

上肢障害を有する児童生徒の操作による 観察, 実験のための器具開発に関する基礎的研究

小山 信博

I. 本研究の目的

肢体不自由特別支援学校における理科授業において、観察、実験の学習活動が重視されることは、小学校、中学校、高等学校と変わらない。

加えて、阪本（1933）によって『光明学校紀要（第二輯）』において「不具者の心理発達」に抄訳が紹介されたように、肢体不自由教育ではその草創期から、経験不足とそれを補うために、直接に体験することの重要性が指摘されてきた。そこで、自然の事物・現象を対象とする理科の指導において、経験不足の補充のために、観察、実験の機会を十分に確保することは、肢体不自由児への理科教育の中心的なテーマであった（例えば、東京都立江戸川養護学校, 1962; 橋本, 1963; 藤田, 1963 など）。

しかしながら、肢体不自由児の理科学習においては、上肢の操作性の困難が、観察、実験の学習活動において著しい学習上の困難として現れる。上肢の操作性の実態は、まったく不自由のない（下肢にのみ障害がある）児童生徒もいれば、麻痺、緊張、弛緩、変形、拘縮、欠損などにより多様な状態像で動作に困難のある児童生徒、不随意運動が見られる児童生徒、完全に上肢の動作が不可能な児童生徒などさまざまである。

したがって、観察、実験の重要性が唱えられる一方で、その指導の困難さも広く認識されてきた（例えば、文部省, 1963; 文部省, 1965 など）。

この指導上の困難を解決するために、観察、実験の方法の工夫（長野県教育委員会・長野県特殊教育研究協議会, 1963; 文部省, 1965 など）や障害に応じた実験器具の工夫（千葉県立桜が丘養護学校, 1966; 文部省, 1967 など）の必要性が唱えられたが、他方で「不可能なものもある」との見解から、視聴覚教材の活用によって経験を補う必要性（文部省, 1965; 福岡県立養護学校, 1966 など）についてもあわせて示されてきた。

このようななか、文部省は1966年度から1967年度にかけて、「小学部、中学部における教育課程の編成とくに理科、算数（数学）の学習指導について」という研究課題で、徳島県立養護学校を特殊教育教育課程研究指定校に指定した。この成果は、『算数・数学・理科の教育課程の研究』（徳島県立養護学校, 1968）にまとめられた。この研究では、実験・観察・製作等に必要と思われる技能を取り上げ分類・整理し、次に在籍児童の技能を調査

した。この結果から、特に上肢障害をもつ児童の実験・観察には問題点が多いことを見出し、理科学習における実験・観察を容易にするための教具の開発が行われた。

この徳島県立養護学校（1968）の報告ののち、観察、実験のための教具あるいは補助具の開発が急速に発展し、報告されていった（愛知県立岡崎養護学校, 1973; 安河内, 1974; 谷口, 1979; 谷口, 1980）。

本研究では、肢体不自由教育において観察、実験の指導について報告された先行研究を概観し、これらの検討を「安全への配慮」と「実験器具の開発」の2つの側面から整理する。対象とする期間は、1956年（公立養護学校整備特別措置法の施行）から1979年（養護学校教育の義務性実施）までとした。この時期は、肢体不自由養護学校に知的な遅れのないあるいは軽度な肢体不自由児が比較的多く在籍していた時期であり、小中高等学校に準ずる理科の授業が行われていたと考えられるためである（小山, 2009）。

また、それをふまえて現行の学習指導要領に基づく教科書より基礎的な器具操作を取り上げ、観察、実験の指導における配慮や器具の工夫について、今後の検討が必要な課題を整理する。

II. 観察、実験の指導についての検討過程

1. 安全に配慮した観察、実験の指導法

肢体不自由養護学校におけるはじめての学習指導要領『養護学校小学部学習指導要領 肢体不自由教育編』（文部省, 1963）が通達されると、「実験の指導は困難を伴いやすいが、その方法をくふうし、できるだけその機会を多く与えることが必要である。この場合、危険予防について万全を期することが必要である」と示された。

これに解説を加えた藤田（1963）は、「これは肢体不自由者の理科教育に於いて、最も困難な事項の一つであって、いかなる実験もその成果を期待することは、なかなか至難なことである。特に脳性マヒの者の場合は、実験の種類によっては不可能といってよいものもある」と述べた。

このように肢体不自由児に対する観察、実験の指導については、その重要性和危険性の矛盾が早くから意識されていた。

危険性に対する具体的な配慮については、まず、文部

省（1965）『養護学校小学部，中学部学習指導要領 肢体不自由教育編解説』において，小学部について「実験にあたっては不注意な動作，好奇心による行動，扱い方を理解しないで操作することなどから，けがをすることがあるので，安全についてじゅうぶんな留意をすることがある」，中学部について「障害のために計量器，実験機械器具，薬品，材料など使ったり，分析その他の操作などに技術的能力を求めることが無理な場合が多い。したがってその方法についてはよく研究くふうし，危険防止の見地から，使用する機械器具，材料などを適切に選び，その取扱いにもじゅうぶん注意して，実験観察の目的で達せられるように留意することが必要である」と示された。

また，安全への配慮は，あくまで生徒実験を実施する中で安全性を担保しようとするか，教師実験とするかによって対応が異なった。

徳島県立養護学校（1968）では，「上肢障害児が多く，実験には危険が大いにはらんでいるが，教師実験に終わらず，グループ実験により助け合いながらガラス器具，加熱器具の正しい扱いにもなれさせ，化学実験操作の基礎的なものを理解させたい」と述べられ，グループ実験による解決を指向した。この考えに基づき，小学3年生にマッチやアルコールランプを使用する授業が行われたが，授業後には「現象をこまかく見て事実としてとらえることにも困難な子どもが多いということである。個々の子どもが実験の中で十分生かすことができず，いつも傍観者となることである」と述べられたように，グループ実験による解決も，実験への認識的，主体的なかわりという点で配慮が必要と考えられた。

他方，千葉県立桜ヶ丘養護学校（1966）では，「実験学習を教師実験と生徒実験とし可能な限界をはっきりおさえ，実験をすすめ障害による危険度と能率化より考慮をする」と述べられ，実験の困難な場合は，教師実験により安全を担保する必要性が示された。

このように教師実験が積極的に考えられる場合ばかりでなく，「実験・観察で一番困るのは全員にやってもらいたいが，障害のためにどうしてもできない。しかし，できないながらも何とか参加させてやりたいと思う。危険な実験，ガラス器具を使うときはどうしても児童にさせることをちゅうちょし，演示実験になりがちである」（尼崎市立尼崎養護学校，1968）というように，操作性の困難さを有する児童生徒の観察，実験においては，仕方なく教師実験に頼る様子も見られた。

また，教師実験においても，安全な実施には肢体不自由児ならではの配慮が必要と考えられた。

滝山（1970）は，「器具・機械等の取扱いに特別な配慮をすること」として，「重症児にその障害に合わせてとりあつかわせることのできるような器具等を工夫することもよいが，まず現在あるものを利用させることを考え

ることが先であろう。肢体不自由児では，自身で取扱うことができない場合が多いが，教師側で使用してそれを観察させるという方法をとる際でもいろいろな留意点がある」とした。具体的には，以下の5点にまとめられた。

- 生物の観察教材等においては，すぐ目の前へもってくることができるようになるとか，そばへ移動観察できるようなことを考慮することが必要である。例えば，栽培・飼育場所等はなるべく校舎に近く，車いす等でも自由にそばへいかれるようなところへ設備するとか，花だん・水そうなど車いすの高さにするとかの工夫である。
- 温度計その他計器類をよみとる場合なども，車いすにこしかけたままでも見られるような配慮が必要である。
- 虫めがね・顕微鏡・望遠鏡等での観察もC・P児（cerebral palsy：脳性まひ—小山註）では，けいれん，つっぱり等で，教師・介助員で補助をしなければならぬ。特に顕微鏡・望遠鏡は，操作だけではなく，のぞいてみさせるだけでもいろいろと苦心がいる。例えば望遠鏡をのぞかせるにも，からだをだきかけ，頭をおさえたりしてやらなければならないため，小学生でも6年生になると2人がかりで介助しなければならない場合がある。
- 物理実験・化学実験の際は，教師側で示してやるか，あるいはグループでごとに原文ママ手のきく児童生徒にさせるのをみせるようにする。その際，刃物，火気等を使用するもの，薬品類などには，特に注意する。ガラス器具も破損するが多いが，特にけがの予防には非常な神経を使わなければならない。例えば，児童・生徒の中には，さわったり，もって見たがるものが多いが，そういう時には普通児では考えられないようなことのおこる場合がある。C・P児では，指先の力の調節が思うようにいかないので，手をよく補助してやらないと，おとしたり，ぶついたりする他，試験管・ビーカーなどはにぎりつぶしたりして手にけがをしてしまう場合がよくある。又，不随意運動のため，思わぬ方へ手足が動き危険なこともよくある。
- 標本類をはじめ，破損しやすい教材は，さわらせてりする場合，常にそばで注意していなければいけない。例えば，人体骨格模型などはばらばらにすることがよくある。又，鉋物標本等は足などの上へ落としたりしないよう気をつける必要がある。

しかしこの後，滝山（1970）の主張とは逆に，安全性を高める教具，観察，実験器具や補助具の開発が行われ，蓄積されていった。これは，グループ実験や一部を教師実験にすることによる安全性の確保に対し，あくまで生

表1 実験、観察、製作等の技能の系統における操作する技能「化学器具の使用」

	1年	2年	3年	4年	5年	6年
試験管			もち方がわかる	ふり方がわかる	はげしくふる	
			液をとる	試験管から試験管に液をとる	固体、液体を加熱する	
スポイト			少量の液をとる		1滴がおとせる	
ビーカー			使用する	薬品をとかす		
コップ		ビーカーにかわるうつわとして使用する				
シャーレ						使用する
ガラス棒(はし)			液をかき混ぜる(はし)			
固体のとかし方			かきまぜてとかす		はげしくふってとかす	
かきまぜ方			はしを使用する		ガラス棒を使用	
においのかぎ方				あおいでかく		
ガラス器具の洗浄			水荒い		ブラシを使用する	
ろか	ふきんに入れてしぼる		ぬのこしができる	ろ紙が使える		

徒一人ひとりが自らの操作で結果を得られる児童生徒実験が指向されたためと考えられる。これに加え、1970年代前半を最後に、ポリオや結核性骨関節疾患などを起因疾患とする肢体不自由児が激減し、肢体不自由養護学校に在籍する児童生徒の中心が脳性まひ児になっていった(小山, 2014)。そこで、授業において児童生徒実験を取り入れるならば、実験器具をそのまま使用することが困難となっていたことが推察される。

2. 上肢障害に対応した実験器具の開発

(1) 算数・数学・理科の教育過程の研究(徳島県立養護学校, 1968)

肢体不自由児の観察、実験の指導において、はじめて特別の器具を工夫した実践を報告した徳島県立養護学校(1968)では、「実験、観察、製作等の技能の系統」を明らかにした上で、「理科学習における技能の実態調査」を実施した。このうち、「化学器具の使用」としてまとめられたものを表1に示す。この調査をふまえ、肢体不自由児の理科学習における実験・観察を少しでも容易にするため、教具の工夫を行った。しかしながら、「本校は開校5年を迎えるが、一般の小・中学校と比べると歴史も浅く、理科学習の教具も十分でない」と述べられたとおり、開発された教具は、肢体不自由に応じたものというよりは、一般的に理科教育を充実させるための側面が強かった。とはいえ、ゴム風船から噴出される空気を用い

て動く船の製作では、市販セットが紙製であるため、「上肢障害のあるものは小さなりしろをはりあわせたり車を取りつけるなど、むずかしい」と指摘されており、教具の開発においては、上肢操作の難しさが意識されている。むしろこの研究では、開発された教具そのものよりも、「実験観察に肢体障害児に適したものの工夫が必要である」といったことが課題として意識され、報告されたことに意義がある。

この成果を受けて、『養護学校小学部・中学部学習指導要領』(文部省, 1971)が告示されると、小学部理科について「物質とエネルギー」の事項のうち、実験の指導に当たっては、児童の肢(し)体不自由の状態に応じた器材・器具の改良やその取り扱いについてくふうすることが必要である、中学部理科について「実験・観察の指導に当たっては、生徒の肢(し)体不自由の状態に応じたくふうや配慮をすることが必要であり、特に機械・器具の使用に際しては、危険の防止にじゅうぶん留意しなければならない」と示された。また、『養護学校高等部学習指導要領』(文部省, 1972)においても、実験、観察について、文部省(1971)の中学部と同様のことが示された。これ以後、肢体不自由の状態に応じた器具の工夫は、肢体不自由養護学校における理科教育研究の課題として広く認識されたと考えられる。

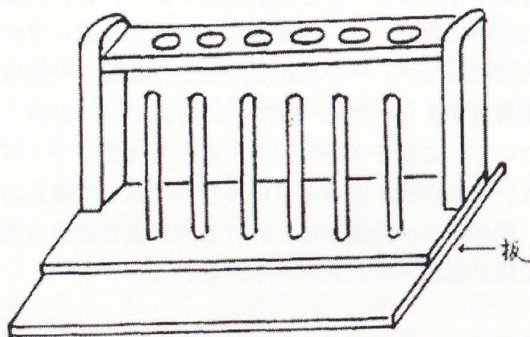
(2) 精神遅滞をあわせもつ児童・生徒の理科指導計画—化学授業—(愛知県立岡崎養護学校,

1973)

愛知県立岡崎養護学校(1973)では、肢体不自由児の化学実験について明確な方針を示して、器具の工夫が行われた。まず、以下の15の「基本的実験操作能力」について、中学部58名、高等部43名を対象に実態調査が行われた。

- ① アルコールランプに火をつける。(目と手の協応動作)
- ② 試験管を試験管立てに立てる。(目と手の協応動作)
- ③ ガラス棒に液体を伝わらせる。(目と手の協応動作)
- ④ ピンセットでものをはさむ。(目と手の協応動作)
- ⑤ メスシリンダーで液量を測定する。(目と手の協応動作)
- ⑥ 温度計の目盛りを読む。(目と手の協応動作)
- ⑦ 顕微鏡をのぞく。(目と手の協応動作)
- ⑧ ルーペを使ってものを見る。(目と手の協応動作)
- ⑨ 試験管を振る。(手腕の運動)
- ⑩ ガラス棒でかきまぜる。(手腕の運動)
- ⑪ 薬品をスプーンでびんからとり出す。(手腕の運動)
- ⑫ 試験管・ビーカーなどを洗う。(手腕の運動)
- ⑬ 試験管に試験管ばさみをはめる。(指の力の運動)
- ⑭ びんの栓をあけたり、しめたりする。(指の力の運動)
- ⑮ 試験管内の薬品のおおいをかぐ。(鼻と手の協応動作)

結果からは、「実験場面で、目と手の協応動作による「こまかい操作ができない」生徒が一番多いことがわかる」、「これらは脳性まひによる障害が原因である。実験の操作場面では、この面での配慮が必要である」とされた。また、「同じ実験場面で「動作が鈍く、遅い」ことを感じる。普通の生徒のようにてきぱきやれないのである。障害が重ければ重いほど遅いのである。その原因として考えられることは、今まであまり実験をやってこなかったので早くやれない、緊張してしまうので思うように手が動かない、片手でやるために思うようにやれない」と考察された。



愛知県立岡崎養護学校(1973)より転載
図1 試験管立て

この結果をふまえ、以下の「脳性まひ児のための器具の工夫の基本的な考え方」が提出された。

- ・実験が安全でしかもできるだけ正確にできる
- ・片手でできる
- ・使いやすく能率的である

この基本的な考えを具体化し、以下の方針が示された。

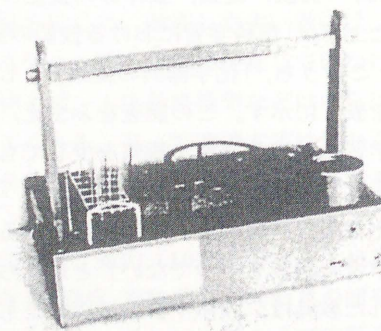
- a. ポリエチレン等の合成樹脂製品の導入(→こわれにくい)
- b. 器具の安定をよくする
- c. やや大型のものを使う
- d. 手をつけて持ちやすくする
- e. 目盛りの見やすいものを使う
- f. 天びんの分銅を手で使う。
- g. ワンタッチ式器具

この方針に基づき、例えば、試験管立て「普通の試験管立ての底に、少し大きめの板を打ち付けておくと簡単に倒れることがなく安全に使用できる」(図1)や、生徒用簡易実験箱「持ちやすい柄をつけたので松葉杖使用者、脳性まひでかなり重度のものでも十分持ち運びができる」(図2)などが紹介された。

(3) 肢体不自由養護学校における理科実験器具の改善(安河内, 1973)

安河内(1973)は、従来、理科教具開発が行われてこなかった理由の1つとして「生徒の肢体不自由の状態が多様であり、たとえ、ひとりの生徒に合う教具を開発したとしても、しよせんその生徒だけのものであって、他の生徒に利用できるという転移性がない」ことを述べた。

しかしながら、「ある程度のパターンの中で共用可能」、「肢体不自由児のうち、とくに障害が実験・観察に支障を来すのは、CP児」との考えから、「問題となるのは上肢であり、この上肢がまったくあるいはほとんど使用不能の場合、下肢がどの程度の代償作用が可能であるかなどが分類の基準となる」とし、理科の学習目的を達する



愛知県立岡崎養護学校(1973)より転載
図2 生徒用簡易実験箱

表2 理科の学習のための機能的分類

安河内 (1973) より転載

上肢 (それぞれ左右について)	上肢が使えないものについて
1. ものが握れるか否か。 2. ものを握って移動させることができるか否か。 3. 親指が使えるか否か。 4. いずれかの指で、押しボタンが押せるか否か。 0. 手が大きくゆれるか否か。	1. 足の指でもものが握れるか否か。 2. 足の指でものを握って移動させることができるか否か。(小範囲) 3. 足の指で、押しボタンが押せるか否か。 0. 足先が大きくゆれるか否か。

面から機能的立場からの分類を表2のように整理した。これに対し、「いちおうの理科実験・観察の実施が可能」であるために必要な基本操作を、肢体不自由教育の立場から以下のように提案した。

- A. ものさしをあてて、ものの長さを測定する。
- B. 液量計を使用して、液量を測り取る。
- C. マッチをすって、安全に点火する。
- D. アルコールランプを使用する。
- E. 試験管に薬品や液を入れる。
- F. ビーカーに薬品や液を入れる。
- G. 小さな物体を静かに移動できる。
- H. 物体を静かに移動できる。
- I. 顕微鏡のピントを合わせる。
- J. 顕微鏡ののせ台にプレパラートをのせ、クリップでとめる。

これをふまえ、「以上のことができないとするならば、何らかの方法をもって代理させることを考えればよい」とした。また、A～Jのひとつひとつについて、表2の「生徒の様態に対してどのように操作上の無理があるかを検討すれば、改善すべきことがら明瞭になってくる」と考え、「液量調節器」(図3)、「安全試験管立て」(図4)などの器具が開発された。

他方、表2をふまえ、「CP児のすべてに、必ず何らかの障害が存在すると考えなければならない。そのような場合、理科実験・観察の基本操作として考える程度の処理が可能であったとしても、総合的には実験・観察の実施にあたってはかなりの不安が残る。とくに、「G. 小

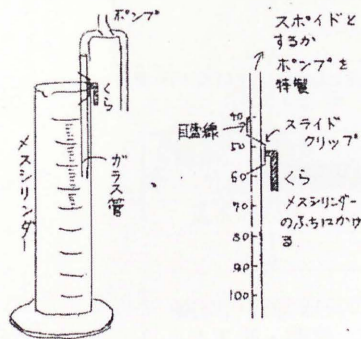
な物体を静かに保持できる」「H. 物体を静かに移動できる」の2項目については、ほとんど不可能状態になることが考えられる。ところが、理科実験・観察の実際問題としては、このG・Hの2項目を柱として、さまざまな動作・実験操作がある」、「基本操作A～Jにもり込んでいないものも多い。(中略) 細かく挙げていけばいろいろな操作があり、それにとまらぬ障害点が浮かび出てくる」と課題を示している。

さらに、今後の研究の方向性として、生徒が着座の状態、上肢でまたは上肢に障害のあるものは下肢を用いて必要最小限の実験操作ができるよう、使用教科書において生徒実験として実施すべき実験の内容と、それに関わる実験操作基本要素を抽出し、その必要器具を検討し、ひとつのパネルにこれらを合理的・効率的に配置したものを開発することを主張した。

(4) 理科実験補助具 (谷口, 1979; 1980)

谷口 (1979) は、理科実験自助具数点を「特殊教育教材教具開発 第4集」に発表した。工夫の要点としては、「直接経験によって得られる実感と感動をもって理科学習にアプローチできるよう安全性の確保に主たるねらいをおき、アテトーゼのある生徒でも基本的な実験学習に参加できるように自助具を工夫した」と述べられた。この「特殊教育教材教具開発 第4集」においては、写真が掲載されたのみであったが、詳細が『運動障害児のための自作教材・教具の工夫』において「理科実験補助具」(谷口, 1980)として発表された。

谷口 (1980) では、「実験学習の指導において支障となる主な問題点」が以下のように示された。



安河内 (1973) より転載

図3 液量調節器

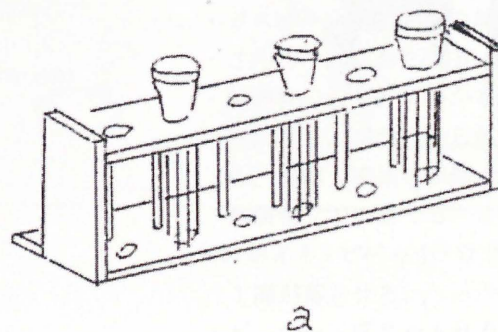
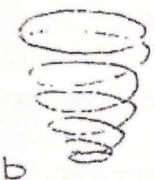


図4 安全試験管立て



安河内 (1973) より転載

補助具」(図5)が報告された。

① 机上の基本動作

- ア ビーカー等のガラス器具の操作
- イ 液体試薬等の比較検討, 定量, その他
- ウ アルコールランプ等による加熱処理
- エ 薬びんから液体薬品を出す

② 手指のコントロールとその巧緻性

- ア ガラス棒, 棒温度計等の扱い
- イ 試験管の操作
- ウ ピペット, シリンダー等計量器具の操作
- エ テスター, ペーパー計等の扱い

③ 正確さが要求される観察・実験

- ア 顕微鏡観察
- イ 電流・電圧計等の読み取り
- ウ イオン反応等の長時間にわたる静止観察

④ 飼育槽等の管理

- ア 給餌, 水交換等々
- イ 学習の準備, 片づけ等

谷口(1980)は、上記のような問題に直面したとき、工夫改善を加えた補助具を作成してきた。しかしながら、「ようやくに開発した補助具も、児童・生徒の障害の程度や用途の目的等によっては、まったく無用のものになってしまう場合もしばしばであった」。

これは、安河内(1973)のような、上肢障害の状態像をふまえたパターン分けを指向しなかったからと考えられる。とはいえそれにより、広く肢体不自由児に汎用的な補助具が明確になり、「比較的多方面に、長期にわたって活用された補助具」(谷口, 1980)を報告することができたとも考えられる。

谷口(1980)では、①, ②について以下の「理科実験

① 机上の基本動作について、安全・安定性と円滑性を図るために効果のあった補助具

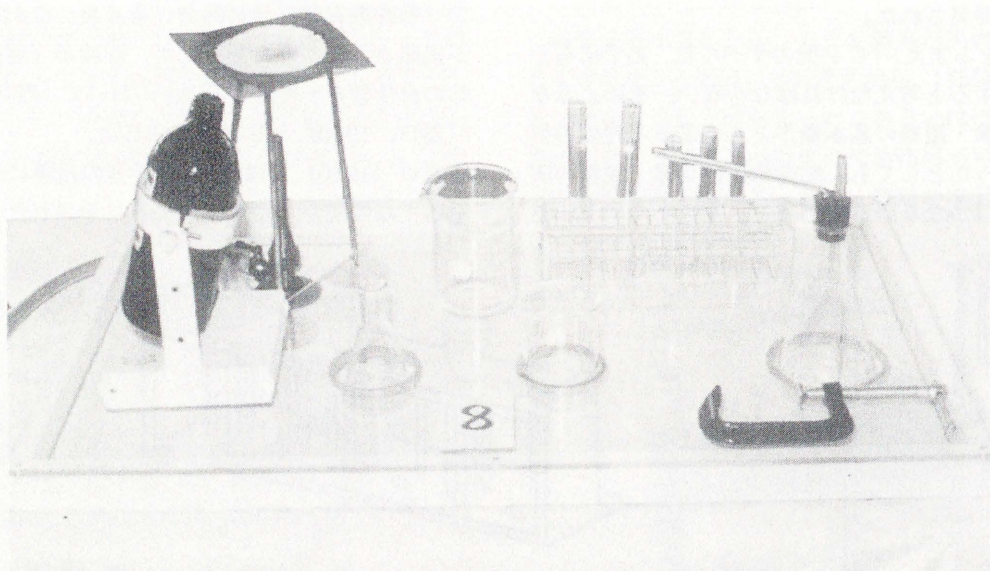
- ア 実験器具固定台
- イ 薬びん保持器
- ウ 車椅子用簡易実験台

② 手指のコントロールとその巧緻性を高めるのに効果のあった補助具

- ア ねじ式滴下装置
- イ ネット式試験管立て
- ウ ガラス器具等の保持器
- エ 発泡スチロール製はかま, つば等
- オ 吸盤付三脚, その他
- カ 洗浄びん, ふた付コップ等の応用

これらの補助具のうち、「実験器具固定台」は、生徒が実験に要する器具を汎用的なセットにして、使いやすい配置に、安定して設置した点で、安河内(1973)が示した「今後の研究の方向性」に合致したものであった。また、「薬びん保持器」は、薬びんを手放したり、重くて持ちあげられなかったりなどの困難を解消するものであったし、「ねじ式滴下装置」は、微妙な量の調整を可能にする画期的な発明であった。「ガラス器具等の保持器」は、それぞれの生徒の実態や器具の特性に応じて簡単に変化させることができる点で優れていた。

このように肢体不自由児の観察、実験の指導についての検討は、谷口(1979; 1980)によって、上肢障害を有する児童生徒の実験操作を器具の工夫・開発によって解決する具体的な道筋を示すに至った。



谷口(1980)より転載

図5 理科実験補助具

3. 観察、実験の指導の検討過程とその成果

肢体不自由養護学校の理科授業においては、観察、実験の指導の重要性が認識されてきた。しかしながら、上肢の操作性の困難により、観察、実験の指導が難しいことも明らかなことであった。

また、肢体不自由養護学校在籍児童生徒については、肢体不自由に起因する経験不足が指摘されてきた。そこで、理科学習においては、直接経験をなるべく多くするために、観察、実験の重要性が指摘されてきた。したがってその学習の方法も、教師による演示を見るのではなく、できるかぎり自らの操作による児童生徒実験で実施することが指向されてきた。

しかしながら、上肢の操作性の困難さを伴いながらの児童生徒実験には、非常に危険性を伴う。そこで、安全性を確保する指導法が求められた。この指導法の検討としては、グループ実験で対応することや、難しいものは一部、教師実験で対応することなどが示された。

他方で、一人ひとりが自らの操作で結果を得られる児童生徒実験が指向されたことで、上肢障害を有する児童生徒が操作できる実験器具の工夫・開発が行われた。この工夫・開発は、その手続きが明確に示されたので、同様の手続きをもって、今日の理科教育の内容において実験器具の工夫・開発が可能であると考えられる。

(1) 上肢障害に対応した観察、実験器具の工夫・開発の手続き

徳島県立養護学校（1968）、愛知県立岡崎養護学校（1973）、安河内（1973）、谷口（1979；1980）のいずれにおいても、工夫・開発の研究は、観察、実験に必要な

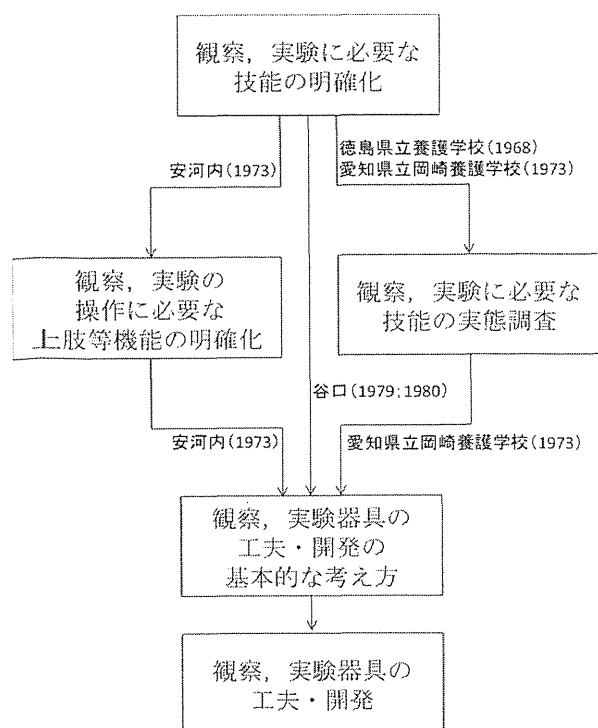


図6 観察、実験器具の工夫・開発過程

な技能を明らかにすることから始まった。

次の段階としては、徳島県立養護学校（1968）は、技能の実態調査を行った。ただし、この結果は、肢体不自由児による観察、実験の困難さの把握という意味で一定の成果を収めたものの、直接的に教具の工夫・開発へは結びつかなかった。他方、愛知県立岡崎養護学校（1973）は、実態調査の結果から配慮を要する点を見だし、器具の工夫の基本的な考え方を明らかにした上で、その考え方に沿った器具の工夫・開発を行った。

また、安河内（1973）は、技能についての実態調査は行わなかった。代わりに、必要な上肢（あるいは下肢）の機能を明らかにした上で、その程度に応じて代理する器具の工夫・開発を行った。これは、谷口（1979；1980）においても同様であり、技能に関する実態調査を行うのではなく、生徒に応じて器具の工夫・開発が進められた。

以上の工夫・開発の手続きをまとめると、図6のようになる。

(2) 観察、実験に必要な技能の明確化に関する先行研究の成果

徳島県立養護学校（1968）、愛知県立岡崎養護学校（1973）、安河内（1973）、谷口（1980）において明らかにされた観察、実験に必要な技能を「器具の使い方」と「操作の方法」に分けて整理すると以下のようになる。

① 器具の使い方

- ・温度計：正しく測る，目盛りを読む，1℃単位に読む，0℃以下を読む，0.5℃を読む
- ・上皿てんびん：針の止まる場所で読む，定量を測る
- ・ばねばかり：注意して使用する
- ・メスシリンダー：目盛・単位・使い方に慣れる，液量を測定する
- ・ストップウォッチ：使用する
- ・薬品さじ：だいたい等量に分ける，計量ができる，薬品をびんからとり出す
- ・テスター：使用する
- ・マッチ：安全にすれる
- ・アルコールランプ：使用する
- ・ガスバーナー：先生の助けで利用できる
- ・こんろ：火がおこせる
- ・試験管：もち方がわかる，薬品を入れる，液を入れる，振る，試験管から試験管に液をとる，激しく振る，固体・液体を加熱する，手でふたをして振る，試験管立てに立てる
- ・スポイト・ピペット・シリンダー：少量の液をとる，1滴が落とせる
- ・ビーカー：薬品を入れる，液を入れる，持って液を注ぐ，薬品をとかす
- ・シャーレ：使用する

表3 小学校『新編 新しい理科』, 中学校『新編 新しい科学』における観察、実験の基礎操作

	エネルギー	粒子	生命	地球
小3年		⑤物の重さのはかり方 (台ばかりの使い方) (電子てんびんの使い方)	①しぜんのかんさつのしかた ②虫めがねの使い方	③方位じしんの使い方 ④温度計の使い方
小4年	④けん流計の使い方 ⑤電池を使うときに気をつけること	⑧実験用ガスこんろの使い方 ⑨アルコールランプの使い方	①自然の観察のしかた ②虫めがねの使い方 ③気温のはかり方	⑥方位じしんの使い方 ⑦星ざ早見の使い方
小5年	⑥検流計の使い方 ⑦電流計の使い方 ⑧電げんそう置の使い方	②メスシリンダーの使い方 ③ろ過のしかた ④実験用ガスこんろの使い方 ⑤アルコールランプの使い方	①けんび鏡の使い方 (けんび鏡) (かいぼうけんび鏡) (そう眼実体けんび鏡) (プレパラートのつくり方)	
小6年	③上皿てんびんの使い方 (物の重さのはかり方) (水や粉のはかりとり方) ⑧電源装置の使い方	①気体検知管の使い方 ④薬品や水溶液のあつかい方 ⑤ガスバーナーの使い方 ⑥実験用ガスこんろの使い方 ⑦リトマス紙の使い方	②けんび鏡の使い方	
中1年		③メスシリンダーの使い方 ④上皿てんびんの使い方 ⑤電子てんびんの使い方 ⑥ガスバーナーの使い方	①ルーベの使い方 ②顕微鏡の使い方 (双眼実体顕微鏡) (鏡筒上下式顕微鏡とステージ上下式顕微鏡)	
中2年	③電流計の使い方 ④電源装置の使い方 ⑤電圧計の使い方 ⑥検流計の使い方	①電気分解装置の使い方 (ガラス管電気分解装置) (Hoffman型電気分解装置) (簡易型電気分解装置) ○ガスバーナーの使い方 ○メスシリンダーの使い方 ○温度計の読み方	○顕微鏡の使い方 (ステージ上下式顕微鏡)	②気象観測のしかたと天気図の記号
中3年	②記録タイマーの使い方 ○電流計の使い方 ○電圧計の使い方	①こまごめピペットの使い方 ○電源装置の使い方 ○電気分解装置の使い方 (H型ガラス管電気分解装置) ○メスシリンダーの使い方	○顕微鏡の使い方 (ステージ上下式顕微鏡)	③天体望遠鏡の使い方

- ・ガラス棒・はし：かきまぜる，液体を伝わらせる
- ・ピンセット：ものをはさむ，縫い針をはさみ加熱する
- ・虫めがね・ルーペ：ものを見る，紙を焼く
- ・顕微鏡：セットした顕微鏡をのぞく，ピントを合わせる，ステージにプレパラートをのせる，クリップでとめる
- ・鏡：決まったものに光を当てる
- ・磁石：いろいろなものをつける
- ・試験びん：開け閉めをする，液体薬品をビーカーにとる
- ・水そう：使う
- ・フラスコ：つかう
- ・リトマス紙：使う
- ・試験管ばさみ：試験管にはめる
- ・ものさし：ものの長さの測定
- ・導線：つなぐ
- ・電流計：電流を読み取る
- ・電圧計：電圧を読み取る

② 操作の方法

- ・加熱：金網にのせて加熱，試験管を加熱
- ・蒸発乾固：蒸発皿で蒸発
- ・固体を溶かす：かきまぜて溶かす，激しく振って溶かす

- ・かきまぜる：はしを使用，ガラス棒を使用
- ・においをかぐ：あおいでかぐ
- ・ガラス器具を洗う：水洗い，ブラシを使用
- ・ろ過：ふきんに入れて絞る，布こしができる，ろ紙が使える，ろ過台の組み立て
- ・移動：物体を静かに移動，小さな物体を静かに移動
- ・観察：静止して観察する

Ⅲ. 観察、実験に求められる基礎的な技能

本項では小学校、中学校の理科について、当校で採択されている教科書をもとに、観察、実験の技能を整理するとともに、当校在籍児童生徒の実態を鑑みて児童生徒実験に必要な基礎的スキルを検討する。

1. 小学校、中学校の理科における観察、実験の技能

当校小学部理科では、『新編 新しい理科』(東京書籍)が採択されている。この中で、観察、実験に要する操作は、巻末に「資料 理科の調べ方を身につけよう」としてまとめて示されている。ここに示された操作を用いる観察、実験について、各学年の教科書掲載ページが前の操作から①～⑨の数字を付し、エネルギー、粒子、生命、地球の各単元に分類して示す(表3)。

表4 先行研究と現行理科における観察、実験の基礎的技能的共通性

	先行研究において見られるが表3に見られない	先行研究と表3に共通して見られる	表3に見られるが先行研究において見られない
器具の使い方	ばねばかり、ストップウォッチ、薬品さじ、テスター、マッチ、試験管、スポイト、シリンダー、ビーカー、シャーレ、ガラス棒、はし、ピンセット、鏡、磁石、試薬びん、水そう、フラスコ、試験管ばさみ、ものさし、導線	温度計、上皿てんびん、メスシリンダー、アルコールランプ、ガスバーナー、実験用ガスこんろ、こまごめピペット、虫めがね、ルーペ、顕微鏡、リトマス紙、電流計、電圧計	台ばかり、電子てんびん、方位磁針、検流計、電池、正座早見、電源装置、気体検知管、薬品や水溶液、電気分解装置、記録タイマー、天体望遠鏡
操作法	加熱、蒸発乾固、固体を溶かす、かきまぜる、においをかく、ガラス器具を洗う	ろ過	自然の観察、気温のはかり方、気象観測

また、中学部理科では、『新編 新しい科学』（東京書籍）が採択されている。この中で「基礎操作」として解説され、操作の習熟を要求しているものを「レポートの書き方」等の器具の操作ではないものを除き、エネルギー、粒子、生命、地球の各単元に分類して示す（表3）。なお、表3において、各学年の教科書掲載ページが前の操作から①～⑨の数字を付した。巻末にまとめて掲載されたものは○のみを付している。

2. 先行研究をふまえた今後の課題

II-3-(2)における整理と、表3を比較すると、共通して見られる器具や操作が見られる（例えば、メスシリンダー、上皿てんびんの使い方など）ことから、先行研究の成果を活用して基礎的な技能を明確化することができると考えられる。他方、先行研究において見られるが、表2に見られないもの（例えば、マッチ、ピンセットなど）、その逆（例えば、方位じしん、天体望遠鏡など）も見られる。これら3つのパターンに、これまでみてきた基礎的な技能を分類したものを表4に示す。

表4を見ると、先行研究の多くの成果を活用することができるが、他方、先行研究で見られたものの現行の理科では特別に取り上げられていない器具や操作も少なくない。これは、現行理科における観察、実験では不要な器具や操作もあると考えられるが、むしろ理科教育において、通常、その操作の困難さについて想定する必要のない器具が含まれていることが推察される。

例えば、マッチの操作が、多くの実験で使用されながら、特別に取り上げられないことは、アルコールランプやガスバーナーの使い方が取り上げられていることから明らかである。しかしながら、上肢障害を有する児童生徒にとって、マッチの扱いは容易ではない。このような器具については、その使用頻度の高いものから、先行研究の成果もふまえて、改めて検討が必要と言えよう。

このように考えると、先行研究の成果をふまえた課題は、図7のように表すことができる。

ここで、図7の枠組みを用いて、今後の課題として補充が必要かどうかを検討するためには、表4における「先行研究において見られるが表3に見られない」器具の使い方や操作の方法が、教科書の観察、実験において使われることになっているかどうかを精査する必要がある。これにより、上肢障害を有する児童生徒の観察、実験においては何らかの配慮を検討することが必要と考えられる器具や操作を明らかにすることができる。

前述した当校における採用教科書では、小学校・中学校において児童生徒によって183の観察、実験が実施される（小学校：116、中学校：67）。そのうち、使用される器具等をリストアップし、その用いられる頻度を整理した物を表5に示す。表5によれば、「先行研究において見られるが表3に見られない」（表4）器具のうち、テスターと試薬びんを除くすべての器具が現行理科においても使われていた。このようなごく基礎的な操作を行う器具についても、検討が必要なが示唆される。

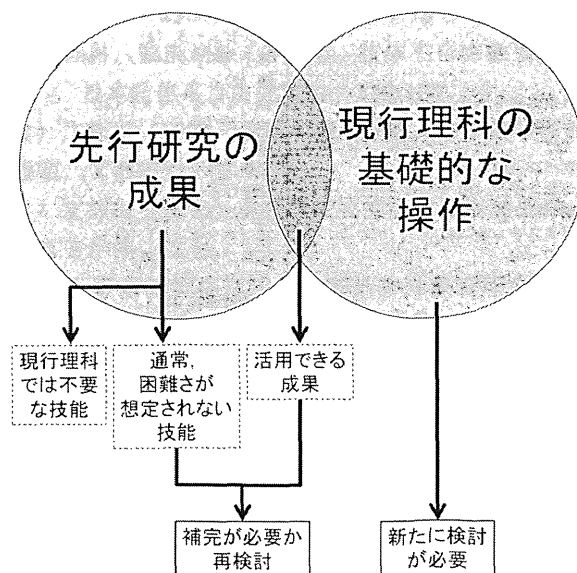


図7 先行研究の成果と課題

表5 観察、実験に使用される器具等とその頻度

観察、実験に使用される器具等(頻度)			
ピーカー (34)	ろうと台 (4)	木片 (2)	光学台 (1)
虫めがね・ルーペ (33)	炭酸水 (4)	電極 (ステンレス) (2)	スクリーン (1)
温度計 (27)	カッターマット (4)	電極 (炭素棒) (2)	光源 (物体) (1)
水 (24)	筆記用具 (4)	寒天 (2)	弦楽器 (モノコードヤギター) (1)
試験管 (23)	三脚 (4)	力学台車 (2)	マイク (1)
スタンド (21)	ゴム管 (4)	記録タイマー (2)	オシロスコープ (1)
スポイト (19)	B T B 溶液 (4)	記録テープ (2)	ばね (強さのちがう2種類) (1)
ピンセット (18)	ばねばかり (4)	透明半球 (2)	指標用フック (1)
クリップつき導線 (17)	うすい水酸化ナトリウム水溶液 (4)	トレーシングペーパー (1)	S 字フックつき小瓶 (1)
方位磁針 (16)	糸・ひも (4)	段ボール (1)	火山灰 (1)
ガラス棒 (15)	粘着テープ (4)	色の濃い紙 (1)	火山岩 (1)
マッチ (15)	精製水 (4)	製作した車 (帆立) (1)	深成岩 (1)
燃えさし入れ (15)	巻き尺 (3)	送風機 (1)	歯ブラシ (1)
希塩酸 (15)	布 (3)	製作した車 (帆なし) (1)	堆積岩 (1)
セラハンテープ (14)	磁石 (3)	紙やすり (1)	釘 (1)
食塩 (14)	電子オルゴール (3)	時計皿 (1)	岩石用ハンマー (1)
スライドガラス (13)	解剖顕微鏡 (3)	磁石につけた鉄釘 (1)	スケール (1)
電源装置 (13)	鉄のゼムクリップ (3)	小さい鉄釘 (1)	地形図 (1)
定規 (12)	たこ糸 (3)	台ばかり (1)	採集用ふくろ (1)
豆電球 (12)	デジタルタイマー (3)	紙 (1)	塩化コバルト紙 (1)
ろ紙 (12)	ふた (3)	大きい紙 (1)	フェノールフタレイン溶液 (1)
乾電池 (11)	濡れたぞうきん (3)	へちまのたね (1)	電気分解装置 (1)
スイッチ (11)	集気びん (3)	人体模型 (1)	硫黄の粉末 (1)
アルミニウム箔 (11)	針金 (3)	光電池 (1)	砂皿 (1)
保護眼鏡 (11)	酸素用検知管 (3)	金属球 (1)	砂 (1)
ガスバーナー (11)	二酸化炭素用検知管 (3)	輪 (1)	金属製の大きな皿 (1)
乾電池ボックス (10)	気体採取器 (3)	スプーン (金属) (1)	酸素ボンベ (1)
実験用ガスこんろ (10)	食紅 (3)	ラップシート (1)	燃焼さじ (1)
金網 (10)	アンモニア水 (3)	金属棒 (1)	酸化銅 (1)
ベトリ皿 (10)	ぞうきん (3)	金属板 (1)	炭素粉末 (1)
ステージ/鏡筒上下式顕微鏡 (10)	炭酸飲料ペットボトル (3)	おがくず (1)	ピンチコック (1)
石灰水 (水酸化Ca水溶液) (10)	リトマス紙 (3)	電熱器 (1)	塩化バリウム (1)
ストロー (9)	発光ダイオード (3)	パーミキュライト (1)	マグネシウム粉 (1)
導線つきソケット (9)	電熱線 (太さ0.2mm) (3)	液体肥料 (1)	銅粉 (1)
割り箸 (9)	かみそりの刃 (3)	袋 (紙) (1)	三角架 (1)
アルコールランプ (9)	エタノール (3)	じょうろ (1)	ステンレス皿 (1)
カバーガラス (9)	デンブ (3)	台ばかり (1)	活性炭 (1)
こまごめピペット (9)	油性ペン (3)	ふたつき容器 (1)	水酸化バリウム (1)
電流計 (9)	方眼紙 (3)	底のない集気びん (1)	塩化アンモニウム (1)
厚紙 (8)	鉄粉 (3)	調べる気体 (1)	綿棒 (1)
輪ゴム (8)	端子 (3)	ご飯粒 (1)	ベネジクト液 (1)
導線 (8)	エナメル線 (コイル) (3)	聴診器 (1)	試験管ばさみ (1)
電子てんびん (8)	金属板 (マグネシウムリボン) (3)	脈拍計 (1)	解剖用具一式 (1)
ガラス管 (8)	工作用紙 (2)	葉 (ジャガイモ) (1)	乾漉計 (1)
ゴム栓 (8)	調べる物 (電気を通すか) (2)	アクリル板 (1)	風向風力計 (1)
ろうと (8)	調べる物 (磁石につくか) (2)	鉢植えの植物 (1)	コップ (金属製) (1)
カッターナイフ (8)	棒磁石 (2)	双眼鏡 (1)	コップ (ガラス製) (1)
試験管立て (8)	粘土 (2)	懐中電灯 (1)	簡易真空容器 (1)
湯 (7)	さじ (2)	ボール (1)	デジタル温度計 (1)
袋 (ポリエチレン) (7)	星座カード (2)	ティッシュペーパー (1)	懐中電灯 (1)
おもり (7)	星座早見 (2)	雨どい (1)	洗濯ばさみ (1)
双眼実体顕微鏡 (7)	注射器 (2)	長くて丈夫な棒 (1)	棒 (1)
透明な容器 (6)	ビニルテープ (2)	てこを支える物 (1)	電熱線 (電力既知の3種類) (1)
脱脂綿 (6)	示温インク (2)	実験でこ (1)	ガーゼ (1)
モーター (6)	コンピュータ (2)	二酸化炭素ボンベ (1)	フィルムケース (1)
検流計 (6)	種子 (インゲンマメ) (2)	引き棒 (1)	U 字型磁石 (1)
水 (6)	箱 (2)	コンデンサー (1)	果物の汁 (1)
容器 (発泡ポリスチレン) (6)	苗 (インゲンマメ) (2)	地図 (1)	塩化銅 (1)
沸騰石 (6)	モール (2)	カラーシール (1)	金属板 (銅) (1)
線香 (6)	筆 (2)	池や水槽の水 (1)	金属板 (亜鉛) (1)
ミョウバン (6)	土砂 (2)	花 (いろいろな植物) (1)	金属板 (鉄) (1)
メスシリンダー (6)	洗淨びん (2)	葉 (ツユクサ) (1)	蒸留水 (1)
蒸発皿 (6)	電磁石 (2)	葉 (ツバキなどの厚いもの) (1)	光電池用モーター (1)
発泡ポリスチレン (6)	苗 (ホウセンカ) (2)	葉 (タンポポ) (1)	酢酸 (1)
薬品さじ (6)	三角フラスコ (2)	枝 (葉がついたもの) (1)	つまようじ (1)
上皿てんびん (6)	ハンマー (2)	シリコンチューブ (1)	牛乳パック (1)
自在ばさみ (6)	天体望遠鏡 (2)	ワセリン (1)	根 (タマネギ種子) (1)
時計 (6)	シャベル・移植ごて (2)	苗 (トウモロコシ・ヒマワリ) (1)	柄つき針 (1)
紙テープ (5)	フェルトペン (2)	シダ植物 (イヌワラビ) (1)	おしべ (ホウセンカ) (1)
砂糖 (5)	スチールウール (2)	電球スタンド (1)	木の板 (1)
プロペラ (5)	手回し発電機 (2)	グラニュー糖 (1)	斜面をつくる台 (1)
ヨウ素液 (5)	金具 (電熱線固定用) (2)	石灰石 (1)	クランプ (1)
バット (5)	電熱線 (太さ0.4mm) (2)	オキシドール (1)	金属の輪 (1)
計量スプーン (5)	オオカナダモ (2)	二酸化マンガン (粒状) (1)	画用紙 (1)
水槽 (5)	紙 (白) (2)	コーヒースユガー (1)	画紙 (1)
葉包紙 (5)	硝酸カリウム (2)	紙 (黒) (1)	レール (1)
抵抗器 (5)	支持環 (2)	ロウ (1)	小球 (鉄球・木球・ビー玉) (1)
電圧計 (5)	光源装置 (2)	洗面器 (1)	簡易速度計 (1)
遮光プレート・遮光板 (4)	炭酸水素ナトリウム (2)	枝つきフラスコ (1)	定滑車 (1)
鏡 (4)	乳鉢 (2)	半円形レンズ (1)	動滑車 (1)
ストップウォッチ (4)	乳棒 (2)	コンパス (1)	プーリーつき発電機 (1)
ろうそく (4)	希硫酸 (2)	分度器 (1)	豆電球 (3.8V) (1)
新聞・新聞紙 (4)	染色液 (酢酸カーミンまたはオルセイン) (2)	色ペン (1)	フック (1)
はさみ (4)	気圧計 (2)	凸レンズ (1)	太陽投影板 (1)

IV. まとめ

上肢障害を有する児童生徒の操作による観察、実験を実現するためには、器具の工夫が不可欠である。

本研究では、「Ⅱ. 観察、実験の指導についての検討過程」において、「観察、実験器具の工夫・開発過程」(図6)を振り返った。先行研究では、まず、観察、実験に必要な技能を明確化したうえで、その操作に必要な上肢等機能の明確化や、児童生徒の技能についての実態把握を経て、工夫・開発の基本的な考え方を明らかにし、実際の観察、実験器具の工夫・開発に至った研究過程が示された。今日においても、同様の研究過程を経て、工夫・開発を行うことで、上肢障害に対応した器具を蓄積していくことができると考えられる。

次に、「Ⅲ. 観察、実験に求められる基礎的な技能」において、現行の当校採択教科書に基づいて、小学校・中学校理科における「観察、実験に必要な技能の明確化」(図6)を図った。これにより、先行研究において工夫・開発がなされ、蓄積されていた器具のうち、今日的に活用できるものを明らかにするとともに、補完する必要がある器具や新たな研究が必要な器具を明らかにした。

V. 本研究の教育的意義

本研究は、上肢障害を有する児童生徒の理科学習において、児童生徒自身による操作によって実施される観察、実験の学習活動が増えることを指向し、そのための工夫・開発を組織的に行い、蓄積を進めていくための基礎研究となるものである。したがって、今後、本研究で明らかにされた工夫・開発過程を生かし、多様な状態像の上肢障害、あるいはその他の操作上の困難に対応した観察、実験のための器具が開発され、蓄積されるようになってこそ、本研究の意義がある。

さて、肢体不自由教育においては、今年、茂原(2016)「生物学教育におけるICTを活用した顕微鏡観察」が発表された。この研究成果である「ICTを活用した顕微鏡」は、安価かつ容易に自作できるうえ、上肢障害を含む肢体不自由児の顕微鏡観察において汎用性が高い。肢体不自由児の理科学習において、最も困難な観察、実験のひとつと考えられる顕微鏡観察の諸問題を解決しきった発明といえる。また、この顕微鏡の工夫は、小学校・中学校に在籍する肢体不自由児や学習上の困難を有する児童生徒の学習にも寄与するものと予想できる。

茂原(2016)を鑑みると、今後の観察、実験器具の工夫・開発は、肢体不自由教育の現場で開発が始まりながらも、できるだけ汎用性の高いものを指向し、小学校・中学校における理科教育の質の向上にも寄与できるよう発信していく必要があると考えられる。

引用文献

- 1) 愛知県立岡崎養護学校(1973) 精神遅滞をあわせもつ児童・生徒の理科指導計画—化学授業—, 愛知県立岡崎養護学校研究紀要, 2, 120-146.
- 2) 千葉県立桜ヶ丘養護学校(1966) 理科, 千葉県立桜ヶ丘養護学校紀要, 2, 36-39.
- 3) 橋本重治(1963) 肢体不自由児の教育課程(二)—各領域—肢体不自由児の心理と教育, 金子書房, 129-137.
- 4) ヘルバルト・ヴインクレル(著)・坂本泉(抄訳)(1933). 不具者の心理発達, 光明学校紀要, 2, 42-52.
- 5) 藤田貞男(1963) 理科について, 養護学校(肢体不自由)教育概説, 愛知県立名古屋養護学校後援会, 79-82.
- 6) 小山信博(2009) 上肢障害による実験操作の困難に関する研究の展開—1956年から1979年までの肢体不自由養護学校における理科授業に着目して—, 特殊教育学会大会発表論文集, 47.
- 7) 小山信博(2014) 過去の実践研究の成果を検索するための指標に関する研究—肢体不自由児童生徒との理科授業と肢体不自由養護学校在籍児童生徒の起因疾患の推移に着目して—, 特殊教育学会大会発表論文集, 52, P3-D-5.
- 8) 茂原伸也(2016) 生物学教育におけるICTを活用した顕微鏡観察, 平成27年度東レ理科教育賞受賞作品集, 47, 1-5.
- 9) 文部省(1963) 養護学校小学部学習指導要領肢体不自由教育編, 文初特第114号(通達).
- 10) 文部省(1965) 理科, 養護学校小学部, 中学部学習指導要領肢体不自由教育編解説, 文部省, 55-57.
- 11) 文部省(1967) 教育活動全体を通して行う機能訓練, 理科, 機能訓練の手びき—肢体不自由教育のために—, 日本肢体不自由児協会, 136-137.
- 12) 文部省(1971) 養護学校小学部・中学部学習指導要領, 文部省告示第77号.
- 13) 文部省(1972) 養護学校高等部学習指導要領, 文部省告示第152号.
- 14) 長野県教育委員会・長野県特殊教育研究協議会(1963) 各教科の指導, (特殊教育シリーズ)第3集 肢体不自由児教育の指針, 信濃教育会出版部, 40-45.
- 15) 滝山昌夫(1970) 肢体不自由児に対する理科指導の問題点とその解明—指導法の改善—, 東京都肢体不自由教育研究会研究紀要, 2, 5-10.
- 16) 谷口順子(1979) 理科実験自助具数点, 特殊教育教材教具開発, 4, 5.
- 17) 谷口順子(1980) 理科実験補助具, 運動障害児のための自作教材・教具の工夫, 教育出版, 100-104.
- 18) 東京都立江戸川養護学校(1962) 36年度におけ

る教育活動の経過と反省〈理科〉、東京都立江戸川養護学校紀要, 1, 36-37.

- 19) 徳島県立養護学校(1968) 算数・数学・理科の教育課程の研究.
- 20) 東京都立光明養護学校(1966) テレビ利用の理科学習指導案(小学部1年), 肢体不自由教育の手びき(下), 日本肢体不自由児協会, 145-147.
- 21) 安河内政光(1974) 肢体不自由養護学校における理科実験器具の改善.

謝辞

本論文を作成するにあたり、西俣なな教諭には、論文の構想から相談に乗っていただきました。また、執筆中から論文の細部まで目を通していただき、助言をいただきました。ありがとうございました。

また、山浦和久教諭には小学部での理科について、齋藤豊教諭には中学部での理科について、実践の様子を教えてくださいました。小学部3年から中学部3年までの7年間の観察、実験について、統一的に検討することができたのは、先生方にたくさんのお話をいただいたからこそでありました。ありがとうございました。