

DB  
1740  
2001  
119

視覚障害生徒に対する  
実験と観察を中心にした理科の指導に関する研究

A Study on Instruction of Experimental Science  
for  
Students with Visual Impairments

鳥山由子

寄贈  
鳥山由子氏

02006744

# 視覚障害生徒に対する実験と観察を中心にした理科の指導に関する研究

## 目 次

|                               |       |    |
|-------------------------------|-------|----|
| 序論                            | ----- | 1  |
| 第1章 本研究の背景                    | ----- | 2  |
| I 盲生徒の理科実験・観察の困難点             | ----- | 3  |
| 1. 実験に関する困難                   | ----- | 3  |
| 2. 動物・植物の観察に関する困難             | ----- | 6  |
| 3. 実験・観察の困難点のまとめ              | ----- | 10 |
| II 盲児童生徒の実験・観察の困難に対する教育現場での対応 | ----- | 12 |
| 1. 実験に関しての対応                  | ----- | 12 |
| 2. 動物・植物の観察に関しての対応            | ----- | 25 |
| 3. 教育現場での対応のまとめ               | ----- | 28 |
| 第2章 研究の目的と方法                  | ----- | 33 |
| I 研究の目的                       | ----- | 33 |
| 1. 実験に関する研究                   | ----- | 34 |
| 2. 観察に関する研究                   | ----- | 36 |
| II 研究の方法                      | ----- | 37 |
| 1. 対象とする一連の授業                 | ----- | 37 |
| 2. 授業記録の分析の方法                 | ----- | 39 |
| 本論                            | ----- | 40 |
| 第1章 化学実験の基本操作法の指導に関する研究       | ----- | 41 |
| I 問題の所在と研究の目的                 | ----- | 41 |
| 1. 盲生徒に対しての化学の基本操作の指導の必要性     | ----- | 41 |
| 2. 本研究の目的                     | ----- | 42 |
| II 分析対象とする指導実践例の枠組み           | ----- | 42 |
| 1. 指導対象とする生徒の実態               | ----- | 42 |
| 2. 指導の目的                      | ----- | 43 |
| 3. 指導の方法                      | ----- | 43 |
| 4. 指導期間および時間、指導場所             | ----- | 44 |
| 5. 指導する基本操作の項目                | ----- | 44 |
| III 指導の結果                     | ----- | 45 |
| 1. 盲生徒のための基本操作法と指導上の留意事項      | ----- | 45 |
| 2. 本指導実践によって開発された指導法の実際       | ----- | 48 |
| 3. 指導の効果                      | ----- | 57 |

|      |                           |    |
|------|---------------------------|----|
| IV   | その後の操作方法の改良と、年間指導計画への位置づけ | 58 |
| 1.   | その後改良された基本操作方法            | 58 |
| 2.   | 基本操作の指導の年間指導計画への位置づけ      | 61 |
| V    | 実験の困難点の軽減に関する評価           | 62 |
| 第2章  | 化学実験を始める前の指導に関する研究        | 63 |
| I    | 問題の所在と研究の目的               | 63 |
| 1.   | 事前指導の必要性                  | 63 |
| 2.   | 盲学校における実験の事前指導の特質         | 63 |
| II   | 分析対象とする授業の枠組み             | 64 |
| 1.   | 対象となる生徒の実態                | 64 |
| 2.   | 授業実施期日と実施する実験             | 64 |
| 3.   | 授業の目的                     | 64 |
| III  | 授業の実際1（二酸化炭素の発生実験の直前の指導）  | 65 |
| 1.   | 実験の概要と特色                  | 65 |
| 2.   | 実験の直前の指導の内容               | 66 |
| 3.   | 実験の手順                     | 70 |
| 4.   | 事前指導の時間および効果              | 70 |
| IV   | 授業の実際2（アンモニアの発生実験の直前の指導）  | 72 |
| 1.   | 実験の概要                     | 72 |
| 2.   | 実験の直前の指導の内容               | 72 |
| 3.   | 実験の手順                     | 75 |
| 4.   | 事前指導の時間および効果              | 76 |
| V    | 実験の直前における基本操作の指導の効果       | 79 |
| 1.   | 授業のまとめ                    | 79 |
| 2.   | 指導の効果                     | 80 |
| VI   | 実験の困難点の軽減に関する評価           | 80 |
| 第3章  | 生徒の感覚を活用した実験指導に関する研究      | 81 |
| I    | 研究の目的                     | 81 |
| II   | 分析の対象とする授業の枠組み            | 82 |
| II-1 | アルコールの水への溶解に関わる実験の指導      | 82 |
| 1.   | 生徒の実態                     | 82 |
| 2.   | 実施時期                      | 82 |
| 3.   | 授業の目的と生徒の発見               | 82 |
| II-2 | 水素の燃焼を確認する方法を考える授業        | 86 |
| 1.   | 生徒の実態                     | 86 |
| 2.   | 実施時期                      | 86 |
| 3.   | 授業の経過と生徒の発想               | 86 |

|     |                              |     |
|-----|------------------------------|-----|
| III | 授業例の分析と実験の困難点への対応としての評価      | 89  |
| 第4章 | 盲生徒向け実験方法の開発に関する研究           | 91  |
| —   | 中和滴定実験法の改良の過程を対象にして          | —   |
| I   | 問題の所在と研究の目的                  | 91  |
| 1.  | 問題の所在                        | 91  |
| 2.  | 本研究の目的                       | 91  |
| II  | 分析の対象とする教材開発事例               | 91  |
| 1.  | 教材が使用される授業                   | 91  |
| 2.  | 教材開発に当たっての考え方                | 91  |
| 3.  | 教材開発の過程                      | 92  |
| III | 開発された実験方法の分析と評価              | 101 |
| 1.  | 実験法の評価                       | 101 |
| 2.  | 実験の困難点の軽減に関する評価              | 102 |
| 第5章 | 実験と講義の連携を重視した授業の構成に関する研究     | 103 |
| —   | モルを理解し使いこなすための実験と対話で進める一連の授業 | —   |
| I   | 問題の所在と研究の目的                  | 103 |
| II  | 分析の対象とする授業の枠組み               | 104 |
| 1.  | 生徒の実態                        | 104 |
| 2.  | 授業の目標と指導方針                   | 104 |
| 3.  | 授業形態                         | 104 |
| 4.  | 授業の実施時期                      | 105 |
| 5.  | 指導計画の概要                      | 105 |
| 6.  | 一連の授業の構成                     | 106 |
| III | 各時の指導内容                      | 108 |
| IV  | 一連の授業のまとめと考察                 | 125 |
| 1.  | 一連の授業の流れ                     | 125 |
| 2.  | 生徒の主体性                       | 125 |
| 3.  | 実験操作                         | 126 |
| 4.  | 計算の負担を小さくする工夫                | 127 |
| 5.  | 生徒と教師の対話で進める授業               | 129 |
| V   | 授業の分析と評価                     | 130 |
| 第6章 | 実験指導の成果に関する研究                | 131 |
| —   | 化学卒業実験にみる盲生徒の実験遂行能力          | —   |
| I   | 研究の目的                        | 131 |



|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| II    | 化学卒業実験の枠組み           | 131 |
| 1.    | 化学卒業実験の目的と概要         | 131 |
| 2.    | 生徒が選んだ実験題目           | 132 |
| III   | 化学卒業実験の具体的展開         | 134 |
| 例 1   | 気体の発生実験              | 134 |
| 例 2   | 金属イオンの反応についての実験      | 138 |
| 例 3   | 有機化合物の合成実験           | 143 |
| IV    | 化学卒業実験にみる盲生徒の実験遂行能力  | 147 |
| 資料    | 化学卒業実験題目一覧表          | 148 |
|       |                      |     |
| 第 7 章 | 触覚による観察力の育成に関する研究    | 160 |
|       | 一 木の葉の観察を題材にして一      |     |
| I     | 研究の目的                | 160 |
| II    | 分析の対象とする授業の枠組み       | 160 |
| 1.    | 生徒の実態                | 160 |
| 2.    | 授業の目的                | 160 |
| 3.    | 実施時期                 | 160 |
| III   | 観察指導に当たっての考え方        | 160 |
| IV    | 観察力を育てる授業の実際         | 162 |
| 1.    | 校庭の樹木の葉の教材化          | 162 |
| 2.    | 観察の授業の進め方            | 162 |
| 3.    | 系統的な観察にするための教師の役割    | 163 |
| 4.    | 観察した植物の命名            | 164 |
| 5.    | 検索への発展               | 165 |
| 6.    | 検索表の試作と改良            | 165 |
| V     | 授業の分析と評価             | 169 |
| 1.    | 観察力の進歩               | 169 |
| 2.    | 観察力育成に関してのこころみと授業の評価 | 171 |
|       |                      |     |
| 第 8 章 | 動物の観察指導に関する研究        | 172 |
| I     | 問題の所在と研究の目的          | 172 |
| II    | 対象とする授業の枠組み          | 173 |
| II-1  | 骨格標本の観察              | 173 |
| 1.    | 生徒の実態                | 173 |
| 2.    | 授業の目的                | 173 |
| 3.    | 実施時期                 | 173 |
| II-2  | 剥製の観察                | 173 |
| 1.    | 生徒の実態                | 173 |
| 2.    | 授業の目的                | 173 |
| 3.    | 実施時期                 | 173 |

|     |                              |     |
|-----|------------------------------|-----|
| III | 骨格標本の観察の位置づけと授業の概要           | 174 |
| 1.  | 観察材料としての骨格標本の特徴と、予想される効果と問題点 | 174 |
| 2.  | 骨格標本の観察のカリキュラム上の位置づけ         | 175 |
| 3.  | 骨格標本の観察の概要                   | 176 |
| IV  | 骨格標本の観察の実際                   | 177 |
| 1.  | 導入段階からの観察力の育成                | 177 |
| 2.  | 動物園での骨格標本の観察                 | 184 |
| 3.  | 観察材料としての骨格標本の良さと限界           | 189 |
| V   | 剥製の観察                        | 191 |
| 1.  | 観察材料としての剥製の特徴と、予想される効果と問題点   | 191 |
| 2.  | 自然観察の一環としての、野生のけもの剥製の観察      | 192 |
| 3.  | 観察材料としての剥製の良さと限界             | 193 |
| VI  | 動物の観察の困難さと対応の方向性             | 195 |
| 1.  | 動物の観察教材の種類と特徴                | 195 |
| 2.  | 動物の観察指導の進め方                  | 196 |
|     | 資料                           | 198 |
| 第9章 | 大きな対象を理解させるための指導に関する研究       | 200 |
|     | — 林の全体像の構築と、山の景観把握の試み —      |     |
| I   | 問題の所在と研究の目的                  | 200 |
| II  | 分析の対象とする校外授業の枠組み             | 201 |
| 1.  | 生徒の実態                        | 201 |
| 2.  | 観察内容と観察場所                    | 201 |
| 3.  | 実施時期                         | 201 |
| III | 盲生徒の自然観察の段階                  | 201 |
| IV  | 自然観察の第二段階の指導                 | 203 |
|     | — 林の中を歩き回って観察し、全体像を構築する —    |     |
| 1.  | 自然観察指導に当たっての考え方              | 203 |
| 2.  | 林の観察の実践例                     | 203 |
| 3.  | 自然観察会の成果                     | 206 |
| V   | 自然観察の第三段階の指導                 | 207 |
|     | — 山を景観としてとらえる —              |     |
| 1.  | 盲生徒の景観把握についての考え方             | 207 |
| 2.  | 盲生徒の景観把握の実践例                 | 207 |
| 3.  | 自然観察会の成果                     | 209 |
| VI  | 授業の評価と、盲生徒の景観把握の可能性          | 210 |
|     | 資料                           | 211 |

|                                  |       |     |
|----------------------------------|-------|-----|
| 結論                               | ----- | 214 |
| I 研究のまとめ                         | ----- | 215 |
| II 盲学校における実験・観察の専門性の枠組み          | ----- | 221 |
| 1. 感覚の活用と、生徒の実験操作能力の育成           | ----- | 221 |
| 2. 学習内容の本質を押さえた教材の選択と、観察力の育成     | ----- | 223 |
| 3. 一般の実験器具の活用と改良、盲人用実験器具の開発のありかた | ----- | 224 |
| 4. 主体的な実験態度を育てる指導                | ----- | 225 |
| 5. 観察が困難な教材の取り扱い                 | ----- | 226 |
| III 今後の課題                        | ----- | 228 |
| 1. 教師の専門性の継承                     | ----- | 228 |
| 2. 通常の学校での盲児童生徒の指導               | ----- | 228 |
| 3. 触覚による認知に関する基礎研究の必要性           | ----- | 229 |
| 文献                               | ----- | 231 |
| 謝辞                               |       |     |

# 序 論

## 第1章 本研究の背景

自然科学は自然そのものに問いかけていく学問であるから、その入門としての理科の授業も、児童生徒が自然と向き合う活動、すなわち実験や観察を大切にしていって進められるべきものである。視覚に障害のある子どもの学校教育の場である盲学校においても、教科教育は、小・中・高等学校の教科教育に準ずるものとして位置づけられており、盲学校の理科の指導内容は、基本的には一般の学校の理科の指導内容と同じである。したがって、盲学校においても、一般の学校と同様に、理科の授業は実験・観察によって実証的に進められるべきものである。さらに、盲児童生徒の日常的な自然体験が、一般の児童生徒にくらべて少なくなりがちであることを考えれば、実験・観察に基づいて実証的に自然を学ぶことの重要さは、より大きくはなっても、決して小さくはないのである。

しかし、一般の理科の観察や実験は主として視覚に依存して進められているため、それをそのまま盲児童生徒に行わせることは困難である。そのため、戦前の盲学校においては、物理や化学の実験は不可能なため口頭での説明にとどまるという、いわゆる「お話し理科」がやむを得ないものと考えられていた。

昭和22年の学校教育法の施行によって、盲学校の教科教育は一般の学校に準ずるといって教育課程編成の基本方針が立てられ、これに伴って、戦前の「お話し理科」を改めようとする試みが始まった。しかし、そこで教師は、盲児童生徒の実験・観察の困難さを改めて認識せざるを得なかった。

本章では、視覚障害児童生徒の理科実験と観察の困難さとは何か、また、戦後の理科教育の中で、盲学校教師をはじめ関係者がこの困難さをどのように認識し、教育現場ではどのような対応がされてきたのかを、1950年代から1990年代まで、年代を追って整理し、その結果、どのような実験・観察が可能になり、どのような問題が残されているのかを、実験に関するものと観察に関するものに分けて検討する。

なお、本研究では、他の障害を併せ持たない視覚障害生徒のうち、主として、視覚による観察・実験が不可能な盲生徒を対象にした指導法について、検討を行う。その理由は、弱視生徒の指導に当たっての配慮は、一般の学校で行われている実験・観察方法を、より見やすくするための工夫が中心になるのに対して、盲

生徒に対する指導に当たっては、視覚に依存することができないため、一般の学校で行われているものとは異なる方法を確立しなければならず、研究の必要性がより大きいからである。しかし、弱視生徒の場合も視覚以外の感覚を活用することは大切なので、本研究での検討は弱視生徒の指導にも役立つことが期待できる。

以下、Ⅰでは、視覚障害生徒の理科実験・観察の困難点について、関係者の認識を年代の古いものから順に記した後、それらの困難点を、実験に関するものと、観察に関するものとに分けて、それぞれ、要素ごとに整理する。また、Ⅱでは、Ⅰの困難点に対する教育現場での対応を、年代を追って整理し、実験・観察の困難さはどこまで軽減、あるいは解消され、残された課題は何であるのかについてまとめる。

## Ⅰ 盲生徒の理科実験・観察の困難点

ここでは、1950年代から1990年代までに、視覚障害教育関係者が、盲学校の実験・観察の困難をどのように認識していたのかを、文献に記されているものを中心に、実験と観察に分けて、年代順に記した後、それらを要素ごとに整理する。

### 1. 実験に関する困難

1950年代の初めから盲学校の生徒に実験・観察を試みた富山県立盲学校の林良重は、盲生徒にも視覚以外の感覚に訴えることで化学実験が可能であるという考え方と実験の事例を、日本化学会の教育部門の雑誌である『化学教育シンポジウム』（同学会の『化学教育』の前身誌）に発表している（林 1953）。

その中で、盲学校の生徒が障害のために必然的に受ける化学実験上の不可避免的な困難として、視覚による行動、操作、理解、判断、測定、観察等は、すべてほとんど困難であるとし、具体的には、試験管に液体を注ぎ入れたり、試験管の内容物を加熱する等の、きわめて簡単な操作さえも円滑にできない、実験机上の器物を転倒したりするなど危険の発生度が大きい、計測機器を用いての測定が困難、色や光を呈する物質や現象は感知できない、微細な形も感知できないなどを挙げ、これらの困難は、「数え上げればきりが無い。従来の盲学校で、実験が殆ど行われなかった理由の大半は、ここにあることを、今更ながら痛感した。」（林 1953）と述べている。

また、1956 年度に開かれた、文部省主催特殊教育指導者養成講座（全国 3 か所）において、全国の盲学校から出された「理科の教材で盲生徒の学習上困難なもの」を、武田耕一郎、佐藤美奈子がまとめている（大島 1962）。

この中で、化学実験に関するものとしては、化学実験の技能、薬品の種類の判別、細かいガラス器具の取り扱い、反応色のはあく、電気分解、メッキの原理、焰の構造、定性の反応、薬品の選択配合、実験に補助者を必要とする、写真の化学現象、化学変化の過程現象、染色漂白、少量の計量、検温、PH測定、容量・重量分析、比色計、焰色反応、沈殿反応、劇薬物の取り扱い、有毒ガスの発生する実験、爆発物・引火物、物質の状態（雪の結晶、色、気泡、煙、金属の種類）、自然の状態（気温・湿度の測定、雲、大気圧、波、海、湖沼、鉱物の判別、岩石の種類）などが挙げられている。

文部省の認識としては、1957 年に公表された「盲学校小学部・中学部学習指導要領一般編」の理科に関する部分に、「盲児童は、空間概念、光に関する現象の理解が特に困難である」という記述が見られる。

国際的には、後に"Experimental Science for theBlind" (1961)を著して、各国の盲教育関係者に影響を与えたウェクスラー (Wexler,A) は、オーストラリアの盲学校の生徒が実験による理科の授業を受けていないという状況について、その原因は、視覚によらない実験方法と実験器具が存在しないためであると記している (Wexler,A 1958)。

1960 年代に入ると、困難点を指摘するだけでなく、教育的対応の必要性や留意事項を述べる前提として、困難さが指摘されているものが増えている。たとえば、1964 年 3 月に公示された「盲学校学習指導要領小学部編」の解説書（文部省 1964）中の理科の配慮事項には、盲児童の実験に関する困難について、盲児童は経験領域が浅く狭いので知識のみにかたよる危険性があること、盲児童はその特性から、観察・実験などの実証的方法は、一般の児童と同じ方法では困難がともなうことが、そのための配慮の必要性として記されている。

1967 年、文部省は、我が国で初めての教師用指導書である『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）を刊行した。この指導書の特色は、当時、開発されたばかりの盲人用実験器具のしくみと使い方に多くのページが費や

されていることである。このことは、この指導書の執筆者たちが、盲人用の実験器具がなかったことこそが、盲児童生徒の実験の困難を生み出していた最大の原因であると認識していたことを示している。

また、本指導書には、盲児童生徒の特性をふまえた指導上の留意事項が示されているが、その根拠として、盲児童生徒の実験・観察の困難さが記されている。それによると、盲人用実験器具は普通の器具より複雑になりがちで、それらの器具の説明や操作に時間をとられるため、盲児童生徒がともすれば目的を忘れてしまうおそれがあることや、物体を観察する場合、視力のある者は、まず全体的に把握し、さらにその細部を調べていく場合が多いが、触覚を用いた観察では、初めに各部分に触れ、それらを総合して全体を把握するので、大きな物体の観察などは困難であること、盲児童生徒の観察には、一般に多くの時間を必要とすること、盲児童生徒に怖い思いをさせると過度の緊張感や危機感を持って学習に興味を持たなくなることが多いことなどが指摘されている。これらの指摘は具体的で、実際に実験・観察を指導した体験に基づくものであると考えられる。

1970年代に入り、愛知県立岡崎盲学校の鳥山は、『盲学校理科 実験と観察』には盲生徒に可能な実験方法が示されているものの、「それを実際に行うためには、設備の点でも、教師の側にも、生徒の側にも、ある程度の準備が必要である」（鳥山 1970）とし、そのような指導を受けてこなかった盲生徒は実験に手を出そうとしない状況であると述べている。さらに、鳥山は、東海地区の盲学校の研究誌で、「各盲学校で、どれだけ全盲生自身に実験をやらせているかという、かなり問題がありそうである」（鳥山 1975）と、他校の現状にも触れ、その原因の一つとして、盲生徒に対する実験の基礎的な技術の系統的な指導が不足していることを指摘している。

また、秋田県立盲学校の佐藤（1972）は、地方の盲学校では、『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』に示されたような実験はやりたくてもできないと述べ、その理由として、生徒の不均質が大きく、理科学習のレディネスに大きな差があること、実験・観察器具を生徒自身が組み立てることができないこと、ひいては、盲生徒一人では、どうにもできないことが多いという実態を訴えている。この佐藤の訴えは、鳥山（1970）の指摘と同じく、実験を行う前提となる基礎的



な操作技術を持たない盲生徒の実態から生じたものと考えられる。

1980年代以降について見ると、盲学校で実験を実施することは当然のことという考え方に立って、盲児童生徒の実験指導の際の配慮の必要性として、困難さが指摘されている。

たとえば、1986年に文部省によって編集された教師用指導書である『観察と実験の指導』には、盲児童・生徒が陥りやすい実験上の困難について、視覚以外の感覚で得られる情報は部分的・継時的であるため、主体的に観察しようという態度がなければ、何をやっているか分からなくなってしまうこと、視覚に障害のない児童生徒の場合には、実験装置を一目で見わたすことができるが、盲児童生徒の場合には、全体がどうなっていて、自分が触っているこの部分はどの部分なのか、あるいは、実験全体の流れの中で今、何をやっているのかを常に意識させなければ、全体像の把握ができにくいこと、盲児童生徒の場合には、実験の様子を横で聞いているだけでは、ごくわずかな情報しか得られないことなどが記されている。また、化学実験の際の色の変化を感光器でとらえる場合についても、感光器は光の明暗を音の高低に変えて示すだけであるという感光器の限界を示し、感光器を使うことによって、視覚的な変化が起こったことを知ることはできるが、視覚的な変化の様子が見えるわけではないので、注意が必要であると述べている。

このように、1980年代以降は、児童生徒の主体性を尊重し、主体的な行動を促進するという観点が前面に出てきており、盲生徒の実験・観察の困難点は、そのための特別な配慮の必要性の根拠として示されていることがわかる。

## 2. 動物、植物の観察に関する困難さ

1949年にまとめられた「盲学校教育課程・小学部編（案）」には、動植物の観察に関して、花の観察では最初、花の持ち方も知らず、どこが葉か花か区別がつかない児童、観察しようとしないうちもいることや、魚は多くは味覚を通して名前を知っているに過ぎない子どもが多いことなどが指摘されており、観察の場面での問題が認識され始めていることがわかる。

また、1956年度の文部省主催特殊教育指導者養成講座で「理科の教材で盲生

徒の学習上困難なもの」がまとめられた（大島 1962）中には、動植物の生態の観察に関して、

「形状のくずれやすいもの、色、運動状態（とぶ、走る等）、きたないもの、内部の観察、顕微鏡による観察、害虫や毒を有するもの、微細なもの、生体のままの観察、採集・分類、発生過程、猛獣・巨獣など手にはいりにくいもの」が困難なものとして挙げられている。

1960年代に入り、盲児童生徒の観察の困難さは、より広い視点でまとめられるようになった。たとえば、1964年3月に公示された「盲学校学習指導要領小学部編」の解説書（文部省 1964）には、自然観察に関する配慮事項がある。その内容には、「盲児童は入学以前はほとんど家に閉じこもりがちで、自然観察の経験領域が浅く狭いため、知識のみにかたよる危険性がある」こと、また、自然観察に当たっては、「動機付けに特に工夫が必要である」ことなど、盲児童のそれまでの経験の少なさに配慮する必要性が述べられている。

また、必要な模型のうち、市販の模型の中には、手を加えなければ触覚での理解が難しいものがあることや、盲児童には採集は困難であること、飼育栽培においても困難なものがあることなどが記されている。

さらに、文部省編『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（1967）では、盲児の自然に対する直接体験は一般の児童にくらべて著しく少ないこと、特に、生きている動物に触わって確かめることができない場合が多いことや、剥製標本や模型は、実物に触った場合の感じとは非常に違う場合が多いので、その点を補足する必要があることなどが指摘されている。

1970年代には、盲児童生徒の動物・植物の観察に関して、意欲的な試みが始まり、盲児童生徒の観察の困難さについて、より具体的に述べられるようになってきた。

たとえば、1971年から、東京都恩賜上野動物園で行われた視覚障害児を対象にしたサマースクールに伴って、視覚障害者の動物認知研究会が継続的に開催され、盲児に生きている動物を観察させる場合の問題点が、次のように、具体的に明らかになっている（遠藤 1977, 伊藤・平井 1977）。

- ① 動き回る動物を捕まえて観察することができない。
- ② 動物の一部だけを触って、その印象から、動物の誤認をすることがある。
- ③ ネコやウサギなどの柔らかい動物は、抱いただけでは、動物の形や姿勢は分かりにくい。
- ④ 動物とのふれあいの喜びに満ちあふれた盲児が、数分の後に同じ動物に触れて、動物の名前はおろか部位も分からないことがある。ふれあいだけでは、観察がまったくできていないことがある。
- ⑤ 動物に触れることを怖がる子どもがいる。

また、学校教育の立場からは、東京教育大学附属盲学校（現筑波大学附属盲学校）で生物を担当していた青柳（1977）が、盲学校の生徒に対する授業経験に基づき、盲生徒の観察体験は身近な生き物（植物では農作物と園芸植物、動物では家畜かペットの数種類）に限られていること、また、盲学校中学部入学時の盲生徒の観察力には次のような傾向が見られることを示している。

植物の観察に関して

- ① 葉の堅さ、葉の手触りの2点に関して観察できるだけの生徒が多く、ある種を特定できるだけの観察ができない。
- ② 触覚以外の感覚を使うことが少ない。
- ③ 観察したことの表現力が不足している。
- ④ メモをしながらの観察はほとんどできない。
- ⑤ 観察より先に名前を知りたがり、名前を聞けば知ったつもりになる。

動物（剥製標本）の観察に関して

- ① 全体を観察できない。極端な場合、特定の部位をさわり続ける生徒がいる。
- ② 両手を使った観察ができない。両手を使った観察にもレベルの違いがあり、両手を使って、二次元、三次元的な観察をすることが難しい。
- ③ 自分の体を動かして、観察の向きを変えてみるものがほとんどない。
- ④ 手の動きが決まっていて、下から上になで上げる観察ができない。
- ⑤ 全体像がつかめないため、十分な観察ができない。極端な場合には部位の誤認をする。

さらに青柳（1981）は、実物体験の代替としての必要な模型について、市販さ

れている模型の種類が限られているだけでなく、市販されている場合でも、その多くは見えることを前提に作られており、触覚だけで分かるようには作られていないこと、さらに、価格も高価で生徒の人数だけ揃えられないと述べている。また、剥製標本についても、触覚で感じる感触が実物とは異なる点があり、盲生徒が誤解することがあることを指摘している。

1980年代以降には、それまでの教育的対応の経験を踏まえ、より具体的に困難点が述べられている。たとえば、1986年に文部省によって編集された『観察と実験の指導』には、観察能力の育成に関して、次のような盲児童生徒の困難が示されている。

- ① 一般的に、盲児童生徒は、自然の事物との接触経験が不足している。魚を例にとると、言葉だけで知っているマグロの大きさが、イワシやサンマとの関係で把握されていなかったり、フナやキンギョを観察したことはあっても、泳ぎ方を知らなかったりすることがある。また、いつも魚の切り身を食べていた盲児童が、魚に背骨があることを知らなかったという極端な例もみられる。
- ② 視覚による観察に比べて、視覚以外の感覚による観察は、ともすれば具体性に乏しくなりがちである。また、無意識のうちに反復してみるためのために、記憶が薄れやすい傾向もある。
- ③ 盲児童生徒の観察では、観察対象の全体像を把握することが特に難しい。また、自然界の階層性を「原子・分子の極微の世界」「光学顕微鏡の世界」「個体および器官」「生物集団」「宇宙のような極大の世界」に分け、盲児童生徒の保有する感覚での観察との関係性について、次のように整理している。
  - ① 「極微なもの」と「極大なもの」は、視覚の障害にかかわらず抽象的・理論的な世界であるから、盲学校の児童生徒にとって特別に把握しがたい対象とは言えない。
  - ② 「個体および器官」は、盲学校の生物教材として最も適した教材である。
  - ③ 「光学顕微鏡の世界」と「生物の集団」は、主として視覚で捉える世界であって、手で触れる対象ではない。これらは、盲学校の児童生徒にとって、把握することのもっとも難しい対象である。

このように、盲生徒の観察の困難さが、観察体験の不足だけに起因するのではなく、自然界の階層性と触覚による観察の限界という観点で整理されている。

以上のように年代を追って、盲児童生徒にとっての実験・観察の困難さを記したが、これらの困難さを整理して、次のように再構築することができると思う。

## 1 実験に関して

### A 実験方法に起因する困難

一般の実験方法は視覚によって操作するものがほとんどであり、これを盲生徒に行わせることは困難である。

### B 実験器具に起因する困難

一般の実験器具、特に、測定器具は、視覚を手掛かりにするものが多く、盲生徒には使うことができないものがほとんどである。

### C 盲生徒自身の実験操作技術の不足に起因する困難

実験を行うためには、試験管に試薬を入れたり、加熱するといった基本的な操作技術が必要である。しかし、盲生徒は、きわめて簡単な操作さえ円滑にできないという現実がある。このように、盲児童生徒が、きわめて基本的な実験操作ができない原因の一つは、日常生活の中での体験が限られていることにあり、特に、先天盲、あるいは幼少の頃に視覚を失った盲児童の場合にこの傾向が著しい。また、ごく基本的な実験操作は、一般の児童生徒の場合、特に指導されなくてもできるようになることから、盲学校においても意識的・系統的な指導の必要性が認識されていなかったことも原因の一つと考えられる。

### D 全体像の把握の困難と、そこから派生する問題

盲生徒は実験装置の全体を一目で見て理解することはできない。全体像を把握するためには、各部分を順に触って、継時的に得た情報を頭の中で総合してイメージを形成しなければならない。この段階には時間がかかるが、この段階を省略すると、実験に手を出すこともできないし、結果の理解も断片的になりがちであ

る。

また、視覚以外の感覚で得られる情報は部分的・継時的であるため、主体的に観察しようという態度がなければ、何をやっているか分からなくなってしまう。自分が行っている実験操作であっても、その操作によってどの部分がどう変化したのかを全体像の中に位置づけて理解することは難しい。

## 2 動物・植物の観察に関して

### a 顕微鏡やルーペによる、ミクロなものの観察ができないことに起因する困難

自然界には、肉眼では見えないが光学顕微鏡を使うと見ることができるものがある。植物や動物の細胞のほとんどはこの大きさであり、触覚による観察は不可能である。

### b 盲児童生徒自身の観察力の不足に起因する困難

生物の個体や器官、たとえば、草や木、葉や花や果実などは、身近にあり、しかも触覚によって観察できる大きさのものが多い。しかし、盲児童の中には、植物を手を取っても、どこが葉か花か区別がつかない児童もいる。

また、盲学校の中学部入学時の盲生徒は、木の葉の観察においては、葉の堅さ、葉の手触りの2点に関して観察できるだけの生徒が多く、観察したことを表現したり記録したりする力も不足している。また、動物（剥製）の観察においては、両手を使った観察ができない、全体を観察できないなど、観察力が不足している。

### c 生きている動物の観察の困難

一般の人の生活の中で、野生動物に触る機会はほとんどない。したがって、触って観察することができる動物種は、家畜かペットの数種類に限られる。また、動物のほうから近づいてくる場合以外は、動き回る動物を視覚障害児童・生徒が捕まえることは難しい。

また、動物を抱いて、体温、心臓の鼓動、呼吸、内臓の動き、逃げようともがく様子など、観察できることもあるが、イヌが走る様子やネコが獲物をねらって

跳びかかる様子など、速くて大きい動きを観察することは困難である。また、ネコやウサギのように体がやわらかい動物を抱いても、体の形や姿勢はわかりにくい。さらに、動き回る動物の体をまんべんなく触って観察することは困難である。

#### d 大きなものの全体像の把握の困難

一目瞭然という言葉どおり、視覚による観察では、広い範囲を見わたして瞬時に全体のイメージを形成する事が出来るのに対して、触覚による観察では、継時的に情報を得て、それらを総合してイメージを形成する。したがって、林や森、さらには山や平原、そこに散在する動物の群などを観察体験に基づいて理解することは、盲生徒にとっては非常に困難である。

実物観察ができないものについては模型による観察をすることになるが、青柳(1981)が指摘しているように、市販されている模型は種類が限られており、また、市販されている模型の多くは見えることを前提に作られているため、そのままでは、盲学校で使うには問題がある。また、模型を使って観察した場合に、大きさや質感などのイメージに誤解が生じやすいという問題もある。

## II 盲児童生徒の実験・観察の困難に対する教育現場での対応

I では、年代を追って、盲児童生徒の実験・観察の困難点が次第に具体的に認識されてきた経過を辿ったが、その困難点に対し、それぞれの時代に、教育的対応が試みられている。どのような取り組みがなされ、どこまでが解決されたのかをまとめておきたい。

### 1. 実験に関して

#### 1) 1950年代の対応

1950年代の対応を、教育課程の特徴、盲学校の一般的状況と意欲的な教師の先進的な試み、文部省での研究活動に分けて検討する。

##### (1-1) 教育課程の特徴

1947年(昭和22年)から施行された学校教育法によって、盲学校の教育課程は一般の小・中・高等学校の教育課程に準ずるという基本方針が定められた。こ

れを受けて、文部省では、1949年（昭和24年）に「盲学校教育課程研究協議会」を設置して、盲学校における教育課程の編成に関する研究を開始し、「盲学校教育課程・小学部編（案）」を作成したが、検討を要する問題もあることなどから、文部省で正式に発表する形をとらず、便宜上青鳥会から発行された。この中には、理科の指導上の注意に触れており、実証的な理科教育を目指そうとする姿勢がうかがわれる。

さらに、文部省は、1955（昭和30）年に、教材等調査研究会盲学校小委員会において、小学部・中学部学習指導要領の作成に取り組み、1957（昭和32）年3月15日、「盲学校小学部・中学部学習指導要領一般編」を文部省事務次官通達をもって公表し、昭和32年度から実施した。各教科の目標は、小学校または中学校の各教科の目標に準ずることとし、その目標を達成するために、理科の留意点としては、次のように示している。

- ・ 観察実験などの学習活動をなるべく多く用意し、その際には視覚以外の感覚の働きによって具体的な知識・理解の習得と科学的な見かたを養うよう特別のくふうと配慮とを要する。
- ・ 盲児童は、空間概念、光に関する現象の理解が特に困難である。これらに関する教材の選択、配列やその扱いには特別の配慮とくふうを要する。
- ・ 機械・器具・電気・薬品などの取り扱いについては特別なくふうによって危険防止の能力と習慣を養うことに特に意を用いる。

ここには、観察や実験を大切にするという盲学校理科教育の基本姿勢が打ち出されている。また、その際には、視覚以外の感覚を活用するという認識が示されている。しかし、3項目すべてに挙げられている、特別なくふうと配慮が具体化されているわけではない。

#### (1-2) 盲学校教師の意識状況

この当時の全国の盲学校の理科の教師の意識は、1956年に全国の盲学校から出された「理科の教材で盲生徒の学習上困難なもの」（大島1962）に見ることができる。これは、文部省が全国3カ所で開催した特殊教育指導者養成講座の際、全国から出された資料を、文部省の大島文義らがまとめたものである。

その中には、現在でも盲生徒が観察することが困難なものもある。また、その



後の盲人用実験器具の発達によって、現在では可能になったが、当時は不可能であったものもある。しかし、当時の環境でも、工夫次第で盲学校でもできる内容のものまでが挙げられているのも事実である。大島（1962）も、後に、この「指導上困難なもの」の一覧について、「普通の小・中・高等学校で行なわれている理科教材のおもなものについて、それをそのまま盲学校でとりあげても、観察実験を中心とする指導を行なうのに困難なものとは解せられる。」（大島 1962）と述べている。しかし、論文の後半では、盲学校で実験を可能にする方策を、いくつかの類型に分けて示し、具体的な実験名を挙げている。このことから、大島自身は、「指導上困難なもの」のすべてが本当に困難であるとは考えていなかったことが推測できる。

このように、「指導上困難なもの」の一覧からは、当時の盲学校の教師の多くが、一般の学校で行う実験方法をそのまま想定して盲学校では不可能であると考え、具体的な実践に踏み出していなかった状況が見えてくるのである。

### （1-3）盲学校における先進的な試み

1950年代であっても、盲学校で実験に取り組んだ先進的な実践が存在している。その中の4例を以下に紹介する。

#### 実践例 1

1953年に近畿地区の盲学校の関係者によって化学の教科書が作られている。その中のナトリウムの実験では、「ビーカに水を入れ、その中にナトリウムの小粒を入れて音を聞け。反応が終われば、その中に指を入れてすりあわせてみよ。」

（盲学校理科教育研究会 1953）という記述がある。これは一般の学校での観察方法とは異なり、盲生徒が、聴覚と触覚で反応を知ることができるという考え方に立った記述である。

#### 実践例 2

富山県立盲学校の林は、1953年に日本化学会の教育部門の機関誌に、「盲学校における生徒実験について」と題した論文を投稿している。そこに記述されている実験例の一つに、硫酸銅の結晶水を調べる実験の記述がある。この中で、林は、

教科書の実験では硫酸銅が結晶水を失うことによって色が変化することを観察するようになっているが、盲学校においては、色の変化は観察できないので炭酸ナトリウムの結晶を用いると述べている。また、炭酸ナトリウムの結晶は、加熱により溶けて液体になり、その際、音の変化でその変化を知ることができ、更に加熱するとパチパチと音がする。その時試験管の内容物を外に取り出し、粉末になったことをさわってみるという方法を記している。

また、林は、この論文の中で、アメリカの ” Ability not disability counts ” (できないことを数え上げるのではなく、できることを数えよう) という標語を引用して、「理解、判断、観察の困難は、視覚を主とするから当然そうなるのであって、他の感覚によればどうかと考えた。」(林 1953) と書いている。

#### 実践例 3

1956 年度 (昭和 31 年度) から、文部省は研究指定校を委嘱して実践研究を始めている。第 1 年目は、岩手県立盲学校と富山県立盲学校の 2 校に「盲学校における理科実験の指導」という内容で研究を委嘱し、文部省の盲学校の理科教育に対する積極的な姿勢を示している。

研究指定校報告書「盲学校における理科実験観察指導報告」(岩手県立盲学校 1957) および「(続) 盲学校における理科実験観察指導報告」(同校 1958) には、小・中・高等部の理科実験の記録があり、25 項目の実験・観察の授業が、単元名、実験名、実験方法、使用器具薬品等の項目について、各実験が 1～2 頁にまとめられている。

1957 年の報告書の、高校化学分野の実験を見ると、従来は指示薬の色の変化にとらわれがちであった酸とアルカリの実験に触覚と味覚を活用している点や、スポイト瓶を用いて盲生徒が実験に参加できるよう配慮したことなど、工夫の跡が見られる。このように反応の結果は盲生徒の感覚で分かりやすく工夫されているが、実験操作はほとんど教師が行い、可能なところを生徒にやらせている。

#### 実践例 4

新潟県の高田盲学校の理科教育が、『講座 小学校現場の理科教育 学習指導』の中に、「盲学校における理科教育」(中村憲三ほか, 1959) として掲載されている。

る。その中の、「盲学校における理科教育の現状と問題点」のうち、「心的活動と技能の発達」の部分に、触覚、聴覚、味覚・嗅覚の特性を次のように述べている。

「子供たちは、リンゴを観察するにも両手で全体を触知し、手の感覚で丸みをおびた立体のリンゴの形、手ざわり、重量、においなど、総括的に立体として把握する。(中略)子供たちは、形がわかると、かならずたたいてみる。その音のひびきで、この物体は固いか、軟らかいか、またいろいろの液体がはいっているビンを見れば、もちろん重量や分量を手で触ってしらべるが、子供たちは、それぞれのビンをたたいて、その音のひびきで粘性にとんでいるか、密度がどうだということを正確に判断していく。」(中村憲三他, 1959)

また、学習活動への動機づけについて、

「“電気”を指導するばあいには、子供たちに電池で小さなベルをならしたり、また砂場で砂鉄をとったり、またランプをつけて電球のあたたまるのを触ったりして、十分に遊ばせ、電池の電気は安全であることを知らせることである。」

(中村憲三他, 1959)と、具体的に記述されている。この記述からは、盲児と共に、実験や観察を行い、そのときの盲児の様子を観察している教師でなくては書けない具体的な描写があり、これに続く実践記録や授業風景の写真からは、意欲的な理科の指導が行われていたことが伝わってくる。また、最後の「むすび」においては、視覚以外の感覚によって知ることができる現象を挙げ、理科教育者や科学者ももっと感覚を使うように心掛けるべきだと結んでいる。

#### (1-4) 文部省内の研究活動

文部省内で1955年から開催されていた教材等調査委員会盲学校小委員会では指導的な役割を果たしていた大島文義(初等中等教育局主任視学官)は、退官後に発表した論文(1962)において、盲学校で実験観察を中心として指導する方法を次の五つの場合に分けている。

- ① 普通の実験観察を行なう。
- ② 普通の実験観察の一部を盲者向きに改良して行なう。
- ③ 実験観察を簡単化して行なう。

- ④ グループで実験観察を行なう。
- ⑤ 特別な実験観察を行なう。

特に、⑤については、

「普通の小・中学校では行なっていないけれども、盲学校で特別な教材と方法とをもって行なうとよいものがあるのではないか。いろいろな観察に伴って盲者はたえず聴覚をはたらかせて、触覚による観察などを補っているであろう。物の状態や諸現象などによって発する音を聞く経験は平素から積まれているであろうから、これを積極的に指導の上で生かしていく。たとえば、固体をたたいたりこすったりして形や大きさ、材質を知るとか、液体ならこれをそそいだり流したりして粘性や比重を知る手がかりとするなどが考えられる。」(大島 1962) と、している。

このように、盲児童・生徒の感覚を活用することで、実験・観察を中心とした理科の授業が展開できるという見解は、先に述べた、いくつかの盲学校における先進的な実践者にも共通するものである。

## 2) 1960年代の対応

1960年代は、盲学校での実験・観察が全国的に可能になった時代である。このように実験・観察を可能にした背景には、次のような各方面の対応があった。

### (2-1) 各盲学校での対応

1960年(昭和35年)の全日本盲教育研究大会(現全日本盲学校教育研究大会)の理科分科会には、全国から9題の発表がなされている。そのうち6題が実験観察の指導に関するものであった。これは、各盲学校で実験観察が行われ始めた証拠であり、盲学校の実験観察の1960年代を迎える時点での到達点を表していると言えるであろう。このような盲学校教師の活発な研究活動は、後に文部省によって編纂された『盲学校理科 実験と観察盲児童生徒編』の基盤の一つとなっていると考えられる。

(2-2) ウェクスラーの” Experimental Science for the Blind” 出版と、日本での  
講演会の実現

わが国の盲学校における理科実験と観察の 1960 年代における飛躍的な進歩の起爆剤としての役割を果たしたのが、ウェクスラーの” Experimental Science for the Blind” の出版 (Wexler, A 1961) であった。これは、世界で初の、盲人を対象にした実験観察による理科教育に関する本である。

ウェクスラーは、ロンドン大学で教育学と自然科学を専攻し、後には同大学で自然科学教育の講義を担当していた人で、イギリスの盲学校の教師らと親交があった。氏は、大学を定年退官した後、メルボルンに在住していたが、メルボルンの盲学校の生徒が学校の理科教育ではほとんど実験をしていないことを知り、自宅に招き、工夫しながら、盲人のための実験 (主として物理学実験) 方法や、実験器具を開発した。これをもとに、1961 年に英国王立盲人協会 (The Royal National Institute for the Blind) の協力によって出版されたのが上記の本である。この中には 51 葉もの図版 (機器の精密な図や写真) を示して、実験器具や実験の内容が具体的に記述されている。

この出版後まもなく、関東地区盲学校理科教育研究会のメンバーは、同書の中に、ここ数年来の自分たちの研究と類似の実験方法や機器が多くあることを見つけて、直ちに翻訳作業を始め、1963 年の全日本盲教育研究大会理科部会において配布した。また、この部会で、ウェクスラーを日本に招くことが決議され、翌 1964 年 8 月、ウェクスラーの日本訪問が実現し、京都で開かれた全日本盲教育研究会全体会と東京の日本化学会講堂の 2 会場で講演会が開かれた。なお、この講演会は、全日本盲教育研究会と理科教育関係の 4 団体の共催、文部省後援のもとで開催されている。

” Experimental Science for the Blind” の内容は、点字図表の製作とその使用法、点字目盛りとその拡大法、機器の聴覚化、探針の使用法、光電装置の使用法など、具体的である。また、盲人用器具装置の開発の一般原理としては、聴覚化、触覚化、目盛りの拡大、イニシアルの明示、単純化を挙げている。実験項目としては、電磁気の実験、熱の実験、光学実験、力学実験、音の実験、化学実験などで、その中には、当時、わが国では実験は困難であるとされていたものも含まれていた。特に、硫化カドミウム (CdS) 光電素子を用いた盲人用感光器 (以下、感光器と

示す)は、同様のアイデアを持っていたわが国の盲学校教師に刺激を与え、これを機にさまざまなタイプの感光器が作られた。

### (2-3) 理科教育研究者の関心と協力

1950年代の半ば頃から、何らかのきっかけで盲学校の理科教育に関わりを持った研究者の中には、その後も継続して、感覚の活用や、実験器具の工夫などを研究テーマにした人がある。その一人は高知大学教育学部物理学教室の大庭景利であり、もう一人は秋田大学学芸学部の内田ハチである。

大庭は、昭和34年以後数年間にわたり、高知県立盲学校の協力を得ながら「盲学校に於ける理科学習指導に関する研究」を続けた。それらの研究の多くは、野村益盛（高知県立盲学校教諭）と共同で行われたもので、連名の論文を、『高知大学学術研究報告』、『高知大学教育学部研究報告』、『理科の教育』などで発表している。その内容は、物理分野と教材開発を中心に多岐にわたっている（大庭1959,1960,1961,1962）。

内田ハチは触覚による観察に興味をもち、1956年（昭和31年）から継続して研究している。その一つとして、1961年（昭和36年）に、岩石の観察について、実験を行い、視覚にかわる感覚を用いる観察法を学習すること」の可能性を示している。また、「触察学習には、単に手を用いるだけでなく、補助器具を考案しなければならない。たとえば、黒雲母を触察でみいだすことが困難であったとき、点筆の先でつついて見出したことから、このような教具の考案を痛感させられる。」（内田・細川1961）と述べている。

### (2-4) 盲人用理科実験機器の開発

1950年代の後半から、半導体を用いた電子機器が進歩してきた。また、その技術を障害者用の機器に利用することで、障害を補償しようという考え方が広まり、アメリカ、ソ連、西ドイツ、英国など各国で、盲人用機器が相次いで作製された。わが国でも、盲学校関係者の働きかけにより、盲人用光学台、盲人用直示天秤、盲人用線膨張試験器、盲人用交流電流電圧計、盲人用テスター、盲人用感光器などがメーカー数社の協力で製作された。

## (2-5) 教師用指導書『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』の編纂

1967（昭和42）年、文部省では盲学校理科に関しては初めての指導書として、『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』を編纂した。これは、1964年から1966年にかけて改訂された盲学校学習指導要領に、「理科教育の面においては、従来視覚を有しない児童、生徒には不可能または困難とされていた分野についても、近年開発されつつある盲人用実験装置や機械・器具を活用することなどによって指導が容易になったものについては、できるだけこれらを取り入れて教育水準の向上を期することに努めた。」（文部省1967）と明記したことに対応し、盲児童、生徒の特性に即した理科指導のために、特に実験、観察の方法や機会・器具の操作等について、具体的に解説したもので、次のように3章から構成されている。

### 第1章 盲学校理科実験、観察の留意点と機械器具

### 第2章 小学部理科の実験・観察

### 第3章 中学部・高等部理科の実験・観察

本指導書は1,000部印刷され、全国の盲学校へ、10～15冊ずつ無料で配布された。本書には、新しく開発された盲人用実験器具の説明、一般の実験器具を盲人用に改良する方法、実験の工夫などが137種類もの図版を使って具体的に説明されている。

本指導書の成果について、作成協力者であり、執筆者であった林は、後に、「本書は昭和42年までのわが国の盲学校理科実験・観察の総集編であり、まさに画期的なものといつてよく、（中略）少なくとも物理・化学は普通の高等学校程度に実験・観察が可能になった。」（林1977）と述べている。

また、本指導書編纂の前年に当たる1966（昭和41）年には、理科教育振興法基準品目の改訂があり、盲学校の設備基準には、小・中・高等学校の新基準による設備がすべて入れられただけでなく、それに加えて、盲人用感光器をはじめ、盲人用として開発された実験器具がすべて加えられた。これによって、全国の盲学校が盲人用実験器具を整える財政基盤が整備されたのである。特に、この改訂に当たって、文部省はこれらの盲人用実験器具を教材基準として示したため、全国の盲学校に盲人用実験器具が整備されることになった。

したがって、1964年から1966年にかけての学習指導要領の改訂、1966年の理科教育振興法基準品目の改訂、1967年の教師用指導書の編纂と配布によって、

全国の盲学校で実験・観察を行う体制がとりあえず整えられたと言える。

### 3) 1970年代から現在までの対応について

1967年の『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』によって、盲学校でも実験・観察を行うことが関係者の共通認識となったが、実際に授業で実験を行うためには不十分なところが多かった。ここから、1970年代以後の対応が始まった。

#### (3-1) 実験の基本操作技能の必要性の認識と対応

盲生徒自身が自らの手で実験を行うことの必要性はこれまでも認識されていた。盲人用実験器具は、そのことを前提にして開発されている。しかし、鳥山(1970)や、佐藤(1972)の指摘のように、ほとんどの盲生徒は、自らの手で実験操作を行うことは困難であった。しかし、このような生徒に対する指導の研究や実践報告は1960年代には出ていなかった。

このことに、初めて意識的に取り組んだのは、愛知県立岡崎盲学校の鳥山である。鳥山は、1970年から1972年にかけて、中学部の盲生徒2名に対して実験の基本操作の習得を目的にした指導を系統的に行い、成果を上げている(鳥山1970,1971,1973,1975)。この研究については、後に本論において検討する。

また、鳥山の研究を反映した形で、1970年代後半から、理科の点字教科書に、視覚にたよらない実験の基本操作が掲載されるようになった。

#### (3-2) 1960年代の盲人用実験機器の消滅

1960年代に全国の盲学校に普及した盲人用実験器具の多くは、1970年代後半には、ほとんど姿を消してしまった。その理由は、器具の故障が多く常に整備していなければ使えなかったことと、各メーカーが経済的な理由により盲人用実験器具の製作を中止したためである。

そこで、盲学校の教師は一般の実験器具を工夫して使うようになった。当初は、一般の電流計の前面のガラスを取り除いて、指針に直接触れることができるようにしたり、一般の上皿天秤の指針に触れてつりあいを知るなど、応急的な工夫がされていたが、やがて、デジタル音響式電流計(盲人用音響式電流計)がメーカ



一によって作られるようになったり、上皿天秤の釣り合いを感光器を利用して音で確認する方法が考案されるなど、新しい方向性が見えてきた。

### (3-3) 感光器の変遷

1960年代に製造・販売されていた日本製の感光器が消滅するにつれて、1970年代の半ばからは、感光器の市販品が手に入らなくなった。そこで、熱心な盲学校の教師は感光器を自作したり、イギリスの王立盲人協会（RNIB）で販売されている感光器を見つけて取り寄せたりした。イギリスの感光器は、ウースター盲学校で1965年から1968年にかけて、ナフィールド財団の支援により、盲生徒に上級の（GCEのAレベルの）物理学を履修させるプロジェクト研究が行われた際に開発されたもので、その後はRNIBで販売されている。その後、盲学校教師の働きかけによって、1980年代後半に日本製の感光器が復活したが、性能上の問題があり、イギリス製の感光器はその後も日本製のものとともに使われていた。ようやく1998年に、メーカーと盲学校教師の協力によって、わが国においても、非常に性能の良い感光器の製作・販売ができるようになった。

感光器は、視覚情報を聴覚情報に置き換えるために、どうしても必要な盲人用実験器具であり、また、理科教育振興法による補助金で購入出来る品目になっている。また、1998年から製造された国産感光器の性能は世界のトップクラスである。しかし、わが国では、イギリスの王立盲人協会のような大きな盲人組織が存在しないこともあって、製造・供給体制は非常に不安定である。

### (3-4) デジタル機器の普及とパソコンによる音声化

1980年代からは、デジタル計器が普及し、音響装置を付加した盲人用白金抵抗温度計、盲人用デジタル電流計（直流、交流）、盲人用デジタル電圧計（直流、交流）などが製作されるようになった。それによって、盲学校の実験の精度は大きく向上した。

さらに、1990年代になって、パソコンの普及により、電子天秤などのデジタル計器を容易に音声化できるようになった。このことにより、盲人用実験機器を個別の実験目的ごとに作成しなくても、パソコンとアダプタによって、一般のデジタル計器が盲生徒にも使えることが多くなった。このことは、理科系の大学

での盲学生の実験の可能性にもつながっている。

一方で、デジタル計器はブラックボックスであり、測定の原理が分かりにくいという問題がある。それに対して、アナログ式は測定の精度は低いが測定の原理は分かりやすいので、教育的には、アナログ式とデジタル式の両方を、用途に応じて使い分けることが必要である。しかし、アナログ機器の供給体制は、1960年代、70年代の状況からほとんど前進していない。

(3-5) 日本視覚障害理科教育研究会における、盲学校教師の研究交流と蓄積  
盲学校の教師の研究会としては、従来、全日本盲学校教育研究会（全日盲研）があり、毎年夏に大会が開かれている。しかし、理科の分科会は3年に1度しかない上に、各盲学校から同じ人が続けて参加することは難しい事情があり、研究が積み上げられにくかった。また、大会から次の大会までの間に、理科としての研究をとりまとめていく組織は存在していなかった。関東地区や近畿地区には、それぞれ教科の研究会があるが、それ以外の地区では、情報交換の機会さえ持てない状態であった。

1980年に発足した日本視覚障害理科教育研究会（Japanese Association of Science Education for the Blind, 通称 JASEB）は、この問題の解決を目指して有志によって設立された個人参加の研究会である。1981年以来、毎年1回の研究大会と、会報の発行を続けている。会員の半数が盲学校教師であり、その他は一般の学校の教師（元盲学校教師を含む）、研究者、学生などである。

本研究会の設立により、全国の盲学校の教師が毎年継続して交流することができるようになった。たとえば、三重県立盲学校の今堀は、第2回大会（1982年）から、異動で盲学校を離れる1991年までの10年間、ほぼ毎年「授業の工夫」を報告し続けている。また、全国各地の盲学校から、実験、校外授業（博物館などとの提携）、実験器具の開発などの実践報告がされている。また、感光器の自作方法や、イギリスからの輸入の方法などの情報交換が行われ、国産の感光器の製作・販売についても、本研究会が中核になってメーカーへの働きかけと研究協力が行われた。

継続して、研究発表ができる利点を生かして、石崎（筑波大学附属盲学校）は、光の実験、波動の実験、電気の実験、放物運動、音の実験など、テーマごとに開

発した実験シリーズを発表し、鳥山（筑波大学附属盲学校）は、酸・塩基の実験、酸化・還元の実験、アルコールの実験、物を作る実験など、テーマごとの実験方法をまとめたモジュールを作成して発表している。大会で実演され、会報にまとめられたこれらの実験は、盲学校に赴任してきた理科の教師にとっての、実験指導の参考書の役割を果たしている。さらに、生物の光合成の定量的実験（気泡測定法）の場合のように、青柳（東京教育大学附属盲学校）が開発した気泡の計算法（気泡の数を水滴の落下音に置き換えて数える方法）を、今堀（三重県立盲学校）が追試・改良し、さらに千田（都立文京盲学校）は気泡が水面ではじける音をマイクでとらえる方法を開発し、武井（筑波大学附属盲学校）が千田の方法を追試・改良するというように、研究会の中で、連続して改良が続けられた実験もある。

また、盲学生を受け入れた大学関係者による、盲学生の物理実験・化学実験の履修に関する報告もあり、その際には、他大学の研究者が参加し、それが、後に盲学生受け入れにつながった例もある。

2000年7月には第20回大会が開かれ、会報「JASEB NEWS LETTER」は、2000年6月に第19号が発行された。現在も、全国の盲学校の実践をもとにした活発な意見交換の場として、設立の趣旨に沿った活動が続けられている。

### (3-6) 教師用指導書『観察と実験の指導』の編纂

1986年には、文部省によって教師用指導書『観察と実験の指導』が編纂された。これは、1967年に発行された『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』に続く第二の教師用指導書である。

本指導書は、第1章 総説、第2章 小学部低学年における指導、第3章 物理的内容の指導、第4章 化学的内容の指導、第5章 生物的内容の指導、第6章 地学的内容の指導となっており、遊びを中心にした小学部低学年以外の部分では、小、中、高等部の区別をしていない。

また、内容の構成も従来の指導書とは異なり、たとえば化学的内容の指導を例にとると、1 盲学校における化学実験の特質、2 触って分かる化学変化、3 においの変化に注目する化学実験、4 温度変化に注目する化学実験、5 感光器を活用した化学実験、6 化学実験のための基本操作、7 加熱の方法、

8 定量の方法、9 安全への配慮と指導 という構成になっている。

本書が発行された1986年10月には、全国の盲学校の理科の教員（各学校からの代表者数名）を対象に、指導書の趣旨と使い方に関する講習会が東京で開かれた。

『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）にくらべて本書が大きく前進しているのは、「総説」の充実である。ここでは、観察と実験の意義を整理し、視覚障害児童・生徒が見通しを持って主体的に実験と観察を行うための配慮事項が事例に沿って解説されている。特に、「今やっていることを、時間的にも空間的にも、全体の中の部分として統一的にとらえさせる」（文部省 1986）ことが大切であるという指摘は、この3年後の1989年（平成元年）に公示された「盲・聾・養護学校学習指導要領」中の、盲学校の各教科の配慮事項として、「児童が空間や時間の概念を活用して学習場面の状況を的確に把握できるようにし、見通しをもって意欲的な学習活動を展開できるようにすること。」（文部省 1989）と記されていることとも共通する配慮事項である。

## 2. 動物・植物の観察に関する対応

### 1) 1950年代の対応について

『盲学校教育課程・小学部編（案）』（1949）に示された理科の「指導上の注意」には、花の観察の初歩指導や、生きている魚を手にとってみる体験の大切さが書かれている。このように、体験の少ない盲児にとっての植物や動物とのふれあいや観察の必要性は認識されているが、理科教育として、何をどのように観察させるかについての具体的な記述はない。また、その他の研究記録、実践記録も見当たらない。

### 2) 1960年代の対応について

『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）には、植物の観察に関して、「視覚障害者でも容易に観察できる代表的な植物を（中略）、くり返し観察してその特徴を理解させる必要がある」と述べ、触覚によって観察できる植物、嗅覚や味覚によって観察できる植物種が例示されている。

また、動物の観察に関しては、「動物を観察するのにもっともよい方法は、実

際に個々の動物にさわってみることであるが、(中略) 実際には触覚でたしかめることはできない場合が多い。」と述べ、このような場合は、動物の剥製標本や模型を使うとよいこと、ただし、剥製や模型は実物とは感触が違うことがあるので、その点を補う必要があることが指摘されている。さらに、視覚障害児にも観察できると思われる動物種を、飼育しておくもの、なまの状態を観察できるもの(魚屋の魚など)、標本や模型で観察させるもの、採集したものに分けて例示してある。

しかし、植物、動物とも、これらの教材を使ってどのような観察をして、どのような認識を育てていくのかについては示されていない。

### 3) 1970年代以後の対応

1970年代に入って、ようやく、盲学校の授業においても、盲児を受け入れる動物園においても、視覚に障害のある児童・生徒に対する植物・動物の観察指導のありかたが実践的に研究されるようになった。

#### (3-1) 盲学校での対応

東京教育大学附属盲学校(現筑波大学附属盲学校)の青柳は、中学部の理科第二分野の授業における動物・植物の観察指導について、昭和50年度から、中学部1年生の1年間の生物の授業(毎週2時間)を植物と動物の観察だけに当てるという教育実践を行っている(青柳1977)。これは、中学部理科第二分野のうち生物の学習内容を、次のように3年間に割り振ったカリキュラムの第1学年の学習内容である。

第1学年(週2時間) 生物の多様性

第2学年(週1時間) 細胞、ヒトのからだ

第3学年(週1時間) ヒトのからだの続き、

生物どうしのつながり

このような独自のカリキュラムを立案した理由の一つは、一般の中学校での生物の観察が、顕微鏡の使い方を含めてミクロな生物の観察中心となっており、そのままでは盲学校の生物の学習には不適當であったということにある。そこで、学習指導要領の目標である「生物の種の多様性の理解」は押さえた上で、触るこ

とができるマクロな生物の観察を中心にすえ、直接観察の不可能な細胞レベルのミクロの世界については、模型や凸図で知識を主とした学習をするという構想が立てられたわけである。

このカリキュラムに基づき、中学部1年生の植物の観察は校庭の木の葉の観察を中心に進めることにされ、指導の目標が8項目にわたって、詳細に設定されている。

また、動物の学習に関しては、生体、剥製、骨格標本について、盲学校の観察教材としての特徴と問題点が整理されている。その結論として、

「教室で動物の形態を中心にした授業を系統的考え方も身につくように展開するための教材は骨格標本以外にはない。」(青柳 1977) として、各動物種の骨格のていねいな観察に1学年の授業の後半をあてることにしたと述べている。

鳥山(1999, 2000) は1980年から青柳の実践を引き継ぎ、中学部1年生の授業を担当し、生徒の観察力の育成の過程を研究している。また、1979年から、高等部夏季学校において、自然観察の一環としての動物の観察を指導している。

さらに、鳥山(1999) は、1979年から、筑波大学附属盲学校の高等部1年生の自然観察において、視覚障害のある生徒が林の全体像を構築することを目的にした自然観察を実施している。また、1983年からは、観察対象をさらに広げて、盲生徒が山の植生分布を山の景観として理解するための自然観察会を実施している。鳥山のこれらの実践については、後に本論で検討する。

### (3-2) 動物園での対応

東京都恩賜上野動物園内の子ども動物園では、1965年から心身に障害のある児童を対象にしたクラスが開設されていた。その経験から障害のある子どもたちに対しても日常的な受け入れが可能であることがわかり、特別クラスは解消された。ただし、視覚障害児の場合には、動物認知の過程や素材の提供などに特別な配慮が必要であると考えられたことから、1971年度からは、視覚障害児のみを対象にしたクラスが行われるようになった(遠藤 1977)。また、視覚障害児クラスの開催に当たって、都内の盲学校関係者と動物園職員とで研究協議が行われたが、その後、この発展として「動物認知研究会」が作られた(中田 1977)。

この研究会では、盲児のサマースクール開催の準備として、1971年4月から

3ヶ月間、都内の盲学校小学部1、2年生の盲児若干名を土曜日の放課後子ども動物園に招いて実際に動物にふれさせ、盲児が動物を理解していく過程を観察しながら、「身体の部位の位置関係、動物体の基本形態をさわらせる方法、各部位にいたるまでつぶさにさわらせるための指示方法、不必要におそれさせずに、みずから進んでふれさせるためには、どのような配慮が必要か、興味の持続や年齢などによる対応のさせかた」（遠藤・粗谷・中村1977）などが研究された。

また、サマースクールの実践の中から、盲児が、動く動物を追ったり、観察したりするための器具が考案された。

このサマースクールは、現在まで、毎年実施されている。夏休みの第1週目に、1日単位で二日間、動物園が主催する行事で、動物園のスタッフが指導にあたり、盲学校の教員が協力する。都内の盲学校、弱視学級から、1日あたり約50人の児童が、保護者または、引率教師とともに参加している。

### 3. 教育現場での対応のまとめ

#### 1) 実験に関して

困難点A（視覚的実験方法に起因する困難）への対応のまとめ

1950年代の先駆的な実践によって、感覚を活用して自然現象を多面的にとらえることで、視覚に頼らない実験・観察が可能であるという考え方が明らかにされた。

1960年代には、感覚を活用して実験・観察を行うという基本方針に基づき、盲学校の教育現場で多くの実験方法が工夫された。その集大成とも言えるのが、教師用指導書『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省1967）で、盲人用感光器などの盲人用実験機器を活用することによって可能になったものを含め、多くの実験が収められている。1950年代に打ち出された、盲児童・生徒の感覚を活用した実験・観察という基本方針が、具体的な実験方法として展開されたとと言える。また、ウェクスラーの著書"Experimental Science for the Blind" (Wexler,A.1961)の翻訳活動や、日本への招聘などにより、盲学校の教師が国際的な視野を持ち、盲生徒の実験の可能性に確信を持って、活発な教材開発を進めた時代が1960年代であったと言えよう。

1970年代以降は、それまでの実験方法の改良と、未開拓である分野の実験の

開発が進められた。特に、1980年には日本視覚障害理科教育研究会（JASEB）が発足したことにより、全国的な情報交換が恒常的にできるようになり、研究の継続性に関しても成果があった。また、1980年代の終わり頃には、筑波大学附属盲学校の物理、化学の分野では、各単元を通して実験を中心にした授業展開を行うことができるようになってきた。また、盲生徒が理科系大学に進学するケースも生まれ、大学での実験方法に対応した工夫もされるようになった。

#### 困難点B（実験器具に起因する困難）への対応のまとめ

1950年代には、実験器具の必要性が認識されているが、器具の開発はほとんど進んでいなかった。

1960年代には、実験機器の開発が急速に進められ、『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）には、盲人用感光器、盲人用マイクロメーター、盲人用ばねばかり、盲人用上皿てんびん、盲人用回路試験器、盲人用光学台、盲人用はく検電器など11種類の盲人用実験器具のしくみと使い方が紹介されている。これらの器具により、従来は盲児童生徒には困難とされていた光の実験、電流回路の電圧や電流の測定、化学変化の際の色の変化や沈殿の生成などの確認など、多くの実験が可能になった。

しかし、いくつかの問題点もある。第一の問題点は、盲人用上皿天秤、盲人用ばねばかりなどが特殊な測定機器であるため（注）、機器のしくみの理解に時間がかかることである。生徒用の実験器具は、構造がシンプルで、操作が容易、価格が安価であることが条件とされるが、この盲人用上皿天秤、盲人用ばねばかりは、この条件を満たしていない。

第二の問題は、器具の性能に問題が多かったことである。鳥山（1975）は、これらの盲人用測定器具を使って生徒を指導した経験から、器具の「故障が多く、データのばらつきも大きいという欠点がある」と述べている。さらに、鳥山（1982）は、この原因について、全国の盲学校数から見て需要に限りがあり、生産コストが高くなり、完成度の低い製品が販売されていることにあると述べている。

1970年代になって、デジタル計器とパソコンの普及を背景にして盲人用実験機器は様変わりを見せた。特に、電子天秤などの計測機器の音声化が容易になったことで、定量実験が可能になった。このことは、特に、理科系（実験系）の大



学への盲学生の進学を可能にする要因となった。また、一般のデジタル計器をパソコンと組み合わせて音声化することが可能になったため、盲人用実験機器を個別に開発するのではなく、汎用性が高く、視覚障害者に使いやすいパソコンとアダプタのセットが求められるようになった。ただし、アナログ式計測器も教育現場では依然として必要である。また、感光器も開発され市販されているが、安定した供給体制という点では問題が残されている。

(注：この盲人用上皿天秤は、内蔵された分銅がダイヤル操作によって自動的に加除されるもので、分銅加除式天秤とよばれ、自動天秤の一種である。大学などでは使われている型であったが、高校までで使われている一般の上皿天秤とは、しくみも用途も異なり、高価なものでもある。

また、盲人用ばねはかりは、ジョリーのばねはかりの目盛りを触覚化したものである。ジョリーのばねはかりは、高さが約1メートルほどの物理実験用の測定機器であり、一般の小・中学校で用いられている小型で安価なバネはかりとは、全く異なるものである。

これらの機器に、盲人用上皿天秤、盲人用ばねはかりという名前がつけられたことが、混乱のもとであったと考えられる。正しくは、「盲人用分銅加除式上皿天秤」、「盲人用ジョリーのばねはかり」と名付けるべきものであったと考える。)

#### 困難点C（生徒自身の実験操作技術の不足による困難）への対応

1950年代には、盲生徒の実験操作技術の問題が指摘されてはいるものの、具体的な対応については示されていない。

1960年代の実践研究の集大成とされる『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）には「基本操作」という項目があり、盲人用実験器具の使い方や、実験器具の自作方法、一般の学校で使っている実験器具を盲学校で使うための改良の方法などが示されている。しかし、その操作を盲生徒が自分で遂行していくことができるようにするための具体的な指導法は示されていない。

たとえば、同指導書には、「液体の体積測定」の方法の一つとして、「大・小いろいろなスポイトを用意し、あらかじめそれぞれのスポイトの吸い上げる液量を測って、その量をスポイトに表示しておく。」という記述がある。これは、ス

ポイトのゴムをつぶせばいつもほぼ決まった量の空気が排出され、排出された空気と同体積の液体が入ることを利用したもので、発想としては非常に優れたものである。

しかし、盲生徒、特に先天盲生徒にスポイトを与えても、スポイトを使うことができないことが多い。なぜなら、他人がスポイトを使っている様子を見た経験のない盲生徒にとっては、手をとって教えられないかぎり、何のための器具か、どう使うのかを理解することはできないからである。このような状態の盲生徒には、スポイトの仕組みを理解させ、操作を手をとって教え、慣れるまで練習させることが必要なのである。

しかし、本指導書には、簡単な基本操作ができない盲生徒に対しての系統的な指導の在り方は示されていない。このように、困難点Cへの対応、すなわち、盲児童・生徒に対する、入門期の系統的な基本操作の指導のありかたは、本論で取り上げる研究以前には、ほとんど手がつけられていない状況である。

困難点D（全体像の把握の困難とそこから派生する問題）への対応のまとめ

盲児童生徒の全体像の把握の困難性、および、そのことに対する配慮の必要性は、従来から言われているが、その困難さを積極的に解決しようとする具体的な実践は見当たらない。したがって、困難点Dに対しては、本論で取り上げる研究以前には、ほとんど対応ができていない状況である。

## 2) 観察に関して

困難点 a（ミクロな生物の観察の困難）への対応について

1960年代まで、顕微鏡観察ができないという問題には、対応の方向性さえも示されていない状態が続いていた。

1970年代になって、東京教育大学附属盲学校において、中学部の生物に関しては、独自のカリキュラムが研究され、現在に至っている。このカリキュラムは、学習指導要領の目標として示された中学部1年次の生物の学習の目標は、「生物の種の多様性の理解」であることは押さえた上で、触ることができるマクロな生物の観察を中心にすえ、直接観察の不可能な細胞レベルのミクロの世界については、模型や凸図で知識を主とした学習をするというものである。

#### 困難点 b（観察力の不足に起因する困難）への対応のまとめ

1970年代から東京教育大学附属盲学校では、中学部1年生の前半を、校庭の木を題材にした植物の観察にあてている。この観察学習においては、植物の特徴を学ぶと同時に、触覚による観察力を育成することが目標の一つに掲げられ、両手を使って触る、手を動かしてさわる、まんべんなく全体を触る、細部まで丁寧に触るなどの観点が明確にされている。このように、触覚による観察力の育成を前面に掲げた観察指導はこの授業が初めてである。しかし、生徒の観察力の向上に関する記録は十分ではない。

#### 困難点 c（生きている動物の観察の困難）への対応のまとめ

1970年代から実施されている上野動物園での視覚障害児を対象にしたサマー・スクールにおいて、生きている動物とのふれあいを中心にした、小学部段階での観察指導について研究されている。

しかし、生きている動物を触って観察することにより、盲児童・生徒が動物の体のしくみと働きを理解することは困難である。そのための、剥製標本の利用については、『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）でも触れられているが、一般的な留意事項にとどまっている。

青柳（1977）は、盲学校で利用できる動物の観察教材、すなわち、生体、剥製、骨格標本の長所と限界について整理し、中学部以上の系統的な学習には、骨格標本が最も適しているという結論を示している。また、実際に東京教育大学において、骨格標本を用いた指導を試みている。しかし、観察を深めるための指導過程については、事例も少なく不十分である。

#### 困難点 d（大きなものの全体像の把握の困難）への対応について

一度に触ることができない大きな対象の全体像を観察することの困難さについては、1950年代から既に認識されている（大島 1962）。しかし、大きな対象を視覚障害生徒が観察する方法について、本論で取り上げる実践以前に報告されているものは見当たらない。

## 第2章 研究の目的と方法

### I 研究の目的

第1章では、視覚障害児童・生徒、特に盲児童・生徒が理科の実験及び観察の学習において示す困難点と、それに対する盲学校教師を中心に行われてきた教育的対応の概要を、1950年代から1990年代までの先行研究・先行の教育実践に基づいて明らかにしてきた。

実験、観察における困難点は、それぞれ4項目、計8項目に整理することができた。盲学校の理科教育においては、これらの困難点を出来る限り軽減、解消し、小・中・高等学校の教育課程に準拠した学習を可能にすることが、教科指導上の専門性と言えるであろう。したがって、これらの項目と、それに対する適切な教育的対応について、分析的に整理することは、盲学校における理科指導の専門性の構造を明らかにすることにつながると考えられる。適切な教育的対応とは、視覚障害生徒の特性の理解の上に立った、教材・教具の選択、開発、利用の工夫に関わるもの、個々の児童生徒に対する指導に関わるもの、授業の構成や展開の仕方に関わるものなど、幅広いものであるが、それらが、児童生徒の持つどのような困難を、どのように軽減、解消し、自然の事物を彼ら自身の感覚でとらえていくことにつながるのか、その対応関係を十分に認識して実践する指導こそ、専門性を持った指導であると言えるであろう。

第1章で見たように、先行研究・先行の教育実践によって、盲児童生徒にとっての困難点についての認識は時代を追って次第に深まり、それに対する教育的対応も次第に、広い視野に立脚し本質を踏まえたものになっている。その意味では、盲学校の理科指導の専門性の内実は形作られてきていると言えるが、困難点と教育的対応を関連づけながら理科の指導における専門性を位置付け、その全体的構造を踏まえた視点から、教育実践の経過を跡づける試みは現在までなされていない。

盲学校の児童・生徒数の減少や、国際的な統合教育への志向を反映して、盲学校関係者の中においても盲学校の将来像が不確かなものになっている現在の時点で、過去約40年間に累積されてきた理科の教科指導に関わる専門性について、

その成果をまとめておく必要性は大きく、今後の教職教育あるいは現職教育に対しても意義あることと考えられる。

本研究では、過去に実践してきた筆者の理科授業の詳細な授業記録を対象として、授業の経過を辿り、授業の目的、内容、結果を、第1章で整理した理科の実験に関わる困難点4項目、観察に関わる困難点4項目に関わって、どのような困難が軽減、解消されたか、また、実践によって新たに発見・解明されたことは何かを、授業ごとに検討する。そしてそこから、主として盲生徒に対する理科指導の専門性の構造と具体的内容を分析的に明らかにし、視覚障害教育における指導の専門性の構築に資することを目的とする。

取り上げる授業は、実験に関して8授業、観察に関して5授業であるが、これを実験に関しては6つの研究、観察に関しては3つの研究にまとめ、各研究に1章をあてる。章構成にあたっては、生徒の実験・観察能力の育成という観点から見て、基本的・初歩的なものから順に配列した。各研究の目的は、以下に具体的に述べる。

## 1. 実験に関する研究

### 研究1 化学実験の基本操作の指導に関する研究

先天盲生徒に対しての、基本的な実験操作の系統的な指導の経過とその効果を分析し、盲学校の授業における基本操作の指導内容と、指導計画への位置付けについて明らかにする。本研究は、主として、実験に関する困難点Cの軽減を目指すものである。なお、本研究については、本論の第1章で扱う。

### 研究2 化学実験を始める前の指導に関する研究

盲生徒が、実験の全体像を把握して主体的に安全に実験を行うために、実験の前に理解しておくべき事項を整理し、実験の直前の指導の内容と、授業時間の効果的な配分について明らかにする。本研究は主として、実験に関する困難点CおよびDの軽減を目指すものである。なお、本研究については、本論の第2章で扱

う。

### 研究3 生徒の感覚を活用した実験指導に関する研究

生徒の感覚による発見を実験方法に反映させた授業例を分析し、視覚障害生徒とのフィードバックにより実験方法を改良するプロセスを明らかにする。本研究は、主として、実験に関する困難点Aの軽減に関わるものである。なお、本研究は、本論の第3章で扱う。

### 研究4 盲生徒向け実験方法の開発に関する研究

従来の盲生徒のための中和滴定実験法を分析し、一般の実験機器を活用した新しい実験方法の意義と効果を明らかにする。本研究は主として、実験に関する困難点Bの軽減を目指すものである。なお、本研究は、本論の第4章で扱う。

### 研究5 実験と講義の連携を重視した授業の構成に関する研究

高等部の化学の授業において、実験と講義のつながりを分析し、視覚障害生徒に実際の物質と関連させながら科学の概念を理解させる意義と、そのための授業の構成について明らかにする。本研究は、主として、実験に関する困難点Dの軽減を目指すものである。なお、本研究は、本論の第5章で扱う。

### 研究6 指導の成果に関する研究

高等部の「化学卒業実験」における代表的な実験事例について、生徒の実験遂行能力を分析し、実験指導の蓄積としての成果を明らかにする。本研究は、研究1から研究5までに明らかにされた、盲生徒に対する専門性を踏まえた指導の結果、盲生徒が、実験に関する困難点AからDをどの程度克服して、どこまでの主体的な実験が可能になるかを実証的に示すものである。なお、本研究は、本論の第6章で扱う。

## 2. 観察に関する研究

### 研究7 触覚による観察力の育成に関する研究

中学部の盲クラスに対する木の葉の観察の指導経過を分析し、触覚による観察力を高めるための指導のあり方を明らかにする。本研究は、主として、観察に関する困難点 b の軽減をめざすものである。なお、本研究は、本論の第7章で扱う。

### 研究8 動物の観察指導に関する研究

骨格標本の観察を中心にした中学部の動物の学習、および高等部の校外授業における剥製の観察の指導経過を分析し、盲生徒が触覚による観察に基づき動物を理解するための、指導のあり方を明らかにする。本研究は、主として、観察に関する困難点 c の軽減をめざすものである。本研究については、本論の第8章で扱う。

### 研究9 盲生徒に大きな対象を理解させるための指導に関する研究

高等部の校外授業における自然観察を分析し、盲生徒に林のしくみを理解させるための指導法を明らかにする。さらに、その発展として、盲生徒の景観把握の可能性について、空間の広がりという観点から実践的に研究する。本研究は、主として、観察に関する困難点 d の軽減を目指すものである。なお、本研究は、本論の第9章で扱う。

## II 研究の方法

### 1. 対象とする一連の授業

#### 研究 1

|      |                          |
|------|--------------------------|
| 内容   | 化学実験の基本操作                |
| 対象   | 愛知県立岡崎盲学校中学部 3 年 盲生徒 2 名 |
| 実施時期 | 1970 年 9 月～1971 年 5 月    |

#### 研究 2 (次の二つの授業を対象にする)

|     |      |                           |
|-----|------|---------------------------|
| 2-1 | 内容   | 二酸化炭素の発生と確認               |
|     | 対象   | 筑波大学附属盲学校中学部 1 年 点字使用クラス  |
|     | 実施時期 | 1993 年 7 月                |
| 2-2 | 内容   | アンモニアの発生と捕集               |
|     | 対象   | 筑波大学附属盲学校中学部 1 年生 点字使用クラス |
|     | 実施時期 | 1993 年 11 月               |

#### 研究 3 (次の二つの授業を対象にする)

|     |      |                    |
|-----|------|--------------------|
| 3-1 | 内容   | アルコールの水への溶解性に関わる実験 |
|     | 対象   | 筑波大学附属盲学校高等部 3 年生  |
|     | 実施時期 | 1980 年 10 月        |
| 3-2 | 内容   | 水素の燃焼を確認する実験       |
|     | 対象   | 筑波大学附属盲学校高等部 1 年生  |
|     | 実施時期 | 1980 年 7 月         |

#### 研究 4

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| 内容   | 酸・塩基の中和滴定実験                   |
| 対象   | 筑波大学附属盲学校高等部 1～3 年            |
| 実施時期 | 1984 年から 1993 年まで(実験改良を続けた期間) |



## 研究 5

内容 モルを理解し使いこなすための実験と対話で進める  
一連の授業  
対象 筑波大学附属盲学校 高等部 1 年生  
実施時期 1994 年 6 月～7 月

## 研究 6

化学卒業実験（1984 年度～ 1997 年度）のうち、次の 3 実験を分析する。

実験題目と実施時期 アンモニアの発生実験（1984 年）  
金属イオンの反応（1992 年 1 月）  
エタノールと酢酸の脱水縮合（1991 年 12 月）  
対象 筑波大学附属盲学校高等部 3 年生

## 研究 7

内容 校庭の植え込みの木の葉の観察  
対象 筑波大学附属盲学校 中学部 1 年生 点字使用クラス  
実施時期 1983 年 4 月～9 月

## 研究 8 （次の 2 種類の観察を総合して研究する。）

8-1 題目 哺乳類の骨格標本の観察  
対象 筑波大学附属盲学校 中学部 1 年 点字使用クラス  
実施期間 1986 年～ 1997 年  
8-2 題目 剥製標本の観察  
対象 筑波大学附属盲学校 高等部 1 年  
実施時期 1980 年 7 月

研究9に関して（研究9は、次の二つのフィールドでの観察による）

- |     |      |                        |
|-----|------|------------------------|
| 9-1 | 観察内容 | 林の観察                   |
|     | 観察場所 | 長野県奥蓼科 水源涵養林および薪炭林     |
|     | 対象   | 筑波大学附属盲学校高等部1年         |
|     | 実施時期 | 1979年～1981年（毎年1回7月に実施） |
| 9-2 | 内容   | 山の景観の把握                |
|     | 観察場所 | 長野県諏訪後山地区の里山           |
|     | 対象   | 筑波大学附属盲学校高等部1年生        |
|     | 実施時期 | 1983年～1986年（毎年1回7月に実施） |

## 2. 授業記録の分析の方法

上記、研究1から研究9の各研究について、対象とした授業記録を次の手順で分析する。

- ① 観察・実験の授業記録に基づき、対象生徒の実態、授業の目的、授業の展開、教材・教具の開発・活用、授業の結果についてまとめる。
- ② 上記まとめを、各研究の目的に沿って検討し、各授業としての成果と問題点を検討する。
- ③ ②で明らかにした、各授業の成果と問題点に立脚して、生徒の持つ困難点に対して、授業がどのような困難の解消、軽減をもたらしたかを分析的に検討し、視覚障害生徒に対する実験・観察の指導の専門性という観点で考察する。

## 本 論

## 第1章 化学実験の基本操作法の指導に関する研究

### I 問題の所在と研究の目的

#### 1. 盲生徒に対しての、化学の基本操作の指導の必要性

一般に、中学校や高等学校段階までの化学実験は、試験管に粉末や液体を入れたり、振ったり加熱したり、発生する気体を捕集したり、沈殿を濾過するなどの基本操作の組み合わせで成り立っている。そこで、化学実験を遂行するためには、基本操作を確実に行うことが必要である。

基本操作のうち、ガスバーナーやアルコールランプによる加熱方法、濾過のしかた、計量器具の使い方などいくつかの操作法については、小学校段階から、実験内容と関わりながら教科書にも操作方法が記され、意識的な指導の積み上げによって実験を遂行する技能が養われるようになっている。

盲学校でもこの点は同じである。しかし、盲児童生徒の場合には、二つの問題がある。その一つは、一般の基本操作法は、視覚をよりどころにして行うものが多く、そのままでは盲児童生徒には困難なものが多いということである。そこで、基本操作の方法を、視覚以外の感覚によって行う方法にしなければならない。もう一つの問題は、盲児童生徒の場合は、一般の基本操作のさらに基礎となるような操作法、たとえば、試験管に水を入れたり、ビーカーなどの目盛り線に合わせて液体を入れたり、スポイトで液体を吸い上げることなど、一般の児童生徒なら視覚による模倣によって自然に身につける動作の一つひとつを、手をとって指導しなければならないということである。盲児童生徒、特に先天盲児童生徒は、このような初歩的、基本的な操作の段階でつまづいていて実験に手が出せない場合も多い。実験に必要な操作のすべてにいていねいな指導が必要である。この指導がなければ、盲児童生徒が主体的に実験を行うことはできないのである。

このような基本操作を指導するためには、視覚に頼らない基本操作の方法を工夫し、系統的に指導することが必要である。しかし、本研究でとりあげた指導実践例以前には、盲生徒に実験の基本操作を系統的に指導した実践報告は存在しな

かった。また、本指導実践例は、鳥山（1970,1971,1973,1975）によって詳細に報告され、その後、点字教科書などにも基本操作法が掲載されるようになったが、この実践例についての検討が十分になされたわけではない。

## 2. 本研究の目的

本研究では、第一に、当時の指導記録に基づき、指導の対象となった生徒の実態、指導の経過、および指導の結果を明らかにする。第二に、基本操作の指導の年間の授業計画における位置付けについて検討する。第三に、この指導の意義を、序論において整理した「視覚障害児童・生徒の実験・観察の困難点」に照らし、どのような困難が解決されたのかを検討する。

## II 分析の対象とする指導実践例の枠組み

### 1. 指導対象とする生徒の実態

本指導実践例の対象生徒は、実験の基本操作の習得ができていない中学部3年生の盲生徒2名である。

本生徒の学年では、この2名だけが盲生徒で、他の生徒は弱視生徒である。本指導の前年、中学部2年生当時の化学実験では、弱視生徒が行う実験の結果を部分的に触ってみたり、教師に手を添えてもらって感光器を用いて色の変化を調べたりすることはできたが、自分から実験操作をしようとはしなかった。教師が彼らに実験操作をさせようとするると喜んで手を出すのが、いざ、やらせてみると、試験管に水を入れるという基本的なことさえ手をとって指導しなければならない状態であった。そのため、実験が中断してしまい、弱視生徒が手持ち無沙汰になったり、盲生徒にとっては操作方法の習得そのものが授業の目的であるかのような印象になってしまうなどの弊害が出てきた。そこで、この年度は、授業中に盲生徒自身が化学実験を行うことはできない状態であった。

そこで、それまでの実験の体験を、本人および担任の教師に対する聞き取りによって調べたところ、この盲生徒たちは、化学実験を自分の手で行った経験がないことがわかった。また、二人の日常生活動作には特に問題はなく、クラブ活動の盲人野球で活躍していることから、実験の基本操作ができないのは、本人の能

力に問題があるのではなく、これまでに系統的な指導を受けていないためであると考えられた。

指導開始時における対象生徒のプロフィールを Table 1 に示す。

Table 1 対象生徒のプロフィール (1970年9月現在)

| 生徒 | 視力   | 学年 (年齢)  | 所見                 |
|----|------|----------|--------------------|
| A  | 光覚   | 中3 (17歳) | 二人とも寄宿舎生。学業成績は中程度。 |
| B  | 眼前手動 | 中3 (14歳) | 盲人野球クラブで活躍している。    |

## 2. 指導の目的

- 1) 主として中学部で行う化学実験に必要な基本操作を、実際に盲生徒に行わせながら必要に応じて改良することによって、盲生徒に無理のない基本操作の方法を明らかにする。
- 2) その操作に習熟させるための系統的な指導を行うことによって、基本操作能力の向上をはかる。

## 3. 指導の方法

指導内容の決定と、指導の方法は次のとおりである。

指導内容を決定するために、まず、主として中学部で行う化学実験に必要な基本操作をとりだして項目の整理をした。次にそれぞれの操作を盲生徒にやらせてみて、無理なくできるかどうかを観察した。操作方法としては、『盲学校理科実験と観察 盲児童生徒編』に記載されているものはその方法で、記載されていないものは通常の基本操作を盲生徒向きに修正して指導した。いずれの場合も、確実な操作を行うための、視覚以外の手がかりを明確にすることを心がけ、盲生徒自身がその手がかりを意識して操作するように指導した。その上で、操作に無理があると判断されたものについては、操作方法や器具に改良を加えた上で盲生徒に操作を行わせ、フィードバックを重ねて基本操作の方法を確立していった。さらに、個々の基本操作の組み合わせである化学実験、たとえば気体の発生実験

を二人に行わせてみて、その実験を遂行できれば、基本操作能力が身につけると判断した。

#### 4. 指導期間および時間、指導場所

第1期・・・1970年9月から11月までの正味約60日。毎朝始業前30分。

第2期・・・1970年12月から1971年5月までのうち、約20日。毎朝始業前30分。

指導場所は、愛知県立岡崎盲学校の理科室である。

#### 5. 指導する基本操作の項目

下記の項目は、この指導でとりあげた化学実験の基本操作である。これらは、⑮をのぞいて、中学部の化学の授業でおこなう実験に必要な基本的な操作である。⑮は、必ずしも必要な能力ではないが、生徒の希望でとりあげたものである。

##### 第1期にとりあげた基本操作

- ① 試験管に粉末試薬を入れる。
- ② 試験管に、水または液体試薬を入れる。
- ③ 試験管に入れた試薬を振り混ぜる。
- ④ 感光器で液面を調べたり、沈殿の生成や色の変化を知る。
- ⑤ 濾過をする。
- ⑥ 凸図で示された実験装置を組み立てる。
- ⑦ アルコールランプの点火と消火
- ⑧ 気体の発生と捕集
- ⑨ 盲人用上皿てんびん、盲人用ばねばかりの使い方
- ⑩ 実験器具を洗って片付ける。

##### 第2期にとりあげた基本操作

- ⑪ 注射器を使って、水や液体試薬をはかりとる。
- ⑫ ガスライターを使って、ガスバーナーに点火したり、集めた気体に点火すること。

- ⑬ 試験管に入れた液体の加熱
- ⑭ 盲人用電流計、盲人用電圧計の使い方
- ⑮ ガラス管を切る、曲げる、伸ばす。 ゴム栓の孔あけ。ゴム栓にガラス管を通す。

### Ⅲ 指導の結果

#### 1. 盲生徒のための基本操作法と、指導上の留意事項

この指導実践によって、上記 15 項目のすべてについて、盲生徒が自分の手で実験を行うための方法、手順を示すことができるようになった。

これらの基本操作は、一般の実験操作と同じでよいもの、操作方法の一部を改良することで基本的には同じ操作ができるもの、盲人用として特別に作られた実験器具を使うものという観点で三つのグループに分けることができた。また、いずれの場合にも、一般の生徒の場合とは異なる指導上の留意点があることが分かった。次に、各グループごとに、基本操作の方法と、指導上の留意事項を具体的に示す。なお、今回指導した基本操作項目は、いずれも盲生徒にも可能であった。

#### (1-1) 一般の化学実験の基本操作が盲生徒にも可能なもの

このグループに該当するものは上記 15 項目中、7 項目である。視覚に頼らず自分の感覚を使うように指導することで、基本的には一般の器具・方法で操作が可能なものである。次にその操作と、指導上の留意点を示す。これらの留意点は、本授業で特に工夫したことがらである。なお、操作の番号は、上記 15 項目の番号で示す。

#### ③ 試験管に入れた試薬を振り混ぜる。

留意点：試験管を振り子のように動かすよう、手をとって教える。

中の液体が音を立てて動いていれば、正しく振れていると考える。

なお、ここで「振り子のように」という指示をしたのは、一般によく言われる「試験管の底が円を描くように」という指示では、手首を固定したまま試験管が円を描くように動かしているために、中の液体は揺れていないことがあるためである。



⑥ 凸図で示された実験装置を組み立てる。

留意点：凸図から実験装置のイメージを描くことができるよう、凸図と実物を対照させて触って理解させる。

実験装置を組み立てる前に、それぞれの器具の名称と使い方を指導する。

鉄製スタンドの使い方は別に指導する機会を設け、鉄製スタンドの構造、各クランプの働き（クランプを手で支えてねじをゆるめて、どの部分が動くか）を理解させる。さらに、試験管を任意の角度や高さでスタンドに固定することができるよう指導する。

⑦ アルコールランプの点火と消火

留意点：アルコールランプを左手で押さえ、右手で点火、消火をおこなう。

マッチの擦り方、持ち方は別に指導する。

ランプの芯にマッチをつけたら、芯の上に手をかざして確認する。

⑧ 気体の発生と捕集

留意点：発生装置にフラスコなどを使うときは転倒防止のため鉄製スタンドに固定する。

二又試験管のしくみと使い方を別に指導する。

気体誘導用のゴム管が折れ曲がらないよう注意させる。

水上置換、上方置換、下方置換などの方法をそれぞれ別に指導する。

水上置換の場合の気体が発生する音、気体が試験管に満たされたときの音に注意させる。気体のにおいに注意させる。

⑩ 実験器具を洗って片付ける。

これは一般の方法をそのまま応用できる。『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』には、器具の洗いが詳しく記されているが、内容は一般の方法とほとんど同じである。

⑫ ガスライターを使って、ガスバーナーに点火したり、集めた気体に点火すること。

留意点：ガスライターの先をガスバーナーの筒の先に差し込み、スイッチを押してからガスを送る。集めた気体に点火するときは、スイッチを入れてからガスライターの先を気体にふれさせる。

- ⑮ ガラス管を切る、曲げる、伸ばす。 ゴム栓の孔あけ。ゴム栓にガラス管を通す。

これらは、一般の方法を手をとって指導することで可能である。

(ただし、ガラス管を曲げる、伸ばすは(イ)に該当する)

(1-2) 操作方法の一部を改良することで基本的には同じ操作ができるもの  
15項目中6項目(ただし⑮は一部)がこれに該当する。以下に、その項目と、  
一般に行われている方法に比べての改良点を記す。

- ① 試験管に粉末試薬を入れる。

改良点：薬包紙に固い紙を用いる(このことは本授業で考案された。その過程については後に記す)。

- ② 試験管に、水または液体試薬を入れる。

改良点：スポイト、滴瓶、駒込ピペットを用いる(これらの器具が盲生徒に  
適当であることは『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』に記載されている。  
しかし、使い方の指導法については触れられていない。本授業ではこの指導法を研究した。  
これについては後に記す)。

- ⑤ 濾過をする。

改良点：ロートより大きい濾紙を使う(このことは、『盲学校理科 実験と  
観察 盲児童生徒編』に記載されている。本授業で新たに修正した  
点はない)。

- ⑪ 注射器を使って、水や液体試薬をはかりとる。

改良点：注射器のプランジャーを引き上げる高さを示す指標をとりつける。  
(この工夫は『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』に掲載されている。  
本授業ではこれと同じものを作って利用した。この時点では新たに修正した  
点はなかったが、後に注射器を利用した分注器として改良した。このこと  
については、後に記す。)

- ⑬ 試験管に入れた液体の加熱

改良点：直火で加熱する場合に、試験管の底部が炎から外れないようにする  
ためにスタンドのリングを補助にする工夫が『盲学校理科 実験と  
観察 盲児童生徒編』に記載されている。本研究では、これを修正

して三脚に三角架をとりつけ、それを手がかりにして加熱する方法を考案した。

- ⑮ ガラス管を切る、曲げる、伸ばす。 ゴム栓の孔あけ。ゴム栓にガラス管を通す。(このうち、曲げる、伸ばすについて)

改良点：ガラス管を三脚に載せて加熱し、軟化して両端が下がってきたら、炎から外し、重力にまかせて曲げる。

(1-3) 盲人用として特別に作られた実験器具を使うもの

上記 15 項目のうち次の 3 項目がこれに該当する。

- ④ 感光器で液面を調べたり、沈殿の生成や色の変化を知る。  
⑨ 盲人用上皿てんびん、盲人用ばねばかりの使い方  
⑭ 盲人用電流計、盲人用電圧計の使い方

④の操作を盲生徒に行わせてみると、試験管の外壁に感光器のセンサー部分を垂直に当てるのが難しいことが分かった。外壁が曲面であるために、センサーの先端部が滑ってしまうためである。このような操作上の問題については『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』には記載されていない。そこで、本研究では特別な試験管立てを作成し、感光器の使い方を指導した。この詳細については後に記す。

⑨と⑭については当時開発された器具の使い方に沿って指導した。

## 2. 本授業によって開発された指導法の実例

本授業によって、実験器具に修正を加えたり指導法を工夫したもののうち、試験管に粉末試薬を入れる方法、感光器で試験管内を観察するための試験管立ての工夫、駒込ピペットの使い方の三つの項目について、その工夫の経過や指導法を以下に示す。このうち、試験管に粉末試薬を入れることや駒込ピペットの使い方は、一般の児童・生徒の場合には特に指導しなくとも動作の模倣ができるものであり、感光器は盲児童・生徒にだけ必要な器具である。したがって、この三つは、いずれも盲学校だけに必要な指導内容である。ここで生み出された基本操作法は、現在では盲生徒のための化学実験の基本操作の方法として定着し、『観察と実験

の指導』(文部省 1986)にも掲載されている。

### (2-1) 試験管に粉末試薬を入れる方法

試験管に粉末試薬を入れることは、晴眼者にとっては何でもないことである。しかし、盲生徒は、まずこのことができなかった。そこで、次のような試行錯誤を経て、最も簡単で確実な方法が見つけた。

- ① 初めは、濾過に用いるロートを使ってみた。試験管にロートを差し込んでロートの口から薬品をいれた。ロートの口は広いので、ここまでは全く問題なく行うことができる。しかし、粉末がロートの脚部に詰まってしまう、うまくいかなかった。ロートの脚の内径は小さく、あくまで液体が通るためのものであって、粉末を通すのは無理であった。
- ② 次に、紙をメガホン状に形作り、試験管の口にあてがうことを思い付き、やってみた。ところが、メガホンの口が狭いと試験管の口に差し込んだときの安定はよいが粉末が詰まりやすく、口が広いと試験管の入り口に当てて押さえておくのが難しいことが分かった。
- ③ 次に考えたのが、点字紙のような固い紙を薬包紙の大きさに切って折り目をつけ、紙に載せた薬品を滑らせて入れる方法であった。この方法は、一般の人が粉末の薬を飲むときに、薬包紙に載せた薬を滑らせて口に入れるのと同じ方法である。試験管に粉末試薬を入れるときにも、一般の人は同じ方法で行うことができる。ところが、盲生徒にこの方法でやらせてみると、うまくいかない。その様子を観察していると、薬包紙をぴんと張らせた状態で試験管の口にあてがうことが難しいことがわかった。ほんの少しでも強く押さえると、薬包紙がゆがんだり折れ曲がってしまうのである。薬品が紙の上を滑って試験管の中に落ちていくためには、紙がぴんと張っていなければならない。そこで、紙が固ければうまくいくのではないかと考え、薬包紙を点字紙に替えることで成功したのである。この方法では、2, 3回の練習で確実にできた。また、試験管内に薬品が入ったかどうかを確認するには、試験管を振って音を聞くとよいことがわかった。初めて練習するときには、食卓塩のように、紙の上をすべりやすく、試験管を振ったときにもはっきり音がする結晶を使うと失敗が少なかった。

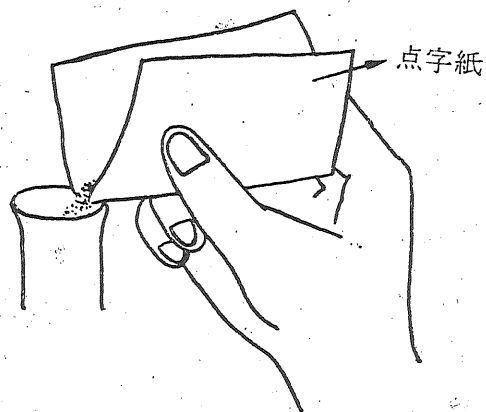


Fig. 1 粉末試薬を試験管に入れる

薬包紙の代わりに点字紙を使う。

(点字紙でなくてもよいが、ケント紙のように、固くて表面が滑らかな紙であることが大切。)

## (2-2) 駒込ピペットの使い方の指導

『盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編』（文部省 1967）では、「液体の体積測定」の方法の一つとして、「大・小いろいろなスポイトを用意し、あらかじめそれぞれのスポイトの吸い上げる液量を測って、その量をスポイトに表示しておく。」という記述がある（同書 p21）。これは、スポイトのゴムをつぶせばいつもほぼ決まった量の空気が排出され、排出された空気と同体積の液体が入ることを利用したものである。しかし、この指導書には、この操作を盲生徒に習得させるための方法が書かれていない。

本指導実践において、盲生徒に駒込ピペットを使わせたところ、次のような問題があることがわかった。

### 盲生徒が駒込ピペットを使うときの問題点

- ① ピペットが液体を吸い上げる仕組みが分からない。つまり、ゴムをつぶすという操作と、水が吸い込まれることとの関係が分からない。
- ② ゴムをつぶすタイミングが分からない。
- ③ ピペットのガラス管の先を液体に入れ、ゴムキャップを押していた指をゆるめたとたんに持ちあげてしまうので、液体がガラス管の中に十分に入らず、代わりに空気が吸い込まれてしまう。そのため、一定量の液体を取ることができない。
- ④ 液体を入れる試験管の入り口をピペットの先で探そうとするので、ピペットの先の薄いガラスの部分が試験管にぶつかって欠けてしまう。
- ⑤ 液を入れる試験管の底までピペットを差し込むので、液を出し終わってゴムキャップを押している指をゆるめたとたんに、試験管内の液がピペットに逆流してしまう。

このような問題が起こるのは、盲生徒が教師のやっている操作を見て真似ることができないことと、自分が行った操作の結果すなわち、どういう操作によって水が吸い込まれるか、どういう操作によって逆流してしまうかなどを、視覚で確認し行動に反映させることが難しいためである。

そこで、技術の習得のためには、次の二つの側面からの指導が必要であると考

えた。

器具のしくみの理解・・・駒込ピペットの構造を観察し、水が吸い込まれるしくみを理解する。

操作法の理解・・・操作を、ステップに分け、一つ一つを確実に行うことができるように手を取って指導する。

また、具体的な指導は次のとおりである。

器具のしくみの理解に関して

- ① 駒込ピペットのガラス管の先を手のひらに当ててゴムをつぶしてみる。  
(このとき、空気が出てくることが感触で分かる。)
- ② ①で空気を出した駒込ピペットのガラス管の先を手のひらに当てたまま、駒込ピペットのゴムをゆるめる。(空気がピペットの中に吸い込まれていくことが感触で分かる)。
- ③ ②のとき、駒込ピペットの先が水の中にあれば、ガラス管の中に水が吸い込まれることを理解する。また、そのとき、吸い込まれる水の体積は、①で排出された空気の体積に相当することを理解する。

操作法に関して

- ① 液体の入っている試験管Aと、その液体を移そうとする試験管Bを、試験管立てに並べて立てる。(右利きの人は、Aが左、Bが右がよい)
- ② Aの試験管の入り口を左手の親指と人さし指で挟むように持つ。この指先の場所が試験管の入り口である。そこに駒込ピペットを差し込むが、最初から差し込もうとせずに、ピペットを立てたまま横方向から近づけ、試験管に触れたらピペットをまっすぐ持ち上げるとよい。これは、白杖で階段を確認するときと似た動作である。
- ③ ピペットのゴム(注)をつぶして液体の中に入れる。底まで入れるが底に強く押しつける必要はない。
- ④ 先が底についたらゴムを静かにゆるめる。ゆるめてから2秒くらい待つ。ピペットの中に液体が吸い込まれるのに時間がかかるからである。
- ⑤ ピペットを持ち上げる。同時に左手は試験管Bの入り口をさがし、②と同

様にして、ピペットを試験管Bに入れる。ただし、このときは、ピペットの先は試験管の中に少し差し込まれていればよい。深く差し込むと液が逆流することがある。試験管の入り口にピペットが入っているかどうかを確認するには、ピペットを軽く動かし、試験管の内壁に触れるとよい。ピペットの先が試験管に入っていることを確認したら、ゴムをつぶして、液を流し出す。

(注：ここでは、駒込ピペットの上部のゴムキャップを「ゴム」と書いたが、正式には、この部分が「スポイト」である。ピペットは細いガラス管に計量のための標線のついたものを指す。駒込ピペットはスポイト付きのピペットである。)

#### 指導の結果

上記のように段階を追って指導した結果、駒込ピペットを用いて水を試験管に入れたり、試験管に入っている水を別の試験管に移すことが容易にできるようになった。また、この操作は、気体発生実験において、塩酸を安全ロートに入れる時などにも応用することができた。



### (2-3) 感光器を使って試験管内の液体を調べるための、試験管立ての工夫

感光器で試験管内の液体を調べるときには、Fig. 2のように、感光器を試験管に垂直に当てる必要がある。しかし、試験管の壁は曲面なので、感光器を直角に当てるのが難しい。Fig. 2では感光器の先に右手の人さし指を添えることで、感光器の先端がガラスに直角に当たるガイドの役割をしている。この方法は、メスシリンダーや太い試験管に感光器を当てるときに有効である。

しかし、試験管ではこの程度のガイドでは難しいことがある。そこで、本研究では、Fig. 3のように感光器を差し込むスリットをつけた試験管立てを作り、Fig. 4のように、感光器を使うときに用いた。その結果、スリットに感光器のセンサー部分を差し込むだけでセンサーを垂直に試験管に当てることができ、盲生徒にも容易に確実な感光器の操作ができるようになった。この研究では木製の試験管立てを試作したが、後に筆者が筑波大学附属盲学校に赴任してからは、プラスチック製の試験管立ての前面に透明なプラスチックでスリットをつけ、さらに底部にプラスチック板を張って転倒防止にも役立つようにしたものを作成した（鳥山1982）。この試験管立ては筑波大学附属盲学校では現在も使われているほか、『観察と実験の指導』（文部省1986）にも紹介されている。

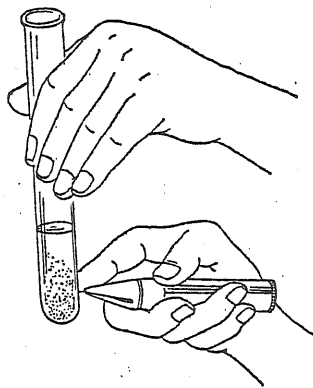


Fig. 2 感光器を使って、色の変化や  
沈殿の生成を知る。

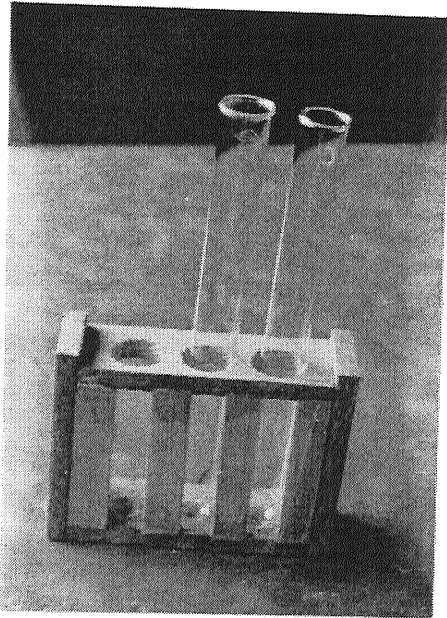


Fig. 3 - 1

感光器が試験管に垂直に当たるよう、  
ガイドとして、スリットをつけた  
試験管立て（自作）

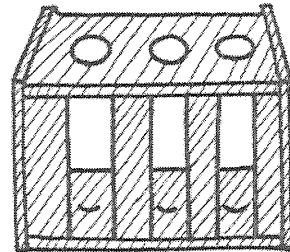


Fig. 3 - 2

（ Fig. 3 - 1 の説明図）



Fig. 4 上の Fig. 3 の試験管立てを使って、感光器で試験管内を  
観察している。（1970年 愛知県立岡崎盲学校）  
当時の感光器はイヤホン付きであった。

### 3. 指導の効果

第1期の指導により、この二人の盲生徒は化学実験の基本操作①～⑩ができるようになった。岡崎盲学校では、1971年度から理科実験の授業の一部に理科実験助手の協力が得られたこともあり、この二人の生徒は授業中も二人だけの実験グループをつくり（他の生徒は弱視生徒であった）、理科助手に見守ってもらって中学3年生の化学分野（イオンの反応、気体の発生と性質）のすべての実験をやりとげることができた。

中学部2年生の時には全く実験に手を出すことができなかった二人の盲生徒が、基本操作の指導の結果、自分達の手で実験を行うことができるようになったわけである。さらに、この二人の生徒は高等部で化学を履修したが、中学部3年生の時に習得した基本操作を事前の練習なしに、すべて一人で行うことができた（鳥山 1972）。基本操作の習得が化学実験遂行の力を育てたことは明らかであろう。

このように、第1期の指導によって、ひとつおりの基本操作が習得でき、ほとんどの実験が可能になった。したがって、第2期の指導は、緊急の必要性によるものではなく、二人の生徒がこの指導の継続を楽しみにしていたために続けたという意味合いが強い。さらに、この二人の生徒は理科に自信を持ち、1972年度には理科のクラブ活動を発足させた。

#### IV その後の操作方法の改良と、年間指導計画への位置付け

##### 1. その後、改良された基本操作方法

上記 15 項目の基本操作の中には、今日までに修正が加えられたものがある。具体的には次のとおりである。

##### 1) 実験器具の進歩に伴う修正（特に指導をする必要がなくなったもの）

上記 15 項目のうち、⑨、⑭ は、1970 年頃に使われていた、盲人用上皿てんびん、盲人用ばねばかり、盲人用電流計、盲人用電圧計などが、その後使われなくなったり、新しい方式の器具ができたりしたために、1970 年当時の操作法は器具とともに消滅した。

盲人用上皿てんびんと盲人用ばねばかりは、もともと値段が高い上に仕組みが複雑だという問題があり、実際には、一般の上皿てんびんやばねばかりを使うことが多く、自然消滅に近い形で器具が使われなくなった。ばねばかりは、指針がさわられるタイプのものを選び、触ってわかる目盛りをつけることで盲生徒にも使えるようになる。使い方の指導は特に必要がないため、基本操作の指導からも除外された。

また、一般の上皿てんびんを使うときは、指針の部分を指ではさんだり、左右の皿の下を軽くさわることで釣り合いを確かめる方法がとられていたが、1981 年に日本視覚障害理科教育研究会の第 1 回大会において、大川吉昭氏が発表した「感光器で釣り合いを知る工夫」（大川 1982）により、音で釣り合いを知ることができるようになった。これは、一般の上皿てんびんに、わずかな修正を加えるだけのものであるため、年度初めの指導項目からは外し、使用するときには指導する方法に改められた。

1970 年当時の盲人用電流計、電圧計は、木製の箱の内部にある電流計（電圧計）の指針を、箱の外部（上面）の探針を動かして探し、両者が重なった場所で音が出るという仕組みであった。しかし、指針探知がやや難しく、次第に使われなくなっていった。その後、筑波大学附属盲学校などでは、一般の電流計、電圧計の表示部の覆いを取り払って、指針に直接接触して測定するようにしていた。その後、信号音の組み合わせで数値を表示する音響式電流計、電圧計がメーカーに

よって作られ、普及した。これらは、従来の盲人用電流計等に比べれば使い方が易しいので、実験の直前に使い方の指導をするだけで十分であり、特に時間をかけて操作方法を指導する必要はなくなった。

## 2) 実験環境の変化による修正

1970年当時、岡崎盲学校では、理科の実験にアルコールランプを使うことが多かった。しかし、1974年に新しい理科室ができたのをきっかけに、アルコールランプを使うことは少なくなり、ガスバーナーが主として使われるようになった。そのため、アルコールランプの指導はほとんど行わず、ガスバーナーの指導に力点が置かれるようになった。

## 3) 生徒の能力による修正

1971年に岡崎盲学校で行った基本操作の指導においては、ガスバーナーの点火はガスライター（当時はガスマッチと呼ばれていた）で行っていた。しかし、マッチが使える生徒に対しては、次第にマッチで点火する方法になっていった。



Fig. 5

愛知県立岡崎盲学校における  
化学実験の基本操作の指導（1970年）  
気体発生用の安全ロートのついた三角  
フラスコを、転倒防止のためスタンド  
にとめているところ



Fig. 6

基本操作の指導の応用（1970年）  
Fig. 5の装置で発生させた塩化水  
素を集めた試験管の口を指で押さえ  
て、水中で倒立させて、指を離すと  
ころ（指が吸い込まれる感触があり、  
水が試験管内に飛び込む）。  
手前に転がっているのは、感光器  
のセンサー部分とイヤホン。

## 2. 基本操作の指導の年間指導計画への位置づけ

### 1) 基本操作の指導を年間指導計画に位置づける必要性

愛知県立岡崎盲学校での指導実践は、盲生徒に対する基本操作の指導がほとんど行われていなかった事情に対応して特別授業として行ったものである。しかし、本来、実験の基本操作は、児童・生徒の実態や、授業で必要になる実験操作技能に応じて、日常の授業の中で指導されるべきものである。

そこで、この指導実践で明らかになった基本操作の方法を生かして、授業内容と関連させながら指導を行うための、授業計画における位置付けを明確にする必要があると考えた。

### 2) 年間指導計画への位置付けにあたっての考え方

指導内容は、化学を学ぶ学年の初めに時間をとって指導するもの、年間の授業の適当な時期に時間をとって指導するもの、実験の直前に指導するものに分けた。また、年度初めに指導する基本操作であっても、操作の練習だけが授業内容とは無関係に進められることがないように、一つの基本操作を習得したら、その操作でできる実験を行うようにし、基本操作の習得の意義を生徒が実感できるように工夫した。

### 3) 指導する基本操作の項目と指導の時期

基本操作は、指導時期に応じて、次のように分類した。なお、加熱方法一つをとっても、ビーカーに入れた湯（水浴）で温めるだけでよいもの、湯を入れたビーカーや水浴器を電熱器で加熱しながら使うもの、ガスバーナーの直火による加熱が必要なものというようにいろいろな方法がある。それぞれ用途も異なり、視覚障害生徒にとっての困難度も異なることから、実際の授業場面で、どの操作方法を使うかは、その都度、決められるべきものである。また、操作方法の難易度と、生徒の能力によって、特別に時間をとって指導することになるか、実験の直前に指導することになるかは、柔軟に考える必要が生じる。したがって、ここに、三つに分類したものは、あくまで、一つの指導例である。



### (3-1) 学年の初めに、集中して指導する基本操作

(基本操作の後のかっこ内に示したものが、その段階でできる実験である。)

- ① 試験管に水を入れる。試験管の振り方。
- ② 試験管に粉末を入れる。(①とともに、溶液を作る実験)
- ③ ガラス棒での沈殿の確認(ものの溶けやすさ、飽和、不飽和、過飽和などの実験)
- ④ 濾過(溶解の確認、吸着)
- ⑤ 駒込ピペットの操作法(銀鏡反応、密度の異なる液体を二層に重ねる。二層に分かれた液体の下層のみを取り出す。)

### (3-2) 年間の授業の中で、必要な時期に、特に時間をとって指導するもの

- ① ガスバーナーの扱い方(直火による加熱が必要な場合)
- ② 測定器具の使い方

### (3-3) 実験の直前に指導する基本操作

以下の基本操作については、各実験の直前に指導する。授業の中での指導の位置付けについては、第2章で検討する。

- ① 実験装置の組立(スタンドの使い方、加熱器具の配置)
- ② 器具を持つ手の向き、手の動かし方(例えば上方置換法によって気体を集める試験管の持ち方など)
- ③ るつぼばさみ、定量ピペットなど、いつも使うわけではない器具の使い方
- ④ 電熱器と水浴(ビーカーの湯)による加熱方法(100℃以下での加熱)

## V 実験の困難点の軽減に関する評価

本授業においては、化学実験に必要な基本操作について、盲生徒に適した方法を工夫しながら、系統的な指導が行われた。授業の結果、二人の盲生徒は、自分たちで進んで実験を行うようになった。このことは、本授業が、実験の困難点Cの軽減という点で、大きな成果を上げたと考えることができるであろう。

## 第2章 化学実験を始める前の指導に関する研究

### I 問題の所在と研究の目的

#### 1. 事前指導の必要性

一般的に言って、主体的な生徒実験のためには、実験の前に生徒が次のことを理解するための事前指導が必要である。

- ① 実験の目的
- ② 実験装置の全体像（一つひとつの器具の形と役割、装置全体）
- ③ 実験の手順
- ④ 実験器具の使い方
- ⑤ 実験中の自分の行動
- ⑥ 実験中のグループの他のメンバーの行動
- ⑦ 環境（教室の全体像、グループの数、机の配置、教師の位置など）

#### 2. 盲学校における実験の事前指導の特質

上記の7項目は、視覚障害の有無に関わらず必要な指導内容である。しかし、視覚に障害がない生徒の場合は、実験の前にこれらの事項の確認に要する時間は、50分の授業のうち、せいぜい10分か15分程度であろう。ところが、盲生徒の場合は、実験装置の全体像を理解するにも一つひとつ器具に触り、それを総合して全体のイメージを作り上げなければならず、初めての実験器具の使い方は一人ずつ手をとって指導しなければならない。こうした指導には時間がかかるため、盲学校では、化学実験を行う前の指導に時間をかける必要がある。

#### 3. 本研究の目的

盲生徒の主体的な実験にとって必要な事前指導の内容および、授業中での時間配分について、授業記録をもとに、その経過を辿り、困難点CおよびDの軽減という観点で、その効果を分析する。

## Ⅱ 分析の対象とする授業の枠組み

分析の対象とする授業は、気体の発生を扱う二つの授業である。気体の発生実験は、反応が速いため、反応の進行に応じた適切な素早い行動が要求される。このような、素早い行動は、視覚に障害のある、中学部1年生の実験としては困難度が高い。二つの授業のうち、二酸化炭素の発生実験は、小学校でも体験しているはずの実験であり、危険も少ない。そこで、この実験を最初に取り上げ、事前指導を丁寧に行うことにより、生徒が主体的に気体の発生実験を行うための基礎になる力を養う。また、アンモニアの発生実験は、中学部1年生の気体発生実験の中では、最も困難度が高い実験である。そこで、事前指導の徹底と、実験の一部に個別指導を取り入れることにより、盲生徒の実験遂行を図る。

### 1. 対象となる生徒の実態

筑波大学附属盲学校中学部1年A組（点字使用クラス）（7名）

この生徒たちは、視覚障害以外の障害を持たない生徒であり、既に、年度当初の授業で、実験の基本操作の指導を受けている。

### 2. 授業実施期日と実施する実験

1993年7月12日・・・ 二酸化炭素の発生実験

1993年11月11日・・・ アンモニアの発生実験

### 3. 授業の目的

二酸化炭素の発生実験では、二酸化炭素の発生方法、性質を学ぶとともに、二又試験管を用いた気体発生実験の基本操作、および、感光器による水溶液の色の変化の確認方法を学ぶ。

また、アンモニアの発生実験では、アンモニアの発生方法、性質を学ぶとともに、鉄製スタンドやガスバーナーを用いた直火による加熱法、上方置換法による気体の捕集などを学ぶ。

### Ⅲ 授業の実際 1 (二酸化炭素の発生実験の直前の指導)

#### 1. 実験の概要と特色

##### 1) 概要

石灰石と塩酸の反応で気体を発生させ、その気体が石灰水を白濁させることから、二酸化炭素であることを確認する。

##### 2) 特色

この実験を盲学校で行う場合の特色は次のとおりである。

##### (2-1) 気体発生器具として、二又試験管を使う。

通常の実験管を使って実験すると、試験管に石灰石と塩酸を入れたとたんに反応が始まり、急いで気体誘導管をつないで気体を捕集しなければならない。このように速い反応への対応は、視覚に障害のある生徒には負担が大きい。そこで、Fig. 7、Fig. 8のように、石灰石と塩酸を接触させずに入れることができる二又試験管を用いる。これを用いることによって、実験装置を組立て、準備を整えてから、落ち着いて反応を開始させることができる。

##### (2-2) 石灰水の白濁の感光器による確認

感光器はこれまでの実験で使っている。しかし、この実験では、これまでの感光器の使い方を一歩進めて、石灰水の白濁を透過光による観察と、反射光による観察の両方のやりかたで行い、両者の結果を総合して判断することを学ぶ。

この実験を、中学部1年生の生徒が行うために、実験の前に指導が必要だと思われる項目を、気体発生装置の取り扱いに関わるものと、石灰水の白濁の確認に関するものに分けて次のように整理する。

## 2. 実験の直前の指導の内容

### 1) 気体発生装置の取り扱いに関するもの

このことに関する指導項目は、二又試験管の使い方、気体誘導管の組み立て、試験管と気体誘導管の接続、気体の通り道の確保の4項目である。それぞれの内容は以下のとおりである。

#### (1-1) 二又試験管の使い方

二又試験管には、Fig. 7のように一方に窪み（内側に凸）がある。このことに気づかせ、そのわけを説明する。すなわち、窪みのあるほうに固体（石灰石）を入れ、もう一方に液体（塩酸）を入れ、試験管を傾けて液体を固体のほうに流しこめば反応を開始させることができること、途中で反応を止めるには、試験管を逆に傾けて液体をもとに戻せばよいことを理解させる。次に試験管を手にとって実際に傾けさせ、傾ける角度などを指導する。

#### (1-2) 気体誘導管の組み立て

まず、ゴム管とガラス管をどうつなげばよいかを考えさせる。どこと、どこをつなぐかが分かったところで、安全なつなぎ方、すなわち、つなぐ部分のすぐ近くを持ってつなぐことをいつも気をつけるように指導する。

#### (1-3) 試験管と気体誘導管の接続

試験管の口に気体誘導管のゴム栓をとりつける。このとき、安全のために試験管の口を左手で持ち、右手にゴム栓を持ってしっかりねじりこむようにはめる要領を身につけさせる。この操作は、気体の発生実験では頻繁にでてくるものであるから、安全で確実な方法をよく理解させ、習慣づけておくと、それ以後はその都度注意を喚起するだけでよい。

#### (1-4) 気体の通り道の確保

気体誘導管をつけた二又試験管を手にとって傾けてみる。そのとき、気体誘導管のゴム管が折れ曲がって気体の通り道をふさぐようなことになっていないか、手で触って確認する。折れ曲がるようであれば誘導管の向きを変えてみる。気体発生の場合に気体の出口が塞がると大事故につながることもある。これを防ぐために、ゴム管にエナメル線をらせん状に巻いて折れ曲がりを防ぐことも有効であるが、実験者自身がいつもそのことに注意を向けるように指導することが最も大切であることを指導する。

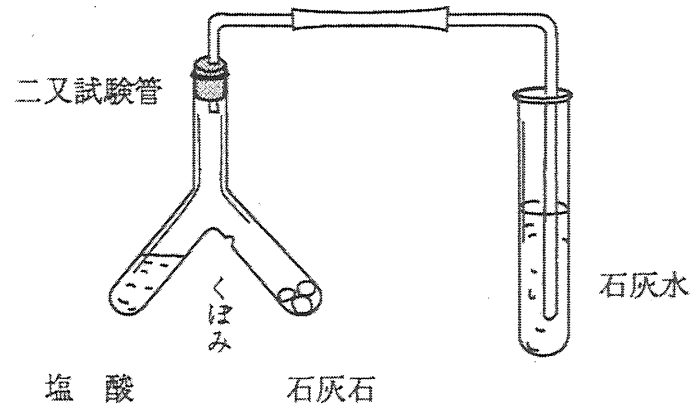


Fig. 7 二酸化炭素の発生と石灰水の白濁のための実験装置

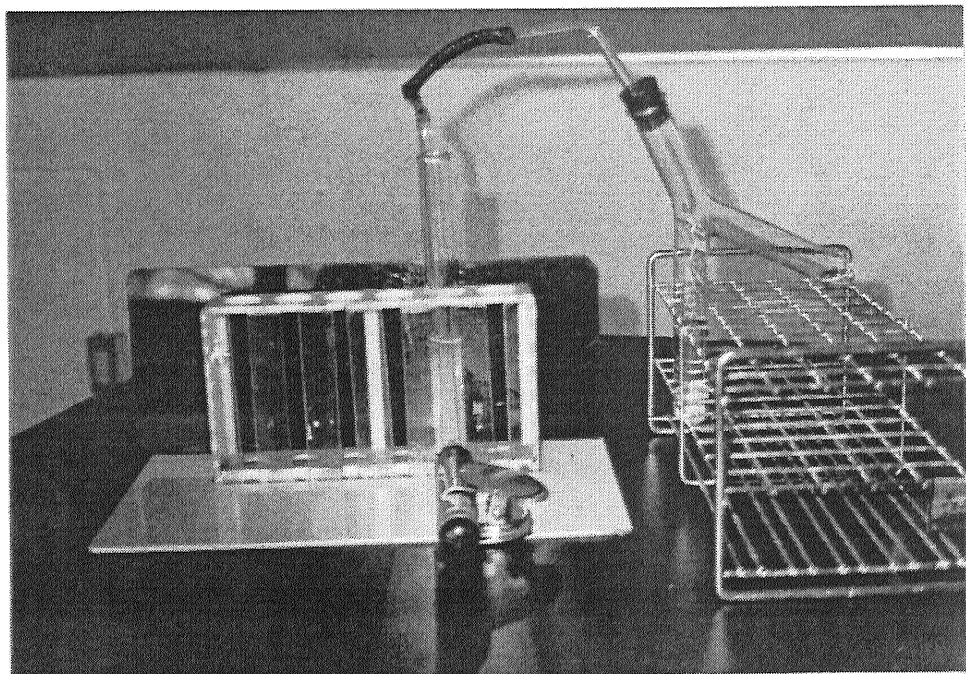


Fig. 8 二酸化炭素の発生による石灰水の白濁を感光器で観察  
 (手前が感光器。試験管立てには、底面に転倒防止のための板が貼ってあり、前面には感光器のガイドとしてのスリットがある。背面には黒い板を立ててある。また、ゴム管には、折れ曲がり防止のために、エナメル線のコイルがかぶせてある。)

## 2) 石灰水の白濁を観察するための事前指導

感光器は光の明暗を音の高低に変える器具である。感光器を用いて、石灰水の白濁を音の変化でとらえる方法は二つある。

一つは、Fig. 9 - a のように、透過光によって観察する方法で、石灰水が濁ると光が遮られるので感光器の音が下がる。

もう一つは、Fig. 9 - b のように、反射光を使う方法で、試験管の後ろに黒い板を立てて観察すると、石灰水が透き通っていたときに較べて、白濁したときのほうが、感光器の音が高くなる。Fig. 8 は反射光による観察である。

ここでは、b のように、反射光で観察する場合の事前指導について述べる。

### (2-1) 手による遮光に対する注意

反射光で観察する場合は、感光器は光源と試験管の間に位置するので、感光器を手で持つと、その手が光源からの光を遮ってしまうことがある。そこで、感光器は手で持たず、試験管の前に置いて用いる。盲生徒は自分の手が光を遮ぎるといふ現象を知らなかったり、遮っていても気づかないことがあるので、あらかじめ、よく理解させておくことが必要である。

### (2-2) 白い色、黒い色に対応する感光器の音の理解

試験管立ての後ろに黒い板を立てたり、白い板を立てたりして、その板に当たって反射する光を感光器で調べる。白いときは高い音、黒い時は低い音であることを理解させる。

### (2-3) 水を通して見える色の理解

水の入った試験管を、黒い板の前に置いたり、白い板の前に置いたりして、感光器で②と同じ結果になることを確認する。これは無色の水を通して背景がそのまま見えるためであることを説明する。

### (2-4) 白く濁った液の観察

水の入った試験管と、薄めた牛乳のように白濁した液が入っている試験管を黒い板の前に立てて、感光器の音の違いを比較する。このことにより、無色の石灰水より白濁した石灰水のほうが、感光器の音が高いことが理解できる。

以上のような準備を経てから実験をすることで、生徒は無色の石灰水が白濁していく様子を、感光器の音が次第に高くなることでとらえることができるのであ

る。なお、透過光で観察する場合は、石灰水が白濁すると濁りが光をさえぎるため、感光器の音が低くなる。このように、石灰水が白濁する現象は、感光器で観察すると、光源、試験管、感光器の位置関係によって、音の高低が逆になってしまうことがあるので、そのわけをていねいに指導しておく必要がある。しかし、一度実証的に理解させておけば、それ以後の実験では、このような事前指導はほとんど必要ない。

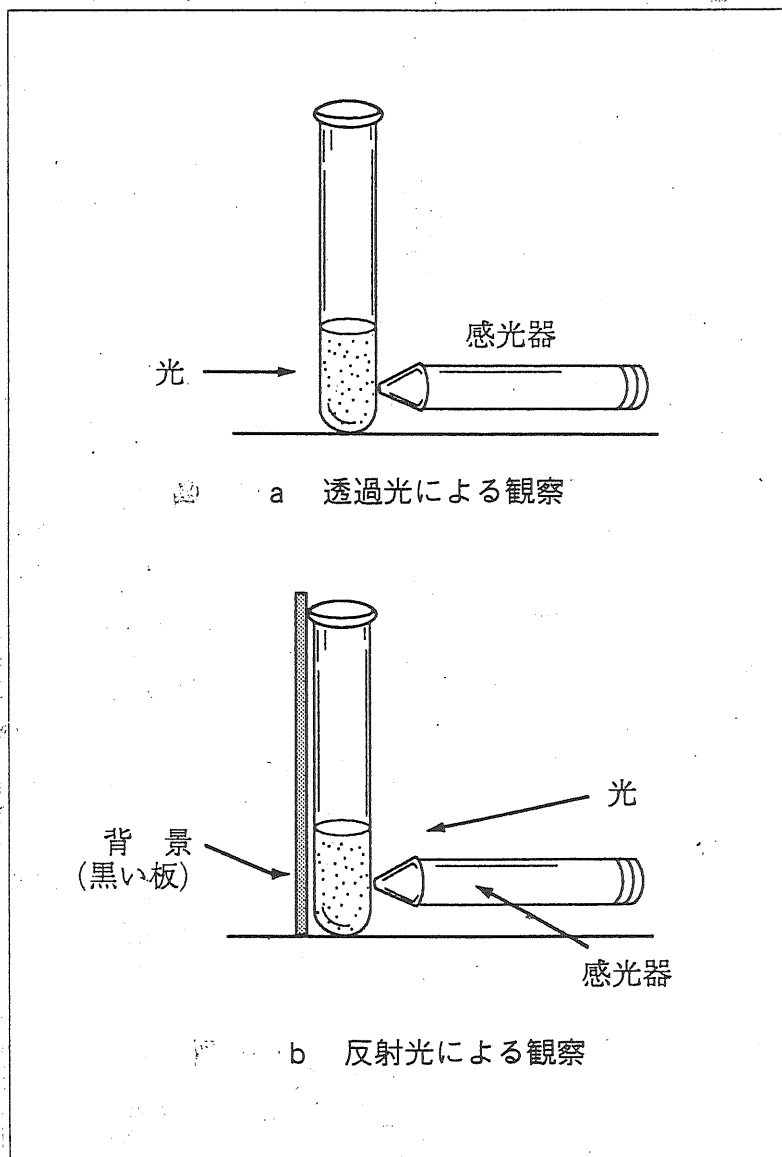


Fig. 9 感光器を使って、液の白濁を調べる実験



### 3. 実験の手順

以上のような事前指導で生徒が実験の全体像を理解することができたら、いよいよ実験を始める。

まず、二又試験管の窪みのついた管を下に向けて試験管立てに立て、試験管の口から石灰石の小片を入れる。次に二又試験管の他方の管を下向きにして試験管立てに立て、試験管の口から駒込ピペットでうすい塩酸を入れる。駒込ピペットの先を試験管の内壁につけて塩酸を押し出せば、塩酸は試験管の壁を伝って静かに底に溜まる。駒込ピペットの使い方は、どの実験にも共通する基本操作なので、化学の授業を始めるにあたって時間をとって練習してある。しかし、二又試験管の片方にだけ液を正確に入れる操作はここで新たに習得する技術なので、特に手を取って指導する。

次に、二又試験管の口に気体誘導管のゴム栓を正しい向きにしっかりはめる。ゴム管が折れ曲がらないように注意しながら二又試験管を傾け、塩酸を石灰石のほうに流し込む。シューツという音がして、石灰水にさしこんであるガラス管の先からは気泡が水中に出る音がする。

やがて、感光器の音が高くなってくる。この音の変化は、無色透明だった石灰水が白く濁った変化を示しているわけである。

### 4. 事前指導の時間および効果

#### 1) 時間配分

実際に授業を行った結果、この実験を遂行するのにかかった時間は次のようであった。

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| 二又試験管のしくみを理解し、実験装置を組み立てる | ・・・約 15 分 |
| 感光器での白濁のとらえ方を理解する        | ・・・約 15 分 |
| 実験（気体の発生、石灰水の白濁）         | ・・・約 15 分 |
| その他                      | ・・・約 5 分  |

以上のように、事前指導のために、授業時間（50 分）の半分以上の時間が使われている。しかし、事前指導が終わるときには、気体発生・誘導装置は組み立

てられており、誘導管の先のガラス管は石灰水の中に差し込まれており、石灰水が入った試験管は黒い板の前に立ててあり、その試験管からの反射光をとらえるために感光器がセットしてある状態が出来上がっている。また、この装置を使って何をするのかを、生徒が理解している。したがって、ここからは実際に二酸化炭素を発生させるために、二又試験管の中に石灰石と塩酸を入れ、ふたたびゴム栓をして試験管を傾ければよい。気体が発生し始めれば、石灰水はまもなく白濁し、反応は、数分で終わる。実際、事前指導に時間をかけても、実験は授業時間内に終了することができた。

## 2) 事前指導の効果

事前指導の結果、生徒が自信を持って積極的に実験に参加することができた。また、この実験は、二人一組で行い、一人が二又試験管で気体を発生する係り、もう一人が石灰水にガラス管を入れたり、感光器をセットする係りというような分担をするが、事前指導で実験の全体像が理解できているため、盲生徒どうしが声をかけあって全体の状況を把握しながら実験を進めることができた。

実験の直前の指導に 30 分もの時間をかけるような授業展開は一般の学校では異例なことかもしれないが、盲学校では、このような授業展開がむしろ望ましいと言えるであろう。

なお、事前指導では、実験結果を断定するような話し方はしないように気を付けた。つまり、「石灰水が白くなるので、感光器で見てください」という指示ではなく、「気体を石灰水に導いて、石灰水がどうなるか観察してください」という指示にするように心がけた。化学反応の結果を確認することよりも、自分で反応を予測し、判断することができることが大切だと考えたからである。

このように、生徒の発見を促す指導が可能であったことも事前指導の効果だと言えるであろう。生徒が実験の見通しを持っていたからこそ、このような問いかけの意味を理解して実験を行うことができたと考えられる。

## IV 授業の実際 2 (アンモニアの発生実験の直前の指導)

### 1. 実験の概要

アンモニウム塩からアンモニアを発生させるときには、Fig.10 のように試験管をスタンドに固定して加熱する。1960年代までの盲学校の化学実験では、このような方法をとらず、アンモニウム塩とアルカリの粉末を乳鉢の中ですり混ぜる「粉末実験法」を積極的に取り入れていた(林 1967)。また、『盲学校理科 実験と観察』においても粉末実験法が紹介されている(文部省 1967)。当時は、盲学校の生徒には加熱を伴う気体発生実験は困難であると考えられ、加熱の必要のない粉末実験法がてきしてしていると判断されたのであろう。しかし、盲学校でも、一般の学校で行う実験のほとんどが可能になってくるにつれて、できるだけ、一般学校と同じ実験を行うという考え方が強くなってきた。その場合も、盲生徒の特性に応じた修正は必要で、本実験の場合、一般の学校では、アンモニアの水への溶解性を視覚的に噴水実験によって見せるところを、盲学校では、各生徒がアンモニアを満たした試験管の口を親指でふさぎ、その指を水の中で離すという方法に修正した。これは、指を離そうとすると指が試験管に吸い込まれそうになり、無理に離すと試験管の中に水が飛び込んでくるという印象深い触覚的な体験ができることを意図したものである。

本実験では、事前に練習が必要な部分が二つある。一つは、スタンドを使って実験装置を組み立てること、もう一つは、アンモニア発生に引き続く一連の動作である。

### 2. 実験の直前の指導の内容

#### 1) 実験装置の組み立て

##### (1-1) 実験装置の観察

あらかじめ教師が Fig10 のように組み立てておいた実験装置(1セット)を交代で触って理解させる。このとき、試薬を入れた試験管とガスバーナーとの位置関係に注意をうながす。また、気体を誘導するガラス管が上を向いているわけを考えさせる。

## (1-2) 鉄製スタンドの使い方

実験装置を組み立てる前に、鉄製スタンド（以下スタンドという）を扱う練習を行う。まず、スタンドの台とポールの接続にゆるみがあれば締めさせる。次に、スタンドの3カ所のねじに注意を向けさせ、それぞれのねじの役割、すなわち、どのねじをゆるめればどの部分を動かすことができるかを理解させる。そのためには、生徒が自分で確かめてみるのが最も効果的であった。ただし、その前に、ねじをゆるめるときには、必ずクランプ（腕木）を手で支えて落下を防ぐことを忘れないように指導しておく。

## (1-3) 試験管のスタンドへの固定

ここで使う試験管は、まだ試薬を入れていない空の試験管である。試験管の高さや向きを調節してスタンドに固定する要領を空の試験管を使って指導しておくことが、後の実験をスムーズに行うために不可欠であった。手順は次のとおりである。

まず、スタンドの試験管はさみに試験管の口の近くをとめる。試験管の高さと向きをガスバーナーの高さに合わせて調節し固定する。試験管の向きはほぼ水平にし、試験管の口のほうをやや下げる。試験管の口が下げてある理由は、実験後の観察でわかることなので、ここでは触れない。（実験後にゴム栓を外すと、試験管の入り口付近に水が溜まっていることが分かる。）

## (1-4) 気体誘導管のとりつけ

試験管の口に気体誘導管つきのゴム栓をする。このとき、片方の手で試験管の口付近を持ち、もう片方の手でゴム栓を持ってねじり込むようにしっかり固定する。気体誘導管のL字管の曲がりの部分を握って押すとガラスが割れて手に刺さることがあり危険であることや、ゴム栓の固定がゆるいと気体を集める試験管の重さを支えることができないことなどに注意を向ける。気体誘導管をしっかりとりつけておくことが気体の発生実験では重要なので、これも事前にその操作を練習させておく。なお、各実験グループの生徒がゴム栓をしたところで、教師が点検して、しっかり固定できているかを確認し、ゴム栓がゆるい時は、もう一度やり直させて、ほどよい締め加減を理解させておくことが必要である。

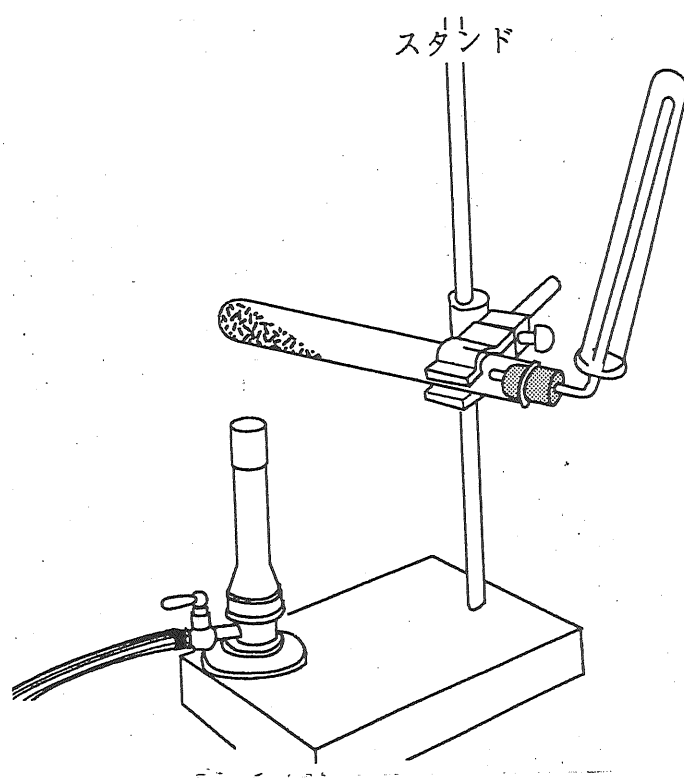


Fig.10 アンモニアの発生装置

## 2) 一連の操作を行うための動作に関する事前指導

本実験では、発生したアンモニアは上方置換法で集め、試験管の口を指でふさいで取り出し、水の中で指を離すことになっている。この一連の動作をスムーズに行うためには、試験管を持つ手の向きがポイントである。すなわち、手のひらを外側に向け親指を下側にして試験管を握るように持つことが大切で、この向きでないと、試験管を気体誘導管から引き上げた後の操作がうまくできない。このことを、ガスバーナーに点火して反応を開始する直前に、一人ずつ手をとって教えておかなければならない。

## 3. 実験の手順

本実験は、中学部1年生が行うため、安全面の配慮から、次のように一斉指導で行う部分と、個別指導で行う部分とに分けて実施した。

### 1) 実験装置の組み立て（一斉指導）

空の試験管を使って実験装置を組み立てたら、スタンドはそのままにして、試験管や気体誘導管をいったん装置から外し、試薬を入れて再び装置に取りつける。試験管に入れる粉末試薬（塩化アンモニウムと水酸化カルシウム）はビーカーの中でよく混ぜ合わせて試験管に入れる。粉末試薬を試験管に入れるには、第二部Iで示した方法による。これも学年初めに習得済みである。

装置を確認して、いったんここで、実験を中断する。

### 2) 気体発生からの一連の動作（時差をつけた個別指導）

本実験では、実験装置を組み立てることができたら、後はガスバーナーに点火することによって、ただちにアンモニアの気体が発生する。この反応が非常に速いため、中学部1年生の盲生徒にとっては対応が難しい実験である。特に問題があるのは、ガスバーナーに点火した直後に、次々に発生してくるアンモニアを試験管に集め、気体が満ちた試験管を手で持って引き上げ、直ちに指で塞ぎ、さらに、その試験管を指で塞いだまま、水中に倒立させ、水が勢いよく飛び込む感触を知るという一連の操作を要領よく行わなければならないところである。また、一人の生徒がアンモニアの満ちた試験管を引き上げた後、直ちに次の生徒がアンモニアの出ているガラス管の先に別の試験管をかぶせて気体を

集めなければならない。この操作はタイミングよく、連続して行わなければならない。タイミングが悪くと、アンモニアが実験室内に流れ出したり、試験管に十分に集められないうちにアンモニアの発生が終わってしまったりする。

そこで、実験装置を組み立て、試験管に試薬を入れるまでの操作が終わったら、その後はグループごとに時差をつけて実験することにした。

まず、最初に実験を行うグループの二人が教師に見守られて実験をする。他のグループの生徒は近くに集まって見学する。一つのグループの実験が終われば、次のグループの実験台に全員が移動する。第二のグループの生徒が実験を行い、他の生徒は見学する。これを繰り返して全グループが順に実験する。

このように時差をつけた個別指導を取り入れたことで、ガスバーナーの点火、アンモニアの発生の確認、試験管への捕集、水との反応という、矢継ぎ早に操作をしなければならない場面で教師の目が行き届き、困難さが伴う操作を無事に終えさせることができた。こうして、中学部1年生の盲生徒が自分で最初から最後まで操作を行うことができたわけである。

#### 4. 事前指導の時間および効果

##### 1) 時間配分

授業の結果、この実験を遂行するのにかかった時間は次の通りであった。

##### (一斉指導の段階)

スタンドの使い方の事前指導 . . . . . 約 10 分  
実験装置の組み立ての事前指導 (空の試験管を使って) . . . 約 15 分  
試験管に試薬を入れ、実験装置を組み立てる . . . . . 約 10 分

##### (時差をつけた個別指導の段階)

試験管を持つ手の向き、動作の指導・ガスバーナーの点火、気体の捕集  
. . . . . 1 グループ約 5 分、3 グループで約 15 分

以上のように、事前指導に 35 分かかり、50 分の授業時間の約 70 %の時間が

使われている。粉末試薬を試験管に入れたり、ガスバーナーを点火したりするなどの基本操作は既に年度初めに指導済みであっても、さらに、これだけの時間を事前指導にかけなければ、実験をスムーズに進めることはできなかったのである。

## 2) 指導の効果

事前指導の効果が特に大きかったのは、スタンドの扱い方である。実験の直前に自分の手で、スタンドについている3種類のネジを動かして確かめたため、どのネジをゆるめればどこが動くのかを理解することができ、自分の目的に応じて必要なネジだけをゆるめ、自在にクランプの向きや長さを調節することができた。

また、空の試験管を使って気体発生装置を組み立ててから、実験を始めたことも効果的であった。空の試験管を使っているために、試薬をこぼす心配をせずに、安心して装置の組み立てに専念することができた。そして、この段階で装置の組み立てを済ませてあるために、後に試験管に試薬を入れてからの操作も無理なくできたと言える。これは、操作を二段階に分けた効果でもあり、試験管をスタンドに留めると同じ操作を二度繰り返すことで練習効果もあったと考えられる。

ガスバーナーに点火する直前に、その後の一連の動作を行うための手の動きを指導した効果は極めて大きかった。盲生徒は教師の動作を見て真似ることができないため、特にこの実験の場合のように、ふだんの手の向きと異なる動きをするときは事前の指導が不可欠である。ふだん、試験管を持つときには、手のひらは内側を向き親指は上を向いている。したがって、特に指導をしなければ、実験の時も、ふだんどおりの持ち方をするのが普通である。しかし、この実験の場合は、手のひらを外に向け親指を下に向けて、逆さにした試験管を持たなければ、後の動作が続かない。このような動作を一人ひとり手をとって指導することの効果は大きく、しかも、一人の指導に要する時間は僅かなものであった。

実験の後半では、中学部1年生の実験技術を考慮して、時差をつけた個別指導を行った。このような時差を付けた実験が成り立つのは、それまでの実験操作を遂行することによって、生徒が実験の全体像を理解しているからである。生徒自身が実験の流れを理解しているからこそ、どの段階までは自分たちで進め、どの段階に来たら教師の指示を待つのか判断することができたわけであり、教室全体



の進行状況に気がつけているからこそ、他のグループが同じ段階になるのを待つことができたわけである。また、実験装置の全体像を理解しているからこそ、二人一組で助け合って実験することが可能なのであり、他のグループの実験中、まわりで見学しているときに耳をすませて実験の進行状況を知ることができたのも、一人一人の生徒が実験の全体像を理解していたからであると言える。

## V 実験の直前における基本操作の指導の効果

### 1. 授業のまとめ

本研究では、二酸化炭素の発生実験、およびアンモニアの発生実験を取り上げ、実験の前に指導する必要がある基本操作を取り出して指導した。

その項目は次のとおりである。

#### 1) 二酸化炭素の発生実験

##### (1-1) 二酸化炭素の発生装置に関するもの

(二又試験管の使い方、気体誘導管の組み立てなど)

##### (1-2) 石灰水の白濁を感光器で観察することに関するもの

(透過光、反射光による感光器の使いわけ

白い沈殿を示す、感光器の音との関係の理解)

#### 2) アンモニアの発生実験

##### (2-1) 鉄製スタンドの使い方

アンモニア発生装置の組み立て

(試験管の加熱、上方置換法による気体の捕集)

##### (2-2) 実験のときの手の使い方、動作

以上をまとめると、実験の事前指導の効果が大きい操作は、次の4項目に整理することができる。

#### ① 直前に指導することが効果的だと思われる実験操作

(二又試験管の使い方、鉄製スタンドの使い方)

#### ② 重要な観察内容に直接関わるもの

(石灰水の白濁を感光器で観察する方法)

#### ③ 複雑な操作を段階に分けて指導するもの

(アンモニアの発生装置)

#### ④ 実験操作に直接関わる動作

(手の向きなど)

## 2. 指導の効果

事前指導には、50分の授業のうち半分以上の時間が必要であった。しかし、この指導により、試薬を使って実際に気体を発生させるときには、スムーズに実験を遂行することができ、その段階では時間がかからなかった。盲生徒は教師の動作を模倣することができないので、手を取って動作の指導をする必要がある。この指導を実験の途中で行うと、その間に化学変化が終わってしまうことがある。特に、有毒な気体や刺激臭のある気体の場合は、安全対策の面からも、手早く実験操作を行う必要がある。この点からも、事前指導は効果的であった。

## VI. 実験の困難点の軽減に関する評価

主体的に実験するためには、どのような実験装置により、どのような操作を行って、どのような反応を観察するのか、全体的な見通しを持って臨む必要であり、実験に先立っての指導が行われる。したがって、実験の準備段階の指導は、盲生徒だけに必要なわけではない。しかし、盲生徒の場合は、特にこの段階での指導が効果的であった。これは、物体の形や操作方法を主として触覚で理解するという盲生徒の特性のためであると考えられる。

また、この事前指導により、その後の実験がスムーズに進行したことからも、事前指導を重視した授業が、盲生徒にとっての実験の困難点C（実験操作技能の不足に起因する困難）D（全体像の把握の困難）の軽減に効果があったと考えられる。

### 第3章 生徒の感覚を活用した実験指導に関する研究

#### I 研究の目的

盲生徒の実験は、ほとんどの場合、一般の人が行う実験を、実験器具を工夫して行い、感光器などの感覚代行機器によって、一般の人が観察する視覚的な事象を感覚代替して認識する方法をとる。たとえば、色が変わるような実験であれば、その色の変化を感光器によって、音に置き換えて認識するといった方法である。しかし、そのような実験を行っているときにも、盲生徒が彼らの感覚で、別の事象を発見することがある。たとえば、色が変わるときに、臭いも変わるといったことである。それらの発見は、同じ物質変化を他の感覚でとらえているときもあれば、同時に起こる多面的な変化の異なる現象を捉えていることもある。いずれにせよ、盲生徒の主体的な実験参加のためには、彼らの感覚による発見を授業の中に取り入れることが有効であろう。

そこで、本章では、盲学校の生徒の感覚による発見を実験方法に反映させた授業例を分析し、視覚障害生徒とのフィードバックにより実験方法を改良するプロセスを明らかにする。

## II 分析の対象とする授業の枠組み

ここでは、アルコールの水への溶解性に関わる実験の授業と、水素の燃焼を確認する実験の授業を分析の対象とする。

### II-1 アルコールの水への溶解性に関わる実験の授業

1. 生徒の実態 筑波大学附属盲学校高等部3年生  
高等部3年生で特に化学を選択した生徒たちである。
2. 授業の時期 1980年10月
3. 授業の目的と経過

#### 1) 実験の目的と方法

アルコールは一般式  $R-OH$  で表される形を持つ。この  $R-$  の部分は  $CH_3$ 、 $C_2H_5$  などの炭化水素の原子団である。この  $R$  の部分が変化するにつれて水との混ざり合いがどう変化するかを調べることで、アルコールを構成する二つの原子団  $R-$  と  $-OH$  の性質、ひいては、アルコールという物質の性質を考えることが実験の目的である。教科書の実験方法では、 $R-$  の部分が異なる5種類のアルコール、すなわち、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-ブタノールに、ほぼ同量の水を加えて、アルコールが水と一様に混ざり合うか、それとも二層に分かれるかを視覚的に判断することになっていた。それに対して、教師の準備した方法は、弱視生徒は教科書どおりの方法で、盲生徒は、二層に分かれているかどうかを感光器の音で判断しようというものがあった。

#### 2) 生徒の発見

実験により、各グループとも同じ結果を得ることができた。すなわち、1-ブタノールだけは水と混ざらずに二層に分かれるが、他の4種は水と一様に混ざり合うという結果である。そのとき、ある盲生徒から

「アルコールと水が混ざり合うときには温度が上がったが、混ざり合わないときは温度上昇がなかった。だから、温度に注目すれば感光器を使わなくても判断できるのではないか」

という意見が出された。

たしかに、エタノールと水を混合したときに、かなりの発熱があることはよく知られている。このことから考えても、生徒の意見は妥当であると判断された。しかし、他の生徒に尋ねたところ、気づいている生徒は少なかったので、温度変化に注意しながら再度実験してみることにした。すると、その生徒は、「温度の上がり方がアルコールの種類によって違うような気がするから、温度の上がり方の序列をつけてみよう。」

と提案した。

この観点で行った実験の結果は、どのグループも共通で、水と混ざり合ったアルコールは発熱の大きい順に、メタノール、エタノール、2-プロパノール、1-プロパノールの順で、水に混ざらない1-ブタノールでは発熱が感じられなかった。

### 3) 生徒の発見の検証

Table 2 は、この実験を再現して、そのときの温度変化を温度計で測定した結果で、生徒の感覚による観察と合致している。

Table 2 アルコールと水、各 5 ml を混合したときの温度変化

|          |             |          |
|----------|-------------|----------|
| メタノール    | 18.0 → 25.6 | 一様に混ざり合う |
| エタノール    | 18.9 → 24.8 | 一様に混ざり合う |
| 1-プロパノール | 18.7 → 20.0 | 一様に混ざり合う |
| 2-プロパノール | 18.6 → 22.7 | 一様に混ざり合う |
| 1-ブタノール  | 17.4 → 17.4 | 二層に分かれる  |

温度変化：混合前の温度 (°C) → 混合後の温度 (°C)

Table 2 から分かるように、視覚的には、各アルコールが水と一様に混ざり合うか、二層に分かれるかの区別ができるだけである。しかし、温度上昇に注目すれば、メタノール、エタノールはプロパノールより温度上昇が大きい。この実験結果は、メタノール、エタノールはプロパノールよりも水との結びつきが強いことを示唆している。さらに、このことは、親水性の原子団であるヒドロキシル基-OHが分子全体に占める割合が大きいほど、水との結びつきが強いという考え

方で説明がつく。

視覚的な方法によっても、観察を深める方法がある。それは、水と一様に混ざり合ったメタノール、エタノール、プロパノールに食塩（塩化ナトリウム）を飽和させるとプロパノールは水から分離してくる。さらに、水酸化ナトリウムを加えていくと、エタノールが分離する。最後まで分離しないのはメタノールであるという実験である。

この実験結果と、温度上昇から判断されたアルコールの水との結びつきの強さとは整合性がある。しかも、温度上昇に注目するほうが実験操作は簡単である。したがって、アルコールと水との混ざり方に関する実験は、視覚的に見分ける方法よりも、温度上昇に注目する方法が、より本質的で優れた実験方法であると言えるであろう。

なお、1-プロパノールと、2-プロパノールの発熱の違いについては、原子団の大きさからは説明がつかないが、分子の形の違いが反応性に影響を与える例として理解するには、良い教材であろう。

#### 4. 生徒の発想を取り入れた実験方法

以上のような経過を経て、この実験は次のような方法に修正された。

##### 修正にあたっての考え方

- ① 初めから温度変化に注目するように指示するのではなく、生徒が温度変化に気づくようにする。そのために、実験を2段階に分け、実験1では温度上昇に気づくことを目標にし、その段階で気づかなかった生徒にも温度上昇を確認させた上で次に進む。
- ② 実験2では、わずかな温度差に気づきやすくするために、発熱の感じられないブタノールから順に実験する。ブタノールで感じられなかった発熱が、次の2-プロパノールでは顕著に分かり、さらに、1-プロパノールでは、予想とは逆に、発熱が小さくなることで注意が喚起され、エタノール、メタノールの発熱を印象的にとらえることができる。実験条件としては、手が温かいと分かりにくいので、できれば暖房を入れていない部屋で、涼しい季節（秋）に実験するのがよいが、手が温かいときは、実験2に入る前に、手を冷やして行うとよい。

③ 発熱の度合いは温度計で測定するのではなく、先ずは自分の手の感覚にたよって判断させる。観察に当たっては、第一に感覚の活用が大切であることを実感させたいことと、温度計での測定はどうしても測定操作に関心が行ってしまうことを考慮したためである。

ただし、皮膚感覚に障害がある生徒の場合は別である。また、感覚による実験の後に、表に示した温度差について知らせる。この段階で、生徒から温度計による測定の希望がある場合は、新しい材料を与え、希望どおり測定させる。

#### 具体的な実験方法

具体的な実験方法は、次のとおりである。この実験は、発熱に生徒が気づいた翌年から、毎年の授業で実施されている。

実験題目 アルコール  $R-OH$  の、 $R$ の大きさと水との混ざり方

#### 実験 1

試験管にメタノールを約 3～5 ml (駒込ピペット 1 つまみ) 入れ、同量の水を加えて振り混ぜてみる。何か気がつくことはないか。

(ここでは、発熱していること、一様に混ざり合っていることに気づかせる。)

(メタン  $CH_4$  は水に溶けないが、メタノール  $CH_3OH$  は水に溶ける。この違いがヒドロキシル基  $-OH$  によるものであることに気づかせる。)

#### 実験 2

5本の試験管に、メタノール、エタノール、1-プロパノール、2-プロパノール、1-ブタノールをそれぞれ 3～5 ml とり、それぞれに同量の水を加えて、混ぜたときの発熱と、混ざり方を観察する。順序は、1-ブタノールを一番先に、続いて2-プロパノール、1-プロパノール・・・とする。

(手が温かいと発熱に気づきにくいので、手が温かい人は水で冷やしてから実験すること。)



## II-2 水素の燃焼を確認する方法を考える授業

1. 生徒の実態 筑波大学附属盲学校高等部1年生 10人
2. 実施時期 1980年7月
3. 授業の概要と生徒の発想

Fig.11 は水素を使った有名な実験を示している。すなわち、水素を満たした太い試験管の口を下にして持ち、火のついたろうそくをさしこむとろうそくの火が消える。そのろうそくを静かに引き出すと再びろうそくに火がつくという、化学マジック的な実験である。

あらかじめ、実験装置を触って確認させ、生徒にも手伝わせながら数本の太い試験管（直径 30mm）に水上置換で水素を集めた。次に、部屋を暗くして、感光器を試験管の高さにセットしておき、1本の試験管を持ち上げて、下から火がついているろうそくを差し込んだり引き出したりした。ろうそくの火がついているときは感光器が高い音で鳴るが、火が消えると感光器の音も消えることから、盲生徒にも、ろうそくの火がついたり消えたりする様子が分かった。

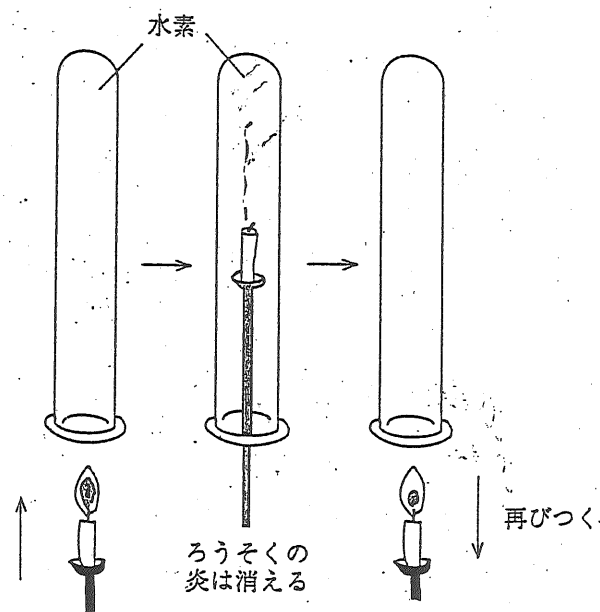


Fig.11 水素の中にろうそくを入れると火が消え、外に引き出すと再び火がつく。

そこで、なぜ、ろうそくの火が消えたりついたりするのかを話し合った。

水素の中で、ろうそくの火が消えることは、水素には助燃性がないことで説明がついたが、問題は、なぜ、ろうそくを引き出したとき、一度消えたらろうそくに火がついたのか、ろうそくに再び点火する役割を演じたのは何なのか、ということであった。

そのうち、一人の生徒が、考えが浮かんだので、それを確かめるための実験をやりたいと申し出た。その実験は初めの実験と基本的に同じであるが、今度は試験管より長いろうそくを使い、ろうそくを試験管に入れたら引き出さずにそのまま保持してほしいということである。

この生徒の考えは、

火のついたろうそくを試験管に差し込んだとき、ろうそくによって水素が点火される。その後、ろうそくの火は水素の中で消えてしまうが、水素自身は試験管の入り口で燃え続けている。しかし、水素の炎は無色なので、燃えていることが見えないし、もちろん感光器でも感知できない。しかし、水素は燃え続けていて、ろうそくを再び試験管から引き出すとき、ろうそくは燃えている水素の炎の中をくぐりぬけるので、その炎によって火がつくのだという考えである。そして、もし、水素が試験管の入り口で燃えているなら、Fig.12のように、その部分のろうが溶けるであろうと推論したわけである。

生徒の希望に沿って、長いろうそくを使って行った実験の結果、生徒の予想したとおり、ろうそくの側面にはろうが熱で溶けてできたレリーフ状の炎の様子が刻まれていた。これを触って、生徒たちは、水素が試験管の入り口で燃えていること、すなわち水素は可燃性気体であることを実感したわけである。

なお、翌 1981 年度の授業では、水素の燃焼を確かめる手段として、「試験管の入り口を実験の後で触ると熱いはずだ」、「試験管の入り口に火のついていないマッチをつければ火がつくのではないか」、「食塩水中で水上置換を行って水素を集めれば、試験管の入り口に塩化ナトリウムが付いているはずだから、(ナトリウムの炎色反応である橙色の明るい炎が出るので) 炎が見えるし、感光器でも分かるのではないか」という意見が出た。このそれぞれを取り上げて実験を行ったが、いずれも実験上のコツはあるものの、生徒の考えた方法で、水素の燃焼を確かめることができた。

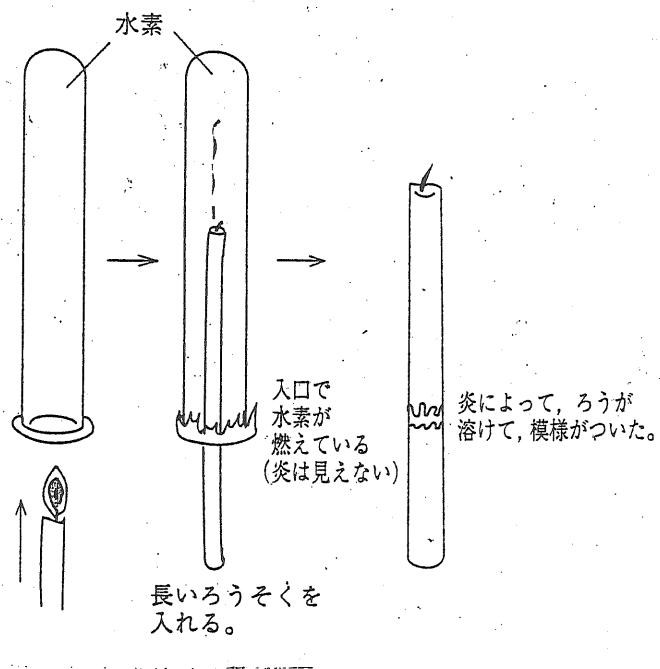


Fig.12 水素が燃えていることを確かめる実験

この実験は、一般の中学校や高等学校でも広く行われている。しかし、ろうそくに再び火がつく理由を、生徒が工夫して実証した授業はあまりないと思われる。

### Ⅲ 授業例の分析と、実験の困難点への対応としての評価

アルコールの水への混ざり方の実験は、一般には、アルコールと水が「一様に混ざり合うか」または、「二層に分かれるか」を視覚的に判断する。盲生徒も感光器によって、この両者の違いを知ることができる。また、アルコールと水が混ざり合う場合に発熱があることに気づく人も多い。しかし、メタノール、エタノール、2-プロパノール、1-プロパノールの順に水との混合の際の発熱の度合いが違ふことは、盲生徒の考えを生かして実験をするまで、教師もまったく気づいていないことであった。

しかも、視覚的には、この4種類のアルコールは、いずれも、水と一様に混ざり合い、それ以上の違いは感知できないのである。しかも、発熱の違いは、アルコールの分子構造を反映している結果であるから、この実験は、温度変化に注目するほうが、後の学習の展開上も優れていると言える。

ただし、ここで注意しておかなければならないことは、「一様に混ざり合う」という視覚的な変化と、「発熱」とは、アルコールと水とが混ざり合ったときに同時に起こる二つの現象であって、イコールではないということである。すなわち、一様に混ざるときには、どんな物質でも発熱するわけではない。たまたま、アルコールと水との反応がそうだったということである。化学反応の際には、多面的な変化が起こる。それを、多面的に感覚でとらえることは観察の基本であって、この実験の場合なら、温度変化と同時に感光器で視覚的な変化もとらえておくことが大切である。しかも、それらは、同時に起こる別々の現象であるという理解もしておかなければならない。

二番目の授業例では、目では見えない水素の燃焼を、盲生徒が自分の感覚でとらえる工夫をしている。つまり、炎の熱によってろうそくが溶ければ、後で触って触覚的に確認できるというアイディアである。

一般の中学校や高校の授業でも、この実験は行われている。しかし、一度消えたろうそくが、なぜ再び点火されたのかを実証する方法を生徒が考え、それを、

実際に実験してみるという授業は、ほとんど無いと思われる。多くの場合、実験結果を説明し、「可燃性気体であるが、助燃性はない」という水素の性質としておぼえさせて終わりではないだろうか。

しかし、時間はかかっても、このように生徒自身が実験を通して考える授業こそが大切ではないだろうか。そして、このように、一人ひとりの生徒の考えを引き出す授業をするには、少人数で静かな盲学校の授業環境は大変恵まれているとも言える。

盲学校の教材開発に、生徒の発想を生かすことが有効であることは、この二つの授業例でもよく分かる。生徒が自分の感覚を活用して、物質変化を多面的に捉えることは、自然現象を理解する上で好ましい態度である。教師が、その発想を取り上げ、実験で確認するチャンスを与えることは、生徒の意欲をさらにかき立てることにつながるであろう。また、他の生徒も、それに触発されて、自分の感覚を使うことの価値を再発見することにつながるであろう。

このような授業は、生徒の意欲を育てるだけでなく、実験の困難点A（視覚的な実験方法に起因する困難）に対して、生徒の感覚を活用した別の実験法を創出して、積極的に困難を解消しようとするものと言える。

なお、生徒の発想は、生徒自身が実験に主体的に参加していて初めて出てくるものである。その意味では、この研究は、実験の基本操作の指導の研究の成果に支えられたものであると言える。

## 第4章 盲生徒向け実験方法の開発に関する研究

### — 中和滴定実験法の改良の過程を対象にして—

#### I 問題の所在と研究の目的

##### 1. 問題の所在

酸・塩基の中和滴定実験は、高等学校の化学教育の代表的な定量実験である。しかし、その実験操作では、ホールピペットやビュレットなどの特別な器具を使って液体の体積を正確に求める必要があるため、視覚障害生徒にとっては困難度が高い実験であった。

その困難点を克服するための実験方法や実験器具は、従来から考案され、報告されているが、特別な器具を自作したり、コンピュータに依存しすぎたりしているものが多く、盲学校高等部の化学の授業に適した方法はなかった。

##### 2. 本研究の目的

従来の盲生徒のための中和滴定実験法の検討から、新しい中和滴定実験法を創出した過程を分析し、盲生徒の実験の困難点B（実験機器に起因する困難）の軽減という観点で分析する。

#### II 分析の対象とする教材開発事例

##### 1. 教材が使用される授業

盲学校高等部における化学の授業で、1クラス（10人）の生徒が同時に実験を行う場面を想定する。

##### 2. 教材開発に当たっての考え方

- ① 一般に行われている実験方法にこだわらず、中和滴定の本質に立ち返って実験方法を工夫する。
- ② 何のために何をしているのかが分かりやすい実験方法・実験装置にする。

- ③ なるべく市販されている実験器具を用いる。
- ④ 高等学校の学習内容に合った精度のデータが得られるようにする。
- ⑤ 盲生徒が、一人で無理なくできる実験にする。

### 3. 教材開発の過程

次のような手順で、盲生徒が一人で行うことができる中和滴定実験を開発する。

- ① 一般に高校の化学で実施されている中和滴定実験を分析し、盲生徒にとっての実験操作上の問題点を明らかにする。
- ② 先行研究に示された実験を、①の問題点に対する対応の仕方でも検討する。
- ③ 技術の進歩によって普及した実験器具を活用する。
- ④ ②、③の考え方を組み合わせて、一連の実験法を作る。
- ⑤ 生徒実験として行ってみて、不都合な点を改良する。

#### 1) 中和滴定実験の一般的な方法と、盲生徒にとっての困難点

一般に行われている方法で中和滴定実験を盲生徒が行うときにどのような困難があるかを整理する。

高等学校の化学の教科書の中和滴定実験の方法の概略は次のとおりである。

#### 中和滴定の一般的な実験法（酸の濃度を求める場合）

- ① 濃度未知の酸の水溶液の一定量（例えば 10ml）をホールピペットで正確に量りコニカルビーカーに入れる。（この操作では、ピペットに記された標線と中の液体の液面が完全に一致していること、また、ピペットの中の液体を 1 滴も残さずにコニカルビーカーに移すことが要求される。）
- ② 濃度既知の塩基の水溶液をビュレットに入れ、液面の目盛りを正確に読む。（このとき、ビュレットの最小目盛り（0.1ml）の  $1/10$ （0.01ml）まで、目分量で読むことになっている。）
- ③ コニカルビーカーの酸の水溶液に適当な指示薬を加え、ビュレットの下に置く。
- ④ コニカルビーカーの中の液体を振り混ぜながらビュレットから塩基の水溶液を滴下し、指示薬が変色するところで滴下をやめる。これが中和の終点で

ある。このときのビュレットの液面の目盛りを正確に読み、実験前と実験後との差を求めることによって、中和に要した塩基の水溶液の体積を求めることができる。

- ⑤ 実験結果を中和の公式にあてはめて酸の濃度を求める。

この実験操作を盲生徒が行う場合の問題点は次の二つである。

- ① ビュレットやホールピペットの目盛りをどうしたら正確に読みとることができるか。(液体の定量)
- ② どのようにして指示薬の変色を知るか。(中和点を知る方法)

## 2) 盲学生の中和滴定実験に関する先行研究の分析

ここでは、1980年代初頭までに、各地で報告された盲学生の中和滴定実験の方法を、液体の定量法の工夫と、中和点を知るための工夫に分けて整理する。

### (1) 液体の定量の工夫

#### (1-1) ビュレットを使う方法

ビュレットに入れた液体の液面は感光器を使って知ることができる。しかし、液面を正確に読むためには、感光器をビュレットの外壁に垂直に当て、上下になめらかに移動できるようにすること、また、点字で正確な表示を読みとることができるようにすることが必要である。佐藤信雄(1973)はこの操作を盲生徒が容易に、かつ正確に行うために「盲人用ビュレット台」を製作した。

#### (1-2) 特別なディスペンサーを使う方法

ピストンを押すごとに決まった量の液体が出るように調節されたディスペンサーを使えばビュレットを使わなくても中和に要した液体の体積を知ることができる。アメリカの Tallman (1978) は、盲人用に修正を加えた「ピストンビュレット」を工夫している。これは、ピストン操作で滴下する液体の量を 0.1 ml 刻みで調節することができ、滴下した液体の全量は点字目盛を読んで知ることが出来るようにしたものである。



### (1-3) 液体の質量を測定し、体積に換算する方法

この方法は、weight buret として、すでにアメリカで、一般の学生の特殊な物質の滴定の精度を上げる方法として報告されていたが (Seils, Meyer, Larsen 1963)、アメリカの Tombaugh (1981) は、この方法が盲学生に使えることを報告している。

## (2) 定量法についての考察

以上の方法のうち、(1-1) (1-2) はいずれも特別な器具を自作することによって良い実験結果を得たものである。問題点は、器具の自作が大変なことと、装置が複雑になることである。一方、(1-3) の方法の成否は、盲学生にとって使いやすく精度の高い天秤があるかどうかによる。この方法が発表された当時は、高等学校で容易に手に入り、比較的取り扱いの簡単なはかりは OHAUS の副尺つきの精密秤であった。国際基督教大学で初めて盲学生が化学実験を行ったときも、(国際基督教大学 1986)、筑波大学附属盲学校で、weight buret 法を取り入れたときも、この精密はかりを利用した (鳥山 1988) が、釣り合いを感光器で調べたり、目盛りを指先で読んだりする操作は決して簡単とは言えなかった。しかし、1980年代の後半になってデジタル電子天秤が普及し、さらにその表示をパソコンで音声化することができるようになったので (石崎 1990)、weight buret 法は、最も手軽に正確な結果が得られる方法となった。

## (3) 中和点を知るための工夫

### (3-1) 指示薬の色の変化を感光器でとらえる方法

フェノールフタレイン、メチルオレンジ、ブロモチモールブルー (BTB) など、適当な酸・塩基の指示薬を用いて、その変色で中和点を知る方法が、一般には広く用いられている。盲生徒の場合は、この変色を感光器を使って知ることができる。

酸性、アルカリ性といった性質は、本来は目に見える性質ではない。しかし、指示薬の発見によって、酸性、アルカリ性は視覚で調べられる性質になっている。さらに指示薬の変色で中和点を知る方法は、後述する他の方法にくらべて、実験装置が簡単で、しかも明瞭な結果を得ることが出来

るので、中和滴定においても最も一般的な方法になっている。

盲生徒の場合も、小学校段階から指示薬の色の変化を感光器で調べる実験を行っている。前述した佐藤信雄や、イギリスの盲学校教師用指導書 (Faculty of Education, Birmingham University 1981) も、この方法をとっている。

### (3-2) 電気伝導度によって中和点を知る方法 (pHメーターを使う方法を含む)

水溶液中に電流を流して、その電流の流れ方から中和反応の様子を知ることができる。この方法は「伝導度滴定」と呼ばれる一つの方法として確立されているが、中和点を知る方法としてよりも、中和反応の過程を知る方法、たとえば、滴定曲線を描くための測定として使われることが多い。この方法は盲人用電流計を用いれば、盲生徒にも可能な方法である。しかし、水溶液の中に電極を入れ、電流計や電源装置をつなぐので、実験装置が複雑になるという問題がある。生徒にとっては、中和の実験をやっているのか、電気の実験をやっているのか混乱してしまう可能性がある。また、50～60 Hz の交流では電気分解が起きてしまうので、その影響を小さくするためには 3kHz～30kHz という高い周波数の交流を特別な発信器から流す必要があり、高校の生徒実験で多数の発信器を揃えることが難しい。

また、指示薬を使えば、変色した瞬間をとらえて中和点とすることができるのに対して、電気伝導度による方法では、中和の瞬間をとらえることはできず、実験後に、測定結果のグラフから中和点を読みとることになる。そのため、中和滴定には、適した方法とは言えない。

pHメーターは、電気伝導度を利用して水溶液のpHを直接測定できるようにしたものである。アメリカの Tallman は、pHメーターを音響式電流計に接続することで盲学生にも使えるようにしている (Tallman 1978)。なお、デジタルpHメーターの表示はオプタコンで読みとることもできるが (国際基督教大学 1986)、pHメーターを使っても中和点を直接知ることができないという問題は残される。

以上のように、電気伝導度による方法は、中和点を知るためには問題がある。しかし、指示薬を使って中和滴定実験を行った後で、教師の演示実験として、中和反応を多面的に理解するために行うのであれば意義がある。

### (3-3) 水溶液の味による方法

1950年代には、水溶液の味をたしかめながら中和実験が行われたことがある。この方法は、酸・塩基の種類と濃度を考えて実験すれば危険はなく、中学部段階で、中和反応を考えるためには良い実験である。しかし、他の実験法が開発された現在、中和滴定実験に用いるような方法ではない。

### (3-4) パソコンを利用する方法

旧西ドイツの盲学校では、滴定の操作を行いながら、そのときの液体の量や電流の変化、温度の変化をコンピュータで処理して滴定曲線を描く方法が開発されている (Werner Liese 他 1986)。西ドイツではこの種のデータ処理をよくおこなっている。これは、視覚障害者の能率的なデータ処理としては価値がある。しかし、高校の化学の中和滴定のように、初心者が自らの手で実験を行いながら、その操作の意義やデータの処理の方法を学んでいく段階においては、適切な方法であるかどうか疑問を感じるところである。

## 3) 現状で最良の盲学校での中和滴定実験法の開発

### (1) 考え方

以上のことから、現状では、次の方法が最も良いと考えられる。

#### ① 中和に要した酸 (塩基) の量の測定には、weight buret 法がよい。

理由：質量測定はデジタル電子天秤をパソコンで音声化することで精密な測定ができるが、盲生徒に可能な厳密な体積測定方法が現在はないため。

#### ② 中和点を知るには、指示薬の変化を感光器でとらえるのがよい。

理由：中和点での変色の瞬間を、感光器の音の変化の瞬間として、鋭敏にとらえることができるため。

## (2) 実験方法

上記の考え方を具体化し、次のような中和滴定実験法を開発した。本実験は、筑波大学附属盲学校で生徒実験としての有効性を検証した。

実験目的 一定量の酸と過不足なく反応する塩基の量を求める。

器具 コニカルビーカー (100ml) 滴びん (50ml)  
点眼びん入り指示薬 (BTB、フェノールフタレイン)  
マグネチックスターラー、定量ピペット (10ml)※1、感光器、  
感光器の支持台※2 音声付き電子天秤※3

薬品 塩酸、硫酸、酢酸、水酸化ナトリウム水溶液  
(濃度はいずれも、0.1 mol/l )

### 手順

- ① 酸の水溶液 10 ml を定量ピペットで取り、指示薬 (BTB またはフェノールフタレイン) を入れて、図のようにセットする。
- ② 滴びんに入れた水酸化ナトリウム水溶液の質量を、電子天秤で測る。
- ③ 図のようにして、水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、感光器の音が変わる (指示薬の色が変わる) ところで滴下をやめ、滴瓶の質量を測る。
- ④ ②と③から、中和に要した水酸化ナトリウム水溶液の質量を求め、さらに体積に換算する (この水溶液の密度は  $1.01 \text{ g/cm}^3$  なので、計算は省略してもよい。ただし、考え方として、体積に換算することを忘れないようにする)。

### ※1 定量ピペット

1回の操作で一定量 (この場合は 10ml) の液体をとることができるピペット。一般の研究用実験器具として、マクロピペット、ピペットマンなどの商品名で販売されている。盲人用の特別な器具ではないが、操作方法を事前に指導することによって、盲生徒がホールピペットの代わりに用いることができる。

### ※2 感光器の支持台

感光器を光源およびビーカーに対して一定の向きに保つため、図のような

支持台を工夫した。感光器の音は光の明暗に対して変化する。そのため感光器の位置がずれただけでも音が変わってしまう。そこで、この実験では、感光器を支持台にマグネットで固定した。また、コニカルビーカーをマグネチックスターラーの上に載せ、ビーカーの内部の液体の攪拌をビーカーを動かさないでできるようにした。このようにして、感光器に入る光が一定に保たれるようにして、感光器の音の変化が、指示薬の色の変化によってのみ起こるように工夫した。なお、この支持台の考案・製作には筑波大学附属盲学校の石崎喜治教諭の協力を得た。

### ※3 音声付き電子天秤

市販の電子天秤をパソコンで音声出力できるようにしたもの。音声化プログラムは当初は筑波大学附属盲学校の石崎喜治教諭の考案によるものを用いた。なお、1999年より、音声と拡大目盛りのプログラム付き電子天秤がメーカーで製作され、販売されるようになった。

なお、この電子天秤には、図のようなカバーをつけている。この実験を始めたときには、このカバーがなかったので、盲生徒が電子天秤の皿を探すために手を動かし、皿に手が当たると、エラー表示が出て、測定ができなくなってしまった。そこで、皿の位置を探すときに皿に触れるというトラブルを防ぎ、皿の上に正しく試薬瓶などを載せることができるように、カバーをつけたわけである。カバーには触れても差し支えないので、盲生徒はカバーの穴を手で触れて探し、その中央に試薬瓶などを置く。そうすると、カバーの穴の下にある天秤の皿に、試薬瓶が載る仕組みである。

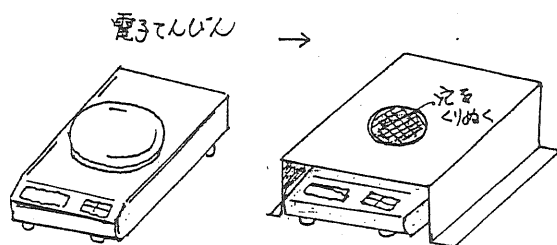
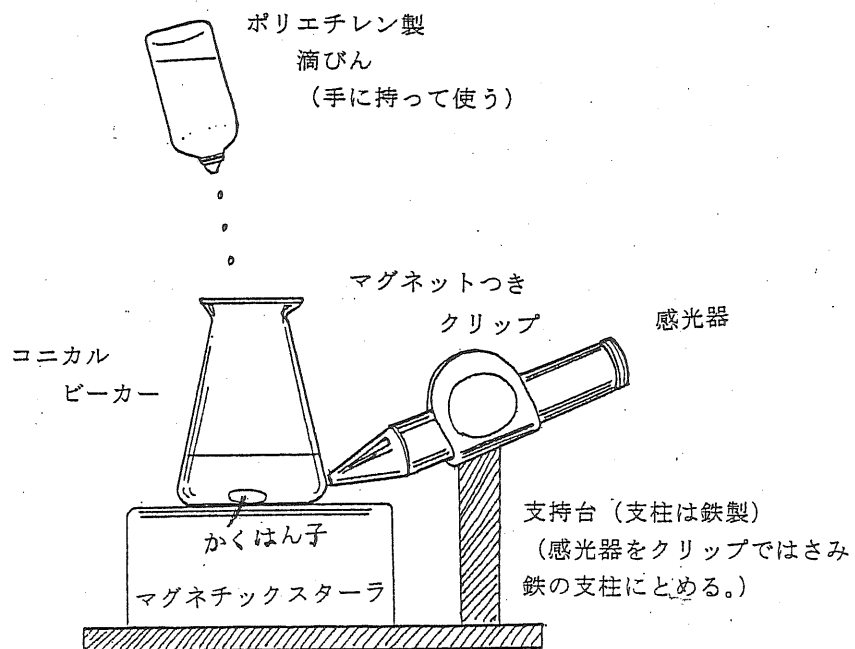


Fig.13 中和滴定の実験装置 weight buret 法 と電子天秤のカバー

### (3) weight buret 法の特徴と、盲生徒にとっての意義

- ① コニカルビーカーに一定量の酸（または塩基の水溶液）を入れるための器具として、ホールピペットのかわりに定量ピペットを用いた。このことで、盲生徒が正確に一定量の酸（または塩基の水溶液）を取ることが可能になった。
- ② ビュレットのかわりにポリエチレン製の滴瓶を用いた。滴定に要した水溶液の質量を測定し、体積に換算する方法を採用した。質量測定には当初はアナログ式の精密はかり（OHUS の精密はかり）を用いていたが、その後、パソコンで音声化した電子天秤を用いるようになった。電子天秤とパソコンを使うことで、質量測定がより正確に、かつ容易にできるようになった。

ただし、ビュレットでは液体の体積が直接求められるのに対して、この方法で求められるのは質量であることに注意が必要である。実験後、質量を体積に換算することが必要である。ただし、この実験で用いる水酸化ナトリウム水溶液の密度は約  $1.01 \text{ g/cm}^3$  であるので、ほぼ 1 と考えて計算を簡単に行うことができる。なお、密度は教師があらかじめ測定しておく。
- ③ 中和点での指示薬の変色をとらえるために感光器を用いた。このことにより、中和点を音の変化としてとらえることができただけでなく、中和点に達する前に一瞬変色してまた元の色に戻る変化などを正確にとらえることができた。
- ④ 感光器に入る光の条件を一定に保つために、感光器を固定し、コニカルビーカーを動かさずに攪拌するためにマグネチックスターラーを用いた。これは、変色を正確にとらえるためには不可欠な装置であった。
- ⑤ weight buret 法は、通常の方法（ビュレットを用いる方法）より簡単であるので、実験を繰り返しながら、酸・塩基の中和反応の当量関係をみつけていくような授業展開も可能であり、1995 年から実施した。

### Ⅲ 開発された実験方法の分析と評価

#### 1. 実験法の評価

本実践例で開発された中和滴定実験は、アメリカで生まれた weight buret 法を応用したもので、次のような長所と問題点がある。

##### 長所

- ① 盲生徒にとって、実験方法が理解しやすく、操作上の問題もない。
- ② デジタル天秤を使うので、体積測定よりも精度の良い実験ができる。
- ③ 感光器以外は、一般の機器である。マクロピペット、マグネチックスターラー、電子天秤など、いずれも汎用性が高く、故障が少なく、寿命の長い機器であるので、購入時はやや高価であっても、コストに見合った効果を上げていると考えられる。
- ④ 器具は簡単に揃えることができ、クラス全体が同時に実験することができる。

##### 問題点

- ① 一般の実験法では、ビュレットから滴下する酸または塩基の水溶液の体積を求めるべきところを、滴瓶から滴下した水溶液の質量を求めている。  
酸や塩基の水溶液の濃度は溶液 1 リットル中に含まれる溶質のモル数で示されているため、本来は、水溶液の量は体積で求めなければならないものである。

このように、この実験法は、盲学校で、現在実施することができる最もよい中和滴定実験法である。問題点は、本来ビュレットで水溶液の体積を測定すべきところを、質量で測定している点である。

しかし、盲生徒が液体の体積を、0.01CC のレベルまで正確に測定する方法がないので、やむなく、質量を求め、それを体積に換算している。今後、盲生徒が、液体の体積を正確に測定できる方法が開発されれば、この問題は解決できるであろう。



## 2. 実験の困難点の軽減に関する評価

本実験開発により、従来、困難が大きかった中和滴定実験を、盲生徒が、容易に、かつ正確に行うことが可能になった。

また、本実験開発においては、従来、盲生徒のために開発された中和滴定実験装置が、開発者の周囲で使われるにとどまった経過を分析し、特殊な実験機器は、教材開発研究としての価値はあっても、盲生徒全体の実験環境の向上にはつながりにくい実態を明らかにした。その上で、市販の機器を活用した、質量測定による中和滴定実験法を開発している。1990年代以後のデジタル実験機器の普及とパソコンによる音声出力により、今後は、盲生徒のための実験機器の開発に当たっても、一般の機器を活用した方向に進むと思われる。

以上のように、本実験開発は、実用的な中和滴定実験法を創出し、また、今後の教材開発の方向性を示した点で、実験の困難点B（実験器具に起因する困難）の軽減に効果を上げたと考えられる。

## 第5章 実験と講義の連携を重視した授業の構成に関する研究

### — モルを理解し使いこなすための、実験と対話で進める一連の授業 —

#### I 問題の所在と研究の目的

実験と講義の有機的な関連の必要性は、理科教育では当然のこととされている。盲学校の場合には、自然の事物に対して経験が少ない生徒を対象にしているわけであるから、実際の物質と関連させながら科学の概念を理解させる意義は、極めて大きいと言える。また、少人数で静かな雰囲気で行える盲学校の授業環境は、実験と講義を切り離さずに、臨機応変に切り替えていく授業を可能にしている。このような環境を生かして、実験と講義の有機的な関連をはかる方向性は、『観察と実験の指導』（文部省 1986）にも示されている。しかし、その具体的な展開事例を分析した研究は、これまでに報告されていない。

そこで、本研究では、モル概念の理解に関する実験と講義を組み合わせた一連の授業の経過を辿り、盲学校の生徒が見通しを持って主体的に実験を行い、実験を通して科学の概念を学習する授業の構成について分析する。

## II 分析の対象とする授業の枠組み

### 1. 生徒の実態

筑波大学附属盲学校高等部1年生の化学の授業を対象とする。

この授業は10人の生徒から成る。1クラスの生徒のうち、点字使用者6人、普通文字使用者4人の授業である。生徒には視覚障害以外の障害はなく、学年相応の学習を意欲的に行うことができる。

### 2. 授業の目標と指導方針

#### 1) 目標

モルという単位の便利さを実感させ、単位として使いこなすことができるようにするために、実験と講義を組み合わせた新しい指導法を構築する。

#### 2) 指導方針

- ① モルの定義を与えるのではなく、モルの定義に生徒が気づいていくような、一連の活動を用意する。
- ② モルの定義ができたなら、具体的に使いこなすために、モル単位で物質の量を測定する実習を行う。その後の実験でも積極的にモル単位で測定する。
- ③ 実験計画の立案時に、使用する薬品の量を考えさせたり、実験結果の考察をする中で、モルの便利さに生徒が気づくようにする。

### 3. 授業形態

実験や実習を行いながら生徒に考えさせ、一つひとつの定義や概念を定着させながら次の概念に進むためには、実験・実習と講義とを切り離さない授業形態が必要である。このように、「講義と生徒実験とを同じ時間内に自由に切りかえて実施することは、極めて有効」(津田 1956)であることは以前から指摘されているにもかかわらず、一般の高等学校では生徒の人数の問題や、実験室の数の不足などから、実現は難しかった。しかし、筑波大学附属盲学校の場合、化学の授業はすべて実験室で行うことになっており、少人数で静かな雰囲気での実験が可能のため、日頃から講義と実験を切り離さない授業ができていた。そこで、この利点を生かして、具体的な指導計画を立案し、実施してみることとした。

#### 4. 授業の実施時期

1994年6月～7月

授業は毎週1回で、1回の授業は2時間続き（100分）である。

8回（8週間）の連続した授業を行う。

#### 5. 指導計画の概要

##### 1) 指導計画立案上の方針と配慮事項

(1-1) モルを単位として使いこなすことを第一にする。

- ① 実際に物質をモル単位で扱いながら、量の感覚を養う。
- ② 定義は必要最小限にとどめる。
- ③ モデル実験と実物とを対照させながら、粒子の数の概念を養う。

(1-2) 化学変化に伴う物質の量を考えるために、モルという単位の便利さを実感させる。

- ① 実験から、量的関係に興味を持たせ、モルを導入してから、あらためて最初の実験結果を、モルを使って考察する。
- ② 新しい知識（気体1 molの体積、モル濃度など）の学習に必然性を持たせ便利さを実感させるように実験を配列する。

(1-3) 少人数の利点を生かして、対話を大切にし、生徒の気づきを見逃さない。

(1-4) 数学の学力の低い生徒に配慮し、できるだけ数の抵抗をとりのぞく工夫をする。

- ① 実験に伴う計算が容易になる量（分子量、質量など）の物質を扱う。
- ② 原子量の定義として、初めは、「水素の原子量を1とする。」という歴史的定義でイメージ形成を図る。
- ③ 有効数字にはこだわらず、日常生活の感覚で計算できるように配慮する。

なお、(1-4)の②で、あえて、「質量数12の炭素の原子量を12とする。」という現代的定義（教科書はここから出発している）から出発せず、「水素の質量を1とする」という定義から出発する理由は、そのほうが生徒にとって理解しや

すいと考えたためである。なぜなら、もともと、原子量という概念は、最も軽い原子である水素を基準として、他の原子がその何倍の質量であることを示したものであり、初心者には、歴史的な定義から出発するほうが理解しやすいのは当然である。そこで、生徒には、とりあえず教科書の定義とは異なる定義で出発することを説明し、現代の定義については、原子量やモルを使いこなすことができるようになってから、定義が変更されてきたいきさつとともに説明する。このとき、生徒に理解しやすい日常の単位でも、歴史的には、「実質的な大きさにできるだけ影響を与えないようにしながら、より正確な定義に変更すること」は、あつたし、それと同じであることを、1 m の定義を例にして説明する。すなわち、1 m の定義は、従来は「地球の子午線の北極から赤道までの長さの  $10^7$  すなわち地球を1周した長さの4千万分の1」であるとされていた。しかし、1960年に制定された国際単位系では「クリプトン 86 原子から放出される橙色のスペクトル線の真空中の波長 ( $6.058 \times 10^{-8}$  m) の 1650763.73 倍を1 [m] とする。」ことになったことについての話をしておき、定義の変遷を理解させておく。

このような説明なしに、原子量の現代的な定義だけを与えても、なぜそのようなわかりにくい表現をわざわざするのか生徒には理解ができないであろう。もちろん、これは、盲学校だけの問題ではない。しかし、実験と対話を重ねる中で理解させていく、この一連の授業の出発点としては、分かりやすい定義から出発することが必要であったので、ここで説明をする必要があつたのである。

## 6. 一連の授業の構成

指導計画は、次のように、実験1～3、実習1～4にモデル実験1回を加え、実験や実習をしながら、16授業時間で、物質量、気体1molの体積、モル濃度、化学変化に伴う物質の量の関係を学習することとする。各授業時間は50分で、それが2時間続きとなって、合計8回の授業で構成される。各授業の概要と、授業の流れは次のとおりである。

授業の流れ（各回の配当時間は2授業時間＝100分）

- 第1回目 実験1 炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素の質量の測定
- 第2回目 実習1 金属棒の質量の測定  
講義 単位としての mol の導入、原子量、分子量
- 第3回目 実習2 mol 単位で、いろいろな単体をはかる。  
講義 1 mol の原子の数、
- 第4回目 講義と演習 化学変化に伴う量の関係（実験1の考察を兼ねる）
- 第5回目 モル概念を理解するためのモデル実験（米、小豆、大豆を使って）
- 第6回目 実験2 マグネシウムと塩酸の反応により発生する水素の体積の測定  
講義 気体 1 mol の体積、  
化学変化に伴う気体の体積（実験2の考察と演習）
- 第7回目 講義と演習 モル濃度（実験2で用いた塩酸中の塩化水素の質量から導入し、定義を与える。）演習・溶液中の溶質の量  
実習3 モル濃度溶液の調整（結晶水のないもの）  
溶液の濃度と出来上がりの量の指示にしたがって、水溶液を作る。
- 第8回目 実験3 硫酸銅の結晶中の結晶水の定量  
講義 結晶水の定義、結晶水を持つ結晶の水溶液のモル濃度  
実習4 硫酸銅の水溶液を指定されたモル濃度で調整する。

上記の実験・実習のうち、実験1は、江戸末期の蘭学者宇田川榕庵による化学書「舎密開宗」に掲載されている実験を、高校化学教師の研究会であったCESグループで教材化した実験である（鳥山 1980, 1982）。その他の実験は、多くの教科書に載っている一般的な実験であるが、実験方法や器具に盲生徒のための修正を加えたり、物質の量を計算しやすいように工夫したものである。また、実習内容は、教科書の絵や写真ですまされている内容を、実際に生徒が手を動かして体験するように構成したものである。

また、この授業の流れは、鳥山が筑波大学附属盲学校の化学の授業の中で、1978年度から約10年間かけて修正を重ね、この形に至ったものである。

### Ⅲ 各時の指導内容

#### 第1回目の授業

##### 実験1 炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素の量

炭酸カルシウム 2 g が十分な量の塩酸と反応したときに発生する二酸化炭素の量を調べる方法を生徒に考えさせる。はじめ、生徒は発生する気体を集めて体積を調べる方法を考えるが、やがて、中学校で既習の質量保存の法則を利用することに気づく。すなわち、反応前の物質の質量の総和と、反応後の物質の質量の総和は、質量保存の法則により等しいはずであるが、実際には、発生した気体が逃げのために反応後の質量は小さくなる。この質量の減少分が気体の質量である。

次に、反応前の物質の質量と反応後の物質の質量との差を求めるにはどうしたらよいか、具体的な実験方法を生徒に考えさせる。生徒は、初め「物質の質量」という言葉に気をとられて、滴瓶やビーカーなどの器具の質量を除かなければならないと考えるが、話し合っているうちに、風袋ごと、反応に関係したすべてのものの質量の和を求めて、反応の前後で比較すればよいことに気づいてくる。

ここまでの話し合いで、15分から20分の時間が必要であるが、このような実験は、生徒が受け身であると、何のために、何の量を測定しているのかが分からなくなるので、ここまでに時間がかかっても、生徒自身が見通しをもって実験することの意義は大きい。

この実験は、ていねいに操作し、しっかり気体を追い出せば、初心者でも、発生した気体の質量は約 0.80 g ~ 0.90 g という、理論値 (0.88 g) に近い結果が得られる。この実験では、まだモルを教えていないので、生徒は他のグループの結果と同様な結果が出ていれば安心している状態である。しかし、第4回目の授業で、この実験結果と、モルを使った計算結果とをくらべたとき、両者が一致していることで、生徒がモルの便利さに納得する。この展開を効果的にするために、ここで、できるだけ理論値に近い結果を得ておきたいのである。

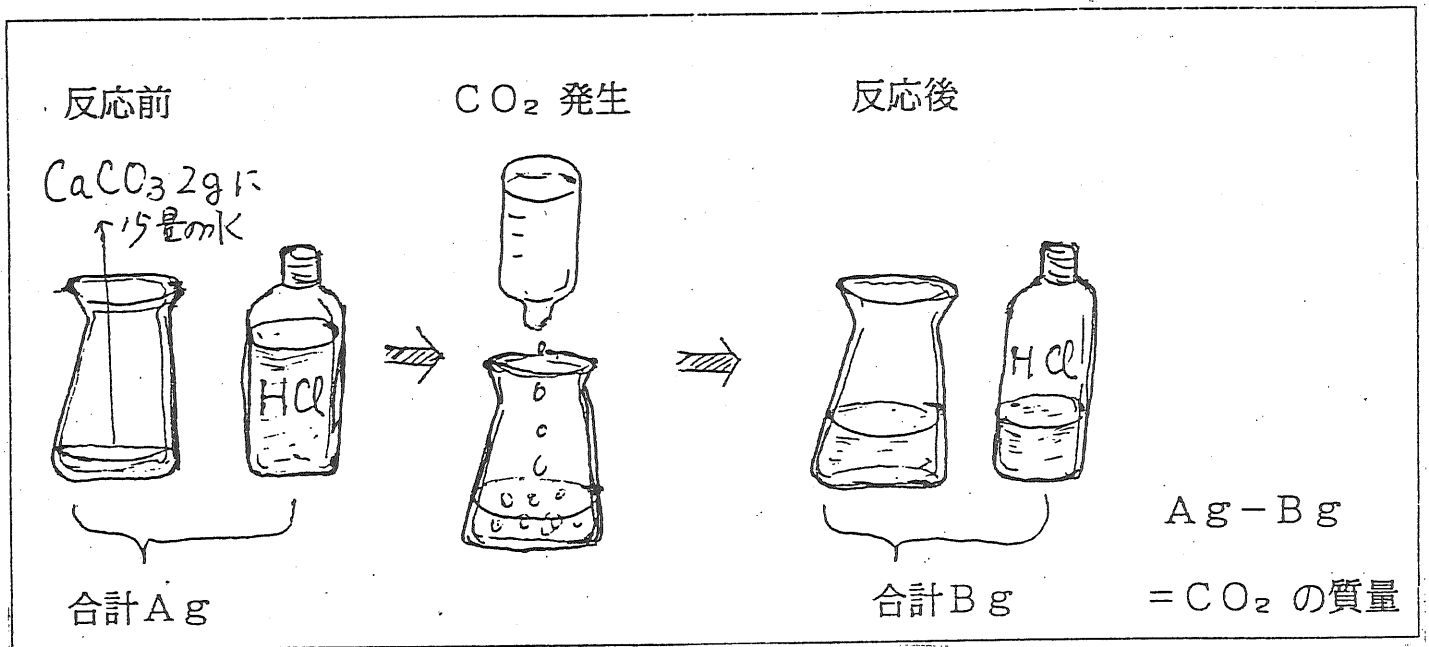


Fig.14 2 g の炭酸カルシウムから発生する  
二酸化炭素の質量を調べる実験



なお、この実験は、先に述べたように、『舎密開宗』の中の「ポットアス中の炭酸をはかる方法」（田中 1975）を現代化し、授業で使える実験にしたものである。『舎密開宗』は、ヘンリーの『化学入門』の翻訳書であり、原著はドルトンの原子論より古い時代のものである。したがって、原子という考えは出されていないし、当然「モル」という考え方も含まれていない。筆者が教材化した当初も、これを「モル」の学習に使うことは考えず、主たる目的は、発生した気体を集めなくてもその質量を求めることができる、いわば、発想の転換の楽しさを生徒が体験することにあつた。また、自分たちが苦勞して考えた実験方法が、すでに江戸時代の化学書に載っているという驚きを生徒に与えるものでもあつた。実験方法としても、気泡の出る音をめやすに反応の持続が確認できることで盲生徒に適しており、さらに塩酸を過剰に加えても実験結果に支障がないことが初心者向きであり、盲学校でも毎年この実験を取り上げて来た。

質量測定には、最初の 10 年間は上皿天秤を使っていたが、音声出力つきの電子天秤ができて、精度の良い実験ができるようになった。そして、このことから「モル」の導入実験として取り上げるようになった。さらに、「モル」の実験として扱っているうち、炭酸カリウムの 1 mol の質量が 138 g であるという数値が計算を煩雑にしていることに気がついた。この実験は前述したように、もともとは舎密開宗の実験の教材化として出発したために、炭酸カリウム（ポットアス）から二酸化炭素を発生させてきた。しかし、現在の小学校や中学校では、二酸化炭素の発生には炭酸カルシウム（石灰石）が使われており、そのほうが生徒にはなじみがある。しかも、炭酸カルシウムの 1 mol の質量は 100 g であつて、これを用いることで、実験後の理論値の計算が容易になる。そこで、炭酸カリウムを使う代わりに炭酸カルシウムを使うことにして、「モル」の導入のための、この実験ができていったのである。

第 1 回目の授業では、生徒はこの実験結果に満足している。理由は、どのグループもほぼ同じ結果が得られるからである。この授業の終わりに「実は、この実験結果を計算によって予測することができる」ことを教える。そして、そのような計算ができるようになりたくはないかと問いかけると、実験の成就感も手伝って、「やりたい」と生徒は答える。そこで、そのためには、次の授業から新しい単位を学習する必要があることを話して、第 1 回目の授業を終わる。

## 第 2 回目の授業

### 実習 1 金属棒の質量の測定 [上皿天秤の使い方、mol の導入]

#### (作業 1)

市販の教材（鉄、銅、アルミニウム、炭素の各 1 mol が直径 1.5cm ほどの棒状になっているもの）の質量を上皿天秤で測定する。棒状の塊は単体であることを知らせ、棒を構成している元素を推定する。鉄は磁石がつくことから、銅はその色から、アルミニウムは、密度が小さいことから推測できる。炭素は見当がつかないことが多いが、この段階ではそのままにしておく。なお、測定した質量は、鉄が約 56 g、銅が約 64 g、アルミニウムが約 27 g、炭素は約 12 g である。

質量の測定には電子天秤が便利であるが、電子天秤を使いこなす前提として、上皿天秤のようにしくみがわかりやすいアナログ計器によって測定の意味を理解しておく必要があると考え、実習 2 と実習 3 では、あえて上皿天秤を使う。中学部で上皿天秤を使ったことがある生徒には復習になるが、上皿天秤の操作を一度も経験していない生徒もいるので、二人一組で交代で測定させ、天秤のしくみを理解させることにしている。この体験がないと、音声電子天秤を使ったとき、指針が安定するまでに、いろいろな数値が音声で出てくると混乱してしまう。上皿天秤の指針が、しばらくは左右に振れていることを体験していて初めて、釣り合いが安定するまでには時間がかかることが理解できるのである。

#### (作業 2)

原子量一覧表によって、予想した元素（鉄、銅、アルミニウム）を調べる。この段階では、生徒は原子量の意味は知らないで「原子量一覧表」は元素のいろいろな性質が載っている表であると考えている。しかし、そこに、鉄の原子量が 55.8、銅の原子量が 63.5、アルミニウムの原子量が 27.0 という数字をみつけて、「おや？」という声が上がりはじめ。原子量の数字と、測定した棒の質量の数値がほぼ同じだからである。そのことから、質量 12 g であった黒い棒は炭素ではないかと類推できる。しかし、なぜこの二つの数字が一致しているのかは、この段階では分からない。ただ、ここでの作業のねらいは、生徒自身がこの数字の一致に気づくことである。このことが、次の講義を理解するためのレディネスになるからである。

## 講義 1

原子量一覧表の数字と棒の重さにはどんな関係があるのかを考える前提として、原子量とは何かを定義する。この授業では、教科書の定義を用いず、この段階の定義として、「原子量とは、一番軽い水素原子を基準にして、他の原子がその何倍の重さをもっているかを表す数値である。」とする。そのことにより、「原子量 12 の炭素原子は水素原子の 12 倍の重さ、原子量 27 のアルミニウムの原子は水素原子の 27 倍の重さである」ことになる。そこで、次のような問答によって考えを進めさせる。

「炭素原子 1 個の質量：アルミニウム原子 1 個の質量は？」・・・「12：27」

「炭素原子 10 個の質量：アルミニウム原子 10 個の質量は？」・・・「12：27」

「どちらも 1 万個だったらその比は？」・・・「12：27」

ここまでくると、「同じ数どうしなら 12：27 だ。」という意見が出る。

そして、生徒は棒の質量比が 12：27 であったことを思い出して、

「あの棒は同じ数ずつの原子でできているわけか・・・。でもそんなことができるのか・・・。」

という意見が出る。このことに気づいた生徒は、まだ半信半疑の状態であるが、このように、不思議に思う気持ちを大切にしながら、論理的にはそうとしか考えられないという結論に生徒自身が到達できるようにすることが大切である。このようにして、測定した 4 本の棒は同じ数の原子からできていることを生徒自身が理解したことを確認し、「1 mol は、(原子量) [g] である」ことを説明する。

(原子量) [g] という表現は自分が気づいていないときに他人から言われると何のことだかわからないが、生徒は先に原子量一覧表で原子量の数値と棒の数値との関係に気づいているので、抵抗なく理解できるように思われた。

この授業の終わる段階では、モルの定義は理解できているが、なんとなく、不思議な落ち着かない気持ちがしていると思われる。しかし、これ以上、定義を説明することはせず、とりあえず、モルを使うことに慣れることが大切であると考え、次の時間には実際にモルを使って測定することを告げて、第 2 回目の授業を終える。

なお、この授業で用いた、鉄、銅、アルミニウム、炭素、各 1 mol の棒のセットは市販されている教材である。その使い方は指示されていないが、講義でモ

ルの定義を与えてから、実際に 1 mol の量を実感させるために見せることが多いようである。この授業のように、「物質の名前を知らせないで見当をつけ」、「質量を測定して、その数値と原子量の数字との一致に気づき」、「原子量の定義」から、「数字の一致の理由」を知り、「各金属棒が同じ数の原子からできている」ことに生徒自身が気づき、「モルの定義」を受け入れるというプロセスに、この教材が使われた事例の報告はない。

このプロセスは、生徒の直感と教師との問答によって進められた。このような授業展開には、問答にクラス全体が参加し、活発に答えが飛び出してくるような雰囲気が必要である。その意味では、これは、少人数で和やかな盲学校の授業の雰囲気を生かした授業展開である。

### 第3回目の授業

#### 実習 2

- ① mol 単位でいろいろな物質（炭素、硫黄、亜鉛、スズ、鉛など）の単体を各グループで1種類ずつ分担し、1 mol（スズのような重い金属は 0.1mol）量りビーカーに入れる。その物質について、Fig.15 のようなカードを作る。物質とカードをセットにして回覧し、他のグループのものをお互いに観察する。

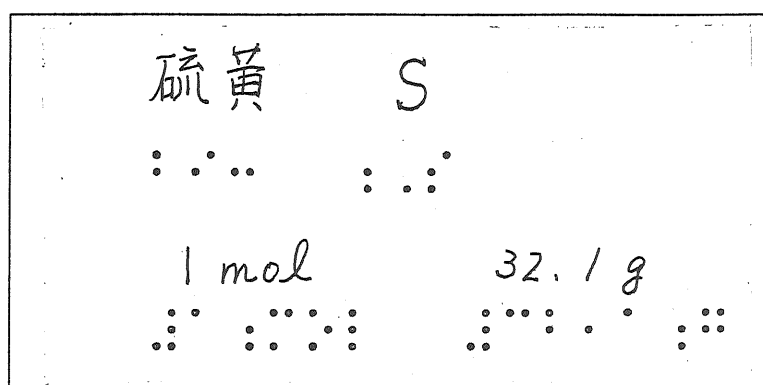


Fig.15 各グループが作るカードの一例

- ② 化合物の質量は構成している原子の質量の和であることから、化合物 1mol の質量を理解することができる。そこで、化合物（塩化ナトリウム、水など）について、指示された mol 数をはかりとり、単体のときと同じようにカードを作る。カードと物質を回覧し、他のグループのものを観察する。
- ③ 1 mol とは、 $6 \times 10^{23}$  個の粒子の集合体であることを教える。
- ①や②で、物質に触って観察したとき、指先に少量の物質が手についた。この少量の物質の原子数や、分子数を考えると、想像を越えた膨大な数であることが分かる。このことから、観察中、物質ごとに手を洗うように指示されていた意味も納得することができる。

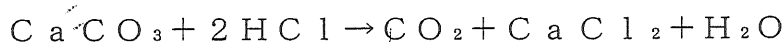
#### 第4回目の授業

化学反応にともなう量の関係をモルを使って考察し、モルの素晴らしさを実感させ、いろいろな化学反応式について応用できるようにするのが、この授業の目的である。

第1回目の授業の最後に、「実験1で発生した二酸化炭素の質量は計算できる。そのために、新しい単位を学ぶ。」という話があったことを思い出させる。

まず化学反応式の書き方を指導する。中学校では、ごく限られた化学反応式しか扱っていないので、一般的な化学反応式の書き方を学ぶのは、生徒にとって初めてのことである。したがって、時間をかけてていねいに指導するが、この指導の詳細については省略する。

この実験の化学反応式は次のように表される。



化学反応式とは、実験事実をもとにして、反応前の物質と反応後の物質を書いたものであることが理解できたところで、化学反応式には、物質名だけではなく、他に情報が盛り込まれていないかどうか、質問する。

生徒が思いついたことを話し合う中で、

「左辺と右辺のそれぞれで、物質の分子量（式量）の和が同じである」  
ことに気づく生徒が出てくる。すると、それに触発されるかのように、

「分子量の和が同じであることは、モルを使って考えると、左辺と右辺それぞれの物質の質量の和が等しいのではないか」

という意見が出る。それを聞いて、

「質量保存の法則というのは、こういうことだったのか」

と納得する生徒も出てくる。

ここまで、生徒が気がついたところで、「化学反応式には、反応する物質名が書いてあるだけではなく、反応に関わった物質の量も書いてあるのだ」ということに気づかせる。ここまでで、係数の数字（係数が無い場合は1である）がモル数を表すことが理解できる。

次に、化学反応では量がわからないものがあったとしても、他の物の量がわかっているならば化学反応式に書いてある関係を使って比例計算で求めることができることを知らせて、実験1の考察をする。ここまでくると、暗算で計算して、

「だから、0.88 g だったんだ。」という生徒も現れる。

炭酸カルシウムは 1mol がちょうど 100 g であるから、実験に用いた 2.00 g の炭酸カルシウムは  $1 / 50$  mol になり、発生する二酸化炭素も  $1 / 50$  mol、すなわち 0.88 g であることが、容易に計算できる。この理論値と、第 1 回目の授業の実験結果を比較して納得しているのである。

ここまで直感的に理解できてから、比例式を立てて、それを解く方法を理解させ、類似問題の演習を行って、第 4 回目の授業を終える。

## 第5回目の授業

### モル概念を理解するためのモデル実験

#### [目的]

- ① 1個では、はかりで量ることができない小さな粒でも、多くの粒をまとめて量ればよいことに気づく。
- ② 何種類かの粒のうち、一番軽い粒を1としたときの比較の重さを求め、その比較の重さに応じたグラム単位で量ればその中に含まれる粒の数が同じであることを理解する。このことと、原子量、モル概念を結び付けて理解する。

#### [方法と結果]

- ① 米、小豆、大豆、それぞれ一粒の重さを工夫して量る。

(50粒、100粒とまとめて量り、平均値をだせばよいことに気づく。また、5g 10gを量り、粒の数を数えて一粒あたりの平均値を出してもよい。いずれにせよ、多くの粒を集めて平均値を出すことに気づき、実際に測定することができればよい。)

#### 結果の一例

|    |      |         |   |    |        |
|----|------|---------|---|----|--------|
| 米  | 100粒 | 2.00 g  | → | 1粒 | 0.02 g |
| 小豆 | 100粒 | 19.30 g | → | 1粒 | 0.19 g |
| 大豆 | 100粒 | 32.05 g | → | 1粒 | 0.32 g |

- ② 米、小豆、大豆の重さの比をとる。さらに、一番軽い、米を1とした場合の比を求める。

#### 結果の一例

|    |        |   |     |                      |
|----|--------|---|-----|----------------------|
| 米  | 0.02 g | → | 1   |                      |
| 小豆 | 0.19 g | → | 9.5 | 比は 1 : 9.5 : 16 となる。 |
| 大豆 | 0.32 g | → | 16  |                      |

この作業中、「一番軽い米を1として・・・」という教師の言葉で、「原子量のとおりと同じだな」という声がかかることがある。これは、原子量の定義を「一番軽い水素原子の質量を1としたときの比較の重さ」と定義したことの利点であろうと思われる。

- ③ ②で求めた比をグラム単位にして、米1g、小豆9.5g、大豆16gを量り、その中に何個の粒があるか数える。



### 結果の一例

米 1 g . . . 50 粒

小豆 9.5 g . . . 49 粒

大豆 16 g . . . 50 粒

生徒の中には、作業をしながら、ほぼ同じ数になることを不思議に思っている人がいる。

「なぜ、同じなのかな。でも、同じでいいんだな。」

という声が出ることもある。それでも、なんとなく不思議だという気持ちと、計算すればそのとおりだという気持ちの間を行きつ戻りつしながら考えて、次第に納得していくようである。

「いつのまにか、mol の授業になっちゃった。」という声が出始める。教師の説明を聞かなくても、モデル実験の意図、すなわち mol 単位で量った質量と、そこに含まれる粒子の数との関係に納得したのである。

- ④ ①で求めた「1粒当たりの質量」を「原子1個の質量」、  
②で求めた「比較の重さ」を「原子量」、  
③で求めた「比較の重さの数値を使ってグラム単位ではかったもの」を「mol」、つまり、きまった数の粒の集まり  
と考えると、水素(原子量1)、炭素(原子量12)、アルミニウム(原子量27)について、原子量、1 mol の質量、mol に含まれる原子数について考える。

ここまでくると、同じ mol 数の物質には、同じ数の粒子が含まれていることを実感できるようになり、問答をしても、すらすらと答えが出るようになる。

## 第6回目の授業

### 実験2 化学反応により発生する水素の体積

目的：気体 1 mol の体積を導入することで、化学変化により生成する気体の体積を予測できることを知る。なお、温度、圧力による補正の必要性に気付かせるが、後に学習することとする。これは、気体の性質の学習への伏線となる。練習問題で気体発生実験の量的関係に慣れる。

方法：

- ① マグネシウム 0.12 g を塩酸と反応させて、出てくる気体の量を調べる方法を考える。
- ② 発生する気体の質量を計算する。

生徒は①の問いかけに対して、実験1の経験をもとに、反応の前後の質量を調べればよいと考え、「重さをはかればよい」と答える。これは、この場合は誤りであるが、そのことは言わずに、「では、出てくるはずの気体の質量を計算してみよう」と、指示する。ここで初めて生徒は、モルの計算を使って、このような予想ができることに気づくのである。そこで、化学反応式を書いて計算をするが、この段階では生徒各自にやらせることはまだ無理であるから、説明をしながら、クラス全体に考えさせていく。その結果、気体の質量が 0.01 g にしかならないことがわかる。このように、実物を前にして、必要に迫られてこそ、「何のために、何を求めればよいのか」を無理なく理解することができるのである。また、暗算でできる数値にしてあることや、対話で授業が進むことも手伝って、ほとんどの生徒がここまでの理解をすることが可能である。

計算の結果から、この実験の場合は、実験1と同じ方法ではできないことが理解できる。

- ③ 生徒は、質量がだめなら、やはり気体を集めて体積を調べるのがよいと考える。生徒からは、「体積を考えたときにも、モルが使えるのか」という疑問が出る。そこで、④の講義を行う。
- ④ 講義

気体 1 mol の体積は、気体の種類に関係なく、22.4 リットル（ただし、 $0^{\circ}\text{C}$ 、1 atm）であることを教える。水素の分子模型と、二酸化炭素の分子

模型とを与えて、分子の大きさはこれだけ違っても、同じ数の分子の集まり (1 mol) の体積は同じであることを理解させる。

このことを聞いて、生徒は「不思議だ。信じられない。」などと言う。疑問を出す生徒がいることによって、クラス全体が、このことを不思議だと思い、印象が強まる。ただし、なぜ気体がこのような特性をもつかについてはここでは説明せず、「気体の性質」で学習することを言うだけにする。また、1 mol の体積を少しでも具体的に理解できるように、容積 22.4 l の箱をみせて理解を深める。

- ⑤ 実験に戻る。気体を集めて、その体積を求める装置を考える (気体を逃さないために、二又試験管をここで導入し、使い方を教える。二又試験管は中学部で使った経験を持つ生徒もいる。しかし、これが初めての経験になる生徒もいる)。水上置換法でメスシリンダーに気体を集める装置を組み立てる。

発生する気体の体積を予想して、気体を捕集するためのメスシリンダーの大きさを考える。使用するマグネシウムが  $0.12 \text{ g} = 1/200 \text{ mol}$  であるから、発生する水素も  $1/200 \text{ mol}$ 、すなわち 112 ml であるという概算をする。このことにより、気体を集めるには、100ml のメスシリンダーでは小さすぎ、200 ml のメスシリンダーなら十分な大きさであることがわかる。

- ⑥ 実験を行う。二又試験管にマグネシウムと塩酸 (2 mol/l の塩酸 10ml) を入れて反応させ、出てくる気体を水上置換法でメスシリンダーに集める。

- ⑦ 実験の結果として、次のことを確認する。

(ア) 実験で出てきた気体は、ほぼ予想したとおりであった。このようにモルを使って気体の体積を計算することができる。

(イ) 実験で出てきた気体の量をもう少し詳しく検討すると、どのグループも予想より、1割ほど多いことがわかる。

これは気体の熱膨張の結果であるが、ここでは深くは扱わず、実験結果に影響を与えた条件に気づくことを目的とする。すなわち、基準にした「1 mol の気体の体積 = 22.4 リットル」というのは、 $0^\circ\text{C}$  のときの体積であったことを思い出させる。そして、「今の気温は何度くらいありますか」とたずねる。ここでは、気体の熱膨張が実験結果に与えた影響を考え、実験結果が納得できる数値であることを理解できればよい。

## 第7回目の授業

- ① 講義。 実験2の考察では、マグネシウムの量から発生する水素を計算したが、もう一方の反応物質である塩化水素（塩酸）は足りていたのだろうかという問題提起から、反応に使われた塩酸中の塩化水素の量を考える。

塩酸の濃度が  $2 \text{ mol/l}$  であること、この濃度は、1リットルの水溶液に塩化水素が  $2 \text{ mol}$  含まれているという意味であることを知らせる。

- ② モル濃度を理解するために次の練習問題を行う。

(ア)  $1 \text{ mol/l}$  の塩化ナトリウム水溶液1リットル中の、塩化ナトリウムのモル数と質量

(イ)  $1 \text{ mol/l}$  の塩化ナトリウム水溶液100ml中の、塩化ナトリウムのモル数と質量

(ウ)  $0.1 \text{ mol/l}$  の塩化ナトリウム水溶液1リットル中の、塩化ナトリウムのモル数と質量

(エ)  $0.1 \text{ mol/l}$  の塩化ナトリウム水溶液100ml中の、塩化ナトリウムのモル数と質量を求める。

- ③ 実習3 モル濃度溶液の調整

次の(ア)、(イ)のどちらかの水溶液を作る。

(ア)  $1 \text{ mol}$  濃度の塩化ナトリウムの水溶液100ml

(イ)  $0.1 \text{ mol}$  濃度の塩化ナトリウムの水溶液100ml

操作： 必要な塩化ナトリウムを電子天秤で量る。

ビーカーに塩化ナトリウムと、約50mlの水を入れ、ガラス棒で混ぜて溶かす。(この操作を盲生徒が行う場合、ビーカーにはめやすの量を示す線があつて、触覚でわかる。100ml用のビーカーの50mlの目盛りに指を当て、中に水を入れると、指先に感じる冷たさで約50ml入れることができる。結晶が融けたかどうかは、ガラス棒で確認する。)

ビーカー内の水溶液をメスフラスコに入れ、ビーカーを少量の水でゆすいでその水もメスフラスコに加え、最後に標線まで水を入れる。

(標線付近で微調整しながら水を入れるには、滴びんを用いるか、駒込ピペットで少量ずつ入れる。盲生徒の場合は、標線を見ながら操作

することができないので、1滴ずつ水を加える役割を担当するか、標線に感光器を当てて水面が標線まで来たことを確認する役割のどちらかを担当させる。いずれにせよ、操作を実際に行うことによって、モル濃度の意味を定着させるのが目的である。

④ 講義 2 mol/l の塩酸の作り方。濃塩酸は 12mol/l の塩化水素の水溶液であることを知らせる。したがって 2 mol/l の塩酸を作るには、濃塩酸を 6 倍に薄めればよい（濃塩酸 1 に対して水が 5 の割合で混ぜる）ことを知らせる。

⑤ もう一度、実験 2 の考察に戻る。

実験で用いた 2 mol/l の塩酸 10ml 中に含まれる塩化水素のモル数を求める。計算により、0.02 mol の塩化水素が含まれていたことが分かる。反応に用いたマグネシウムは 0.005 mol であったので、反応式から、塩化水素は 0.01 mol 以上あればよいことが分かる。したがって、この実験で用いた塩酸の量は十分であったことが理解できる。

このようにして、実験の考察から出発し、実習と講義によってモル濃度を理解させる。

## 第8回目の授業

### 実験3 硫酸銅の結晶中に含まれる水の量の測定

目的： 実験を通して結晶水概念を導入し、molを使うことによって、1molの結晶に含まれる結晶水のmol数を決めることができることを学ぶ。

方法：

- ① カセロール（柄つき蒸発皿）に硫酸銅の結晶 5.00 g（あらかじめ教師が秤量して配布）を入れ、電子天秤で質量を測定する。
- ② 電熱器で、加熱する。ガラス棒で混ぜていると、ブツブツと水がはじける音と、ガラス棒に湿った結晶がまつわりつく感触があり、やがてさらさらした粉末の感触になる。このとき、色はコバルトブルーから白色に変化する。
- ③ 電子天秤でカセロールごと質量を測定する。最初の質量とくらべての減少分は結晶水の質量であることを理解し、結晶 5.00 g 中に含まれていた水の質量を計算する。また、それが結晶全体の何%かを求める。
- ④ カセロール中の粉末（無水硫酸銅）を少量、水でぬらした指先につけ、発熱を確認する。（大きな発熱は、水が単に混合しているのではなく、化合している証拠でもある。発熱によって、結晶水が、結晶の成分として、化合した水であることを印象づけるわけである。なお、火傷をしないように、そばに水を入れた水槽を用意し、指先はすぐに水で洗う。）
- ⑤ 無水硫酸銅の色（白）と、水が化合して硫酸銅五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  になった部分（青色）を感光器で比較する。

Table 3 結果の一例

| 結晶の質量  | 反応後の質量 | 減少分（結晶水） | 結晶水の割合 |
|--------|--------|----------|--------|
| 5.00 g | 3.40 g | 1.60 g   | 32 %   |
| 5.00 g | 3.33 g | 1.67 g   | 33 %   |
| 5.00 g | 3.28 g | 1.72 g   | 34 %   |

結果の考察：

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  なら、 $18 \times 5 / 250 = 0.36$  36%になる。

$\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  なら、 $18 \times 4 / 232 = 0.31$  31%になる。

実験結果から、結晶水の数はいくつだと思うか。

実習 4 指定された mol 濃度の硫酸銅の水溶液を作る。

方法： 結晶水は水溶液中では溶媒となることを理解し、次の水溶液のどちらかを作る。調整方法は、実習 3 と同じ。

(ア) 0.1mol/l の硫酸銅水溶液

(イ) 0.2mol/l の硫酸銅の水溶液

#### IV 一連の授業のまとめと考察

##### 1. 一連の授業の流れ

この8回の授業の内容は、「第1回目の授業から第6回目の授業まで」と「第7回目、第8回目の授業」の二つに大きく分けることができる。前者は、モルという概念を理解し、単位として使いこなすための授業であり、後者は、物質の状態の一つである水溶液に関する内容である。したがって、後者は、物質の状態で扱うことにすることもできる内容である。ここでは、実験2との関連で、塩酸（塩化水素の水溶液）に含まれる塩化水素の量を知るために、モルの学習のほうで扱った。さらに、実験2は、発生する気体の体積を温度と気圧条件を入れて補正する作業があるので、一般の高校では、「気体の法則」の学習を終えてから扱う実験である。しかし、ここでは、実験1との関連で生徒が実験方法を考える過程を大切にしたいことと、気体の体積や溶液の濃度もモルで考えると便利であることを実感させたかったために、ここまでをひとつながりで扱った。

一般に、どの化学反応にも様々な要素が含まれており、要素ごとにあるいは要素と要素を組み合わせることで実験計画が立案される。その組み合わせ方は絶対的なものではないし、一度にすべての要素を網羅できるものでもない。一般的には、教科書の流れに沿っての展開が多いと思われるが、この一連の授業では、一気にモル濃度までおさえてしまう計画を立案したわけである。

結果としては、「水溶液」の単元でモル濃度を扱うよりも、ここで扱うほうが、水溶液中の溶質の量をモルで表す便利さが実感できるという利点があった。また、気体の体積の扱いについては、モルを使つての計算と、気体の温度・圧力による補正まで同時に扱うことは初心者には無理があると考えて、あえて、ここでは補正をしないことにした。そのため、生徒が学習の目標を理解して実験する事が出来た。しかし、このように扱っていると、実験2の結果が計算値とずれてくる。この段階で生徒が混乱せず、後の学習で補正するという流れを素直に受け入れられるようにするように留意した。

##### 2. 生徒の主体性

実験1では、モルには全く触れずに実験を行った。この実験では、実験方法を



生徒に工夫させた。生徒は当初、発生する気体を集めて体積を調べることを考えていたが、気体を逃がし、質量保存の法則を応用して、質量の減少から気体の質量を知る実験方法へと発想を転換して実験方法に気づくことができた。

また、実験操作が簡単で、気体の発生や反応の終点が音で分かることや、塩酸を過剰に加えてもさしつかえないので反応の終わりに気づくのが遅れても支障はないこと、危険がないことなど、操作が初心者向きである。このようにこの実験は、生徒の考えた実験方法を実際に行う上で無理がなく理論値に近い結果が得られるので、量的関係の導入として、適切な題材であった。

実験2では、生徒は当初、実験1を踏襲できると考えたが、気体の質量を計算してみることで、質量の測定が無理であることに気づくことができた。このように、実験2はそれまでの学習内容の応用としての計算練習であり、これから学ぶ気体の体積とモルの関係の学習の導入になる実験でもある。

このように、論理を積み重ねていく学習は、それぞれの段階の学習内容を生徒が理解してはじめて、概念の広がりを楽しむことができる。生徒の知識・理解と、教師の意図がうまくかみ合ったときには、「モルってすごいな」という言葉が出ることがある。逆に、教師が先を急いでいると、生徒にとっては新しい概念の学習が、新たな負担感をもたらすだけである。そのため、この授業展開は、生徒の様子を観察しながら進めるべきものである。筑波大学附属盲学校で筆者が担当した授業では、実験1と実験2の間に4回（8時間）の授業を使って、モルの理解を図った。これだけの時間はどうしても必要である。

実験2では、気体の体積を測らなければならないことに生徒が気づくには時間がかからなかった。この方法は、気体の量の測定としては、ごく一般的な方法だからである。生徒にとって、水上置換法で気体を集めることは中学部の授業で経験しているものが多く、実験のイメージを描くことは容易であった。

### 3. 実験操作

実験1においては、塩酸を少しずつ加えるために、ポリエチレン製の滴ビンを用いた。これは、点眼瓶の大型のものであるから、実験操作は簡単である。ただし、初めて使う生徒には、この滴びんに水を入れ、自分の手に滴下させて、瓶をつまむ力の強さと出てくる水の量の関係を把握させる。この滴瓶は、中和滴定実

験など、この先、いろいろな実験で使う器具である。

実験 2 においては、発生する気体を逃がさないように水上置換法で集めるために二又試験管を用いた。二又試験管は、第二部の基本操作の中で紹介しているように、盲学校の気体発生実験にとっては必需品である。

実習 3 では、モル濃度溶液の調整に、各グループで 100ml 用メスフラスコを用いた。メスフラスコを使うときには、標線に水面を合致させなければならない。そのため、盲生徒が一人で使える器具ではない。しかし、モル濃度の意味を理解するためには、この実習が不可欠なので、教師が援助してこの実習を行っている。

モルの学習には、質量測定の手機が多く、この一連の授業で生徒の測定能力を向上させることができた。使用する天秤は、上皿天秤と音声表示電子天秤を用途に応じて使い分けた。実習 1, 2 では、精度が低くても差し支えないので、上皿天秤の復習の手機とした。また、実験では、ある程度の精度が必要なことと、測定操作の負担を減らすこともあって音声付き電子天秤を活用した。この一連の実験で盲生徒がたびたびの質量測定を短時間で行うことができたのは、この電子天秤の普及のお陰である。なお、一定量の試薬 (2.00g の炭酸カルシウムや、0.12g のマグネシウム) を量り取る操作を盲生徒が行うと非常に時間がかかるので、測定自体に意味のある実習 2 と、実習 3 以外ではあらかじめ、教師が量っておいたものを与えた。

#### 4. 計算の負担を小さくするための工夫

盲生徒の中には、数学が苦手な生徒が多い。この原因については、あらためて別の機会に検討する必要があるが、化学の授業の範囲で気づいたことは、比例式を立てて解くことができない生徒が多いことである。この理由のひとつとしては、数式自体がビジュアルなものであり、それを点字で横 1 行の式として書きながら、イメージを描くことができるようにするための系統的な指導を受けてこなかったからであろうと思われた。計算力には、小学部での珠算の経験の有無が影響していた。盲学校用点字教科書では、小学部の算数の中に珠算を取り入れ、点字教科書の 1 分冊は珠算に使われている。また、珠算によって暗算能力も高まる。しかし、このような、特別の工夫のある教育を受けて来なかった生徒も多いのである。この問題の検討もいずれ別の機会に行う必要がある。

ここでは、そのように、数式や計算に苦手意識が強い生徒が多い実態を考慮して、実験や実習で扱う物質やその量を工夫した。

具体的には、

(ア) 実験 1 において、炭酸カルシウム (式量 100) を使うことで、計算を容易にした。1 mol がちょうど 100 g である炭酸カルシウムを用いることで、実験に用いた 2.00 g の炭酸カルシウムは  $1/50$  mol になり、発生する二酸化炭素も  $1/50$  mol、すなわち 0.88 g であることが、容易に計算できたのである。

(イ) 実験 2 においては、マグネシウム (原子量 24) を 0.12 g、すなわち  $1/200$  mol 用いることで、発生する水素も  $1/200$  mol になる。したがって水素の質量は 0.01 g、標準状態での体積は 112 ml であることが容易に計算できた。

(ウ) 原子量の定義としては、「最も軽い水素原子を 1 として、他の原子がその何倍の重さであるかを表す数」という歴史的な定義から出発した。このこと「比較の重さ」という概念がイメージしやすくなるためである。

この定義を使うことで、2 回目の授業でモルの導入がしやすく、同じく 4 回目の授業のモデル実験でも、米を 1 として、小豆や大豆が米の何倍の重さであるかという定義がしやすくなった。4 回目の授業を終えてから、教科書の定義を指導するが、この場合も「水素を 1 とした場合とほとんど同じ」ということを強調した。また、長さの単位である 1 m の定義の歴史的変遷に触れ、理解を図った。

(エ) 実験 3 では、結晶水の質量が、もとの結晶の質量の何%になるかを計算させ、結晶水の数を求める計算はしなかった。すなわち、実験結果の処理において、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の場合 (結晶水は全体の 36%)、 $\text{CuSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  の場合 (結晶水は全体の 31%) を示し、実験結果をそれと比較させる方法をとった。 $\text{CuSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  として、 $x$  を求めさせるような計算は多くの生徒にとって無理であり、この計算の指導に多くの時間を費やすことは、この授業の本質から外れていると考えたためである。

## 5. 生徒と教師の対話で進める授業

この8回の授業は、対話により、生徒自身の「気づき」を促すように進められた。

たとえば、第2回目の授業は、原子量の数値と、モルの数値が同じであり、従って、1molの単体はどれも同じ数の原子からできていることを、生徒自身が気づくことをねらって構成された。

また、第4回目の授業で行ったモデル実験では、第2回目の授業での理解をさらに定着させることが目的であったが、この場合も質量比に応じてグラム単位でとった粒の数がどれも同じであることを、操作を通して生徒が気づくことが目的として進められた。

どちらも、理論を与えて計算させて確認実験をするのではなく、操作をする中で、理論に生徒が気づいていくプロセスを大切にしたい授業である。

このように、生徒との対話をしながら進める授業は、少人数でなければ成り立たないものであるが、盲学校には、このような授業を行う条件がある。

## 6. モデル実験の意義

第5回目の授業で行ったモデル実験は、マクロな物質の世界と、ミクロな原子・分子の世界の間に、「粒を見ることも数えることもできるが、数えるのには小さすぎて面倒なため、普通は質量で扱っている」米、小豆、大豆などを介入させて、「モル」の、質量と粒子数との関係を実感的にも納得させることを目的とした。

このモデル実験では、最後の段階で、1粒の質量比に応じて米、小豆、大豆を量りとり、その粒の数を数えるという活動がある。このとき、

「あれ、同じ数になった。いいのかな？ ああ、同じでいいんだ。」

という言葉が聞かれた。同じ数になることは計算すれば明らかであるが、この言葉に表れたような、「驚き、疑問、納得」の過程は、実際に手を動かして作業を行ったからこそ生まれたものである。しかも、この「同じ数になっていいのかな？ ああ、同じでいいんだ。」という理解は、モル概念の本質に関わるものである。

## V 授業の分析と評価

本授業では、従来の指導法でモルが理解できない生徒が多かったのは、定義が先行する指導法に原因があると考え、まずは、物質を通してモルを単位として使いこなす力をつけるようにした。極言すれば、モルの定義を言えなくても、モル単位（質量、粒子数、気体の体積、濃度）で物質を扱うことができることのほうが大切だという考え方である。これは、メートル、キログラムなどと同じように、定義よりも、量の感覚を伴って使いこなせるようにすることが先決だという考え方だとも言える。

一連の授業の最初のほうでは、生徒はモルとは無関係に実験をしていた。やがて、物質1モルを量る実習に入り、生徒たちはモルを使って物質の量を扱うことができるようになった。しかし、この頃は、モルの便利さについては理解ができていなかった。生徒の中から、モルの便利さに感嘆する声が出始めたのは、第4回目の授業で、第1回目の授業で行った実験の炭酸カルシウムの質量と発生する二酸化炭素の質量の関係が、モルを使うと明快に予測でき、実験結果とも合致することを知ったときである。

この一連の授業を通して、生徒はモルを使って常に物質の量を考えることができた。ただし、計算が苦手な生徒がつまづかないよう、扱う数量は計算上の負担のないように工夫した。

その後の授業でも、全員がモルを単位として使っている。たとえば、酸・塩基の中和反応で物質のモル濃度から、与えられた水溶液に含まれるイオンの数をモル数で答えるといった光景が日常的に見られた。

従来の指導においては、授業で習ってもしばらくすると、多くの生徒が「モル」という名前は知っていても、自分から使いこなすことはなかなかできなかった。この授業を通じて構築された指導法では、実際の物質の量を実感しながらモルを学び、学んだ概念を実物に応用する過程を通して、生徒がモルを使いこなす力を身につけた。これは、このように、実験と講義を切り離さず、対話によって生徒が気づいていく指導法の有効性を物語っていると言ってよいだろう。

本授業では、生徒が見通しを持って主体的に実験を行っており、実験の困難点Dは、大きく軽減されている。

## 第6章 実験指導の成果に関する研究

### －化学卒業実験にみる盲生徒の実験遂行能力－

#### I 研究の目的

高等部3年生が卒業前に行う、化学卒業実験における代表的な実験事例について、生徒の実験遂行能力を分析し、実験指導の成果を検証する。

#### II 化学卒業実験の枠組み

##### 1. 化学卒業実験の目的と概要

実験活動の評価としては、レポートによる評価が一般的である。しかし、レポートは実験活動の後に提出されるため、書いてある内容に生徒の思い違いと思われるものがあったとしても、実験場面に即して再度観察させる機会を持つことが難しい。また、活発に実験を行っている生徒が良いレポートを書くとも限らないことから、教育の場では問題がある。

実験の評価として、生徒の力量が最も正しく反映されるのは、実験の場で実験に即して評価することであろう。この評価は、一般の大学の入学試験などで試みられてはいるものの、あまり広がらない。その最も大きな理由は、試験官の負担が大きいことである（古川 1997）。しかし、盲学校の人数であれば実験の場での評価も不可能ではない。また、盲学校では、生徒一人一人が実験の目的と、方法の全体像を把握して実験を行うことが大切であると考え、そのためには、基本操作の習得を含めて、実験を始める前に時間をかけ、実験中は、観察された事象を、その都度、その場でまとめることが大切なこととされている。

このように考えると、実験の結果の確認や考察は、本来、実験中、または、必要に応じて実験のやりなおしができる実験直後になされるべきものである。そこで、筑波大学附属盲学校では、高等部3年生の12月から1月までの間に、化学卒業実験として、生徒に一人ずつ実験を行わせ、その場で評価する個別面接型の実験の評価を1984年度から実施してきた。

この面接実験では、生徒は実験題目を選び、実験計画書を提出する。実験計画

書に沿って指導が行われた後、各生徒に約 30 分間の時間を割り当てて実際に実験を行わせ評価がされた。

評価の配点は、実験の内容に関わりなく、技能 40 点、理解 40 点、態度 20 点、合計 100 点とする。

生徒には、あらかじめ実験計画書を提出させ、実験内容、生徒のレディネスを確認した上で、実験に臨ませる。実験計画書が不十分な生徒に対しては、個別指導を行う。

各生徒の実験内容に即して、評価のチェックポイントをあらかじめ設定し、実験中、および、その場での口頭試問を行いながらチェックする。チェックポイント以外に気づいたことも、評価用紙に記入する。

実験の準備（器具、薬品など）は、生徒の実験計画書の内容を尊重しながら、教育的判断を加えて、教師が準備する。ここでいう教育的判断とは、生徒の計画書には書いていなくても、必要だと思われるものは、教師の判断で用意することを指す。

## 2. 生徒が選んだ実験題目

1984 年度から 1997 年度までに、223 人（点字使用者 128 人、普通文字使用者 95 人）の生徒が化学卒業実験を行った。生徒はそれぞれ自分の選んだ実験を行った。生徒の選んだ実験で最も多いのが、有機化合物の実験（アルコールの酸化、エステルの合成など）で 86 人である。これは、3 年次に学習した、記憶の鮮明な実験であること、授業で、グループ実験でなく一人ずつが行った実験であること、化学反応式や分子模型での説明などがしやすいこと、反応の進行状況が臭いで確認できることなどが影響しているためと思われる。

次いで、イオンの検出、タンパク質の呈色反応など、溶液の色の変化や沈殿反応をみる実験を選んだ人が 46 人いる。また、気体の発生実験は 41 人いるが、年度によって人数の変動が大きい。また、金属のイオン化傾向、電池の実験なども年度によって人数が変動しているが、これは、その年度の授業計画で、3 年生の後半に何を取り上げるかが影響している。1 年生から 3 年生までの実験のうち、3 年生の後半に実施した実験が選ばれることが最も多い。また、年度によって、ある実験に集中している傾向があるのは、クラスの中で他人の真似をする生徒が

いるからである。

中和滴定は、少数ではあるが常に選ばれる実験である。授業では、第5章に示した方法で実験を行っているが、弱視生徒の中には、卒業実験では一般の教科書に載っているビュレットを用いる実験をやってみる生徒もいる。

授業では取り上げなかった実験や、方法の変更を試みる生徒もいる。1985年度の「乳酸とプロパノールのエステル」は、授業でおこなったエステルの合成実験を応用し、アルコールと有機酸の種類を変えてみたものであり、1997年度の「エタノールの酸化剤による酸化」は酸化の方法を授業とは変えてみたものである。また、1991年度の「アンモニアソーダ法の実験」、1997年度の「陽イオンの分析」は、授業では時間の都合で割愛した実験である。1989年度の「中和熱の測定」は、授業では取り上げなかった実験であったが、この生徒は得意な数学を生かして結果の計算の手間を省くことができるよう反応物質の量を工夫していた。また、1991年度の「ファラデーの電気分解の法則を確かめる実験」は、電気が好きな生徒が、やはり結果の計算が容易なように工夫して実験したものである。生徒の工夫した実験法の中には非常に良い方法があり、後に授業で行う実験に取り入れたものもある。

各年度ごとの実験題目表を、資料（第6章の最後）に示す。（1986年度は実施せず）



### Ⅲ 化学卒業実験の具体的展開

化学卒業実験の具体的展開をみるために、エタノールと酢酸の脱水縮合（有機化合物の実験の代表として）、マグネシウム・カルシウム・バリウムイオンの反応（沈殿反応の代表として）、アンモニアの発生（気体発生実験の代表として）の3事例について、実験の技能、および反応の理解に関するチェックポイント、および実験計画書の例を示す。

例1： 気体の発生実験 1984年度 盲生徒

#### 1) 実験計画書

実験計画書は表を参照

#### 2) 評価項目

「技能」のチェックポイント

- ① 上皿てんびんを用いて、試薬を量る。
- ② 2種類の試薬をビーカー内で混ぜ、試験管に入れる。
- ③ 実験装置を組み立てる。
- ④ ガスバーナーを用いて加熱する。
- ⑤ 発生するアンモニアを上方置換法で集める。
- ⑥ 集めたアンモニアの入った試験管の口を指でふさいで水中で指を離す。  
(試験管を持つ手の向き)
- ⑦ 水が飛び込んだ試験管にフェノールフタレインを滴下する。
- ⑧ 感光器でフェノールフタレインの呈色を調べる。

「理解」のチェックポイント

- ① 化学反応式が言える（書ける）。
- ② 使用する薬品の量のおよその関係について、化学反応式から（モルを用いて）計算（概算）をすることができる。
- ③ 上方置換をする理由が説明できる。
- ④ 水中で試験管をふさいでいた指を離したときに起こった現象（指が吸い込

まれる感じがして、水が飛び込む)の説明ができる。

⑤ フェノールフタレインの呈色について説明できる。

### 3) 結果

- ① この生徒は、大変に手先が器用な生徒で、すべての実験操作を要領よく、正確に、しかもかなりの速さで行うことができた。
- ② 実験に用いた試薬(塩化アンモニウム 3 g、水酸化カルシウム 2 g)は、この実験が行われた 1984 年には、上皿天秤で量っていた。試薬を少しずつ加え、天秤が釣り合ったところでやめる操作は、盲生徒にとっては時間がかかるの操作であるが、この生徒はそれを大変要領よくこなした。
- ③ 実験装置の組み立てにおいて、試験管をスタンドに取り付ける高さを決めるときには、ガスバーナーと試験管との距離を自分の手を物差しにして測って見当をつける動作が見られた。また、ガスバーナーにマッチで点火するときには、マッチを持った手の小指をさりげなくガスバーナーの筒に当てて、マッチの炎がガスが出てくる口に確実に当たるように位置を決めていたが、それらの動作は、そのつもりで見えていなければ気づかないほどの速さであった。
- ④ よく予習してあって、「理解」に関する質問にも、的確に答えることができた。

Table 4 化学卒業実験計画書 例1

|  |
|--|
| <p>実験計画書</p> <p>アンモニアの発生</p> <p>高3 T. H. (原文は点字)</p> <p>準備するもの</p> <p>乾いた試験管2本、ガラス棒、ゴム栓つきガラス管(L字管)、<br/>塩化アンモニウム、水酸化カルシウム、スタンド、水の入った水槽、<br/>上皿てんびん</p> <p>実験方法</p> <p>① 乾いた試験管に塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを入れ、ガラス棒で混ぜる<br/>(注1)</p> <p>② スタンドに試験管をとめて、ガラス管のついたゴム栓をする。</p> <p>③ ガラス管の先に乾いた試験管をかぶせ、気体を集める。</p> <p>化学反応式</p> $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NH}_3 + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>気体の確認方法</p> <p>① アンモニアには、独特の刺激臭がある。</p> <p>② 水によく溶けることからわかる。</p> <p>(注1) この操作は誤りであり、ビーカーの中で混ぜてから試験管に入れるよう、50 mlのビーカーを与えて操作させた。</p> |
|--|

備考：実験計画書が、例2、例3にくらべて非常に簡単であるが、この年度の生徒の実験計画書は、どの生徒のものも、この程度の長さであり、形式も整っていない。おそらく、この面接試験を初めて行った年度であるため、教師自身が試行錯誤の状態であり、実験計画書の書き方の指導が行き届いていなかったためと考えられる。実験操作①の間違いいについても、その後のものは、訂正して再提出させているが、この年度は口頭での訂正で済ませていた。しかし、実験そのものは、視覚にたよらず正確な操作をするための工夫が随所に見られる、非常に行き届いたものであった。

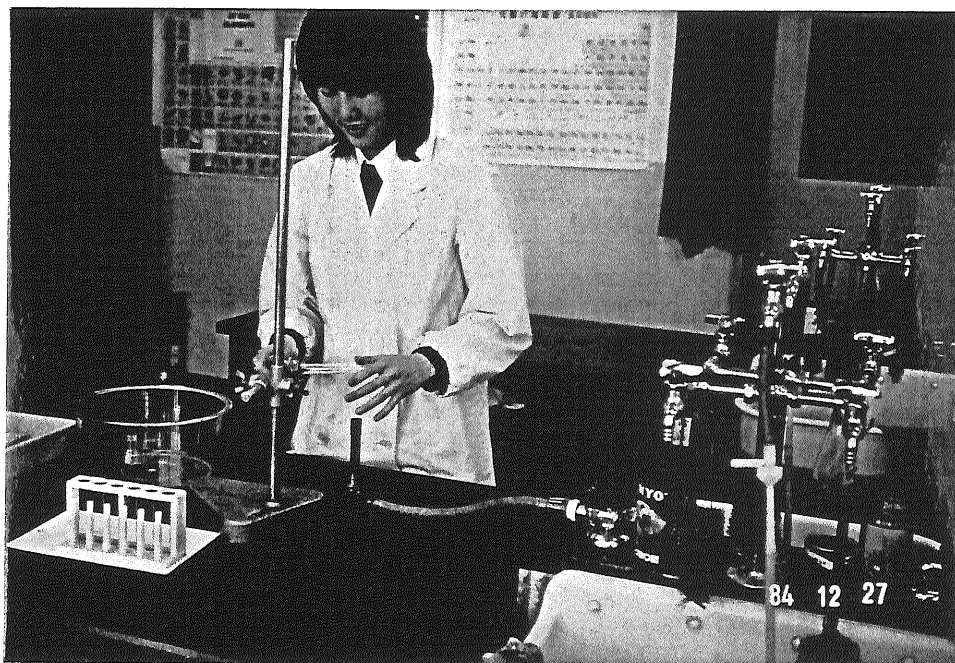


Fig.16 ガスバーナーの点火前に、自分の手の幅をものさしにして、さりげなく、ガスバーナーと試験管との距離を決めている。

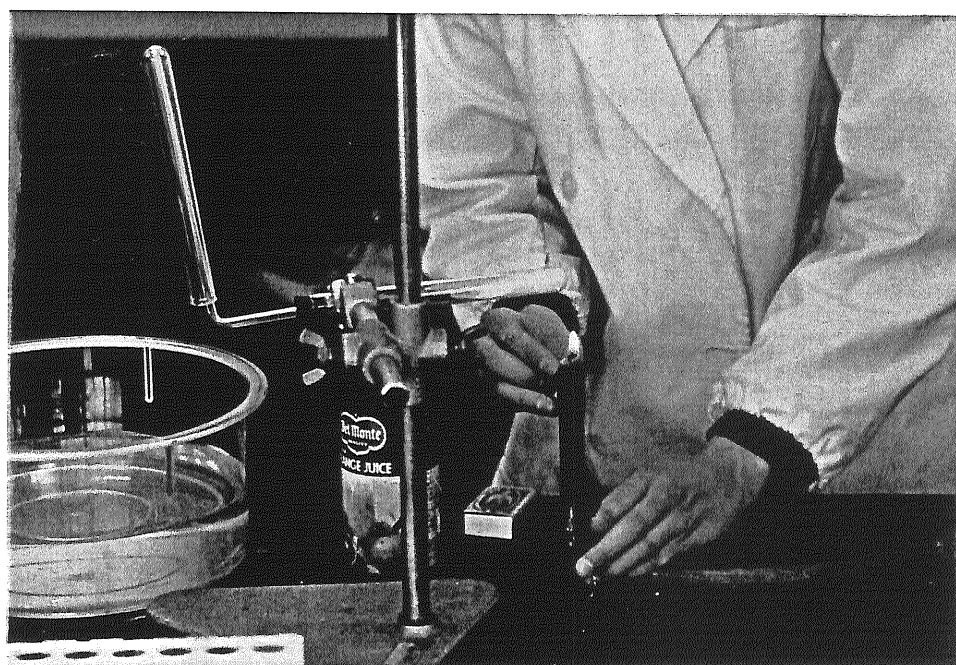


Fig. 17 ガスバーナーの点火  
(マッチを持った右手の小指をガスバーナーの筒に当てている。  
これは、マッチが筒の真上にくるようにしているのである。)

1) 実験計画書

実験計画書は表参照

2) 評価項目

この実験は、試験管に試薬を入れ、振り混ぜ、沈殿ができるかどうかを見る実験であり、操作上、特に問題はない。

しかし、もとの試薬が 3 種類、加える試薬が 4 種類あるので、器具の配置や、実験の進め方に規則性が必要である。

そこで、評価の「技能」「理解」のチェックポイントを次のように設定した。

「技能」についてのチェックポイント

- ① 駒込ピペットを使って試薬を試験管に入れる。
- ② 試験管内の溶液を振り混ぜる。
- ③ 試薬の組み合わせを間違えずに実験することができる。
- ④ 感光器で沈殿（濁り）の有無、およびその濃淡の区別ができる。感光器を「透過光の場合」と、「黒い背景を用いての反射光の場合」とで、使い分けることができる。

「理解」についてのチェックポイント

- ① 実験の目的、手順を説明することができる。
- ② 論理的、規則的に実験を進めることができる。
- ③ 沈殿の確認の際、感光器の音の違いがどのような視覚的な意味を持つのかを、透過光の場合、反射光の場合を比較して説明することができる。
- ④ 実験結果を確認し、マグネシウム、カルシウム、バリウムの各イオンの反応結果を比較して説明ができる。
- ⑤ 実験結果をⅡ族 A 元素の特色と、3 種類の金属イオンの周期表での位置とを結び付けて説明することができる。

Table 5 化学卒業実験計画書 例2

|           |   |
|-----------|---|
| 実験計画書     | 高3 A. M. (原文は点字)  |
| 1 実験題目    | マグネシウム、カルシウム、バリウムの化合物   |
| 2 実験目的    | II族Aの化合物の性質の違いを調べる。   |
| 3 準備      | 器具・・・試験管9本、試験管立て、駒込ピペット7本、感光器、<br>感光器用電気スタンド<br>薬品・・・塩化マグネシウム、塩化カルシウム、塩化バリウムの水溶液 (各 15ml)、<br>炭酸ナトリウム水溶液 (3 ml)、希硫酸 (3 ml)、<br>希水酸化ナトリウム水溶液 (3 ml)、希塩酸 (5 ml)、  |
| 4 実験方法    | <p>① 塩化マグネシウム水溶液、塩化カルシウム水溶液、塩化バリウム水溶液、約 5 ml ずつ、それぞれ 3 本の試験管に入れる。</p> <p>② ①に希硫酸を約 1 ml ずつ加えてよく振り混ぜた後、感光器で観察する。</p> <p>③ ①に希水酸化ナトリウム水溶液を約 1 ml ずつ加えてよく振り混ぜた後、感光器で観察する。</p> <p>④ ①に炭酸ナトリウム水溶液を約 1 ml ずつ加えてよく振り混ぜた後、感光器で観察する。</p> <p>⑤ ④に希塩酸を加え、感光器で観察する。</p> <p>⑥ ②の塩化バリウムの試験管に希塩酸を加え、感光器で観察する。</p>  |
| 5 予想される反応 | <p>方法②では、バリウムのみ白い沈殿ができ、その他は変化がない。</p> $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{BaSO}_4 + 2\text{HCl}$ <p>方法③では、バリウムのみ半透明で、その他は白く濁る。</p> $\text{CaCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{NaCl}$ <p>方法④ではすべて白く濁る。</p> $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{NaCl}$ <p>方法⑤では、沈殿が溶けて、CO<sub>2</sub>が発生する。</p> $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ <p>方法⑥では、変化がない。</p> |
| 6 留意事項    | <p>① 薬品が混じり合わないよう、駒込ピペットは薬品によって使い分ける。</p> <p>② 塩酸や硫酸が手や目に触れないようにする。</p>   |

(備考) この実験計画書には、試薬の濃度が示されていないが、事前に生徒と教師が話し合い、塩化マグネシウム、塩化カルシウム、塩化バリウムの水溶液は 0.2 mol/l のものを、その他は 1 mol/l のものを用意することになった。

どの生徒の場合も、実験計画書に基づき、器具や薬品は教師が準備した。

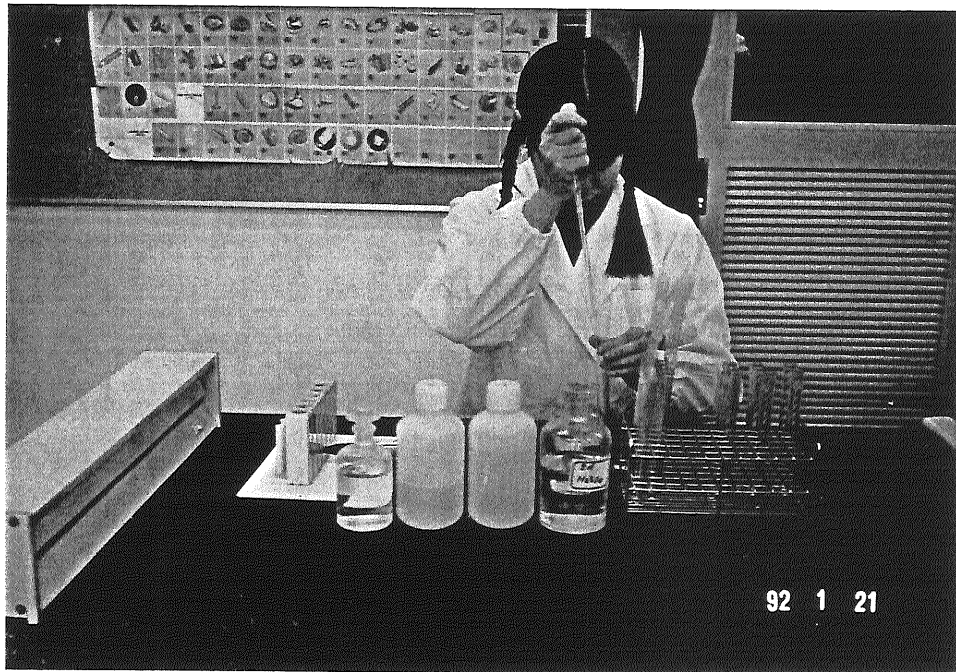


Fig.18  $Mg^{2+}$   $Ca^{2+}$   $Ba^{2+}$  の化合物の溶解度の違いを調べる実験

この生徒は実験前に、試薬瓶、試験管、駒込ピペットなどを、  
Fig.19 のように整然と配列してから実験を始めた。

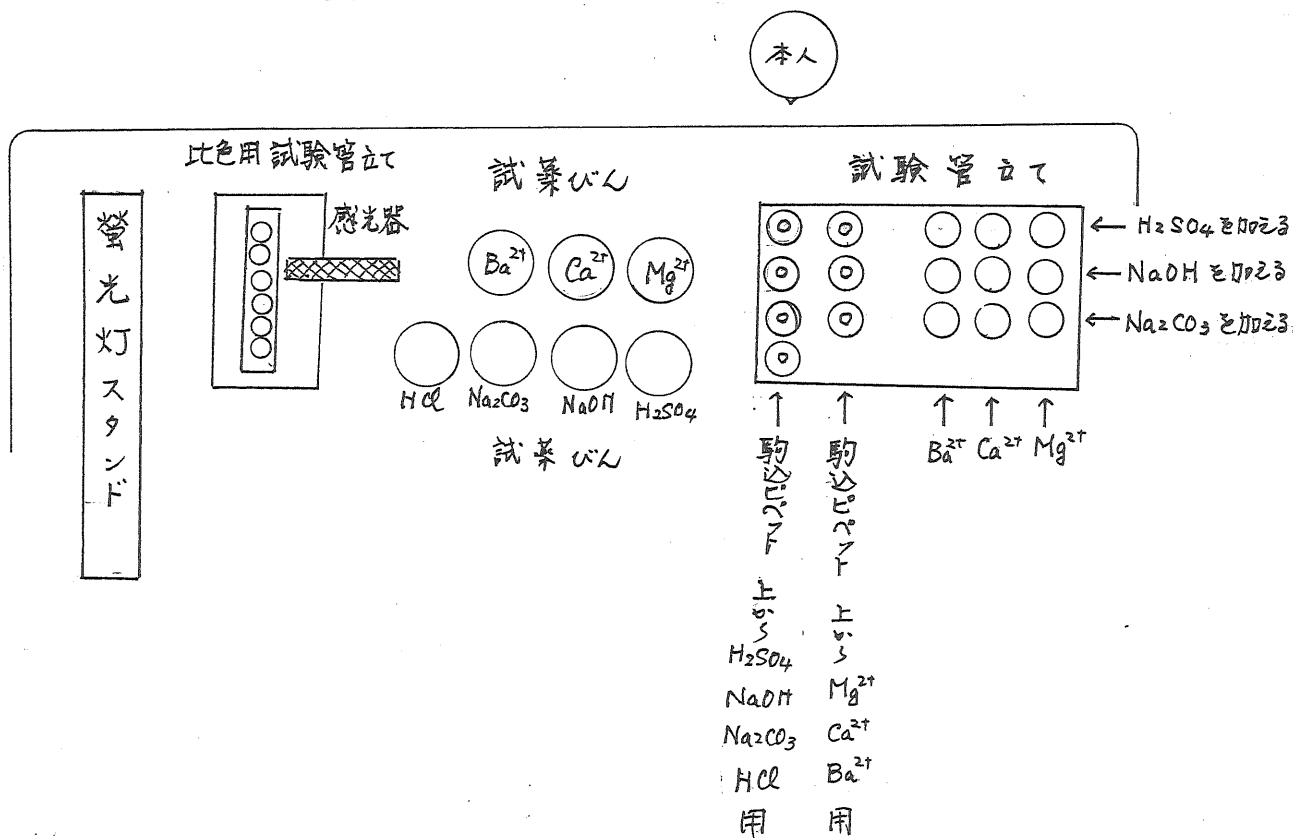


Fig.19 生徒が工夫した、実験器具などの配列

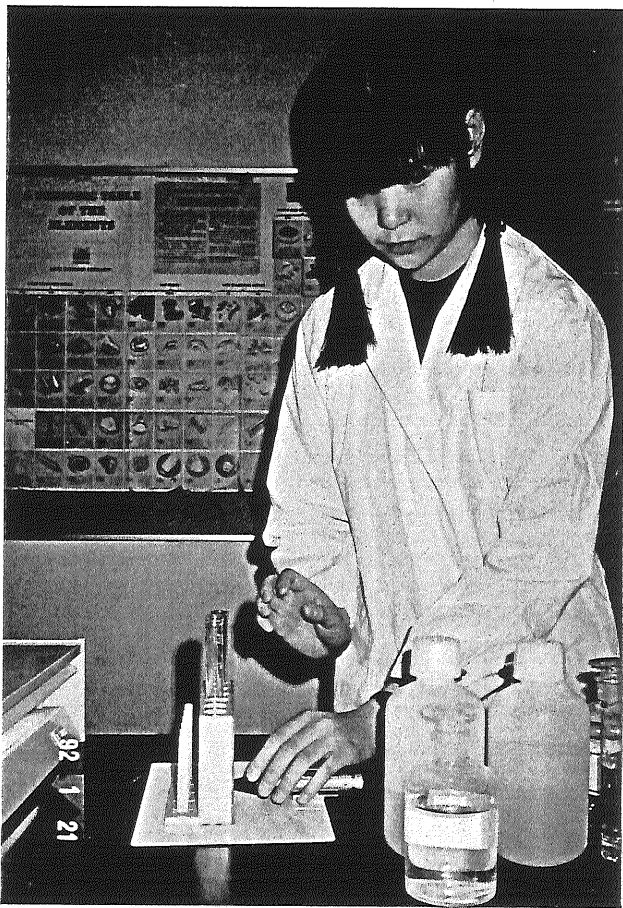


Fig.20

感光器による沈殿の確認法 (a)  
試験管内の液の白濁を透過光で  
調べている。

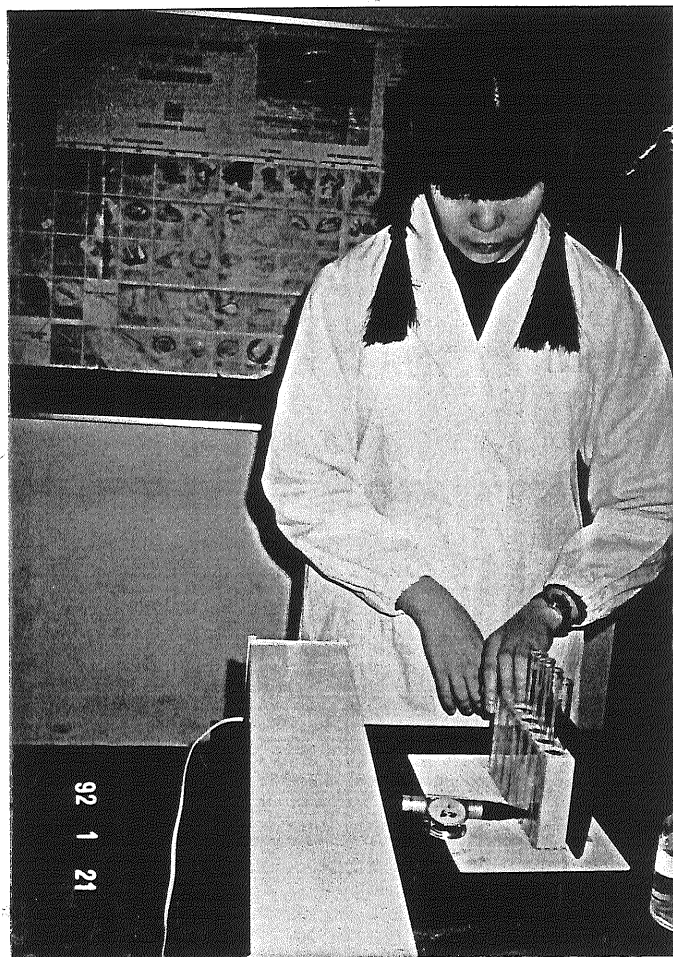


Fig.21

感光器による沈殿の確認法 (b)  
試験管内の液の白濁を反射光で  
調べている (試験管の後ろに、  
背景として黒い板を置いている)。



### 3) 結果

- ① 本生徒は、実験内容を非常によく理解しており、上記評価項目のすべてをクリアしていた。
- ② 特に、多くの試薬を間違いなく組み合わせていくために、図に示したような配列を工夫していた。
- ③ 感光器を用いての沈殿の確認は、自ら「透過光の場合」と、「反射光の場合」を組み合わせて、正しく判断していた。

## 1) 実験計画書

実験計画書は表参照

## 2) 評価項目

「技能」に関するチェックポイント

- ① 注射器を使って、酢酸、エタノールをそれぞれ試験管に 2 ml ずつ入れる。
- ② 駒込ピペットを使ってエタノールを酢酸の試験管に移す。
- ③ 試験管を振る。
- ④ 試薬瓶にとりつけてあるディスペンサーを使って、濃硫酸 0.5ml を試験管に入れる。
- ⑤ ガスバーナーに点火し、湯の入ったコニカルビーカーを金網にのせ、試験管を加熱する。
- ⑥ エステルの生成を臭いで知る。
- ⑦ 水を加え、二層になった様子を感じ器で調べる。
- ⑧ 駒込ピペットを使って下層の液をとりだす。
- ⑨ 炭酸水素ナトリウムの飽和溶液を使って中和する。中和の終了を音で知る。

「理解」に関するチェックポイント

- ① 実験の目的と手順を説明できる。
- ② 化学反応式を言う（書く）。
- ③ 分子モデルを使って反応を説明できる。
- ④ 操作や起こった現象を説明できる。

操作⑤で、なぜ間接的に加熱するか。

操作⑦で二層になったのはなぜか。上層は何で、下層は何か。

操作⑨で発生する気体は何か。この中和反応に水酸化ナトリウムを用いることができないのはなぜか。

## 3) 結果

- ① 本生徒は、実験をよく理解しており、よく考えながら実験を進めていた。

- ② 技能面について、すべて危なげがなく、静かに落ち着いて操作した。
- ③ 実験中、器具の位置を使いやすい場所にしたり、必要な器具を手近な所に並べたり、使い終わった器具を移動させるなど、頭を使って、手順よく実験している様子がうかがわれた。
- ④ 「理解」に関する質問にも、すべての的確に答え、分子模型を使っての説明も手際よく行うことができた。

Table 6 化学卒業実験計画書 例3

|           |   |
|-----------|---|
| 化学卒業実験計画書 | 高3 T. M. (原文は点字)  |
| 1 実験題目    | エタノールと酢酸の脱水縮合   |
| 2 目的      | エタノールと酢酸が脱水縮合することによる性質の変化を確認する  |
| 3 準備 (器具) | 試験管 (2)、コニカルビーカー (1)、三脚 (1)、金網 (1)<br>駒込ピペット (3)、注射器 (2)、<br>(薬品) 酢酸 (2 ml)、エタノール (2 ml)、濃硫酸 (0.5 ml)<br>炭酸水素ナトリウムの飽和溶液 (適量)、蒸留水、沸騰石  |
| 4 実験方法    | <p>① 試験管に酢酸とエタノールをそれぞれ 2 ml ずつ入れて、よく混合し、さらに触媒として濃硫酸 0.5 ml を加える。</p> <p>② コニカルビーカーに水を張り、沸騰石を 4 粒ほど入れて、①の試験管を立て、ガスバーナーで加熱する。</p> <p>③ ②の試験管が冷えてから蒸留水を加え、液が二層に分かれたら、下層の液をピペットで取り除く。</p> <p>④ 上層の液に、炭酸水素ナトリウムの飽和溶液を、気体が発生しなくなるまで徐に加える。</p> <p>⑤ ④の結果、液が二層に分かれたら、下層の液を取り除く。</p> |
| 5 予想される反応 | <p>実験方法の②では、脱水縮合によって、酢酸エチルが作られ、液体が酢酸の臭いから、セメダインのような臭いに変わるのが予想される。</p> $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O}$  |
| 6 留意事項    | <p>① 加熱する際、燃えやすい物質であるため、火を弱めておだやかに加熱する。</p> <p>② 酢酸エチルが作られる過程の臭いの変化に注意する。</p>   |

備考：濃硫酸を加えるところは、授業では時間の関係で教師が援助したため、ディスペンサー（瓶にとりつけるタイプのもの）を使うのは初めてであったが、その場で使い方を教え、すぐに使うことができた。準備する器具の中にディスペンサーがなく、駒込ピペットの数が 1 本多いのは、濃硫酸を駒込ピペットで入れるつもりでいたからであろう。



Fig.22

酢酸エチルの合成

駒込ピペットで試薬を移している。



Fig.23

試薬瓶に取り付けたディスペンサーを用いて濃硫酸を試験管に入れている。

#### IV 化学卒業実験に見る指導の成果

化学卒業実験では、盲生徒は3事例とも独力で実験を行っており、高校レベルの実験遂行は、視覚によらなくても可能であることを示している。したがって、実験の困難点A～Dは十分に克服されていると言える。

Table 7 資料 化学卒業実験・実験題目一覧（1984年度）

| 生徒 | 使用文字 | 実 験 題 目        |
|----|------|----------------|
| A  | 点字   | 硫化水素の発生と性質     |
| B  | 墨字   | 砂糖の成分          |
| C  | 点字   | 二酸化炭素の発生と性質    |
| D  | 点字   | 二酸化炭素の発生と性質    |
| E  | 墨字   | 水素の発生と性質       |
| F  | 墨字   | 水素の発生と性質       |
| G  | 点字   | 硫化水素の発生と性質     |
| H  | 墨字   | ナトリウムとエタノールの反応 |
| I  | 点字   | アンモニアの発生と性質    |
| J  | 点字   | 水素の発生と性質       |
| K  | 点字   | アンモニアの発生と性質    |
| L  | 墨字   | 酸化銀の還元         |
| M  | 点字   | 二酸化炭素の発生       |
| N  | 墨字   | 酸素の発生          |
| O  | 点字   | 二酸化炭素の発生と性質    |
| P  | 墨字   | 二酸化炭素の発生と性質    |
| Q  | 点字   | 硫化水素の発生と性質     |
| R  | 墨字   | 硫化水素の発生と性質     |
| S  | 点字   | 水素の発生と性質       |
| T  | 点字   | アンモニアの発生と性質    |

Table 8 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1985年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目               |
|----|------|--------------------|
| A  | 墨字   | ナトリウムとメタノールの反応     |
| B  | 墨字   | 両性水酸化物 (水酸化アルミニウム) |
| C  | 点字   | 両性水酸化物 (水酸化亜鉛)     |
| D  | 点字   | 銅イオン、銀イオンの検出       |
| E  | 点字   | 乳酸とプロパノールのエステル     |
| F  | 墨字   | 水素の発生と性質           |
| G  | 墨字   | 酸素の発生と性質           |
| H  | 墨字   | 水素の発生と性質           |
| I  | 墨字   | 両性金属 (アルミニウム)      |
| J  | 点字   | 両性金属 (アルミニウム)      |
| K  | 点字   | 硫化水素の発生と性質         |
| L  | 墨字   | 銀から硝酸銀を作る          |
| M  | 墨字   | 二酸化炭素の発生と性質        |
| N  | 点字   | 銅と硝酸の反応            |
| O  | 点字   | 銅イオンの反応            |
| P  | 墨字   | 仁丹の皮が銀であることを確かめる   |
| Q  | 墨字   | 二酸化炭素の発生と性質        |
| R  | 墨字   | サリチル酸メチルの合成        |
| S  | 点字   | 水素の性質 (可燃性と助燃性)    |
| T  | 点字   | 水素の発生と性質           |



Table 9 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1987年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目            |
|----|------|-----------------|
| A  | 点字   | 中和滴定            |
| B  | 墨字   | 酢酸ペンチルの合成       |
| C  | 点字   | 酢酸ペンチルの合成       |
| D  | 墨字   | ニトロベンゼンの合成      |
| E  | 点字   | ヨウ素の昇華          |
| F  | 点字   | サリチル酸メチルの合成     |
| G  | 墨字   | カルシウムと水の反応      |
| H  | 点字   | サリチル酸メチルの合成     |
| I  | 点字   | アンモニアの発生        |
| J  | 点字   | 酢酸エチル、酢酸ペンチルの合成 |
| K  | 点字   | 中和滴定            |
| L  | 墨字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| M  | 墨字   | アンモニアの発生        |
| N  | 点字   | 酢酸エチル、酢酸ペンチルの合成 |
| O  | 墨字   | メタノールの酸化、銀鏡反応   |
| P  | 点字   | 硫化水素の発生         |

Table 10 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1988年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目                 |
|----|------|----------------------|
| A  | 点字   | サリチル酸メチルの合成          |
| B  | 点字   | 塩化水素の発生              |
| C  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| D  | 墨字   | タンパク質溶液の呈色反応         |
| E  | 墨字   | タンパク質溶液の呈色反応         |
| F  | 墨字   | ニトロベンゼンの合成           |
| G  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| H  | 点字   | 両性水酸化物 (水酸化アルミニウム)   |
| I  | 墨字   | 両性金属 (アルミニウム)        |
| J  | 墨字   | 両性金属 (アルミニウム)        |
| K  | 点字   | 酢酸エチル、酢酸ペンチルの合成      |
| L  | 墨字   | ナトリウムと水の反応           |
| M  | 点字   | ヨウ素の昇華               |
| N  | 点字   | 水素と金属のイオン化列          |
| O  | 墨字   | サリチル酸のエステルと塩化鉄の反応    |
| P  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| Q  | 点字   | 塩素の性質、ハロゲンのイオンになりやすさ |
| R  | 点字   | フェノールの呈色反応           |
| S  | 墨字   | 酸化銅から作る硫酸銅の質量の関係     |
| T  | 点字   | 水素の発生と性質             |
| U  | 墨字   | 中和滴定                 |

Table 11 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1989年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目                 |
|----|------|----------------------|
| A  | 点字   | ニトロベンゼンの還元 (アニリン)    |
| B  | 点字   | マグネシウム、カルシウム、バリウムイオン |
| C  | 点字   | 中和熱の測定               |
| D  | 墨字   | 両性金属 (アルミニウム)        |
| E  | 墨字   | 硝酸の性質                |
| F  | 墨字   | 油脂の鹼化 (石鹼)           |
| G  | 点字   | 油脂の鹼化 (石鹼)           |
| H  | 点字   | 銅から銅へのサイクル実験         |
| I  | 点字   | ニトロベンゼンとアニリン         |
| J  | 墨字   | 酢酸エチルの合成             |
| K  | 点字   | タンパク質水溶液の呈色反応        |
| L  | 点字   | タンパク質水溶液の呈色反応        |
| M  | 点字   | アルミニウムとその化合物         |
| N  | 点字   | アンモニアの発生と性質          |
| O  | 墨字   | 銀イオンから銀を経て銀イオンへのサイクル |
| P  | 墨字   | フェノールフタレインの合成        |
| Q  | 墨字   | アルミニウムとその化合物         |
| R  | 点字   | 硫化水素の発生と性質           |
| S  | 墨字   | アニリンの合成              |
| T  | 墨字   | 鉄イオンの呈色反応            |
| U  | 墨字   | 第3周期の酸素化合物           |
| V  | 点字   | 金属のイオン化傾向            |
| W  | 点字   | マグネシウム、カルシウム、バリウムイオン |

Table 12 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1990年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目            |
|----|------|-----------------|
| A  | 点字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| B  | 点字   | 両性金属、両性水酸化物     |
| C  | 点字   | 水酸化鉄コロイドの凝析     |
| D  | 点字   | アセチレン           |
| E  | 墨字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| F  | 点字   | アルコールの酸化        |
| G  | 墨字   | アルコールの酸化        |
| H  | 点字   | 銅イオンの反応         |
| I  | 墨字   | 酢酸エチルの合成        |
| J  | 点字   | アルカリ金属と水の反応     |
| K  | 墨字   | アセチレン           |
| L  | 点字   | 銅から銅へのサイクル実験    |
| M  | 点字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| N  | 点字   | 銅イオンの反応         |
| O  | 点字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| P  | 点字   | 酢酸エチルの合成        |
| Q  | 墨字   | アセチレン           |
| R  | 点字   | タンパク質水溶液の呈色反応   |

Table 13 資料 化学卒業実験・実験題目一覧（1991年度）

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目                 |
|----|------|----------------------|
| A  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| B  | 点字   | マグネシウム、カルシウム、バリウムイオン |
| C  | 墨字   | メタノールの酸化、銀鏡反応        |
| D  | 墨字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成      |
| E  | 墨字   | 中和滴定                 |
| F  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| G  | 墨字   | 銀鏡反応                 |
| H  | 墨字   | メタノールの酸化、銀鏡反応        |
| I  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| J  | 墨字   | アンモニアソーダ法            |
| K  | 墨字   | サリチル酸メチルの合成          |
| L  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| M  | 点字   | 酢酸エチルの合成             |
| N  | 点字   | 水の電気分解とファラデーの電気分解の法則 |
| O  | 墨字   | 中和滴定                 |
| P  | 点字   | 銀鏡反応                 |
| Q  | 墨字   | 酢酸エチルの合成             |
| R  | 墨字   | 二クロム酸カリウムでエタノールを酸化する |
| S  | 点字   | 硫酸銅の結晶水の定量           |
| T  | 点字   | 中和滴定                 |
| U  | 点字   | 銅イオンの反応              |

Table 14 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1992年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目             |
|----|------|------------------|
| A  | 墨字   | 金属のイオン化傾向        |
| B  | 墨字   | メタノールの酸化         |
| C  | 点字   | 糖とデンプン           |
| D  | 点字   | フェノールフタレインの合成    |
| E  | 墨字   | ニトロベンゼンの合成       |
| F  | 点字   | 鉛蓄電池             |
| G  | 墨字   | 牛乳の成分            |
| H  | 点字   | タンパク質の呈色反応       |
| I  | 点字   | サリチル酸メチルの合成      |
| J  | 墨字   | アセチレン            |
| K  | 点字   | 中和滴定             |
| L  | 墨字   | 牛乳の成分            |
| M  | 点字   | 酢酸ペンチルの合成        |
| N  | 点字   | 塩化ナトリウムの水溶液の電気分解 |
| O  | 墨字   | サリチル酸メチルの合成      |
| P  | 点字   | サリチル酸メチルの合成      |
| Q  | 墨字   | 金属のイオン化傾向        |
| R  | 墨字   | タンパク質水溶液の呈色反応    |
| S  | 点字   | タンパク質のビウレット反応    |
| T  | 点字   | 酢酸エチルの合成         |

Table 15 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1993年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目          |
|----|------|---------------|
| A  | 点字   | サリチル酸メチルの合成   |
| B  | 墨字   | メタノールの酸化      |
| C  | 墨字   | メタノールの酸化      |
| D  | 点字   | 中和滴定          |
| E  | 墨字   | メタノールの酸化・銀鏡反応 |
| F  | 点字   | コロイド溶液        |
| G  | 点字   | ダニエル電池        |
| H  | 点字   | 酢酸エチルの合成      |
| I  | 墨字   | 反応の速さ         |
| J  | 墨字   | ニトロベンゼンの合成    |
| K  | 点字   | ニトロベンゼンの合成    |
| L  | 点字   | メタノールの酸化      |
| M  | 点字   | メタノールの酸化      |
| N  | 墨字   | メタノールの酸化      |
| O  | 墨字   | カルシウムの化合物     |
| P  | 墨字   | 酢酸エチルの合成      |
| Q  | 墨字   | メタノールの酸化      |
| R  | 点字   | アルミニウムイオンの反応  |

Table 16 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1994年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目            |
|----|------|-----------------|
| A  | 墨字   | 酢酸エチルの合成とケン化    |
| B  | 点字   | 中和滴定            |
| C  | 点字   | 金属のイオン化傾向       |
| D  | 墨字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| E  | 点字   | 酢酸エチルの合成        |
| F  | 点字   | ダニエル電池          |
| G  | 墨字   | メタノールの酸化        |
| H  | 墨字   | 酢酸エチルと酢酸ペンチルの合成 |
| I  | 点字   | 中和の公式を求める実験     |
| J  | 点字   | ファラデーの電気分解の法則   |
| K  | 墨字   | ダニエル電池          |
| L  | 点字   | 食塩水の電気分解        |
| M  | 墨字   | 塩素の発生と性質        |
| N  | 墨字   | アルコールの酸化        |
| O  | 点字   | タンパク質水溶液の呈色反応   |
| P  | 点字   | ダニエル電池          |



Table 17 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1995年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目          |
|----|------|---------------|
| A  | 点字   | 金属のイオン化傾向     |
| B  | 墨字   | 過酸化水素の分解反応の速さ |
| C  | 点字   | ニトロベンゼンの合成    |
| D  | 点字   | 酢酸エチルの合成      |
| E  | 点字   | ニトロベンゼンの合成    |
| F  | 点字   | レモン電池         |
| G  | 墨字   | タンパク質水溶液の呈色反応 |
| H  | 点字   | タンパク質水溶液の呈色反応 |
| I  | 墨字   | アルデヒドの銀鏡反応    |
| J  | 点字   | 酢酸エチルの合成      |
| K  | 点字   | タンパク質水溶液の呈色反応 |
| L  | 点字   | 水酸化鉄のコロイド溶液   |
| M  | 墨字   | ニトロベンゼンの合成    |
| N  | 点字   | 酢酸エチルの合成      |
| O  | 墨字   | 金属のイオン化傾向     |
| P  | 点字   | 酸素の発生と性質      |
| Q  | 点字   | 硝酸の性質         |
| R  | 墨字   | 酢酸エチルの合成      |
| S  | 点字   | ニトロベンゼンの合成    |
| T  | 点字   | ニトロベンゼンの合成    |
| U  | 墨字   | ニトロベンゼンの合成    |
| V  | 墨字   | タンパク質のビウレット反応 |

Table 18 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1996年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目            |
|----|------|-----------------|
| A  | 点字   | 酢酸エチル・酢酸ペンチルの合成 |
| B  | 墨字   | タンパク質の定性反応      |

備考：この年度から教育課程の変更により、3年生の化学は選択科目（化学Ⅱ）となった。1996年度の選択者は2名であった。

Table 19 資料 化学卒業実験・実験題目一覧 (1997年度)

| 生徒 | 使用文字 | 実験題目           |
|----|------|----------------|
| A  | 点字   | 金属イオンの分析       |
| B  | 点字   | アンモニアソーダ法      |
| C  | 墨字   | 高分子化合物を作る      |
| D  | 墨字   | 銅から銅へのサイクル実験   |
| E  | 点字   | 中和滴定           |
| F  | 点字   | エタノールの酸化剤による中和 |

備考：この年度は3年生の化学は選択科目（化学Ⅱ）であり、選択者は6名であった。

## 第7章 触覚による観察力の育成に関する研究

### — 木の葉の観察を題材にして—

#### I 研究の目的

触覚による観察は、盲児童・生徒の観察力の基本になるものである。本研究では、中学部盲クラスに対する木の葉の観察の連続した授業の記録を分析し、触覚による観察力を高めるための指導のありかたを明らかにする。

#### II 対象とする授業の枠組み

##### 1. 生徒の実態

筑波大学附属盲学校 中学部1年A組（点字使用クラス）

生徒は6人で、いずれも点字使用者である。

視覚の障害以外には障害はなく、学年相応の授業に参加することができる。

##### 2. 授業の目的

校庭の植え込みの木の葉を教材にして、植物の多様性について学習する。

また、同時に、触覚による観察力を育成する。

##### 3. 実施時期

1983年4月～9月

毎週1回、2時間続き（100分）の授業

#### III 観察指導に当たっての考え方

筑波大学附属盲学校では、昭和50年度より、中学部1年生の理科の授業において、観察力を育てるためのカリキュラムを立案し実践してきた（青柳 1977）。このカリキュラムは次の考え方に基づいて立案されたものである。

① 入学当初の生徒の観察が深まらないのは、観察の観点が分からないためであ

ろう。

- ② 観察の観点は、観察体験の積み上げの中で生徒自身が気づいていくべきものである。
- ③ 観察の観点を身につけるためには、生徒が主体的に自己の感覚を生かして、対象から情報を収集する、積極的な態度の育成が大切である。
- ④ 積極的に観察する態度は、発見を楽しみ、それを表現し人に伝えることに喜びを感じる体験を通して育つものである。そのためには、生徒の観察したことすべてを教師が受け入れ、自由に伸び伸びと学習させることが大切である。
- ⑤ 生徒自身に発見させるためには、教師は生徒の質問に対して、できるだけ、疑問形の応答をし、断定的な解答を与えないことが大切である。
- ⑥ 観察を深めるためには、植物の名前は教えずに観察させるほうがよい。名前を知ることによって満足して観察が深まらない傾向があるためである。
- ⑦ 観察記録はその時間内に発表させる。観察内容を言葉で表現し人に伝えることで、観察が定着するからである。また、生徒の表現力を向上させるためにも、対象が目の前にあれば、生徒の不十分な表現を教師が汲み取って表現を補足したり、さらに観察を促すことも可能である。
- ⑧ 生徒があらゆる観点を網羅して観察することができるようになるためには、生徒の観察事項を、教師が、観点ごとに整理して記録することが大切である。これによって、観察が深まっている点、不十分な点が明確になり、次にどの観点での観察を促せばよいか、指導の方向が見えてくるからである。
- ⑨ 生徒の観察力を育てるためには、継続した観察の授業の時間を確保する必要がある。

#### IV 観察力を育てる授業の実際

##### 1. 校庭の樹木の葉の教材化

生物の観察のために豊かな自然が身近にあればそれに越したことはないが、都会の学校でも校庭の植物を使っての授業展開は可能である。都心にある附属盲学校の場合は、校庭の植え込みの樹木の葉が観察学習の中心的教材に位置づけられた。その他、折りにふれて手に入る花や果実が観察の教材として使われた。

##### 2. 観察の授業の進め方

授業は校庭の植え込みの木の葉を、その場で観察することを中心に進められた。他種類の葉を次々に短時間で触らせていくのではなく、1枚の葉をじっくり観察させた。ここでの目標は次の3点である。

- ① 感覚を活用して観察すること
- ② その葉の持つ特徴をできるだけ多く観察すること
- ③ 観察したことをその場で正しく記録すること

観察の初期の段階では、観察を深めることができず、すぐに飽きる生徒もいた。この段階では、植え込みから好きな葉を選ばせて好きな理由を言わせてみたり、1枚の葉を与えて同種の葉を探させてみたり、植え込みの樹木の種類を教師とともに数えさせたりして、徐々に観察に慣れさせていった。

系統的に材料を与えて観察させる段階では、二人一組のグループで、一種類の木の葉を20～30分かけて観察させた。観察を深めるためには、生徒どうしの会話、生徒と教師の会話を大切にした。なぜなら、自分の発見を友達に伝えるときには、経験を客観的な言葉で表現する必要があり、また、二人が同じ興味を共有することで観察のポイントが定まり、さらに深い観察を促す力になると考えたからである。教師は生徒どうしの会話をかたわらで聞き、生徒と同じ葉を触りながら、良い観察には心から共感を示してほめ、不十分な観察に対しても、そこまでの観察を受け止めたうえで、さらに、「では、・・・についてはどうなっているかな？」というように、具体的な観点を疑問形で投げかけるようにした。このようなやりとりの繰り返しのよって、より深い観察ができるようになっていくという考え方に基づく展開である。

### 3. 系統的な観察にするための教師の役割

生徒の観察記録は、その授業内に発表させた。教師は、あらかじめ観点ごとに記入できる表を用意して生徒の発表を記録した。観点は、大きさ、形、葉のへり、葉脈、葉の表面、かたさ、におい、葉柄、葉のつき方などである。生徒の発表を観点ごとに記入することによって、どのような観点が深まっているか、どの観点が抜けているかが一目瞭然にわかり、今後の指導の方向が自ずから明らかになった。盲生徒の場合、葉の表面の手触りについては観察が深まりやすいが、大きさや形の観点は抜け落ちることが多かった。しかし、こうした観察を続けていくうちに、生徒自身が観点をたてて、偏りのない観察をすることができるようになっていった。

### 4. 観察した植物の命名

観察中、生徒は、植物の名前を知らされていない。名前からのイメージが先入観になりやすいことと、名前を知ることによって満足してしまい、それ以上の観察が進まない傾向があることに対する配慮からである。

そのかわりに、10～12種の植物の観察が終わった時点で、これまでに観察した植物全部を並べて、それぞれの植物に自分たちで命名する時間を持った。このように観察したすべての葉をあらためて観察することで、学習の初期に観察したために観察が深まっていなかった木の葉を再観察することができ、また、他の種類の葉と比較してみることで、それぞれの葉の特徴が鮮明になった。その上で、それぞれの葉の特徴を盛り込んだ自分なりの名前をつける作業をしたわけである。

作業は、一人ずつに全種類の葉を与えて、まず各自が名前をつけた。各生徒のつけた名前を発表し、全員で名前を決めた。Table20は、クラスの盲生徒がつけた名前の一覧表である。

次に、命名した植物名をカードに書き、そのカードとそれぞれの植物の葉（葉のついた枝）をランダムに机の上に並べ、他教科の教師を生物教室に招いて、カードと実物の葉とを組み合わせてもらったことにした。これは、一種のゲームであるが、命名した名前がその植物の特徴を客観的に表現していれば、誰が組み合わせてもよく当たるはずなので、生徒にとっては、自分たちの命名が評価される緊張と期待に満ちた場面であった。

Table 20 葉の特徴によって、生徒が命名した木の名前リスト

筑波大学附属盲学校中1 A クラス (全盲) 6名 1983年9月

|    | 植 物             | 生徒A         | 生徒B | 生徒C                     | 生徒D                        | 生徒E             | 生徒F            | 全 員             |
|----|-----------------|-------------|-----|-------------------------|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 1  | ツバキ             | プラスチック      |     | 感温はっば                   | すべキュー                      | のこぎり            | ぎざぎざ<br>はっば    | プラスチック          |
| 2  | ビワ              |             |     | とりのほね<br>はっば            | しわくちゃ<br>ばあさん              | ふさふさはり<br>つきはっば | のこぎりば          | ふさふさはり<br>つきはっば |
| 3  | サザンカ            |             |     | たがいちがい                  |                            | 枝がりがり           | うお骨はっば         |                 |
| 4  | カキ              | あみはっば       | (欠) | あみのめ<br>はっば             | ゴムうちわ                      | うちわさき<br>われ     | つるざら<br>はっば    | あみのめう<br>ちわ     |
| 5  | ミカン             | トゲはっば       |     | はりはっば                   | オレンジくし                     | 枝針々はっば          | とげちくば          | とげちくば           |
| 6  | サクラ<br>(ソメイヨシノ) | さらさらはっば     |     | 枝つぶつぶ<br>はっばしなし<br>なはっば | ももティッシュ<br>とげつきよう<br>へいはっば |                 | なよなよ<br>酒びんはっば |                 |
| 7  | エノキ             |             |     | 1/2のこぎ<br>りはっば          | べたべた<br>ティッシュ<br>ペーパー      |                 | とうもろこし         | ざらざら<br>3本みち    |
| 8  | ジンチョウゲ          | ビニール<br>はっば |     | つるつる1<br>本線はっば          | ふわふわす<br>べすべ               | 花型枝わつ<br>きはっば   | しっとり<br>はっば    | 花型ビニール<br>はっば   |
| 9  | ニシキギ            | せぼねはっば      |     | 2枚組はっば                  | すべすべ<br>ティッシュ<br>ペーパー      | さかなのほね<br>がたはっば | モビール           | 2枚組はっば          |
| 10 | ツツジ<br>(オオムラサキ) | けばけば<br>はっば | (席) | がさがさ<br>はっば             | べとべとプ<br>ロペラ               | がさがさか<br>ざぐるま   | けばけば<br>はっば    | けばけばか<br>ざぐるま   |
| 11 | クチナシ            |             |     | とりのくち<br>ばしはっば          | ビニール&<br>ゴムうちわ             |                 | サニーレタス         | 波型さきぼ<br>そレタス   |
| 12 | トウネズミモチ         | 豆でんき        |     | みぼはっば                   | すこしかた<br>めビニール             | ミニミニ豆<br>なす     | 豆電球            | ミニミニ豆<br>なす     |

## 5. 検索への発展

次に自分たちの命名した植物名を使って「王様ゲーム」を行った。王様はこれまでに観察した木の葉の中で好きなものを思い浮かべる。他の生徒は家来になり、王様に質問しながら、できるだけ少ない質問で、王様の好きな木の葉を当てるというものである。家来が王様に訊ねる質問は、YES か NO かで答えられるものでなければならない。このゲームは、質問をする家来も、答える王様も、観察した葉の特徴をよく理解していなければ成り立たない。したがって、ゲームをしながら、観察した木の葉の共通点や相違点を思い浮かべて頭の中に整理することができる。これがこのゲームを授業に取り入れた理由である。おもしろいことに、生徒たちはゲームをしながら、できるだけ少ない質問で木の葉を特定していくために、どのような順序でどんな質問をしたらよいか、相談し始めた。たとえば12種類の木の葉の1枚だけの表面に毛が生えているとする。「表面に毛が生えていますか」と質問した場合、「YES」なら1回の質問で木の葉の特定ができるが、「NO」の場合は12種が11種に減るだけで能率が悪い。そこで、生徒たちは、質問の効果を考え、なるべく大きなグループに分けられる質問を先にするのが結局のところ能率的だということに気づいていった。これは、まさに、検索の手順であって、生徒はゲームを通して、それを学んだのである。

## 6. 検索表の試作と改良

生徒の中に本当の植物名を知りたいという気持ちが強くなってきたことと、ゲームの中で、事実上検索の手順を踏んでいることから、検索表により植物名を調べることができると思われた。そこで、これまでの生徒たちの観察記録をもとに、観察した植物12種の検索表を教師が試作(青柳・鳥山1985)した。これが、Fig.29の検索表第一次案である。早速、これを点字で作成し、生徒に使わせたところ、いくつかの問題点が浮き彫りになった。最も大きな問題は、大、中、小の区別の基準が人によって違うことで、ここで違う道に入ると絶対に正しい名前に行き着くことができない。次の問題は、かたい、柔らかいの区別にはいろいろな要素があることであった。たとえば、革質でしなやかなジンチョウゲやナツミカンの葉を、革質であることから「かたい」と判断する生徒もあれば、しなやかなことから「柔らかい」と判断する生徒もあった。また、サクラやカキの葉は、秋になって葉が乾燥している



ために「かたい」と感じた生徒もあった。検索表を作成した教師は葉の表面のクチクラ層に注目し、クチクラ層の発達した常緑樹の葉はかたいと考えていたのであるが、生徒たちが葉を触って判断するときには、葉の水分や表面の感触など、いろいろな要素が影響していたのである。また、検索によって、植物名にたどりついたとき、正しい結果であるのかどうか、本人が判断するために、その名前の植物の特徴と照らし合わせる必要があることもわかった。そこで、できるだけ安定した判断ができる要素を上位にして第二次案を作成し、これに微調整を加えたものが、Fig.30 の検索表第三次案である。この表では、検索した植物名が正しいかどうかを確かめるために、確認のための特徴を加えたほか、それぞれの葉の特徴を箇条書きにしたカードを別に用意した。検索表から名前が出たら、その植物名のカードに書いてある特徴についてあらためて観察し確認するためである。この第三次案では、比較的安定した検索結果が得られたが、それでも生徒によっては一つ一つの場面での判断に迷うことがあるので、二人一組で作業をさせるようにした。なおFig.31は、第一次案と第三次案の検索の順序、および一般の検索表の順序を比較したものである。

なお、その後、1995年度の授業では、生徒自身が検索表を作成することも試みられた（武井1996）。

葉の特徴を使った校庭の樹木の検索表 (点字 4 ページ)

筑波大学附属盲学校 校門脇植込み12種 (青柳、鳥山、1983)

第一次案 (原案)

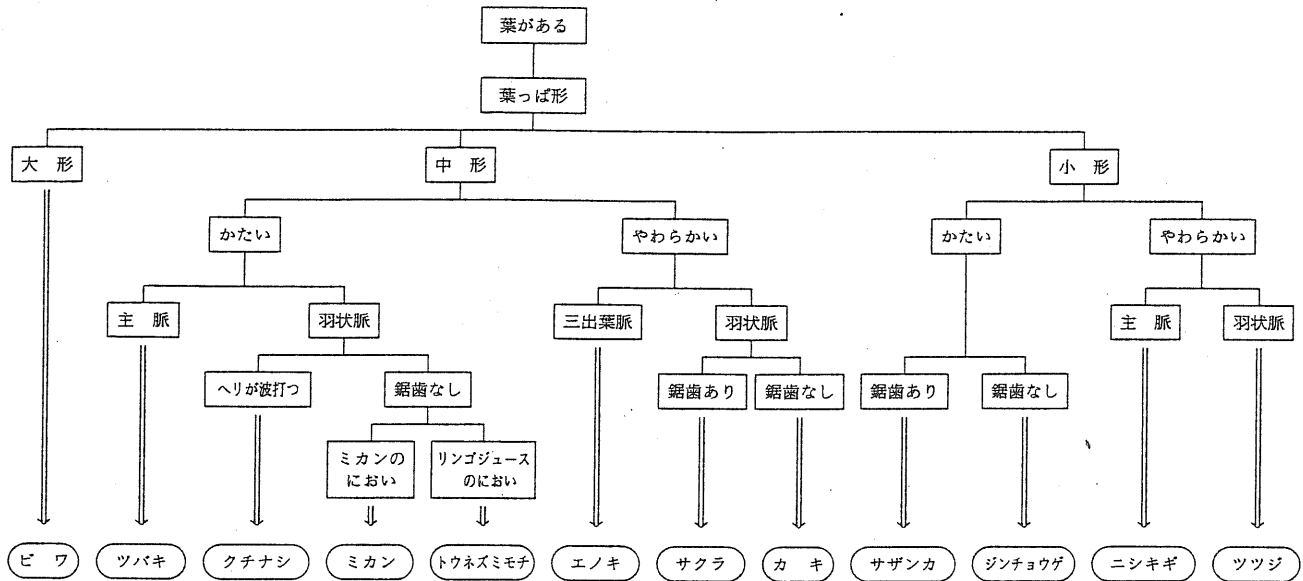


Fig24

葉の特徴を使った校庭の樹木の検索表 (点字版は 5 ページ)

筑波大学附属盲学校 校門脇植込み12種 (青柳、鳥山、1983)

第三次案 (改良型)

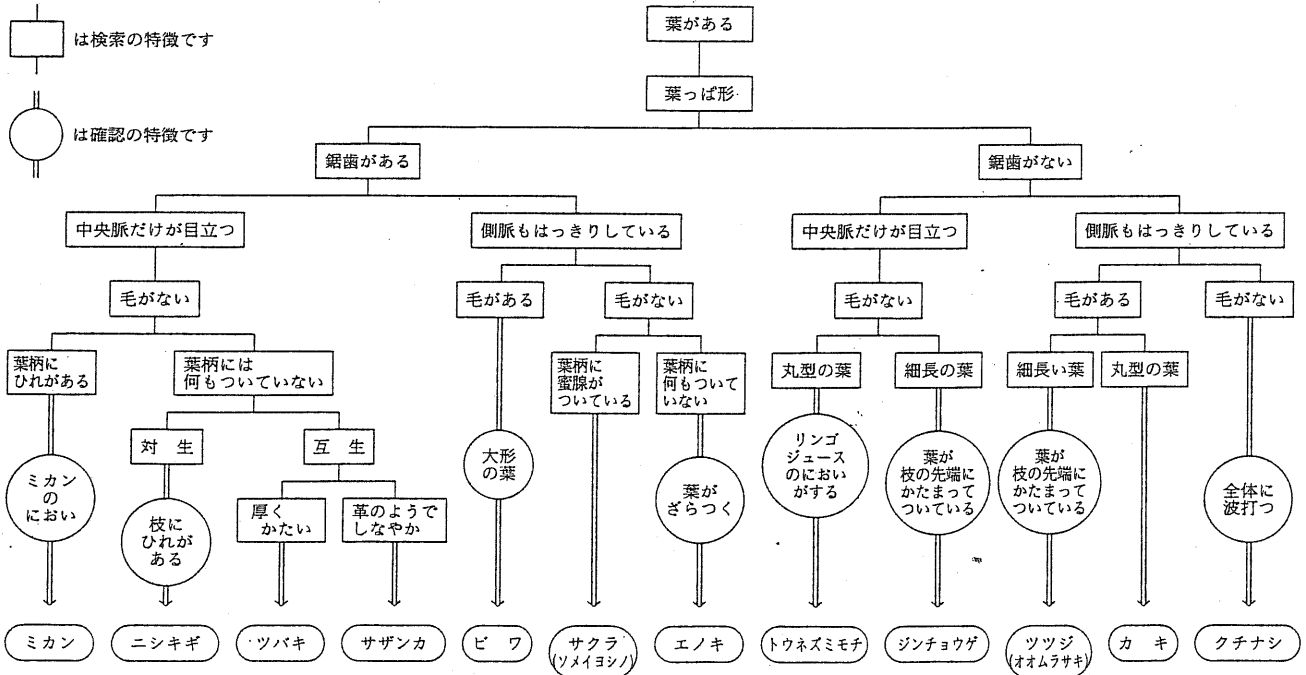


Fig.25

### 樹木名の検索の手順の比較

専門家の手順 (石戸忠 実践的樹木検索小図鑑 請談社 ブルーボックス)

盲生徒用 検索表 第一次案

盲生徒用 検索表 第三次案

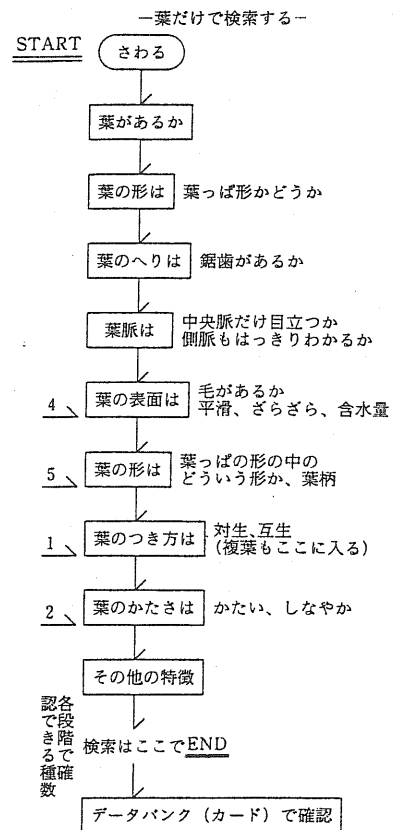
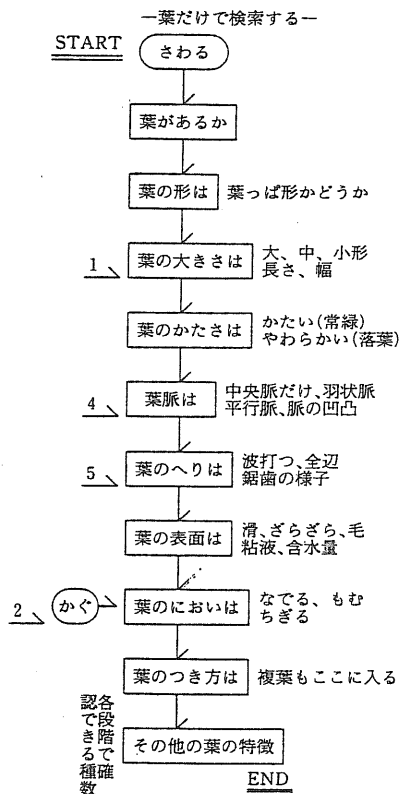
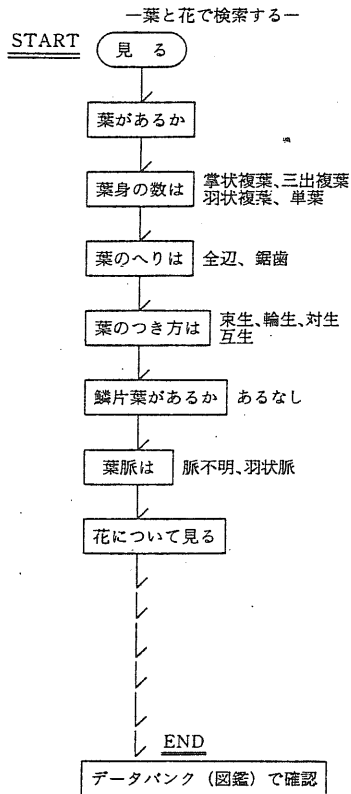


Fig26

## V 授業の分析と評価

### 1. 観察力の進歩

1 学期間、週あたり 2 時間の授業で、生徒の観察力はどのように変化したであろうか。Table 21 は、1983 年 4 月 28 日と 7 月 7 日の観察について、クラスのほぼ平均的な水準にある盲生徒の観察記録を、この授業の指導をした筆者が観点ごとに整理したものである。

また、Table 22 は、Table 21 と同一学級の盲生徒 6 名 (Table 21 の生徒を含む) について、同授業時の観察について、観点別に観察項目数を比較したものである。どの生徒も例外なく、4 月の観察項目数より 7 月の観察項目数が多く、4 月の観察項目数の平均が 7.0 であるのに対し、7 月のそれは 17.7 と、2.5 倍になっている。また、Table 21 からは、観察項目数だけでなく観察内容においても、この授業によって生徒の観察力が飛躍的に向上していることがわかる。

Table 21 1学期間の観察力の進歩

中1の1学期間、週当たり2時間の授業で、生徒の観察力は目に見えて向上する。ここに示したのは、1983年4月28日と7月7日の同一生徒（全盲女子）の観察記録を指導者が観点ごとに整理したものである。この生徒の観察力は、クラスのほぼ平均的な水準にある。

| 観 点    | 4月28日 イボタの葉                        | 7月7日 トウネズミモチの葉   |
|--------|------------------------------------|--|
| 大きさ    | 小さい                                | 縦8 cm、横4 cm  |
| 形      | 曲がったものもあった。                        | 普通の葉っぱ形だけど、先から1 cmくらい入ったところから急に細くなっている。  |
| 葉脈     |                                    | 裏のほうがはっきりしている。<br>まん中に太い葉脈があり、そこから細かい葉脈が葉の先に向かって斜めにでている。<br>細かい葉脈は端に近くなると細くなって端までぬけていない。<br>細かい葉脈は互い違いにでている。 |
| 鋸歯     |                                    | 鋸歯はない。   |
| かたさ    | やわらかい。<br>上の方の葉は柔らかいが下にいくと少しかたくなる。 | どちらかというをやわらかい。<br>水分があり、しなう感じ。   |
| 表面の様子  | つるつるしている。<br>水気が多くてすべすべしている。       | 手触りはさらさらしている。  |
| 葉柄     |                                    | 葉柄がある。   |
| 葉のつきかた | 一つの枝にたくさんついている。                    | 枝から両側に間隔を置いてでている。  |

Table 22 中1 A組(点字クラス)の各生徒の観察力の進歩

木の葉の観察における各生徒の観察内容の観点別項目数  
(左の数字が1983年4月28日の観察、右の数字が7月7日の観察、資料1の生徒はA)

| 生徒名<br>観 点 | A  |    | B  |    | C  |    | D  |    | E  |    | F  |    | 平均  |      |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|------|
|            | 4月 | 7月 | 4月 | 7月 | 4月 | 7月 | 4月 | 7月 | 4月 | 7月 | 4月 | 7月 | 4月  | 7月   |
| 大きさ        | 1  | 2  | 3  | 2  | 2  | 2  | 0  | 2  | 2  | 2  | 0  | 3  | 1.3 | 2.2  |
| 形          | 1  | 2  | 0  | 2  | 1  | 2  | 0  | 2  | 0  | 2  | 0  | 1  | 0.3 | 1.8  |
| 葉脈         | 0  | 6  | 0  | 6  | 1  | 6  | 1  | 4  | 0  | 3  | 0  | 4  | 0.3 | 4.8  |
| 鋸歯         | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0.5 | 1.0  |
| かたさ        | 2  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 1.0 | 0.9  |
| 表面         | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 2  | 2  | 1  | 1  | 3  | 1  | 1  | 1.5 | 1.7  |
| 葉柄         | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 3  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0   | 1.0  |
| 枝          | 1  | 1  | 2  | 0  | 1  | 0  | 2  | 0  | 0  | 0  | 2  | 1  | 1.3 | 0.3  |
| 葉のつき方      | 1  | 1  | 0  | 3  | 0  | 3  | 0  | 2  | 1  | 3  | 0  | 2  | 0.3 | 2.3  |
| その他        | 0  | 1  | 0  | 3  | 1  | 3  | 1  | 1  | 0  | 1  | 0  | 1  | 0.3 | 1.7  |
| 項目数        | 8  | 18 | 9  | 21 | 9  | 21 | 8  | 16 | 5  | 15 | 3  | 15 | 7.0 | 17.7 |

備考：7月7日の観察において「鋸歯」について項目数が少ないのは、観察に使用したトウネズミモチの葉に鋸歯がないため、「鋸歯はない」という記述以上に深まらなかったためである。

## 2. 観察力の育成に関する試みと、授業の評価

授業の中で、次のような指導上の工夫が生まれた。

当初から、教師は生徒の観察事項のすべてに共感を示し、受け入れるように配慮した。その中で、初めは

「こんなことは観察っていえるかどうかわからないけれど・・・」

などと前置きをして、躊躇しながら発表していた生徒たちは、

「それはよいことに気がつきましたね」

と教師に認められると、安心した表情を浮かべ、伸び伸びと授業に参加するようになった。しかし、中には、なかなか観察が進まない生徒もあった。実際に葉を観察し、いろいろな特徴をとらえていることはその観察の様子からうかがえたが、一向に記録が進まないのである。その原因は、観察というものに固定観念があるためだと思われた。そこで、自分では価値がないと思う小さな発見でも、とにかく表現するようにけるために、観察項目数を競わせてみた。すると生徒たちは、記録の数を競い合っ、あらゆる観察事項を書くようになった。このように、教師が受け入れる態度を示すだけでは不十分な場合は、ゲーム的に競わせることが有効であった。ただし、ゲーム自体がエスカレートしないように気をつけた。

また、観察を深めるために、植物名は教えない方針を貫いた。しかし、カキの葉の観察では、生徒から「これはカキだ」という声が出た。葉を触って観察しているうちに、葉からカキの実のおいがしたというのである。このにおいに気づいたこと自体すばらしい発見だったので、このときは、その葉はカキであることを教えた。これは、名前を教えなかったことが発見の喜びにつながった事例だということができる。

また、授業の中では、観察した植物に自分たちで命名したり、それを使ってゲームをする中で、生徒たちが検索の基本的手順に気づいていったので、試作した検索表を使って植物の名前を調べる作業を行った。これは、当初は予想していなかった高度な展開である。

以上のように、この授業では、観察体験の系統的な積み上げの中から、生徒の触覚による観察力は十分に育てられている。観察力は育てるものであることを実証した授業であり、生徒の観察能力の不足に起因する観察の困難点の、軽減の方向性を具体的に示したものである。

## 第8章 動物の観察指導に関する研究

### I 問題の所在と研究の目的

自然界には、様々な動物が、それぞれに特徴のある体を持ち、それぞれの生活の仕方ですべて生きています。このことを観察を通して理解することが、動物の観察の目標であると言ってよい。しかし、動物は生きて動き回るために、盲児童生徒には観察が難しい対象である。そのため、盲生徒の観察体験は非常に狭く、特に、哺乳類の観察体験が少ないことが報告されている（青柳 1977, 鳥山 1998）。

盲生徒にとっての哺乳類の観察材料として、骨格標本が有効であることは、青柳（1977,1981）によって指摘されている。しかし、骨格標本の観察によって、盲生徒が哺乳類の形態と生態を関連づけて理解する過程については、深められていない。そこで、本研究においては、盲学校中学部1年生に対する授業記録に基づき、骨格標本、特に哺乳類の頭蓋骨、下顎骨の標本を用いた観察学習の進め方を研究する。合わせて、高等部1年生に対する校外授業の記録に基づき、剥製による野生動物の学習の可能性を検討する。

## Ⅱ 対象とする授業の枠組み

### Ⅱ－1 骨格標本の観察

#### 1. 生徒の実態

筑波大学附属盲学校中学部1年A組 生徒6人

6人とも点字使用生徒で、視覚障害以外の障害はなく、学年相応の授業に、活発に参加することができる。

#### 2. 授業の目的

骨格標本の観察を通して、動物の多様性を学ぶ。

#### 3. 実施時期

1983年10月～1997年3月

### Ⅱ－2 剥製の観察

#### 1. 生徒の実態

筑波大学附属盲学校高等部1年生 20人、盲生徒および弱視生徒

#### 2. 授業の目的

校外授業で実施した自然観察の一環として、その地域に棲む野生動物について学ぶ。

#### 3. 実施時期

1980年7月



### Ⅲ 骨格標本の観察の位置づけと授業の概要

#### 1. 観察材料としての骨格標本の特徴と

その特徴から予想される効果と問題点

- ① 生きているときには内部にかくれていた部分であるため、視覚的な印象や、手にとったときの第一印象は、生きている動物とはかけ離れている。  
そのため、短時間の観察や、直感に訴える観察教材にはなりにくい。
- ② 触ってじっくり観察すれば、生きている動物の触感に共通する情報が発見できる。そのため、身近な動物との触れあい体験と関連させて理解することができる。
- ③ 哺乳類の骨格の基本構造は同じであるので、ヒトの骨格とも共通点が多い。  
そのため、自分の体と比較しながら観察することができる。
- ④ 骨格の特徴は、その動物の生き方に深く関わっている。  
そのため、体の各部位の形態的特徴をもとに、その動物の生き方を類推しやすい。
- ⑤ 体の構成要素と、それらの組み合わせとしての体のつくりが理解しやすく、異なる動物種について、共通点や相違点を比較しやすい。また、動物種が異なっても、これまでの観察経験を応用することができる。
- ⑥ 軟骨がないので、耳や鼻の形はわかりにくく、生きている動物とは異なった印象を与えがちである。
- ⑦ 複雑な形をしている。  
そのため、ある程度の観察力を養ってからでないと、深く観察することができにくい。
- ⑧ 比較的堅牢であり、丁寧に扱えば、頻繁な使用にも耐えることができる。  
また、剥製よりは、手頃な価格で揃えることができ、盲学校での観察教材として適している。

## 2. 骨格標本の観察のカリキュラム上の位置づけ

筑波大学附属盲学校では、昭和 50（1975）年度から、中学部理科第 2 分野のうち生物の学習内容を、次のように 3 年間に割り振った独自のカリキュラムを立てている。

第 1 学年（週 2 時間）生物の多様性

第 2 学年（週 1 時間）細胞、ヒトの体

第 3 学年（週 1 時間）ヒトの体の続き

生物どうしのつながり

このような独自のカリキュラムを立案した理由の一つは、一般の中学校での生物の学習が、顕微鏡の使い方を含めてミクロな生物の観察中心となっており、そのままでは盲学校の生物の学習には不適當であったということにある。そこで、学習指導要領の目標は押さえた上で、触ることができるマクロな生物の観察とヒトのからだの学習を中心にすえ、直接観察の不可能な細胞レベルのミクロの世界については、模型や凸図で知識を主とした学習をするという構想が立てられた。この点は、理科第 1 分野、すなわち物理、化学の分野では、一般の中学校用の実験や観察に実験方法や器具の工夫を加えることで、盲学校でも基本的に同じやりかたが可能であり、ほとんど教科書の順序に沿ったカリキュラムが立てられているのと対照的である。

生物の独自のカリキュラムを立案したもう一つの理由は、盲学校中学部に入学してくる生徒の観察体験の不足である。中 1 の生物の目標である「生物の種の多様性」を理解するためには、盲生徒が、一種一種生物に触れる体験を積み重ね、「自然界には種々の生物が、それぞれ違った体の仕組みと暮らし方で生きている」ことを実感する必要がある。そこで、中学部 1 年生の理科の授業（週あたり 4 授業時間）のうち 2 授業時間を生物にあて、前半年は校庭の植え込みの木の葉の観察を中心に植物の学習、後半年は動物の骨格標本の観察を中心に動物の学習を行う。

### 3. 骨格標本の観察の概要

骨格標本の観察は10月から始まる。生徒は原則として二人一組のグループで、言葉を交わしながら約30分かけて1種類の標本の観察を行う。この間、教師は観察の援助をするが、生徒自身が主体的に観察を進めることを基本とする。その後、約20分かけて各グループが観察記録を発表する。

このようにして、各標本の観察に1授業時間(50分)かけ、2ヶ月間にイヌ、ネコ、ウサギ、ヤギ、ブタ、イノシシ、カモシカ、ウシ、ウマ、サルなど約10種類の頭の骨を観察する(事例1)。

また、その後に行う全身骨格の観察では、哺乳類の基本的構造と、鳥類の基本的構造を理解することを目標とし、扱う骨格標本は、イヌ、ネコ、ウサギ、サル、ニワトリ、ハトの6種である。

また、頭の骨の観察が一段落した後の適当な時期に、上野動物園に依頼して、学校では見ることのできない動物の頭の骨を観察する機会を持つ(事例2)。

#### IV 骨格標本の観察の実際

##### 1. 導入段階からの、観察力の育成例

事例として、1986年度の中学部1年A組の骨格標本の導入段階からの観察の様子を報告する。このクラスは、点字使用者7人で、観察力も比較的高く、大変活発な生徒達である。

##### 1) 第1回目の観察

生徒を二人または、3人のグループに分け、各グループに、それぞれイヌの頭蓋骨と下顎骨を与えた。観察に先立ち、生徒には、骨格標本の観察をすることを伝え、丁寧に大切に扱うように注意を促したが、動物の名前も、頭の骨であることも知らせないで観察を行った。

観察をしながら、生徒が交わっていた会話、生徒の発見の概略は次のとおりであった。

- ① 頭であることがわからず、頭蓋骨の後方の部分の丸みを、小動物の腰の丸みだと思って、ネズミだと言った生徒がいたが、歯の存在に気づき、自分で訂正した。
- ② 歯に注目して、観察した。犬歯と門歯はわかりやすかったが、三角のところが奥歯は、どれが1本の歯なのか、わかりにくかった。(歯の根元がまともであれば1本の歯であることを指導した。)
- ③ 鼻の両側に小さい孔があるのをみつけ、「目かな」と考えたが、「こんなに小さいわけではない。」ということになった。「耳かな」という声も出たが、「そんなに下にあるわけではない」ということになった。この小さい孔については、疑問が残った。(神経の通る孔であるが、ここでは、触れなかった。)
- ④ 眼窩をみつけ、「私はこれが絶対目だと思う」という発言が出て全員が納得した。
- ⑤ 口の上の大きな穴をみつけ、「口の上の穴は鼻だ」と考えた。しかし、鼻の穴が一つしかないことが気になった。
- ⑥ 眼窩に続く空洞と、それを取り囲む弓形の骨(頬骨弓)が何であるかわか

らなかったが、下顎を組み合わせることで、ヒントが得られた。(ここで、自分のこめかみを触って、口を動かすように指導した結果、下顎の筋肉が入る部分であることがわかった。)

- ⑦ 大後頭孔をみつけ、首につながると判断した。
- ⑧ 「耳はどこだ」という疑問がでてきた。頬骨弓の後ろに左右対称の穴があるのを見つけた生徒がいたが、「耳はもっと上にあるのではないか」という意見が、別の生徒から出て、確信がもてなくなった。

目の上に突起があるのを見つけて「これが耳かな」という声もあったが、「でも、骨が耳の形をしているわけではないんじゃない？」と意見で否定された。

結局、自分たちが四足歩行のけものの姿勢をとれば、耳は首の横にくることに気づき、頬骨弓の後ろの左右対称の穴が耳であるという結論に到達した。(けものの姿勢をとるというアイディアは生徒から出たものである。)

Table 23 は、この時間の生徒の観察記録を、教師が観点別に記録したものである。

これによると、動物の頭部(顔)の構成要素はひとつおき揃っている。しかし、それぞれの要素の特徴が意味するもの、たとえば、目の向き、歯の形などが、その動物のどのような生き方を表しているかについては、まだ気づいていない。

## 2) 第2回目の観察

3種類のイヌの骨格標本をローテーションで観察しながら、形態的特徴が、どのように生き方につながるかを考えた。

動物の名前については全員がイヌであると答えたが、その理由は、「イヌを触ったときの頭の形に似ている。」というものであった。

そこで、次の3点について、前回の観察事項をもとに考えさせながら、知識を与えた。

- ① 目の向き・・・前向きであれば、両眼視ができる。両眼視ができれば、距離を正確に測ることができる。獲物に跳びかかって狩りをするには、距離が正確に分からなくてはならない。したがって、前向きの目は肉食動物の目である。
- ② 尖った奥歯は、骨ごと肉をかみ切るのに役立つ。鋭い犬歯は、肉を引き裂く役割をする。これらは、肉食動物の特徴である。
- ③ 頬の横の弓形の骨が大きく張り出していれば、下顎をとめる筋肉が大きい。また、その大きい筋肉をとめるために、後頭部には突起がある。大きい筋肉を持つ動物は、強い力で獲物をくわえて離さない。

これらの知識で、もう一度骨格標本を観察して、イヌが持つ肉食動物の特徴を確認した。

### 3) 第3回目、第4回目、第5回目の観察

ネコ、ウサギ、ブタの骨格標本をローテーションで観察した。また、草食動物の目のつきかた、歯、顎の噛み合わせについて、観察をもとに知識を与えた。また、ネコの内耳が入る部分に気づき、「大きな豆のようなものがある」と記録した生徒がいたので、内耳の働き（聴覚と平衡感覚）について説明した。また、ネコやウサギの骨の薄さ、軽さに気づいた生徒がいたので、それらの特徴は跳躍型の動物の特徴であることを考えさせた。

Table 24 は、生徒の第4回目の観察記録を、教師が観点別に記録したものである。

第1回目の記録にくらべると、生き方を類推できる観察になり、ネコであることを推定している。

### 4) 第6回目、第7回目、第8回目の観察

カモシカ、ウシ、ヤギの頭の骨格標本を、ローテーションで観察した。

また、ウシやヤギのように、上の前歯がない動物もあることから、歯式による表現を教えた。また、ヤギの角、ウシの角を観察したのを機会に、角の多様性を理解させるために、シカの頭部の剥製、動物の模型（玩具、置物）などを活用した。

Table 25 は、第7回目の観察記録を、教師が観点別に整理したものである。

これを見ると、大きさを、数字で表していること、歯式を使っていること、部分の名称を使っていることなど、知識を活用して、洗練された表現になってきていることが分かる。

Table 23 骨格標本の観察記録表（第1回 イヌ）（原文は点字）  
 （筑波大学附属盲学校中学部1年A組 理科授業）

|             |   |
|-------------|---|
| 観点          | 1986年10月15日 第1回 観察者 A. Y (点)、A. K (点)   |
| 全体の大きさ<br>形 |   |
| 目           | 顔の左右にでっぱっている輪っかのような骨の前がくぼんでいる。<br>このくぼみは目ではないか。   |
| 歯           | 上の前歯が6本ある。左右に牙のようなものがある。<br>左右にたくさん奥歯がある。   |
| 鼻           | 口の上あたりに大きな穴があり、奥が二つに分かれている。<br>たぶん鼻だろう。   |
| 耳           | 顔の左右の輪っかのような骨の後ろに、箸が入るほどの穴が左右に<br>ある。これが耳だろう。   |
| 頬骨弓         | 顔の左右に大きなくぼみがあり、その外側を細い骨が囲んでいる（輪<br>っかのような）。その細い骨は真ん中がでっぱっている。<br>大きなくぼみには、たぶん大きな筋肉があった（こめかみ）。 |
| 頭蓋腔         | 首につながる穴の奥には脳がある。  |
| 大後頭孔        | 首につながる穴がある。   |
| 表面          | 鼻の両側の奥歯の上あたりに小さな孔がある。   |
| 厚さ・重さ       |   |
| その他         |   |

|     |    |
|-----|----|
| 備考  |    |
| 動物名 | イヌ |



Table 24 骨格標本の観察記録表 (第4回 ネコ) (原文は点字)  
 (筑波大学附属盲学校中学部1年A組 理科授業)

|             |                                       |
|-------------|---------------------------------------|
| 観点          | 1986年11月26日 第4回 観察者 A. Y (点) A. K (点) |
| 全体の大きさ<br>形 | 片手に載る大きさ。<br>全体的に丸っこい。                |
| 目           | 目は前向き                                 |
| 歯           | 犬歯がするどい。奥歯はとがっている。前歯は内側に曲がっている。       |
| 鼻           | 鼻のでっぱりは前歯のあたりまで。<br>鼻の中には、ひだがある。      |
| 耳           | 内耳が入るところが大きい。                         |
| 頬骨弓         | 下顎の筋肉が大きい。                            |
| 頭蓋腔         | 脳室が広い。                                |
| 大後頭孔        | 首につながる穴は後ろ向き。                         |
| 表面          |                                       |
| 厚さ・重さ       | 骨がうすい。軽い。                             |
| その他         | 肉食ですばしっこい動物、ネコだと思う。                   |

備考 生徒が「内耳が入るところ」と書いている部分は、側頭骨鼓室部のことであり  
 脳室と書いている部分は、正しくは頭蓋腔である。

動物名 ネコ

Table 25 骨格標本の観察記録表 (第7回 ウシ) (原文は点字)  
 (筑波大学附属盲学校中学部1年A組 理科授業)

|             |  |
|-------------|--|
| 観点          | 1986年12月17日 第7回 観察者 A組 A. Y、A. K                                   |
| 全体の大きさ<br>形 | 長さ 50 c m、幅 20 c m、高さ 20 c m<br>角が頭の後ろのほうについている。角は短くて太い。角カバーの先は丸い。 |
| 目           | 目は横向き  |
| 歯           | 上の前歯はない。 奥歯はよくかみあう。<br>歯式 0 0 3 3 / 2 0 3 3                        |
| 鼻           | 鼻の中にひだがある。   |
| 耳           | 耳の穴は大きい。耳が後ろのほうにある。<br>内耳が入るところも大きい。                               |
| 頬骨弓         | 下顎の筋肉は発達していない。 イヌとちがって、目の入るところと、<br>下顎の筋肉が入るところの境に骨がある。            |
| 頭蓋腔         | 脳室は大きい。  |
| 大後頭孔        | 首につながる穴は大きくて、頭の後ろにある。  |
| 表面          | 表面にはザラザラしたところがある。  |
| 厚さ・重さ       | 骨は厚い   |
| その他         |  |

備考生徒が「内耳が入るところ」と書いている部分は、側頭骨鼓室部のことであり  
 脳室と書いている部分は、正しくは頭蓋腔である。

動物名 ウシ

## 2. 動物園での骨格標本の観察

頭の骨の観察が一段落する頃に、上野動物園に依頼して、学校では見ることでできない野生動物の頭の骨を観察する。

動物園での観察に先立ち、盲学校の授業担当教員と、動物園のスタッフとの間で、この授業の進め方について共通理解をはかり、具体的な任務分担をしておく。

この校外授業は学校での授業の発展であるので、進行は盲学校教員が中心になり、動物園のスタッフは動物の専門家として関わる。

Table 26 は、動物園での学習の概要である。

なお、Table27、Table28 は、このときの生徒の観察記録を教師が観点別に整理したものである。

どちらも、学校の授業での観察体験、および体験に裏づけられた知識が活用されている。特に、トラの観察では、ネコの観察体験が、大きなヒントを与えている。生徒の、次の感想文からは、この過程の喜びがうかがえる。

### トラの観察の感想文

「はじめは、分かったことを書いているだけだったけど、最後の方にきて、この動物は肉食だとか、跳躍型とか、いろいろ分かってきて、観察がとても楽しくなりました。最後にトラと分かったとき、とてもびっくりしました。(後略)」

また、ヒグマを観察した生徒の感想文からは、これまでに学んだ、肉食動物と草食動物の両方の特色を併せ持った動物を前にしての戸惑いが読みとれる。この戸惑いがあったからこそ、「雑食」という意味がよくわかり、説明に納得できたと言える。

### ヒグマを観察した生徒の感想文

「僕が見た骨の名前はヒグマでした。この骨の形は、全体的には細長く後ろが丸い形でした。重さは結構重かったです。

犬歯を見ると尖っているから肉食だと思ったら、奥歯を見たらすりつぶし型の歯だったので、草食かなあとも思いました。僕はとても悩みました。あとで動物園の人に話を聞いたら、雑食だということでした。」

Table 26

| 動物園での学習の実際（一例）     |  |
|--------------------|--|
| 日時                 | 1997年12月19日 午前10時から12時   |
| 場所                 | 東京都恩賜上野動物園 こども動物園内まがりや   |
| 参加者                | 中1生徒9名（点字6名、墨字3名）<br>引率教員4名  |
| 動物園スタッフ            | 普及指導係り、動物解説員   |
| 用意された標本（頭蓋骨および下顎骨） | トラ、ヒグマ、パンダ、ゴリラ、キリン、カバ  |
| 内容                 | 1. 挨拶<br>2. 二人一組で一つの標本を丁寧に観察し、記録する。（約30分）<br>このとき、動物の名前は知らされていない。骨格の特徴から、どんな生活<br>をしていた動物であるかを考え、動物の名前を推論する。<br>3. 記録の発表<br>4. 他のグループの観察した標本をローテーションで観察する。（全部で30分）<br>5. 動物園のスタッフから動物名が知らされ、解説と講評を受ける。 |
| その他                | 観察の前後に手を洗う。<br>最後に標本になった動物へ感謝の黙祷をする。<br>（午後はゾウ舎でゾウの鼻を触り、飼育係からゾウの話聞いた。）   |

Table 27 動物園での観察記録表（トラの頭蓋骨および下顎骨）

（筑波大学附属盲学校中学部 1 年生校外授業 東京都恩賜上野動物園にて）

| 観点          | 1997 年 12 月 19 日 観察者 A. Y. (点字) T. T. (墨字)   |
|-------------|--|
| 全体の大きさ<br>形 | 大きさは約 40 cm くらい。<br>頭の後ろにとさかのような部分があり、盛り上がっている。<br>その左右は頭の後ろから突き出ている。<br>下顎の後ろのほうは後ろ向きに尖っていて、さらにもうひとつ、上顎を支える外向きに尖った部分がある。（*1）その部分を中心にとると、口がととても大きく開くので、自分より大きいものを食べることができたと思う。 |
| 目           | 目は前向きなので、両眼視ができるので、距離を正確にとることができる。   |
| 歯           | 口を閉じた状態でも、上顎の犬歯は下顎のところまで、下顎の犬歯は上顎まであり、とても大きく長い。<br>歯式は 3 1 2 2 / 3 1 2 2 だと思われる。<br>奥歯は人間のようなではなく、上の歯の裏と、下の歯の表で、引きちぎれるようになっている。  |
| 鼻           | 鼻がとても大きいので、嗅覚がすぐれていたと思われる。   |
| 耳           | 耳は大きく内耳が発達しているので、体のバランスがよくとれる。   |
| 頬骨弓         | 頬骨がはまる部分の骨が大きく、とても発達している。  |
| 頭蓋腔         | 脳室は頭の大きさのわりに小さい。（*2）   |
| 大後頭孔        | 首の穴は後ろにあり、少し下を向いているので、四足歩行をしていたと思われる。  |
| 表面          | 頭の後ろのとさかのように突き出た部分の、とさかの裏は、小石をたくさんつけたような手触りである。  |
| 厚さ・重さ       | 他のグループが観察している動物と比較すると、とても軽い。   |
| その他         | 前歯から、まっすぐ奥にたどると、のどの穴があり、とても大きい。  |
| 備考          | （*1）上顎と下顎の組み合わせ（蝶番）部分のことを後表現している。<br>肉食獣のこの部分は、非常にしっかりしている。<br>（*2）脳室と書いている部分は、正しくは頭蓋腔である。   |
| 動物名         | トラ（スマトラトラ）   |

Table 28 動物園での骨格標本の観察記録表（ヒグマの頭蓋骨および下顎骨）  
 （筑波大学附属盲学校中学部 1 年生校外授業 東京都恩賜上野動物園）

|             |  |
|-------------|--|
| 観点          | 1997 年 12 月 19 日<br>観察者 E. M. (点字)   |
| 全体の大きさ<br>形 | 長さは、約 50 c m くらい。脳室の部分は丸みがあり、少しでこぼこ<br>していて、真ん中がとがっている。  |
| 目           | 目は横向きで、両眼視はしないが、広く見渡すことができる。   |
| 歯           | 犬歯は歯茎の奥までささっている。<br>歯式は 3 1 3 3 / 3 1 3 3 大きい歯と小さい歯がある。<br>犬歯は尖っていて、奥歯はすりつぶし型。<br>この動物は、犬歯で見ると肉食で、奥歯でみると草食である。<br>奥歯は上の歯と下の歯がかみあわせる。下の歯のほうが小さい。<br>歯にはツルツルしたところと、ザラザラしたところがある。 |
| 鼻           | 鼻の下は出ている、上も少し尖っている。<br>鼻の中には、ひだがある。  |
| 耳           | 内耳はあまり発達していない。   |
| 頬骨弓         | 下顎が入るところの筋肉は大きくて、あごの筋肉もすごく強いと思<br>う。   |
| 頭蓋腔         | 脳室の大きさは、この動物の頭の大きさにしては小さい。（*1）   |
| 大後頭孔        | 首の穴は後ろ向きである。だから、この動物は四足歩行だと思<br>う。   |
| 表面          | 脳室の横の出っ張っているところの上はザラザラしている。<br>表面はツルツルしているところと、ザラザラしているところがある。<br>表面はゴツゴツしている。   |
| 厚さ・重さ       | 重い。  |
| その他         |  |
| 備考          | （*1）脳室と書いている部分は、正しくは頭蓋腔である。  |
| 動物名         | ヒグマ  |

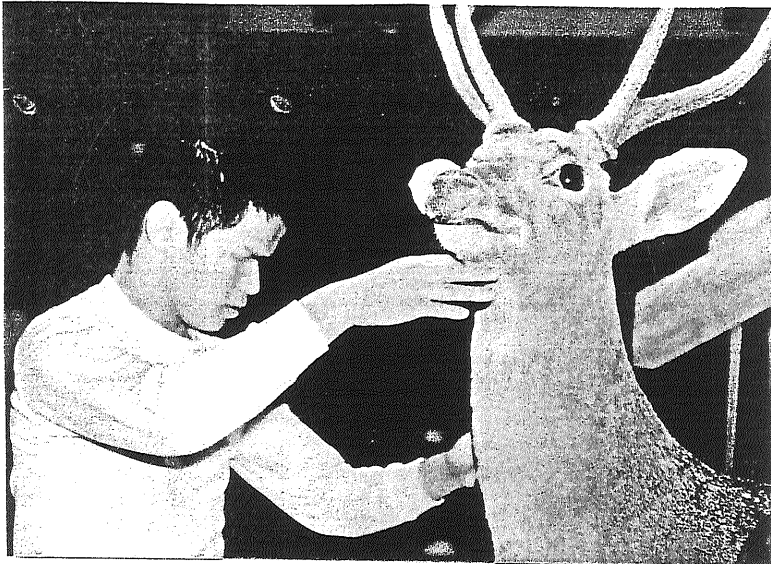


Fig.27

シカの剥製の観察  
(1979年7月、長野県奥蓼科、  
筑波大学附属盲学校  
高等部1年生夏季学校)

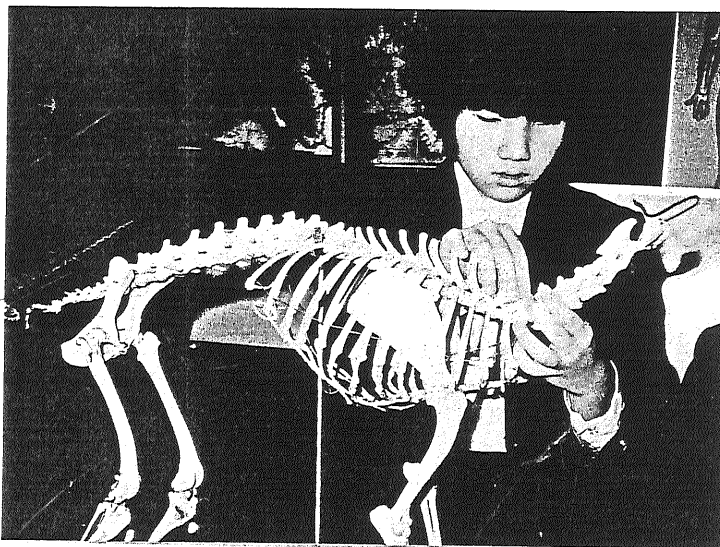


Fig.28

イヌの骨格標本の観察  
(1983年12月、  
筑波大学附属盲学校  
中学部1年生理科授業)



Fig.29

カバの頭の骨格標本の観察  
(1993年3月、  
東京都恩賜上野動物園にて、  
筑波大学附属盲学校中学部1年生  
校外授業)

### 3. 観察材料としての骨格標本の良さと限界

- ① 観察の初期には、何を手がかりにしてよいかかわからず、イヌの頭をネズミの体と取り違えたりもする。しかし、時間をかけて観察すれば、自分で誤りに気づくことができる。したがって、短時間の観察では誤解することがあり、じっくり時間をかけて観察するのに適した教材である。
- ② 盲児が、イヌの骨格標本の背骨を触りながら、「ぼくのうちのイヌと同じだ。」 と言うことがある。また、事例1の第2回の観察（イヌの頭蓋骨の観察）で、全員が動物名を正しく当てた理由は、「イヌを触ったときの頭の形に似ている」からであった。このように、骨格標本は、触覚的には、生きている動物の観察経験と結びつきやすい教材である。
- ③ 事例1の第1回の観察で、大後頭孔の左右の穴が耳の穴であるという生徒の推論の決め手は、自分が四足歩行の姿勢をとって見たときの耳と首の位置関係との共通性であった。また、頬骨弓の内部の空洞に下顎の筋肉がつくことを理解するときには、自分のこめかみを触りながら口を動かしてみた。このように、自分の体と対比させながら観察を深めることができる点でも、骨格標本は視覚障害生徒にとって、理解しやすい教材である。
- ④ 事例1の生徒の観察では、目のつき方、歯の様子など、各部位の特徴から、生き方が類推できるようになっていく様子がわかる。骨格標本では、形態の特徴が生き方の特徴と直接的に関わっていることが多く、名前を知らない動物の骨格からも、その生き方が類推できる。たとえば、ここにあげた記録以外であるが、動物園でカバの頭の骨格標本を観察した生徒が、動物名はわからないものの、

「目も耳も鼻も、みんな頭の上のほうに水平に並んでいるから、きっと水の中か泥の中にもぐって、頭の上のほうだけ出している動物だ。」

と、その生態を想像したことがある。

このように、骨格標本は、生徒が発見し、考えることを生かす授業には、ふさわしい教材である。
- ⑤ 事例2で、動物園でトラを観察した生徒は、それ以前の授業でネコを観察している。「肉食で、跳躍型の動物」と考えた根拠は、ネコの特徴との類似性であった。このように、動物種は異なっても、これまでの観察体験を応



用することができるのが、骨格標本の特徴である。したがって、事例1の生徒の観察記録が示すように、観察を重ねるにつれて、生徒が、その動物の生き方を類推する力も飛躍的に向上していくのである。

- ⑥ 事例1の初めての観察で、生徒は鼻の穴が一つであることを気にしたり、耳は頭の上のほうにあるのではないかと考えたりしている。この原因は、骨格標本にしてしまうと、軟骨部分がなくなるため、これは、骨格標本の問題点である。
- ⑦ 第1回の観察のように、骨格標本の観察の初期の段階では、観察した各部位の名前もわからない状態であり、複雑な骨の形や特徴の表現に、生徒の苦勞がうかがえる。しかし、この生徒たちが、第1回の観察のときから、Table 23のような観察記録を曲がりなりにも残すことができたのは、骨格標本の観察に入る前に、半年間の植物の観察を行っていた成果だと考えられる。このような観察体験の積み上げなしには、複雑な骨格を観察し、自分の言葉で記録することは不可能であったであろう。このように、骨格標本は、観察力をつけてきた視覚障害生徒にふさわしい教材である。
- ⑧ 骨格標本は、生きているときの骨よりは脆い。また、全身骨格は細かい骨をつないであるため、手の力をコントロールしたり、体重をかけないようにするなどの注意が必要である。しかし、丁寧に扱えば、何十年も観察教材として使うことができる。特に、頭の骨は丈夫で、乱暴な扱いをしない限り、壊れる心配はない。また、頭の骨の標本は、教材として揃えることができる価格で市販されているし、動物の死体が手に入れば、自作するのも容易である。筑波大学附属盲学校の場合、授業に使う標本は、購入したり、寄贈を受けたり、自作をしたりして増やしてきたが、30年以上経った標本が現在でも活用されている。

このように、学校での日常の授業の教材として揃えておくことができる点も、骨格標本の良いところである。

## V 剥製の観察

### 1. 観察材料としての剥製の特徴と、

その特徴から予想される効果と問題点

- ① 剥製では実物の毛皮を用いて、動物の形、大きさなどが再現されている。そのため、絵や写真、映像などで情報を得ることが困難な盲児童・生徒にとって、動物図鑑に代わるものとして利用できる。

また、弱視児童・生徒も、動物園では、動物の姿がよく見えないことが多いので、剥製の観察は有効である。また、絵や写真と異なり、大きさの誤解が生じないことも剥製の良いところである。

- ② 鼻端のように、生きている動物では柔らかく湿っている部分は、薬品で固定してあり、触覚では誤解するおそれがある。

- ③ 毛の手触り、太さ、毛の流れなど、毛皮に関しては多くの情報が得られる。

- ④ 剥製の内部は、木材や針金による骨組みと、詰め物でできている。そのため、触ったときに感じる内部の感触は生きている動物とは違っている。

また、剥製の観察からは、食物や運動の仕方など、生きていたときの生活を類推することはほとんど期待できない。

## 2. 自然観察の一環としての、野生のけものの剥製の観察

### 1) 目的

筑波大学附属盲学校の高等部1年生の夏季学校では、自然に親しみ、自然を知るために、林の中で、樹木や林床、土壌を触って調べたり、早朝の鳥の声を聞いたりする自然観察会をおこなってきた。しかし、野生の動物を直接観察することはできず、野外で、運が良ければ、動物の糞や食痕、足跡などで動物の存在を知ることができる程度であり、植物にくらべて情報が非常に少なかった。

そこで、筆者らは、1979年度から1981年度まで、長野県奥蓼科で行われた夏季学校において、自然観察の一環として剥製の観察を行った。ここで用いた剥製は、宿舎の渋辰野館の御好意により貸していただいたものである（鳥山 1982）。

### 2) 方法

#### (2-1) 観察時間

夏季学校の第1日目の夜、午後7時から9時まで。翌日は野外での自然観察が行われた。

#### (2-2) 観察材料

キツネ、タヌキ、イタチ、テン、ウサギ、リス、シカの7種類の剥製標本を用意した。いずれも、この地域に住んでいる動物である。シカ以外の標本は一つずつ低い小型のテーブルの上におき、生徒がそのまわりを自由に動きながら観察することができるようにした。

#### (2-3) 触り方の指導

観察の前後に手を洗い、観察に先だって次のような注意を与え、観察中は必要に応じて、手を添えて援助をした。

- ①剥製標本の毛は生きている動物とちがってもろいので、毛並みに逆らわないように触わる。また、縫い目などを引っ張ったり、はがそうとしないようにする。
- ②できるだけ全体の姿を理解するために、片方の手を基準にしてもう片方の手を動かして大きさをつかんだり、自分の位置を変えて違う角度から触ってみるようになる。
- ③観察したことは言葉で表現し、グループごとに記録する。

#### 4) 内容

まず、キツネ、タヌキ、イタチ、テンの4種類を比較観察することとし、ボランティアの自然観察指導員（哺乳動物専門）から、イヌ科とイタチ科の足跡の特徴、イタチとテンの大きさについて説明をした。その後、生徒は3, 4人ずつのグループで、一種類ずつ動物を観察し、観察結果を総合してそれぞれの剥製標本の動物名を当てることとした。

各グループの観察結果の発表後、この4種類の動物についての解説を指導員から行った。時間の都合で、ウサギ、リス、シカについては名前を教えるからグループごとに観察させた。

#### 5) 観察の結果

キツネ、タヌキ、イタチ、テンの4種類の比較観察では、各グループとも、与えられた知識を生かしながら観点を定めた観察ができた。生徒のレポートを、資料2（第8章の最後）に示す。

### 3. 観察材料としての剥製の良さと限界

① 生徒E、生徒Fともに、動物の形、大きさ、姿勢などについて、良い観察ができている。特に、イタチとテン、キツネとタヌキといった、よく似た動物について、観点を定めた比較観察は、実物の形を忠実に再現した剥製が揃っていたことで、初めて可能になったものである。

これらの動物は、身近な野生動物であるにもかかわらず、その形や大きさについて、具体的な知識を持っている生徒はいなかった。したがって、盲生徒だけでなく、弱視生徒にとっても剥製の観察から得られるものは多い。

② 剥製は、毛皮に覆われている視覚的な印象からは実物に近い触感が想像されやすい。しかし、触覚による観察では実物とはまったく異なる印象を与える部位があり、観察体験の少ない盲児の場合には、その部位の印象にとらわれて誤解をしてしまうことがある。これが、剥製の問題点である。

一方で、観察体験の豊富な盲生徒は、剥製の限界を知って観察しており、情報の取捨選択をして、総合的に判断している。このレベルでは、生体との感触の違いは、特に大きな問題にはならないと言える。

- ③ 二人の生徒は、毛並みについてくわしく述べている。特に、生徒Fは、4種類の動物を毛並みのつややかさで序列をつけ、ひげの生え方も詳しく観察している。毛皮に関しての情報は、生きているときの感触に比較的近く、剥製の特色の一つと言ってよい。
- ④ 生徒E、生徒Fのレポートには、動物の生き方に関する記述は少ない。わずかに、生徒Eが、イタチの犬歯から、イタチが肉食動物であることを考えていることと、生徒Fが、イタチとテンのひげの観察から、狭い場所を通り抜けるときのひげの役割を類推しているだけである。このように、剥製からも、動物の生活に関する情報は得られないわけではないが、非常に少ない。これは、剥製の限界を示している。

## VI 動物の観察の困難さと対応の方向性

### 1. 動物の観察教材の種類と特徴

盲児童生徒の体験の不足を補い、動物の多様性を理解させるためには、発達段階に応じて、ふさわしい観察学習の場を用意することが必要である。

動物（哺乳類）観察の教材としては、生体、死体、剥製、骨格標本、部分標本（毛皮、角）などがある。

動物の観察で最も大切なことは、動物が生きている姿にふれ、生きているということの実感を持つことである。したがって、生きている動物とのふれあいは、動物観察の出発点であり、また、到達点でもある。

しかし、視覚障害児童・生徒にとっては、生きている動物は、生きて動き回るという特性ゆえに、観察の難しさがある。そのため、触って観察できる動物種は、ペットや家畜の数種類という非常に限られたものになり、また、動きまわろうとする動物の細部まで丁寧に観察することは、まず無理なことである。そのため、生きている動物は、系統的、継続的な学習を進めるための教材にはなりにくい。

そこで、生きている動物に代わる教材が必要になる。一般的に、先ず考えられるのが剥製であるが、剥製は、もともと視覚的に作られたものであり、触ったときの感触は、生きている動物を触ったときとは異なるものである。たとえば、哺乳類や鳥類のような、柔らかく、温かい動物を触ったときに感じられるものは、外形よりも、内部の骨格や筋肉、内臓などの感触であり、一方、剥製の内部に感じられるものは、固い詰め物の感触である。また、鼻端などの粘膜の部分は、薬品で固く固定されていて、観察体験の少ない盲児の場合には、哺乳類の鼻端を、鳥のくちばしと間違えるような、誤解を生むことさえある。

しかし、絵や写真、映像で、いろいろな動物の姿を見ることができない視覚障害児童・生徒にとっては、剥製は、実物立体図鑑として大変優れたものである。そこで、剥製の限界は知った上で、動物の形、姿勢、大きさ、表面の毛皮や羽毛、爪、角などを知るために、剥製は有効な教材である。

剥製は高価であり、また、保存も難しいので、学校に多くを揃えるよりは、地域の動物園や博物館に所蔵されているものを利用するほうがよい。最近では、「ハンズオン」という考えで、触って観察する博物館も増えている。また、一般展示

に触ることはできなくても、事前に申し込めば、別室での対応をする博物館も増えており、博物館側の態勢も整いつつある（奥野 1999）。

骨格標本は、剥製と違って、視覚的な印象は、大変異質な感じを与えるものであるが、触覚的には、生きている動物の感触に近い側面も持っている。観察材料としての最大の長所は、形態的な特徴が生き方を表している点で、観点を定めて、系統的な学習をするためには、優れた教材である。ただし、その学習は、分析的、論理的な過程を踏んで深めていくものであるから、中学部以上で用いる教材だと言えよう。また、剥製や生体と比較して観察することができれば、さらに効果的である。

## 2. 動物の観察指導の進め方

以上のように、観察教材には、それぞれ、長所と限界がある。したがって、どの教材が良いかではなく、各教材の長所と短所を知った上で、いろいろな教材を組み合わせて観察体験を積み上げていくことが必要である。その組み合わせの形は、児童生徒の実態や、手に入る教材によって異なるが、大まかに言えば次のような組み合わせが考えられるであろう。

まず、幼児・児童期には、動物の生きている姿を感じることの大切さから、動物とのふれあいが中心になるべきであろう。また、中学生以上での系統的な学習には、骨格標本を中心とし、剥製、部分標本、模型などで骨格標本に欠けている情報を補い、さらに機会をとらえて生きている動物に触れるという形で進めることが効果的である。この場合の生体観察は、内部構造の理解の上で行われるわけであり、単なる動物との触れあい体験を超えて、さらに深い生き物への理解につながることを期待できる。

どの観察材料を使う場合にも、十分な時間を設定し、観察対象の全体から部分へ、部分から全体へと手の力をコントロールしながら触って全体像を理解し、形態的特徴がその動物の生き方を表わしていることに気づかせることが大切である。観察体験を積み上げる中で、盲児童生徒が観察の観点到気づいていくことができるよう、教師は児童生徒の発見を喜び、場合によっては恐怖心を理解しながら、言葉のやりとりによって観察を深めていくことができるようにする。

また、盲生徒の発見を中心にしながら系統的な学習を進めるためには、教師が

全体的な展望のもとに、個々の生徒の観察事項を観点ごとに整理し記録していくことがどうしても必要である。骨格標本の観察事例の中で示した記録表は、授業担当者が、生徒の発表を観点別に記録したものの一例である。

観察の場として、動物園や博物館を活用することも有効である。その場合も、日常の授業とのつながりの中に位置づけることで、より深い学習を期待することができるであろう。

このように、各観察材料の良さと限界を認識した上で、これらを有機的に関連させ、系統的に観察体験を積み重ねることによって、盲児童生徒の動物の観察の困難は軽減する。本研究は、その方向性を具体的に示したと言えよう。



## 資料1 剥製の観察記録 (1980年 長野県奥蓼科)

生徒 E (高等部1年、全盲、原文は点字)

1日目の夜の剥製の観察では、はじめに4匹のけものを観察した。ぼくたちが最初にみたのは、毛並みがよくてしっぽがふさふさとしていた。足の指は前後とも4本だけが地面についていた。頭はどちらかというとき長細くて耳はすこしねじれたような感じがした。これは指が4本しか地面についていないからイヌ科だということがわかった。

次にみたのはネズミくらいの大きさで指は5本とも地面についていた。胴が長く極端に短足だった。身体は全体的にスマートで、上下2本ずつの犬歯は鋭かった。

3番目に観察したのは指は地面に4本しかついていなかった。毛並みは1番目のと比べると、少しガサガサした感じで、頭の形や身体の形は丸かった。

最後のけものは足の指は5本とも地面についていて、2番目のと似て身体はスマートだったが、こちらのほうがかなり大きかった。

結局これらの動物は、地面についている指の数や身体の大きさや、形から、キツネ、イタチ、タヌキ、テンの順番だと考えられたが、そのとおりだった。

生徒 F (高等部1年、全盲、原文は点字)

キツネ、タヌキ、イタチ、テンの4種類の剥製を観察した。大きい順に並べると、キツネ、タヌキ、テン、イタチとなる。毛並みのつややかな順は、イタチ、テン、キツネ、タヌキである。イタチとテンはつやのある細かい毛である。キツネはイタチやテンよりも毛の1本、1本が長く、光沢もある。タヌキは毛の1本1本は長い、あまりつやがなく、毛の1本1本が触っただけですぐわかるほどだった。

4種類ともに、前足、後ろ足、ともに指が5本ずつあるが、イヌ科のキツネとタヌキは内側の指が(人間でいえばおやゆびが)他の4本とは違ってもうすこし奥につけねがある。それで、イヌ科の動物は足跡に指の跡が4本しかないということである。それに対してイタチとテンは、5本の指が同じ場所からついている。イタチ科の動物の足跡には指の跡が5本あるということである。

ひげの生え方にもそれぞれ特徴があった。イタチとテンはまっすぐ横へ伸びていて、ひげの長さが身体の幅より長い。それによって、ひげが通り抜ければ身体も通ることになる。これはネコなどと共通する点だそう。タヌキのひげは口のまわりに短いひげがちらばっているという感じだった。口の周囲に均等に広がっていた。キツネの場合はまとまって口の横に生えていた。

今までは4種類の比較だったが、次に特徴のあったものをいくつか上げてみようと思う。キツネの顔は顎が極端にとんがっていて、顔にするどさを与えていた。それに対して、タヌキは丸い感じの顔で、やわらかな感じだった。キツネとタヌキはよく比較される動物だが、顔の感じは対照的だった。耳もそれぞれ特徴があったが、特にキツネの耳はとんがっていて深く、よく音が聞こえそうな気がした。テンとイタチは本当によく似ていて、違うのは大きさだけではないかと思われるほどで、どちらか一つを見せられてテンかイタチかと聞かれたらきっと迷ってしまうだろう。

## 資料2 骨格標本から何がわかるか

### (頭の骨の観察の授業の指導内容)

哺乳類の頭の骨の観察から、生きていたときの生活の仕方が次のように推察できる。

#### ①眼のつきかた

眼窩から眼のつきかたが分かる。顔の前面に両眼が並んでいる眼は両眼視によって距離を正確に測ることができる眼であり、獲物にねらいをつけて跳びかかる肉食動物の眼である。ヤギやウサギのように顔の両側についている横向きの眼は、視野が広いので、頭を上げるだけで360度の視界があり、常に敵から襲われることを警戒している草食動物の眼である。

ただし、サルは肉食ではないのに、眼が前向きである。樹上生活をするサルは後ろから襲われる心配がなくなった。かわりに、木から木へ跳び移るには距離を正確に測ることが必要で、両眼視のできる前向きの眼は、サルの生活に適しているといえる。

#### ②歯の様子

肉食動物は獲物を切り裂く鋭い犬歯と、骨を押し切る尖った奥歯を持っている。また、上顎と下顎のかみ合わせはしっかりしていて、その特徴はイヌ、ネコなどの家畜よりもトラやライオン、コヨーテなどの野生動物で顕著である。なお、犬歯は根の深さまで観察する必要がある。犬歯が大きくても、その根が浅い場合は雄どうしの威嚇に使われるみせかけの「牙」であるからである。

草食動物の歯は臼歯が発達していて、硬い草をすりつぶすのに適している。また、上顎と下顎のかみ合わせは、左右にゆとりがあり、左右に歯を動かしてすりつぶす動作に適している。

#### ③鼻の中

薄い骨がひだになってぎっしりと並んでいれば、嗅覚が優れた動物である。

#### ④頬骨弓

イヌの頭蓋では、眼窩に続いてその後方に弓形に張り出した骨が目立つ。これが頬骨弓である。人間では、眼のすぐ後ろ、こめかみの下にある。こめかみを押さえて口を動かすと筋肉が動くことがわかる。これが下顎を支える筋肉で、頬骨弓の内側にある。したがって、頬骨弓が大きい動物は、強い顎の筋肉を持ち、大きな獲物をしっかりとくわえることができる。

#### ⑤頭蓋腔

後頭部の大きな空洞で、脳が入っていた場所である。頭の大きさとの割合で、脳の大きさ、つまり頭の良さが推定できる。

#### ⑥大後頭孔

首とつながる部分で、頭の後ろにあれば、四足歩行の動物、頭の下にあれば、二足歩行の動物であることがわかる。

#### ⑦耳の孔、側頭骨鼓室部

大後頭孔の横に左右対称にある。この孔が大きい動物は耳殻も大きめで、聴覚を活用していたことがわかる。

内耳の場所は、頭蓋を裏返すと大後頭孔の左右にあるふくらみである。内耳は聴覚の感覚器であると同時に、体のバランスをとる働きがあるから、ウサギやネコのように跳躍型の動物は、内耳の入っている部分のふくらみが特に目立つ。

#### ⑧骨の厚み、重さ

ネコ、ウサギのような跳躍型の動物の骨は薄くて軽く、ウシ、ヤギなど歩行型の動物の骨は厚くて重い。このように骨の厚みは運動の仕方に対応している。

#### ⑨骨の表面の手触り

表面がざらざらしていたら、そこには筋肉がついていたと考えられる。頬骨弓の張り出している動物は下顎を支える大きな筋肉を持っていた動物であるが、その大きな筋肉を支えるために、側頭部、後頭部の骨の表面はざらざらしている。

サルは、顔面の骨がざらざらしているが、これは表情筋がついていたためである。

## 第9章

### 大きな対象を理解させるための指導に関する研究

#### — 林の全体像の構築と、山の景観把握の試み —

##### I 問題の所在と研究の目的

自然観察では、多くの生物の集団である林や森の全体像を理解することが必要である。盲学校の教師や保護者の中には、林や森に盲児童・生徒を連れて行き、木や草を触らせ、林や森を理解させるよう心がけている人も多い。しかし、たとえば、何種類もの樹木が生えている林の中で、シラカバの木ばかりを選んで盲生徒に触らせた場合、その林はシラカバだけが生えている林であると誤解することがある。見えている人にとっては、いろいろな樹木に混ざってシラカバが生えている様子は一目瞭然ではあっても、盲生徒にとっては触ったものがすべてになりかねないのである。このように、大きなものを、盲生徒が正しく認識するためには、系統的な指導が必要である。

さらに自然観察においては、景観として自然を大きくとらえることが必要とされている。そのことによって、自然環境の中で個々の生物の占める位置や、人と自然のつながりを知ることができるからである。目の見える人の自然観察会では、景観把握の手段として離れた所からスケッチをすることが奨励されている（青柳 1984）。しかし、盲生徒にとっては、景観の把握は難問の一つであって、ほとんど論じられてもいない現状である。

本研究では、盲生徒に林の全体像を理解させる指導、さらには、山の景観をとらえさせる指導の可能性について、盲生徒の校外授業で実施された自然観察の事例を基に分析する。

## II 分析の対象とする校外授業の枠組み

### 1. 生徒の実態

筑波大学附属盲学校 高等部1年生（約25人）を対象にした自然観察について分析する。生徒の約65%が盲生徒、それ以外が弱視生徒である。

### 2. 観察内容と観察場所

1) 林の観察 長野県奥蓼科の水源涵養林（自然林）、薪炭林（人工林）

2) 山の景観把握 長野県諏訪後山地区の里山

### 3. 実施時期

1) 林の観察 1979年～1981年（毎年1回7月に実施）

2) 山の景観 1983年～1986年（毎年1回7月に実施）

## III 盲生徒の自然観察の段階

林や森のように大きなものの全体像を、盲生徒が直接体験を通して理解するためには、段階を追って体験を積み上げ、イメージを形成していくことが必要である。

第一段階は、樹木、下草、土壌の一部など、触ることができるものを、ていねいに触って調べ、手の届く範囲を具体的に知る段階である。

第二段階は、林内やその周辺を歩き回って第一段階での観察を空間的に広げ、さらに触ることができない部分にまで洞察力を働かせて、林の全体像を構築する作業である。

第三段階は、第二段階で理解した林や森を離れた所から景観としてとらえ、周囲の環境との関わりで理解する段階である。この段階は、盲生徒にとって難問とされているが、音を手掛かりに空間の広がりや位置関係を理解することができる可能性がある。

観察力の発達と観察対象のひろがり



Fig.30

第一段階 木の葉の観察

(中学部1年 理科の授業)  
ていねいに触って調べる。

Fig.30 筑波大学附属盲学校校庭にて (1983)

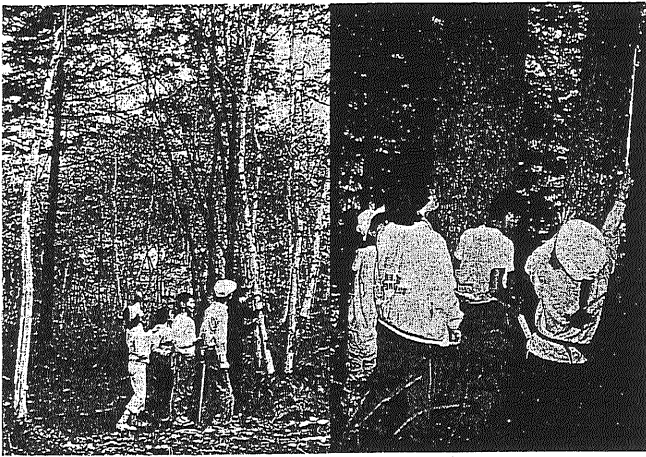


Fig.31

Fig.32

第二段階 林の観察

(高等部1年 夏季学校での自然観察(1))  
体を使って観察対象を広げる。

Fig.31 長野県奥蓼科にて (1979)

Fig.32 長野県諏訪市後山にて (1986)



Fig.33

第三段階 景観把握

(高等部1年 夏季学校での観察(2))  
遠く離れてとらえなおす。

Fig.33 山に向って呼びかける  
長野県諏訪市後山にて (1985)

Fig.34 感光器で山の稜線を調べる (1985)



Fig.34

#### IV 自然観察の第二段階の指導

一林の中を歩き回って観察し、全体像を構築する一  
(高等部夏季学校における自然観察)

##### 1. 自然観察指導に当たっての考え方

筑波大学附属盲学校では、高等部1年生を対象とした学校行事である「夏季学校」において、その半日または一日を使って自然観察会を実施してきた。この試みは、1979年から約10年間ほぼ毎年続けられ、この中で、盲生徒が林や森を理解するためのユニークな観察方法が生み出された。この試みは次のような考え方に基づいて立案されたものである。

- ① 盲生徒は、その場に行っただけでは、林の全体像を理解することができない。
- ② 林の一部を触っただけでは、正しいイメージを描くことはできない。
- ③ 林の構造を理解するには、林縁のそで群落、マント群落の観察、林の内部の観察を総合することが必要である。
- ④ 林の層構造を理解するには、土壌、下草、樹木（樹皮と葉）に分けて観察し、総合してイメージを形成する手段が有効である。
- ⑤ 林の広がりや全体像を理解するには、歩き回って観察対象を拡張し、各地点での観察内容を総合してイメージを形成することが大切である。この場合、できるだけ、生徒自身が自分の意志で歩き回り、できるだけ広範囲をまんべんなく観察することが大切である。
- ⑥ 観察の手法は、第一段階を応用することができる。
- ⑦ 以上のような手法で林を理解するためには、まとまった時間を設定し、系統的に観察する必要がある。

##### 2. 林の観察の実践例

夏季学校の場所はいろいろな事情により変化してきたが、ここでは、長野県奥蓼科において、1979年から3年間にわたって続けられた自然観察会を中心に述べる。

###### 1) 自然観察会の時間と形態

自然観察会は、宿舎から1 kmほど離れた水源涵養林（ほぼ自然の状態の林）と、

宿舎の地所内の人工林を観察ポイントとし、午前、午後に分けて実施した。生徒4、5人ずつに1～2名の引率者が1グループとなり、各グループに観察指導の専門家（理科教員およびボランティアの自然観察指導員）がリーダーとしてついた。自然林の観察では、各グループごとにリーダーに従っての行動が中心になったが、安全上問題のない人工林の観察では、グループごとに、生徒だけで自由に林内を歩き回って観察をした。その後、各グループごとにまとめをして林のイメージを描き、さらに全体でまとめをして共通理解をはかった。

## 2) 林の観察の方法

### (2-1) 林の周囲と内部との関係を理解する。

林に入るときは、そで群落、マント群落をかきわけて入り、林の外縁を保護している植物集団の存在を体験的に理解するようにした。この体験によって、林の中の空間の広がりを実感的に感じることもできた。林の外と内の環境の違いを、温度、湿度、空気の動き（風）、明るさ、足下の地面の様子、匂いなどで感じた。

### (2-2) 樹木を観察する。

林の中を歩き回ったり、白杖を静かにゆっくり水平に動かして木に当たる感触や音で樹木の密度を感じた。細い木の幹を揺すって梢の葉ずれの音で木の高さを推定する方法は生徒が考えた。また、大木の枝葉の広がりや、林の中の暗さや涼しさ、梢を風がわたる音から想像してみることができた。樹皮や葉の様子から木の種類を調べた。太い木と細い木は同じ種類の木であるかを考えた。林を構成している代表的な樹種については、リーダーから名前を教えた。樹皮についている地衣やコケにも注意を促した。これらはその土地の雪の深さや霧の流れる向き、空気のきれいさなど、環境を考える手がかりとなるからである。

樹木の様子から、その林の時間的経過を考えることができる。たとえば、太さのそろった同じ種類の木がほぼ等間隔に並んでいれば、植林された林であることがわかる。逆に、大木からごく細い木、芽生えた小さな木まで、あらゆる年代の木がいろいろな間隔で生えていて、しかも大木と若木の種類が同じであれば、その林は自然にできたもので、これから先も続いていく林（極相林）であろうと想像できる。また、同じくらいの太さの木が数本ずつまとまっているのは、かつて人が切り倒した木の切り株からの株立ちであって、この林が薪炭林として使わ

れてきたことを示しているわけである。

奥蓼科の水源涵養林は、観察の結果、コメツガとオオシラビソの極相林であることが理解できた。なお、コメツガとオオシラビソの葉は視覚的にはよく似ていて、初心者には区別が付きにくい。しかし、枝先を軽くしごいてみると、手触りで容易に区別できることを盲生徒が発見した。しごいたときの感触が柔らかければオオシラビソで、チクチクしていればコメツガだというわけである。これは、コメツガの葉枕が皮膚に当たるためであることがわかった。このように、植物を見分けるにも、図鑑などで示されている視覚的な方法だけにたよらず、感覚を生かした方法を生徒とともに開発することで、より効果的な観察ができることがわかり、感動的な体験となった。

### (2-3) 林床と土壌の様子を調べる。

木の周りにかがみこんで地面に触れてみた。木の周りの地面が他の場所より温かく感じられる場合があることは、生徒の感動的な発見だった。触る範囲を広げ、落ち葉の堆積の様子、林床の植物の高さや密度を観察した。落ち葉をめくって、下にいくほど形が崩れ、腐葉土になっていることを調べた。湿り気や匂いの変化にも注意をうながした。倒木や枯れ枝は軽く、中が空洞になっていることを調べ、そこに動き回っている小動物に手を触れてみた。切り通しの観察から、林の下にも根がからみあっている様子を知ることができた。

### 3) 林を総合的に理解するための観点

以上のように歩いて集めた情報をもとに、林のイメージを描くために、次のような観点で整理した。

#### (3-1) 全体をとらえる。

林を構成している樹木の葉や樹皮を調べる場合にも、樹木の種類数を知ることを中心にし、代表的なもの以外は名前にこだわらない。林床の観察においても、植物の高さや密度に関心に向け、林床の草花の一つひとつを調べることはここでは省略する。あくまでも、細部にとらわれず、林を大きくとらえることを目的にしたわけである。

#### (3-2) 林のしくみをみる。

林の周囲の植物群落や林を構成する樹木と林床のようすを総合して、林の構造



を理解する。倒れた樹木が朽ちていく様子、落ち葉が腐葉土に変わる様子、木の洞を小動物が利用している様子、梢でさえざる小鳥の声などから、林全体の生物のつながりを考えてみた。なお、けものに出会える機会はほとんどないと考え、糞や食痕、足跡を観察したほか、宿舎所蔵の剥製を貸していただき観察する時間をもった。

### (3-3) 時間の軸でみる。

林の樹木の年齢を考えてみた。年老いた木（大木）、成長している木（若木）、芽生えたばかりの木などの様子から、この林の、10年前、100年前の様子を考えてみた。また、10年後、100年後はどうなるかを想像してみた。

### (3-4) 人と自然のつながりを考える。

樹木の枝打ちのされかた、林床の手入れのされ方から、人の手がどのように入っているかを考えた。薪炭林の様子、植林の様子から、土地の人々の生活と林のつながりを考えてみた。

## 3. 自然観察会の成果

資料（第9章の最後）は、このときの自然観察会のレポート、および感想文の一部である。自然林の観察のレポートからは、時間をかけて系統的に林を観察することで、林の全体像がよく理解されたことがわかる。また、人工林（シラカバ林）の観察の感想文からは、指図を受けずに自分たちで林の特徴を探し出していく自然観察のやり方が生徒にとっても楽しく、有意義であったことがうかがわれる。

林のように大きなものの全体像を、盲生徒が自らの感覚を活用して観察し理解することは、非常に手間ひまかかる作業ではあるが、一般の学問的な手法を応用し、系統的な観察体験を総合することで、林の全体像が理解できるという考え方は基本的に正しかったと言ってよいであろう。ただし、この作業は集中力と観察力、記憶を総合してイメージを形成する力が必要な高度に知的な作業である。逆に、それだからこそ、高等部の生徒にとって大きな成就感のある体験となったのであろう。

## V 自然観察の第三段階の指導 ー山を景観としてとらえるー (高等部夏季学校での試み)

### 1. 盲生徒の景観把握についての考え方

すこし離れた地点から山を眺めると、山の形とともに、その植生が樹形や色で一目瞭然に把握しうるものである。また、林を観察するときにも、「遠くから見る」「近づいて見る」「中に入って調べる」「もう一度、外から見直す」という手順で、林をその環境との関わりで理解することが大切であるとされている(青柳 1984)。では、視覚によらないでこのような観察が可能であろうか。筑波大学附属盲学校で筆者らは、次のような考え方にに基づき、実践してみた。

- 1) 盲学校の生徒が林の観察をする場合にも、基本的には一般の人の場合と同じことが大切であろう。その場合の、「近づいてみる」「中に入って調べる」方法については、前節「林の観察」を応用することができる。
- 2) 「遠くからみる」ことは難しいが、観察地点に人を残し、谷を挟んだ反対斜面から、声をかけあうことができれば、音によって位置や広がり把握することは可能であろう。
- 3) 感光器を活用すれば、山の形(スカイライン)を音で知ることができるであろう。このスカイラインと ②を結びつけて、山の景観を理解することは可能であろう。

### 2. 盲生徒の景観把握の実践例

#### 1) 実施場所と時間

この方法は、長野県諏訪市湖南後山地区で行われた、筑波大学附属盲学校高等部1年生の夏季学校において、1983年から1986年まで4年間にわたって実施された「山をみよう」という活動の中で工夫されたものである(鳥山 1985)。

後山地区は、中央線上諏訪駅から車で40分ほどの、標高1000メートルほどに位置する谷沿いの集落である。付近の山を見ると、尾根筋にはアカマツ、中腹にはカラマツと落葉広葉樹、谷川沿いにはスギといったように、それぞれの場所に適した林があることがわかる。また、この地域の極相林であるモミ、ツガの自然林が麓の神社のまわりに残されている。これらは、人と自然が調和して生きてきた、日本の

山里の典型的な景観の一つといえるものである。

そこで、この地域での自然観察においては、盲生徒にも、このような景観を把握させることが大切であると考え、次のような方法を工夫して実施した。

## 2) 盲生徒の景観把握の方法

### (2-1) 観察ポイントの設定と、林の観察

山の麓、中腹、尾根筋の代表的な林から、モミ、ツガの自然林、カラマツの植林、アカマツの自然林の3地点を選び、観察ポイントとし、山を登りながら、順に三つの林を観察した。それぞれの林の観察には約30分かけ、グループごとに歩き回って、3節に述べた方法で林を調べ、それを全体でまとめ、林の特徴を理解した。

### (2-2) 声を交わして林の位置を知る。

山から離れてみたときに、三つの林がどのような位置関係にあるのかを理解するための工夫である。三つの林を観察した生徒たちは、山を下り、この山と向き合った反対側の斜面を50メートルほど登り、そこから、声を合わせて、三つの林のそれぞれに残っている教師と声をかわした。最も遠い尾根筋の林によびかけたときには、生徒たちのよびかけから数秒後に教師の応える声がかすかに返ってきた。その声の方向や遠さから、生徒たちは観察してきたばかりの林の位置をとらえたわけである。

### (2-3) 感光器を用いて、山の稜線（スカイライン）を調べる

感光器は、光の明暗を音の高低に変える器具で、盲学校の理科の実験では、光の存在や色の変化などをとらえるために広く使われている。この感光器を山に向けて持ち、その手を前にのばして少しずつ上げていくと、暗い山と明るい空の境目で音が変わる。そこで、感光器を軽く上下に動かしながらゆっくり左右に動かして、山と空の境界を調べていくと、山の形をとらえることができる。こうして調べた山の形の中に、各観察ポイントから聞こえる声の方向を位置づけることによって、たとえば、アカマツ林が稜線の近くにあることや、カラマツ林が中腹にあることなど、観察した林をあらためてまとめた景観としてとらえてみたわけである。

### 3. 自然観察会の成果

この体験の後、生徒たちは口々に

「感光器を見直した。」

「声が聞こえたのがうれしかった。景色の広がりがあった気がした。」

などと語っていた。盲生徒が山の各部分の林の位置関係をひとまとまりの景観として理解するという、大変難しい観察に挑戦したわけであるが、生徒は正しく位置関係を理解したと言ってよいであろう。ただし、この段階は、非常に先駆的な試みであって、「盲生徒が山をみる」という表現は、まだ、一般的なものではない。

この観察後、ある盲生徒は

「これまで、山というものは、真ん中が高くて左右が低いものだと思っていたけれど、ここの山は一直線に続いているんですね。」

と語っていた。この生徒は、象形文字を学習したときに、その例として、山という漢字と山の絵を対比したものをみた経験があるのであろう。そのときに理解した山の形と、ここで観察した山の連なりは違っていたのである。このように、限られた体験から得られた一つのイメージだけがすべてであると誤解することは、盲生徒の場合、よくあることである。山にもいろいろな形があることは、実際の山を、折りにふれて観察する体験の積み重ねがあつて初めて理解することができる。盲生徒にとっても景観把握の経験は必要なのである。

## VI 授業の評価と、盲生徒の景観把握の可能性

高等部1年生の夏季学校のレポート(資料)からは、生徒が、樹木や、下草、土壌などを積極的に観察して、林のイメージを描こうとしている様子が分かる。これは、自然観察の第二段階に位置づけた活動であるが、第一段階での観察力を土台にした、林の全体像を把握する方法論として、成功していると言えるであろう。

また、筑波大学附属盲学校で、1983年から、1986年まで続けられた、「山をみよう」という自然観察会では、盲生徒が山を全体として理解することが試みられた。この試みでは、山に3カ所の観察ポイント(その場所の典型的な林)を選び、それぞれの観察ポイントでは、自然観察の第二段階に当たる「林の観察」を行った。次に、山に向かい合う斜面から、各観察ポイントに残った人と声を交わして、その音の広がりや、音の遠さで、3カ所の林の位置関係を把握した。さらに、感光器で山のスカイラインを調べ、山の形を理解し、そこに、音で把握した林を位置づけて、目の前に広がる景観のイメージを描いてみた。

これは、自然観察の第三段階の活動として考えられたものであって、第二段階までの観察手法の上に発展させたものであることは明らかである。したがって、自然観察の、対象の広がりを3段階にとらえ、第一、第二の段階が次の段階の基礎になるという考え方は正しいといえるであろう。ただし、第三段階の活動については、この夏季学校の試みとしては成功しているが、実績が少なすぎるだろう。しかし、従来、盲生徒には不可能であると考えられた、大きな景観の把握について、第一段階、第二段階の基礎の上に立って、丁寧な実践を行い、生徒に感動的な体験を与えていることは確かであり、今後、さらに研究を深める意義は大きいであろう。

以上のように、この校外授業での自然観察は、大きな対象を直接体験によって盲生徒が把握するという、これまで全く実践例のない分野への試みであり、段階をふんで、系統的に観察力を育てていくことで、可能性が開かれたと言えるであろう。

(資料)

夏期学校自然観察レポート

蓼科の自然林 (高1全盲男子)

## 1. 林の縁

土の様子・・・土の上を枯れ草が覆っている。土自身は表面は湿っているが白杖を差し込もうとしても固くてあまり入らない。

植物・・・つる草やアザミが生えていた。

## 2. 自然林の様子

足で踏んだ感触はフワフワしている。白杖をつっこんでみると、だいぶ中まで入る。これは、きっと土と土との間に隙間があるか、土が軟らかいかのどちらかである。

穴を掘って調べてみると、表面には腐りきれない落ち葉などがあり、その下にコケが生えている。それより下には植物が分解されたもの、しかし土にはまだなっていないものがある。この下には軟らかく水気の多い土がある。多分その下には岩があり、それを木の根が包み込むようにしているのだろう。この推測の根拠は、この林に行く途中に、斜面の途中を崩して道を通した所があり、片側には木の根がむきだしになっている所があり、その根はすでに枯れていたが、根が岩を包み込むようにしていたからだ。

コケが生えていることや林床が湿っぽいことから、この林には日光があまり入らないことがわかる。

この林を構成する木のほとんどがコメツガ、シラビソで、カエデ、シャクナゲも混ざっている。また、カラマツがわずかに生えている。また、この林は高木層から低木層にわたってコメツガ、シラビソが生えていて、このことからコメツガ、シラビソが陰樹であること、この林が極相林であることがわかる。この林の木の密度はかなり大きい。林は年がたつにつれ、太い木が間隔を空けて生えるようになる。これは、ある一定の面積に生える木が少なければ養分をとるにも日光を取り入れるにも都合がよいからで、そのため、同じような高さの木がわずかな距離で生えている場合にどちらかが枯れる「立ち枯れ現象」を起こす。この林には立ち枯れの木があるので、まだ若いことになる。

## 人工林の観察 (高1弱視男子)

(午前中の自然林の観察で) およそ林の観察の順序がわかり、午後からの人工林の観察は、初めは先生方の指示を受けず、自分たちだけで行った。

地面を観察すると、木の周辺(半径1 mくらい)に自然林とは違った乾燥した種類のコケが生えていた。その下の腐葉土は主にササの葉でできたものらしく自然林よりずっと浅く10 cmくらいしかなかった。そしてその下は湿った土だと予想していたのだが、湿った土の層はあまりなく、腐葉土の下には岩石や石がゴロゴロしていた。自然林と人工林は多くの違いがあるとは思ったが地面にもこんなに違いがあるとは思わなかった。

下草を見たとき、これはクマザサだろうと思った。なぜならササの種類はそれしか知らなかったからだ。しかし、その予想も意外に近かった。それは、クマイザサだったのだ。林の外のほうに行くと大きなシダも見られたが、いずれも高さは50 cmくらいで根を強く張っていた。これらの密集した下草を見るだけで、この林がどれだけ多くの日光が入るまばらな明るい林であるかがわかった。この林はシラカバがほとんどで、アカマツやカラマツも生えていた。シラカバは根元から3 mの高さまで枝がなく、葉は上のほうにしかなかった。この林は薪炭林で、一つの根元から2~5本のほぼ同じ太さ(10 cm~20 cm)の幹に株立ちし、それぞれの幹は乾燥していて横に線が入っているが、するするしてサクラの幹に似ていた。(中略)

この林は木の間隔がほぼ4 mくらいで、高木層と下草の層の二層からなっていた。また、この林に生えている樹木はすべて陽樹であるから、種子が落ちても下草の層のササやシダに日光をさえぎられるため育たずに枯れてしまい後継樹がなかった。しかし、薪炭林なので、ある程度生長すると切り倒すため陽樹の林が保たれているが、もしこのまま人間の手を加えずに放っておいたら午前中に見た自然林のような陰樹の林になるというのがわかるような気がした。

自然林と人工林、陰樹の林と陽樹の林の違いやその理由もよく分かったし、また、自分たちだけの力でも観察ができて楽しいような気がした。

## 自然観察の感想（高1 全盲女子）

剥製、自然林、人工林とたくさんのももの観察をしてきたが、すべて先生の話聞いてから観察するのではなく、自分たちの目と手でゆっくり観察した後で先生の話聞いたので、その物についての特徴の見当が大体ついていてわかりやすかった。それに、自分たちで特徴を探し出していくのがとても楽しかった。先生の話聞いてから観察するよりもずっと多くのことを知ることができたような気がした。



## 結 論

## I 研究のまとめ

本研究では、序論において、視覚障害児童・生徒、特に、盲児童生徒が実験及び観察の学習において示す困難点を、次のように、実験に関するもの4項目、観察に関するもの4項目、計8項目に整理し、それぞれの困難点に対して、盲学校教師を中心とする教育的対応の概要をまとめた。

### 実験に関する困難点

- A 実験方法に起因する困難
- B 実験器具に起因する困難
- C 盲児童・生徒自身の実験操作技術の不足に起因する困難
- D 全体像の把握の困難と、そこから派生する問題

### 観察に関する困難点

- a 顕微鏡やルーペによるミクロなものの観察ができないことに起因する困難
- b 盲児童生徒の観察力の不足に起因する困難
- c 生きている動物の観察の困難
- d 大きなものの全体像の把握の困難

次に本論では、過去に実践してきた筆者の理科授業の授業記録を対象として、授業の経過を辿り、授業の目的、内容、結果を、序論で整理した理科の実験に関わる困難点4項目、観察に関わる困難点4項目に関わって、どのような困難が軽減、解消されたか、また、実践によって新たに発見・解明されたことは何かを、授業ごとに検討した。取り上げた授業は実験に関して8授業、観察に関して5授業であるが、これを実験に関して6つの研究、観察に関して3つの研究にまとめ、合わせて9研究を行った。

第1章（研究1）では、化学実験の基本操作の指導に関する研究を行った。これは、序論で整理した実験に関する困難点Cの軽減、解消を目指すものである。本研究では、1970年から1971年にかけての授業の記録に基づき、先天盲生徒に対しての、基本的な実験操作の系統的な指導の経過とその効果を分析した。授業

の結果、15項目の基本操作すべてについて、盲生徒が自分の手で実験を行うことができるようになった。これらの操作の中には、試験管に水を入れる、試験管に粉末試薬を入れるといった、一般の児童・生徒に対してはあらためて指導する必要がないような実験操作も含まれているが、実は、この段階こそ、視覚以外の感覚を手掛かりにした確実な操作方法の確立が求められていた部分であった。本授業では、特に、この段階での基本操作を工夫し、盲生徒が確実に行うことができる操作方法を開発することができた。また、基本操作は、一般の操作方法が盲生徒にも可能なもの、操作方法の一部を盲生徒向きに改良する必要があるもの、盲人用の特別な実験器具を使うものの3グループに分けられた。また、この3グループのいずれの場合にも、盲生徒の特性に応じた指導上の留意事項があることがわかった。実験の基本操作の指導については、必要性は認識されていたが、盲生徒に対して、初歩的な操作から段階を追った系統的な指導実践は報告されていなかった。本研究は、盲生徒に対する実験の基本操作の、入門期からの系統的な指導法を初めて実践的に示したものであり、実験の困難点Cの軽減の具体的方策を示したと言える。

第2章(研究2)では、化学実験を始める前の指導に関して研究を行った。これは、主として、実験の困難点CとDの軽減を目指すものである。本研究では、1993年度の筑波大学附属盲学校の中学部1年生に対する、気体の発生に関わる二つの授業の記録について、実験を始める直前の指導の内容、所用時間、直前の指導の効果を分析した。その結果、盲生徒が、実験の全体像を把握して主体的に安全に実験を行うためには、実験の前に、実験装置の全体像を確認しておくこと、実験の手順を理解していること、実験操作の方法を習得していることなど、実験の空間的、時間的全体像の中に、自分自身の役割を位置付けて理解していることが必要であることが分かった。また、このような全体像を、一つひとつ手に触れて得た情報をもとに構築するには、相当の時間がかかることも明らかになった。特に気体の発生実験のように、化学変化そのものは短時間に進行するが、その短時間の中に連続した機敏な操作を要求されるような実験の場合は、事前指導に、実験そのものよりも多くの時間を要することが分かった。

このように、盲生徒の実験への主体的参加のためには、実験装置の全体像を理

解させ、実験の見通しを持たせることが必要であることは、1980年代後半から強調されている。しかし、そのための指導内容を具体的に分析し、所用時間を示した研究はこれまでには報告されていない。本研究ではこれらを具体的に検討し、授業計画の中に実験の直前の指導を位置づけて時間を配分しておくことの大切さを示した。また、そのことにより、生徒の実験の困難点C、Dが軽減されることを実践的に示すことができた。

第3章(研究3)では、生徒の感覚を活用した実験指導に関する研究を行った。これは、実験の困難点Aを軽減し、より生徒の特性に合った実験方法を創出する過程に関する研究である。本研究では、筑波大学附属盲学校において1980年度に実施された二つの化学の授業記録に基づき、視覚障害生徒とのフィードバックにより実験方法を改良するプロセスを分析した。その結果、生徒の感覚による観察事項や発想の中には、一般の人が見逃しがちな自然現象の本質的な一面をとらえている場合があり、このような生徒の発見や発想を生かすことにより、盲生徒の特性に応じた実験方法が盲学校の授業の中から生まれる可能性が示唆された。また、生徒の感覚による発見を授業に反映させるには、生徒が実験に主体的に参加していることが必要であり、盲学校のクラスが少人数であることが、生徒の個性的な発見に教師が気づきやすい条件となっていると考えられた。

生徒の感覚の活用という盲学校の理科教育の基本理念は1950年代から先人によってうち立てられ、盲児童・生徒が彼らの感覚によって個性的に自然現象をとらえた多くの事例が報告されている。しかし、そのような生徒の発見や発想をもとに新しい実験方法を創出するプロセスを具体的に示したものは見当たらない。本研究では、生徒の感覚を積極的に生かし、盲学校ならではの授業を創出する過程を分析することができた。そのことにより、実験に関する困難点Aの軽減の方向性を示すことができたと思われる。

第4章(研究4)では、盲生徒向け実験方法の開発の一例として、盲生徒のための中和滴定実験法を研究した。これは、実験の困難点Bの軽減を目指したものである。本研究では、国の内外で1970年代から報告されている中和滴定実験法を検討し、その中で、筑波大学附属盲学校において考案され、1984年度以来改

良が重ねられている中和滴定実験法について、盲生徒にとっての実験の困難の軽減という観点で分析した。その結果、この中和滴定実験法は、従来の実験法にくらべて生徒にとっての困難度がはるかに小さいことが分かった。また、一般の実験機器の進歩を反映して、それらを活用した教材開発の方向性を示していると考えられた。

第5章（研究5）では、実験と講義の連携を重視した授業の構成に関して研究を行った。これは、実験に関する困難点Dの軽減を目指したものである。本研究では、筑波大学附属盲学校において1994年度に実施された、モルを理解し使いこなすための一連の化学の授業の記録を辿り、実験と講義のつながり、視覚障害生徒に実際の物質と関連させながら科学の概念を理解させる意義と、そのための授業の構成について検討した。その結果、盲学校においては、特に実験と講義を意識的に連携させて、実験による体験を言語化し、定着させることが必要であると考えられた。また、そのことにより、生徒が実験の目的、方法、結果の関連を理解し、次に行うべき実験の予測をし、主体的な実験への参加が可能になると考えられた。

実験と講義の有機的な関連は、理科教育では当然のこととされているが、一般の学校では物理的な条件からも限度がある。少人数で静かな雰囲気で行える盲学校の授業環境は、実験と講義を切り離さずに、臨機応変に切り替えていく授業を可能にしており、一般の学校よりも恵まれた環境であるとも言える。このような環境を生かして、実験と講義の有機的な関連をはかる方向性は、『観察と実験の指導』（文部省1986）にも示されている。しかし、その具体的な展開事例を分析した研究は、これまでに報告されていない。本研究ではモル概念という、抽象的で難解なものと考えられがちな教材を、実験と講義を組み合わせた授業の中で、盲学校の生徒が主体的に学習していく過程を具体的に示すことができた。このことにより、実験の困難点Dの軽減の方向性を実践的に示したと言えるであろう。

第6章（研究6）では、盲生徒の特性を考慮した実験・観察の蓄積が、個々の盲生徒の実験遂行能力にどのように反映されているかを研究した。これは、実験

の困難点が指導によってどれだけ軽減、解消されているかを示すものである。本研究は、筑波大学附属盲学校において1984年度から1997年度まで続けられた高等部3年生を対象にした「化学卒業実験」について、のべ223人の生徒（点字使用者128人、普通文字使用者95人）の作成した実験計画書と教師による評価の記録を整理し、その中で代表的であると考えられた3実験について、生徒の実験遂行能力を分析した。

その結果、盲生徒が、実験に関する困難点AからDをほぼ克服して、主体的に実験を企画し遂行する能力を身につけていることが示された。これは、実験の困難点A～Dが、指導の積み上げによって軽減、解消されることにより、盲生徒が主体的に実験を遂行することができることを実証的に示したものである。

第7章（研究7）では、触覚による観察力の育成に関する研究を行った。これは、観察に関する困難点bの軽減を目指したものである。本研究では、筑波大学附属盲学校における1983年度の中学部1年生の盲クラスの授業で、木の葉の観察の積み上げによって触覚による観察力が育成されていく様子を、教師の指導記録と、生徒の観察記録を分析することによって検討した。

触覚による観察は盲児童・生徒の理科教育の基本になるものである。その観察力は観察体験の中で育てられる能力であることを明確に示したのは、東京教育大学附属盲学校の青柳（1977）が最初であると思われる。本研究では、青柳の実践を引き継いだ鳥山（1999）による詳細な授業記録を分析の対象にして、1学期間の授業によって生徒の観察力が目に見えて向上することを実証し、困難点bの軽減、解消の方向性を実践的に示すことができた。

第8章（研究8）においては、触覚による動物の観察指導に関する研究を行った。これは、困難点cへの対応をはかるものである。本研究では、筑波大学附属盲学校における、中学部1年生に対する1983年度の、骨格標本の観察を中心にした動物の学習の授業記録、および1980年度の高等部の校外授業における剥製の観察記録を分析し、盲生徒が触覚による観察に基づき動物を理解するための指導法を検討した。その結果、中学部の動物の授業において、骨格標本を活用した系統的な指導の有効性が確認された。また、このような基礎の上に立っての、剥

製の観察にも意義があることが示された。

盲生徒が動物の学習をする場合の教材としては、生体、死骸、骨格標本、剥製標本、模型などがある。これらの意義と限界は、青柳（1977,1981）によって整理され、特に骨格標本の有効性が指摘されている。本研究は、青柳の授業を引き継いだ鳥山（2000）による詳細な授業記録を分析の対象にし、骨格標本のような複雑形の物体を盲生徒が触覚によって観察し、教師の説明によって動物の生活と関連づけながら理解するプロセスを検討した。また、骨格標本の観察に、他の観察教材を併用することの効果についてもふれた。このように、本研究は、困難点cの軽減の方向性を実践的に示したものであると言えるであろう。

第9章（研究9）においては、盲生徒に、林の全体像や山の植生による景観など、大きなもののイメージを実証的に形成する指導法を研究した。これは、観察の困難点dの軽減を目指すものである。本研究では、筑波大学附属盲学校高等部の自然観察指導の記録を対象にして、盲生徒に林のしくみを理解させるための段階を踏んだ系統的指導という観点で分析した。また、盲生徒の景観把握の可能性について、空間の広がりや理解という観点から検討した。

その結果、木の葉（植物の主要な器官）の観察から樹木（植物の個体）の観察へと積み上げてきた観察力を基礎に、生徒が歩き回って観察対象を拡張し、その観察事項を構造化することで、林の全体像を認識することができると考えられる。また、山の景観把握については、林の観察の構造化と、音による位置関係の把握とによって、限られた事例ではあるが、可能性が示された。

大きな対象の全体像の把握を目的とした実践例は、本研究でとりあげた事例以外には報告されていない。本研究は、困難点dへの対応の事実上の第一歩となるものであり、対応の方向性を実践的に示したものであると言えるであろう。

## Ⅱ 盲学校における実験・観察の指導の専門性の枠組み

序論においては、視覚障害児童・生徒、特に盲児童・生徒が理科の実験・観察の学習に示す困難を、実験に関する困難点4項目、観察に関する困難点4項目、計8項目に整理した。盲学校の理科教育においては、これらの困難点を出来る限り、軽減・解消し、小・中・高等学校の教育課程に準拠した学習を可能にすることが、教科指導上の専門性であると言えるであろう。

本研究では、序論において、1950年代に始まる先行研究、先行の実践により、これらの困難点に対する教育的対応がどこまでなされたのかをまとめた。また、本論においては、筆者の盲学校における授業の記録を分析の対象にして、これらの授業実践の結果、それぞれの困難点に対して、どのような対応が付け加えられたかを検討した。

ここでは、上記の困難点の軽減、解消を目的として、本論で検討した実践を含めて1950年代から今日までの教育的対応により構築されてきた指導の専門性の枠組みを示す。

### 1. 感覚の活用と、生徒の実験操作能力の育成

一般の実験・観察の方法は視覚に依存して進められており、そのままでは、盲学校で実施できないものがほとんどである。この問題に対しては、1950年代の盲学校現場の先駆的な実践の中で、感覚を活用して自然現象を多角的にとらえるという、盲学校の理科指導の基本方針が提起された。これは、今日においても指導の根幹をなす考え方である。

1960年代以後、この基本方針に基づき、盲学校の教育現場で多くの実験方法が考案され、特に、物理、化学の分野においては、高等学校までのほとんどの実験について、視覚によらない実験方法が可能になっている。その結果、盲生徒が実験を主体的に行いながら、一般の学校と基本的に同じ内容の理科の学習をすることが可能になった。

このように、盲学校で、特に、物理、化学の分野の実験方法が進んだ背景には、物理、化学が対象とする自然現象の本質にあると考えられる。まず、物理につい



て考えてみると、対象とする自然現象は、力、電磁気など、本来、目に見えない現象が多い。その点に立脚するならば、物理が対象とする自然現象を、視覚以外の感覚でとらえることはできるはずである。むしろ、問題は、人間の作り上げた学問の体系が、本来は目に見えない現象までも機器によって視覚に置き換えたり、視覚的なモデルで考えるようになってきていることである。しかし、その機器の感覚代行さえ可能であれば、物理現象の理解は、盲生徒にとって、そう困難なことではないはずである。そこで、盲学校における物理分野の研究は、ウェクスラー（1961）以来、盲生徒向きの実験機器、特に測定機器の開発を中心に進められ、機器の充実によって盲生徒の実験も可能になり、1980年代からは、大学の理系学部への進学者も現れてきた。

しかし、物理現象の中には、波動、振子、落下運動、放物運動など、運動の様子を理解しなければならないものがある。これらの運動の様子は、基本的に視覚によってとらえられるものであり、視覚に障害がなければ、小・中学生でも知っている現象である。しかし、触覚によって理解することには困難があり、視覚障害教育の中では、長い間、課題として残されていた。1990年代になって、石崎（1993,1996,1999）は、盲生徒が実験と講義によって実証的に、これらの現象のイメージを形成していく一連の授業を研究し、成果を上げている。

化学について考えてみると、その究極の目標は、分子・原子・イオン・電子といった目には見えない極微な世界を理解することであって、視覚の障害は本質的な問題ではないと思われる。しかし、一般の化学実験は、視覚によって進められており、酸性・アルカリ性といった、本来は視覚的ではない事象までもが、リトマスなどの指示薬の変色という視覚現象に置き換えられている。これは、人類が作り上げてきた学問・文化が視覚的であることによるものであって、物理分野とも共通している。

一方で、化学実験においては、目の前で実際に化学反応が起きているため、反応に伴って、視覚的な変化だけではなく、音、臭い、振動、温度変化、味の変化など、人間の持つあらゆる感覚に対応した変化が起きている。したがって、一般には、視覚的な変化を観察する実験として理解されているものであっても、盲生徒が実験してみると、音や、臭いの変化など、一般の人が見逃している現象に気づくことがあり、しかも、その現象は化学変化の本質を示唆する場合もある。こ

のような、盲生徒の発見については、1950年代の先駆的な実践によっても報告されているが、時代を経て、盲生徒の主体的な実験への参加が可能になるにつれて、より能動的に、生徒が自然現象に気づくようになってきた。本論の第3章（研究3）では、そのような生徒の発見・発想を生かして実験内容を改良した事例を分析した。この事例のように、盲生徒の感覚を生かして実験方法を改良することで、より生徒の特性を生かした実験が可能になると考えられる。なお、生徒が主体的に実験に参加するためには、生徒自身が実験操作を行うことが、一般の生徒の場合以上に必要であると考えられる。なぜなら、触覚による観察は手にとってみることではじめて成り立つわけであり、第3章（研究3）で分析した事例の一つである、アルコールと水の混合による発熱、アルコールの種類による発熱の度合いの違いなどは、自分の手で実験を進めていなければ気づかなかつたと考えられるからである。

しかし、化学実験には、危険な薬品が使われることもあり、加熱器具や気体の発生装置など、いろいろな器具が使われる。これらの器具を使って、盲生徒が自分で実験を行いながら、現象の観察に集中できるようにするためには、生徒自身の実験操作能力を高める必要がある。本論の第1章（研究1）では、化学実験の基本操作法を、ごく基本的な操作から系統的に指導することの効果が示された。

このように、生徒の基本操作能力、実験器具・方法の工夫などの条件を整えていった実践、研究の成果として、今日では、高校までのほとんどの化学実験は、盲生徒にとって本質的な困難さを持つものではなくなっている。

## 2. 学習目標の本質を押さえた教材の選択と、観察力の育成

以上のように、物理、化学の分野では、この40年間の研究、実践に支えられて多くの実験が盲生徒にも可能になったきた。しかし、生物分野では、一般の学校と同じ題材による観察は盲学校では困難なものが多い。その最も大きな理由は、一般学校の生物の授業では、顕微鏡による細胞レベルの観察が中心であるのに対して、盲学校では顕微鏡による観察が困難であることによる。

この問題に対しては、まだ、生物教育全体をカバーする対応ができていないわけではないが、青柳（1977）によって、中学部1年生の観察教材に関しては1970年代に基本的な考え方が示された。それは、中学1年生の生物の観察学習の目標

を自然界の多様性の理解であるにとらえ、顕微鏡による観察はその目標を達成するための手段であるという判断である。そこで、一般の中学校では顕微鏡によるミクロな生物の観察を主たる教材にし、マクロな生物は絵や写真で済まされている現状であるのに対し、盲学校では、触って観察できるマクロな生物（個体、器官）を主たる観察材料とし、ミクロな生物や細胞については、図版や模型で学習するという考え方である。この基本方針に沿って、植物の観察材料としては、木の葉が選ばれた。木の葉は、身近にある手に入りやすい観察材料であるだけでなく、植物の代表的な器官であり、多様性に富んだ多くの情報を持つ観察材料である。

しかし、盲生徒が初めから木の葉の観察を深めることができるわけではない。第7章（研究7）では、盲生徒が適切な助言のもとで観察体験を積み上げることによって、観察力が育っていく過程が明らかにされた。このように、生徒の主体性を尊重しつつ、観察の観点に気づかせていく系統的な指導によって、観察力は育てられて行くものであると考えられる。

### 3. 一般の実験器具の活用と改良、盲人用実験器具の開発のありかた

盲学校で使う実験器具は、一般の実験器具を工夫してそのまま使うもの、一般の実験器具に部分的な改造をして使うもの、盲人用の特別な器具を使うものの三つに分類することができる。この中で、最も多いのが、一般の器具をそのまま使う場合で、実験器具のほとんどがこれにあたる。一般の器具に部分的な改造をする例としては、試験管立ての転倒防止のために底に板を張って底部の面積を大きくしたり、バネはかりの目盛りを触って分かる凸目盛りに付け替えたりするなど、わずかな修正を加えたものがほとんどである。盲人用の特別な器具としては、盲人用電流計、盲人用電圧計、盲人用温度計などの測定機器、および感光器がある。しかし、盲人用測定機器は、一般の測定機器の表示が触覚化、あるいは聴覚化されたものであるから、本当の意味で、盲人用に特別に開発された実験機器は感光器だけであると言える。1960年代の初めに世界各地で作られた感光器は、光の明暗を音の高低に変える感覚代行機器である。感光器が開発されたことにより、光の反射・屈折などの実験や、水溶液の色の変化の観察など、従来は盲生徒には困難とされていた多くの実験が可能になった。現在も盲学校の理科実験にはなく

てはならない実験器具となっている。

1960年代には多くの盲人用実験機器が作られた。これはアナログ式計器の表示を触覚化、聴覚化する改造を施したものである。しかし、改造部分のトラブルが多く、当初製作された機器が世に出ただけで、その後は製造が中止されてしまった。1980年代からは、デジタル計器に音響表示をつけた電流計や温度計が普及した。さらに、1990年代になって、一般のデジタル機器をパソコンで音声化することができるようになったため、一般のデジタル計器を活用する方向性が強くなっている。また、分注器（ディスペンサー）や定量ピペットなど、一般の機器の中に、盲生徒にも使えるものが多くなっている。これらの機器は、決まった操作をすることにより、目盛りを見ることなく一定量の液体を量ることができるものなので、操作法を習得することで、盲生徒にも使えるものである。第4章（研究4）では、このような一般の実験機器の変遷と盲学校の実験機器との関連を、中和滴定実験法について検討し、一般の機器を活用する利点を示した。

なお、デジタル機器のしくみはブラックボックスであるので、初歩の段階では、しくみの分かりやすいアナログ計器による測定の体験が必要である。そのための、実験機器の供給体制は不十分で、1960年代以来の課題が残されている。

#### 4. 実験の全体像の理解を進める指導

盲生徒が実験を始める前には、実験装置の全体像を理解し、実験の見通しを持つことが必要である。そこで、第2章（研究2）では、中学部で行う気体の発生実験について、実験を始める前に行う指導について検討した。その結果、盲生徒が、実験の全体像を把握して主体的に安全に実験を行うためには、実験の前に、実験装置の全体像を確認しておくこと、実験の手順を理解していること、実験操作の方法を習得していることなど、実験の空間的、時間的全体像の中に、自分自身の役割を位置付けて理解していることが必要であることが分かった。また、一つひとつ手に触れて得た情報をもとに実験装置の全体像を構築する作業には、相当の時間がかかることも明らかになった。特に気体の発生実験のように、化学変化そのものは短時間に進行するが、その短時間の中に、連続した機敏な操作を要求されるような実験の場合は、事前指導に、実験（化学反応）そのものよりも、多くの時間が必要であることが分かった。

第5章（研究5）では、生徒が学習内容の目標を理解し、主体的に実験を進めるための授業の構成について研究した。ここで、分析の対象にしたのは、高等部1年生がモルを理解し使いこなすための一連の授業である。この授業では、実験と講義を意識的に連携させて、実験結果をその場で整理し、整理した内容をまた次の実験へと関連させている。また、実験の目的を生徒に提示し、そのために用いる器具や方法を考えさせている。このような授業の繰り返しにより、生徒が実験の目的、方法、結果をつながりとして理解し、次の実験の予測をするなど、主体的な実験参加が可能になると考えられた。

第6章（研究6）で分析の対象にした化学卒業実験の記録からは、盲生徒が実験に先立ち、実験器具や薬品を、実験の手順に従い、作業のしやすさも考慮して、きちんと配列してから実験を始める様子が見られた。そのため、実験中に器具を探すこともなく、能率良く実験を進めることができていた。これは、本人が実験操作の手順を理解し、実験機の形や広さ、ガスバーナーや流しの配置を理解しているからこそできたことである。このように、実験環境の空間的全体像を把握し、実験操作の見通しを持って実験を始めることは、盲生徒の場合、特に大切なことであり、指導上、特に配慮すべきことであると考えられる。

## 5. 観察が困難な教材の取り扱い

### 1) 動物の観察

生きている動物の特徴は、動き回ることである。また、動物は、さまざまに姿勢を変える。したがって、生きている動物に触れることから、植物に触れた場合にはない、生命に触れる感動がある。その反面、触覚による生体の観察には限界が生じる。生体に代わる観察教材としては、剥製、骨格標本などがあり、それぞれに特徴がある。剥製からは体の大きさや毛並みの様子などの情報が得られるが、触ったときに感じる内部の触感は、詰め物の固い感触であって、実物の感触とは、ほど遠い。また、青柳（1977）は、アナグマの剥製を触って、海鳥だと答えた6年生の児童の事例を報告している。本児は両手を使って良い観察をしていたが、薬品で固めたアナグマの鼻端をくちばしだと思いこみ、海鳥だと判断したのである。この誤解を生じた原因の一つは、もちろん、本人が哺乳類と鳥類の形

について十分な知識を持っていなかったためであるが、盲児の観察教材としての剥製の欠点が露呈したと見ることもできる。生きている動物の鼻端は温かく湿っていて柔らかく、剥製の感触とはほど遠いものだからである。

また、第8章（研究8）で分析したように、高等部の生徒の剥製の観察においては、体の大きさ、前肢、後肢の指の数、尾の太さと長さ、毛並み、毛の柔らかさ、ひげの生え方、目のつきかたなど、多くの情報が剥製から得られているが、その動物の生き方に関する情報はほとんど得られていない。このことから、剥製は動物の生き方を考える教材としては限界があるが、立体図鑑としての利用価値が大きいものだと考えられる。

それに対して、骨格標本、特に哺乳動物の頭蓋（下顎骨を含む）は、見た目の異様さとは裏腹に、触覚的には生きている動物に近く、その動物が生きていたときの生活のしかたに関する情報が豊富である。ただし、骨格標本を詳細に観察するためには、系統的な観察の積み上げが必要である。第8章（研究8）では、中学部1年生の骨格標本を使った観察の授業について、系統的な指導によって生徒の観察力が深まる様子を分析した。盲児童・生徒にとっての動物の観察の困難さ、特にさまざまな動物のさまざまな形と生き方を理解する上での問題が解消されるには、まだまだ多くの問題を解決しなければならないが、骨格標本の観察は、中学部段階において、動物の体のしくみと生き方とを関連づけて実証的に考えるための教材としては、非常に優れたものであると言える。

## 2) 大きな対象の全体像の把握

林や森のような大きなものの全体像を把握することは、触覚による観察では非常に困難なことであり、従来ほとんど手がつけられてこなかった。第9章（研究9）では、高等部の生徒がグループで林の中を歩き回り、樹木、林床、土壌の観察を構造化し、林のイメージを作り上げていく過程を分析した。その結果、木の葉の観察から樹木の観察へと観察体験を積み上げてきた盲生徒は、その体験を広げて、林の全体像の認識ができると考えられた。

さらに、第9章（研究9）では、盲生徒が山の景観を把握する方法を実践的に検討した。盲生徒にとっての景観把握の試みは、本研究で分析した事例が報告されている唯一のものであり、限られた実践例ではあるが、一つの方向を示したも

のと考えることができる。

### Ⅲ 今後の課題

#### 1. 教師の専門性の継承

現在、我が国の盲学校の理科教育は、世界的に見ても高い水準にある。しかし、全国の盲学校をみると、大きな問題は、盲学校教師の専門性の継承である。

幸い、理科では、1980年に発足した日本視覚障害理科教育研究会が現在も活動を続けて、全国的な研究会が継続されている。また、1982年からは筑波大学公開講座として、視覚障害教育にたずさわる教師のための実験観察の研修講座が始まり、現在も続いている。また、1986年には、文部省において、「観察と実験の指導」が編集された。

しかし、このように、比較的活発に現職教育の活動が行われている理科ではあるが、全国の盲学校の全体的な専門性の低下と、その原因の一つでもある頻繁な教員の異動によって、決して楽観できない状況にある。

#### 2 通常の学校での盲児童・生徒の指導

将来の問題として、考えておかなければならないことは、通常の学校で盲児童・生徒が共に授業を受ける形態、いわゆる統合教育において、盲児童生徒の特性を考慮した教科教育をどう保障するかという問題である。統合教育か、盲学校教育かという問題には多様な側面があるが、大切なことは、盲児童・生徒がその感覚を生かしてのびのびと学習することである。本論の第1章から第9章で検討した授業例が示すように、盲生徒は触覚や聴覚によって一般の人が気づきにくい自然の現象をとらえることがある。また、それが、非常に本質的な発見であることもある。統合教育の中で、もし、盲生徒のこのような発見が授業に生かせるのなら、それは他の生徒にとっても有効なはずである。また、場合によっては、盲生徒が他の生徒とは異なる手段で実験することが他の生徒の刺激になることもあるであろう。大学での例であるが、1984年に国際基督教大学で盲生徒が化学実験を履修したとき共同実験者であった学生は、その経験を次のように書いている。

「通常、大学初年級の実験では、学生が実験そのものに不慣れなこともあって、データを揃えることのみ集中するなど、実験の本質、何を調べ、何を観察するのかがおざなりにされがちだと思われます。ところが、全盲学生と共同で実験を進める場合、どうしても実験の本質的な部分とぶつかってくるのです。たとえば、滴定などにおいては、色が変わる点さえわかればよいという実験態度以上のものが、電導度滴定などを通して得られたと思われるのです。共同実験者も共に、どうすれば盲学生が同等の実験ができるかを考えることによって、どこをどう調べれば何を知り、何を結論できるのかという、実験の最も大切なことを共有できるように思われるのです。」(梅本・田坂 1988)

高校までの段階では、ここまで考えることができる生徒は少ないかもしれないが、せめて教師にはこのような考え方をしてもらいたいものである。

本論文では、視覚障害児童・生徒、特に、盲児童・生徒が視覚の障害によって受ける実験・観察の困難をできるかぎり軽減して、一般の小・中・高等学校の教育課程に準拠した理科の学習をするための、教師の専門性の枠組みを検討した。この専門性は、盲学校の理科教育の中で、40年以上の年月をかけて形作られてきたものである。盲生徒が盲学校で教育を受けるにしても、一般の学校で教育を受けるにしても、ここに示された専門性の枠組みが必要である。盲生徒に、一般の生徒と同じ方法による実験・観察を行わせることは、それが視覚を前提にしている以上、困難であり、戦後の盲学校理科教育の出発点は、その困難さの認識から出発したことを忘れてはならないであろう。

新しい視覚障害教育の体制の中で、盲児童生徒の感覚を活用した実験観察、盲児童生徒が主体的に行動し学習するための配慮のある授業を、どのような場で、どのような形で引き継いでいくことができるのかが大きな課題である。

### 3 触覚による認知に関する基礎研究の必要性

第7章では、主として触覚によって観察する力を育てるという観点で、中学部1年生の盲生徒に対する、木の葉の観察の授業を分析した。その結果、系統的な指導によって、生徒の観察力が向上していく様子が明らかになった。したがって、実践的には盲児童生徒にとっての指導の効果は実証されていると言えるであろう。また、第1章で検討した、化学の基本操作の指導にしても、第2章で検討し



た実験の事前指導にしても、そのようなきめ細かい指導によって、盲生徒の実験遂行上の困難が軽減されていることは、明らかであろう。

しかし、体験を積み重ねるということで脳の中にどのような変化が起きるのか、指先から継時的に入る情報がどのようなプロセスでイメージ形成されるのか、また、初めての体験に時間がかかるわりには、2回目、3回目と回を重ねるにつれて、盲生徒の作業時間が著しく短縮されるのはなぜか、そのときには、大脳でどのような処理がされているのかなど、太脳生理学的なことは何も分かっていないのである。したがって、稀にはあるが、このような観察指導で効果が上がりにくい生徒がいるときに、どこに問題があるのか、どのような指導が必要なのが現段階では見えてこないのである。

今後、触覚による認知の過程が大脳生理学などとの提携で明らかにされていくことが、指導法の進歩のためにも必要であると思われる。

文献

- 阿部治・中山和彦(1983)アメリカにおける障害児に対する理科教育の動向. 日本理科教育学会研究紀要, 24(2),37-45.
- American Association for the Advancement of Science (1995) Resource Directory of Scientists and Engineers with Disabilities.
- 青柳昌宏 (1971) 盲学校高等部における全盲生向け生物実験の開発. 科学の実験, 22(11), 69-75.
- 青柳昌宏 (1977) 盲生徒に対する生物(動物・植物)の観察指導について(1). 生物教育, 18(2), 10-16.
- 青柳昌宏 (1977) 盲生徒に対する生物(動物・植物)の観察指導について(2). 生物教育, 18(3), 12-18.
- 青柳昌宏 (1981) 触察の世界—毛皮より骨格を—. アニマ(平凡社), 99, 66-70.
- 青柳昌宏 (1984) 森のしくみを調べる. 自然観察ハンドブック, 102-104.
- 青柳昌宏・中川志郎 (1983) (対談) 動物たちから何を学ぶか—発見の場としての動物園. どうぶつと動物園, 35(6), 4-9.
- 青柳昌宏・鳥山由子(1985)盲生徒用「木の葉の検索表」の試作. 日本視覚障害理科教育研究会会報, 4, 13-14.
- Baugman, J. and Zollman, D. (1977) Physics Labs for the Blind. Physics Teacher, September 339-342.
- Center for Multisensory Learning (1981) Introducing SAVI / SELPH, 1-4.
- Center for Multisensory Learning (1984) CML Newsletter. Fall 1984, 1-6.
- Center for Multisensory Learning (1986) CML Newsletter. Fall 1986, 1-8.
- Crosby, G.A. (1981) Chemistry and the Visually Handicapped. Journal of Chemical Education, 58(3) 206-208.
- 遠藤悟朗 (1977) 動物教材の種類と留意点. 採集と飼育, 39(11), 402-403.
- 遠藤悟朗・祖谷勝紀・中村好信 (1977) 上野動物園サマースクール盲児クラスの概況. 採集と飼育, 39(11), 396-399.
- Faculty of Education, University of Birmingham (1981) Distance Teaching Programme for Teachers of the Visually Handicapped. unit 8.
- H 古川路明 (1997) 大学入学試験に見る工夫(その2)面接入試への化学実験導入の試み—名古屋大学理学部における経験から. 化学と教育, 45(2), 100-102.
- H 林良重 (1953) 盲学校における生徒実験について. 化学教育シンポジウム第2集, 19-22.
- 林良重 (1954) 生徒実験を効果的に行わせる一方途. 化学教育シンポジウム第7集, 12-14.
- 林良重 (1965) 盲学校の理科実験機器. 化学教育, 13(1), 96-98.
- 林良重 (1967) 盲学校の化学実験の指導. 東京教育大学教育学部附属盲学校研究紀要, 1, 9-16.
- 林良重 (1970) 盲学校における実験化学機器および実験法の研究. 第1回東レ理科教育賞受賞作品集, 52-55.
- 林良重 (1977) 盲学校理科教育の変遷と将来像. 東京教育大学附属盲学校研究紀要, 11, 42-47.
- 堀 浩 (1977) 横浜野毛山動物園による巡回動物園の概況.. 採集と飼育, 39(11), 400-401.
- 石崎喜治 (1993) 盲学校の物理実験. 数学セミナー, 9月号, 82-86.

- 石崎喜治(1993)目に見えない音の世界. 数学セミナー, 10月号, 84-88.
- 石崎喜治(1996)気柱の共鳴実験. 物理教育, 44(1),63-68
- 石崎喜治(1999)雨どいを使った波動の導入実験. 東レ理科教育賞受賞作品集, 11-14
- 伊藤龍男・平井キヨ (1977) 動物教材に対する盲児童・生徒の反応. 採集と飼育, 39(11), 404-407.
- 岩手県立盲学校 (1957) 盲学校における理科実験観察指導報告.
- 岩手県立盲学校 (1958) (続) 盲学校における理科実験観察指導報告.
- 香川洋二 (1981) 視覚障害者むけの録音テープ制作と動物園教育. 博物館研究, 10-15.
- 上浦孝雄 (1977) 盲児が動物を観察する過程の指導記録. 採集と飼育, 39(11),408-410.
- 葛西宣宏 (1999) 子ども動物園における障害児指導について. ユニバーサル・ミュージアムをめざして—視覚障害者と博物館—, 神奈川県立生命の星・地球博物館開館三周年記念論集, 23-29.
- 関東地区盲教育研究会 (1960) 理科教育研究会会誌, No.1.
- 国際基督教大学編 (1986) I C Uにおける一盲学生の物理実験・化学実験履修の記録.
- Lawrence Hall of Science(1977) Science Activities for the Visually Impaired.
- Lunney,D.and Morrison,R. (1981)High Technology Laboratory Aids for Visually Handicapped Chemistry Students.Journal of Chemical Education,58(3),228-231.
- Minett,S.(1997) Science. Visual Impairment, David Fulton Publishers,236-243.
- 盲学校理科教育研究会 (1953) 盲学校高等部用化学 I , II .
- 文部省 (1957) 盲学校小学部・中学部学習指導要領一般編.
- 文部省 (1964) 盲学校学習指導要領小学部編.
- 文部省 (1964) 盲学校学習指導要領小学部編解説.
- 文部省 (1965) 盲学校学習指導要領中学部編.
- 文部省 (1965) 盲学校学習指導要領中学部編解説.
- 文部省 (1966) 盲学校学習指導要領高等部編.
- 文部省 (1966) 盲学校学習指導要領高等部編解説.
- 文部省 (1967) 盲学校理科 実験と観察 盲児童生徒編.
- 文部省 (1986) 観察と実験の指導. 慶應通信.
- 文部省 (1992) 特殊教育諸学校学習指導要領解説—盲学校編—. 海文堂出版.
- 文部省中等教育課監修 (1966) 改訂理科教育設備基準とその解説.
- 中村憲三他 (新潟県立高田盲学校) (1959) 盲学校における理科教育. 講座小学校現場の理科教育 3 学習指導, 春秋社, 91-114.
- 中田和元 (1977) 盲学校における動物教材の意義. 採集と飼育, 39(11),395.
- 日本自然保護協会 (1994) 座談会・目の不自由な人はどのように自然を理解しているか. ネイチュア・フィーリング, 平凡社,15-37.
- 奥野花代子(1999) 博物館における視覚障害者への対応について—全国の主な博物館園のアンケート調査結果及び当館の事例—. ユニバーサル・ミュージアムをめざして—視覚障害者と博物館—, 神奈川県立生命の星・地球博物館開館三周年記念論集,15-21.
- 大庭景利・野村益盛 (1959) 盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第一報). 高知大学学術研究報告, 8(15),1-9.

- 大庭景利・野村益盛 (1960) 盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第二報). 高知大学教育学部研究報告, 12,45-50.
- 大庭景利・野村益盛 (1960) 盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第三報). 高知大学学術研究報告, 9(4),25-33.
- 大庭景利 (1961) 盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第五報). 高知大学学術研究報告, 10(1),1-11.
- 大庭景利 (1961) 盲学校における理科教育に関する研究 (その3). 理科の教育, 105,52-53.
- 大庭景利 (1962) 盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第六報). 高知大学教育学部研究報告, 14,19-26.
- 大庭景利 (1962) 盲学校に於ける理科学習指導に関する研究 (第七報). 高知大学学術研究報告, 11(2),9-16.
- 大川吉昭 (1982) 盲学校の物理実験について. 盲学校理科実験観察教材教具の開発 (昭和55・56年度化学研究費研究成果報告書・代表者林良重), 12-18.
- 大川原潔 (1985) 盲学校における理科教育の変遷. 筑波大学学校教育部視覚障害教育研究室. (パンフレット)
- 大川原潔 (1990) 特殊教育における指導法の変遷. 特殊教育の発展とその経緯, 第一法規.
- 大島文義 (1962) 視覚と理科指導との関係—特に盲学校における物理教材の扱いについて—. 初等教育資料, 150,36-44.
- 佐藤信雄 (1972) 盲学校における理科教育の現状と全盲生の実験・観察等について. (パンフレット)
- 佐藤信雄 (1973) 盲人用ビュレット, 比色・比濁器の製作とその活用. 第5回東レ理科教育賞受賞作品集.
- SAVI / SELPH, Center for Multisensory Learning (1981) Swingers, Scientific Reasoning Module.
- Science Activities for the Visually Impaired (1979) Introducing SAVI. 1-11.
- 白石振作他編著 (1998) 新訂化学 I B. 大日本図書.
- Smith,D.(1981) Teaching Aids for Visually Handicapped Students in Introductory Chemistry Courses.Journal of Chemical Education,58(3),226-227.
- Stuwart,T. (1980) Getting a Feel for Physics .The PhysicsTeacher , April,291-293.
- 武井洋子 (1996) 生徒による植物の検索表の作成. 日本視覚障害理科教育研究会会報, 15, 35-42.
- 田坂興亜(1988)アメリカにおける視覚障害者の化学教育. 化学と教育, 36(4),360-361.
- 田中実校注 (1975) 宇田川熔庵 舎密開宗 復刻と現代語訳. 講談社.
- Tallman,D.E. (1978) A pH Titration Apparatus for the Blind. Journal of Chemical Education,55(9), 605-606.
- The American Chemical Society Committee on the Handicapped(1981) Teaching Chemistry to Physical Handicapped Student.
- The American Chemical Society Committee on Chemists with Disabilities(1996) Resources Working Chemists with Disabilities.<http://www.acs.org/memgen/workchem/resource.htm>

- Tombaugh,D. (1981) Chemistry and the Visually Impaired. Journal of Chemical Education,58 (3),222-226.
- 鳥山由子 (1970) 全盲生の化学実験の基礎的技術の指導について. 愛知県立岡崎盲学校職員研修会資料
- 鳥山由子 (1971) 全盲生の理科実験. 東海盲教育, 10,33-37.
- 鳥山由子 (1973) 全盲生の化学実験指導. 教育愛知, 21,50-56.
- 鳥山由子 (1975) 全盲生が化学実験をおこなうための基礎的技術の指導について. 東海盲教育, 14,22-25.
- 鳥山由子 (1980) 中学校における化学史教材の取り扱いについて. 化学史研究, 14.
- 鳥山由子 (1982) 化学史教材を使った中学校での授業例. 化学教育,30, 3,203.
- 鳥山由子 (1982) 高等部1年夏期学校について. 筑波大学附属盲学校研究紀要,15,21-27.
- 鳥山由子 (1985) 耳をすまして感覚で知る自然, 婦人の友, 79,7,92-96.
- 鳥山由子 (1986) 英国, ウースター盲学校の理科教育. 筑波大学附属盲学校研究紀要, 19, 67-72.
- 鳥山由子 (1988) 実験を中心とした盲学校の化学教育. 化学と教育, 36(4),356-359.
- 鳥山由子 (1988) 盲学生の中和滴定実験一日、米、西独における実験方法一. 化学と教育, 36(1),36.
- 鳥山由子 (1990) 盲生徒が一人で行うことができる中和滴定実験. 筑波大学附属盲学校研究紀要, 23,21-26.
- 鳥山由子 (1990) 実験を中心とした授業に対応する評価の工夫ー化学面接テストについてー. 関東地区視覚障害教育研究大会理科分科会発表資料.
- 鳥山由子 (1994) 実験を中心とした化学の授業. 筑波大学附属盲学校研究紀要, 26, 5-12.
- 鳥山由子 (1995) 化学実験を始める前の指導について. 筑波大学附属盲学校研究紀要, 27,31-37.
- 鳥山由子 (1995) 化学実験モジュールの作成 (6) 酸・塩基の実験. 日本視覚障害理科教育研究会会報, 13,14 合併号, 17-28.
- 鳥山由子 (1996) 骨格標本を活用した盲学校の生物の授業.. モンキー, 273,13-17.
- 鳥山由子 (1997) 実験を中心とした物質量の学習. 日本視覚障害理科教育研究会会報, 16, 14-18.
- 鳥山由子 (1998) 筑波大学附属盲学校高等部卒業生浦野盛光の化学履修に関する意見書. 1-10.(進学希望大学に提出した文書)
- 鳥山由子 (1999) 盲生徒に対する自然観察の指導ー木の葉の観察から山の景観把握までー. 心身障害学研究, 23, 63-79.
- 鳥山由子 (2000) 視覚障害児童・生徒に対する動物の観察指導に関する一研究ー哺乳類を中心としてー. 心身障害学研究, 24,137-158.
- 津田栄 (1956) 私の歩んできた理科教育の道. (パンフレット)
- 津田栄 (有川寛・林良重編) (1982) 私の歩んできた理科教育の道. 大日本図書.
- 内田ハチ・細川浩子 (1961) 理科教育活動にあずかる感覚の一考察 ー教材例ー岩石. (原雑誌名不明抜き刷り) 28-39.

梅本公子・田坂興亜(1988)盲学生を迎えての「基礎科学実験 I」国際基督教大学の場合.  
化学と教育, 36(4),346-349.

Weens,B.(1977) A phisical Science Course for the Visually Impaired. The Physics Teacher,  
September,333-338.

Wexler,A. (1961) Experimental Science for the Blind. Pergamon Press.

Worcester College (1970) The Teaching of Science and Mathematics to the Blind (with Section  
on Raised Diagrams). Report to the Viscount Nuffield auxiliary Fund.

吉野輝雄(1988)西ドイツの盲人教育の現状. 化学と教育, 36(4),361-362.

## 謝 辞

本論文をまとめるに当たり、愛知県立岡崎盲学校および筑波大学附属盲学校に私が在職しておりましたときの、教え子の皆様に感謝いたします。盲学校の理科教育についてまとめておきたいという思いは、皆様とともに過ごした実験や観察の時間を再現して、多くの方に、盲学校の生徒が豊かに自然をとらえ、生き生きと理科の学習をしている様子を知ってもらいたいという気持ちから芽生えたように思います。盲学校での授業記録を読み返し、まとめていく作業は、私にとって、とても幸せなものでした。

また、同時に、1950年代から、多くの先人によって、現在の盲学校の理科教育が作られてきたことも、文献を読む中で再認識いたしました。特に、私自身の身近な先輩であった、林良重先生、青柳昌宏先生の書かれたものは、現在にも通じる先見性があり、良い先輩の近くで学べた幸運を思いました。お二人とも相次いで故人となってしまわれましたが、あらためて感謝申し上げます。

このように、盲学校の理科教育をまとめたいという思いはありましたが、長いあいだ盲学校の教師であった私は、論文をまとめる方法に慣れていませんでした。ですから、筑波大学心身障害学系の先生方の励ましと、ご指導がなければ、このような論文をまとめることは難しいことでした。多くの先生方から、ご意見や励ましの言葉をいただき、感謝しております。特に、お忙しい時間を割いてご指導いただいた、香川邦生教授、中村満紀男教授、斉藤佐和教授、四日市章助教授、河内清彦助教授には、心より御礼申し上げます。

## 正誤表

| 頁・行        | 誤                    | 正                                 |
|------------|----------------------|-----------------------------------|
| 20 頁 9 行   | 機会・器具                | 機械・器具                             |
| 105 頁 3 行  | 毎週 1 回               | 毎週 2 回                            |
| 105 頁 4 行  | 8 回 (8 週間)           | 8 回 (4 週間)                        |
| 129 頁 19 行 | 目的とし                 | 目的としている。                          |
| 139 頁 25 行 | N a O H              | 2 N a O H                         |
| 139 頁 27 行 | N a C O <sub>3</sub> | N a <sub>2</sub> C O <sub>3</sub> |

## 文献追記

232 頁

Liese,W. und Fa bender,R. (1986) Gro er Fortschritt im naturwissenschaftlichen Unterricht der Carl-Strehl-Schule : Computer schafft deutliche Erleichterung beim Erfassen und Auswerten von Me daten. Horus, (3),108-111

233 頁

Seils,Jr.,C.A.,Meyer,R.J. and Larsen,R.P.(1963) Amperometric Titration of Plutonium (VI) with Iron (II) . Analytical Chemistry ,1673