

263.7

103₁



始



215638



神戸伊三郎著

理科學習原論

東京
大阪
東洋圖書株式合資會社發兌

大正
15. 9. 13
内交

263.7-1034



序

私は大正十一年十月、學習本位理科の新指導法を公表いたしました。それは十數年來の私の實際經驗研究をまとめたもので、その當時に於ては自信のあつたものでありました。

然るに、その後研究を積むに従つて、あれでは尙ほ多くの不十分な點を殘してゐることを發見しました。時のたつに従つてその不充分は缺陷となり、昨今に至つては、もう耻かしくて、このまゝに世に出して置くことが出来なくなりました。讀者から好評のお便りを得れば得るほど、一層赤面するばかりです。それで止むを得ず、昨年の末發行書店に願ひして、絶版にしてみました。

本書はその改作版です。理科學習原論とは名づけましたが、多くの實際指導例をはさんで極めて平易に説いたつもりです。子供の理科を實際に指導しながら、自然科学の本質と教育の新思潮とを考察して、理科學習指導

序

一

序
二
の要諦をつかんだつもりです。それでもまだ不十分な所はありませうが、これによつてこの數年間に於ける私の進歩の跡が見ていたゞけるかと思ひます。

本書の成るは固より私一個の力ではありません。先輩同僚各位并に兒童生徒諸子の直接間接の力にまつところ頗る多いのであります。茲に改めて深く感謝いたします。

大正十五年八月二日

著者

理科學習原論 目次

第一講 自然的連鎖的發展の理科學習

一 「音」取扱の一般様式……………	一
二 學習題目と指導題目との區別……………	四
三 相互學習の第一時……………	一一
四 實驗方法の指導はかうしたい……………	一三
五 シロホンの證明をハーモニカで……………	一七
六 琴の學習から新問題……………	一九
七 深入りした樂器の研究……………	二六
八 更に多くの思ひの發展……………	三一
九 教師が解説してやる内容……………	三六
一〇 人の聲帯・昆虫の鳴器……………	四〇

目次

- 一 魚の耳から音の傳達の吟味…………… 四一
- 二 蓄音機・ラヂオへの發展…………… 四七
- 三 相互學習の跡をかへりみて…………… 四八
- 四 學習の深化…………… 五一
- 五 研究的分析の學習…………… 五四

第二講 學習問題の構成と理科の本質

- 一 分類を要求する疑問…………… 六一
- 二 因果關係を要求する疑問…………… 六九
- 三 概括によつて統一して行く…………… 七七
- 四 合目的性の因果關係…………… 八〇
- 五 目的論と因果法との關係…………… 八四
- 六 生態的解釋と學識…………… 八八
- 七 生態的意義と作用といふ言葉…………… 九四

- 八 自然語と眞理…………… 九八
- 九 知識の系統化…………… 一〇〇
- 一〇 知識の因果化…………… 一〇六
- 一一 組織化の對象資料…………… 一〇七
- 一二 科學知識と常識…………… 一一〇

第三講 理科新指導の根本義

- 一 新舊教育の根本的相違…………… 一一三
- 二 この傳き疑問…………… 一一四
- 三 小アルキメデス…………… 一一六
- 四 科學的心性の發生…………… 一二〇
- 五 止むに止まれぬ内面的の要求…………… 一二二
- 六 子供にも自覺させる…………… 一二六
- 七 心性發展の系統…………… 一三〇

- 八 何の爲めに理科を學ぶか……………一三三
- 九 心性高調の機會は去り易い……………一三八
- 一〇 子供の獨自生長性を活躍せしめる……………一四二
- 二 學習の對象を實在の事物に取らせる……………一四六
- 三 貯蓄主義の弊……………一四八
- 三 理科學習の方法を體得させる……………一四九
- 四 獨創工夫の精神を發揮させる……………一五一

第四講 自由選題の理科指導

- 一 獨自學習の一般様式……………一五五
- 二 自由選題に入るの第一時……………一五七
- 三 最初の相互學習……………一五八
- 四 驚異の時代？……………一六二
- 五 部分觀察の價值……………一六四

- 六 内面的に動く心……………一六六
- 七 子供の後について行く……………一六七
- 八 題目梗概法……………一七〇
- 九 次第に學習の範圍を擴張する……………一七三
- 一〇 花より葉への發展……………一八〇
- 二 托葉の生態的意義……………一八四
- 三 花外蜜腺と葉の單複……………一八九
- 三 こんな學習が行はれるのが理想……………一九三
- 四 物を讀むことが本當の理科……………一九八
- 五 自由學習の成績……………二〇一
- 六 未成不完全から出發……………二〇四
- 七 相互學習でその缺陷を補ふ……………二〇九
- 八 相互學習で新題目を捉へる……………二一六

第五講 題材共選の理科指導

- 一 自由選題の缺陷を補ふ……………二二一
- 二 題材共選の利點……………二二四
- 三 類を知らうとする要求……………二二六
- 四 分類取扱に對する私の態度……………二三〇
- 五 水母は蛸の類？……………二三三
- 六 子供の知つてゐる動物の類別……………二三六
- 七 女兒の嫌ふ蚯蚓と蛇……………二三八
- 八 有脊椎・無脊椎の區別……………二四一
- 九 閉却せられてゐる系統分類の取扱……………二四四
- 一〇 賛否まち／＼の賢論愚評……………二四七
- 二 題材選定上の注意……………二五六
- 三 自然的連鎖的發展……………二六〇

第六講 理科學習の生命と觀察の新心理

- 一 問題法におちいり易き缺陷……………二九五
- 二 結論の豫想の伴つた問題……………二九九
- 三 觀察は虚心坦懐なるべからず……………三〇二
- 四 意志的活動の根本要素……………三〇四
- 五 探偵の眼と發見の興味……………三〇七
- 六 誤られたる歸納推理の解釋……………三一一
- 七 特殊から一般への飛躍……………三一五
- 八 學習活動の動機……………三一八

九 發明發見の機縁……………三二〇

一〇 偶然發見にも結論の豫想がある……………三二四

一一 豫想は完結を待つに及ばず……………三三〇

一二 假定の立て方も指導する……………三三五

第七講 科學的方法と思考の新心理

一 自然科學の特徴……………三四一

二 思考力と科學的訓練……………三四四

三 概念が思考の要素……………三四七

四 同一点と差異點との區別……………三四八

五 思考作用の本體……………三四九

六 概念構成に關する新學說……………三五一

七 思考作用に伴ふ動機……………三五七

八 正確なる思考の要素……………三六一

九 觀察と實驗との相違……………三六三

一〇 根柢の淺い革新運動……………三六六

一一 聲のみ大きい兒童實驗……………三六九

第八講 解決の工夫と兒童實驗

一 解決方法の工夫が肝要……………三七三

二 兒童實驗の高調とその成績……………三七五

三 兒童實驗要目の精選……………三七八

四 實驗案内書の弊……………三八四

五 子供の工夫する實驗の方法……………三八九

六 實驗案内書を適用する場合……………三九三

七 梃子の學習指導案論評……………三九七

第九講 學習過程と科學的訓練

一 理科學習の新過程……………四二一

二 學習遂行に伴ふ努力……………四二五

三 遂行の手段としての學習帳の活用……………四二九

四 檢證の論理とミルの歸納的探究法……………四三三

五 檢證の手段としての應用問題……………四四五

六 學習結果の發表と批評討議……………四四七

七 科學的訓練の眞義……………四五〇

八 學習の整理と理科書……………四五三

九 教科書使用の弊害……………四五七

一〇 學習帳の様式と學習の整理……………四六二

一一 圖解表現と學習の整理……………四七〇

一二 整理の爲めの課題……………四七二

第十講 科學的知識と科學的理解

一 獨創工夫と知識の分量……………四七七

二 模倣慾動と子供の被暗示性……………四八〇

三 子供の環境と原人生活……………四八四

四 科學的理解力をつける……………四八九

五 そこに態度の上に大いなる距離がある……………四九三

六 理科學習の目的と成績考査の目標……………四九七

七 同じ問答式にもそこに異點がある……………五〇二

八 發明發見の萌芽も實感の伴つた理解から……………五〇八

九 原理と事實・事實と原理……………五一九

一〇 子供の發明工夫心を刺激する講話……………五二三

一一 兒童用參考書……………五二六

理科學習原論

神戸伊三郎

第一講 自然的連鎖的發展の理科學習

私が主張する自然的連鎖的發展の理科學習を「音」の學習指導の
實例によつて、先づ其の内容を知つて置いていただきます。



「音」取扱の一般様式

普通一般に音の學習を指導するには、先づ前時間又は一週間前に

「この次は音に關する學習をさせよう。」

と、學習の大題目を提出します。さうして

1 物體がどうなれば音が起るか——音の起り・音の源

— 「音」取扱の一般様式

- 2 音の強弱は何に關係するか——音の強弱・大小
- 3 音の高低は何によるか——音の高低
- 4 音は何うして聞えるか——音の傳達・反響
- 5 音の共鳴——各樂器についての吟味

といふやうな内容を含む所の小題目を決定し、茲に選ばれた小題目を中心として、いろいろの實驗をなしつつ、考察を進めて行くのが普通の取扱方のやうです。無論この間に兒童實驗に移すべきは移し、教師實驗を必要とするものは、教師が手際よく實驗をして子供に示します。少し研究してゐる教師は、所謂問題法ではじめます。

「先週から考へてゐた音について今日は調べて行きませう。先づ皆さんから出してある問題を読み上げて見ると、

- 1 音はどうして起るか
- 2 音は傳はるものか
- 3 音に強弱が何故に出来るか
- 4 音の高い低いはどうして起るか

5 蓄音機はどうして鳴るか

などが、主なる問題で、何れも皆立派な問題ばかりです。」

子供の作る問題であるから、中には脱線的のものもあるが、それ等は悉く省いて、よい問題だけを適當に——多くは科學的の順序、音源・高低・大小・共鳴・傳達等の順序に——排列し「それでは先づ皆で音の源を研究しませう。」

と、音の源と板書し、兒童實驗に入るのが所謂問題法の取扱方らしいです。

以上は、この教師から見れば、問題構成の段取りの積りでせう。

「音の源はどうすれば研究出来るだらうか。」

この言葉によつて子供に實驗方法を工夫させようといふのです。これを聞いて、子供は各組毎に小聲に相談が始まります。その中に、優等生らしい一人の子供が立つて、

「先生！ 僕、この間そこにある琴みたいなもの（一弦琴）を鳴らして見たら、ビーンとひびきました。だからそれを鳴らして實驗して見たらよいと思ひます。」

と提議する。一同これに和する。教師その提議を激賞し、ついで、豫め準備して置いた一弦琴を各組に配與して實驗をさせる。ピン／＼、ビント／＼、ガヤ／＼と子供はそれ／＼實驗を開始

する。教師は机間の巡視をして所謂個別の指導をする。一通り實驗の出來たのを見て、その結果を纏める。かうして順々に問題を解決して行く。これも廣く行はれてゐる學習指導の様式であります。

私も以前はこれ等に似たやうな取扱をしたことがあります。けれども、子供の學習がどうも不自然になるやうに感ぜられ、従つて子供自身の學習になり切らない不満に堪へなかつたのです。

二 學習題目と指導題目との區別

音に關する子供の知見は存外貧弱であると、多くの理科教師はいひます。

「私が音の學習を指導する前に調べて見ましたが、子供の持つてゐる音に關する知識は存外貧弱なものです。又その持つてゐる知識の出所を調べて見ると、更に驚くべきことが多かつたのです。音源が物體の振動であると知つてゐたものは四十三人中二人だけです。その二人も他人の話聞きかちつたものです。樂器については、なか／＼澤山知つてゐたが、これでも、弾けば鳴る、吹けば鳴る、こすれば響く位の知識です。物體の振動によつて音を生ず

ることを知つてゐるものは、殆んどないといつてよい位です……。」

或る理科の教師は私にかういふ話をしてくれました。大に參考になりました。けれども纏つて考へて見ると、音がどうして起るか、といふやうな問題はよほど高尚な問題です。寧ろ弾けば鳴る。吹けば響く位の程度が自然で、私から見れば、

- 1 音はどうして起るか
- 2 音は傳はるものか
- 3 音に強弱が何故に出来るか
- 4 音の高低はどうして起るか

などといふ問題が、子供からどうして出て來たかが不思議でたまらない位です。また音の研究に入つて見もしない中から、音全體に亘つての主要項目がどうして子供自身に發見されるか。それすら私には不自然に出來た問題ではないかと疑はれてならないのです。

一體音といふ大題目が頗る抽象的なものです。我が國の多くの理科書では、音・音の高低といつたやうな題目を用ひるが、近頃の外國あたりの教科書には、かういふ抽象的の題目を用ひません。「夕方の餘興」といふ題目の中に「ヴァイオリン」とか「ハーモニカ」とかいふやう

な具體的の小題目を設けて、而かも音の内容には可なり深入りした所まで進めてゐるのを見受けれます。私のこの案もそれから多分のヒントを得て居ります。

よくよく考へて見ると、「音」などといふ抽象的の題目は、子供の學習題目ではなくて、教師の指導題目です。そこで私はこの學習の題目を「樂器の研究」としました。子供の家庭にある樂器は何品でもよい。手近にある樂器に就いて、何事にか、はらず研究することにしました。笛・太鼓・琴・三味線・月琴・大正琴、どんな樂器を選ばうと、それは子供の自由に委す事としました。

「私の家には樂器といふ樂器、何品もありません。」

子供の中には稀にこんな發言をするものもあります。實際家庭によつては、樂器と名のつくものは一つも持合せないものもあります。さういふ子供には、豫め學校に備へてあるものを貸し與へます。設備貧弱な私の學校でも、寄せ集めればかなりの種類の樂器になります。笛・尺八・大正琴・ヴァイオリン・マンドリン・一絃琴・音叉・鐘・太鼓・木琴など、多く持つてゐる子供から借りるとすると、種類ばかりでなくその數も可なり多くなります。

併し、自分の家に樂器を持たぬと訴へる子供があつても、直ちに、

「それでは學校のを貸してあげませう。」

とはいひません。

「赤ん坊のおもちやでもよいのです。カラン／＼の豆太鼓でも、風車についてゐるビー／＼笛でもよいのです。」

「そんなものありません。」

「ソリヤ弱つたね。佛壇の鐘でも、自轉車の鈴でも立派な材料だがね。音のするものなら御飯のお茶碗でもよいのです。」

この位範圍を廣く取れば、大抵は子供自身に學習材料を選択するものです。けれども、茲所まで範圍を廣く取るとすると、子供の中には不服を唱へるものがあります。

「先生！ 御飯を食べる時に使ふお茶碗が樂器ですか。」

「さうですね。お茶碗は普通樂器に使つてゐませんね。併し、用ひ方によつてはこれも樂器になります。お茶碗ばかりでなく、コップでも、お皿でも、徳利でも、サイダー瓶でも。そんなものばかりでなく、かまぼこ板でも、音を出すものは凡て樂器になります。」

「音を出すだけでは樂器にならないと思ひます。」

なか／＼理窟っぽい子供がゐます。私に向つて音樂の講義をしようといふ。今の子供にはう
つかりするごやり込められてしまひます。

併し、かういふ子供がゐるから學習は面白く行きます。
實際音樂の何物かを解しないものには樂器の研究が出来
る筈はありません。音の高低強弱は、もうこの子供の研
究内容になつてゐるのです。

「なるほど、音を出すだけでは樂器にはなりません。
音の高低強弱をうまく組み合わせなければ音樂にはなり
ません。そこで、食卓上の茶碗やコップや徳利など
を組み合せて音階を作ればよいではありませんか。」
まだ早いと思つたけれども、勢ひ茲所で、私は私獨特
の卓上ピアノ(?)を子供に紹介しなければなりません
でした。

卓上ピアノといつては一寸大げさに聞えるが、私の卓上ピアノは本當の卓上ピアノで、食卓



上に現はれた茶碗・皿・鉢・鐵瓶・徳利などを並べて、音階を作るのです。それぞれ發する音

に高低があるから、それを高低の順序に並べるのです。
多くはそのまゝでは丁度音階に合はないから、或は茶
碗に水を入れ、或はお皿に漬物をのせ、それに加へる
重さを加減して音を調節するのです。私はそれを鹿角
細工の箸でたゞく。調節するまでは相當にやかましい。
「何です、マア、子供のやうにお茶碗なんかたゞい
て？」

お勝手で夕食の準備をしてゐる細君が顔だけ出して
のお小言、無論、それは覺悟の前でなければなりません。
併し、いよ／＼調節の終つたところへ、一家四人
が集つたとすると、我が即席の卓上ピアノをたゞいて
先づ君が代を奏する。ついで子供等がこれに和する。



和氣霽々たる中に晚餐が開かれることになるのです。

私は教卓上にあつたコップに水を加へて音を調節し、例の君が代を奏しました。子供等は感心して拍手喝采。

「樂器の研究とは、出來てゐる樂器を研究するばかりでは本當ではありません。自分で樂器を組み立て、見なければ、本當に研究が出來たとは云ひません。」

「さうです。」

子供は我が手柄のやうに賛意を表してゐます。けれども、私はあまり押賣になつてはとや、不安を感じたから、

「さういふけれども、何か皆さんの研究したい樂器があつたら、別に私の方で融通してあげますから、遠慮なく私まで申出なさい。また一つの樂器だけでなく、幾つ研究してもよい。」

たゞ最初の一つを詳しく研究して、他の樂器に移るのがよいですね。」と附け加へて置きました。

正式の獨自學習にあてたのは一時限だけでありました。けれども、子供各自が獨自の研究に費した時間はそれだけではありません。朝の特設學習時間はいふまでもなく、家庭に於て費した時間は少々ではありますまい。それは子供の學習帳を檢閲してもわかります。兎に角優等生

も劣等生も何者かを捉へたと見たところで、私は相互學習に移しました。

三 相互學習の第一時

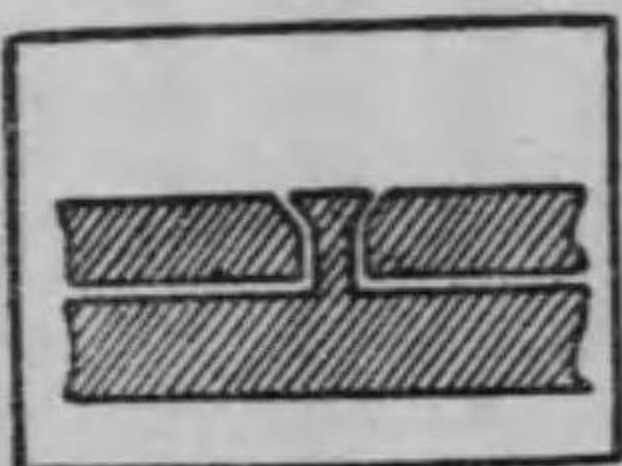
この時間は相互學習の第一時限。私は獨自學習指導の間に、シロホン（木琴）が音研究の出発点として適當なものとして認めて置きました。發表しようとして、子供が準備して置いた小黑板の中から、シロホンの研究を選んで掲げました。

シロホンの研究者は次の内容を發表しました。優等生であることが最初の發表者として適切を缺くと思つたけれども、他に適當のものがなかつたら、私は止むを得ずこれを選びました。

第一例 シロホン（木琴） TN 生

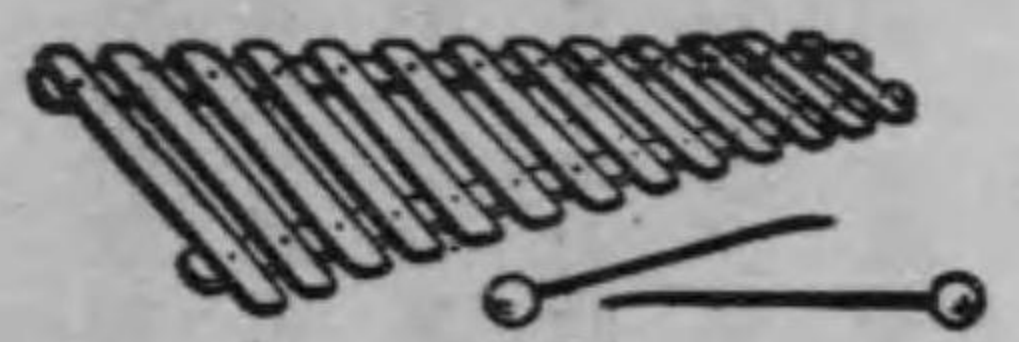
一 發音體は木片である。この木片が木槌にたゞかれて振動するため音が出る。

これはシロホンの木片をわつたところの圖であるが、釘と木片は十分にはなれて、上下左右に自由に振動することが出来るやうになつてゐる。



但し、臺に綠色のらしやがはつてあるのは、木片と臺とがすれあつて、臺の發する音をふせぐためである。臺の發する音がまじると、木片の音がはつきりしない。

二 音の高低は木片の長短による。木片の厚さもはばも皆同じであるから、長さの違ひが音の高低に關係するごわかる。幅は皆九分、厚さは四分。長さは次の通り



6	四寸二分	5	六寸二分五厘
5	四寸六分	4	六寸四分五厘
4	四寸八分五厘	3	六寸六分七厘
3	五寸	2	六寸九分
2	五寸二分	1	七寸二分
1	五寸四分五厘	7	七寸三分五厘
7	五寸六分五厘	6	七寸六分
6	五寸九分	5	七寸七分五厘

三 問題

1 シロホンの木片の裏の中頃にわれ目がつけてあるが、これは何の用をなすか。

2 木片が長ければ、何故低い音が出て、短ければ何故高い音が出るか。

3 鐵琴もシロホンと同様であると思ふがどうか。

茲に豫めお断りして置かなければならぬことがあります。茲には子供の獨自學習の成績を成るべく有りのまゝに出したいのです。挿畫なども成るべくそのまゝとしたいのですが、その原圖を失つてしまひました。印刷所で氣をきかせた積りで書きかへたものがこの圖です。今はこれで間に合はせる外はありません。子供の文章も訂正しないのが本體であるが、読み難い假名文や方言などは多少訂正して置きました。

四 實驗方法の指導はかうしたい

T N生の發表が一通りすむと、先づ質問が出ました。

A「君はシロホンの音を出すものは木片だといひますが、僕はそれをのせてゐる横木も幾らか關係があると思ひます。どうですか？」

T「それは木片が振動すれば、その横木にも響くには響くが、ドレミハの音には關係がないと思ひます。木片を止めてあるねち釘がゆるくしてあるのと、横木の上に羅紗を張つてあるの

でも、そのことがわかります。」

A「それはさうとして、それでは別なことを聞きます。君は木片が振動するといったが、音を發する時に木片の振動することがどうしてわかつたのです。」

T「見てゐればわかります。木片がぶる／＼振ひます。」

A「何か木片が振ふことを實驗で示すことは出来ませんか。」

T「見ただけでもよいが、手で軽くさはつて見るとよくわかります。」

子供は茲所まで来て、皆顔を見合せて黙つてしまつてゐます。もうすこし待てば、子供の中に所謂物體の振動を示す實驗法を案出するものもあつたかも知れないが、私は茲で口を挿しはさみませんでした。

「目で見ることに觸つて見る事とは立派な實驗ではあるが、もつとよい方法があるのです。」私がかういつて側に置いてあつた音叉を取り上げました。そして槌で打つて二三回軽く鳴らしました。

「どうですか。鳴る時に音叉は振動しましたか——これは音叉といふものです——どうです振動するのが見えますか。」

一回「見えません。」

「これを見る工夫があるのです。」

B「指で觸つて見ます。」

C「指で觸るより、唇に觸つて見た方がよくわかります。」

このC生は獨自學習の時に實際音叉を扱つて唇に觸れて見てゐました。自信のあること彼のそぶりでもわかります。

「それも宜しい。外に思ひつきはありませんか。」

D「音叉やシロホンでは出来ませんが、太鼓ならよい方法があります。太鼓を上向に置いて、皮の上に砂をのせ、太鼓をたゞくと砂が踊ります。」

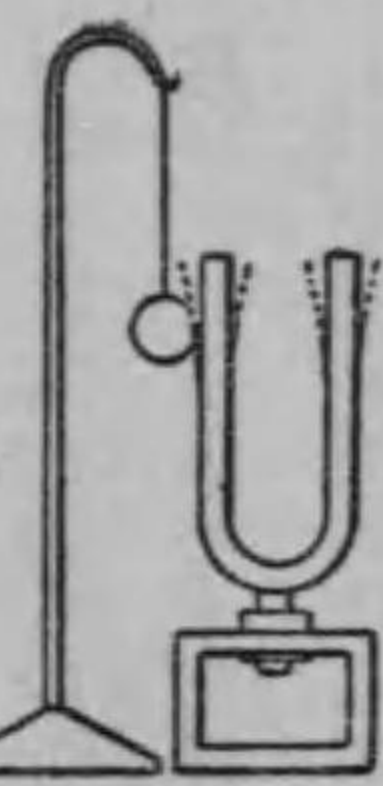
E「砂の代りに鉛筆や紙片をのせても同様です。」

「いろ／＼妙案が出て來たぞ。さうして實驗で示すことが大切です。……それには、まだ色々の實驗法があるのです。」

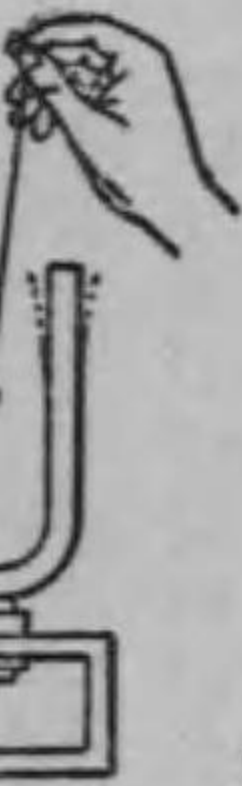
茲で私は子供が未だ經驗したことの無いやうな實驗をやつて見せました。

1 音叉を振動せしめ、ビンポン用のセルロイド球を吊したものに觸れさせ、球がびん／＼

どはちかれることを示す。



2 大豆を糸で吊して、發音する音又の間に入れると、大豆はよく弾かれて速に運動する。



3 發音する音又を皿に盛れる水にあてると、水は勢ひよく飛散する。

4 音又の一端に尖れる厚紙を貼り付け、これを發音させて、硝子面に煤をかけた部分に觸れて、速に音又を後方に引くと、硝子面に振動に應じた波線が残る。



右の實驗を煤面の代りに、搔きならした灰の面にて行ふも、同様な結果が顯はれる。

併し、一番よいのは、驚盤の周圍に煤煙紙を卷いたのを廻轉し、音又に豚毛（齒ブラシの毛）を糊付けしたものを觸れて、右の實驗をする事である。子供はこの實驗を見て非常によろこびました。行き詰つた時に道を開いてやることは教師の務めです。

五 シロホンの證明をハーモニカで

「音の高低がシロホンの木片の長短によると、發表せられたTN君の研究は立派に出來てゐると思ひます。殊にその木片を尺で計つてゐるのはよいと思ひます。……僕はハーモニカを解いて研究しましたが、やはり音の高低はハーモニカについてゐる舌の長短によるのです。」
TS生は木琴の批評問答の合間を見出して右のやうな意見を述べ、大要次のやうな内容を發表しました。蓋し、シロホンの音の高低が自分の研究したハーモニカの舌の長短と一致してゐるので、話の合が待ち間遠しかつたものでありませう。

第二例 ハーモニカ TS生

- 一 ハーモニカを吹いたり、すうたりすると、ハーモニカの舌に空氣がふれて舌が振動する。舌が振動すると音を發する。
- 二 どうして1234567iなど、いろ／＼の音が出るかといふに、次の圖のやうに、長い舌と短い舌とがあるからである。何か舌の重さにも關係があるらしい。この圖はハーモニカのふたをとつたところである。

吹くのと吸うのとで舌の動き方がちがふ。

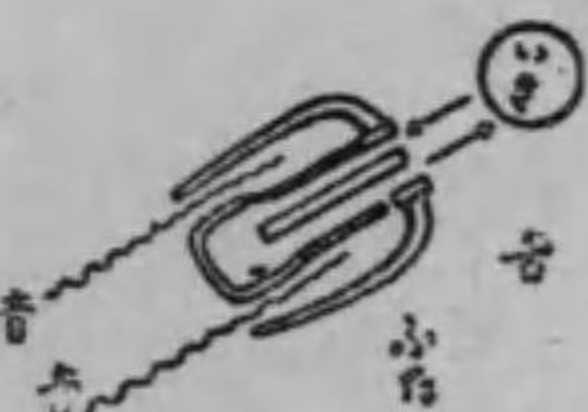
TS生のハーモニカに就いての説明が終ると、そこでまた簡単な問答が始まりました。

A「君はなぜ舌の長さを尺で計らなかつたのです？」

かういふものは皆舌である。

T「計らうとしたのですが、あまり小さいので計れなかつたのです。然し一番長いのは六分二厘、一番短いのが三分五厘です。ハ調のドは五分六厘でした。」

B「音の高低が舌の重さに關係があるといふのはどういふことですか？」



T「舌の短いのは、何だか振動が重い様に僕に思へたのです。」

C「振動が重いといふのはどういふことですか。」

T「……」

D「振動が速いとか遅いとかいふことはあるが、振動が重いといふのは何だか變に聞えます。」

一同私の顔ばかり見てゐて黙してゐます。私は茲でハーモニカやシロホンの振動體の長短は結局振動數の多少によつて音の高低を生ずるものであることを説明したかつたのであるが、ま

だ早いと考へ直して暫く時機を待つことにしました。子供の中にはこの高低に關して發表したくてたまらぬ者が幾らもあつたのです。それを抑へてゐてはその深究は望まれないからです。

六 琴の學習から新問題

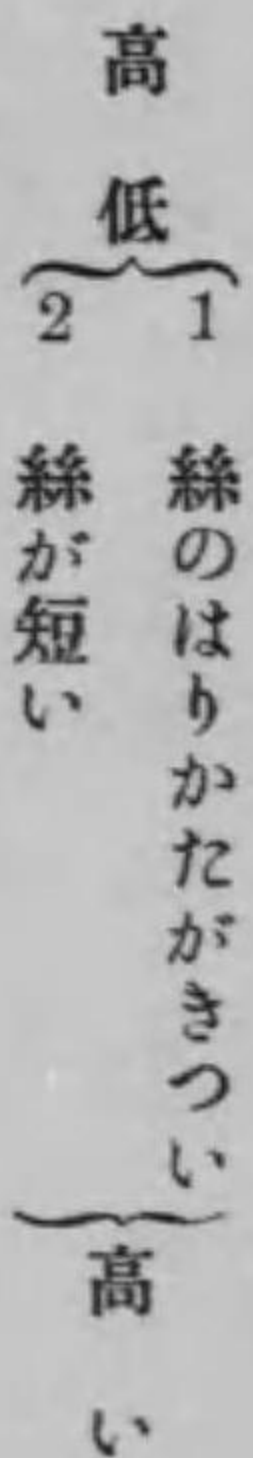
「TNさんのシロホンや、TSさんのハーモニカに非常に關係があると思ひますから、私は茲で琴の發表をいたします。」

かういつてFT女生が立ちました。FT女生の研究の内容は次のやうなものです。

第三例 琴 FT生

一 琴は糸が振動して鳴ります。ひいてゐる糸の所に、手をやるとひびくのでわかります。又糸を見ても、ひびくことが目でわかります。

二 高い音と低い音、琴には十三本の糸がはつてあります。



じ。を琴のもとの方へ寄せると糸の長さが短くなつて高い音が出ます。

それと反對にひゞく糸が長くなれば音は低くなります。

又糸を指でおさへて弾くと高い音が出るのは、糸の長さは同じでも、そのはり方がきつければ高い音が出るごわかります。

三 物體の發する音が耳にとどくのは、音が空氣にふれて傳はると人からきゝました。池の中に石をなげるとうづまきが出来るやうに、音は空氣を傳ふものである。私は池の中に石を投げて見ました。この渦のことは杉山さんにきゝました。

音が空氣中を傳はる速さは、毎秒凡そ三町（算術書にありました）。

四 琴の胴は何の役に立つか。

琴の胴は中がからになつてゐます。中が木であれば音を出しても中の空氣に傳はらない。中がからであれば、音が中の空氣にひびいて、遠くの方まで音が傳はると思ふ。これは私の考です。どうですか。

五 問題

1 人の聲はどうしておこりますか。これは是非知つて置きたい質問です。

2 高い音と強い音とがちがふといふのがよくわかりません。

3 山彦がうまく説明できません。

第一例第二例共に發音體の長短が音の高低を支配する場合はかりであつたが、第三例琴の發表を見るに至つて、

「糸の張り方がきついつ時は音が高い」

が加はりました。これは又、第四例の大正琴の發表あるに至つて、琴の十三弦を靜的に使用するに對し、大正琴は一弦を動的に使用するものたることを知らしめ、同時に、弦の緊張の度をかへることによつて、その調子を變更し得ることが理會されます。

第四例 大正琴 TT生

一 大正琴は胴に針金を張つて置きます。この針金をはじけば、針金が振り動かされてなりま

す。その實驗、針金をはじいてから、手でおさへるとなりません。だから振り動かさなければ音が出ないごわかります。

二 臺は音をひびかす役目をしてゐます。それから又考へて見ると、音はどうして傳はるかご

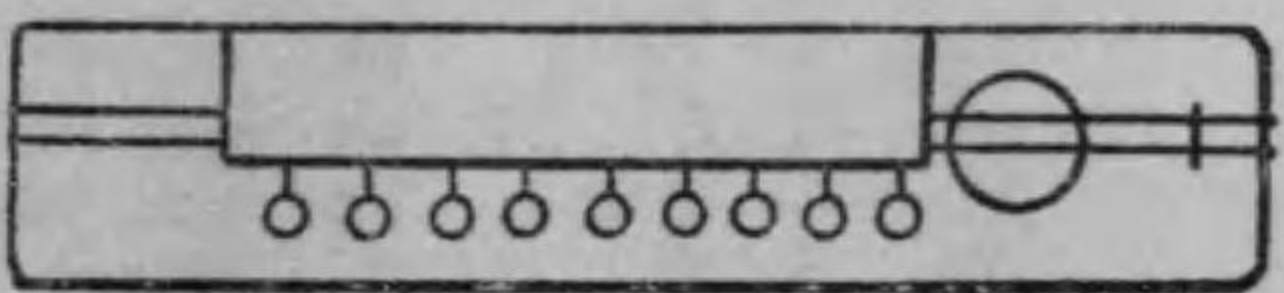
こゝか、

1 臺によつても傳はる。

2 空氣によつても傳はる。

なせ空氣によつて傳はるかといふに、針金が動くとき、それにふれてゐた空氣が動きます。その動いた空氣が又まはりの空氣を動かします。

三 音の高低 キューのおさへ方によつて、針金の長短が出来ます。つまり長い針金が振動すれば音が低くなり、短い針金が振動すると高い音となるわけです。又同じ長さの針金でも、ねぢを強くしめると音は高くなり、ゆるくして置くと音が低くなります。だから大正琴はオルガンやハーモニカなどに合せることが出来るのです。



「君、同じ長さの針金でも、ねぢを強くしめると音は高くなり、ゆるくして置くと音が低くなる」といふのは本當ですか。」

「それは本當です。僕はこの一弦琴で實驗して見ます。」

TT生は教卓に立つて實驗を始めました。

「僕が先づこの一弦琴を鳴らすからそれを聞いて下さい。」

やゝざわつてゐた一同は静まりかへつて耳をすまます。次いで一弦琴を二三回掻き鳴らす。

「音が低い。」

と、一同はいふ。實驗者は弦の一端に一つの重錘を加へ、また鳴らしました。

「少し高くなつた。」

弦の一端にまた一つの重錘を加へて掻き鳴らす。

「また高くなつた。」

今度は重錘を總て下してはじめに歸り、低い音を立てました。

「この通り、一弦琴の音の高低は、この重錘の多少に關係します。即ち、重錘が重い時は音は高く、重錘が軽い時は音は低い。この事はまた

絲のはり方が強ければ音は高く、

絲のはり方が弱ければ音は低い。

といふ證據にもなるのです。」

實驗者はかうしてその實驗の説明をしました。すると、

「僕の所の大正琴も、音の悪い時に針金のねちをしめて合せます。」

「私の家の姉さんが琴の糸をしめ直して、緩んだ低い音を高くするのを見ました。自分で強くしめることが出来ないのです、お父さんに手傳つてもらいました。」

なごご、自分の經驗を語るものも現はれます。

更に又、琴の發表の中には、音の傳達の問題が提出せられてあります。これにも相當に意見の交換がありました。たとひそれが、他人より聞いた事柄をもとにして發表してあるとはいへこれまで學級全體が捉へ得ずにあつた問題を適確に提出してゐます。かうして相互學習は自然的に連鎖的に發展して行きます。

第三例の琴にはまた共鳴の問題が出されてあります。

「琴の胴は何の役に立つか。」

ごいふ自問に對し、彼女の自答は頗るあやしいものであるが、少くとも學級全體をこの問題に集中させるだけの力を持つてゐます。

併し、音の共鳴の問題は子供だけでは解決がつきませんでした。そこで私は、

1 振動數全く相等しい二個の音叉を机の上に置いて、先づ甲を鳴らし、暫くにして指でこ

れを止めると、乙の方が微かにひとりで鳴り出してゐること、

の實驗を示しました。これは甲から出た音波が、乙にあつて周期的に微動を與へ、その周期がまた乙の固有の振動と同調であるがために、乙の微動が次第に累加し、それに従つて振幅を増し、つひに音を發するに至るものであります。

併し、これだけでは子供には琴の胴の意味が解しかねます。そこで續いて第二の實驗をして示さなければなりません。

2 箱の附いてゐない音叉を手で支へて鳴らし、これを同調の共鳴箱の上に載せると、忽ちにして音が高くなる。

この實驗で、子供は樂器に胴の必要なることを知ります。けれどもまだ何故に胴が必要であるか、理會が出来ません。そこでまた第三の實驗を手際よくやつて見せなければなりません。

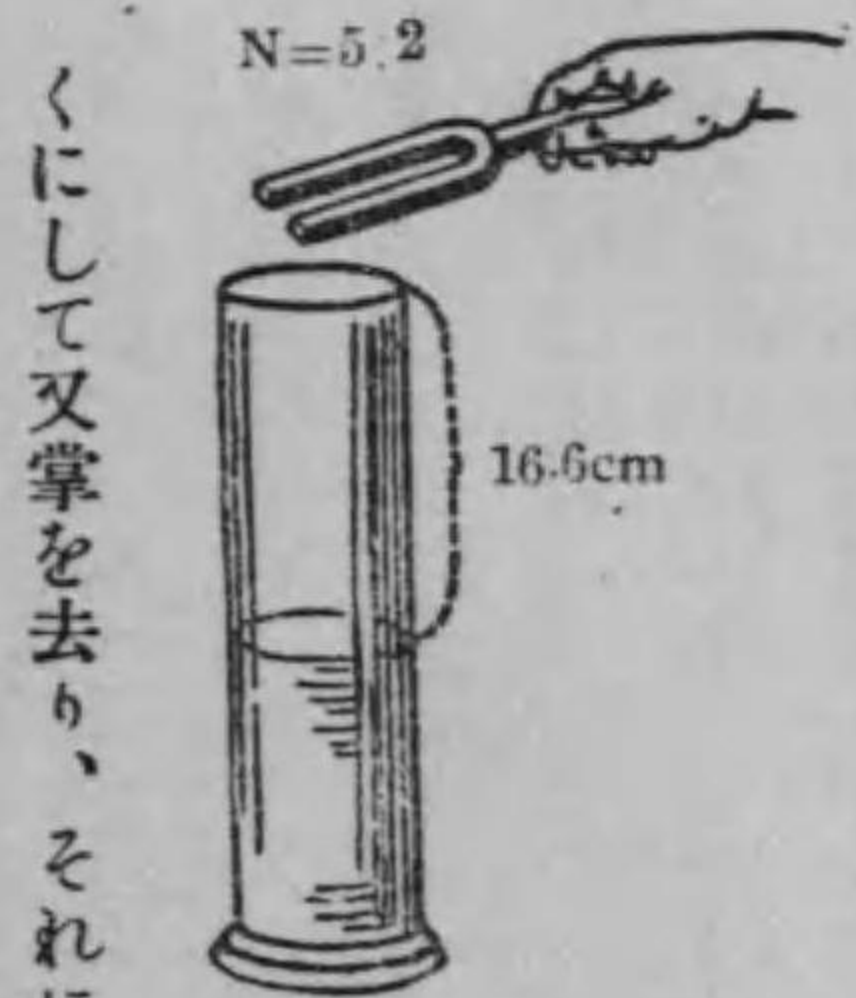
3 圓筒の口に近づけて、音叉を振動せしめ、圓筒中に徐々に水を注加すれば、或る深さに達した時に最も強い音をきくことが出来る。けれども空氣の柱がこれよりも短くてもまたは長くても、その音は小くなる。

この實驗に於て、樂器に胴の必要なるは、主として胴の中に含む空氣にあることを悟ります。

「琴でも大正琴でも、その胴に含む空気が必要なのですか？」
子供の方から解釋して來ます。教師が黙つてゐても子供同志で片付けてしまひます。

「それで、胴には孔が明けてあるのですね。」
「ア！ さうか！」

子供は疑問の解けた時の喜びを交換してゐます。教師は黙々ニコニコとして第四の實驗に移りました。



4 音叉を鳴らし、その共鳴箱の口を掌を以て掩ひ、暫

くにして又掌を去り、それによつて音の大小を生ずる。
これでいよいよ樂器の胴の意味がわかつてしまひました。

「皆さんは、胴は音を響かすといふけれども、學問上ではこれを共鳴といふのです。これからは共鳴といふ言葉を使ふことにしませう。」

七 深入りした樂器の研究

多くの樂器は共鳴の胴に孔を明けてあるが、三味線の胴には孔がありません。三味線を研究

した子供は勢ひ弦で立たずにゐられません。

第五例 三味線 KY生

一 私は三味線を研究しました。三味線の糸をばちではじくと、糸のひよきが、胴の皮にふれて音を發する。糸と胴とが一緒になります。

糸だけ鳴らして見ると、びん／＼と鳴るだけであるが、皮に糸のひよきがふれると、こもつたやうな音になつて、胴の室につたはります。それで皮と胴とは音を大きくする爲につけてあると思ひます。

二 高い音と低い音

- 1 糸の細い時は音が高い
- 2 糸の太い時は音が低い
- 3 糸のゆるい時は音が低い
- 4 糸のきつい時は音が高い
- 5 糸の短い時は音が高い
- 6 糸の長い時は音が低い



三 問題 胴の裏の方にも皮がはつてあるのは何の用をなすか。

「それは孔が無くとも、三味線の胴は皮だから中の空氣と一緒に共鳴するから差支がないと思ひます。」

「同」さうです〜。」

「それではKYさんの問題も自然解けてしまひましたね。」

「はい、わかりました。」

「音の高低がやゝこしいや。」

誰かが又波紋を起した。これに應じて

「ヴァイオリンも三味線と同じやうです。」

と立つてその研究を發表するものが現はれました。

第六例 ヴァイオリン KT生

一 ヴァイオリンは三味線とよく似た楽器です。糸が四本はつてあるが、その中二本は絹糸で一本は細い銀線、一本は太い絹糸に細い針金が巻いてあります。この糸を弓の毛でこすると色々の音が出ます。

- 1 針金を巻いた絹糸 ……低い音
- 2 太い絹糸 ……少し低い音
- 3 細い絹糸 ……高い音
- 4 銀線 ……最も高い音

これは糸のしめ方を同じとして、音の高低を示したものでありますが、同じ糸でも指の感じどころによつて次のやうに高低が出来ます。

これをまとめて見ると次のやうになる。

- 1 糸が細い時は高い
- 2 糸の太い時は低い
- 3 糸のゆるい時は低い
- 4 糸のきつい時は高い
- 5 糸の短い時は高い
- 6 糸の長い時は低い

同じ長さで同じきつさ
同じ糸で同じ長さ
同じ糸で同じきつさ

又同じ太さで同じ長さで同じきつさでも糸の種類によつて音の高低にちがひがあります。

- 1 銀線は高い音を出す
- 2 絹線は低い音を出す

二 ヶアイオリンの胴は音を長くひびかせる役目をなします。私の思ふには、胴の中に空氣がはいつてゐて、空氣が絲の振動と一しよになるからだと思ひます。

弦の發する音の高低に關しては、ヰアイオリンの研究で殆んど盡されてゐます。これはつまり振動數の多少によるものであることを知らしめなければなりません。それには例のバザートの齒車を用ひる實驗、それが無ければ鋸を用ひる實驗などを示す必要がある。ハ調のドが一秒時の振動數百三十で、高いドがその倍數なること、その間には次のやうな割合の存すること、せめて表だけでも示してやれば、シロホンの木片の長さ測定などを有意義ならしめることが出來ます。

自然音階	
1	= 1
$\frac{9}{8}$	= 1.125
$\frac{5}{4}$	= 1.250
$\frac{4}{3}$	= 1.333
$\frac{3}{2}$	= 1.500
$\frac{5}{3}$	= 1.666
$\frac{15}{8}$	= 1.875

八 更に多くの思ひくの發表

子供の獨自學習には、この外種類の異なるもの、尺八・オルガン管・鐘・大鼓・オルガン・ピアノなどがあるが、今は煩を避けてその獨自學習の成績を示すだけに止めて置きます。

第七例 佛前のかね MN生

一 僕の家のかねは、茶碗のやうな形をして、全部鐵で出來てゐる。これを打ちならすために木の棒を使ひます。



かねを小ぶどんの上に起して鳴らすと、よく鳴るけれども、かねをかぶせて鳴らすと、よくひびかない。そこでかねが鳴るのには空氣も關係すると思ふ。

僕はかねをたたくとよくひびくのは、中に空氣がはいつてゐるからと思ふ。けれども、空氣だけではあのやうにひびかないとも思ふ。かねはたたくと一べんぐるりをまはつて、それから空氣と一しよにまちつて鳴るのだと思ふ。

今かねを手でおさへて鳴らすと、かねを起して鳴らしても、どうしても鳴らない。そこ



でかねはよく動くやうにしてない音を出さない。鳴らした時にかねのまはりが動くといふことはかねの中に水を少し入れて鳴らして見ると水に波が立つのでわかる。

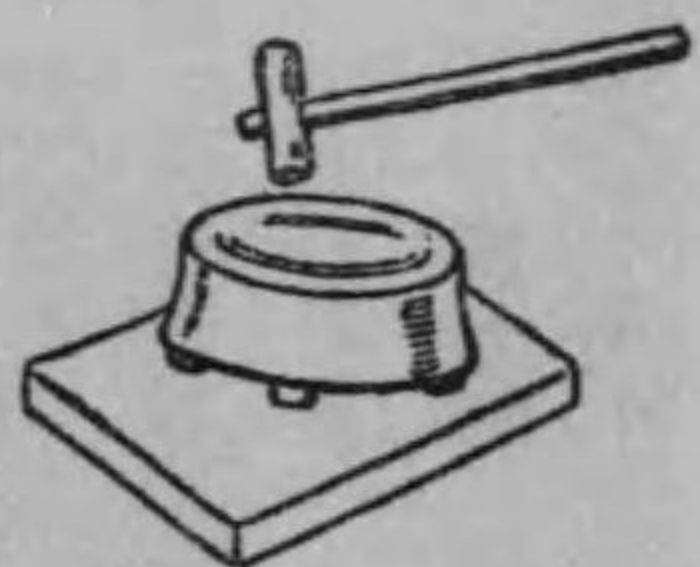
又先生にきいたら、唇をかねのへりに軽くあて、見ても、何か軽いものをこれにあて、見てもわかると教へてくれました。

ピンポンの玉をつるしてあて、見たら、かねの鳴る中はびん／＼玉がはじかれる。

二 かねの音には強いのと弱いとはあるが、高い低いはないやうである。

三 臺のついたかねは、ちん／＼と鳴る。そのわけは、やはりかねの形が違ふ。かねのあつさも違ふ。かぶせてあるから、たたいてもよくひびかないのである。空気には関係がないやうであるが、どうですか。

第八例 つづみ KH女生



一 つづみは皮が振動して音を出すのだと思ひます。私がきつく打ちますと、なんだか持つて

ゐる手にひびいて来るやうな気がしました。

質問

1 振動すれば何故に音を發しますか。(私にはそれがわかりません。)

2 つづみの真中を打たなければ、よくなりませんがなぜですか。

3 つづみのきねは何の役目をしますか。(きねを見ますと中はからでありました。)

二 高い音と低い音

高い音を出す時は、ひもをきつくもち、又まん中よりも少し横を打ちます。だからつまりひものしめ方によつて音の高低が出来るのだと思ひます。

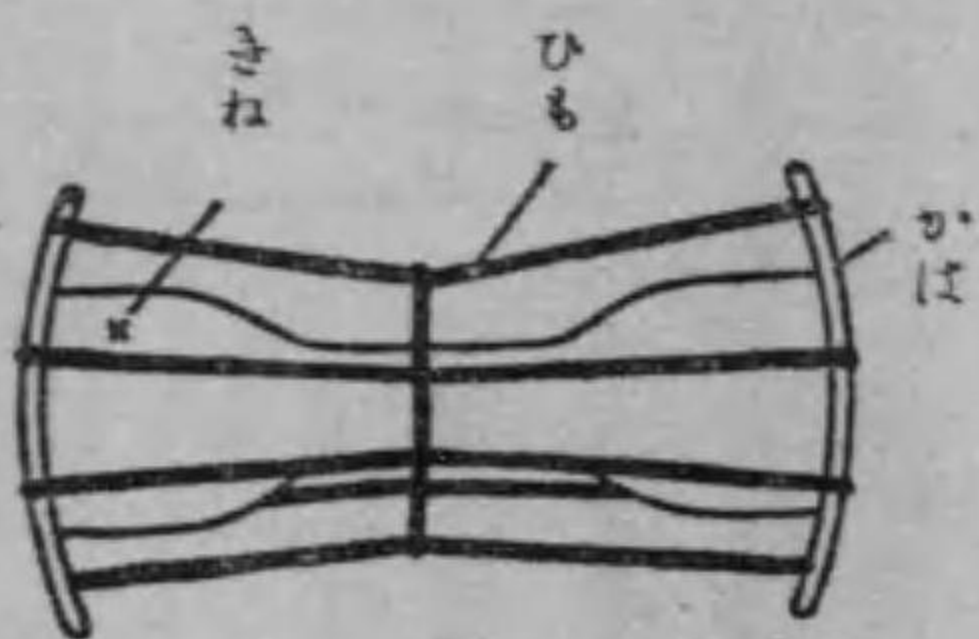
強く打つと強い音が出ます。やはらかに打つと弱い音が出ます。

第九例 風琴管 SK男生

一 オルガン管は吹き入れた空氣が瓣にふれて音を發する。もしこの考がちがふとすれば

1 外に音を發するものがない。

八 更に多くの思ひ／＼の發表





- 2 瓣はかたい板でよいに空氣で振動しない。
- 3 中の空氣の量のちがひによつて音の高低が出来る。瓣のところは音の高
低には何の關係もない。

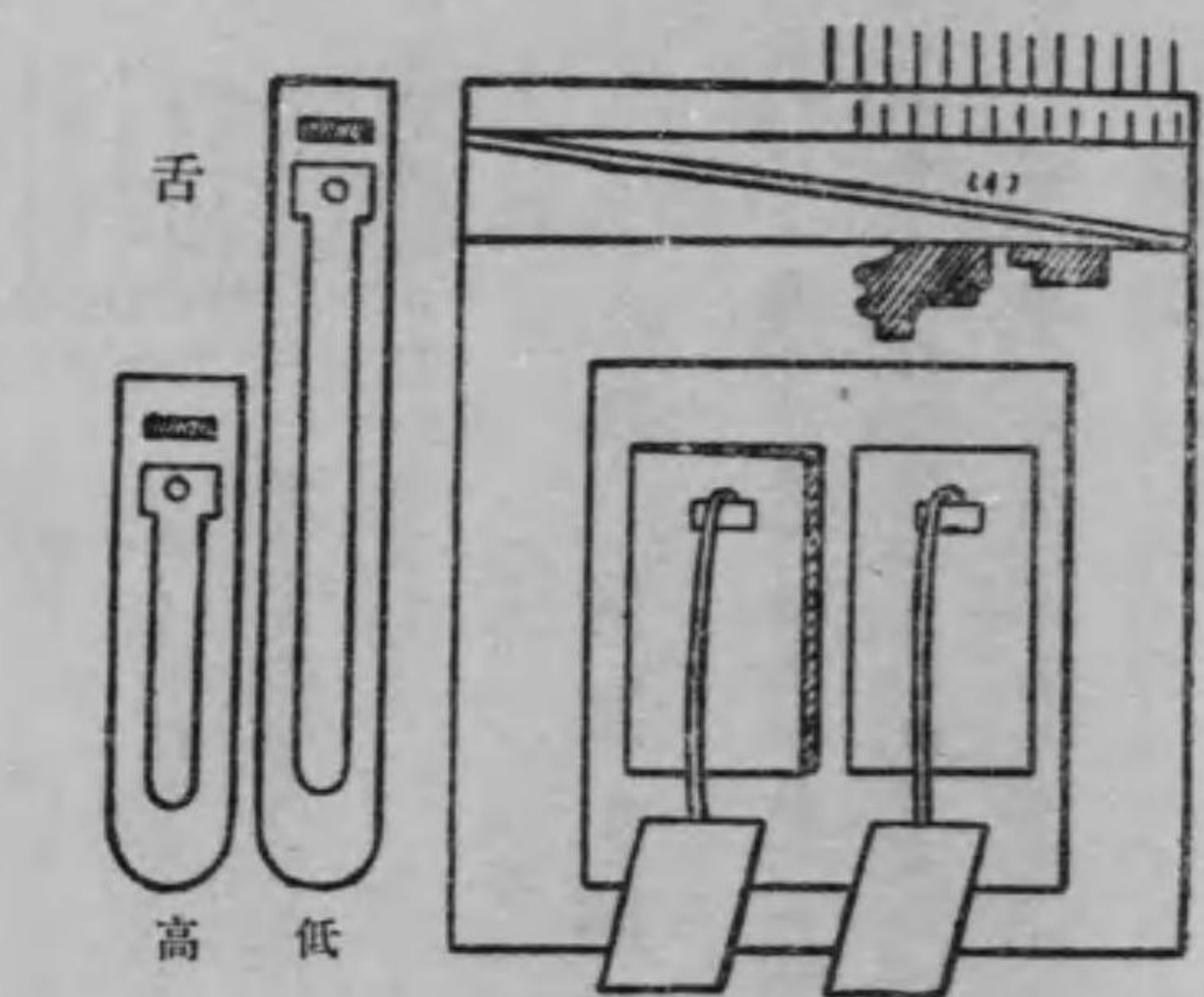
- 二 音の高い時は、(ロ)のところがせまくなるので、(イ)から多くの空氣が出るか
らである。つまり、(ロ)のところが空氣の量に關係するのである。
- 1 空氣の量の多い時は低く。
- 2 空氣の量の少い時は高い。

(この子供は空氣の柱の長短といふことには、まだ氣附いてゐない。)

第十例 オルガン SY女生

- 一 オルガンは足で踏めば空氣を吸ひ込み、その空氣が笛の舌を振動させて鳴るのです。
- 1 足で踏んで空氣を吸ひこむやうにする。
- 2 鍵を押すと鳴らせる笛にだけ空氣がふれる。
- 3 笛の舌が振動して音を發する。

二 高い音と低い音



一つのオルガンには同じやうに空氣がはいつて
ゐるのに、何故高い音と低い音とがあるかといふに
1 高い音は笛の長さが短い。……舌が短い。
2 低い音は笛の長さが長い。……舌が長い。
オルガンの後の方をあけて (イ)の部分を上にあげ
て見ると、笛がならんでゐる。その笛を引きぬいて
見ると、笛に長いのと短いのとがあるのです。
すると、舌が短ければ何故高い音が出て、舌が長け
れば低い音が出るか、考へて見ましたけれども、そ
れはどうもわかりませんでした。

三 強い音と弱い音

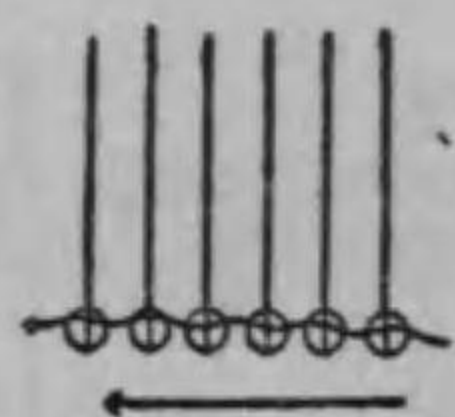
- 1 ペダルを起して横に押せば、(イ)の部分が開きます。すると空氣が澤山はいるから強い音
が出るのです。
- 2 これに反して、(イ)の部分を閉じて置くやうにすれば、空氣が少ししかはいりませんから

八 更に多くの思ひくの發表

弱い音が出ます。

3 けれども音の弱い強いは足のふみ方にも関係があるのです。

四 音の傳はり方



氷屋の店には糸を吊した玉がさがつてゐます。そのはしの方にある玉を一つ押せば、だんだん次々に動いて行きます。そのやうに笛から出て來た空氣が次々と波を作つて進むのです。それが耳に入ると聞えるのです。

五 耳の中がごんな風になつてゐて、音がきこえることになるのでせう。それを是非知りたいたいのです。

九 教師が解説してやる内容

さて、一通り子供の發表が終つた頃を見計らつて、初めに歸つて残つてゐる問題を解くことにします。その主なるものは、次々と最早や自然に解決がついてしまつてゐるが、まだ全く觸れずに残されてゐるのもあります。

1 高い音と強い音、低い音と弱い音が違ふといふのがよくわかりません。

2 山彦がうまく説明出來ません。

3 人の聲はどうしてできますか、是非知りたいたい問題です。

この中の第一問は子供には區別し難い問題であるから、適切に解説を加へてやらなければなりません。即ち

1 絃を強く或は弱く弾くことにより、絃の振幅の大小を子供に觀察せしめる。張つた絃を

高低

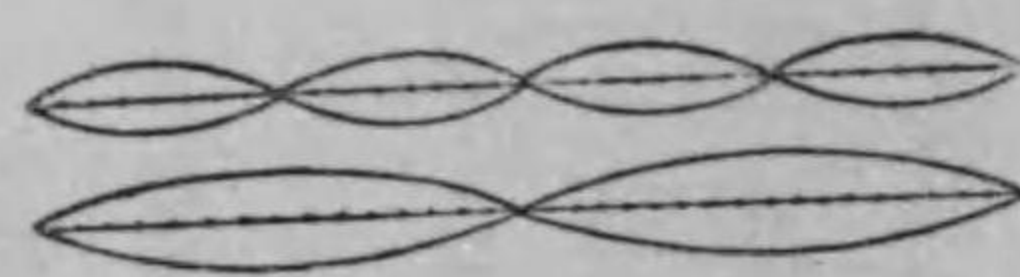
一度弾いた瞬間が一番振幅が大で、その際は音が強大であるが、次第に音が弱小になるに従つて振幅の小なることを觀察せしめる。

2 太鼓又は音叉を強く或は弱く打つこと。

3 同一調子の音を出すにも、一人ですると大勢ですることによつて、高低には差なきも大小に差を生ずることを知らしめる。

上のやうな圖解は是非とも必要です。

第二問の山彦の問題は、つまり音の傳達の問題です、これも教師の解説を要すべき問題であります。



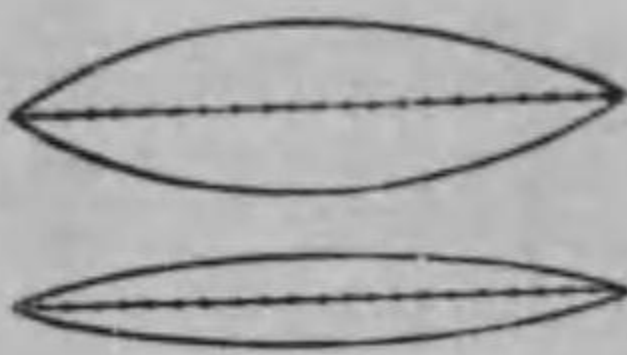
1 近所で午砲が鳴れば障子が振動する。鐘を鳴らしてその側に紙片を置くと紙は振動する。

九 教師が解説してやる内容

太鼓を鳴らして燭火に近づけると焰がゆらぐ。

2 瓦斯の引いてある教室ならば、瓦斯口を細くして火を點すれば、一尺ぐらゐの長さの焰を得ることが出来る。この時音又のやうなもので音を發せしめれば、焰はゆらぐ。

大 小 これ等の實驗を手際よくやつて、音を發する時には空氣に振動の起ることを理解せしめます。



「かうして音が空氣に傳はる時には、空氣中に波が起ります。恰も池の中に石を投すれば、その投じた點を中心として波が擴がると同様です。その波がわれくの耳に入れば音を感ずるので。」

「それで音が傳はるには時間がかゝるのですか……一秒時に三町とか。」

「さうです。傳はるといふ以上、何でも時間はかゝるのです。光でも一秒時に三億米（七萬六千四百里）傳はる。音にくらべると全く時間がないといつてもよいのです。」

大佛の鐘を衝く。鐘が振動する。鐘にふれてゐる空氣が振動する。その振動はだん／＼空氣の他の部分に傳はる。餅屋・大佛殿・押上・川久保・高等師範……といふ順序に、その間には時間がかゝるわけです。」

「一秒間に三町……三百四十米。」

實際は、空中に於ける音の速度は攝氏十五度の時に每秒三百四十米であるが、溫度を増す毎に、毎秒〇・六米を増すものである。攝氏零度の時は三百三十一米です。

氣體の種類によつても音の速度が異なります。零度の時に、酸素は三百七十七米、水素は千二百七十米、炭酸瓦斯は二百六十二米です。教師としては心得て置かなければなりません。

茲で次のやうな問題を出すと一層徹底します。

問一 杭を打つのを遠方で見ると、槌が上る時にその音の聞えるのはどういふわけですか。
問二 軍隊の行列が、先頭のラッパの合圖で行進する時、後の方に至るに従ひ、その歩調が後れるのはどういふわけですか。

問三 雷の音を聞いてからは、落雷を心配する必要はないといひます。どういふわけですか。

問四 敵の發砲を見るに、煙が見えて後に音の聞えるのはどういふわけですか。

問五 敵の發砲を見て敵の所迄の距離を知ることが出来るといふが、如何にすればわかるか。かうして山彦——反響——の問題も容易に解決がついてしまひました。

一〇 人の聲帯・昆蟲の鳴器

残つてゐるのは人の發聲器の問題ばかりになりました。私はこれをもこの機會に取扱ふことにしました。何も六年の第三學期に排列してある生理衛生教材を濟ませてからでなければ、扱ふことの出来ない問題ではありません。寧ろ音の連續として扱ふ方が便利です。

發聲器の學習は掛圖・模型・板畫等を用ひて巧に解説することに努めました。尤も私の學校では女學校用の程度の低い生理衛生教科書を理科室に備へ付けてあるから、一通りは子供が獨自に學習をしました。が併し、こればかりは最後に教師の解説が無ければ徹底しませんでした。人體發聲器が解決すると、鳥の發聲器・蟬の發聲器・こほろぎの發聲器の問題に移ります。子供が自然にその解決を要求して來ます。蟬やこほろぎのアルコール漬はかういふ時に非常に役に立ちます。

蟬・こほろぎの學習は下學年で一通り濟ませてある材料であるが、かういふ場合に再吟味をすることは、子供の非常に望む所のもです。昆蟲を多數にアルコール漬にして蓄へて置くのはかういふ時の準備なのです。

昆蟲の發聲器はその聽器と共に研究せられ、こほろぎの脛節の上方に位してゐる耳、蟬の共鳴膜、この不思議なる聽器に對して、子供の探究慾は益々高調して來ます。

「どうして音を感じるのであらう？」「人の耳はどんな仕掛になつてゐるのであらう？」發聲器の學習は進んで聽覺器の學習を導きます。

一一 魚の耳から音の傳達の吟味

茲で私は掛圖と模型と板畫とを用ひて、耳の構造及び作用について解説いたしました。さうすると、子供は一寸の隙もなく疑問を起します。

「魚は耳がないが音が聞えるのですか？」

かういふ問題を提出します。一人二人の出す問題ではあるが、丁度よい場合に出て來る問題であるから、級全體のものをそれに集中させます。

「そやなあ！ 魚はどうして音を聞くのだらう。」と、一同は首をひねります。

「魚には耳の孔も鼓膜もありません。併し立派に内耳を有つてゐます。」

「内耳だけで音が聞えますか？」

「内耳があれば音は聞えます……皆さんも耳の孔を塞いで見なさい。」
一同は耳を塞ぐ。机の上をカタ／＼とたたいて音を立てる。

「先生？ よく聞えました。鼓膜なくとも耳は聞えるものですね。」

「人の耳は鼓膜で聞くやうに慣れてゐるから、鼓膜を破ると非常に困るけれども、魚や蛇のやうに生れながらに鼓膜のないものは、内耳だけでもよく音を聴き得るものです。」

「では、音を傳へるものは空氣だけじゃないのですか。」

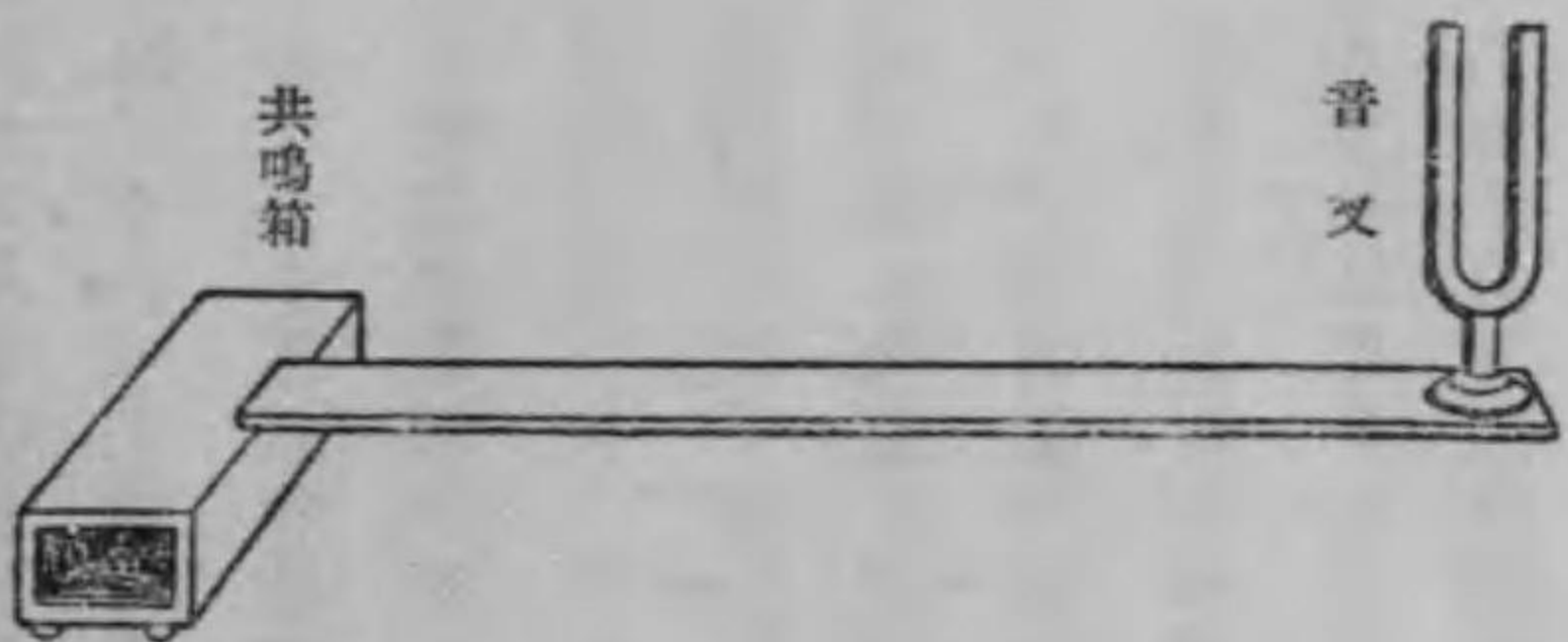
「よく頭が働きますね。私のいふ通り實驗をきなさい。」

豫期した所へ子供の考は向いて來ました。

1 机の一端を徹かに爪を以て搔く。机の他端に耳をあててきけば、爪の音が非常に明かにきこえる。

これで木材は空氣よりもよく音を傳へることを知ります。

2 長さ四五尺の板の一端を共鳴箱にもたせ、板の他端の上に振動してゐる音叉を置くと、共鳴箱は著しく共鳴して音を發する。音叉



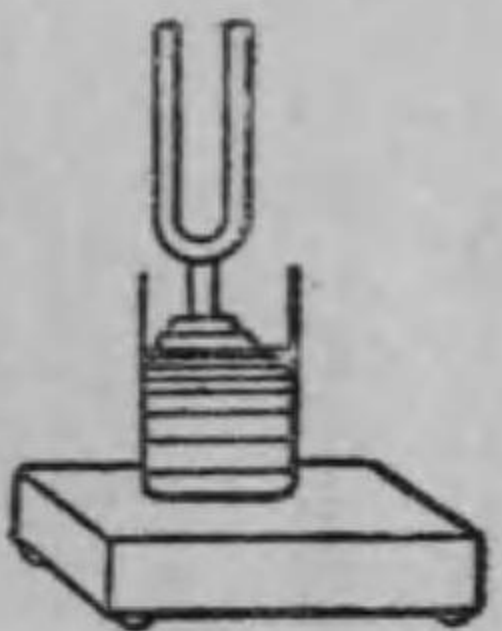
の振動が板を傳はつて行くからである。

3 右の板の端を共鳴箱に當てる代りに、板戸や板塀などにあて、も同様によく音を發する。こんな實驗をしてゐると、子供は直ぐに彼の絲傳話の事を言ひ出します。絲傳話は御承知の通り一六六八年英人ロバートフックの考案に成つた物です。子供は絲傳話については可なりの經驗をもつてゐるので絲をよく緊張すればよく聞え、弛緩すればなく聞えない事などをも知つてゐます。遠方から汽車の來るのをレールに耳を當てて知ることや、斥候が遠方の人馬の音を、土地に耳をあて、察することなども、子供はよく知つてゐます。因に、固體を傳はる音の速度は攝氏零度の時に次の通りです。

鐵	五二二七米。	硝子	五六〇〇米。
銅	三八〇〇米。	松材	{ 縱四六四〇米。 横一三五五米。
鉛	一三〇〇米。	コルク	四八〇米。
アルミニウム	五一〇〇米。	ゴム	三四六九米。

液體に於ける音の傳達は次のやうに示しました。

1 水を盛れるコップを共鳴箱に載せ音叉を振動せしめてその柄を水面に接する時は、共鳴



箱が鳴り出す。

2 右の實驗に於て音叉に絲をつけその絲を水に觸れしめてもよい。以上二つの實驗で水中の魚がよく人の足音をきき得る理が解ります。因に、液體を傳はる音の速度は、攝氏零度の時に次の通りであります。



淡	水	一四五〇米。	海	水	一四五五米。
アルコール	水	一二六四米。	水	銀	一四八四米。

「さうすると、固體が一番よく音を傳へ、液體はその次、空氣が一番悪いですね。」

「大體さうなりますね。併し、空氣はどこにでもあるから、空中に住む人や獸や鳥や昆蟲に取つては、それを利用するのが一番便利です。」

「空氣が無かつたらどんなんのですか。」

「どういふ結果になると思ひますか。」

「さあ、なあ。」

子供等は殊勝らしい顔をして考へ込む。すると敢然と勢こんで自分の考を發表する子供が現はれます。先驅けを嬉ぶ勇者の姿が忍ばれます。

「空氣が無かつたら空中で發する音は聞えないと思ふ。」

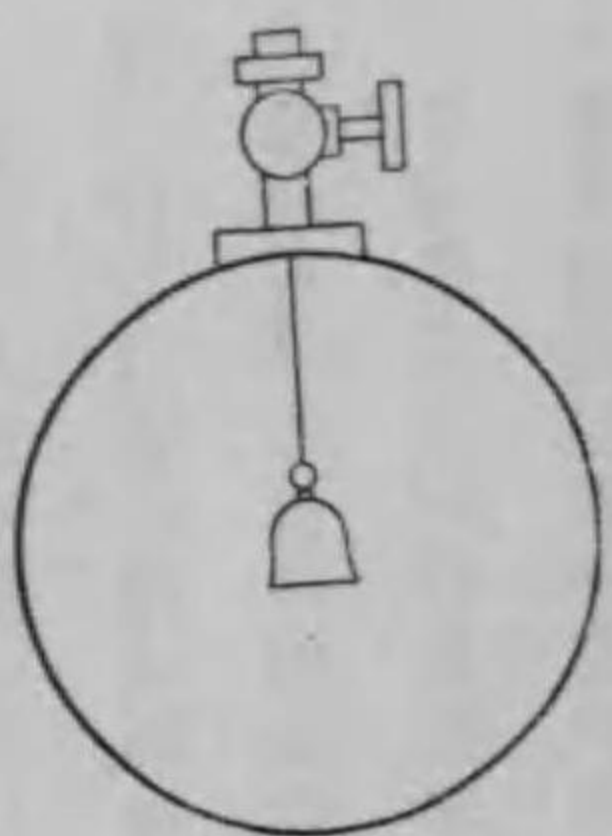
「君はどうしてさう考へたのですか？」

「固體が一番よく傳へる。液體はその次、氣體が一番悪いといふ事から、真空は全く傳へぬと考へたのです。」

賛成者が多い様子です。

「實驗する工夫は無いですか。」

私は口を挟みました。子供の中には排氣機の中に電鈴を裝置して、空氣を排出してベルを鳴らすことを考へたものがあつたが、今急に、その裝置を作ることには出来ません。唯その考案を賞讃して用意の真空鈴を取り出しました。



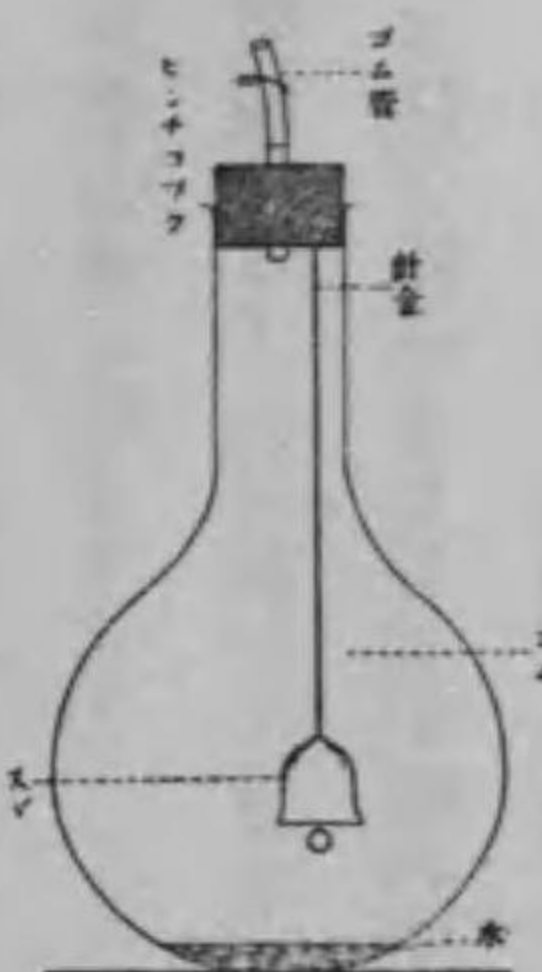
一一 魚の耳から音の傳達の吟味

1 排氣機に取附けることが出来るやうな瓶、而かもその口は活栓によつて開閉することが出来るやうに裝置した瓶の中に、小さい鈴を吊したものを、これを真空鈴と呼んでゐる。瓶の中の空氣を排氣機を以て排除すると、瓶を外して振つて見ても、殆んど鈴の音を聞くことがない。更に活栓を

開いて空氣を瓶の中に入らしめ、これを振れば鈴の音は高く聞える。

併し、真空鈴は如何によく空氣を排出しても、全く音が聞えない程度には達しません。これは排氣機の構造性質が全く空氣を排出し得ないためにもよるが、また鈴が或る固體に連續するがために、真空鈴の柄に傳はり、外氣に振動するからです。この點に於て所謂簡易真空鈴の方が却て實驗の目的を達するに都合がよろしい。

2



大形の丈夫な圓底フラスコに、アルコールと水との少量を入れ、硝子管を挿入したゴム栓を嵌め、別に玩具用の小さい鈴をフラスコ内に吊し、栓の硝子管にはゴム管を嵌めて置く。フラスコを熱してアルコールや水を蒸氣させると、空氣は自然にフラスコ外に追ひ出される。そこで中のアルコールや水が氣化して將に無くなる時を見計らつて、ゴム管挾を以てその口を閉ち火を引くのである。かうしてからフラスコに水を注いで冷却すると、蒸氣は液化しフラスコ内は殆んど真空となる。この時フラスコを振つても鈴の音を聞くことは殆んど出来ない。

以上の二實驗の中何れかによつて、物體は如何に振動しても、その周圍に空氣が無かつたならば、音は傳はらないといふことを確實に知らしめることが出来ます。

一一一 蓄音機・ラヂオへの發展

子供の中には蓄音機を樂器の一種として研究してゐるものもありました。學習の進むに従つて蓄音機に移つたものもあります。今になつて漸く蓄音機の學習に入ることを要求する子供もありません。何れにしても音の學習がこの邊まで來れば、放つて置いても蓄音機の問題を持ち出さず。これにも一時間を費さねばなりません。

蓄音機に連絡してラヂオを持ち出す子供があります。ラヂオが出れば、

「そりや、面白い。ラヂオだつて解らぬことはあるまい。併し、一足飛びにラヂオを研究しようとしても、それは出来ません。電氣を學習してだんく／＼ラヂオまで進むでしょう。」

「それでは今度から電氣ですか。」

「音のことに残つたものが無ければ、もう音を切り上げて電氣にうつりませう。」

「うまい、うまい。」

と、電氣に材料をかへます。

今年擔任してゐる尋常五年男は、早くから電氣の學習を要求しました。そこで音よりさきに電氣を扱ひました。電氣の學習が進んで、電池・電流・電磁石・電信機・電鈴と進行すると最後に電話に來ます。電話に來れば必ずラヂオに進みます。

「解らないでもよいから、ラヂオの説明をして下さい。」

子供等は熱心に要求します。

「電話やラヂオのことを知るのには、音の學習が出来てゐないと駄目です。」

「夫ではこれから二三時間音の學習をさせて下さい。」

放つて置いても音の學習に向いて來ます。かくて極めて自然的に連鎖的に學習は次から次へと發展して行きます。

一三 相互學習の跡をかへりみて

以上、相互學習によつて音の學習が如何に發展して來たかを摘記すれば、次のやうになります。

- 1 木 琴 發音體——物體の振動
音の高低——發音體の長短
- 2 ハーモニカ 音の高低の證明——舌の長短
- 3 琴 音の高低の證明・絃の長短
新問題——絃の張り方
- 4 大正琴 絃の緊張と弛緩の證明
胴の問題——空氣の共鳴
- 5 共鳴に關する教師實驗
- 6 三味線 皮と空氣との共鳴
絃の長短・太さ・緊張弛緩
- 7 ヴァイオリン 右の證明
- 8 各種の樂器 尺八・オルガン管・鐘・太鼓・オルガン・ピアノ
- 9 音の高低と振動數
- 10 音の高低と強弱との區別

一三 相互學習の跡をかへりみて

- 11 音の傳達の速度・反響
- 12 人の發聲器
- 13 鳥・昆蟲の發聲器
- 14 人の耳の構造作用
- 15 鼓膜のない動物の耳
- 16 固體の音傳導
- 17 液體の音傳導
- 18 真空鈴の實驗
- 19 蓄音器の學習へ
- 20 電話・ラヂオへの學習慾
- 21 電氣學習への題目轉換

茲に斷つて置かなければならぬことは、時間の問題であります。このやうに多くの時間をかけて音の學習させるならば、誰がやつても徹底させることが出来るといひませう。私は徹底させ得れば幾ら時間がかつてもよいと腹をきめてゐるのです。それでは他の教材が犠牲になり

はせないかと反問される方もあらうが、私は他の教材を犠牲にしないと答が出来ません。樂器の研究として始めた學習は、生理衛生にも入れば、昆蟲材料にも入り、電氣にも入るといふ有様だから、その材料に入つた時には自然時間を省くことが出来ます。何時も上すべりばかりしてゐる學習では、子供は何物も捉へずに卒業してしまひます。これが私の持論です。

一四 學習の深化

音の學習の終りが、蓄音機の學習になりますが、いよく蓄音機の原理が理會されてしまふと、レコードの一枚も聞かせてやるといふのが教師の情であります。私はかうした場合に、よく「武者會議」といふ子供に向けたレコードを掛けてやるのを例としてゐます。但し、子供の程度に應じては、蓄音機入りの音樂講話、それに附け加へて繪畫講話、進んでは藝術講話といふやうなものをしてやる必要があります。この講話の内容は今茲には出さないが、讀者諸君も一應は研究して置いていただきたい。

さて、私が何故にそんな畑違ひの話を持ち出すかといふに。第一はわれ／＼理科研究者は藝術の如何なるものかを解しないものが多い。然るに科學の反面たる藝術を知らねば本當の科學

が解らない。そこで少しその方に頭を突っ込んで見る必要があらうといふこと。第二には、音楽でも、綴方でも、繪畫でも、その發達の段階があるやうに、科學にも程度の低いものと、進んだものとのあることを明かにし、以て理科學習指導の資料にするがよいといふ考です。

淺茅が原をふらつてゐたら、鳥が足許から飛び立つた。何鳥であつたらう。つまづいた石を拾ひ上げて、抑々如何なる石に突きあたつたのであらうと吟味する程度のもの、これを突發的經驗の理科學習といふ。これを理科學習として扱ふことは寧ろ不當であらう。けれども、この程度のもので、これは何であらうといふ知的慾求である以上、理科の範圍たるを失はないのです。

火に觸つて見たらあつい。

水に濡れようとして苦しかつた。

八幡山にお詣りに行つて、思はず鳩の習性を知ることが出来た。

かうした例の突發的の見聞は所謂經驗と稱すべきもので、學習としては最下級のものであるが、而かも凡ての學習はこの程度のものから出發するものであります。他學級で電氣の學習をしてゐるのを見て面白かつたとか、大學藝會の際に上級生のやつた電鈴の實驗に興味をそゝら

れたとかいふものも、これに屬するものであります。

理科を學習することは子供自身に豫期せられてはゐるが、何を學習するのかは極めて漠然たる状態に置かれる場合があります。例へば、火曜の第二限は理科の時間であるから、何か面白いことがあらうと、子供は心の底に何物かを描いて教室に出て來ます。併し、何を學習するのであるかは知らずに出て來るのです。古い型の理科教授にはこんなのがありました。

「今日は面白いものを研究するのです。」

と、前ふればかり業々しくして材料を容易に子供に示さない。教卓の下に堅く閉して置いて、何だらうとの期待を大いに高める型のがそれです。この種の程度のもものは、例へば展覽會や博物館を見に行く時の心持と同様なもので、子供の注意が集注してゐるから、指導の如何によつては學習慾を發展させることが出來ます。併し、子供は全く受動的立場に置かれてゐるから、やゝもすれば子供の自發活動を減殺するおそれがあります。

それを、理科の學習問題は何時も子供が作るものとして置くこと、

「何かよい理科學習の材料はないか。」

と、子供自身の環境を物色し、これかあれかと、銳意自發問題の構成に努めます。

「太鼓にしようか、尺八にしようか。もつと面白いよい材料はないかしら。」
かうして、自分に最も叶つた題目を選びます。これが學習態度の出來かゝりであります。好機逸すべからず、

「君の家には大正琴はないか、あれは中々面白いよ。」

「君はハーモニカの古いのを持つてゐるだらう。あれを分解して研究して見たらどうか。」
など、極めて僅かな暗示によつて、子供の迷ひを開いてやれます。

一五 研究的分析の學習

同じ學習の問題を捉へるにしても、その程度には非常な差があります。

- 1 無意識的の見聞に止まるもの。
- 2 有意識的漠然の見聞に止まるもの。
- 3 自發的ではあるが明瞭なる學習題目を捉へ得ざるもの。
これ等はまだ程度の極めて低いものであります。次に
- 4 大題目は明瞭に捉へてゐるが、その内容が明かになつてゐない。

程度のもがあります。例へば、

水素について研究したい

電氣の實驗をして見たい

といふやうに、酸素とか水素とか、或は空氣の成分・ポンプ・時計・魚・櫻・油菜といふやうな大題目は明かであるが、さて、その如何なる事項を研究するのか、その邊が子供自身にはほとんど解つてゐません。これ等は問題の分析にまで導かなくてはならぬものです。

一口に理科學習とはいふが、實際には多種多様にあらはれてまゐります。

- 1 物その物、現象その物を直觀すること
- 2 道具だてをして理化學の實驗をすること
- 3 動物體の解剖實驗をすること
- 4 植物體の解體觀察をすること
- 5 小動物を飼育すること
- 6 花卉などを栽培すること
- 7 動植物・礦物岩石などの採集をすること

- 8 簡易なる器具を製作使用すること
- 9 器具器械の修理修繕をすること
- 10 理科に關係ある圖書をあさること

など、挙げれば、理科學習の仕事にはいろいろの場面がある。併し、これを要するに、理科學習の仕事は何等かの疑問の解決でなければなりません。疑問の解決の爲めの仕事でないものは、それは理科の範圍に入らないものです。

蓄音機をいぢつてゐる子供があるとしても、たゞレコードをかけて聞いてゐるだけでは理科の學習とはいへません。

- 1 蓄音機といふものはどんな風に音を出すものか。
- 2 發音の主要部は如何なる部分か。
- 3 針とレコードの溝と雲母板との關係は如何に。

なごいふ疑問を懐き、その解決の手段として蓄音機を使用するのでなければ、同じく蓄音機を使用するにしても、それは理科の學習といふことは出来ません。この分析の要求があればこそ、

- 1 レコード面を廓大鏡で觀察する作業も、
- 2 古いレコード面の溝に沿ふて、指でつまんだ針の先を廻轉し、
 - イ 如何に指先に觸感があるか、
 - ロ 手に耳を近づけて、頬骨が殆んど手に觸れるやうにして、かすかに響く音を聞いて見ること

それ／＼實驗としての價值を發揮するのであります。

然るに、この分析の中にも段階があります。課題といふのはその最も低級のものであります。

- 1 理科の教科書の順序に従つて學習して行くこと
なども一種の課題といはなければなりません。教科書には學習項目は明かに定められてあり、その結論は明示せられてあるから、どうしても自發的の學習とはなりません。學習問題が子供自身のものとなつてゐません。

- 2 教科書を離れて、學校の定めたる學習要目乃至細目によつて學習して行くことは、餘程まで子供の事情とその環境とを斟酌してはゐるが、子供の側から見れば、學習がまだ請負作業たるを免れません。

課題による理科學習は、教科書によるも、別に定めたる要目によるも、普通はその學習事項は分析せられて、研究の中心點は明かにされてあります。故に學習事項の選擇に他力の加はる分子は多いとはいへ、これをたゞ單に大題目を捉へてゐるのに比すれば、遙に進んだ域に達したものだといはなければなりません。これは既に理科の本質的内容に觸れてゐます。音樂の方でいへば、既に音樂的描寫に入つて居ります。若しもこれが子供の自發的の分析の問題であるならば、最早や充分の域に達してゐるのであります。

等しく自發的分析の問題を捉へてゐる場合にも二通あります。その一は檢證的問題を捉へてゐる場合、その二は發見的問題を捉へてゐる場合であります。

檢證的問題を捉へてゐる場合といふのは、結果は明かにわかつてゐるが、その實際を見たいといふ程度のものです。例へば

- 1 水族館に於て、うにの生活状態を見たい。
- 2 動物園で象を見たい。
- 3 とんぼの羽化順序を詳細に見たい。
- 4 月の面を望遠鏡で見たい。

といふ種類のものです。うにはアルコール漬を見てゐる。繪畫によつてその生活状態も知つてゐる。けれどもまだ實際に生きてゐるうにを見たことがない。月の面が山あり、谷あり、ボツ／＼と噴火口さへあるといふことは、書物によつて充分に知つてゐる。けれども自分のこの自分の眼で未だ見たことがない。それを實地に見ようといふ學習です。この種の學習は自發的には相違ないが、その仕事は檢證的であります。

- 1 魚の内臓は掛圖で知つてゐるが、更に實地の解剖をして見たい。
 - 2 水素の實驗も大抵はやつて見たが、更に小さい飛行船を作つて飛ばして見たい。
- といふやうなものも同様なものであります。これ等理科の檢證問題の取扱に關しては更に別にお話することがあります。

第二の發見的問題を捉へてゐる場合といふのは、子供自身が物その物、現象その物から、子供自身の問題をつかまへて、それが解決を試みる學習であります。子供の理科學習といふものは、これを中心として進めなければならぬといふ私の主張、これには理科の學習問題の本質から説明しないど、皆さんにもおわかりにならない點もあらうし、又新理科學習の根本がその中に在ると思ひますから、別に項を改めてそれを詳論することに致しませう。

第二講 學習問題の構成と理科の本質

一 分類を要求する疑問

初夏の闇空に飛びかふ螢は景物の最上であります。併し、初めて螢の光を見た子供はその怪火に驚異の眼を見張ることでありませう。

「あれは何？」この際子供の發する叫びは必ずこの疑問であります。子供は

「あの闇空に珠玉の飛びかふやうな數々の光は、そもそも何物であるか」の疑問を懷き、その解決を要求してゐるのです。この子供は、今新しい經驗を捉へて、それを舊知識によつて解釋しようと試みてゐるものです。

「あれは螢の光です。」

「え？ あれが螢の光ですか。螢といへば蟲ではありませんか。蟲が光るとは一體どんな蟲ですか。」

螢についての何等の智識も持たない子供は、螢の名を聞いただけでは決して満足するもので

はありません。「螢はどんな蟲であるか？」といふのは、その蟲の正體を明かにせんとする要求をしてゐるのです。かくの如くにして、子供はその智識を増して行くものであります。

然るに、この「あれは何か？」といふ疑問は、事物の本質・外形・名稱などを問ふものであるが、よく／＼考へて見ると、これは全くそのものの分類を求めてゐる疑問であります。

「あれは何か？」といふ疑問は「あれは何の類か！」といふ疑問と同一なものです。螢の光を見て「蟲が光る」と解するのは、「光を放つ蟲の一種類が存在する」ことを認識したものです。即ち、この場合、光を中心にして考へた時には、光の中には「蟲の放つ光」の存在することを知り、蟲を中心として考へた時には、蟲の中には、「光を放つ蟲」が存在することを知らなければなりません。

初めて秋の紅葉を見た子供は、先づその美觀に心を奪はれ、暫くはこれを鑑賞し、次いで「あれは何？」の疑問を發します。この際この子供は「あの山麓一帯にひろがつてゐる紅色のものは何物であるか」の疑問を懷いたものであります。この場合も亦前の螢の例の場合と同様に、今捉へた新しい經驗を舊知識によつて解釋しようとして試みてゐるわけです。

「あれは紅葉といふものです。」

「え？ 紅葉といへば花ではありませんね。そも／＼紅葉とは如何なる物ですか。」

この子供も初めて紅葉を見たのであるから、紅葉の名を聞いただけでは満足しません。必ず

「紅葉とは何物であるか？」と紅葉の正體を明かにせんとする要求をして來ます。

「紅葉といふのは、つまり葉の紅くなつたものです。」

「それでは、初夏の頃のかなめもちの若葉の紅いものと同様なものですね。」

この子供は紅葉の正體を知らうといふ要求を起し、既知のかなめもちの若葉の紅いものと同様なものだといふ解釋を得て、一先づ満足することが出來ました。かくの如くにして人はその知識を増して行くものです。

所で、この紅葉の場合も、亦前の螢の場合と同様に、全くそのものの分類を求めてゐる疑問であります。「あの紅いものは何か」といふ疑問は、「あの紅いものは何の類か」といふ疑問と同一です。紅葉を見て「若葉の紅いものと同様なものか」と解釋するのは、「紅い葉の一種類か」といふのと同様であります。即ち、この疑問は紅葉の分類上の位置を求めてゐる要求といふことが出來ます。

「あれは誰か？」

吾々は未知の者に初めて逢つた時に、よくかういふ問を自分の周圍の人に發するものです。この問に對して、「あれが神戸伊三郎だ」と答へる場合には、問者と答者との間に、既に神戸伊三郎の何者なるかを知つてゐるので、「ア、あれが神戸伊三郎かね」と、直ちに問者の方で満足してしまひます。併し、問者の方に神戸伊三郎に關する何等の知識も無かつたとすればそのまゝでは濟まされません。

「一體どんな人物か」と、更に追及せずには置きません。何となれば、質問者は未だ神戸伊三郎に適當な分類を施すことが出来ないからです。然し、「あれは奈良の理科の教師だよ」の答を得るに至れば、「フーン、それじややはり教師の種類だね」と、はじめて納得することが出来ます。まさか「教師の種類だね」と口にまで出すものも少なからうが、その納得した心持は詮するにやはり「教師の種類だね」であります。

「これには、何といふ名がついてゐますか？」といふ問の場合になると、その物に命じてある名の種類を求めてゐるので、

「は、こぐさ」

「むらさきうに」

「苛性加里」

「柘榴石」

などといふ簡単な答で満足すべき性質のもです。何となれば、この場合は、單にその名稱を知することを要求してゐるもので、それ以外の事柄は既に充分に知つてゐるか、またはそれ以外のこと觸れた疑問を有たないからであります。併し、かういふ單に物の名稱をたづねる場合でも、それはやはり分類を要求する問であります。名稱上の分類を要求する問であります。

「あの時計の中は如何なる構造であるか？」

「うにといふものはどんなものですか？」

などといふ疑問になると、前の「これは何か？」の問題とは少し違つた所があるが、これも詮じつめれば、やはり分類を要求してゐる疑問であります。前者の時計の疑問は、「あの時計の中は如何なる種類の構造をなしてゐるか」といふ形の疑問と同一です。あの時計の中は「齒車仕掛になつてゐる」とか、又は「電氣仕掛になつてゐる」とかいふその答は、即ち「齒車仕掛の種類」「電氣仕掛の種類」といふのと同様です。尤もかういふ大ざつばな答では、問者は固より満足するものではないが、更に詳細にその構造を吟味して、「巻いたゼンマイが己れの彈

性によつて巻き戻る力、それを利用してこれを齒車にうつし、またこれを調節するために振子の等時性を利用する……」といふやうな解決を得たとしても、要するに分類が細かになつたに過ぎないもので、

「動力は弾性あるゼンマイの種類」

「それを指針に移すには齒車の種類」

「またそれを調節する爲めには振子の種類」

といふやうに、幾つかの異つた種類の組合せといふことになります。つまり「齒車仕掛」といふやうな大ざつばな分類に止めてあるか、もつと小さい分類までも詳細に見出すかの相違があるだけで、その分類を要求してゐる點に於ては同一であります。

後者の疑問「うにの外部形態」の問題にしても、「うには栗のいがのやうである」といふのは、「栗のいがのやうな種類の形」といふのと同じであります。

かういふ次第で、これ等の疑問解決は、皆新経験を舊知識によつて解釋しようとする作用であります。故に心理學の方ではこれを類化作用といつてゐます。知識を分類化するとか、経験を分類化するとかいふほどの意味でありませう。

「如何に？」といふ形の疑問から、單に手段・方法の疑問を誘導し得ると思ふのは誤です、如何にといふ形の疑問はいろいろの場合に使はれるものです。

- 1 如何なる構造？
- 2 如何なる形？
- 3 如何なる色？
- 4 如何なる方法？
- 5 如何なる手段？
- 6 如何なる目的？
- 7 如何なる時期？
- 8 如何なる理由？
- 9 如何なる關係？
- 10 如何なる種類？

など、挙げ来れば際限もないことであるが、これも亦詮じつめて見れば皆分類を要求してゐる疑問であります。それは

- 1 如何なる種類の構造か？
- 2 如何なる種類の形か？
- 3 如何なる種類の色か？
- 4 如何なる種類の方法か？
- 5 如何なる種類の手段か？
- 6 如何なる種類の目的か？
- 7 如何なる種類の時期か？
- 8 如何なる種類の理由か？
- 9 如何なる種類の関係か？
- 10 如何なる種類か？

と、その形を變へて見ればよくわかります。故に「如何に？」のつく疑問も亦、すべて分類を要求するものといつて差支へありません。

茲に一寸注意して置かなければならぬことは、(8)の「如何なる種類の理由か？」などは、一見次に述べる所の因果関係の疑問であるかの如く考へられるけれども、決してさうではありません。

せん。原因結果の関係も幾通りもあります。その中何れの種類の因果関係に屬するかと問うてゐるのであつて、その解決の内容は同一であつても、その形は全く分類を要求してゐる疑問です。これは次の内容と合せ考へて見れば自ら明瞭になります。

二 因果関係を要求する疑問

「紅葉といふのは、若葉の紅いのも同様なものといひますが、どうしてこの寒空の晩秋に若葉などが芽を出すのですか？」

「若葉ではありません。古い葉が落ちる前に紅くなつたのが紅葉です。」

「オヤ、それは不思議ではありませんか。あの緑の葉が秋になるとどうして紅くなるのですう？」

子供は次から次へと疑問を進めて、秋の紅葉の原因をたづねてゐます。「何故に秋になると葉は紅變するか」の疑問は紅葉の原因を知らうとする要求であります。故にこの種の疑問を因果関係を求むる疑問といはれてゐます。

「螢とは一體どんな蟲ですか」と問へば、螢の正體を明かにしようとする一種の分類の疑問

であるが、

「蟲が光る？ とうして蟲が光ることが出来るのでせう。他の蟲は光らないのに。何故に螢だけが光ることが出来るであらう？」といふ問になれば、これも亦因果關係を求めると疑問であります。

人の知能は、日常の經驗中に於て相繼いで起る二つの現象があれば、これを原因結果の關係に組織したがる傾向を有つてゐます。否、そこに一事象が起れば、その事象の原因をたづね、更にその結果をも豫想せずに居られないのが人情の常です。例へば白蛇を殺した事件と眼病の起つた事件とが、一人の人に關係して引き繼いで起つた場合には、人はやゝもすればこれを原因結果の關係に組織して、「白蛇を殺したから眼病になつた」と斷定したがるものです。殊にその繼起が反覆經驗せられる時には、益々その因果關係を確實なるものと認めてしまふものです。

「今日は朝からお腹が痛む」と感ずれば、人は決してそのままに捨て、は置きません。「昨夜の食物が悪かつたかな？」「昨夜お腹を冷やしたわけではあるまいに？」と、何をおいても先づ第一にその原因を求めます。いやその原因を求めずには人の悟性が承知しないのです。

かくの如くにして、人は日常の經驗の中に一つの事象を見れば、直ちにその原因を求めなければ止まぬものであります。ひとりその原因を求めるのみならず、更に進んでその結果をも豫想せずには置きません。

「このやうにお腹が痛むからには大病にならなければよいが。」「若し大病になつたならば、この講話を中止しなければなるまい。」「講話の中止はまだしも、或はこれがもつて死ぬのではあるまいか。」

かくの如く、原因は結果を生み、結果は更に結果を生んで、止まる所を知らぬといふのが、人の悟性の常であります。而して、これがまた人類生活の一要求で、飲食の慾などと共に止むに止まれない一つの慾望であります。

世にありふれた迷信と名のつくものは、かゝる原因結果の關係が、正しい位置に置かれなかつたことに胚胎してゐます。人と結合した因果關係が、果して眞實の因果の關係にあるか。果して白蛇を殺したが原因で、眼病がその結果をなすか。或は病菌の侵入が眼病の原因であるか。その正否は種々の方面から確かめられなければなりません。これを決するのが科學の職分です。それを合理的に解決する方法を體得するのが、理科學習の眼目です。稻の豊凶が偏に鎮守の神

の仕業とのみ見たのは、その因果関係を正しく置いたのではなかつたのです。充分なる炭素同化作用が、稻の豊作の大原因であることが確かめられるまでには、人は幾多の研究を繰り返したものです。雷鳴が雷神の仕業とせられ、暴風が風の神の仕業とせられてゐたのは、人類の生活を始めてから随分長い間のことでありました。その原因が電気とせられ、低氣壓とせられたのは、人類生活の長い歴史に比すれば、ほんの昨今のことであります。科學は人の因果觀を正しくする仕事の主であり、而して自然科學は、自然物・自然現象を對象とする人の因果觀を正しくする仕事の主であります。

話は戻つて紅葉の原因にかへらなければなりません。「秋になると何故に紅葉するか」といふ疑問に對して、

「それは葉の中に紅色液が出来るからである」として、紅色液の發生を以て紅葉の原因としその證明として、

- 1 紅葉を文字刷にして、白ハンカチーフを染めて見る。
 - 2 紅葉をアルコール水中にて煮て、紅色液を浸出して見る。
- これで一應問題の解決がついたわけです。けれども人の悟性は決してそれで満足するもので

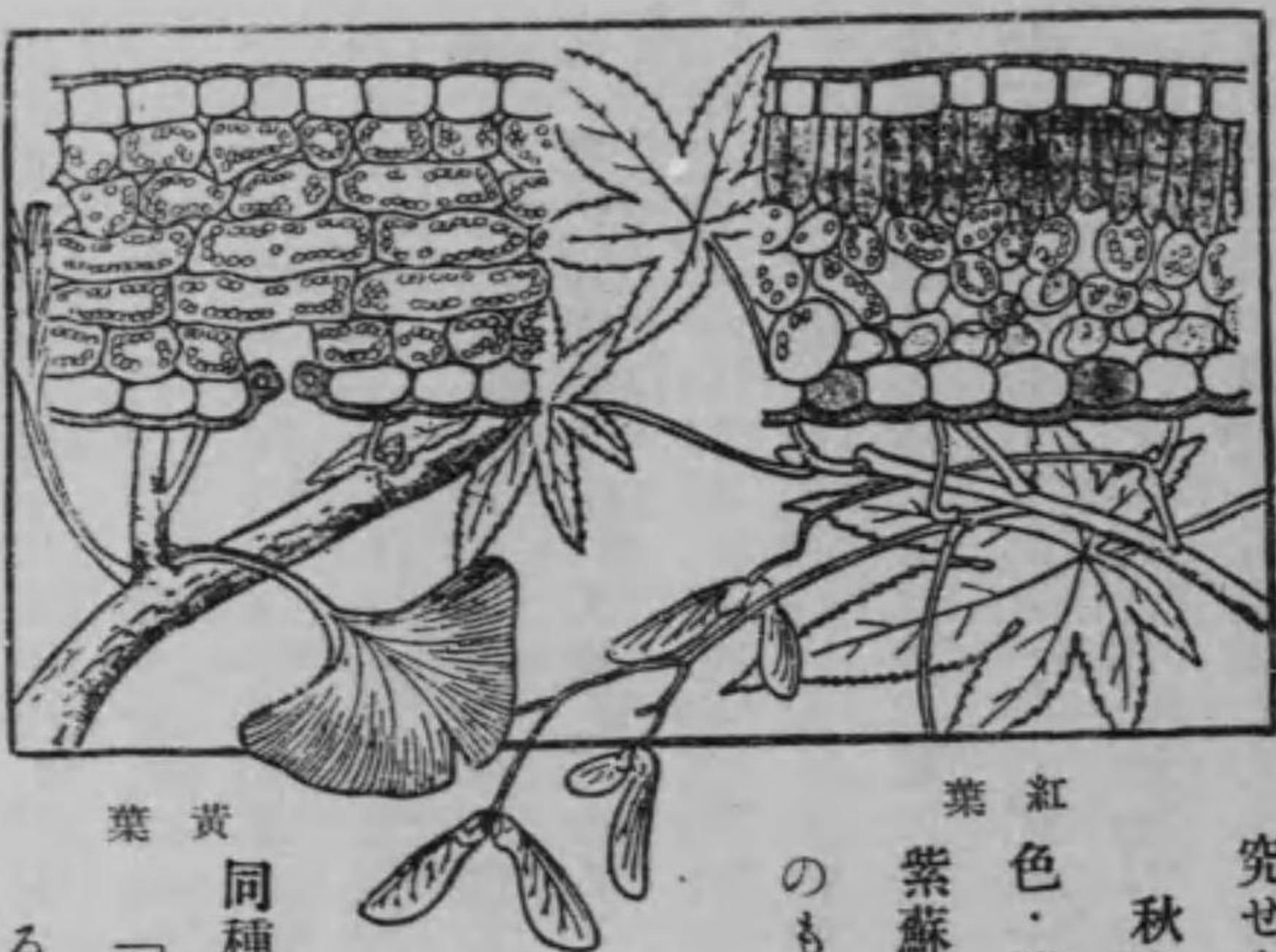
はなく、「その紅色液が何故に秋になると葉の中に生ずるのであるか」と、そのまた原因を探

究せんとするものです。

秋の紅葉中に含んでゐる紅色は花青素アントシアニンと稱するもので、紅色・紫色等の花瓣に含んでゐる色素と同一の物であります。紫蘇・葉鶏頭の葉、その他春の紅色の嫩葉中に含んでゐるものも亦それと同一の色素であります。

そもそも花青素は水またはアルコールに溶解し、酸に逢へば更に紅色を増し、アルカリに逢へば青色又は黄綠色に變ずる特質があるから、五〇%のアルコール水の浸出液を作つて、それが反應を比較し、花も紅葉も

同種の色素が原因するものなる事を證明する事が出来ます。「然らば何故に、その花青素が秋の落葉前の葉の中に出來るか。」



更に疑問は深化して來ます。理科の學習問題はかくの如くにして構成されるものです。

「他の蟲は光らないのに、何故に螢だけが光を發するか。」

「何ぞかこちつけなりにも解決しなければ濟まないのが人情です。そこで、

「螢の尻の部分には磷を含んでゐるからです。」

と解するものがあります。螢の光の色が黄綠色で、所謂磷光と稱するものに似てゐる所から、かういふ解釋を下したものでありませう。日本では、何でも怪火と名づけられるものを、總て磷と解してしまふ傾があります。螢の光の原因を磷とすることはやはり誤でありました。それは、螢の腹部の末端に充實してゐるその發光物を取り出して、磷と比較して見れば自ら明瞭となります。その結果、螢の發光物は決して磷ではありませんでした。

「然らば螢の發光物はそも／＼何物質であるか。」

學者の研究する所によれば、螢の發光部には一種の脂油を含み、それが氣管を通つて入り込む所の空氣と化合して、「一種の燃焼を起す」に原因するものださうです。

「それでは、その發光部の脂油は如何なる化學成分を有するか。」

これも亦益々深化した疑問になります。かゝる追及に追及を重ねればこそ、科學の進歩は止まないものであります。さうして一步一步科學の世界は開拓されて行くのです。

螢の發光部の脂油の正體が何であるか。今日まで明瞭な解決を得てゐないが、紅葉の原因についてはもつと深く研究されてゐます。

晩秋の候に、何故に花青素を葉の中に生ずるかは、解き得べくして容易に解き得なかつた疑問でありました。學者の研究によれば、

- 1 葉の中に糖分が多量に存在すること
- 2 葉が寒冷に曝露せられること
- 3 葉が充分の日光を受けること
- 4 葉内に水分の缺乏を來すこと
- 5 葉の細胞液中にタンニンの存在すること

の五つの條件が備はれば、何時如何なる植物でも随意に紅葉させる事が出来るといふことです。

右の五條件の中でも、葉の中に糖分の停滯するのが一つの主要な原因であることは、

- 1 紅葉しかけた甲乙二枝のかへてを取り、甲は清水中に、乙は砂糖水中に生けて置くと、乙の枝の葉が早く紅くなる。

- 2 紅くなりかけたかへての葉の葉脈を傷けると、傷の部分より先端の方が著しく紅くなる

實驗でもわかります。その中後者の實驗は、水分の缺乏が紅葉の一原因たることを證するものであるが、また糖分の停滯が紅葉の原因たることを證する實驗にもなります。

「然らば又、何故に晩秋になると葉の中に糖分が停滯するのであるか。」

これは通常次のやうに説明してゐます。

晩秋になると、温帯地方に於ては、よく天氣晴朗な小春日和が続きます。かういふ好天氣には直射光線が十分に葉にあたります。従つて葉の中では炭素同化作用が盛に行はれて、その結果、葉の中に澱粉が多量に出來ます。この葉の中に出來た同化澱粉は、普通の氣温に於ては、デアスターゼなる酵素の働によつて、糖分に變化し、莖や根の方に送られてしまふものです。然るに、晩秋氣温低下する頃になれば、晝間特に温暖なるに反して、夜間は格別に寒冷となり植物の葉はこれが爲めに非常に冷却せられる。それで夜間は葉の生活現象が妨げられ、莖や根の方に行くべき筈の糖分は、何時よりも多量に葉の中に停滯することになるのです。さればこそ、晩秋、晝間日光の直射を受けて、而かも夜間は温熱を放散し易い位置にある樹木は、特にその紅葉が美しいものです。日光・塩原地方の紅葉が非常に美しいのは、その地方の天候がよくこの條件に適つてゐるからであります。

岩石よりなる山の紅葉は、土砂より成る山の紅葉より美麗であるといふのも、また理由のあることです。岩山は熱を吸収することが速い代りに、また熱を放散することも速い。土山は全くこれと反對であります。それで岩山に生えてゐる樹木は、一つは晝夜の差の甚しい温度の影響を受け、もう一つは水分の影響を受けて、その紅葉が美しいと解せられてゐます。

同じ一本の紅葉でも、日光に照される枝は、日蔭の枝よりも紅葉が早いといふ事實もあります。また秋期急に酷寒のやつて來る寒帯や、晩秋何時までも暖かい暖帯地方では、紅葉が美しいといふ事實もあります。これ等は、何れもよく右の因果關係を説明してゐるものであります。

三 概括によつて統一して行く

かうして、秋の紅葉の原因として、葉の中に糖分の生ずることは事實であるが、糖分そのものが花青素に變ずるものではありません。柴田博士はこの點を研究して學士院賞を受けてゐます。同博士の研究によれば、葉肉の細胞液の中には、その初めよりフラボン配糖體を含有し、それが還元して花青素を生ずるものと解釋してあります。さうしてその還元を促す要素は、

1 寒冷のために葉肉内に糖分が停滞すること

2 寒冷の爲めに炭素同化作用が衰へて、葉肉内に酸素の缺乏を來すこと
の二つを數へてゐます。即ち、葉肉内にはもつとフラボン配糖體を含有してゐるものである

が、寒冷のために葉の生理作用が衰へ、一方には酸素の缺乏を來し、他方には糖分の停滞を起し、フラボン配糖體の還元によつて花青素を生ずるものとこの解釋であります。

前にも言つた通り、花青素そのものは青色または黄綠色のものであるが、酸性にあへば紅色に變じ、アルカリ性にあへば黄色となるものです。故に葉の紅變は、その花青素が酸性の細胞液にあつて生ずるものといはなければなりません。

然らばいてふ・ポプラのやうに、晩秋葉の黄變するものは、葉肉中の花青素がアルカリ性の細胞液にあつて生ずるやうに考へられるが、これはまた別で、全く葉緑素が分解して黄變したものに過ぎません。故に、紅葉の紅色には、葉緑素の分解より生じた黄色の要素も加つてゐるものであります。

かくの如く、その原因を追及し、だん／＼と深く研究して行くと、「秋になつて葉の紅變するは何故か？」の同じ問題にもその答に深淺があります。最も淺いものは、

1 葉の中に紅色液が出来るから。

といふものであるが、それを更に深入りすると、

2 その紅色液は花瓣などに含む色素と同一で、花青素といふ物質である。

といふことになります。さうして、

3 その花青素はフラボン配糖體の還元したものだ。

といふことになり、その還元に與るものは、

4 酸素の缺乏と糖分とである。

といふことになります。もつと／＼深く研究するとすれば、フラボン配糖體の分子式を明かにし、その還元の方程式を明示しなければなりません。

一般に科學は、一方に於ては新事實・新現象・新法則によつて、その内容を富まして行くと同時に、他方には絶えずこれを概括によつて統一して行くものです。前者は實驗科學で後者は理論科學です。もつと程度の低いひ方をすれば、事實の證明と原理の推定です。

化學者は、この世界にあるおそろしく多くの化合物を分析して、僅に八十有餘の元素に還元してしまひました。さうして宇宙間に起る諸々の現象をこの八十有餘の元素の化合離散に基づ

くものとしてゐます。更に元素は原子團に、原子團は原子に、原子は電子に、その究極の物質的要素に分析しようとしてゐます。かうして進んで止まなかつたならば、遂には宇宙間の千態萬狀の諸相を唯一の原則を以て統裁することが出来るやうになりませう。科學は實にこれを目標として絶えず研究せられねばなりません。

四 合目的性の因果關係

問題の上に冠せる「なせ」といふ言葉ぐらゐ曖昧のものはありません。併し、子供はよくこの「なせ」の問題を出します。その度毎に私も惱まされ、子供も共に惱んでゐます。

「なせ雨がふりますか。」

「なせ雷が鳴りますか。」

「なせポンプは水を吸ひ上げるか。」

「なせ時計の針は絶えず動くか。」

などの物理化學現象の場合に於ける「なせ」は、前に述べた因果關係を明かにせんとの要求であることは誰人にも了解されるが、それが生物現象になると、その問題の意味が明かでないこ

とがあります。例へば、同じく紅葉に例を取つて見ると

「なせ、葉は秋になると紅色に變ずるか。」

といふ問は、普通に問題の形式を整へたものとして取扱はれてゐます。併し、この位曖昧な問題はありません。

「君等はなせといふ言葉に如何なることを意味してゐるのですか。」

A 「なせとは何んでといふことです。」

B 「どういふわけでと問うてゐるのです。」

C 「その理由をたづねてゐるのです。」

「まだ解らないね。どんなことを知りたいのですか。」

D 「葉の中にどんな變化が起るかがわかればよいのです。」

E 「その時はどんなものが含まれるかとの問です。」

「大分解つて來ました。」

F 「紅葉の原因が知りたいのです。」

私はよくかういふ吟味をすることがあります。よく中等學校の博物教科書に

「秋の紅葉の理由を問ふ。」

といふやうな問題が出てゐるが、私から見れば、こんな問題の出し方は頗る不明瞭なものとしか言へないので。これは右の中のABCと同様で、少しもその内容を明かにしてゐません。問題はよろしくDEのやうにその内容を分析して置かなければなりません。

さて、右のやうな分析によつて、紅葉の原因を問うた「なぜ」の意味は頗る明瞭になつたけれども、茲にこの「なぜ」が極めて無難作に他の意味の間に用ひられることがあります。

「なぜ花は紅いのですか？」

といふ問に對して、學校の理科では二種の答をしてゐます。

- 1 花瓣の中に紅い色素が含まんでゐるから。
- 2 昆虫が花の美しさに誘はれて花粉の媒介をするために。

これがその二種類の答です。前者は普通の因果關係の解釋で、物理化學上の原因を明かにしたものであるが、後者は、それとはやゝ趣を異にした答になつてゐます。後者の答は通常生物學的現象にのみ存在するものであります。

凡そ生物學的現象が他の無機物的現象から區別せられることは、生物學的現象が常に目的手

段の關係に支配せられるといふ點にあります。物理化學の如き無機物的現象ならば、その因果關係は無目的性のものであります。然るに生物學的現象になると、常にそれが合目的性の因果關係に支配せられてゐます。

例へば「花が紅なるは何故か」は、「花瓣の中に紅い色素が存するからである」と答へた場合に、紅い色素が原因で、紅い花といふ結果が現はれたと解したものです。單にこれだけならば、紅い糸（結果）は紅い染料（原因）で色がついたといふのと、何等變つた所のない普通の物理化學上の因果關係を解いたものに過ぎません。けれども生物に對する探究はそれだけでは満足されません。必ずそれに加へて

- 1 花の紅いのは何か目的があるか、
 - 2 紅い花瓣は植物自身の爲めに何かの役に立つか、
- といふ答の解決を要求します。この問の答は

昆虫を誘つて受粉作用を助ける爲めである。

と、苟も植物學の初歩を學んだ人は、誰も知つてゐる所であるが、何故か？

何の爲めか？

を區別して取扱ふべきものたることを心得てゐるものは少いものです。即ち、紅い花には無目的性の因果關係の存在すると同時に、常に有目的性の因果關係が存在することを、はつきりと知つてゐなければならぬ譯になります。これが生物學の生物學としての特徴であります。

そこで、生物教材には科學の立場から見て、次の四つの研究方面のあることを知つて置かねばなりません。

- 1 何か？ 分類學的 分類上の系統關係……………
- 2 如何に？ 形態學的等 形態構造上、その他あらゆる場合の系統關係…………… 系統化
- 3 何故に？ 生理學的 無目的性因果關係……………
- 4 何の爲めに？ 生態學的 合目的性因果關係…………… 因果化

五 目的論と因果法との關係

生物學的現象には、無目的性の因果關係が存在すると同時に、常に合目的性の因果關係の存在すること上述の通りであります。かるが故に、生物學的現象は無目的性の因果の關係のみか

らは認識することを許されません。併し、目的論（合目的性の因果關係）は因果法（無目的性の因果關係）を包含して、尙ほその上に特異の規定を要求するものであつて、この兩者は決して矛盾するものではありません。生物學の著しい進歩は一に因果法によるもので、吾々は理科指導上どこまでもその追及を高調して止まぬものであるが、同時にまた因果法のみによつて生物學的現象を完全に認識することの出来ないことを心得てゐなければなりません。

秋の紅葉の無目的性の因果關係「秋になると何故に紅葉するか」の疑問は、前節に於て既に明かにされたが、更に吾人は、第二の疑問

「秋期紅葉して植物自身に何の爲めになるか？」を解決しなければ満足されません。この疑問の意味を分解して見ると

- 1 紅くなつたが爲めにどういふ作用をするか。
- 2 紅くなつて何の爲めになるか。
- 3 何の目的に紅くなるか。
- 4 紅くなつて生活のために何故よいか。

に姿をかへることが出来ます。併し、この四つは同一の意味を含むものです。

花の美麗なるは、昆虫の目をひいて花粉の媒介を助ける爲めであります。藻類の各種の色彩を帯びてゐるのは、海の深淺に應じて、それ／＼炭素同化作用に關係あることは、植物學者の解説で明瞭なことであります。併し、秋の紅葉については從來明確なる解答が出来なかつたものです。

尤も春の若葉が紅色なることは、紅色素(花青素)が表皮に近い所に存在して、未だ完成しない内部の組織が、紫外光線の如きに害せられることを防ぐ爲めであると解せられてゐます。恰も吾々人體の皮膚にも、その表皮の下部には一種の色素があつて、紫外光線の如き有害の光線が透入して、それより内部の生理作用を妨ぐる事を防ぐのと同様であります。この關係を解り易くいへば、赤兒や病人などに洋傘をさしかけて、強い光線の害を防ぐのと同様であります。

然らば、この春の若葉の紅いと秋の紅葉とを同一に解することが出来るか。そこが問題なのです。三好博士のやうな植物學の泰斗すら、もとは

1 秋の紅葉は何等生態的の意味なし。

としたものです。秋の紅葉に合目的性の因果關係なしと解するものは、内部の生理的の變化(無目的性の因果關係)が唯外面に表はれたと見たのです。例へば吾人の皮膚の色素は有害の光線

が組織内に射入することを防ぐに必要なもので、人の生活に大いに役立つてゐるが、腫物が赤くなつたり、酒を飲んで赤くなつたり、老人の毛髪が白くなつたりすることは、内部の生理的變化の致すところで、その赤くなつたこと、白くなつたことは、それ自身人生に何等の役目をなすものでないといふ。それと同様に秋の紅葉は植物自身に何等役に立つものでないといふ解釋なのです。

然るに最近柴田博士の研究は、フラボン配糖體が光線の強弱によつて多少あることを示し、

2 秋の紅葉は強い日光を緩和して、衰へた同化作用を尙ほ繼續せしめる

に都合よいものであると解するやうになりました。即ち植物の葉は、秋期寒冷のためにその生活作用が衰へる。従つて炭素同化作用を充分に營むことが出来ない病態になる。然るに毎日天氣晴朗で強い日光を受ける。病態にある葉には却て害になる。そこで葉の表皮に近い所に紅色液(花青素)を配布して、強い光線が弱つた組織内に透入することを防ぐ必要がある。葉に紅色液が出来たために、病態を保ちつゝも尙ほ炭素同化作用を營む事が出来るといふ解釋です。

秋の紅葉の合目的性の因果關係が、果して右のやうであるとすれば、これは全く春の若葉の紅葉の合目的性の因果關係と同一です。かうして別々の意味に解してゐた秋の紅葉と春の紅葉

とを同一のものと解するやうになつたのです。その橋渡しをしたものは、柴田博士等のフラボ
ン配糖體の研究——無目的性の因果關係の研究——によるものです。故に私は生物學的現象に
は、目的論と因果法とを常に相關的に取扱ふやうに指導することを主張するのです。

尙ほ念の爲めに、秋の紅葉の生態學的意義については、右の議論で終つたわけでないことを
附け加へて置かなければなりません。學者によつては

3 紅色液が日光の温熱を吸収して寒冷に抵抗する。

4 熱帯の森林中では温熱を吸収して、葉の蒸散作用を盛ならしめる。
と解する向もあります。いよ／＼の決着までには今後の研究を俟たねばなりません。

六 生態的解釋と學識

「人間の鼻だけが何故に高く突き出てゐるのですか？」

この頃師範學校を卒業して間のない、若いH君が私に質問されました。

「何故に？ 人間の鼻が突き出てゐる？ といふと……それは、人間の鼻には他の動物よりも
そこに特に多量の鼻骨が存在し、その上に特に多量の軟骨が存在してゐるからでせうが……」

私はわざと無目的性の因果關係の解釋をしてやりました。H君は、いふまでもなく、人間の鼻
について合目的性の因果關係の解釋を求めてゐるのです。

「いや、それを質いてゐるのではありません。つまり人間の鼻が犬や猿にくらべて特に顔の
面から突出してゐるのはどういふわけかと尋ねてゐるのです。」

「鼻が突き出てゐることが、何かの役に立つかといふのですか。」

「さうです。さういふ問題はどういふ形に問へばよいのですかね。」

「何の爲めになるかといふやうな形にすればよいのです。人間の鼻が高いのは何の爲めかこ
か、何の役目をするかとか、何かの目的があるかとかいへばよく區別がつかます……學問上
では生態的意義とか生態學的解釋とかいつて、前の解剖上の解釋とか生理上の解釋とかいふ
のと區別してゐるのです。」

「ア、さうですか。僕はその、人間の鼻の高いことについて、生態學的の解釋を求めてゐた
のです。」

「そりや、なか／＼六ヶ敷いね。どんな書物にも書いてはないからね。……まあ、君はどう
思ふんですか。」

「僕の考ですか。僕はね。人間の鼻だけが特に高いのは、人間は特に清潔を好むものであるから、鼻汁を絶えずつまみ取つて捨てる。それに都合よい爲めに、こんな三角形に鼻が突き出てゐるのだと思ふんです。」

H君は彼の形のよい三角錐形の鼻をつまんで、手鼻をかむやうな様子をして私に説明されました。

「面白いね、その解釋は。僕はまだその解釋に思ひあたつたことはなかつたよ。流石に頭腦がよいだけに面白い解釋に思ひあたるね。」

「アハハハ、間違つてゐるのでせう……本當の解釋はごういふのですか。」

「その解釋も面白いが、僕のは少し違ふね。僕のは鼻の役目から考へて行くのです。先づ鼻の役目は？」

「鼻の役目は、呼吸門と嗅覺器との二つです。」

「そこで、呼吸門といふ立場から見れば、顔の真中に二つの孔が明いてゐさへすれば、その役目は充分に達せられる。鼻が高からうが低からうが、孔さへ充分に明いてゐればそれでは足りません。」

「さうすると、鼻の高低は嗅覺に關係があるのでですか。」

「先づさうですね。」

「わかりません。」

「君は教育の檢定までも取つたんだから、嗅覺を起すものが何であるかは知つてゐませう。」

「心理學の示す所によれば、揮發性の瓦斯體に限るといふことになつてゐます。」

「それに關係があるのだよ。鼻が口の上に覆ひかぶさつてあるといふのは、食物が口に入るまへに、先づその良否を嗅覺によつて鑑定されねばならないからです。」

「その點は犬も猿も同様ですね。」

「その點だけは犬も猿も人も同様であるが、歩行の姿勢が違ひますわね。」

1 犬は歩く時に頭を下げる

2 猿は歩く時に上半身を揚げて顔を斜下方に向ける。

3 人は直立直行するから、顔を前方に眞直に向けて歩く。

然るに揮發性の瓦斯體といふものは總て地面より上方へ昇るのが常態です。」

「ア、わかつた。上昇する揮發物を都合よく受ける爲めには



- 1 犬は頭を下げて歩くから鼻が低くてもよい。
- 2 中腰に歩く猿は少し鼻が高ければよい。
- 3 直立直行をする人の鼻はもつと突出して、二つの鼻の孔が地面に平行に、言ひかへれば立ち昇る揮發物の進む方向と、鼻孔門が直角の位置になければならぬ。

といふわけですね。」

「人は直立直行するが故に、嗅覺を鋭敏に働かせるには、鼻を高くして鼻孔を顔面より前方に出す方が都合がよい、といふ解釋です……但し僕一個の解釋ですよ。」

「成る程うまいですね。……すると鼻の恰好が人の姿勢に關係することになりますね。」

「それは、僕が始終女學生に話してゐることです。姿勢を悪くしてゐると脊骨が曲つて衛生に悪いなんて言つても、なか／＼守らないけれども、姿勢を悪くしてゐると鼻が低くなるこ

説明してやると一度できいてしまふ。」

「實際さうですか。」

「さあ實際はどうか頗るあやしいものだが。まあ君のやうな姿勢の正しい人の鼻はよい形をしてゐるが、西洋人の様にそり身になつて歩く人の鼻はかぎつ鼻、また日本の女のやうに前かゞみに歩く癖のある人の鼻は、低くて天上向きである事は理の當然でなければならぬ。」

「實際さうだね、S先生のわし鼻、T小使の獅子鼻……成る程ね。全く感心してしまつた。」

……僕の手鼻の解釋は取消します……。」

「一々あたつたら、さう實際に合ふものではないが、僕の解釋の方が取材が廣汎でせう。」

「いや、實際感服してしまひました。」

「廣島にゐた中田君がよく言つたがね、博物出身の教師が小學校の物理化學を扱ふに別段差支へる所はないが、物化出身の教師が小學校の博物教材を扱ふことが困難であるといふのはこんな生態學的解釋の場合をいふのです。」

「なか／＼チヨット解釋のつかないことがありますね。」

これが有名な私獨特の鼻問答であります。實際に生態學的解釋は、彼の無目的性の因果關係

の分析的なるに反して、頗る総合的の分子を多く含むの故を以て、初學者が常に困難を感じてゐる所であります。而かも參考書に記してあることが極めて少く、全く自分で考察して見るより道がないものです。故にたゞ、この場合特に注意して置きたいことは、その結論に斷定を與へないこと、廣く實例を集めて考察の資料に充てることであります。秋の紅葉の生態學的解釋なども、その解釋が氣温と日光と水分との關係より見て差支ないか、廣く紅葉する植物にあつて見て不都合な點がないか、又は春の若葉の紅葉と矛盾する所はないか、更に花の紅色、一般に植物の色素との關係、進んでは生物界全般に亘つての色素との關係に通じて見なければならぬものであることを、讀者諸君に警告して置きたいのです。

七 生態的意義と作用といふ言葉

高橋章臣先生は、その著最近理科教授法に於て、自然は丁度吾々の國語にこれを現はす所の文字があるやうに、自然固有の語、即ち自然語を以てその眞理を記載してゐるといはれてゐます。甚だ面白い解釋で、科學の本質を明かにするに頗る適切なものであります。これは前に先生の許可を得て拙著理科の新指導法にも紹介したものであるが、今重ねてその大要を茲に録し

て置きたいと思ひます。

自然界はその眞理を以て文章を作つてゐます。故に吾人にその讀解力があれば、自然界の眞理を理會することが出來ます。例へば、茲に葉があるとする。その葉といふものが即ち自然の文字であります。さうして國語の文字には一定の形と意義との二つの要件があるものですが、それが自然語にもあります。自然の文字に於ける形は如何といふに、葉に於ては扁平で脈が通つてゐるといふことです。その意義はといへば、同化作用・蒸散作用及び呼吸作用を營むといふことです。葉が扁平でその面積を廣くする所以は、同化作用・蒸散作用及び呼吸作用の能く行はれるやうにといふ目的に過ぎません。つまり葉の形は自然の文字の形で、その形がその作用に適するといふことがその意義にあたるのです。

これを私の鼻の問題にあて、見れば、鼻の形態構造は自然語の形で、呼吸道の出入門と嗅覺器といふことは、その作用であるから自然語の意義にあたるものです。而して、その鼻の形はその作用が能く行はれるやうにといふ、作用に加へられたもう一段深化された意義であります。すると人の鼻や植物の葉の問題になると、同じく合目的性の因果關係に二通りの内容があるといはなければなりません。

- 1 葉の形態構造——鼻の形態・構造
- 2 葉の作用（同化作用・呼吸作用・蒸散作用）——鼻の作用（呼吸門・嗅覺器）
- 3 葉の扁平なる適應——鼻の高き適應

葉や鼻の形態構造は、例の如何に？ の問題にあたるもので、形態構造上の系統關係を示すものであるが、葉が如何なる作用をなすかといへば、合目的性の因果關係を要求する問題となり、何の爲めに葉が扁平であるかといへば、やはり合目的性の因果關係を要求する問題となります。故に合目的性の因果關係には作用と適應との二種類があるといはなければなりません。

作用——葉の作用

適應——葉の扁平なる目的

而して後者の方を普通生態學的意義と呼んでゐます。同じく自然語の意義ではあるが、作用に更に深い意義をつけたものが、生態學的意義と解すればよいと思ひます。

高橋先生はいふ。葉の形のみを教へて、その作用並にこれとの關係を教へないならば、これは唯文字の形だけを教へた丈けであつて、その意義を教へないと同じであります。昔流に唯素讀のみを教へて置いて、その意義を授けないといふのと先づ以て似てゐます。不完全

なる教授といはなければなりません。葉の形のごとは形態學に屬し、その作用並にこれと葉の形との關係のごとは、生理學生態學に屬する。故に葉に就いてその形だけを説明し、その作用並にこれと形との關係を教へないならば、これは單に形態的のごとのみを教へて、生理的・生態的の方面を忽にしたもので、理科教授の本義に背くものであります。

茲に又私一流の解釋を下して置かねばならぬことがあります。同じ作用の問題でも

「葉が如何なる作用をなすか。」といへば

「同化作用・呼吸作用・蒸散作用をなす。」と、その作用の目的を答へるのであるから、合目的性の因果關係を解いたことになるが、

「同化作用は如何にして行はれるか。」と問ふならば、生理學の問題で、無目的性の因果關係を解いたものであります。問題の形によつて、その内容に相違を來すことに注意しなければなりません。

魚の鰭が自然文字の一つで、その形は扇を半擴げた様であり、その意義は水を泳ぐ作用をなし、その作用に適應してゐるといふ事になれば、合目的性の因果關係を解いたのであるが、若しも鰭が如何にして水を泳ぐ働をなすかといふ問になれば無目的性の因果關係問題になります。

物の落ちる現象を以て一つの自然文字とした時に、その落ちる現象が文字の形で、それが地球の引力に基づくといふことはその意義になります。併し、この意義たるや生物現象とは異なつて、合目的性の因果關係が全く存在しないもので、無目的性の因果關係だけを解くものです。つまり落ちることが結果で、地球の引力はその原因であります。それ故にこの場合はその自然文字の形が結果で、その意義が原因にあたります。鐵の錆びることはこれ亦自然の文字でそれが自然文字の形、その原因は酸化で、それが意義になるのです。

八 自然語と眞理

かくの如く考へて見ると、自然語を読むことが理科の本質に叶ふことになります。何となれば、この自然文字とその意義とは古今東西を通じて誤のない眞理であるからです。葉が同化作用・蒸散作用及び呼吸作用を営むに適することも、鐵の錆が酸化作用であることも、何れも皆眞理で、獨り日本にある植物の葉、日本にある鐵ばかりでなく、世界中の何れの葉も何れの鐵も皆さうであります。尙ほ進んではこの眞理は獨りつばきの葉ばかりでなく、何れの葉にも適用が出来、また同様に何れの鐵器にも適用出来るものです。故に自然文字は國境の制限を受け

ない、萬國共用の文字であるのみならず、何れの事象に當嵌めても差支へないものであります。

すべて一々の自然物又は自然現象は、それ／＼個々の自然文字で、各自固有の意味を有つてゐると共に、その意味たるや單に一つの場合に限られてゐるのでなく、同じやうなもの全體に通じてゐるものであります。即ち自然文字は一つ概念であります。例へば、櫻の葉の如きも一つの自然文字ではあるが、その意義が單に櫻にのみ附いたものではありません。櫻の葉のやうな形をしてゐる總ての葉に通じてゐるものです。そこがまた文字としての資格を具ふるもので、若しも櫻だけに限られて、他の植物の葉に及ぼし得ないものならば、一向價值のないものとなります。櫻の葉たる自然文字の意義は、これに類似の他の總ての葉に通ずればこそ、櫻の葉一つについて研究して置けば、他の葉も自然理會がつくことになるのです。かうしてはじめて、研究者は常に櫻の葉の概念を得たばかりでなく、葉の概念にも達したわけで、またこの概念に達すれば、はじめて自由に自然を讀めることになるのです。

自然界の森羅萬象はかういふ自然文字の複合によつて成る所の自然の句・自然の節・自然の文章から出来てゐます。國語科が國語を學ぶ學科であるやうに、理科は自然語——理法・法則・概念——を學ぶ學科であるともいへる。だからこの自然語を讀む力をつけてやるのが理科の

本義であるともいへるのです。

以上自然語を中心としての話は全く高橋先生の御説で私はその注釋を試みたに過ぎません。私の解釋を先生の自然語といふのにあてはめて見れば、彼の「何か？ 如何に？ 何故に？ 何の爲めに？」の四つの疑問はその自然語を解かんとする人の要求を現はしたものとといふことが出来ます。その中何れか一つの疑問が子供の心に湧いた時に、それを解かんとする要求となりそこに理科學習が開始せられるものであります。

九 知識の系統化

外國では、小學校の理科を初等科學 Elementary science といつてゐます。その意味は小學校の理科はどこまでも初歩の科學であつて、進歩せる高等の科學ではない。目的・教材・方法に於て飽までも初等のものでなければならぬといふのであります。子供の要求と能力とに適應するやうに計畫せられねばならぬといふのです。而かも、それは科學であり、その結果は組織立てられた系統のある知識でなければならぬといふ解釋です。

外國ではまた小學校の理科を自然研究 Nature study といふことがあります。その自然研究

といふ言葉も、世人はよほど科學の範圍を脱却した内容をもつてゐると誤解してゐる向もあるが、その本義は決してさういふものではありません。研究の結果として得たる知識の系統を初等科學といひ、その結果に到達する學習の經路に名づけて自然研究といふまでです。故に初等科學も自然研究もその内容に於ては同一であります。唯吾々は小學校の理科は學習の結果よりも、その過程に重きを置くが故に、自然研究といふ名の方を好ましく思ふのであります。

然らば、自然研究の結果として求むる所の系統ある知識とは何ぞや。これがまた難解なものです。

系統ある知識といふのは、全體を形作る各部分が互に矛盾せず、さうしてその間相聯絡支持して一つの有機的關係を保つてゐるものを指すのであります。有機的關係といふのは一部分は他部をまつて成立し、或る部分が變改されれば、その部分の變改によつて全部が左右せられるやうな關係にあるのをいふのです。

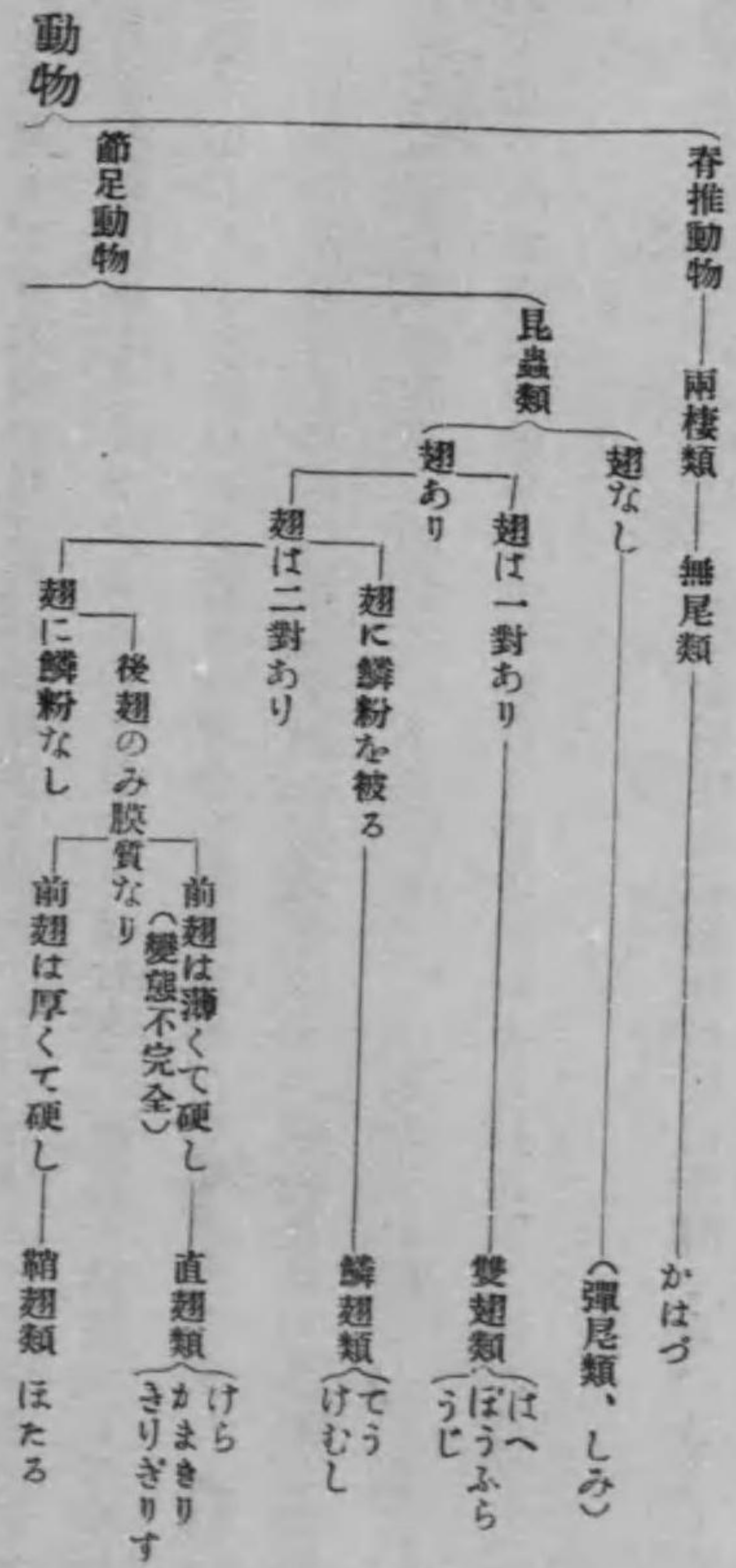
おほげら・けむし・げじく。

あり・ぼうふら。

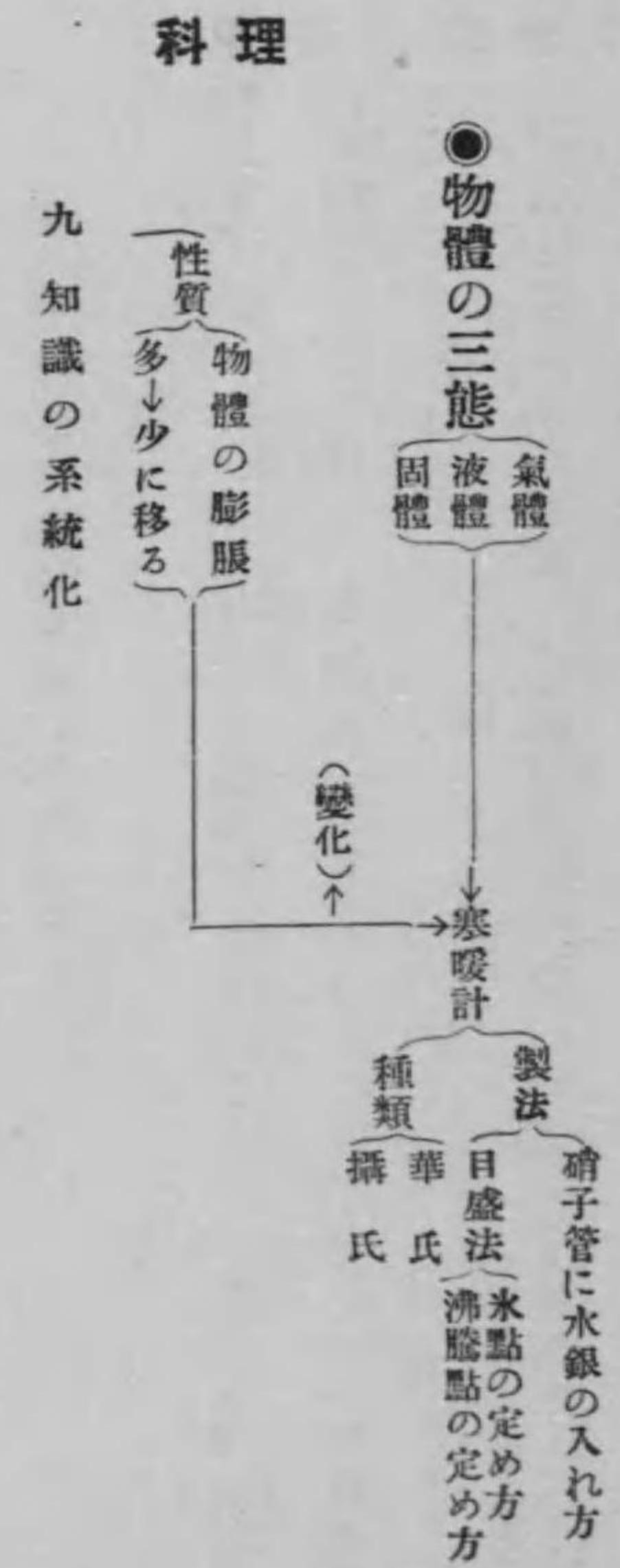
せみ・かに・かはす。

うちになめくち・かまきり・きりぎりすにとんぼ。
はへ・ほたるにてふてふ。

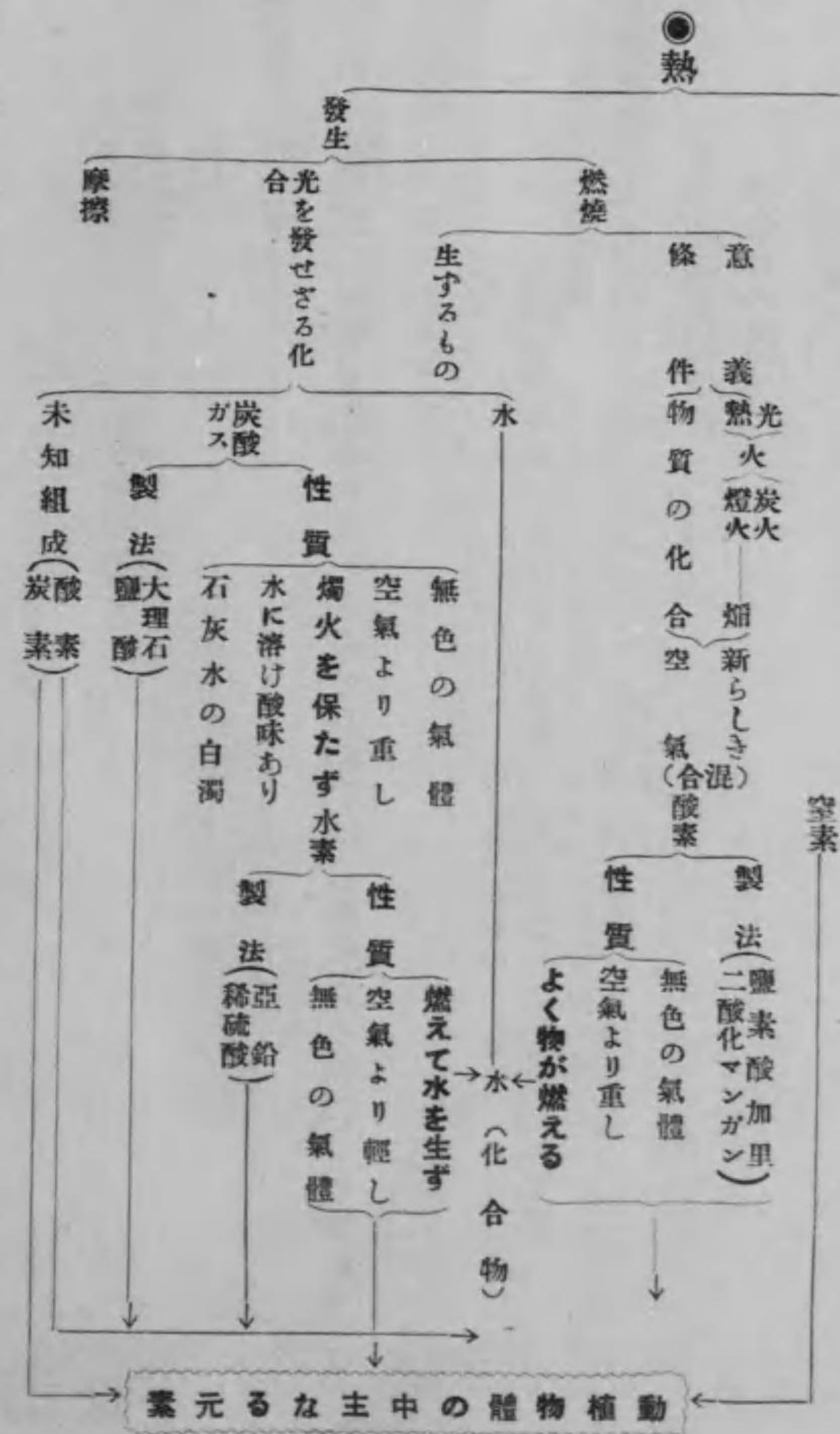
これは私が常に唄ふ歌の文句であります。これをその取材の上から、また語呂の續き工合の上から眺める時は、その曲の脱俗飄逸なるに合致して一種いふべからざる面白味がある。けれども一歩その排列の内容に立ち入つて見ると、全く無系統といはなければなりません。これを系統的ならしめんには次のやうな排列にかへて見なければなりません。



次の一例も亦燃焼の一般と化學研究の基礎と日常生活に關係ある性質とを眼目として、理科教材を系統化した表であります。



例一の表統系材教



かういふ工合に知識を系統化することが科學の任務であります。科學とは何ぞや。これを判り易く言へば主として一種の分類であります。即ち事實相互間は何等か自然の隠れたる因縁によつて結合せられてゐるに係らず、外見上は互に分離してゐます。それを因縁を辿つて排列す

ることが科學です。故に科學は他の語をかりていへば關係の系統であるともいへます。關係の系統を辿ることは即ち分類することです。

系統も連絡もない雑多な知識は、恰も塵溜に散亂してゐる品物のやうなものです。その一々は明瞭確實なる知識であらうが、それを直ちに科學といふことは出来ません。個々の知識が相關係づけられ、且つ分類せられてある時のみ、一つの知識はこれと相關聯せる他のものを想起し暗示することが出来るものです。一つの知識が他の事實の豫言の資料となる時にのみ、科學の知識の價値が發揮せられるのであります。

要するに、知識は孤立的斷片的では未だ以て科學といふことが出来ない。分類して連關し統一されたものでなくては科學知識といふことは出来ないであります。而してこれを目標として人の悟性の要求する疑問が本講の最初に述べた分類を要求する疑問

何か？

如何に？

であります。讀者はもう一度繰り返して更にこの邊のところを一讀せられることを希望いたします。

一〇 知識の因果化

知識を系統化することは「何か？ 如何に？」の二つの疑問を解決するものであるが、前にも述べた通り、人の悟性はその上に第三の疑問「何が故に？」第四の疑問「何の爲めに？」の解決を要求します。これを知識の因果化といひます。この解決を経て、知識ははじめて完成せられたものといふことが出来ます。

前に掲げた表は、一面熱に關する知識を横の關係——系統關係——を辿つてゐると同時に、また縦の聯絡——因果關係——をも示してあります。例へば熱といふ原因があつて物體の膨脹といふ結果を生じ、燃焼といふ現象は燃焼物に熱の供給と酸素の供給があることによつて成立するといふやうな關係を示してゐます。

自然界の森羅萬象は時々刻々に變轉して止まる所を知らない。水分と熱と空氣との供給があつて、種子の發芽といふ現象を現はし、日光と炭酸瓦斯と水分の供給といふ原因があつて、炭素同化作用といふ結果を現はします。更にまた炭素同化作用たる原因があつて、同化澱粉の生成といふ結果が見られ、それがまた糖化現象となり、植物の生長となり、開花となり、結實と

なり、原因が結果を生み、結果はまたこれと關連せる他の現象の原因となつて止まる所を知らずといふ有様です。この原因結果の關係を合理化するのが理科で、それが即ち知識を因果化するといふことになるのです。

知識の因果化に無目的性のものと合目的性のものとの二種あることは、前に既に詳しくお話してあります。更にそこをもう一度讀んでいただければ充分にお解りになることと思ひますから、今は重ねてそれを申しません。

知識を系統化することと因果化することを合せて、これを組織化するといひます。だから知識を組織化することが、科學であるといふ結論になります。科學科學といふけれども、要するに知識を組織化することになります。

初等教育の理科は固より物理化學の大家を作るのではなく、また生物學の博士を養成するものではありません。併しながら知識の組織化に觸れない學習は、たとへ子供の學習であつても、それは理科の本質を無視したものだといはなければなりません。

一一 組織化の對象資料

知識の組織化が科學であり、自然物・自然現象に關する知識を組織化することが自然科學であることは、右に解説したる所によつて明かになつたが、然らば、小學校の理科は如何なるものにこの組織化をさせるのが正當であるか、勢ひその範圍を知つて置かねばならないわけです。

小學校の理科が如何なる範圍の物であるかは小學校施行規則第七條に明かにされてゐます。

理科は通常の天然物及自然の現象に關する知識の一般を得しめ、其の相互及人生に對する關係の概要を理會せしめ、兼て觀察を精密にし自然を愛するの心を養ふを以て要旨とす。

尋常小學校に於ては植物・動物・礦物及自然の現象に就き、主として兒童の目撃し得る事項を授け、特に重要な植物・動物・礦物の名稱・形狀・効用及發育の概要を知らしめ、又通常の物理・化學の現象及人身生理の初歩を授くべし（明治四十年改正）。

高等小學校に於ては前項に準じ、漸く其の程度を進め、特に重要な元素及化合物・簡易なる器械の構造・作用・人身の生理衛生の概要を授け、兼て植物・動物・礦物の相互及人生に對する關係の概要を理會せしめ、女子の爲には家事を併せ授くべし。（明治四十年追加、明治四十四年改正）。

理科に於ては務めて農業・水産・工業・家事等に大切な事項を授け、特に植物・動物等に就き教授する爲には、之を以て製する重要な加工品の製法・効用等の概略を知らしむべし。

理科を授くるには成るべく實地の觀察に基き、若し標本・模型・圖畫等を示し、又簡單なる實驗を施し、明瞭に理會せしめんことを要す。

これで小學校の理科の要旨・材料の内容・學習指導の方法まで、法規上の大體の方針を知る

ことが出来るが、それは眞の大體で、その細目には殆んど觸れてゐません。他のことは別に論ずることとして、今は唯小學校の理科は如何なる點に知識の組織化が施されるものであるかを明かにして置くことにしませう。

- 1 植物材料——植物の全形及び各部分（根・莖・葉・花・果實・種子等）の名稱・形態・構造・發育・生理・環境、その相互及び人生との關係。
- 2 動物材料——動物の全形及び各部分の名稱・形態・構造・發育・生理・生態（求食・運動・害敵・棲所等）環境、その相互及び人生との關係。
- 3 礦物材料——礦物の形態（結晶・非結晶）・色澤・硬度・劈開・斷口・粘性・成分・成因・產地、その相互及び人生との關係。
- 4 岩石地質材料——岩石の成分・礦物・色澤・組織・構造・成因・產地等、地殼の構造・變遷・地表の相貌等、その相互及び人生との關係。
- 5 化學材料——物質の特質・成分・變化・製法、その相互及び人生との關係。
- 6 物理材料——自然界・人工界に於ける熱・光・音・磁氣・電氣・物性・力等、その相互及び人生との關係。

- 7 天文氣象材料——天文氣象界に於ける物理化學的現象、その相互及び人生との關係。
 - 8 人體生理衛生材料——人體の構造・生理・疾病、その相互及び人生との關係。
- 詳しくいへば際限がないが、通覽すれば大體右のやうなものになります。これ等の間に流露する系統關係・因果關係を發見し整理して行くのが理科であります。それを既成の組織化された知識を子供に理解させるものと思ふのは誤解です。未成不完全の斷片的の知識を組織化して行くその過程が子供には特に大切なのです。

一二 科學知識と常識

さてまた科學的知識・組織化せる知識といへば、如何にも高遠な凡人の企及し得ざるものやうに聞えるが、決してさういふ性質のものではありません。また一般に科學知識と常識とは如何にも相反せるものやうに思はれてゐるがそれも亦誤解です。常識を承けてこれを發展せしめ、これを完成せしめたものが科學で、科學の萌芽は既に常識の中に存在するものであります。

例へば、常識では太陽は東から出て西に没するといふ。併し科學では地球が自轉するから、太陽が地球の周圍を廻轉するやうに見えるのであつて、その實は動くのは地球自身であるといふ。

これを考へると、一見科學が常識と違つた眞理を表はしてゐるやうであるが、決してそんなものではなく、つまり、太陽が東から出て西に没するといふ常識も、それ自身に於ては決して虚偽ではなく、やはり眞理なのです。たゞ、それでは科學の要求する組織的・統一的宇宙の説明に不便が多くて仕方がないので、ポアンカレが指摘したやうに、太陽が地球の周圍を廻ると解するのと、地球が太陽の周圍を廻ると解するのと、どちらが眞理かといふ問題ではなくて、どちらが便利かといふ問題です。但し、私は茲に便不便利といふ言葉を使つたが、この便不便利は日常生活に對する便不便利ではないので、組織的・統一的説明に對する便不便利であります。故に若し、太陽が地球の周圍を廻轉するとして、一切の天體運動が今より一層簡單に説明出来ることすれば、科學者は直ちにこれを採用するに相違ありません。たゞ科學的眞理は組織的といふ點に於てのみ常識と區別せられるのであつて、常識以外に常識とは別種の科學的體系がある譯でも何でもないのです。

世の中には圖書や綴方は子供本位に學習させることは出来るが、理科の如き正確なる知識を扱ふ場合は、教師から教へてやらねばならぬと誤解してゐるものがあります。それでは何時までたつても子供の學習が出来るものではありません。子供の常識から出發して、それを科學に

まで發展せしめるといふ立場で學習を指導するがよい。常識から小真理・小真理から大真理と彼等の生長と共に真理も亦生長するものと見做し、あまり急ぎ過ぎて最初から大真理を注入することは避けた方がよい。要するに真理は永久不變のものではなく、その時、その時代の人智の達し得る範圍に止まるものであるといふことを吾々はこの際銘記して置かねばなりません。

第三講 理科指導の根本義

一 新舊教育の根本的相違

一般の人は舊教育法と新教育法との相違は、教師本位の教授と子供本位の學習とにあるといひます。けれども私は、更に根本的に立ち入つて、この相違は

子供に何を教へようかとする態度と

子供の萌芽を如何に育てようかとする態度

との差異であるといつてゐます。英國のアダムスさんは

「ジョンにラテン語を教へる。」

といふその言葉には變りはないが、同じことをいふにも、そのアクセントの置き所に相違がある、舊教育の思想ではラテン語にアクセントがあつたが、新教育に於てはジョンにアクセントを置くといつてゐます。

「太郎に理科を教へる。」

といふ同じ言葉の意味でも、太郎を主とするか、理科を主とするかによつて、その教育方針に根本的の相違があります。誠に味ふべき言葉ではありませんか。私はこれ等の言葉はつまり、理科に於て如何なる事柄を子供に教へようかと考へることを止めて、

子供が先天的に具有する科學心の萌芽を、如何に育て、行つたらよいかと工夫することが教育當面の仕事だ

といふことを、吾々に教へてゐるものだと思います。これまでの理科教授は、子供の將來の爲めに、如何なる事柄を教へようかと苦心したものでありました。併し今後の理科指導は、如何にしたならば、子供が先天的に有つてゐる所の科學心の萌芽を啓培して行けるか、と工夫するものでなければなりません。

二 この尊き疑問

今歳七歳になる花子と五歳になる太郎とは、私と一緒に風呂に這入つて遊んでゐます。子供の水遊び！これはよほど子供の心に叶つたものと見えて、世の中に水遊びを好まない子供は殆んど無いと言つてもよいからゐです。浮かし金魚・放ち龜・美しい模様のあるバケツ・白粉の

空瓶など、私の家では何時も花子と太郎の風呂場に於ける遊び道具となつてゐるのです。私が風呂場に行つた時までは、二人はものの三十分も遊んだ頃でありましたらう。弟の太郎はまだ盛に玩具で遊んでゐるが、姉の花子は流石にそれには厭きて、今度は風呂から出たり這入つたりしてゐました。私の這入つて來た姿を見て、

「お父さん！風呂の湯は強いよね。」

花子は如何にも不思議でたまらぬといふやうな面もちであります。

「何せ？」

あまり突然なので、私はたゞ問ひ返して見るより外は無かつたのです。

「だつて風呂の湯は私の體を浮かすんだもの。それ、かうすれば樂に體があがるんだもの。」

花子は風呂の縁に兩腕を突張つて、樂々と自分の體を浮かし揚げて私に見せてゐます。

「お父さん、何故でせう、私は何時もさう思ふのよ。」

花子は父の答のないのを見て、また疊みかけていひます。花子のこの疑問は今日が初めてでは無かつたらしい。私はこれに就いて痛く考へさせられました。何となれば花子は既にアルキメデスの原理に觸れてゐるからです。

併し、それは後のことで、その時は突然であつたから、私は不用意に、また頗る簡単に答へてしまひました。

「あゝ、水は物を浮かす力があるのですよ。」

けれども花子は私の答に満足することが出来ません。

「だつて風呂の湯は生きてゐるものではないのでせう。死んでゐるものに力があるつて不思議じゃないの？」

花子の追及は鋭い。私は何と答へてよいか解りません。花子は私の明快なる解答を要求してゐるが、私は突嗟の間に何と處置してよいか名案が出ません。

「それは大變に六ヶ敷いことです。いまに大きくなれば解ることですよ。」

何と窮した答であつたらう。私は花子のこの質問について深く考へて見なければならぬと思ひました。これが動機となつて、拙著『母の指導する子供の理科』が生れたのです。

三 小アルキメデス

斯ういふ場面——花子と私との問答——は何れの家庭に於ても常に現はれることであるが、

多くは無關心に過ぎてゐます、國語や算術の場合であると、家庭に於ける母の指導は随分手に入つたものであるが、理科の方面になると、母の學力は兎も角として、多くはこれを指導する用意を缺いてゐます。それが爲めに、折角萌え出した科擧の芽は摘み切られてゐるのではないでせうか。

「だつて風呂の湯は私の體を浮かすんだもの……。」と言つた花子の叫びは、決して小さいこととして聞き流してしまふ譯には行きません。私が花子の質問によつて考へさせられたといふのは茲所です。實際花子の叫びは、希臘の大擧學者アルキメデスの叫びと一致してゐるからです。

話は二千年前の古い希臘のヒエロ王時代のことに立返らなければなりません。或時ヒエロ王は金工師に命じて黄金の冠を作らせたが、出来上つた品物を見ると少し疑はしい點があります。そこでヒエロ王は、當時有名な大擧學者アルキメデスを召んで、その眞偽の鑑定を命じました。

「この冠は中味まで純金で出来てゐるものであらうか。どうやら中に他の金屬でも詰めてありはしないかと疑はれてならない。中を割つて見れば直ぐにも解ることであるが、お前の學

問の力で少しも傷つけずにその眞偽を鑑定することは出来まいか。」

アルキメデスは心私に意外の難問とは思つたが、兎も角お受をして王の前を罷り出でました。出たことは出たが、さて如何にしてこの難問を解決すべきか、流石のアルキメデスも殆んど困つてしまひました。日夜この事ばかり考へてゐたが、或日彼はあまり氣がくさくさするので、こんな時は一つ湯にでも入つて、ゆつくり温まつたなら氣も晴れるであらうと、ぶらりと町の錢湯へ出掛けたのでした。

アルキメデスは湯槽の中に全身を浸して、身體を伸ばしながら、思ひに餘る王冠の鑑定問題を考へては、自分の腕をさすり、腹に力を入れなごしてゐました。その間にフト自分の二本の指が風呂の底に着きました。チョット指の先に力はいつたと思つたら、ヒョイと全身が頗る軽く浮きました。この瞬間！ほんのこの瞬間、彼の腦裡に電光の如き靈感が湧いたのです。この靈感、この思ひ付といふことが理科指導上大切なものだが、アルキメデスも彼の腦裡に電光の如く靈感の閃いた瞬間、

「アッ、解つたッ!!」

と思はず叫んでしまひました。そのまゝ浴槽から飛び上るや否や、夢中になつて、まる裸體の

まゝ町の中を

「解つた。解つた。」

と言ひ續けながら家に歸つて、すぐに實驗に取りかかつたのです。而してその實驗の結果、アルキメデスは、純金ならば水中に入つた爲めに、その空中の重さの十九分の一を減じ、純銀ならば、その十分の一を減ずることを知りました。

さて例の王冠について同様な實驗をして見た所が、その水中で失ふ重さが十九分の一では無く、幾分銀の方に近いといふ結果を示しました。アルキメデスはこれ全く王冠が純金ではなくて、他に混合物のある證據であるとなし、この由をヒエロ王に言上に及びました。

王は早速冠の製作者を呼んで、立會の上王冠を割らせて見ました。割つて見たら果して中から銀塊が出て來たので、アルキメデスは面目を施して多大の恩賞にあづかり、國人からは絶大の尊敬を受けることになつたと言ふことであります。これ現今吾々が物理學に於て、

總て物體は、液體中に於て、その物體と等體積の液體の重さだけ軽くなる。

といふ所謂アルキメデスの原理發見の由來であります。

風呂の中で我身の軽くなることは誰人でも經驗する所です。唯アルキメデスのみこれによつ

て宇宙の大真理を發見したといふのは、これを問題としてその解決に全精神を集注したからです。子供はその環境に接觸しつゝ常に斯ういふ問題を捉へる。花子は今それを捉へてゐるので、けれども多くは子供を圍む大人の爲めに觀過されてしまひます。花子の尊き疑問も將にその父の爲めに觀過されようとしてゐました。疑問を問題とする所に理科の指導が始まるのに、不用意の人の前には眼前に尊き寶が轉つてゐてもつひに知れずに終ります。斯様な子供の科學心の萌芽を發見して、これを培養して行きさへすれば、理科教育の目的を達することが出来るのに、多くはそこに氣付かずに過してゐます。

四 科學的心性の發生

吾々人類の遠い祖先は如何なる生活をしてゐたか、古いことであるから判然とは解りません。併し原始人の心の持ち方は、飽くまでも實用一點張で、心身の全部を擧げて生存の爲めに努力してゐたことは確です。やがて生存競争の中にも、幾分の餘裕が出来ると共に、恐らくは先づ仰いで空の星を眺めたであらうと思はれます。

日月星辰の規則正しく四時循環することを人類が發見したのは、それは實に科學に向つて人

類の踏み出した第一歩でありました。その中にはまた、意識的に自然を享樂する時間を持つやうな人も現はれ、更にまた自分の經驗の意味を考へるやうな人も出て來たものでありませう。つまり實用一點張を脱して、次第に多様の心の持ち方——心性——が現はれて來たものです。各人の心性の相違は人々によつてその性向の相違を來たし、所謂人間の型といふものが出來ました。人間には強いものと弱いもの、男と女との區別の外に、別に心性による區別が出來たものであります。

心性による人間の區別といふのは、先づ活動的な人、即ち事業家、これが第一で、第二は感情的な詩人、第三は思想的な學者であります。大體をいへば、第一は意志に當り、第二は情、第三は知に當るもので、この三つは人間の三原型といふことが出來ませう。

第一の型に屬するものは、これを實際的心性といひ、第二の型に屬するものはこれを感情的心性といふ。而して第三の型に屬するものが、本書の當面の問題たる所の科學的心性であります。勿論それ等はそれ／＼獨立するものでなく、また同等に必要であり、同等の價值がある筈です。例へば手足と心臓と頭腦とに相當するもので、決してその一だも缺くことは出來ません。唯人々によつてそれ等心性の天賦に多少あるに過ぎないのです。

故に科學的心性だけを取り離して考へて見ても、それに實際的・感情的心性・感性的心性を全く交へないといふのではないが、先づ實行し感動することよりも、事物を知らうとするのが特徴であります。現實を觀念化し概念化するの直接の目的で、自然を開拓して人生を支配するといふ理想の實現は直接に求める所ではありません。パンよりも公式、利益よりも透明、自然を享樂することよりも自然を知ること欲求する。これが科學的心性の特徴であります。

五 止むに止まれぬ内面的の要求

天才といはれる人の中には、右の三心性が一方に不釣合に發達した人が多いやうです。併し普通の人はその有する分量を異にすることはあるが、同時にまたその一だも全然缺くといふことはありません。

赤い椿が咲きました、

萬助さんの藁小屋の

屋根のうしろで咲きました。

これは私の學校の子供が、萬助ちいさんの家に咲いた椿の花を見て作つた詩であります。僅

か三行ばかりの文字の中に、赤い椿の花を見た時の自分の氣持を充分に現はしてあります。文を作るには、椿の花を斯ういふ風に見ることも面白いことです。

子供が若し、この椿の花を見て繪に描く時には、麗はしい花の色、趣ある花の姿、枝や葉、更にそれを取りまいてゐる總てのものの調和を圖つて、所謂色彩・濃淡・明暗・筆觸・調和等を一幅の畫面に收めて、椿の花に就いての感じを充分に描き出さうと努めるであります。

物を見た時にこれを繪に描いて見よう。これを文に綴つて見ようと思ふのは、人間の自然の慾求で、食べたい飲みたいといふ慾望と同じやうに、止むに止まれぬ人間の慾求であります。子供は特にこの慾求が強い。故に教師たるものがこれを助けて行けば、子供は獨りでに伸びて行き、この慾求が益々生長して行くのです。

一事物を見て、人々の起す慾望には種々様々のものがあります。椿の花を見た時に起す慾望には、右の如く繪に描かう、文に綴つて見ようといふやうな慾望の外に、まだ幾らでもあります。

椿の花を一枝採つて自分のものにした。い。

それを賣つてお金にしたい。

私ならそれをお祖母さんに上げたい。

などと考へる人もあるかも知れません。科学心——理科心——の萌芽の出てゐる子供であるならば、椿の花を見た時に、これを美しいと眺め、趣ありと歌ふ外に椿の花を調べて見たい。

椿の花は何故に赤い色をしてゐるのであらうか。

などと、知的の慾求を出すものもあります。椿の花は如何なる組立になつてゐるか、萼・花冠・雄蕊・雌蕊、それからその役目。これを研究した経験のない子供であるならば、これ等の事柄を知りたいと願ふでありませう。その知りたいと希ふ心、それも人間の止むに止まれぬ一つの慾望です。而してこの慾望は少年時代に於て特に強いものです。

正太郎君は何を持つてゐるのか、入れた手を懐から出さない。

「何や？何を持つてゐるのか、君！見せたまへ。」

側にゐた武男君は不審に思つて斯うたづねます。

「ナニ、君には関係のないものだよ。」

「関係がなくつたつていゝぢやないか。見せたまへ。チョット見せたまへな。」

武男君の方では、それを見て別にどうしようといふのではない。それを唯見たいといふに過ぎません。正太郎君の持つてゐるものが何であるかといふことを知りさへすれば、それ以上に何の慾求もあるのではない。唯知りたいたのみです。併しこの時、正太郎君がそれを見せることを拒むとすると、武男君は腕力に訴へても見ようとしませう。誰だつて何か正體の解らないものに出逢つたならば、事の如何に係らず、その真相を明かにしようとするものです。

路傍に人だかりがある。道行く人は何事かこのぞいて見る。これをのぞかずに通り過ぎることは誰でも一種の苦痛であります。斯ういふ人だかりに對して、全く無關心に通り過ぎる人は餘程の馬鹿か餘程の聖人かです。それ程までに、物の真相を知らうとする慾望は強いものであります。而して子供は特にこれが強い。

「お父さん、チョット待つて、や、私見て來るわ。」

道の後れるのもかまはずに、人を掻きわけてその真相をきはめて來ます。

漸くヨチ／＼歩き出した位の子供が、蟬をはじめて手に取つて見て、

「マア！蟬の目が？」と、珍らしい物を見た時の驚きと喜びとの表情をするなど、人の親となつたものは誰でも経験する所でありませう。子供はかうして次第に知慧がついて行くのです。

人の賢愚は全くこの物の真相を知らうとする慾望——驚異の眼——好奇心——求知慾——の強弱によつて定まるといつてもよいのです。

幸にもこの求知慾は生れつきは誰でも強いものです。唯たま／＼その慾が起ることがあつても、それがその時に満足せられなかつたり、知りたいと思つてもこれを知る道が無いことが度重なると、その求知慾は次第に萎縮して、つひには全く無くなつてしまひます。これに反して知りたいと思つた時に、これを知り、疑問を起した時にその解決を得ることが出来たとすれば求知慾は益々強くなります。恰も酒呑みが、飲酒慾を満足させることが度重なるに従つて、獨りその酒量が増すばかりでなく、實にその飲酒慾を増すやうなものです。科學的訓練といふのは、結局この求知慾を育てること、知識の量を増すことなどは當面の問題としないでよろしい。飲酒慾を増しさへすれば酒量は自然と増すものです。

六 子供にも自覺させる

孟子曰く、人皆人に忍びざるの心あり……人皆人に忍びざるの心ありといふは、今人忽ち孺子の將に井に入らんとするを見て、皆怵惕惻隱の心あり、交を孺子の父母に納るゝ所以にあら

ざるなり、譽を郷黨朋友に要むる所以にあらざるなり、その聲を悪んで然するにあらざるなり。是に由て之を觀れば、惻隱の心なきは人に非ざるなり、羞惡の心なきは人に非ざるなり、辭讓の心なきは人に非ざるなり、是非の心なきは人に非ざるなり。

惻隱の心は仁の端なり。羞惡の心は義の端なり。辭讓の心は禮の端なり。是非の心は智の端なり。人の是の四端あるは猶ほその四體あるが如し。是の四端あつて而して能はずといふは自ら賊するなり。其の君能はずといふは其の君を賊するなり。

凡そ我に四端あるといふは、皆擴めて之を充つることを知るものなり。火の始めて燃え、泉の始めて達するが如し。苟も能く之を充てば、以て四海を保するに足り、苟も之を充てざれば以て父母に事ふるに足らざるなり。

これは孟子に書いてある一節であります。有名な文章であるから誰でも知つてゐます。だから今時何も孟子の文句を引出して來なくともよいじやないかとの御説もあらうが、不思議にも孟子に私のいつてゐる人性の萌芽を説いてゐるのです。而してその萌芽發展の狀を説く論法が頗る似てゐる所があるのです。即ち、赤ん坊がよろ／＼這ひ寄つて井戸の縁へでも近づいたとすれば、どんな悪人でも、あゝあふない可哀さうにと思つて走りよつて助けてやらないものは

ない。その助ける時の心事を見るに、決して恩賞や名譽といふことを目あてにしてはおらぬ。故に仁義禮智の萌芽は誰でも有つてゐるものである。されば之を擴充して行きさへすれば、火が燃え擴がり泉が溢れ出づるやうな勢を以て成長して行くといつてゐるのである。私が求知慾を啓培すれば理科教育の目的を達することが出来ると言つてゐることに似てゐるではありませんか。

私はこの意味で犬を飼つたことがある。私は子供を二人持つてゐて、下が男であるが、その下の男の子の爲めに犬を飼つてやつた譯です。それは末子は弟妹がない爲めに、小さきものに對する愛情の萌芽が発育しないでしまふことがあります。然るに犬は非常に賢い獸で、可愛いものである。だから私はこれを飼ふことによつて、子供の生活の缺陷を補はうとしたのです。私のこの企は確に成功だつたと今でも信じてゐます。

私のこの考へ方は、教育者として子供に對する時ばかりでなく、子供自身にも亦かくの如き考へ方をさせるがよいと思つてゐます。私は小學校の理科を擔任してゐるが、別に又女學校の方の學級主任もしてゐます。私は女學校の子供に向つて常に「お前たちは女であるからといふので、あまりに戦々兢兢としてゐては宜しくない。人間は正直でありさへすれば、その表現に

於て、多少禮儀に背き形式に外れるやうなことがあつても、それは所謂過失で、子供の中などはそのやうなことはあまり心配せずともよい。」と言つてゐます。その故か、子供は私に向つて思ひ切つた赤裸々な意見開陳をすることがあります。學級自治會の時に或る一生徒が「私は圖書が下手です、従つて圖書が非常に嫌ひです。私は一體圖書などは習はないでも繪かきになるのでないから差支ないと思ふが如何です。」と自分の所信を發表したことがあります。所がこれを聞いた他の子供が、口を揃へて圖書學習の必要を説いて反駁しました。曰く「女として衣裳の柄を選定する爲めに。」曰く「料理の献立排列などをするにも必要。」曰く「商家に嫁入しては店飾りなどをするにも必要。」曰く何、曰く何、その必要を説くこと頗る詳細を極めてゐます。

こんな場合に私は最後に次のやうな問答に導きます。

「成程、圖書を稽古して置けば、料理にも、化粧にも、店飾りにも役に立つが、それだけを目指したのでは本當に圖書が上手になれません。よい風景を見て美しいと思はないですか。果物や花を見てこれを旨く描けたらよいがと思はないですか。」

「それは思ひます。」

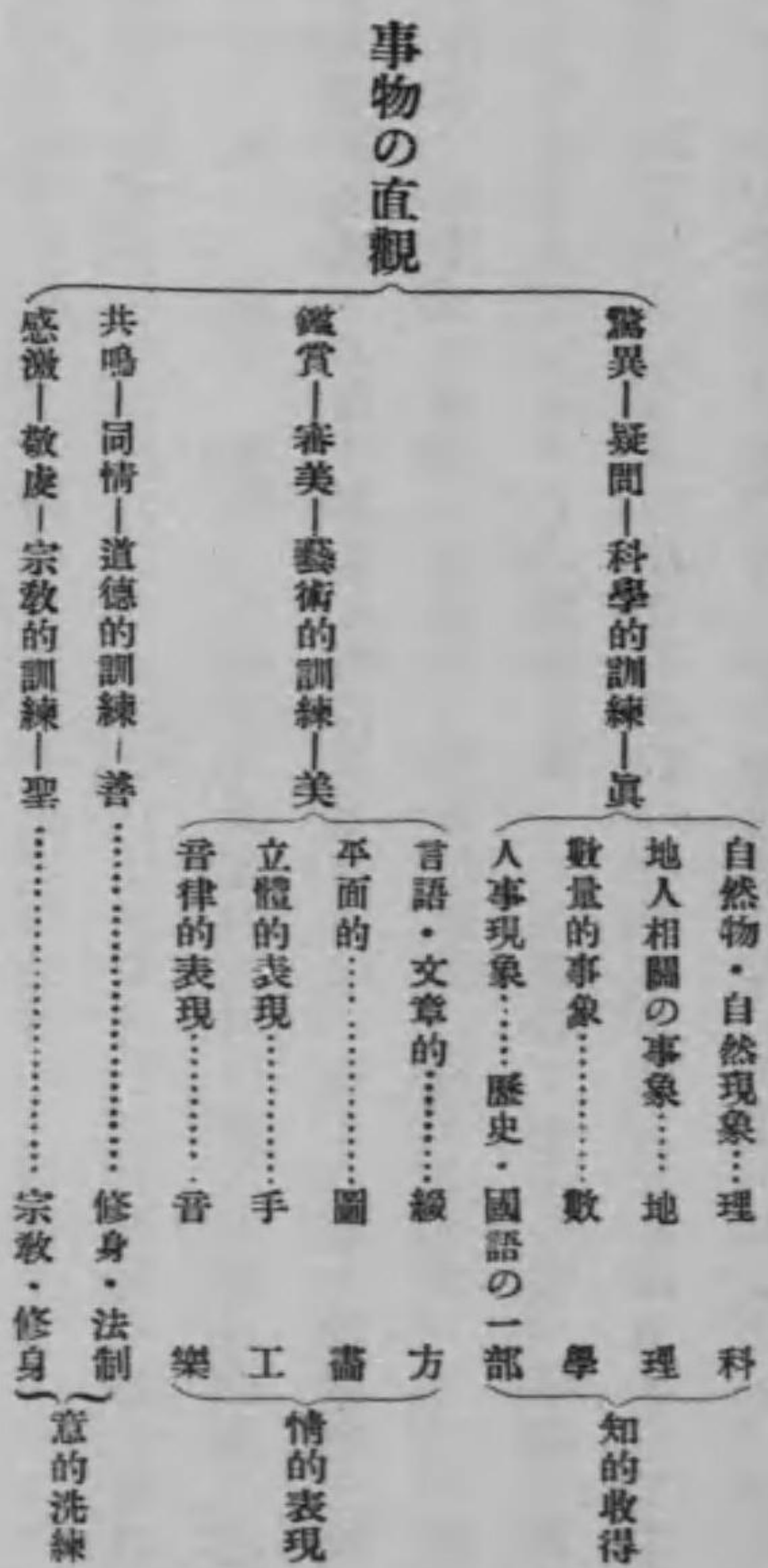
「さうだらう。その心は誰でも生れつき有つてゐる心です。それが伸びないとは不思議。それを伸ばす方法にこれまで何か誤はなかつたか、或は先生や他の人の毀譽褒貶に捉はれてゐはしないか。他人が何と思ふとも、自分が描いて行く中に、自分だけで面白くなつて行けばそれで圖畫の力が伸びてゐるのだと思はなくては駄目です。」

他の學科についても私は同様に生徒に考へさせます。この指導が私には結果がよいやうに思はれます。

七 心性發展の系統

子供は事物に觸れさへすれば、何等かの心性の萌芽を出します。珍らしい事物に對しては驚異の眼を放つ。美麗なるものに對しては鑑賞をする。哀れなものに對しては泣き、幸福なるものに對しては共に嬉ぶ。驚異・鑑賞・共鳴・感激・蒐集・生存等の慾望は、人間本具の慾望でそれ等は事物に接觸しさへすれば、その場合々に發露するものです。それを育て、行きさへすれば、科學的訓練・藝術的訓練・道德的訓練・宗教的訓練・經濟的訓練・身體的訓練が出来ます。そこで私は平生次に掲げるやうな一覽表を頭の中に描いて置いて、科學的訓練の位置を

明かにしてゐます。



右の表は大體見ただけで解ると思ひますが、少し解釋を試みて置きませう。先づ驚異が疑問となり、その疑問は事物の真相を穿たうとする要求であるから、そこに科學的の訓練が行はれる。而して同じ真相をきはめようといふ疑問でも、その疑問の對象が自然物・自然現象、その相互及び人生との關係であつた場合には理科で、疑問の對象が地人相關の事象であつた場合には地理、人事の過去の現象を對象とした時には歴史、又今の讀本の中には人事現象を可なり多

く取扱つてあり、言語・文字そのものが既に人事現象で、同時に科學的内容であるから、この括弧の中に含めて置いたのです。國語の文藝的方面の如きは勿論この中には入つてゐません。

數學は學問上純粹科學に屬するものであるが、その萌芽が何所に發するかと考へて見ると、どうしても私には蒐集慾、理財の觀念から發すると思へてなりません。私は幼兒が早くからお菓子の數でも、果物の大きさでも、決してその判斷を誤るものでないといふ、具體的の經驗を頗る豊富に有つてゐます。同時にまた子供の經驗界から問題を作らせると、案外進んだ批判を實際問題に加へるものであることを知つてゐます。そこで子供の數量觀念は單なる概念として教へられる前に、菓子・蜜柑・人形等の個體的系列に對する數的直觀、または量的直觀が存する筈です。數を教へる爲に事物を利用するのではいけません。數概念を教へる爲めに事實を利用する時は、具體性の排除に注意した消極的知識に過ぎません。たゞ數量の認識能力は先驗的のものであるとしても、その能力は少くとも經驗と相俟つて、經驗と共に發展すべきものであります。計算法といふものはこの直觀の中から分化したものでなくてはなりません。この意味で私は子供の數學は彼等の蒐集慾の發達と相伴つて進めるがよいと思ひます。

八 何の爲めに理科を學ぶか

高等科あたりの上級生に「何の爲めに理科を學ぶか」と問ふならば、彼等は國家の危急存亡の問題より説き起して、文化生活の必要にまで及びます。彼等は理科が日常生活上に必要であるといふことも仲々達者に辯じ立てます。理科の知識は炊事にも洗濯にも育児にも必要である。その知識がない時には、交通の上にも實際の上にも、所謂文化生活をなすことが出来ません。故に理科を一生懸命に學ばねばならぬといひます。可なり骨も折れ、努力もしなければならぬけれども、理科は必要であるから勉強して學ぶといふやうにも取れます。彼等のいふことは徹底してゐます。

「皆さんは文化生活といふが、文化生活とはどんなことなのですか。」
試に發問して見ると、彼等は次のやうな説明を加へます。

「今交通上理科の知識が必要であるといひましたから、交通と理科の知識との關係に就いて申します。汽車・電車・電信・電話については今更申さないでもよいと思ひますから、それは畧します。極めて人の氣づかない所に例を取つてお話しして見ます。

例へば文化人と非文化人とは同じ道を歩く中にも相違があります。文化人にはその一步一步足の中に電車あり、自動車あり、自轉車があり、電信線があります。故にチリン／＼といふべルの音がすれば、徐ろに左によつて後から來た車をやり過す。彼等の歩行はベルの音によつて少しも妨害されてゐません。

理科教育の目的概覽

1 實質的陶冶

- イ 利用厚生——職業的知識・家庭的知識・社會的知識。
- ロ 自然界の理解——健全なる思想の構成に資する知識、専門高等の學術研究の基礎知識。高尚なる趣味涵養に資する知識。

2 形式的陶冶

- イ 知力の練磨——觀察力・思考力・記憶力。
- ロ 感情の養成——眞理愛好の情・自然愛好の情・産業尊重の情
- ハ 意志の鍛練——理性的行動・獨立的行動・規律的行動。

おまけに立ち止まつて自動車をデロ／＼見る。故に彼等の一步一步が常に脅かされてゐるのです。これは理科を學ばない爲めの非文化生活なのです。」

誠に堂々たるもので、まるで吾々が師範學校で受けた理科教授法中にある目的論の例解を聞

くやうなものです。右のやうな場合に物知りの教師が之を聞くと更にこれに附け加へて曰く。

「明治九年十月熊本に神風黨の亂がありました。この神風黨の主立つた者は皆和漢の學に通じ、また武藝にも達し、品行も正しく立派な人格を備へてゐる人々でありましたが、歐米人を甚しく嫌ひ、これを夷狄と稱し、獸類に等しきものと思つてゐました。それでありながら黨人の中の加屋霽堅はるかたなどいふ人は英語も出來ます。習ひに來る者があると、庭に薙を敷いて、その上へ本を披いて教へました。清淨なる日本人の家屋で夷狄の書を読むは穢れるといふのです。それならば英語などを學ぶには及ぶまいと詰ると、敵を知らねば戰が出來ないといふ。彼等は誠に誠心誠意の人であつたが、偏屈な舊思想を抱いてゐました。彼等はいふ、日本は神國である。それを獸類に等しき人間に穢されるは如何にも殘念。また何を苦しんで要路に居るものは、これ等夷狄の風俗習慣を眞似るか、如何にも不埒な奴原だと憤慨するのです。明治七年三月廢刀令が出た時などは、神風黨の人々は風呂敷に大小を包んでこれを背負ひ、鐵扇を持つて往來をなし、電線の下を通る時には鐵扇を披いて頭に翳して、「空に蜘蛛の巢を張るとは不埒至極」と電線を睨みつける。恐ろしい頑固の人物もあつたもの。即ち心は正しい立派な忠良の人民であつたけれども、時の文化を理解し得ない位の人々であるから、

時の政府に反対して、つひに賊名をおびて身を亡ぼすに至つたものです。」

つまり右の子供や教師の頭には、人として國民として必要な知識を得んが爲に理科を學ぶ又理科を教へるといふことが先にたつてゐるのです。

併しこれは無理もない話で、必ずしもこの子供この教師のみを責められません。彼の大戦後の理科教育勃興の動機が

1 國産興業を盛にして國力の充實に資すること

2 國民生活の實際に適切なる普通なる知識技能を確實に得しむること

の二つであるから、識者の所謂『時代思潮と理科教育』なるものが、何れも子供に取つては外面的の要求のみであつて、少しもその内面的の要求に觸れてゐなかつたのです。理科教育振興が聲ばかり大で、その實の擧らないのも私から見れば寧ろ當然であると思ひます。

『小學生に讀ませる科學』などいふやうな書物にもこれに似たことが書いてあります。

「皆さん達がこの世の中に生れて來ると、直ぐ無くてはならないものは何でせう。空氣・水・熱・光・植物・動物・土壤。空氣がなかつたり、また水が無かつたりすれば皆さん達は生きてゐることが出來ない。又水の中に棲んでゐる魚も矢張り空氣を吸つて生きてゐる。その位

空氣や水は、皆さんばかりでなく魚にも又植物にも大切なことを知らねばならぬ。この本はその空氣・水・植物・動物などについてお話をする爲めに生れたもので、小學校の理科の時間に先生から學ぶのと同じものです(中略)。

今日のやうに文明國の日本に居つて、理科の知識のないものは仲間外れといふもので、これから偉い人になるには、一通りこの理科學についての心掛を持たなければならぬ。……獨逸といふ國は今でこそ戦争に負けて昔のやうに偉くはないが、その國の小學生は理科についての知識が充分であるから、又何年かの後にはきつと偉い國になるに相違ない。だから佛國や英國ではそれを恐れてゐる。日本でもその通り、皆さん達がこれから第二の國民になつて世界の舞臺に立ち、どの國にも負けないやうになるには、どうしてもこの理科についての知識が必要である……。」

ど。これなども子供の科學心の發達などといふことには一向觸れて居りません。見様によつては空氣や水の知識がなくとも生活は出來ます。理科の知識がなくとも洗濯や育児が立派に出來ます。維新前の我國人などは、單なる經驗だけで育児も洗濯も料理も立派に出來てゐたのです。國民の殖産興業の發達や、日常の文化生活の進歩などは、理科の知識そのものではなくて、こ

れに關與する人々の科學的態度の如何によるものであります。研究せずには居られないといふ好奇心・求知慾・科學心といふものが成長してゐさへすれば、自ら理科教育の目的は達せられてゐるわけです。ウツドハル氏が「眞の科學的精神を養ふには、子供の境遇に立脚して、本能的な生活より漸次論理的な生活に成長せしめなければならぬ。」といつてゐることなどは、よく理科教育の眞精神を言ひ現はしたものだといへます。

九 心性高調の機會は去り易い

初めて他郷に出で、學生生活をしたものが、夏季の休暇を胸裡に懷いて歸郷の日を待ったことが幾日續いたでありませう。兎も角も一學期の試験がすんで汽車に乗り込んだ時の楽しさ、何物にも換へられない楽しい世界ではなかつたでせうか。更に汽車を下りて約半里、間もなく村の鎮守の森が見えて來た。一步一步近づくと我家、その屋根、その門の見えた時、心底から沁み出づる我が家懐かし父母懐かし的情、誠に胸の轟くを覺えないもの幾人ありませうか。讀者の中この思出のないもの幾人ありませうか。

併し、それも二回目となり三回目となるに従つて、同じやうに汽車に乗り、同じやうに我が

家の屋根を眺めても、初回のやうな懐しさを味ふことが出來たであつたらうか。機械の作用が反覆的であるに對し、人間の精神生活の高調期が一回的であるといふのは茲所のところだ。吾々は今となつては最早や、彼の二十歳前後の青年時代の感じ易い感じを如何にしても味ふことが出來ませぬ。

詳しいこの統計は得られないが、個人の發達の狀態を見ても大體次のやうなことがいへるさうです。

- 二十歳まで……………動物慾・自負心強く、體的活動に耽る……………手足の時代
- 二十五歳前後……………情に強く情に高い、進路的にして敢爲……………
- 三十五歳前後……………文學・美術・音樂に趣味を有つ……………心臓の時代
- 四十五歳前後……………理論に長じ冷靜に事を處し、實務・政治に興味を有つ……………
- 五十歳以後……………道德・哲學・宗教に興味を有つ……………頭腦の時代

右は主として青年以後精神生活の高調期を示したものであるが、子供時代を細かに考へて見たら面白い結果が得られませう。

兎に角人間の精神生活の高調の機會は去り易い。去り易いが故に、その時機を逸しないやう

にすることは教育上大切なことです。

「だって風呂の湯は私の體を浮かすんだもの。それ、かうすれば樂に體があがるんだもの。何故でせう。私は何時もさう思ふのよ。」

「あゝ、水は物を浮かす力があるのですよ。」

「だって風呂の湯は生きてゐるのではないでせう。死んだものに力があるつて不思議じゃないの？」

花子の追及は鋭い。花子は父の明快なる解決を要求してゐるが、私は突嗟の間に何と處置してよいか名案が出なかつたのです。

「それは大變に六ヶ敷いことです。いまに大きくなれば解ることですよ。」

何と窮した答でありませう。この場合、何等の考もなく不用意の答をするやうなことがあるなれば、この問題と花子との連關が絶たれてしまふのです。尊き實は最早や花子のもので無くなるのです。尋常五年になつて理科を學ぶ時までは、花子は最早やこの問題には思を寄せることは無くなつてしまふのです。獨りこの問題に思を寄せないばかりでなく、これと同様なる問題には觸れぬやうになつてしまひます。人の親となり師となるものの大いに考へて見なければ

らぬことではありませんまいか。

茲所まで述べた理由によつて、私は今後の理科教育上次の如き注意を要すると思ひます。

- 1 子供の理科心の萌芽は幼年期より發動するものである。
 - 2 この理科心の萌芽を啓培して行けば理科教育の目的は達せられる。
 - 3 理科教育は家庭に於て幼児が母の懷に在る時から開始せられねばならぬ。
 - 4 理科の學習は尋常三年以下の低學年からも指導せられねばならぬ。
 - 5 高學年の理科指導も理科心發育の連續として取扱はれねばならぬ。
- さて然らば、この子供の理科心の萌芽を如何に生長せしめたならばよいかといふに、それは新教育思潮の中核を捉へ、これに依る外はありません。

最近教育思潮に動搖を來し、教育革新の叫びの盛なるにつれて、幾多の主義主張が現はれて來ました。曰く自學主義、曰く自動主義、曰く自由教育、動的教育、創造教育、藝術教育、文化教育、プロジェクトメソッド、ダルトンプラン、曰く何々、擧げ來れば十指を屈するも尙ほ足りないでせう。誠に教育界の盛時で御座います。

教育の新主張は千種萬様であり、そのいふ所の言葉は如何にも新文字に富んでゐるが、吾々のやうな實際家から見れば、教育の新思潮も次の四項に盡きてゐます。

- 1 子供の獨自生長性を活躍せしめる。——人爲的組織の教授より自然的發展の學習へ。
- 2 學習の対象を實在の事物に取る。——單純なる知識の獲得より作爲による體驗へ。
- 3 學習の方法を體得せしめる。——原理の先行より問題の先行へ。
- 4 獨創工夫の精神を發揮させる。——記憶主より推理主へ。

一〇 子供の獨自生長性を活躍せしめる

子供の科學心を啓培するには、先づ第一に教師が子供に何物かを教へてやらう、何物かを授けてやらうといふ考を、一掃してかゝらなければ目的を達することは出来ません。子供の學習といふことは、結局子供自身の生長であり、子供自身の發育であります。例へば、植物が年月と共に生長發展して行くやうなものです。如何に施肥管理を綿密周到にしても、稻は半年を経なければ種實を結ばない。杉は二十年の日子を経なければ柱とはならない。植物は氣候さへ適順であれば、可なりの瘠地に置かれても枝は茂り花は開くものです。施肥管理は彼等の生長を

補助し得ることは申すまでもありませんが、所謂助長の弊の大なることは皆人の知る所、結局は彼等の原始方に頼る外はなく、人力は到底植物の一片の材質も一枚の葉をも附け加へることの不可能なることを悟らねばなりません。教育といふことは、直觀より概念へ、具體より抽象へ、經驗より知識への心的過程を良好ならしめるやう、この生長過程の參與であるといふことを、何人も充分に味つて見てゐなければなりません。

然るに從來の舊式の考方をする教師には、第一に子供に科學心の萌芽の存在することを承認することが出来ない。第二には子供の獨自生長性を承認することが出来ない。子供をどこまでも未成不完全者として取扱つてゐます。それが抑々從來の教育説の誤謬であります。

子供は子供ながらに眞である。未成不完全ながらも子供にはそれが眞であります。而かも子供の心は決して未成不完全なものとはいへません。子供の心は子供の心として完成したものです。それはちやうど他の動物は人から見れば不完全でも、その動物としてはそれ相當に完成したものであると同様であります。この事は各方面に現はれる子供の喜怒哀樂に例を取つて考へて見れば解ることです。子供はよく泣くが、その泣くことが、大人の泣くことに比べて不完全な泣き方だとも、虚偽な泣き方だともいへない筈です。悲しくないのに泣いてゐるなどは

勿論言へません。泣いてゐる子供に取つては、その事相當に悲しいことで眞剣な泣きであるに相違ありません。それを「よし／＼」位の上調子の慰めで、有耶無耶に葬られてしまふとは、子供に取つては必ずや不服であるに相違ありません。

子供が喜ぶ場合にも、子供自身に取つては嬉しいことに少しも不純なことがないのです。大人が目から見れば、何これしきのこと、そんなに嬉しいのかと思ふであらうが、案外下らぬ事が子供に取つては本當に嬉しくて仕様がなといふ風です。同様に子供が物を見て驚異の叫を發することありとすれば、それは子供の求知慾の端であります。然るに大人がそれを老成ぶつてセ、ラ笑つた態度に出づるといふは思はざるも甚しといはなければなりません。子供本位とは口ではいふが徹底の域にはお互仲々達しきれません。

實は教師も子供と共に未成熟者であります。人類永遠の進歩の道程に比べて、師弟相去る果して幾何でありませう。教師は自ら成熟者として子供に對して果して耻づる所がないでせうか。口に忠孝信義を説くが、夫子自らは果して親に孝行なりや、同僚朋輩といがみあひはなきや、汝等夫婦は果して圓滿なりや、内に省みて耻づることはないでせうか。自らを棚に上げて未成熟不完全呼ばはりをなす、厚顔無耻でなくて何でありませう。知識技能に於ても、その分量に於

ては、その子供より優越であらうが、質に於ては必ずしも優越ではありません。教師はその何れの子供に對しても後世恐るべしの感なきを得ないではありませんまいか。

理科の教師はいふ。文學や技術に於ては或は師弟の差は少いかも知れないが、理科に於ては到底彼等は足許にも寄付けるものでない。然し、理科といふものは自然界の森羅萬象を知るばかりがその全體の仕事ではありません。理科は科學的心性の向上を圖ることで、子供の中には非常な鋭利なる科學的心性を有つてゐるものがあります。教師の思ひもよらぬ所に着想する子供があります。質に於て、教師はこれ等の子供に對して果して遜色がないでせうか。

現在の子供が著しく教師より劣つてゐるといふのは、彼等を伸びるだけ伸ばさないので、彼等の獨自生長性を活躍せしめないからであります。否彼等の獨自生長性を認めないからであります。

科學心を啓培するといふ立場にあつて、子供の學習を指導するとすれば、子供の素質にそれ／＼の個性の差あることを心得て置かなければなりません。男女の性別、子供の學習過程に現はれる心身の個人的相違、過去の經驗の貧富、現在の環境、將來の方向等による差異など、大に考慮せられなければなりません。自由選題の理科の根本思想は實に茲から出てゐるものです。

一一 學習の對象を實在の事物に取らせる

子供の科學心の萌芽の啓培と反對の立場にあるものは、教師の有つてゐる所の、概念の授與——概念を理解させることであります。概念の詰め込みは子供の理科心の萌芽を壓縮し枯渇せしめます。故に概念の詰め込みを避けようとするならば、勢ひ子供の環境——事物——の研究が彼等の學習の出發點とならなければなりません。子供をして、自ら進んで彼等の環境にある事物に接觸せしめ、これを究明せんとするの態度に出でしめなければなりません。子供が自然物・自然現象、その相互及び人生との關係——自然及び人事界の事物——に接觸したる時に、彼等の心の底から發動する所の驚異・疑問・科學心・真相への憧憬を高調させて行くのでなければならぬのです。

繰返して申しますと、子供の科學心の萌芽を啓培して行く所の學習は、他人から講話を聴くことではなく、書物を読むことでもなく、教師の力でなく、父兄の力でなく、學友の力でなく子供自身の力で事物その物を研究することで行なければなりません。子供に最初から理科書を用ひしめない趣旨も全く茲所に在るのです。

科學心の萌芽の生長の障礙となる主なる根元は、教材の固定と結果主義と言葉主義との三つであります。教材が毎時間・毎週・毎學期・毎學年と固定してゐる結果、その内容を收得せしめることに急にして、思はずその結果にのみ急いでしまふおそれがあります。或は又心的内容の實質を顧慮せずに、これを表示してゐる所の言語その物を教へ込んでしまつてゐる嫌があります。例へば槌子の學習の出發點に於て、

「一點にて支へ、二方は互に反對の方向に廻さうとする力の働く棒を槌子といふ。」
が如き、槌子の定義からその學習に入らめようとする事などがそれです。大人でもこの定義を覚え切ることなどが出来ようか。そのやうなことに暇を取ることよりは、速に槌子の内容をつかんで、法則發見に突進せしめることが眞の理科指導ではあるまいか。算術に於て

「縦の表はす數と横の表はす數とを乗じたものがその面積である。」
といふことも、これを方法として知つてゐるのみであつては、廣さといふ實感ある直觀に導いて、構成的にこの計算法を了得せしめることにはなりません。誠に眞の知識の收得を損ふものは、要求に基づく實感ある内容をもたない言語や方法の教授であります。

一二 貯蓄主義の弊

科學心啓培の理科を會得するには、高所より子供を眼下に見下し、自分の有つてゐる所の知識技能を授與しようと思ひ、科學的訓練を加へてやらうと考へてゐたのでは駄目です。新教育の實施の障礙となる主なる思想は、教育上の貯蓄主義より大なるものはありません。子供の頭腦を金庫や倉庫のやうに考へて、これに知識を積み込んで置きさへすれば、何時でも自由に役立て得ると思つてゐるのです。この思想の根柢は餘程深く入つてゐるものと見えて、人々は容易に脱することが出来ないうで苦んでゐます。

知識を教授することは品物のやうに手渡しすることではなれば、又は箱壽司のやうに叩き込むことでもありません。一般に知識即ち觀念を授與するといふことは、知識教授の手續又は事實をいふのではなくて、單なる譬喩にすぎないのです。觀念を授與するといふことは、教師が或る手續を踏み、或る手段を取つて、それによつて子供が教師の豫期する觀念を構成したる時に、教師は自分の豫言した觀念と、子供の作つた觀念とを比較して、その結果から見て、觀念を授與したといふに過ぎないのです。それを子供の頭腦を倉庫や金庫のやうに心得て、詰め込

むとは誤解も甚しいと言はなければなりません。

元來書物を読み、人の講話を聞いて、それを詳細に手帳に筆記して置き、歸つてこれを他人に報告しようとする態度の如きは、やはり貯蓄主義の弊に陥つてゐるものです。袋の中に何か詰め込んで歸らうとする態度が舊式です。新式の修養法は袋の中に詰め込むものを望まない。袋その物を修理して行くことに努めます。讀書・講話・見聞、その時その場合に自己を生長させてゐるのだと考へなくては駄目です。驚異と感激、その物の生長が修養の目標であります。吾々が子供を指導する場合にも、これと全く同一に考へなくては本當の指導は成立しません。

一三 理科學習の方法を體得させる

先頃私の勤めてゐる學校にシカゴ大學の植物學の泰斗コールター博士が見えて、科學の理想といふ題で一場の講話をされました。博士は科學の理想として三つをあげてゐます。第一は純正科學、即ち科學の爲めの科學で、私が本稿中に述べてゐる科學心の要求に基づく研究にあたるものです。第二は應用科學、即ち人生の物質的文明を目標としての研究。それから第三には教育といふことを擧げてゐます。第一第二は解り切つたことで敢て珍とするに足らないが、第

三の教育といふことに私は非常な興味を感じました。博士は科學の理想としての教育といふことを次のやうに言つたのです。

人が一事物を見る場合に文藝的の見方と科學的の見方とがある。これは物の見方の両面であつて、何れにも輕重のあるべき筈のないものです。前者は自己移入の見方で主觀的のもの。後者は自己没却の見方で客觀的のもので、博士のいふ科學的の物の見方といふのは、客觀的の見方をさすもので、つまり實證的研究態度をさしたものであります。博士は科學が教育的の價値ある所以のものは、子弟をしてこの實證的研究方法を體得せしめる所にあるとしたのです。私のいふ理科學習の方法を體得せしめるといふのも、全くこれと同一趣旨にあるものです。

吾々は學習の結果をあまりに良く、そしてあまりに速かに纏めようとする考から、實驗案内書や題目梗概法などの、教師の案によつて子供を引張つて行き過ぎる嫌があります。かくては何時までたつても、子供が獨力で研究するやうにはなれません。子供は教師の力を借りるか、又は案内書によるのでなければ、理科の研究は出来ないものと考へてしまひます。この意味に於て、私は理科の指導に詳細なる案内書などを用ひないことを本義としてゐます。この種のものは別な目的で使用させるのでなければなりません。子供が獨自に問題を發見し、その解決方

法を工夫し、獨力を以て計畫を立て、學習を進める所に、眞の科學的精神も獨創工夫の精神も發揮せられるのです。問題の結論を得るに急なることは、山に登るにその頂上のみを望んで登山の順路を考へないやうなものです。

理科學習の方法としては、先づ學習の題材觀を養ふことが第一であります。その中心問題を發見するのが第二です。解決の方法を工夫することが第三で、解決の結果を整理し發表することはその第四であります。この四つは理科學習の方法として何れも重要な事柄であるが、それも方法を授けて、それに見做つて學習して行くのでは駄目です。結果主義を棄て、方法の注入に陥つたのでは何にもなりません。私の目指す所は、子供自身が科學の研究法を體得するに在るので、方法を知識として彼等に所有せしめるものではありません。

一四 獨創工夫の精神を發揮させる

かくの如き理由で、私共は小學校令施行規則の第七條を次の如くに改正したがよいと思つてゐます。

理科は自然物・自然現象並に其の相互及び人生との關係を研究せしめ、以て獨創工夫の精神

を發揮し、自然を愛するの心を養ふを以て要旨とす。
ご。これを現行の要旨

理科は通常の天然物及び自然現象に關する知識を得しめ、其の相互及び人生との關係を理會せしめ、兼ねて觀察を精密にし、自然を愛するの心を養ふを以て要旨とす。
ごいふに較べて見れば、如何に獨創工夫の精神に重きを置いてゐるかが判るであらう。而してその第五項も

理科の學習には主として實地の觀察に基き、若くは標本・模型・圖書等を利用し、又實驗に

より明瞭なる解決を得しめ、併せて研究の方法を體得せしむべし。
ご改めたがよいと思つてゐます。

實をいふと、理科指導の新經營は、獨創工夫の精神發揮を目的とするが故に、子供の科學心の萌芽を啓培し、子供の獨自生長性を活躍せしむるの舉に出でなければならず、それには講話や讀書を離れて、實在の物象を學習の對象とせなくてはならず、又學習の結果よりは、それ到達する方法過程を當面の目標としなければならぬのです。故に私は理科の新指導法の根本方針として

- 1 子供の科學心の萌芽を啓培する。
- 2 子供の獨自生長性を活躍せしめる。
- 3 學習の對象を實在の事物に取らせる。
- 4 理科學習の方法を體得せしめる。
- 5 獨創工夫精神の發揮せしめる。

の五項を擧げてゐるが、これ等は個々別々のものではなくて、一つの中心點を各方面より眺めたものであります。これを植物の生長發育に比較して見ると次表の如きものとなりませうか。

<p>事物といふ畑に——科學心が發芽する——獨りで伸びる 良い環境に置かれる。</p>	<p>教師といふ農夫は邪魔物を除く。</p>	<p>莖・枝・葉（科學研究の方法） 花・種實（科學的生活の向上）</p>
---	------------------------	--

第四講 自由選題の理科指導

一 獨自學習の一般様式

子供の科學心の萌芽を啓培することを以て、指導の根本方針とする理科學習は、それが幼學年より開始せられねばならぬと共に、またその題材の取り方は子供の自由でなければなりません。子供自身で問題を發見し、その解決方法を工夫し、自らの力で實驗觀察を遂行してその結果を求め、これを發表することを以て理科學習の本體とすれば、理科は彼の綴方や圖書のやうに自由選題とならねばなりません。この意味に於て、私は大正九年に開かれた第一回冬季講習會に、はじめて自由選題の理科の一端を公表し、その翌年雜誌『伸びて行く』に、自由理科の子供の成績の一部を載せて置いたのです。これはおそらく我が國に於ける自由選題の理科の先驅であつたでせう。けれども、その當時に於ては、私はかくも速く世の思潮が自由選題の理科に向いて來ようとは豫期しませんでした。

自由選題の理科は無論教科書を用ひません。指導要目・教授要目といったやうなもの、子

供には示しません。子供各自が思ひくく学習の題目を選んで來ます。つつじ・ふぢ・そらまめ・てふ・はへ・もも・きうり・ほたるなど、子供各自の好める題目を選んで学習をします。最初の間は、植物の花・果實など、それから動物では多く昆虫などの題が選ばれます。やゝ進んでは汽車・電氣・ポンプ・排氣機・酸素・水素・血液循環などの題で、子供が單獨に或は數人協同に研究をします。出来るだけ子供自身が学習の材料を集め、子供自身の方法と順序とで学習をします。

子供の獨自学習は理科に配當せられた時間・特設學習の時間・放課後・日曜日・郊外に校園に、家庭に教室に、隨時隨所に行はれるが、教師から指導を受けるのは理科の時間を以て本體としてゐます。但し、この時間のことは、私共のやうな専科受持にだけこんな制限があるので學級擔任者が理科を受持つ場合には、子供はもつと便利に指導を受けられる筈です。

兎に角、教師は子供の獨自學習の間にはひつて、題目を持たない子供には提供してやる。材料の乏しい子供には補つてやる。學習の順序方法に迷つてゐるものには暗示を與へてやる。個別的に、分團的に、または全級的に指導すべきものがあれば指導はするが、成るべくは子供の獨力に任せます。教へを乞ふ子供には先づ緒だけを示してやり、それでも學習の進行しないも

のには教へてもやるのです。

かくの如くにして、學習して來た子供の成績は非常によろしい。少くとも生命のある研究を齎らして來ます。それが優等生ばかりでなく、劣等生が割合によい成績を示すのです。題目梗概法による實驗觀察に比べて、子供の身に即した研究となつてゐるのが、特にうれしい結果であります。

二 自由選題に入るの第一時

「理科といふものは、物を見て、思ひ付いたことを書くことです。文句で、または繪で思ひ付いたまゝを書くことです。」

これは昨年、尋常四年の理科の第一時目に、子供に向つて發した私の言葉です。さうして、その時は唯それだけしかいひません。それで指導の全部です。

「物を見て思ひ付いたことを書くことである」といへば、子供は所謂圖書を描くかも知れない、童謡を綴るかも知れない、實は内々不安を感じたのであつたが、子供の學習帖に現はれた所を見ると、それは全く杞憂でありました。不思議にも所謂圖書を描くものもなく、さりと

て所謂綴方を物するものは一人もありませんでした。

ちやうど櫻の満開の時期であつたから、子供の大部分は櫻の花を題材として学習を始めました。中には別に花壇の花を選んだものもありました。

「理科の題目は花でも虫でも何でもよい」と口走つたことが、どれだけ子供に暗示となつたものであらう。子供は花の研究のみ向つて、最初からポンプに行くものがなく、時計に走るものもありませんでした。後になつて思ふに、この暗示すら無い方がよかつたかも知れません。

子供は思ひ／＼に櫻なり油菜なりの題を選んで学習を進めてゐます。私はこの間にはひつて例の調子で、題目の無いものには與へてやり、材料の乏しいものには補つてやり、学習の順序に迷つゝあるものには教へてもやりました。個別的に、分團的に、または全級的に。併し、實際は教師のこの仕事は殆んど必要はないといつてもよい。子供はすん／＼獨自に研究を進めて行きます。あまり案ずることはありません。

三 最初の相互學習

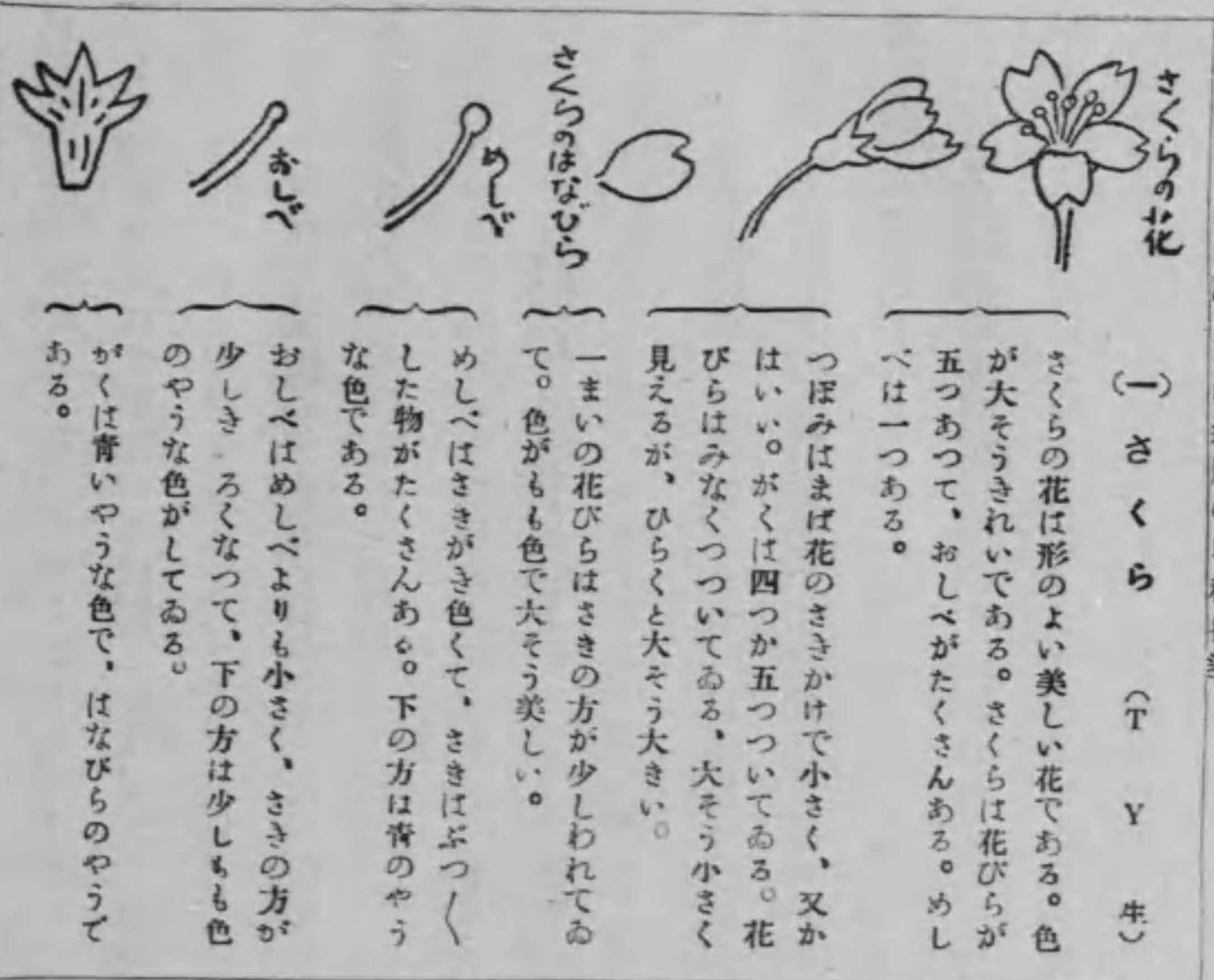
獨自學習はこのまゝ三時間も續きました。こゝに私は三時間といひましたが、實は子供の側

から見れば、何時間になつてゐるかわかりません。故に私が三時間といつたのは時間割に理科として配當せられた時間が三時間といふほどの意味です。私の務めてゐる学校のやうに、特設の學習時間のある學校では、殆んど毎日一時間ほどの理科の學習をする子供がゐます。放課後、日曜日・郊外に校園に、家庭に教室に、隨時隨所に學習を行ふから、個人によつてその學習時間に差異あるのが當然であります。

併しながら、私は尋常四年に理科を始めてから、第四時間目に相互學習を行ふことにしました。子供の獨自學習の様子を察して、こゝに彼等の學習法に一轉回を企圖する必要を認めただけであります。

相互學習の様式は後に述べるやうに各様の方式があるけれども、この子供等に對しては、私は先づ一人の子供の成績を採つて、次頁に掲げたやうな謄寫版に移し、これを中心とした批評會を開くことにしました。

この謄寫版中の説明圖は、子供の描いたものを、そのまま透き寫したもので、文句の記載も一字々々の字畫は止むを得ぬとして、その文字の配列のやうなものは、成るべく子供の學習帖にあつたものそのままとすることを期したのです。



先づ當の研究者が一通り読み上げます。全級の子供はそれを聞きながら読み通します。次に研究者に對しての質問がある。質問が終へてから批評といふのが、かうした批評會に於ける常例であるが、私はこの際、質問も批評も一緒にやらせました。この程度の子供には、それほどまでの段取りをする必要がないと認めただからです。

研究者が読み終るや否や。

「萼は四つか五つ。着いてゐると書いてあるが、四つか五つといふことはないと思ひます。」と批評を加へる子供が出ました。

「それでは、何と書けばよいのですか。」と、發表者が受答をすれば、

「私を見た一つの花は四つの萼がついてゐて、多くの花は五つの萼がついてゐるといふやうに書いた方がよいと思ひます。」と鋭く詰めるのです。

かくの如き問答の場合に、私は容易に飛び出しません。彼等の押問答に任せて置くと、間もなく落着く所に落着くものです。落着いた後にも、教師が出て裁斷を加へることは成るべく控へてゐます。

「僕は、雌蕊だの雄蕊だのの役目を書いた方がよいと思ひます。」

「私は、櫻の花弁だけが、なせ先の方が割れ込んでゐるのかを知りたいのです。」

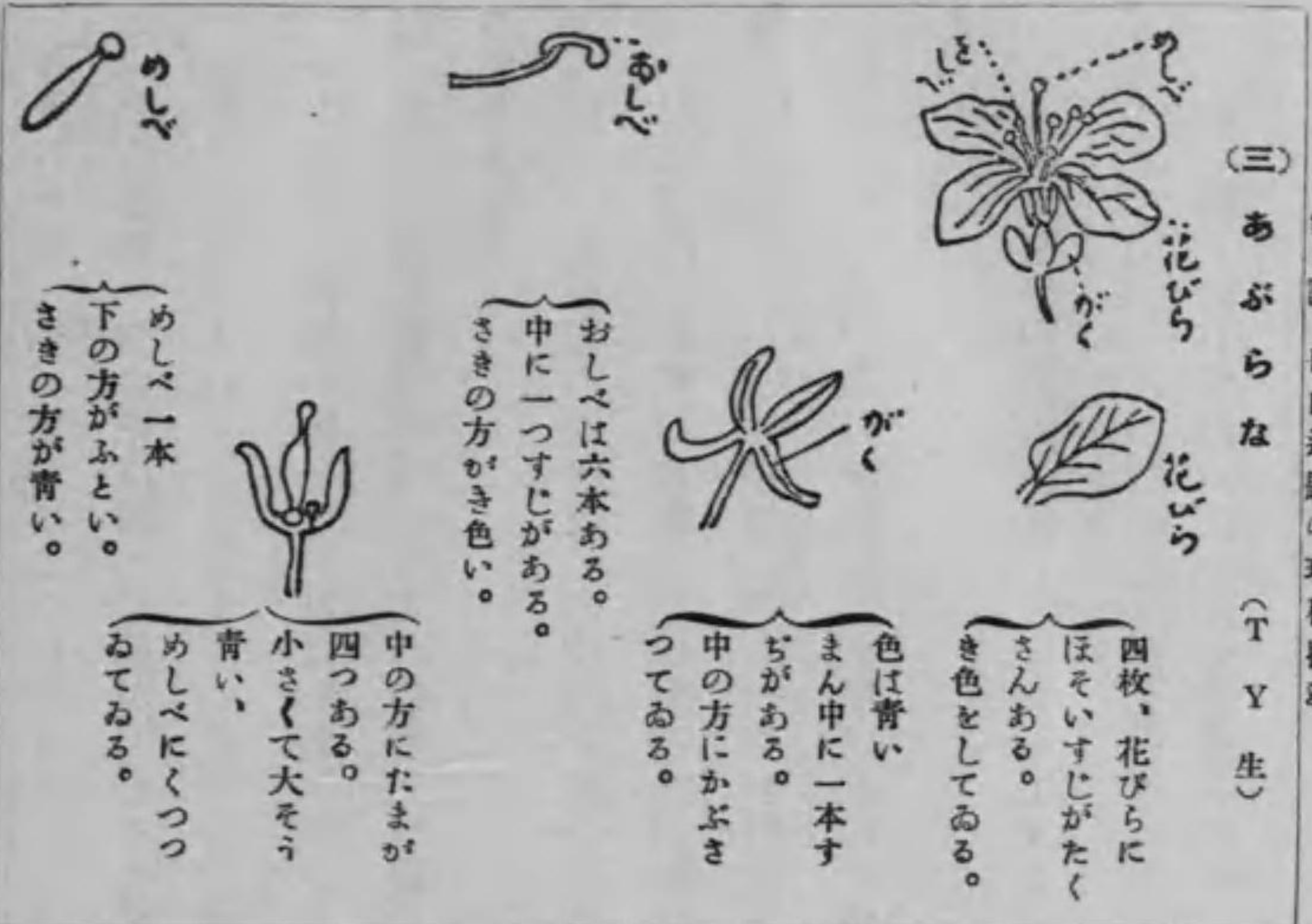
などと、仲々多くの批評やら希望やらが續きます。

批評といへば、その缺點のみを擧げるのが常であるから、子供の批評が略ぼ済んだ頃を見はからつて、

「この研究の中で何か良い所はないですか」と、私は子供全體に向つて警告を與へます。この警告を發すると、

「繪が旨く書いてゐる。」「部分部分に括弧で纏めてゐるのがよい。」といふやうな意味のこ

(三) あぶらな (T Y 生)



四枚、花びらに
ほそいすじがたく
さんある。
き色をしてゐる。

色は青い
まん中に一本す
ぢがある。
中の方にかぶさ
つてゐる。

おしべは六本ある。
中の一つすじがある。
さきの方がきい。

中の方にたまが
四つある。
小さくて大そう
青い、
めしべにくつつ
ゐてゐる。

第四 つつじ (Y Y 生)



- 1 おしべ十本、さきにはまるい花ふんぶくろがついてゐる。
- 2 めしべ一本、さきはねばくしてゐる。かふんをつけるところ。
- 3 がく五枚、けがはえてゐる。色みどり。
- 4 花びら五枚、中にははんぶん下にぶつぶつもやうがついてゐる。
- 5 花びらのまん中は九分、たて一寸七分。
- 6 めしべの下に長ばそいたまがある、色みどり。
- 7 めしべの長さが二寸二分。
- 8 おしべの長さが一寸七分。
- 9 めしべの下のたまの長さ二分、はば一分。
- 10 つつじの時は花びらがかさなつてゐる。
- 11 かさなつてゐる花びらのあひだくがところくひつこんでゐる。
- 12 つつじの時、おしべの長さ九分、めしべの長さ一寸九分。
- 13 つつじの時、はなびら少しまいてゐる。
- 14 葉の長さ二寸五分、はば一寸二分。
- 15 葉のすじ(側脈)十一本、色みどり。

とをいふものが出ます。部分々々が括弧で纏めることは、私は決してよいこととは思はないものであるが、兎に角かうする間に於て、子供は各自の研究と比較して獨自に生長するものと思ひます。

四 驚異の時代？

私のこれまでの経験に省みて、子供の獨自學習は、最初は花や昆蟲の部分の觀察に止まるものであるといふことを知つてゐます。花瓣が四枚・雄蕊が六本・雌蕊が一本といふやうなことや、又は翅が四枚・足が六本・色がどうの・形がどうのといふ所に止まつて「容易にその意味即ち生態上・分類上の意義の詮索に這入らない

ものであることを知つてゐます。昨年受持つた四年生なども、やはりこの傾向を脱しません。前に掲げた油菜の花の觀察などの如きも花の全形のスケッチといへ、萼の觀察といへ、雄蕊の葯の特徴などを捉へてゐる點といへ、尋四の子供の獨自研究としては申分のないものですが、花の各部分の役目、又は生態上の意義などには少しも觸れてゐません。これまでの指導の如何にもよることであれば、これを一概にいふことは出来ないけれども、子供のこの時代は先づ驚異の時代ともいふべきものであらうか。上のつつじの觀察などは可なり詳しく觀測してゐるに係らず、やはりこの範圍を脱し

ません。

右の成績を點検して見ると、雄蕊や雌蕊の長さを測定したり、萼に毛が生えてゐることや、柱頭がぶつ／＼してゐることなどまでも観察してゐるけれども、やはりその意義・生態上の解釋などには殆んど觸れてゐません。これは一體吾々に何を教へるものでありませうか。

五 部分観察の價値

自然科学研究のために、事實を精細に観察することは、いふまでもなく必要であります。併し、このことは亦屢々事實の精細な観察そのものを、既に科學であると速断させることがあります。植物の一枚の葉を採つて、その形を精細に記し、葉脈を細かく見て、それで自然科学の能事が終つたのではないことは、吾々の理科指導の場合に氣をつけないならぬことです。私共が理科の要旨中「兼ねて観察を精密にし、自然を愛するの心を養ふを以て要旨とす」とあるのを、「以て獨創工夫の精神を發揮し、自然を愛するの心を養ふを以て要旨とす」と改める方がよいといふのも、一つは、この事實の精細なる観察そのものが理科であるかの如く、從來の教師が誤解し、現在の學習者も誤解せんことを憂へた爲めでもあるのです。植物の花や葉を

観察するのは、やがて植物體の生命現象の本質を明にする爲めの、最初の階段に過ぎません。観察だけで植物學がお仕舞になつては困ります。

この弊は分類中心の博物學者、本草家式の植物學者の間に現存してゐるのは事實です。實際に、或る植物の花辨が幾つあつて、如何なる形をしてゐるとか、その雄蕊が幾つあつて、その根本には密毛が生えてゐるとか、又は一つの動物の形態がどんなであるとか、或は酸素や窒素が無味無臭であり、又は無色透明であるとか、どんな化合物で作るとか、氣體の壓力や温度の關係がどうであるとか、これ等一々の事實、それを獨立に見做しただけでは何等の價値もないものです。科學の記述が往々無味乾燥に陥るのは、たゞこれ等の事實を書きたて、記憶を強制しようとするからであります。自然界の斷片的の事實その物の中に、科學が存在するといふ思想は、どこまでも誤といはなければなりません。

右の趣旨から考へて見ると、前掲の子供の成績の如きは、科學として全く價値のないやうに見做され、また半解の理科教育論者の中には、この様な成績を見て馬鹿に批難をするものもあるが、私の考は少しく異なる所があるのです。單に科學構成の素材として價値あるといふ意味でさういふのではない。それ自身に既に教育的の價値があるといふのであります。

六 内面的に動く心

私の意見は事實の精細なる観察によつて、所謂観察力を養はうといふ意味ではありません。科學の素材として、子供の將來の科學に役立たせようといふ意味でもないのです。かゝる觀察を自身に、大に教育的の價値があり、而かも科學の本質に觸れてゐるものであると言ふのです。子供は新事實に遭遇した時には必ず「これは不思議！ 珍らしいおかしなものだな！」といふ驚異の眼を放つ。この子供の放つ驚異の眼が、即ち好奇心・求知慾の端緒であることは、前に述べた通りであります。總ての物に接して、その眞を知らうとする慾求が、茲に芽生え茲に生長するのです。而して私は、物に接してその眞を知らうとする慾求を名けて科學心と稱し、この科學心を培養することを以て理科教育の根本としてゐるのであるから、私が子供の驚異の眼といふものを重視してゐることは、これまでに再三説明した所で、讀者は既におわかりのことと思ひます。

油菜の花を分解して見ると、花瓣は十字形の排列をなし、雄蕊は六本あつて二本だけが短い。子房の根本の方を見ると緑色の粒（蜜腺）が四つある。これは珍らしいことだ。不思議なこと

だと思ふ心、その子供の内面的に動く所の心、それがどうして教育的の價値がないといへやうか。經驗を系統化して行くところの心、それを啓培して行くのが吾々の任務ではありませんか。或る植物の花瓣が幾つあつて、如何なる形をしてゐるか、或る昆虫の翅が幾枚あつて、如何なる色彩をなしてゐるか、或は酸素や水素が無味無臭であり、無色透明であるといふやうな科學の記述が、斷片的の事實として取扱はれ、それが單なる知識としての記憶を強制せられた時のみ價値がないので、他のものと比較せられ、異同辨別の資料となり、經驗の系統化・分類化の過程の中に編み込まれる時は、初歩の科學として充分に價値があるものです。この邊の内容に就いては、理科の本質といふ項目の中に聊か論じて置いた通りであります。

七 子供の後について行く

兎に角、私の取扱つた子供は、當初は花や昆虫の部分の觀察に止まつて、その因果關係には及ばなかつたです。私も亦前述の理由によつて、それを敢て急に引き上げようと努力もしませんでした。何となれば、子供は決してこの仕事に厭きた様子もなく、次から次へと研究を進めてゐるからであります。この厭きないといふ事實が、花などの部分的觀察に對する、子供の内

面的活動の盡きない證據であるといへませう。

併し、子供がこの仕事に厭きないからといって、私はこれを何時までもこのまゝに放任して置かうといふのではありません。私はたゞ子供自身に因果關係の問題に觸れて來るのを待つてゐるばかりです。

「緑色の花があるかどうか探して來い」と、教師が命令として課題するよりは、子供がかうした學習をしてゐる間に、自然に、恰も泌み出たやうに、

「先生！ 緑色の花はありませんね？」といふやうな疑問の出るのを待つのが、私の子供の理科に對する指導の態度であります。

「何故、花瓣は美しいのでせう？」などといふ問題を、理科の第一課から教師の方より提供する場合は、餘りに當然すぎる問題になつて、却て子供の理科心を刺激しません。かういふ花の部分の役目などの問題は、子供に取つてもつと新事實である所の蜜腺などからはひる方がよいのです。

「この緑色の粒は何ですか」「なめて見なさい」「ア、甘い……何の爲めに甘いんだらうか」「人になめさせる爲め、いやおかし……？」私はこんな問題が自然に子供の間に出來て來る

のを待つて、雄蕊・花瓣・萼等の役目に及び、植物の如何なる部分にも意義の存在するものたることを知らしめようと思つてゐるのです。

尋四理科書第一櫻の課に「雄蕊の先の小さい袋から黄色の粉が出る。この粉が雌蕊の先に着くと、雌蕊の本のふくれた所は實になる」とありませう。これなどは理科學習の最初から花の各部の役目を知らしめようとしてゐるのです。又多くの觀察指導書には、同課に「花と虫」といふ項を設けて

「どんな虫が來てゐるか——何を求めに——花は虫にどうしてやるか。」といふやうな問題を出してあります。少し念の入つたものになると、

「櫻の花は色が美しいばかりでなく、香も大變によいので、色々の虫が尋ねて來ます。主に何んな虫が來るか知らべなさい。虫は何しにやつて來るのでせう。色と香だけにつられて來るのでせうか。虫は花にとまつて何をしますか。雄蕊の先についてゐる粉袋から出る黄色な粉を、體中にくつつけながら雄蕊をかきわけてゐるでせう。萼の筒形をした所に甘い汁がたまつてゐるから、それを吸はうとして花の中までもぐりこんで行くのです。」と書いてあります。これが尋常小學第四學年の觀察案内だといふのだから驚くの外はありません。これでは

子供自身の科学心は伸びない。伸びる隙間がない。観察案内によつて壓迫せられるのみです。而かも理科を始めた第一時間からです。もう少し理科心の伸びて行く所を眺めて、子供の後について行つて見る餘裕がなくては駄目です。

併し、子供の後について行くといふことは仲々出来ないことであります。やゝもすると、吾々は子供の先頭に立つて引ばりたくなくなります。餘り引ばり過ぎる爲めに、子供の科学心が伸びないご知りつゝも、不知不識の間に引ばり過ぎ勝ちです。けれどもさう急がないでもよいのです。實際にやつて見た成績に省みても決して急ぐ必要はありません。少くとも尋四の第一學期位は、子供のなす所に任せて置いてよいのです。たとへ子供の行く所に任せて置いても、子供は何時までも同じ場所に踏み止まつて居るものではありません。

八 題目・梗概法

今の世に、一問一答で引つ張つて行く式の観察指導をするものはないとしても、観察案内書によつて理科の學習を指導するものは少くありません。第一七三頁以下數頁に亘つて掲げた例はその最も念の入つたものです。それを少し簡單にしたものが例の題目梗概法といふものです。

題目梗概の一例

備考	人生關係	果實	花					葉	莖	根
			莖	雄蕊	雌蕊	冠花	序花			

例へば上掲の欄のやうに、挿畫を書くべき空欄と記載の中題目若くは小題目を示したのもあれば、進んでは次のやうに更に詳細にその観察點を指示したのもあります。

右の如く先づ大題目を示し、次に多數の小題目を與へてやれば、子供は先づ全體の輪廓を捉へ、漸次に各項目に進むことが出来るから、詳細なる部分観察が常に全體を離れないで、その組織排列に大なる精力の節約が出来ます。併しながら、この題目梗概法は、既に

内容を知悉する教師が、子供の學習に先じてその教材の綱目を示すものであるから、あまりに暗示的に傾いて、子供の獨立的思考を妨げてしまひます。故に、これは既に學習した雜駁なる知識を綜合するには適してゐるが、眞の自發的學習には却て有害です。これ等は寧ろ復習用に使ふか又は知識の量を増す場合に使用すべきもので、理科學習の最初からは使用させるもので

題目梗概の一例

油菜の花について次の點を詳しく観察しなさい。

花	雄蕊	雌蕊
花弁	蜜腺	その中に
そのならば方は	形は	形は
数は	色は	色は
長さ	そのならば方は	その中に
そのならば方は	数は	
数は	形は	
形は	色は	

させようご企ててゐるのです。片々たる知識そのものの如きは、今の場合子供に注入しようごは毛頭考へて居りません。

はありません。次の例なども餘程工夫されてゐる所があるが、やはり同一徹のもので、同じ弊に陥つてゐるものであります。

世には、幼年生の未だ研究方法を知らない場合、又は研究態度に慣れない場合には、この種の観察案内書を子供に使用させ、やゝその態度が出来てから順次獨立的に學習させるがよいと主張する向もあります。けれども、私にはそれは間違ひとしか思はれません。幼年生にこそ全く彼等の思ふまゝの獨自的研究をさせ、順次學習の方法を體得するに至つて、はじめてこれを與へるといふ順序を取らなければなりません。學習の方法だ、學習の過程だど幾ら叫んでも、方法の注入過程の注入では駄目です。この種のもは體驗・體得にその價値があるものです。私の案は、この學習の方法を相互學習の間に見出させようご企ててゐるのです。題目の梗概なども、この相互學習に於て發見

第三 あぶらな 月 日

目的 花・根・くき・葉について學習する。

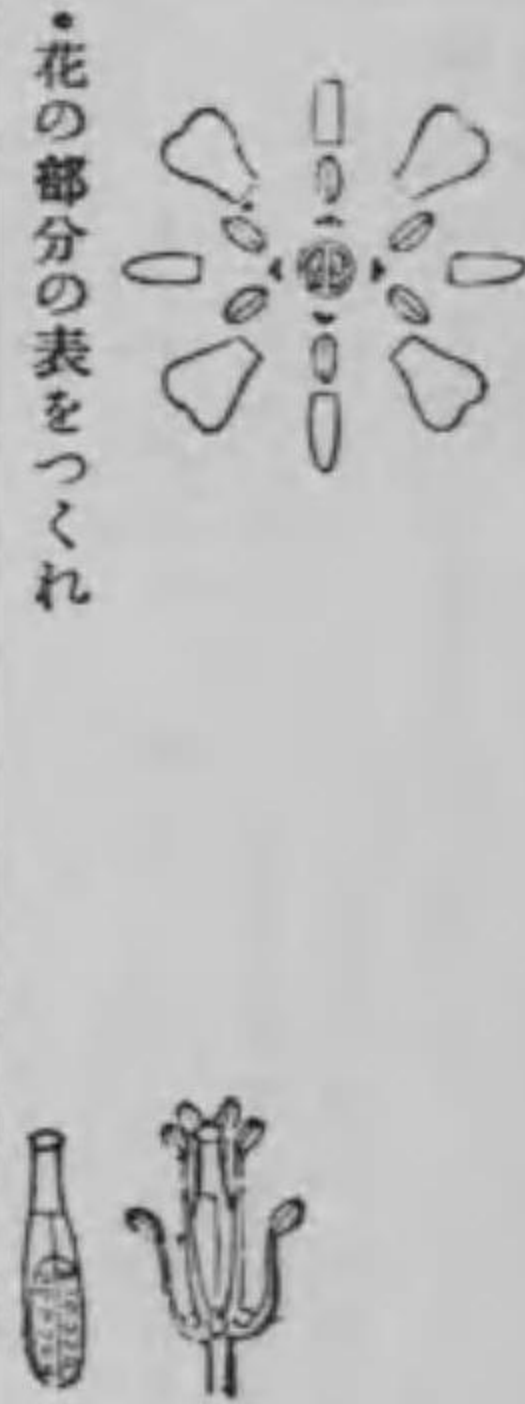
準備 花・葉・くき・根をつけた一株、虫めがね、ピンセット、はり、小刀、のり。

學習

○花
一つの花を、えのところからつみとつて——圖とくらべてしらべよ。



花のむきが動かぬやうに、指でしつかりつまんであて——ピンセットで外がはのがくから、ていれいにつみとつて圖のやうにのりではりつけよ。花の部分のならばびぐあひが、わかるか。



花の部分の表をつくれ

九 次第に學習の範圍を擴張する

九 次第に學習の範圍を擴張する

子供の思想の流れに棹さしつゝも、私は決して彼岸を忘れてゐるのではありません。指導の目標を立てずにある譯ではありません。たゞ如何にせば無理がなく、子供を彼岸に着け得るかに苦心してゐるばかりです。

今、油菜を取扱ふとすると、大抵は、油菜は根・莖・葉・花・果實及び種子の各部を一時に觀察することが出来るの故を以て、

- 1 根・莖・葉の形態及び作用
- 2 花の各部の形態及び作用
- 3 油菜の栽培及び人生との關係

○花と虫

・どんな虫がきてゐるか——何をもちめに——何をめあてに——そしたら、花びらは何の用をなすか——がくは——をしべは——めしべは——みつを出すのは——花の部分の中で、一番大切なのは何だと思ふか。

が く Ⅱ
はなびら Ⅱ
をしべ Ⅱ
めしべ Ⅱ
みつ Ⅱ

めくやの分部の花

月 月 月 月 月 月 月 月
日 日 日 日 日 日 日 日

・みがだん／＼太つてゆくもやうを、しやせいせよ。

(二) 式様一の書内案察観

4 植物の観察法并に術語の使用法

等、各方面に亘つて、油菜の一課で普通植物の概念を與へようとしてゐます。だから、この仕事を確實に徹底せしめるためには、割りあてられたる三時間が四時間に延びても、或は又もつと五時間に延びても、差支へないまで極論してゐるものさへあります。

私は聊か之と異なつた考を持つてゐます。植物研究の初期に於ては、一足飛びに普通植物の概念を確立する段までには進まないで、子供の興味をそゝるやうな花の部分の取扱ひを中心とし、根・莖・葉及び人生との關係の如きは、比較の後まはしにしても決して遅くはないと信じてゐます。そこで、私は大體次

○根

あぶらな (つゞき)

・あぶらなの根を、圖とくらべてしらべよ。



上の圖
をまね
てあが
け

・根は何の用をなすか。

○くき

・くきが、根とつゞく部分をよくしらべよ——まつすぎなくきは、何尺ぐらゐのびてゐるか——枝のつき方をしらべよ。

・くきは何の用をなすか。

(三) 式様一の書内案察観

のやうな段取りに、初期の植物學習を發展させようど、案を立てゝゐるのです。

- 1 櫻の花 花の構造(萼・花冠・雄蕊・雌蕊の各部分より成ること)及びその各部の作用。
- 2 菜の花 花の各部分の數及び位置の關係に一定の規定あること(花式圖の關係)。
- 3 藤の花 花の各部分が不整齊(蝶形花)なること。藤の花が得られない時は、えんどうなどの豆類の花を代用するも差支へない。
- 4 花と虫 蝶形花を出發點として一般に昆虫と受粉との關係の密接な

○葉

葉は、どんなところについてあるか——下の方の葉と、上の方の葉とは、どちらがふか——葉を一枚しやせいでしらすよ。

・葉は何の用をなすか。

○種類

・あぶらなによく似たものに、どんなのがあるか——どんなところが似てゐるか。

○疑問

(四) 式様一の書内案察観

ることを知らしめる。

5 そら豆

普通植物體の概念(根・莖・葉・花 果實・種子及び人生との關係)を作る。

6 野原の豆

蝶形花冠といふ著明なる特徴によつて、植物の類縁關係(分類)を知らしめ、更に植物の特徴は花の外、果實・葉・莖及び根にも存在することを了得させる。

7 つじ

合瓣花・離瓣花及び灌木・喬木、兼ねて前各項の總復習。

8 花菖蒲

單子葉植物の代表。被子顯花植物の二大別を知らしめる。

第四 もんしろてふ

月 日

目的 もんしろてふ、どんな形(形態)やならばし(習性)をもつてゐるかを學習する。

準備 もんしろてふ・卵・子虫・虫めがね・はり。

學習

○頭とむねと腹

・生きたてふと圖とをくらべよ——頭とむねと腹とを書き入れよ。



○はね

・何枚あるか——どこについてあるか——前ばれと後ばれとは、どちらがふか——とんでゐる時と、とまつてゐるには、はねをどうしてゐるか。

・はねをつまんでみよ——ゆびに何がつかか——こなを皆おとした後のはねを、しやせいでよ——こなを虫めがねで見よ——顯微鏡でみせてもらへ——どうしてゐるか——何のためにこながついてゐるだらう。

(一) 式様一の書内案察観

(以下省略)

いふまでもなく、右は各教材の聯絡關係のみを記したもので、各課の要旨及び主眼點の全部を悉したものではありません。

これまでの指導法の弊は、あまりに速に概念を形作ることに急でありました。油菜の第一課に於て、植物體の概念を作つてしまはうとし、植物學上の術語から人類の關係に至るまで、何から何まで授けて置いて、その規準に従つて後から出て來る植物を判斷させようとする。これが抑々の失敗の因をなしてゐるのです。

尋四理科第一課櫻などは、莖や葉には觸れずともよい。その花だけを扱へば充分です。

○あし
●何本か——どこについてゐるか——一本の足をしやせいせよ。

○めとひげと口

●頭を虫めがねで見よ——下の圖とくらへよ。

●なぜか——目の大きいのは——口のくだの形をしたのは——ひげの用は。



○習性

●學校庭のやさいから、卵と子虫とを見出せ——陸族器にかつてもらへ——そして太りゆく有様をしやせいせよ



○疑問

(二) 式様一の書内案察観

葉や莖のやうなものは後からも幾らでも出て來ます。

油菜の課の如きも、普通植物の概念を構成することなどを主眼としないで、たと前課櫻の花を受けて、

1 花の構造作用及び各部の名稱などを確實にすること。

2 花の各部分の数が一定せること。

3 花の各部分の位置が一定せること。

4 以上(2)(3)のことを圖示する方法を知らしめること。

等に重きを置けば充分であります。

元來、菜の花は、その形は小さいけれども萼片も花瓣も四つから成つてゐて、雄蕊も數

へるに迷ふほど多くはありません。殊に萼片及び花瓣が四の數より成る事などは、幼年生がこれを並べて見るにも、これを圖示するにも頗る便利であります。油菜の課をこの位にその内容を狭めても、その指導すべき要點は尙ほ次のやうに豊富に残つてゐます。

1 黄色の花瓣は四枚あつて、上から見れば十の字の形に見える。この類の花を十字花といふ。

2 萼は淡黄色で舟形をなし、ごくかよわく着いてゐる。これも四枚より成つてゐて、各片は花瓣と互ひ違ひに着いてゐる。

3 雄蕊はどの花にも六本あつて、長さは不揃であるが、長いのが四本、短いのが二本ときまつてゐる(四強雄蕊)。

4 雌蕊は徳利の形をして子房は割合に長い。その中に小さな粒(胚珠)が澤山に入つてゐる。

5 長い雄蕊の根本の間には緑色の球が一つづつ着いてゐる。此所から蜜が出るから嘗めて見れば甘い。これを蜜腺といふ。

6 瓣も萼も長い雄蕊も蜜腺も皆四の數から出來てゐることは奇妙である。

一〇 花より葉への發展

そら豆の葉を見ると、一つの小枝に三枚から八枚ほどの小さな卵形の葉がついてゐる。その卵形の小さい葉は多くは六枚である。

子供のそら豆の葉に就いて記載したものは大抵右のやうなものであります。子供は誰からか聞いたことのない限りに於て、それが複葉であることを知りません。そんな場合にはどんな指導をするか。これについても研究の必要があります。

「あなたはそら豆の研究に、そら豆の葉ばかり見てはゐませんか。他の葉も比べて見なければ本當にはわかりません。」

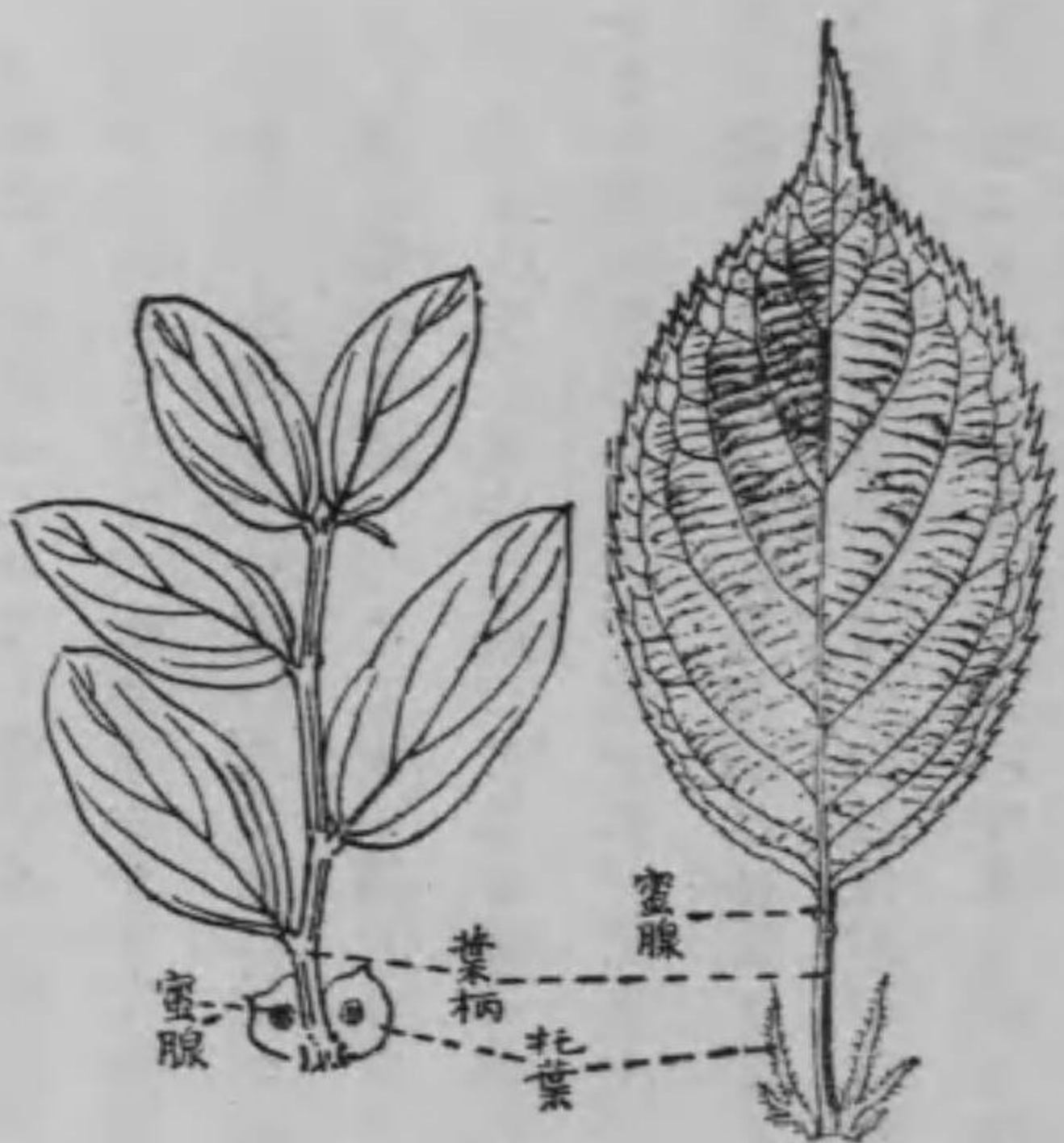
「え、桜や菜の葉も比べて見てゐるのです。」

「それでは桜の葉に就いて見た所を言つて下さい。」

「桜の葉をよく調べて見ると、その先の方は細長く尖つて、縁には鋸齒のやうな切れ込みがあります。真中に一本の太い脈が通つてゐて、その左右に十本以上の脈が斜に出てゐます。これ等の間には多くの細い脈が網の目のやうに互に連つてゐます。葉の柄の本のところには

細かく分れた所の小さい葉があります。」

複葉と單葉



右 「大分、精しく見てゐますね。誰も變つた意見はありませんか。」

さ 「そら豆の葉には、縁に鋸齒のやうな刻みがあります。その先が尖つてゐません。また細かい脈が網の目のやうにはなつてゐません。」

左 「君はよいところを比べてゐますね。……葉の柄の本のところにある細かく分れた葉——これは托葉といふものです——その托葉がそら豆にありますか。」

「それが小枝の根本にあるのです。但し、そら

豆のは細かく分れてはゐません。」

「そら豆の葉には托葉が小枝の根本に、桜の葉には葉の柄の根本に？」

「ア、わかつた！」