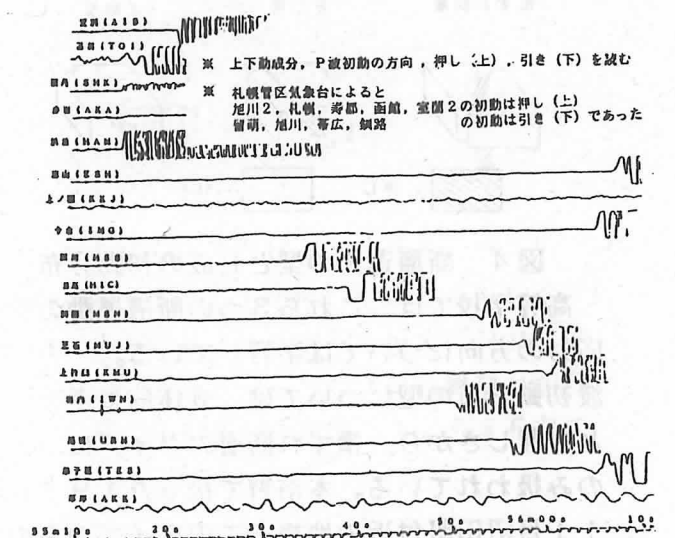
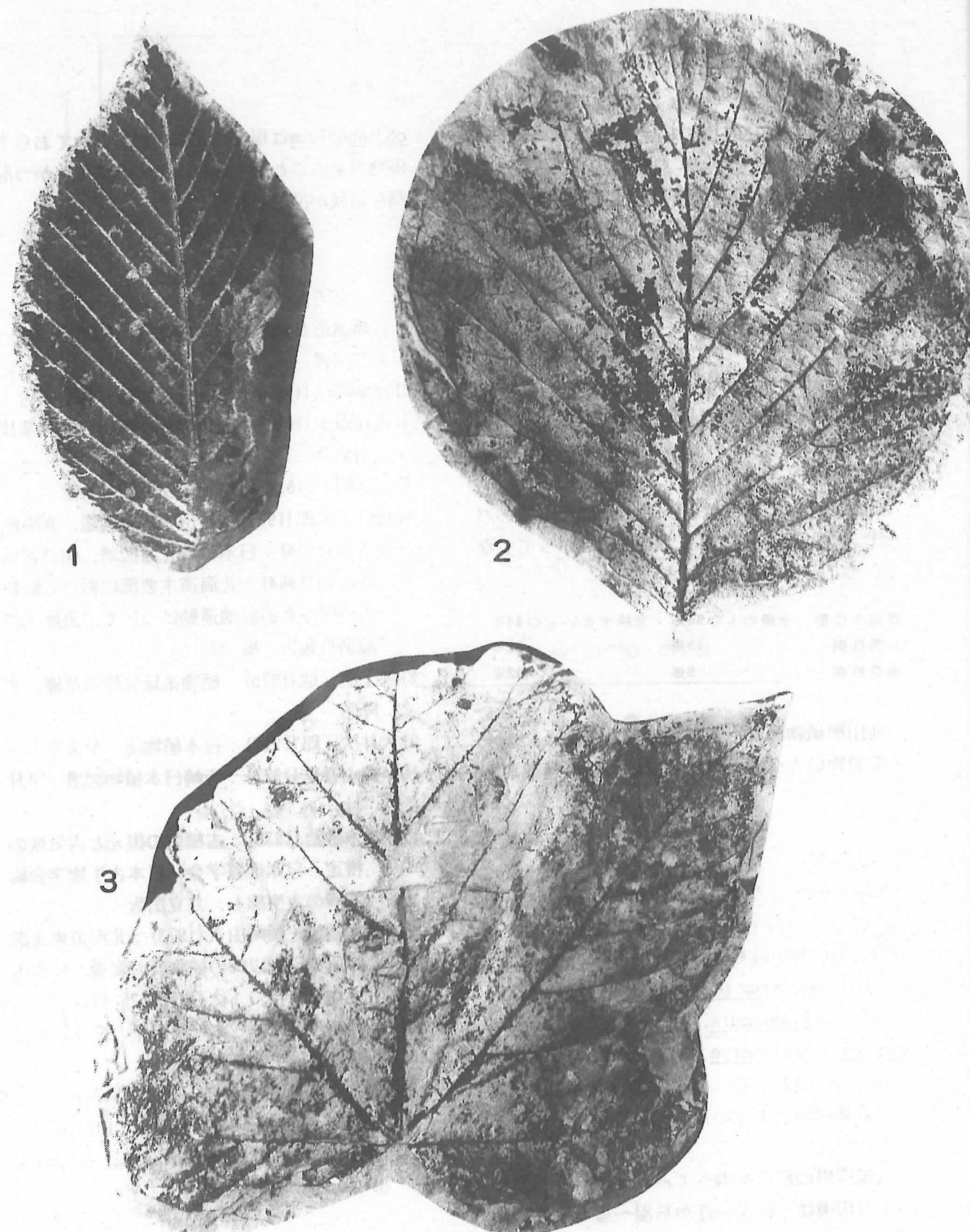


図2 北大地震予知観測地域センターに集まった記録



図版 I 池田層中の主な植物化石

1. *Acer pseudocarpinifolium* ENDO
2. *Alnus protomaximowiczii* TANAI
3. *Acer palaeodiabolicum* ENDO

(All natural size)

観測地が震央の南部に偏っているため、初動分布の推定には難しさがあるが、図3のような結果となった。

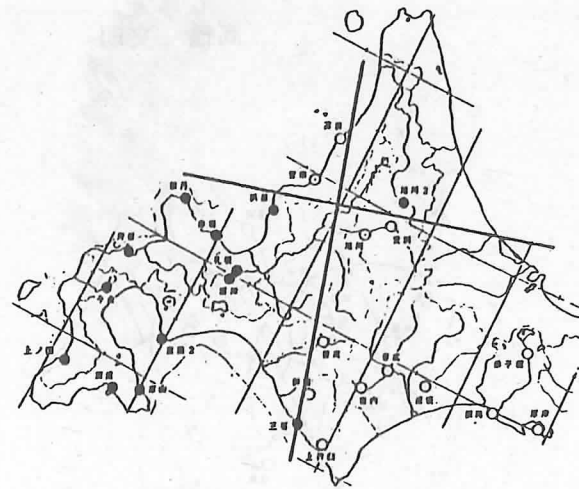


図3 P波初動の分布（●は押し、○は引き）

3 断層運動の型とP波の初動分布について

断層運動の基本型としては、横ずれ断層、逆断層、正断層に分類され、それぞれの断層運動には図4のようなP波の初動分布が対応する。

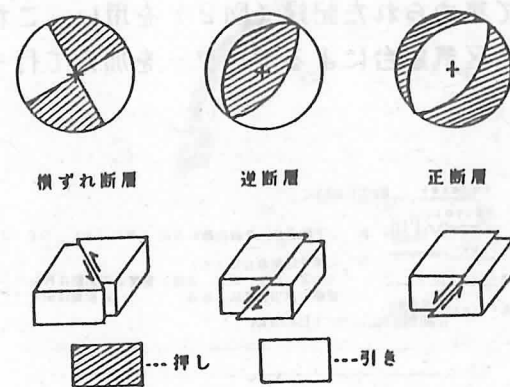


図4 断層運動の型とP波の初動分布

高等学校では、これら3つの断層運動の型と応力の方向については学習している。一方、P波初動分布の型については、立体的に考えることの難しさから、横ずれ断層のタイプについてのみ扱われている。本演習で扱った1986年11月沼田町付近の地震もこのタイプのものである。逆断層や正断層の場合はどのような初動分布図になるのか、興味のあるところである。

4 断層のタイプとP波初動分布の対応を説明するための視聴覚教具の工夫

実際に発生する地震のほとんどは横ずれ断層のタイプでない。逆断層や正断層のタイプでは、なぜ曲線で囲まれるP波初動分布の図が得られるのだろうか。発展学習として、地殻に加わる力を考えるときの参考にするために、3つの断層運動とP波初動分布の型との対応を示す視聴覚教具の工夫をした(図5)

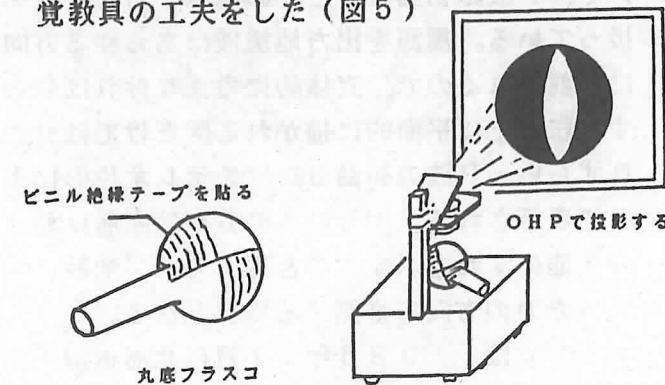


図5 視聴覚教具の例

断層に加わる応力の方向と地表で観測されるP波初動分布との対応は図6のようになる。

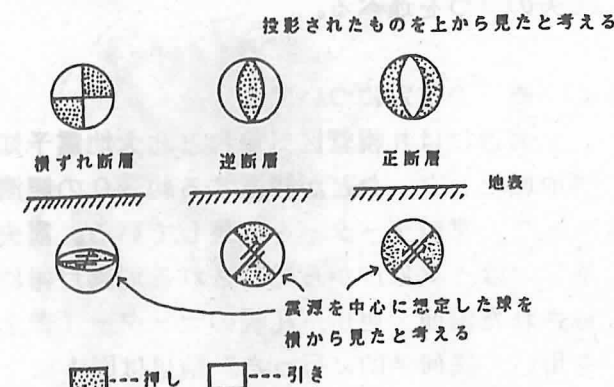


図6 断層に加わる応力とP波初動分布

おわりに

本稿は当理科教育センターで昭和63年度、平成元年度に実施した高等学校通常講座、選択地学講座の実習の一部をまとめたものである。

講座を実施するにあたり、北海道大学地球物理学教室の笹谷努、同地震予知観測地域センターの高波鉄夫の両氏に資料の提供と助言をいただいた。感謝申し上げます。

(たかはし ふみあき 地学研究室 研究員)

音調津花崗岩の不均質性について(1)

森 裕

はじめに

火成岩はその産状、岩石の持つ組織及び構成鉱物によって分類されているが、野外では複雑な岩質を示す場合が多い。一つの露頭や標本単位でもその中に様々な部分が存在し、また一枚の薄片(約2.4×2.8mm)内でも組織、構成鉱物について同様なことが認められる場合がある。

ここでは、日高変成帯に伴われる音調津花崗岩をとりあげ、その不均質性について述べる。

1 日高変成帯の概要

日高変成帯では、ミグマタイトを中心にこれを包むように片麻岩などの変成岩がほぼ南北に帯状配列している。これらの変成岩の形成に密接に伴って、各種の深成岩の活動が知られ、特に塩基性深成岩の広い分布はミグマタイトの存在と共にこの変成帯を特徴づけている(図1)。

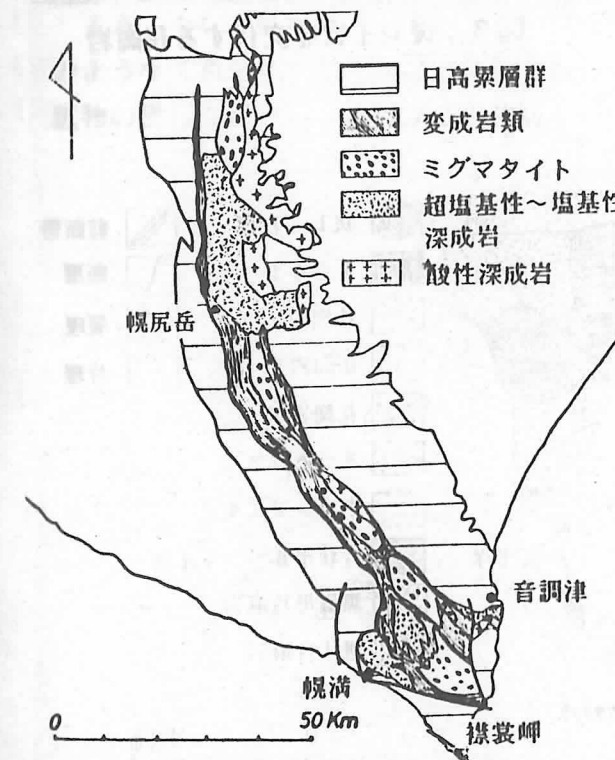


図1 日高帯の地質概念図

これらの深成作用は変成帯をはずれることな

く起こり、西から東へおおまかに超塩基性～塩基性～酸性深成岩が配列し、北部の幌尻岳、南部の幌満、音調津地域に大きな活動の場がある。

このような深成岩及び変成岩の分布は、襟裳岬から狩勝峠で一応終る。さらに北方では、片麻岩-ミグマタイトなどの変成岩を欠いているが、ホルンフェルスに伴って深成岩類の分布が知られ、変成帯の北方延長をうかがい知ることができる。

2 日高変成帯に伴う花崗岩

その中で花崗岩は、狩勝峠以南では変成帯の東縁に点在し、一般に斑レイ岩類を伴い、またミグマタイトと密接な関係を持った産状を示している。小規模な火の玉構造やアーチ構造など一部にみられるが、周りの岩石に対して非調的に変成岩や他の深成岩類の境界部に進入している。

これらの活動は深成作用の末期のものと考えられているが、さらに早期の美生花崗岩で代表される片麻状のもの、後期の塊状のものが認められる。

一般に細粒～中粒の均質岩相を示し、角閃石をほとんど含まない黒雲母花崗岩である。北部と南部では岩質に差がみられ、南部ではトータル岩質で北部へいくほどカリ長石の量が多くなる。

これらの花崗岩類は斑レイ岩を伴っているにもかかわらず、化学組成の検討から斑レイ岩質マグマの分化による花崗岩形成のプロセスは考えにくいとされ、むしろ産状、岩質などから、ミグマタイトの最終産物としてとらえられてきた。

さて、これらの花崗岩の中で、特に音調津花崗岩は次のような特色を有する。

1) 片麻岩質岩片を含み、変成帯の花崗岩質ミグマタイト（トータル岩）に類似した組成を持ち、マグマ性の花崗岩の化学組成と異なる（1951舟橋）。

2) 他の日高帯のものに比べ、塩基性で SiO_2 , K_2O に乏しく, Al_2O_3 , CaO , FeO に富み、むしろ花崗岩質ミグマタイトに類似（1967外崎）。

3) 岩質や斜長石の性質などから花崗岩質ミグマタイトに類似（1978森）。

3 音調津花崗岩

音調津付近では、ミグマタイトを中心とする変成岩が日高山脈の稜線沿いに分布し、特にミグマタイトは、大きな膨らみを持ちドーム構造をなしている。

これらの変成岩とホルンフェルスとの間に斑レイ岩類が侵入している。これらの斑レイ岩類には各種の岩相が混在し、著しい岩相変化を示し、かんらん石斑レイ岩から黒雲母閃緑岩まで認められる。石英の5cm大におよぶ球や、カリ長石の存在が特異である。

さらにこの斑レイ岩類とホルンフェルスの境界部に花崗岩が侵入している。筆者は産状や岩質などから、主なる花崗岩体を花崗岩Ⅰ、花崗岩Ⅱ、花崗岩Ⅲと名付けた（図2）。

これらの花崗岩はホルンフェルスに進入関係を持ち、境界部では多くの捕獲岩を含んだり、ホルンフェルスを一部、進入片麻岩に作り変えている。斑レイ岩類との境界部では、斑レイ岩類に不規則に入り込みながら、交代作用を行っている（図3）。



図3 斑レイ岩を交代する花崗岩

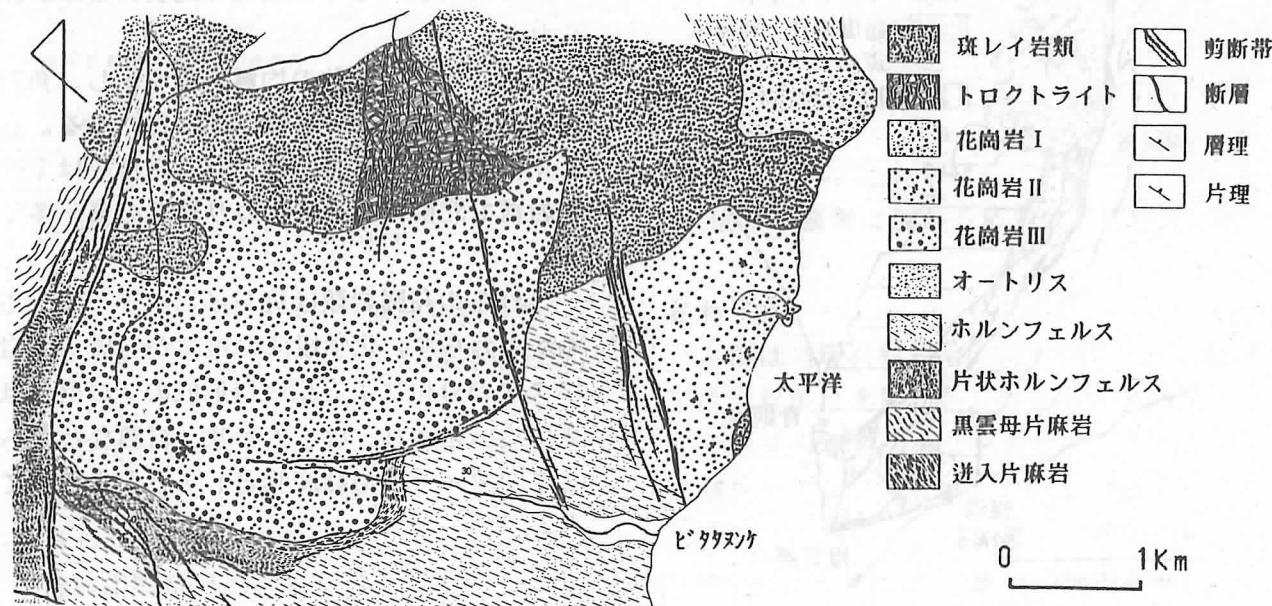


図2 音調津南部地域の地質図

詳細な産状、岩質、組織、構成鉱物については表1にまとめた。

花崗岩Ⅱ、Ⅲは、トータル岩から花崗閃緑岩の範囲にプロットされるが、花崗岩Ⅰは花崗閃

表1 音調津花崗岩の性質

	産 状	岩 質	組 織	構 成 鉱 物
花崗岩Ⅰ	北部でホルンフェルスと接するが、間にアプライト岩脈の貫入がある。南部で斑レイ岩類と接するが、様様な中間的岩相が観察され、明瞭な境界をつけがたい。	優白質～優黒質細粒花崗閃緑岩～花崗岩質。有色鉱物の集合体が認められ、輝石を含むことが特徴。	オフィチック～半自形粒状組織（組織の変化に富む）	斜長石>石英>カリ長石>黒雲母>角閃石>輝石、鉄鉱、アパタイト、緑泥石、緑簾石、ざくろ石、ジルコン
花崗岩Ⅱ	北部で斑レイ岩と接し、これらの同化体形成（シソ輝石花崗岩）南部ではノーライト質斑レイ岩を貫いたり、これらとの移化帯を形成している。南端部では剪断帯を伴ってホルンフェルスと接する。	優白質中粒トータル岩質～花崗閃緑岩質。有色鉱物の集合体が認められ、輝石を含む。北部では輝石を含む。	半自形粒状組織	斜長石>石英>黒雲母>カリ長石>角閃石>鉄鉱、アパタイト、ジルコン、緑泥石、緑簾石
花崗岩Ⅲ	北部では、斑レイ岩と接するが、これらを島状に同化している様子がみられる。南部では、ホルンフェルスと剪断帯を伴って接する。また接触部付近で、ホルンフェルスを進入片麻岩に変えている部分もある。西部は猿留剪断帯によってホルンフェルスと接する。	優白質中粒トータル岩質～花崗岩質（花崗岩質ミグマタイトに類似）。猿留剪断帯近くの岩相は、様々な第三紀様式岩中の花崗岩に類似する。	半自形粒状組織（六角板状黒雲母が特徴）	斜長石>石英>黒雲母>カリ長石>角閃石>鉄鉱、アパタイト、ジルコン、ざくろ石、電気石

また、主なる鉱物のモード分析を行い、図4のような三角ダイヤグラムにプロットし、構成鉱物の量比などから、岩質などの検討を行った。

緑岩から狭義の花崗岩の範囲に入る。

このように花崗岩Ⅰはモード分析からは他に比べ、狭義の花崗岩に近いが、組織、構成鉱物

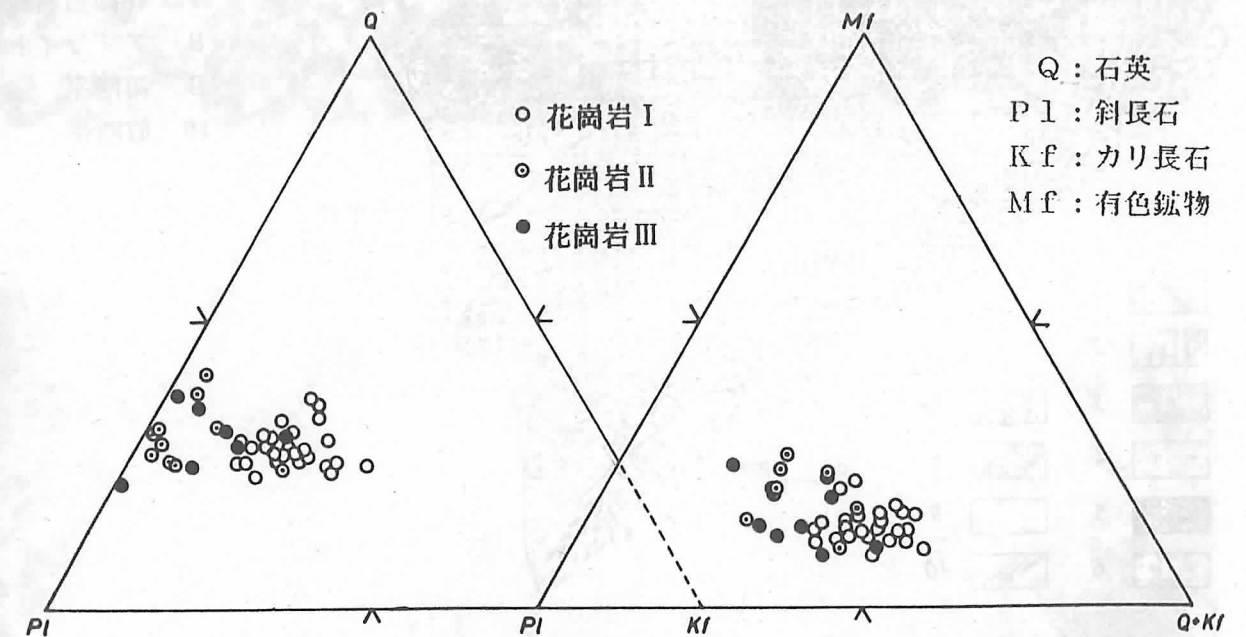


図4 音調津花崗岩の鉱物量比

などの点から、花崗岩として特異な岩質を示しており、今回この岩相を取り上げ、具体的にどんな特徴を持つか述べたい。

4 花崗岩 I の岩相

北部でホルンフェルスとアプライト岩脈を境に接し、南部では斑レイ岩類と接する。主に野外の観察から、おおまかに三つの岩相に区別される。これらは、南部から

- ・優黒質斜長石斑状細粒岩相（以下A岩相と呼ぶ）
- ・優黒質細粒岩相（以下B岩相と呼ぶ）
- ・優白質細粒～中粒岩相（以下C岩相と呼ぶ）

の順に帯状にほぼN70°W方向に分布し、互いに漸移する（図5）。

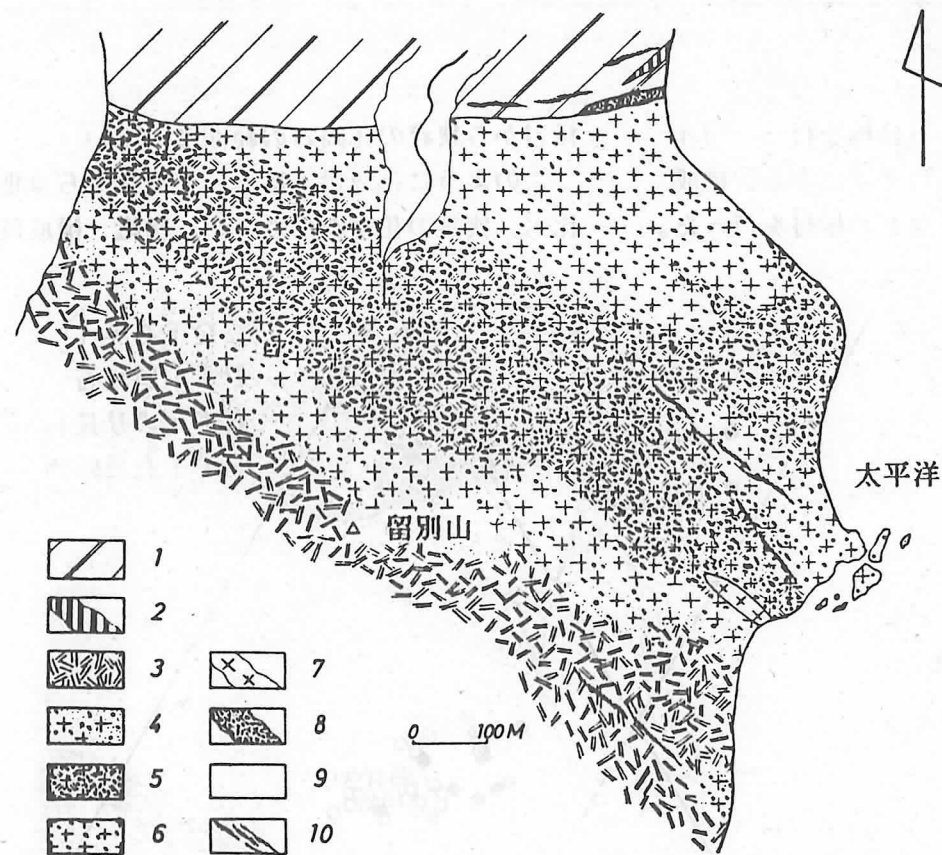


図5 花崗岩 I の地質図

これらの岩相には、輝石、角閃石、黒雲母の集合体や、細粒の優黒質の部分が至る所にみられ、組織を複雑なものにしている（図6）。

5 各岩相について（表2）

(1) 組織

A岩相では、粒状～卓形の細粒斜長石をより大きな石英、カリ長石が間を充填しているものである。斜長石は、斑状に大きいものがある。

B岩相では、オフィチック組織の部分があり、また、石英、斜長石、カリ長石の発達をみる。

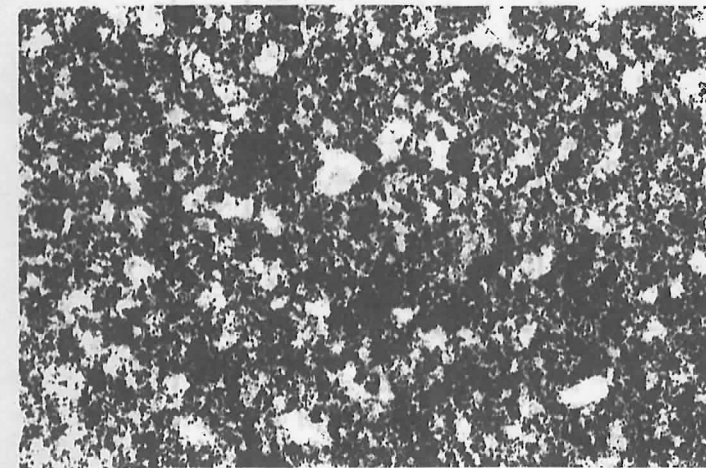
C岩相では、オフィチック組織を一部に残しつつも、石英－斜長石－カリ長石のより大きな結晶の組み合わせからなる半自形粒状組織の部分がかなりの部分を占めるものとなっている。

このように、塩基性岩様の組織が所々にみられ不均質で、細粒であるなどが特徴である。

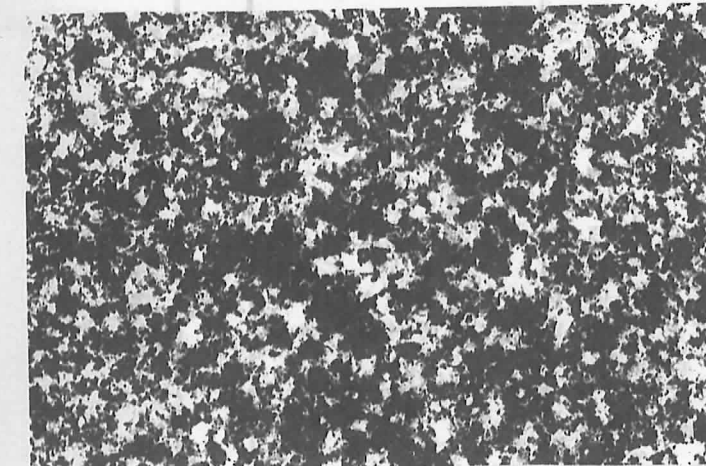
《 凡 例 》

- 1 ホルンフェルス
- 2 ヒン岩
- 3 斑レイ岩類
- 4 花崗岩（A岩相）
- 5 花崗岩（B岩相）
- 6 花崗岩（C岩相）
- 7 花崗岩岩脈
- 8 アプライト岩脈
- 9 第四系
- 10 剪断帯

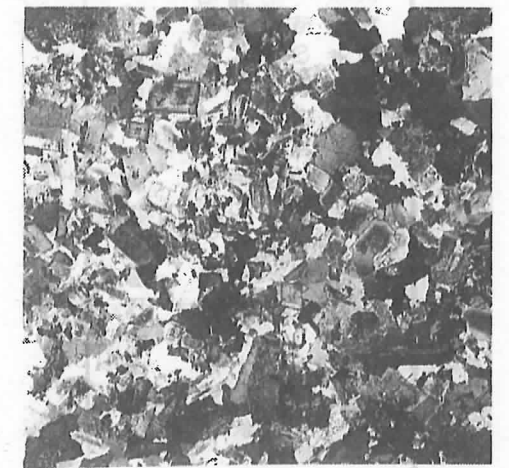
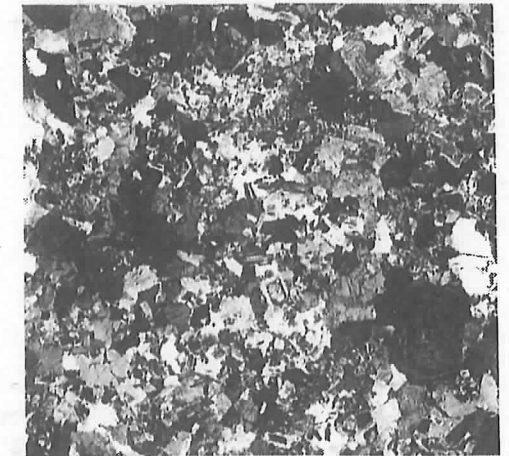
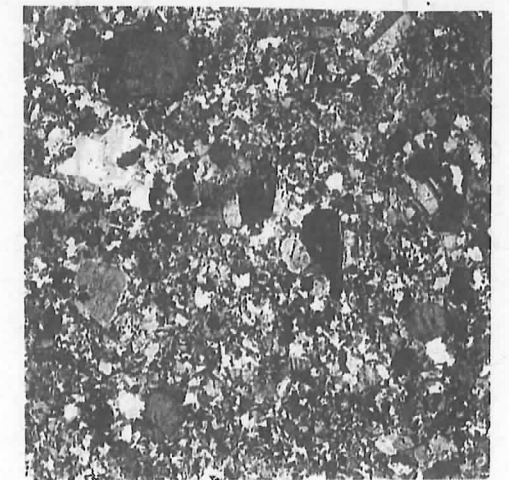
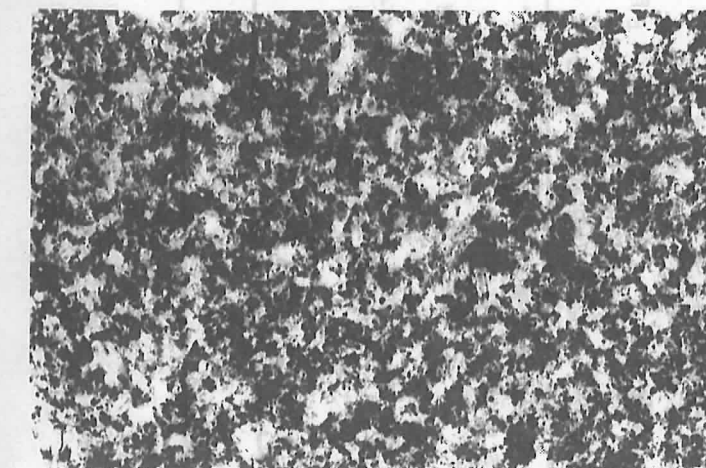
A岩相（優黒質斜長石斑状細粒岩相）



B岩相（優黒質細粒岩相）



C岩相（優白質細粒～中粒岩相）



(×1)

(×3.7)

図6 花崗岩 I の各岩相（左）と顕微鏡下の写真（右、直交ポーラー）

に比較し、斜長石に富み、石英、カリ長石に乏しく見かけに反し、やや塩基性である(図7)。

6 斑レイ岩類について

花崗岩Iに接する斑レイ岩類は、一般にノールライト質であるが、斜長石の斑状のもの、細粒部分、ペグマチックな部分を持つもの、閃緑岩質なものなど認められ、著しい岩相の変化がみられる。また5 cmに達する石英球の存在、カリ長石の存在などでさらに岩相を複雑なものとしている。

花崗岩との境界部では、花崗岩が島状に斑レイ岩類を交代し、そこでは斑レイ岩、花崗岩ともに斑状の大型斜長石がみられる。

斑レイ岩はオフィチック組織を主とし、部分的に石英、カリ長石の大きな結晶がみられ、半自形粒状組織を形作り、花崗岩様の組織になっている。

(2) 構成鉱物についての特徴

ア これらの岩相には輝石が含まれていることがあるが(特にA、B岩相に多い)、この輝石はシソ輝石、普通輝石であり、一部がカミングトン角閃石化していたり、さらに黒雲母化している。

イ 輝石を伴わない部分でも、黒雲母は、赤褐色の強い他形結晶で、集合体を形成しており、輝石や角閃石から変化したものと推定される。

ウ アパタイトが非常に多く含まれ、体積比にすると2%に及ぶものも認められる。なかには針状の長い結晶のものもある。

エ 有色鉱物に伴って、鉄鉱が多く認められる。

(3) 鉱物量比

これらの鉱物の量比をメカニカルステージを用いて測定し、三角ダイヤグラムにプロットして各岩相を比較すると、ほぼ同じ領域に分布するが、C岩相はやや他の岩相

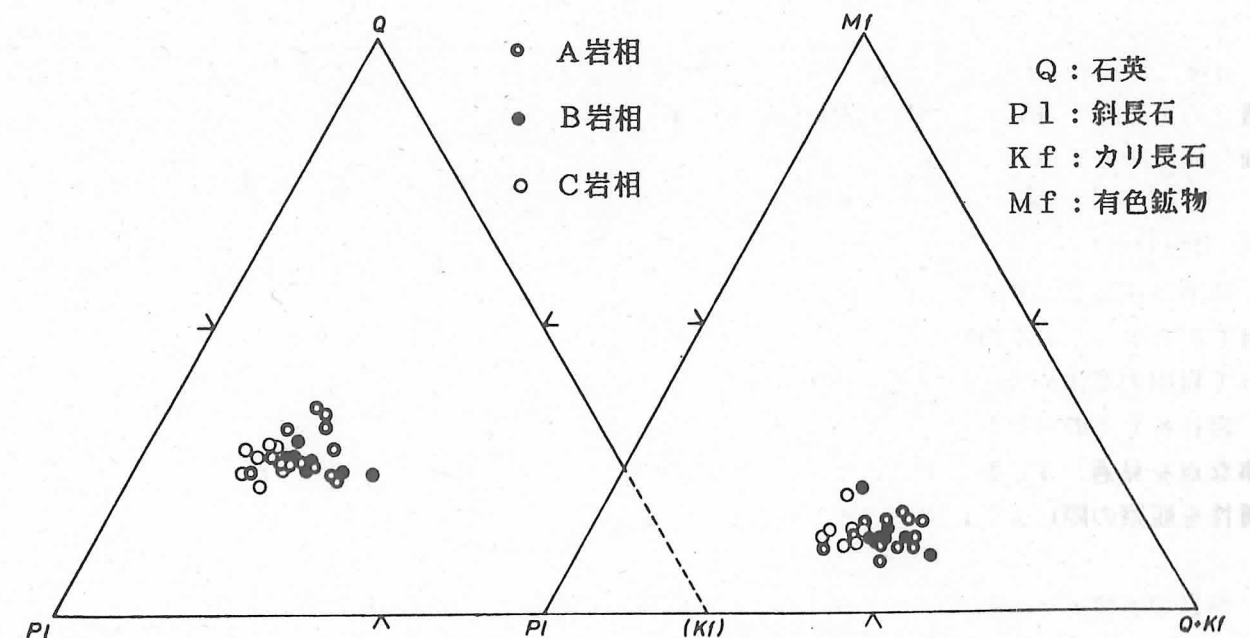


図7 花崗岩Iの鉱物量比

表2 花崗岩Iの性質

産 状	岩 質	組 織	構 成 鉱 物
A 岩 相 花崗岩Iの南部の岩相で、他に比し、岩中の網状に発達する。	優黒質細粒花崗閃緑岩～花崗岩質の集合体あり	細粒の斜長石、石英、カリ長石、角閃石、黒雲母の集合体。黒雲母が型交代結晶。	斜長石、石英、カリ長石、角閃石、黒雲母、角閃石、シソ輝石、鉄鉱、アパタイト 【斜長石】半自形～自形、粒状～柱状、0.02～2.2mm、黒雲母構造(An成分 核=20～70% 最外殻=5～45%)、7-12μm、カ-420°、双晶 【石英】他形、斜長石の間をうめる。 【カリ長石】他形、半自形、0°-94°構造、文象構造 【黒雲母】他形、赤褐色、シソ輝石や角閃石を交代する
B 岩 相 花崗岩Iの主要な岩相で最も広い分布。オゾニウム節理。	優黒質細粒花崗閃緑岩～花崗岩質の集合体が多い	斜長石、石英、カリ長石、角閃石、黒雲母の集合体。斜長石が型交代結晶。	斜長石、石英、カリ長石、角閃石、黒雲母、角閃石、シソ輝石、鉄鉱、アパタイト 【斜長石】半自形～自形、粒状～柱状、0.02～2.2mm、黒雲母構造(An成分 核=20～70% 最外殻=5～45%)、7-12μm、カ-420°、双晶 【石英】他形、一部粒状 【カリ長石】他形～半自形、0°-94°構造、カ-420°、双晶 【黒雲母】他形、赤褐色、輝石などを交代する
C 岩 相 花崗岩Iの北部岩相。北のオゾニウム節理に進入し、捕獲岩を含む。	優白質細～中粒花崗閃緑岩～花崗岩質	半自形粒状組織	斜長石、石英、カリ長石、角閃石、黒雲母、角閃石、シソ輝石、鉄鉱、アパタイト 【斜長石】半自形～自形、粒状、柱状、0.3～3.0mm、黒雲母構造(An成分 核=20～62% 最外殻=5～35%)、7-12μm、カ-420°、双晶 【石英】他形、他の鉱物間をうめる 【カリ長石】他形、半自形、0°-94°構造 【黒雲母】他形、角閃石を交代する

7 考察

音調津花崗岩 I は輝石を含んだり、有色鉱物の集合体をもっていたり、オフィチック組織（塩基性岩）の部分をとくさん残し、また細粒である。花崗岩との境界部の斑レイ岩にも似たような組織が見られるし、花崗岩 I は A 岩相から C 岩相に漸移している。その漸移は、斑レイ岩的な組織の部分や、有色鉱物の集合体が減少していくことによって達せられる。

このようなことから、筆者は次のように考えている。

- 1) 花崗岩 I の形成に斑レイ岩が関わっていたこと
- 2) 花崗岩 I の形成の際、A 岩相→B 岩相→C 岩相へと斑レイ岩の要素を減らしながら、斜長石の増加やそれに伴う岩石の漂白化、鉱物の粗粒化が生じたこと

そして、このようなことが露頭一個から一薄片までに認められる結果、花崗岩 I は非常に不均質な岩相を示している。

この原因として、中心部のミグマタイト形成の延長上で、斑レイ岩が一部花崗岩化され、それらが均質に進まなかったためと考えることができるかもしれない。

今後これらのことを明らかにするため、不均質さの定量化や斑レイ岩類内での岩相変化の詳細な観察などを行っていきたい。

8 おわりに

音調津花崗岩は変成帯に伴われる特異な花崗岩であるが、その不均質性をとらえることによって岩相の変化や成因の手がかりが得られる。

岩石名やその分類だけにこだわっていると大事な点を見過ごすことがあり、このような不均質性を観察の際に大切にすべきである。

参考文献

- 1) 舟橋三男(1951): 北海道の日高帯と神居古潭帯の岩石, 地球科学, 第4号
- 2) 外崎与之(1967): 北海道産花崗質岩類の化学成分について, 柴田秀賢教授退官記念論文集, pp.103-112
- 3) I. U. G. S (1973): Plutonic rocks, classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks, Geotime, Vol. 18, pp.26-30
- 4) 在田, 森 他(1978): 日高変成帯南部の変成岩類とミグマタイト類について, 地団研専報, 第21号, pp.27-41

(もり ひろし 地学研究室 研究員)

小学校における植物教材園のありかた

乳井 幸教 河原 英男

はじめに

近年、児童の自然離れが大きな問題になっている。理科の学習にとって最も大切なことは、何といても自然をありのままにみるということである。これは単に自然をながめるということではなく、自然にひたり、その中から疑問や問題を見つけ出し、自分の考えをいろいろ模索したあと、さらにもう一度、自然を見つめ直すという観察の仕方をいうのである。そこから得た経験や知識、さらに科学する心や目こそ理科教育の目標であり、児童に期待する理科学習における態度なのである。「自然の観察なくして、理科の学習はない」とさえいえる。

こうした児童と自然との触れ合いの場をもっと豊かなものにしていくために、まず、身の周りに生育している植物に目を向け、その一つ一つの植物のもっている特徴をいかに教材として活用できるかを検討してみた。さらに、教科書で教材として扱われている植物と対比しながら、より地域に合ったものを選び、その中から、各学校の教材植物園に、教材として植栽しておきたいものは何かについて検討した。ここでは、小学校における教材植物園の種類とそのねらい、そこに植えておくことが望ましい植物の種類やその植物がどの学年のどの学習内容に活用できるかを述べる。

1 植物教材園の造成に当たって

造成に当たってのいくつかの留意点をあげ

ると、

- (1) 学校の教育目標や教師の意図するねらいをもっていること。
- (2) 年間の学習計画と結びつき、十分活用できること。
- (3) 地域の自然環境や、校地の立地条件に合った無理、無駄のない発展的に利用できること。
- (4) 設営後の管理の経費を十分考慮した適切な規模であること。
- (5) 学校環境美化の一環として計画し、環境美化やその他の施設との関係なども考慮すること。

などをあげることができる。また、これを理科学習に役立てるという点から、児童の側に立って、望ましい植物教材園のあり方を考えてみると、

- (1) 興味、関心をもって、観察したり、調べたりすることができるもの。
- (2) 疑問や問題を持ち、科学する心と目を育ててくれるもの。
- (3) 日々の理科学習と結びついたものであり、常に活用できるもの。
- (4) 地域に密着したものであり、郷土の自然に目が広げられていけるもの。
- (5) 手入れ、世話が難しくなく、喜びをもって接することができるもの。

2 教材植物園の種類とその活用

教材植物園といってもその活用の方途によりいくつかに分けることができる。樹木のように毎年、同じ位置にどっかりと根をおろし、太い幹にたくさんの枝を張らせ、葉を茂らせている

ものを集めてこれを教材として役立てる樹木園もあるだろうし、毎年、児童が期待と願いを込めて植え、育てていくような栽培植物園もあるだろう。ここでは、それらの教材植物園の種類をいくつか紹介し、表1に示す。

表1 植物教材園の種類とその活用

種 類	活 用
1 樹 木 園	広葉樹、針葉樹の違いや、常緑樹、落葉樹の違いを観察したり、木の肥大成長や伸長成長の様子を調べたりする。また、森林として生物相互の関係をとらえる学習に役立てるとともに、児童の自由な発想を生かし、木の実や木の葉を用いた製作活動や野外体験活動の場としても活用したい。
2 花 だ ん	教材用の花を植えて、その成長の様子を観察したり、花、葉、茎、根などのつくりを調べたりするとともに、さし木やさし芽などによって殖やした苗を用いて草花の栽培技能を身につける。
3 栽培植物園	アサガオ、ヒマワリ、ホウセンカ、アブラナ、ヘチマ、ヒョウタン、ジャガイモ、トウモロコシ、カボチャなどの教科書でも取り上げている主教材となる植物を栽培し、その成長の様子を調べるものであるが、意図的に条件を変えて成長の違いの比較をするのに活用する。
4 野 草 園	校地に残された草原をそのまま教材として使い、その群落の季節的な移り変わりを調べたり、それぞれの野草の生態型を調べたりする。また、近くの山野、海浜などから採り寄せた野草を栽培、管理し、その形態やつくりを観察したり、比較、分類したりするのに活用する。
5 水生植物園	ホテイアオイ、オオカナダモなど教材としての水生植物を栽培しておいたり、植物性プランクトンやミジンコなども同時に培養しておくものであるが水生の昆虫類、魚類、は虫類なども一緒に飼育しておくことが食物連鎖のバランスを保たせる上で望ましいし、活用の度合いも広がる。

このように、教材植物園といっても、その目的や活用の方途によって、いくつかの種類があるわけであるが、花だんや栽培植物園については、教科書、指導書等でよく述べられている。

ここでは、樹木園、野草園について、その望ましいあり方を述べる。



そめいよしの
Prunus yedoensis Matsum.

3 樹木園

樹木の選定にあたっては次のことに留意する必要がある。

- (1) 身近な植物で、児童に親しみのあるものを選ぶ。
- (2) 教科書によく収載されている教材性の高いものを選ぶ。
- (3) 地域の自然環境に合った丈夫で管理のし

やすいものを選ぶ。

- (4) 敷地の広さや樹木の成長の度合いを見通し、日当たりや枝の重なりなども考慮して選ぶ。
- (5) 児童の安全面を配慮し、するどいとげを、持っているものや、皮膚にかぶれをおこすようなものは避ける。

表2 樹木園に植えておきたい樹種と学習することから

	樹 種 名	科 名	学 習 す る こ と が ら	学 年
1	サクラ	ばら科	花のつくり (離弁花)、花粉、葉の形 (完全葉) やつくりとはたらき (蒸散作用) 冬芽のようす、木の形	3, 4 5, 6
2	ツツジ	つつじ科	花のつくり (合弁花)、おしべとめしべ 葉の形と葉脈 (網状脈) 実の散り方	3, 4
3	アカマツ クロマツ	まつ科	木の伸び方、幹の様子、年輪 葉の形と付き方、常緑 雄花と雌花、花粉、まつぼっくりと種子	1, 2 3, 4 5, 6
4	アジサイ	ゆきのした 科	葉のつくり (葉脈、気孔) 蒸散作用、光合成 花の汁 (酸とアルカリ)	4, 5 6
5	イタヤカエ デ	カエデ科	花と実 (めしべのつくり)、実の形、殖え方 葉の形、紅葉と落葉 冬芽	1, 2 3, 5
6	イチョウ	いちょう科	木の形、雄株 (精子)、雌株 (花と実) 葉の形、黄葉、落葉 裸子植物	1, 2 3, 4 5, 6
7	ミズナラ	ぶな科	木の形 葉の形 (葉脈、きょ歯) どんぐり	1, 2 3
8	イチイ	いちい科	木の伸び方 裸子植物、針葉樹、常緑 雄株 (花粉)、雌株 (赤い実)	3, 4 5
9	アオキ	みずき科	さし木 葉のつくり (断面)、常緑	3, 5
10	メタセコイ ヤ	すぎ科	木の形 葉の出方、(生きた化石) 落葉	1, 2 6
11	ナナカマド	ばら科	葉のつき方 (奇数羽状複葉) 花のつくりと実のでき方 実に集まる野鳥	1, 2 5, 6

4 野草園

従来、あまり教材として取り扱われることがなかったが、花だんの花以上に教材性の高いものもあり、今後、各学校で造園し、活用していくことを勧める。

野草園の長所としては、

- (1) 入手しやすく、施肥の必要もない。
- (2) 日なた、日陰に植えなくても、その成長の早遅、成長の違いを調べることができる。
- (3) 自然の中における季節的消長や成長変化を調べることができる。
- (4) 人為がないため、植物の各器官の進化の特性や環境への適応性を顕著に備えている。

(5) やや広い野草園では、虫のすみかともなり、一石二鳥の効果がある。

などがあげられる。一方、短所としては、

- (1) 長期にわたる同一群落の管理が難しい。
(帰化植物の侵入や群落の変遷など)
- (2) 移植が難しく、校地のどこに多くあるかなどを詳細に知っておく必要がある。
(校地野草分布図など)
- (3) 花の大きさが小型のため、肉眼での観察が難しい場合があることなどであるが、身近に見られる野草とその教材性について表3に示す。

表3 身近に見られる野草とその教材性

	植 物 名	科 名	学 習 す る こ と が ら	学 年
1	セイヨウタンポポ	きく科	草花遊び、花のつくり、実のでき方 ロゼット葉、さし木・さし芽	1, 2 3
2	ヨモギ	きく科	日あたりと成長、実と種子	2, 5
3	ヒメジョオン	きく科	日あたりと成長、茎のつくり	2, 5
4	ノゲシ	きく科	草花の育ち方、花や実の汁	1, 3
5	アキタブキ	きく科	雄花、雌花、花と葉の関係	3, 6
6	ゴボウ	きく科	草花遊び、実のつくり、主根のつくり	1, 3
7	オオバコ	おおばこ科	草花遊び、根出葉	1, 3
8	ヘラオオバコ	おおばこ科	草花遊び、根出葉	1, 3
9	キツリフネ	つりふねそう科	花のつき方、実の形、種子の散り方	2, 5
10	ツリフネソウ	つりふねそう科	花のつき方、実の形、種子の散り方	2, 5
11	オドリコソウ	しそ科	花の形、花のつき方、茎の稜	3
12	ヒメオドリコソウ	しそ科	帰化植物、花の形	3
13	シロツメクサ	まめ科	草花遊び、花のつくり、花と虫、ほふく茎	1, 3 6
14	アカツメクサ	まめ科	花のつくり、花と虫(蜜)	3, 6
15	ヒルガオ	ひるがお科	花のつくり、つる性(巻き方)	3
16	オオイタドリ	たで科	草花遊び、茎のつくり、雌雄異株	1, 3 6
17	ミチヤナギ	たで科	環境への適応、踏まれ方と形態	2, 6
18	ナズナ	あぶらな科	草花遊び、花のつくり、実の形、花と虫	1, 3
19	キレハインガラシ	あぶらな科	花のつくり、帰化植物、実の形、花と虫	3, 6
20	マイヅルソウ	ゆり科	花のつくり、単子葉	3
21	オオアマドコロ	ゆり科	塊根と発芽、葉のつき方	3, 4
22	オオアワガエリ	いね科	草花遊び、茎のつくり、	1, 5
23	エノコログサ	いね科	草花遊び、花のつくり	1, 3

(ちちい ゆきのり 初等理科研究室長)

(かわはら ひでお 生物研究室 研究員)

投稿規定

〈原稿の内容〉

理科教育及び理科の専門領域に関する調査・研究とする。

〈投 稿 者〉

投稿者は、原則として北海道立理科教育センター事業課職員とする。

〈執筆要領〉

執筆要領の詳細については編集委員会が別に定める。

投稿予定者はその年の8月末までに編集委員会に連絡をとるものとする。

〈投稿及び連絡先〉

〒064 札幌市中央区宮の森4条7丁目

北海道立理科教育センター 研究紀要編集委員会

☎ (011) 631 - 4406

北海道立理科教育センター

研 究 紀 要

第2号

発行日 平成2年3月31日

発行所 北海道立理科教育センター

〒064 札幌市中央区宮の森4条7丁目

☎ (011) 631 - 4406