

## 肢体不自由のある生徒が安全に操作できる マイクロスケール実験の教材開発と教育実践に関する研究

山田 一幸<sup>1)</sup>, 荻野 和子<sup>2)</sup>

本研究は、共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育の実現を推進するために、肢体不自由のある児童生徒に対して適用可能で、誰でも簡単に利用できるマイクロスケール実験の教材を開発し、これを教育現場で実践することを目的とする。令和3年から令和5年にかけて、筑波大学附属桐が丘特別支援学校中学部と高等部に在籍していた合計36名の生徒を対象に、肢体不自由のある生徒向けに開発したマイクロスケール実験教材を利用した授業を実施した。この授業において、生徒の授業中の様子を詳細に観察し、授業終了後に実施したアンケート調査をもとに、開発された教材の有効性について検討した。結果、肢体不自由のある生徒が実験操作しやすくするために、実験器具の材質をポリエチレンのような柔らかい素材への変更、実験手順を簡略化、生徒が情報を見やすく理解できるように工夫することで、肢体不自由のある生徒でもマイクロスケール実験を実施可能であることを見出した。

キーワード：マイクロスケール実験，肢体不自由，実験操作，インクルーシブ教育

## Development and Educational Practice of Microscale Experiment Teaching Materials for Physically Disabled Students for Safe Operation

Kazuyuki Yamada<sup>1)</sup> Kazuko Ogino<sup>2)</sup>

The purpose of this study is to develop educational materials for microscale experiments applicable to children with physical disabilities, which can be easily used by anyone, and to put them into practice in educational settings to promote the realization of inclusive education for the formation of a symbiotic society. From 2021 to 2023, a total of 36 students enrolled in the junior high and high schools of the Kirigaoka School for the Physically Challenged, University of Tsukuba, were given classes using microscale experimental materials developed for students with physically handicapped. In this class, the students were taught to use the microscale experiment materials during the class. The effectiveness of the developed teaching materials was examined based on detailed observation of the students during the class and a questionnaire survey conducted after the class. As the result, it was found that the microscale experiments could be performed by students with physically handicapped by changing the materials of the experimental apparatuses to soft materials such as polyethylene, simplifying the experimental procedures, and making the information easy to read and understand for students with physically handicapped to make the experiments easier for them to operate.

Keywords: Microscale Experiments, Physical Disabilities, Experimental operation, Inclusive Education

---

1) 筑波大学附属桐が丘特別支援学校  
Kirigaoka School for the Physically Challenged, University of Tsukuba  
2) 東北大学大学院理学研究科  
Graduate School of Science, Tohoku University

## 本研究の目的

肢体不自由とは、身体の動きに関する器官が病気や怪我で損なわれ、歩行や筆記などの日常生活動作が困難な状態を示す（文部科学省初等中等教育局特別支援教育課，2021）。障害の程度は個々によって異なり、一般には車椅子を使用し、または義肢や補装具を利用していることが多い。

肢体不自由のある児童生徒の学習について、学校教育法第72条には、「特別支援学校は、視覚障害者、聴覚障害者、知的障害者、肢体不自由者又は病弱者に対して、幼稚園、小学校、中学校又は高等学校に準ずる教育を施すとともに、障害による学習上又は生活上の困難を克服し自立を図るために必要な知識技能を授けることを目的とする。」と記されている（文部科学省初等中等教育局特別支援教育課，2021）。子どもの実態に応じて、当該校種の下学年（下学部）の各教科を中心とした教育課程で行われることもあるが、肢体不自由のある児童生徒も普通校の児童生徒と同じ教育課程で行われている。そのため、肢体不自由特別支援学校における理科授業において、観察や実験の学習活動が重視されることは、普通校と変わらない。しかし、肢体不自由のある児童生徒の理科学習においては、身体の実験操作の難しさや日常生活の経験不足などから、実験操作や実験結果の確認の難しさ、自然の事物や事象の経験機会の不足などの学習上の困難さがある（小山，2016）。この学習上の困難を解決するために、肢体不自由のある児童生徒の実態に合わせて、理科教師が演示実験を行ったり、実験器具を操作しやすくする工夫を施したりすることが行われている（小山，2018）。

マイクロスケール実験（MC実験）は、試薬量を最小限にし、実験器具を軽量かつシンプルにすることで、実験をより簡単にすることのできる実験手法である。この手法は1980年代からアメリカの大学の有機化学で導入され、日本では1990年代に東北大学医療技術短期大学部の荻野和子によって普及が促進された（荻野，2001）。児童生徒が実験器具を共有する必要がなく、個別の実験を行うことができるため、感染リスクを最小限に抑えることができることから、近年、新型コロナウイルス感染症対策の一環として、MC実験が実践されていた（荻野，2022）。化学実験のスケールを小さくするメリットを、Tab. 1に示す。①～⑤は環境に対する負担が少なく、生徒の環境問題への関心を喚起できる点で、環境にやさしいグリーンケミストリーとも言える（荻野，2001）。

Tab. 1 MC実験を実施するメリット

- 
- ①試薬と経費の削減
  - ②実験廃棄物の少量化
  - ③危険が少なく、事故の防止に役立つ
  - ④実験環境の改善
  - ⑤省資源、省エネルギー
  - ⑥実験時間の短縮
  - ⑦少量しか使わないので、高価あるいは希少な試料を実験に使用することが可能
- 

身体の動きに制限のある肢体不自由のある児童生徒にとって、MC実験は実験操作における安全性を考慮すると有効な手段である。また、この手法は共生社会の実現に向けた重要な一歩であると考えられる。障害のある者と障害のない者が共に学ぶ環境を構築することは、共生社会の実現に向けた大きな進展であり、MC実験をインクルーシブ教育システム（文部科学省初等中等教育局特別支援教育課，2012）に組み込むことで、肢体不自由のある児童生徒も同じ実験の機会を享受でき、科学教育における平等性が促進される。異なる能力やニーズを持つすべての生徒に対する教育の構築を可能にし、教育の品質と多様性を高める一助となり、共生社会への道を切り開くために、MC実験の導入は非常に重要である。しかし、肢体不自由特別支援学校でMC実験を行った実践事例は、令和2年度まで報告されていない。その背景には、MC実験は微小な材料や装置を扱うものであり、肢体不自由のある生徒にとっては操作することが難しいとされていたことが挙げられる。また、肢体不自由特別支援学校に所属する教員の中に、MC実験に関する知識や技能を持った教員がいないことも一因である。

これら状況を踏まえ、本研究では、肢体不自由のある児童生徒が安全で、かつ生徒自身でMC実験に取り組むための方法を明らかにすることを目的とした。

## 方法

### 実施期間と実施教科

令和3年4月から令和5年10月の期間で、筑波大学附属桐が丘特別支援学校中学部の理科、高等部の化学基礎と科学と人間生活の実験時に、肢体不自由のある生徒でもできるように教材開発したMC実験を実施した。実施した年度と人数を含んだ担当学年、教科・科目をTab. 2に示す。

Tab. 2 実施年度と担当学年，教科・科目

実施年度	担当学年と教科・科目
令和3年度	中学部2年 理科 (12)
	高等部2年 化学基礎 (4)
令和4年度	中学部1年 理科 (9)
令和5年度	中学部3年 理科 (8)
	高等部3年 科学と人間生活 (3)

※ ( ) は在籍人数を示す。

### 実施対象生徒

調査期間内において，担当教科を指導した筑波大学附属桐が丘特別支援学校に在籍する中学部および高等部の生徒，合計36名（男性：26名，女性：10名）を対象とした。生徒個々の起因となる疾患は個別の教育支援計画を確認した。実施対象者の肢体不自由の起因となる疾患の一覧をTab. 3に示す。

Tab. 3 起因となる疾患とその人数

疾患名	人数
脳性麻痺	17
二分脊椎	10
筋疾患・神経障害	6
その他（下肢感覚障害など）	3

### 教材開発の手順

筑波大学附属桐が丘特別支援学校で使用している東京書籍出版の教科書『新しい科学』の化学分野、『改訂新編化学基礎』に記載されている実験内容を，公益社団法人日本化学会の機関誌『化学と教育』やマイクロスケール化学実験のホームページなどに掲載されたMC実験事例と肢体不自由特別支援学校における理科教育の事例を参考に，実験器具の一部を変更し，実験操作や結果が簡単に扱えるように調整して，肢体不自由

のある児童生徒でも実施可能な新しいMC実験教材を開発した。

### 研究実施に関する手続き

MC実験を実施する前に，実施対象生徒に実験操作に関する調査を行う旨を説明した。その際，実施対象生徒の顔を映さないように実験操作を写真や動画で撮影すること，実験に関するアンケートを実施することを伝え，研究への同意を得た上で実施した。

### 無記名によるアンケート内容

C実験を実施した対象者に，実験の操作性のしやすさ，実験器具の扱いやすさ，授業の理解度，および自由記述欄を含むアンケート調査をGoogle Formを使用して実施した。なお，アンケートは氏名を記名して実施した。

## 実践報告と考察

肢体不自由のある児童生徒が操作可能なMC実験教材を開発する際，従来のMC実験教材との比較検討した点をTab. 4に示す。

Tab. 4で示した本研究のMC実験教材の詳細を次の1.～3.に記載する。

### 1. 実験器具の変更

実験操作を行う際，上肢の運動障害は操作を難しくする要因となる。上肢の運動制御が制限されることは，実験で使用する器具を正確に操作するのを難しくする。安全な操作が確保できない場合，薬品による火傷などの児童生徒の負傷のリスクが高まる（小山，2018）。そのため，肢体不自由のある児童生徒が実験を行う際，実験器具の工夫の基本方針として，「実験が安全で，しかも正確にできる，片手でできる，使いやすく能率的である」と考えられている。その点，MC実験は実験器具自体が小さく，使用する試薬量も少ないため，安全性が高い手法と言える。しかし，通

Tab. 4 従来のMC実験教材と本研究で検討したMC実験教材の違い

従来のMC実験教材	本研究のMC実験教材と開発内容
実験器具の材質に配慮がされておらず，硬いプラスチックを使用した点眼瓶に水溶液を入れて押し出すものがある。	実験器具の材質を軟らかいプラスチックに変更し，筋疾患のある児童生徒でも扱いやすくできるようにした。(1.実験器具の変更を参照)
実験方法について，健常者を対象としており，上肢の操作性や視空間認知について検討してない。	上肢の操作性の低い，または手先の不自由さのある児童生徒でも操作できるようにした。(2.実験操作の変更を参照) また，実験結果も視空間認知に課題のある児童生徒にも理解しやすい配慮を講じた。(3.情報の整理・見やすさを参照)



常のMC実験器具を使用しても、筋緊張が強すぎる、または筋力が弱くて持ち上げられないなどの運動コントロールの難しさにより、適切に実験器具を扱えないことが生じるので、肢体不自由のある児童生徒に対応するために、実験器具を一部変更する必要がある。

まず、水溶液を加え、計り取る実験器具をポリエチレン製の合成樹脂製品で軽くて押し出しやすいものに変更した。通常のMC実験でも水溶液を滴下するために点眼瓶が使用されるが、既存のものは点眼瓶に厚みがあり、筋疾患のある児童生徒には、使用する材質によって自ら水溶液を押し出すことが難しい。ポリエチレンはプラスチックの中でも軟らかい材質で、実験台から落下しても破損するリスクは非常に低い。そのため、通常のMC実験で使用している点眼瓶を、厚みが薄く、軽くて押しやすいポリエチレン製のタレビンに置き換えた。主に使用したタレビンは、100円ショップで販売されているお弁当などに使用する調味料を入れるタイプのものである (Fig. 1)。併せて、水溶液を計り取る際に、通常のMC実験でもディスプレイピペットを使用しているが、肢体不自由のある生徒でも簡単に水溶液を押し出すことができるため、本研究でも使用した。また、水溶液を入れる実験器具の材質についても同様に、プラスチック製容器を使用することを基本とした。しかし、手先が思うように動かせない、または不随意運動（自分の意思と別に、勝手に手足が動いてしまう運動）を示す脳性麻痺のある生徒は実験台から実験器具を落としてしまうことがたまにある。そのため、実験台から落としても実験器具が割れる心配が少ないスクリー管瓶 (Fig. 1) も使用した。



Fig. 1 タレビンとスクリー管瓶

#### 実験器具を変更した実践事例：タレビンを使用（中学校第2学年：化学変化と質量の関係）

##### 【実験内容】

うすい硫酸とうすい塩化バリウム水溶液を互いに加えることにより、白色の硫酸バリウムが生成する。この反応が起こる際、反応前後の質量は変わらないことを、実験を通して確認する。実際に肢体不自由のある生徒が実験に取り組んでいる様子を、Fig. 2に示す。

##### 【実験操作】

- ①蓋をしたプラスチック容器の上に、うすい硫酸 (2.5%) とうすい塩化バリウム水溶液 (2.5%) の入ったタレビンに乗せて、電子天秤で質量を測定する。
- ②うすい硫酸とうすい塩化バリウム水溶液をプラスチック容器の中に全て加える。
- ③蓋をしたプラスチック容器の上に、空になった2個のタレビンに乗せて、電子天秤で質量を測定する。



Fig. 2 生徒実験の様子（化学変化と質量の関係）

##### タレビンを使用した際の生徒の意見より

タレビンの使いやすさに関する回答をTab. 5, 自由記入欄で記載のあった回答をTab. 6に示す。

脳性麻痺、または、二分脊椎を有する生徒は、タレビンを概ね問題なく使用できると回答している。脳性麻痺のある生徒は手先が思うように動かすことができないため、水溶液の押し出し作業が難しいと予想されたが、柔らかいポリエチレン製のタレビンを使用することで、問題なく取り扱えていた。一方、筋疾患系の神経障害を持つ生徒の中に、タレビンの使用に関して蓋のサイズが小さいという記述があったが、実際の実験中に観察したところ、水溶液の押し出しについては問題がなかったように見受けられた。本研究開始当初、ポリエチレン製で魚型のタイプのタレビンも使用していたが、Fig. 1に示すものより硬かったため、筋疾患を持つ生徒にとって水溶液の押し出し作業が難しかったという回答も寄せられた。よって、材質だけでなく、タレビンの硬さにも留意する必要があることが示唆された。

以上のことから、肢体に制限のある生徒にとって、水溶液を柔らかいポリエチレン製のタレビンを使用することは、MC実験を行う際に有効であると考えられる。

Tab. 5 タレビンの使いやすさに関するアンケート結果 (N=35)

質問内容	中学1年生	中学2年生	中学3年生	高校2年生	高校3年生	合計
使いやすい	6	11	7	2	3	25
使いにくい	1 (筋疾患)	0	0	1 (筋疾患)	0	2
どちらとも言えない	1	1	1	1	0	3

※ ( ) は回答した生徒の起因となる疾患

Tab. 6 タレビン使用に関して、自由記述欄で回答のあった内容 (N=10)

- ディスポピペットと同じで、軽く押したら中に入っているものが簡単に出てくるので、とても使いやすかったです。
- 点眼瓶の方が、サイズが小さく、水を出すところが押しやすいです。
- 駒込ピペットより押すところが柔らかいので点眼瓶の方が使いやすいです。
- 簡単に出すことができ使いやすかった。
- 駒込ピペットより点眼瓶の方が使いやすかったです。違いは持ち方です。
- 入れやすかった。使いやすかった。
- ふたが小さかったので、もう少しふたが大きかったら使いやすいと思いました。
- 押しやすいので使うのが楽でした。
- 透明な部分を指で押すだけだったのでやりやすかった。
- 水と食塩水が入っていた入れ物が固くて押し出すのが難しかったので、普通のスポイトなどの方がやりやすいと感じた。

### 実験器具を変更した実践事例：スクリュウ管瓶を使用 (高校化学基礎：成分元素の確認)

#### 【実験内容】

塩素元素(塩化物イオン)を含む化合物に硝酸銀水溶液を加えると、白色の塩化銀が生成する。この反応が起こることで、化合物に塩素元素が含まれていることを、実験を通して確認する。実際に肢体不自由のある生徒が実験に取り組んでいる様子を、Fig. 3に示す。

#### 【実験操作】

- ①スクリュウ管瓶に、タレビンに入っている0.010mol/L塩化ナトリウム水溶液を2, 3滴加える。
- ②別のタレビンに入っている0.010mol/L硝酸銀水溶液を2, 3滴加えて、反応を確認する。



Fig. 3 生徒実験の様子(塩素元素の確認)

### スクリュウ管瓶を使用した際の生徒の意見より

スクリュウ管瓶の使いやすさに関する回答をTab. 7に示す。生徒によるアンケート結果から、スクリュウ管瓶は使いやすいとの回答を得たが、不随意運動を示す脳性麻痺のある生徒は、水溶液をスクリュウ管瓶に入れる際、狙いが定まらないのでうまく入らないこと、手先が思うように動かすことが難しい生徒が水溶液の入ったスクリュウ管瓶を落とすことから、「使いにくい」と回答していた。そのため、Fig. 4に示すようにスクリュウ管瓶の底を粘土で固定することを講じた結果、不随意運動を示す脳性麻痺のある生徒でも、水溶液を安定して入れることを可能とした。

以上のことから、障害の状況に応じて粘土で固定する配慮を講じれば、肢体不自由のある児童生徒がMC実験でスクリュウ管瓶を使用することには問題がないと考えられる。

Tab. 7 スクリュー管瓶の使いやすさに関するアンケート結果 (N=21)

質問内容	中学1年生	中学2年生	合計
使いやすい	9	11	20
使いにくい	0	1 (脳性麻痺)	1
どちらとも言えない	0	0	0

※ ( ) は回答した生徒の障害種



Fig. 4 スクリュー管瓶の底を固定して、実験に取り組んでいる様子

## 2. 実験操作の変更

肢体不自由のある生徒が教科書に記載された実験方法を実行する際、様々な困難に直面することがよくある。特に脳性麻痺のある児童生徒は、手先の不自由さにより、思った通りの操作ができないことが多い。また、通常のMC実験を肢体不自由のある生徒が行う場合、試料を実験台にこぼしてしまうことがある。そのため、肢体不自由のある生徒でもMC実験を実施するためには、実験操作を簡単に行えるように配慮する必要がある。肢体不自由のある生徒がMC実験を行う際に、どの操作を変更したのかをTab. 8に示す。

Tab. 8 肢体不自由のある児童生徒がMC実験を行う際の主な操作変更

操作内容	変更理由	変更内容
ビーカー内の試薬を、ガラス棒を使って <u>かき混ぜる</u> 。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガラス棒をうまく使えず、ビーカー内の試薬をこぼしてしまう。</li> <li>・ビーカーを押さえながら、ガラス棒で試薬を混合させることが難しい。</li> </ul>	試薬の入ったスクリュー管瓶を蓋し、手で持って軽く <u>振り混ぜる</u> 。 プラスチック製容器に試料を入れて、 <u>実験台を擦る</u> ように容器を動かす。
<u>薬包紙</u> の上に試料を載せる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・薬包紙が電子天秤から飛んでしまう。</li> <li>・薬包紙の上に、試料を置くことができない。</li> </ul>	薬包紙を <u>バランストレイ</u> (Fig. 5)に変更する。バランストレイの縁を油性ペンで色付けて縁取りする。
試料を <u>容器に入れる</u> 。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・容器に入れる前に、試料を実験台などにこぼしてしまう。</li> </ul>	<u>縁の広いプチロート</u> (Fig. 6)を使用して、試料を入れる。
水溶液の体積を計り取る際、 <u>メスシリンダー</u> や <u>ホールピペット</u> を使用する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メスシリンダーに水溶液を入れる際、入れ口が小さく、水溶液をこぼす可能性がある。</li> <li>・ホールピペットのような大きな実験器具は、立位で行なわなければならない。</li> </ul>	<u>プラスチック製注射器</u> (Fig. 7)を使用して、水溶液を計り取る。

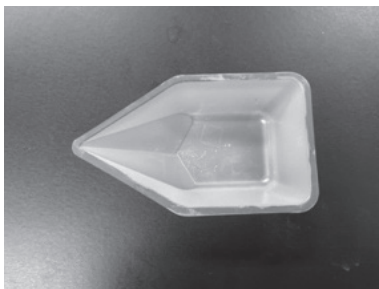


Fig. 5 バランストレイ

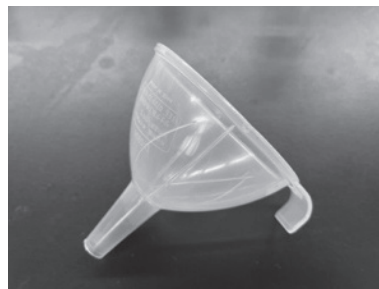


Fig. 6 プチロート



Fig. 7 プラスチック製注射器

実験操作を変更した実践事例：試料の入ったスクリュー管瓶を蓋し、振り混ぜる操作（中学校第2学年化学反応と熱：鉄粉の酸化による発熱反応）

### 【実験内容】

活性炭を含む鉄粉に食塩水を数滴加えると、鉄の酸化が起こる。その際に生じる熱を、実験を通して確認する。実際に肢体不自由のある生徒が実験に取り組んでいる様子を、Fig. 8に示す。

### 【実験操作】

- ①スクリュー管瓶の入れ口、バランストレイの縁に、油性マジックで色を塗って縁取りする。
- ②バランストレイに鉄粉と活性炭を2：1の割合でそれぞれ測りとり、乳鉢に入れてよく混ぜる。
- ③②の粉末をバランストレイに約1.2g入れ、プチロートを使ってスクリュー管瓶に入れる。
- ④スクリュー管瓶に飽和食塩水を5滴ほど加え、蓋を



する。

- ⑤スクリュー管瓶に蓋をした後、スクリュー管瓶を軽く振って、攪拌させる。



Fig. 8 生徒実験の様子（化学反応と熱）

### 実験操作を変更した際の生徒の意見より

「試料の入ったスクリュー管瓶を振り混ぜる操作」と「プラスチック製注射器を使用して水溶液の体積を計り取る操作」に関する回答を Tab. 9 と Tab. 10 に示す。

試料の入ったスクリュー管瓶を振り混ぜる操作に関して、障害の種類に関係なく問題なく取り組むことができることが明らかになった。実際に生徒の姿を見ると、筋疾患のある生徒はスクリュー管瓶を自分の手で握り、手首を使って身体に負担をかけずに振り混ぜている様子が観察された。同様に、プラスチック製注射器を使用して体積を計り取る操作についても、どの生徒も容易に操作できると回答した。脳性麻痺のある生徒からは「実験器具が使いやすく、スムーズに行えました。」との自由記述があり、筋疾患のある生徒からも「特に動かしにくいことはなかったので、問題ありませんでした。」とのコメントを受けた。しかし、一部の筋疾患のある生徒には、プラスチック製注射器を教師が補助し、吸引操作に専念すれば実施できることから、個々の障害の状態に応じて手立てや配慮が必要であることが示唆された。

Tab. 9 プラスチック製注射器の使用に関する回答結果 (N=4)

質問内容	高校2年生
簡単に使うことができた	4
操作するのが難しかった	0
どちらとも言えない	0

Tab. 10 試料の入ったスクリュー管瓶を振り混ぜる操作に関する回答結果 (N=17)

質問内容	中学1年生	中学2年生	合計
簡単に振り混ぜることができた	9	7	16
振り混ぜる操作は難しかった	0	0	0
どちらとも言えない	0	0	0

### 3. 情報の整理・見やすさ

脳性麻痺のある児童生徒は、身体的な制約に加えて感覚器に関連する困難を抱えており、これには聴力、斜視、発音などが含まれており（森川，2012）、視覚的な情報や複合的な情報を処理することを苦手とするため、提示された文字や図の正確な把握、それらの書き写し、資料の読み取りなどに困難がある場合がある。こうした場合に、文字や図の特徴について言葉で説明を加えたり、読み取りやすい書体を用いたり、注視すべき所を指示したりすることなどが考えられる（文部科学省，2018）。通常の理科実験を行う際も同様に、適切な視覚情報の取得が難しい場合が多く、実験操作の制約や実験結果の理解に課題が生じる可能性が高まる。特に斜視のある脳性麻痺のある生徒は幼少期に手術を受けることがあるが、手術を受けていても健常者と同じように視覚情報を処理するわけではないことを考慮する必要がある。また、二分脊椎のある生徒の中には、視覚的な空間認識に関する課題を抱えることがある。よって、身体的な配慮に加えて、実験操作や実験結果の視覚的なわかりやすさについても検討することが不可欠である。

MC実験では、実験プリントをラミネートし、その上で実験器具を配置して操作する手法が用いられている。本研究でも生徒の実験のしやすさを考慮して、同様の方法を採用した。さらに、視覚的な空間認識に課題を抱える生徒に対して、実験器具の縁をコントラストの強い赤や緑の色で塗り、試料の取り扱いを容易にする工夫を行った。Fig. 9 に容器の縁を油性マジックで縁取りした実験器具の一例を示す。

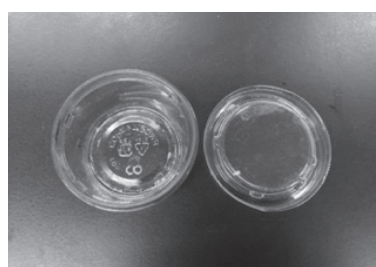


Fig. 9 縁取りしたMC実験器具の一例

### 実験装置の見やすさを考慮した実践事例：実験プリントをラミネートし、実験器具縁を油性マジックで縁取りした実験した実践事例（中学校第1学年物：BTB溶液とリトマス試験紙）

#### 【実験目的】

物質の性質の調べ方について、BTB溶液とリトマス紙の物質による変化の違いを、実験を通して理解する。実際に肢体不自由のある生徒が実験に取り組んでいる様子を、Fig. 10に示す。

#### 【実験方法】

- ①タレビンに入った塩酸，食塩水，水酸化ナトリウム水溶液を，決められた場所にそれぞれ5滴加える。
- ②BTB溶液を決められた場所に1滴加える。
- ③赤色，青色リトマス紙を決められた場所に置き，タレビンに入った塩酸，食塩水，水酸化ナトリウム水溶液を決められた場所に，それぞれ1滴加える。

#### 生徒の意見より

実験プリントをラミネートしたものを使用したことに関する回答について，その結果をTab. 11に示す。

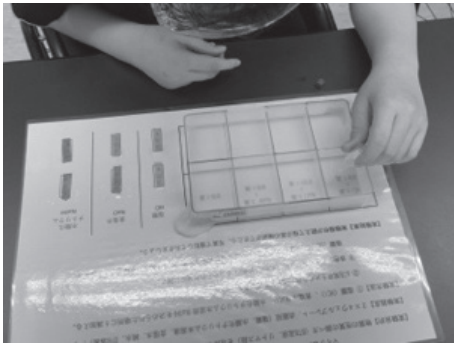


Fig. 10 生徒実験の様子（物質の性質の調べ方）

生徒の回答から，ラミネートした実験プリントに記載した実験操作を行いながら，タレビンから水溶液を押し出すことができていることが明らかになった。また，iPadで撮影することにより，実験結果を迅速に確認できる利点が見られ，ラミネートした実験プリントが肢体不自由のある生徒にも有効であることが示唆された。特に記憶の定着が乏しい生徒や発達障害のある生徒にとって，すぐに実験結果を確認することができるので，特に有効と考える。

縁取りした実験器具を使用した実験に関する回答については，その結果をTab. 12に示す。生徒の中には「どちらとも言えない」と回答した者もいたが，縁取りした実験器具を使用することで，試料を容易に入れることが可能であることが確認できた。これは，縁取りが試料の取り扱いを改善する有効な手法であることを示す。

以上の結果から，MC実験は肢体不自由のある生徒でも見えにくさに配慮することで効果的に実験が可能であることが示された。

Tab. 11 実験プリントをラミネートした実験に関して，自由記入欄で回答のあった内容（N=4）

- 見本図を見ながらできたからやりやすかった。
- みんなの実験様子を振り返られるので，良いことだと思います。
- ラミネートの上に，2×4ウェルプレートを置くことができたため，結果の確認がしやすかったです。
- 特に不便なところはなかったです。

Tab. 12 縁取り実験器具を使用した実験に関する回答結果（N=18）

質問内容	中学1年生	中学3年生	高校3年生	合計
縁取りした方が入れやすい	8	5	3	16
縁取りしても入れにくい	0	0	0	0
どちらとも言えない	0	2	0	2



### 1. ～ 3. を考慮した上で、肢体不自由のある生徒が安全にできる MC 実験の教材例

これまでの記載した内容を踏まえて、令和3年4月

から令和5年10月の期間で、筑波大学附属桐が丘特別支援学校の理科で取り組んだMC実験例をTab.13に示す。

Tab.13 肢体不自由のある生徒が安全にできる MC 実験の教材例

対象学年と実験内容	MC実験教材	従来のMC実験との違い
<p>【対象学年】 中学1年生、中学3年生・理科（粒子領域）</p> <p>【実験内容】 物質の性質（酸性、中性、アルカリ性）を調べる実験</p>	<p>【概略】 ラミネートした実験プリントを、縁取りしたプラスチック容器に配置する。なお、リトマス紙は事前にセロハンテープで指定の位置に貼り付けておく。ポリエチレン製のタレビンに入った水溶液を所定のところに数滴垂らす。(Fig. 10 参照)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラスチックの材質に十分な配慮がなかったため、水溶液をポリエチレン製のタレビンに入れ、筋疾患のある生徒や手先が不安定な生徒でも使用可能となった。</li> <li>・従来のMC実験では、見えにくさに対する配慮が不足しているため、プラスチック容器に縁取りを追加することで、視覚的な制約のある生徒でも水溶液を正確に注ぐことが可能となった。</li> </ul>
<p>【対象学年】 中学2年生・理科（粒子領域）</p> <p>【実験内容】 化学変化と質量の関係（質量保存の法則）</p>	<p>【概略】 希硫酸と塩化バリウム水溶液が入ったポリエチレン製のタレビンと、縁取りしたプラカップの質量を電子天秤で測定する。測定後、プラカップにタレビン内の水溶液を完全に押し出し、再度電子天秤で質量を測定する。(Fig. 2 参照)</p>	
<p>【対象学年】 中学2年生・理科（粒子領域）</p> <p>【実験内容】 化学反応と熱（発熱が伴う反応）</p>	<p>【概略】 バランストレイを使用して、鉄粉と活性炭を量り、プチトレイを使ってそれらをスクリュウ管に移す。その後、ポリエチレン製のタレビンに入った飽和食塩水を2, 3滴加え、スクリュウ管の蓋をして軽く振り混ぜる。(Fig. 8 参照)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・従来のMC実験では、薬包紙に置いた試薬を容器に移す際、手先が不安定で視空間認知に困難さを有する生徒は容器への正確な投入が難しい。そのため、試薬をスクリュウ管瓶に入れる際には、直接入れるのではなく、バランストレイとプチロートを使用して投入することにした。</li> </ul>

## 結論

### 本研究のまとめ

肢体不自由のある生徒は、自己の動作や姿勢に不自由さがある。その他に、視覚の情報を処理し、空間の全体的なイメージをつかむための機能である視空間認知の困難さや日常生活等における経験不足や体験のしにくさもあり、中学校学習指導要領理科編（文部科学省，2017）に示された学習事項を通常校と同じように扱うのは難しい。また、実験の安全性にも十分配慮しなければならない。肢体不自由のある生徒が所属する特別支援学校における理科の実験は、教師による演示実験や観察を中心とし、実験結果から考察や新たな課題を考えさせることが多い。また、生徒が実験する際には、見えにくさや扱いにくさを解消すべく、目盛りを見やすくし、大きめの実験器具を使用して、生徒

が実験しやすい配慮を施している（小山，2018）。

一方、我が国の通常校ではMC実験が行われていた。近年では、新型コロナウイルスの感染拡大により、学校現場での実験が制限されていたが、MC実験が感染リスクを低減できる教育活動の手段として実践されている（荻野，2022）。しかし、肢体不自由特別支援学校では、MC実験に関する知識を持った教員が少ないことなどから、実践報告されていなかった。

本研究は操作が簡単で安全性の高いMC実験の特色に着目して、肢体不自由のある生徒に配慮した実験器具を用いたMC実験の開発と授業実践に着手した。その結果、肢体不自由のある生徒が操作しやすいように、以下の3点を配慮すると、MC実験を行うことができることを導いた（山田，2023）。肢体不自由のある生徒にMC実験を行う際の問題点と配慮事項をFig. 11に示す。

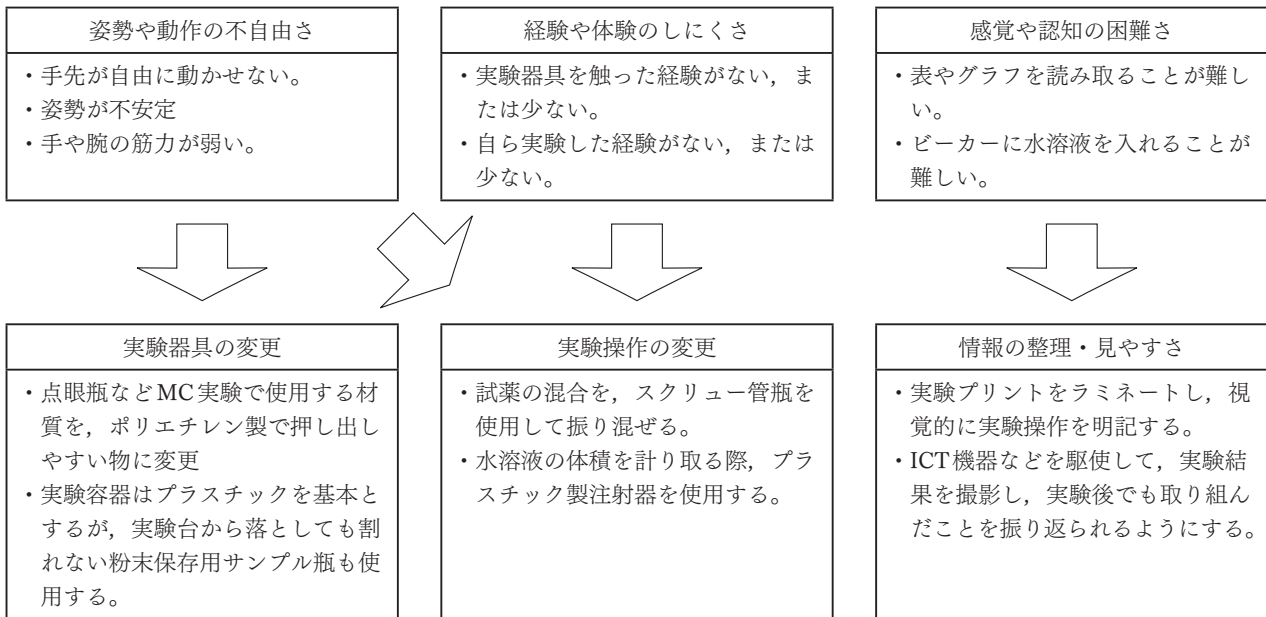


Fig. 11 肢体不自由のある生徒にMC実験を行う際の問題点と配慮事項

### 今後の課題

肢体不自由のある生徒、特に脳性麻痺、または、筋疾患を有する生徒に対するMC実験を行う際の配慮事項は、本研究における教育実践で示すことができたが、痙直型脳性麻痺のある生徒は上肢の筋肉の緊張が強く、MC実験の操作性において、細かい動作に困難が生じることもある。また、不随意運動を示す脳性麻痺のある生徒に対して、現在は教員の補助がないと実験を行うことが難しい。そのため、MC実験を行う際には、障害の種類に応じた操作方法を検討する必要がある。さらに、肢体不自由特別支援学校以外でのMC実験の実践事例が限られているため、障害の種類に合わせたMC実験の実施方法についての報告と共有が必要である。

また、共生社会を築くために、起因による疾患に合わせたMC実験はインクルーシブ教育に大いに貢献できる。そのため、本研究で示したMC実験の実践事例を、通常の学校でも同様に適用できるよう検討し、障害の有無に関係なく実施できる方法についても検証する必要がある。

### 引用・参考文献

文部科学省初等中等教育局特別支援教育課 (2021) 障害のある子供の教育支援の手引～子供たち一人一人の教育的ニーズを踏まえた学びの充実に向けて～ [https://www.mext.go.jp/content/20210629-mxt\\_tokubetu01-000016487\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210629-mxt_tokubetu01-000016487_01.pdf) (2023年10月30日閲覧)

学校教育法

第8章(特別支援教育)第72条 <https://elaws.egov.go.jp/document?lawid=322AC0000000026> (2023年10月10日閲覧)

小山信博 (2018), 日本肢体不自由教育研究会機関誌 (233), 44-51

教科指導における障害特性を踏まえた指導・支援のコツ (4) 観察・実験を中心とした理科の授業における学習上の困難と指導の工夫

小山信博 (2016), 筑波大学附属桐が丘特別支援学校研究紀要第52巻, 145-156

上肢障害のあ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

荻野和子 (2001), 化学と教育 49巻 第2号, 110

マイクロスケール実験の広場 (その1)

荻野和子・片岡久美子・猪俣慎二・生田博 将・高瀬つぎ子・高木由美子・高橋智香 (2022), 化学と教育 70巻 第1号, 44-47

COVID-19蔓延下におけるMC実験の有用性

外務省国際協力局地球規模課題総括1課 (2023) 持続可能な開発目標 (SDGs) 達成に向けて日本が果たす役割

[https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/sdgs\\_gaiyou\\_202206.pdf](https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/pdf/sdgs_gaiyou_202206.pdf) (2023年10月10日閲覧)

文部科学省初等中等教育局特別支援教育課 (2012) 共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進 (報告) 概要

[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/attach/1321668.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/attach/1321668.htm) (2023年10月

10日閲覧)

梶田隆章・真行寺千佳子・永原裕子・西原寛, 東京書籍株式会社 (2020)

新しい科学1, 75-141

新しい科学2, 19-90

新しい科学3, 9-132

小川桂一郎・松尾基之他, 東京書籍株式会社 (2023)

改訂 新編化学基礎26-35, 108-109

マイクロスケール化学実験ホームページ

<https://microscale-exp.csj.jp/index.html> (2023年10月28日閲覧)

森川昭廣・内山聖・原寿郎・高橋孝雄 (2012), 医学書院

標準小児科学

文部科学省 (2018)

特別支援学校学習指導要領 (平成30年告示) 解説  
各教科等編 (小学部・中学部) (2023年11月15日閲覧)

文部科学省 (2017)

中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説 理科編

(2023年11月6日閲覧)

山田一幸・荻野和子 (2023), 日本化学会東北支部令和5年度化学系学協会東北大会口頭発表

肢体不自由生徒を対象としたマイクロスケール実験～中学校理科の化学分野で扱う質量測定が関わる実験を行う際の工夫～

#### 付記

本研究の一部は, 令和5年度化学系学協会東北大会および日本化学会東北支部80周年記念国際大会 (2023年9月10日 (日), 東北大学で開催) にて, 口頭発表した。

#### 謝辞

マイクロスケール実験を意欲的に参加してくれた筑波大学附属桐が丘特別支援学校の生徒に厚く御礼申し上げます。

また, 本研究は科研費 (21K02877) 「SDGsに資し, COVID-19等感染症の感染リスクを低減する化学実験の研究 (研究代表者: 荻野和子)」 の助成を受けた。