

## 理科授業における測定誤差の扱い方に関する研究 —実験精度の向上と子どもの納得という観点に着目して—

The study on the handling of measurement error in the science lesson

前田珠里\* 吉村基\*\* 福本有花\*\* 中城満\*\*

MAEDA, Juri\* YOSHIMURA, Motoi\*\* FUKUMOTO, Yuka\*\* NAKAJO, Mitsuru\*\*

高知大学教育学部生涯教育課程\*

Lifelong Education Section, Faculty of Education, Kochi University\*

高知大学教育学部理科教育コース\*\*

Science Education Section, Faculty of Education, Kochi University\*\*

**【要約】** 本研究では、理科授業における測定誤差の扱い方に焦点を当て、測定誤差を解消するための具体的な手法について明らかにすることを目的とした。そこで、測定誤差を克服するための仮説として、「実験精度の向上」と「子どもの納得」という二つの視点に着目し、実際の授業記録から実験方法や指導方法の妥当性を分析・検討した。その結果、「あえて実験の精度を落とすこと」や「実験結果を一覧にし、客観的に考察させること」、「測定誤差の範囲をあらかじめ設定すること」などが測定誤差を克服するために効果的な手立てであるということが明らかになった。

**【キーワード】** 測定誤差, 実験精度, 子どもの納得, 誤差の認識, 客観性

### 1. 問題の所在

中学校学習指導要領解説理科編（文部科学省,2008:32）では、「力の働き」の単元の取扱いにおける測定結果の処理について次のように記載されている。

測定結果を処理する際、測定値には誤差が必ず含まれていることや、誤差を踏まえたうえで規則性を見いださせるように指導し、誤差の扱いやグラフ化など、測定値の処理の仕方の基礎を習得させることが大切である。

このことから、理科の授業で定量的な実験を扱う場合には、測定誤差の生じる可能性を考慮しなければならないことがわかる。

しかし、実際の授業においては、測定誤差が含まれた結果を考慮することなく学習が進んでしまい、求めたい結論に至らない場合がある。一方、子どもたちの立場からすると、たとえ測定誤差が含まれたものであっても実験の結果は実証によって得られた事実であり、これらを訂正することによる抵抗感が生じてしまう場合も考え

られる。したがって、このようなことを配慮し、測定誤差による混乱をできるだけ避けるための教師の働きかけが大変重要になってくる。

### 2. 研究の目的

そこで本研究では、実際の授業記録の中から定量実験の行われたものを抽出し、その授業で採用された実験方法や指導の方法を比較した。そして、その実験によって導き出された結果を教師がどのように扱ったのかを分析し、測定誤差の扱いに関する妥当性を検討した。

さらに、これらの分析を通して、測定誤差を解消するための具体的な手法について明らかにすることを本研究の目的とした。

### 3. 本研究における授業分析にあたって

本研究において、測定誤差解消のためのポイントを明らかにするために、「実験精度の向上」と「子どもの納得」の二つを授業分析の視点として挙げた。

第一は、測定誤差の生じる可能性を軽減するため、実験の精度を上げるということである。例えば、実験方法の妥当性を検討し、予備実験を十

分行うなどして実験の精度を上げるといった解決策である。また、精度の高い実験器具を用いることによる測定誤差の軽減などが挙げられる。これは、通常教材研究や教材開発において取り組まれる教師の工夫であり、多くの授業ですでに実践されている場合が多いだろう。しかし、実験器具の精度を上げることにより、測定誤差の生じる可能性が増えてしまうことも想定される。そのため、第一の視点は大変重要ではあるが、これにより完全に測定誤差を排除することはできないと言いきれない。

そこで、重要となってくるのは、子どもたちが納得できるような結果の扱いについての配慮である。これが第二の視点である。植木ら(植木・久保田,2012:222)によれば、実験結果に微細な数値の差が生じる場合に、児童は以下の二つの判断をすとしてしている。それは、微細な差を誤差と認識し値は変化しないとする判断と、微細な差を誤差とは認識せずに変化はあったとする判断の二つである。この場合、後者のような判断をした子どもたちに微細な差は測定誤差であると認識させるための教師の働きかけが非常に重要になってくる。そのことにより、実験結果から考察する場面での測定誤差による混乱を避けることにつながるのである。

以上のような二つを本研究における授業分析の視点とし、このようなことが配慮されているかについて実際の授業記録の分析を行った。その上で測定誤差を克服するための方法を明らかにしようと試みた。

#### 4. 研究の方法

本研究では、平成 25 年から 27 年にかけて収集した高知県の小・中学校の理科授業を対象とした。その中から、実際に子どもたちが定量実験を行った 3 件の授業記録を抽出した。これらの授業記録をもとに、第一の「実験精度の向上」という視点から実験方法の妥当性を検討した。さらに、第二の「子どもの納得」という視点から、測定誤差が生じた場合に教師がこれらをどのよ

うに扱ったかについても考察した。実際に抽出した授業の概要は、表 1 の通りである。

表 1 抽出した授業の概要

	日付	学年	単元名
授業 A	2015/01/30	小学校 5 年	もののとけかた
授業 B	2015/09/08	小学校 3 年	ものの重さを調べよう
授業 C	2015/11/29	中学校 1 年	力と圧力

授業 A では、水の量が 50ml の場合と 100ml の場合で食塩やミョウバンの溶ける量がどのように違うのかを定量実験によって調べさせた。

授業 B では、「粘土の形を変えると重さは変わるのだろうか」という課題のもと、定量実験を行い、「形が変わっても粘土の重さは変化しない」ということについて気づかせた。

授業 C では、浮力の大きさには何が関係しているのかを調べるための実験計画を子どもたちに立てさせ、実験結果から考察して浮力の大きさには物体の体積が関係し、水中にある部分の体積が大きいほど、浮力は大きくなるということに気づかせるための定量実験を行わせた。

### 5. 結果と考察

#### (1) 授業 A についての考察

##### (a) 実験精度の向上という視点について

実験 A で教師は、水に食塩やミョウバンを溶かす際に、さじ一杯 (4g) が完全に溶けてから次の 4g を入れさせるようにした。この実験の場合、より正確に水に溶ける量を調べるためには、例えば 4g ずつではなく、1g ずつ入れさせるべきである。しかし、一回に入れる食塩およびミョウバンの量を 4g に設定したことで、実験結果に測定誤差が表示されにくくする意図があったと考えられる。

このように、あえて実験の精度を落とすことは、測定誤差を解消するための手立ての一つである。

##### (b) 子どもの納得という視点について

実験結果をまとめる際に、教師は図 1 のようなグラフを用いた。これは、測定値のばらつきが一見してわかるため、考察の段階に移行する前

に測定誤差の生じた値を考慮できるというメリットがある。また、数字で比較するよりもグラフで比較の方がおよその値から結論を考察できるというメリットがある。

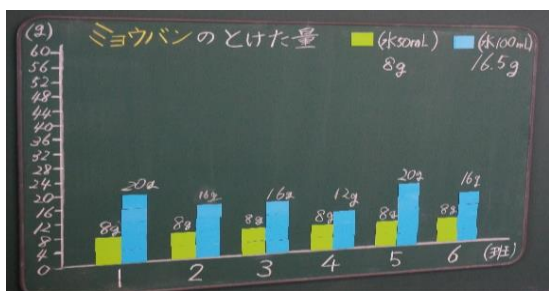


図1 実験結果をまとめたグラフ

さらに、本授業ではグラフにまとめただけでなく、溶けた食塩やミョウバンの量の平均も算出させた。平均値を算出したことにより、本来知りたい値に近い値が出てくる可能性が高いというメリットがある。

実験結果をグラフに一覧でまとめたことや平均を算出したことにより、子どもたちが測定誤差を認識していると推測できる発言（下線は筆者による）を実際の授業記録の中から以下に記した。

TA-108：食塩、食塩も？倍になった？

CA-84：だいたいね。

(中略)

CA-87：えっと。ミョウバンは平均が 16.5。

TA-112：16.5 g？えっと、これ見たらわかるけど、水 50ml の時は？平均は？

CA-88：8g。

TA-113：8g。全部 8。てことはどう？

CA-89：2 倍。

CA-90：約 2 倍。

下線で示したように、「だいたい」や「約 2 倍」という子どもたちの発言から、子どもたちは平均値のわずかな差は測定誤差であるという認識ができていたと考えられる。

一方で、平均値を求め、実験結果を考察することにはデメリットもある。平均値を求めることは、数値のばらつきを無視してしまうことにもつながり、その扱い方には注意しなければなら

ない。グラフで一覧に表し、測定値のばらつきを把握することができれば、平均値を求める必要はないのではないかと考える。

## (2) 授業Bについての考察

### (a) 実験精度の向上という視点について

授業Bの実験では、小数点以下が表示されない電子天秤を用いた。これは、結論を導き出すために「意味のない差」をあえて扱わないですむようにするという意図があったのではないかと考えられる。つまりこれは、測定誤差が実験結果に現れにくくするための手立てである。

このような手立ては、授業Aに見られた「あえて実験の精度を落とす」ということと同じ意味をもつ。

### (b) 子どもの納得という視点について

前述のように、授業Bにおいて教師は測定誤差が現れにくくするための手立てを行ったが、実際には 1g の測定誤差が生じてしまった。そこで、考察をする際に教師が行った手立ては、実験結果を一覧の表(表2)にまとめるというものであった。このように、すべての結果を比較することで、子どもたちは客観的な視点から誤差の含まれた結果を切り捨てることができる。

ここで、さらに子どもたちの測定誤差の認識をより確かなものにするためには、実験結果のわずかな差が測定誤差であるということに気づかせ、教師の発話からではなく、子どもたちの発言から結論を考察させたい。その解決策として、測定誤差が生じた子どもの粘土で再度実験をし、測定値を改めて確かめさせることなどが考えられる。そうすることによって、子どもたちは測定誤差を認識し、子どもたちの発言から結果を考察することができると思う。

表2 実験結果をまとめた表

回数	名前	S	T	N	A	S	R	R	C
1回目		128g	118g	123g	106g	127g	129g	110g	130g
2回目		128g	118g	123g	106g	127g	128g	110g	130g
3回目		128g	118g	123g	106g	127g	128g	110g	130g
4回目		128g	118g	123g	106g	126g	129g	110g	130g
5回目		128g	117g	123g	106g	126g	128g	110g	130g

### (3) 授業Cについての考察

#### (a) 実験精度の向上という視点について

授業Cにおいて、実験器具の取扱いに関して教師が行った手立ては、水槽の側面におもりが当たって正確な浮力が測れなくなることを防ぐために、水槽の形を縦に長いものにしたことである。さらに、目盛りと目の高さを合わせやすくするために、机の上に水槽を置くのではなく、水道の流し部分に置くことによって、子どもたちが無理なく正確にばねばかりの目盛りを読み取れるようにした。図3の授業風景から、子どもたちは自ら測定誤差が生じないよう意識をして、ばねばかりの目盛りと目の高さを合わせ、実験操作をしている様子が見える。

このように、操作の方法が原因で測定誤差が生じるのを教師が防ぐことにより、子どもたち自身も測定誤差を意識して実験操作を行うことができる。これは、測定誤差を解消するための視点として重要なことである。



図2 授業風景

#### (b) 子どもの納得という視点について

授業Cで教師は、前項で述べたような正確に測るための工夫だけでなく、実験前に測定誤差の範囲についても触れた。それは、「ばねばかりの最小目盛りである 0.1N を測定誤差の範囲内とする」ということである。実験を始める前に、あらかじめ誤差の範囲を設定したことによって、万が一実験結果に測定誤差が生じてしまった場合でも「0.1N は誤差である」という認識のもとで結果を考察することができる。

そのため、事前に誤差の範囲を設定しておくことは、「子どもの納得」という視点において測

定誤差を克服するための非常に有効的な手立てであると考えられる。

#### (4) 総合的考察

研究対象とした3つの授業記録から、「実験精度の向上」という視点で実験方法の妥当性を分析した際に、次のような共通点が明らかとなった。それは、「あえて実験の精度を落とす」ということである。実験精度を向上することで、測定誤差は解消できるという仮説を立てたが、実際には「実験精度をあえて落とすこと」が測定誤差を克服するための重要な手立てであるということが明らかとなった。

さらに、「子どもの納得」という視点からは、「実験結果を一覧にし、客観的に考察させること」や「測定誤差の範囲をあらかじめ設定すること」などが測定誤差による混乱を避けるために有効な手立てであるということが明らかになった。いかにして、子どもたちに実験結果のわずかな差を測定誤差であると認識させるかが重要である。

### 6. おわりに

本研究では、測定誤差を克服するための仮説として、二つの授業改善の視点をもとに、実験方法や指導方法の妥当性を分析・検討した。

測定誤差を完全に排除することはできないという意識をもち、その上で、測定誤差を克服するための手立てを工夫しなければならない。

今後は、本研究で見出された授業改善の視点が他の授業においても当てはまるのかなどを検討し、仮説の妥当性を検証したい。

### 6. 引用および参考文献

- 文部科学省：中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書株式会社，2008
- 文部科学省：高等学校学習指導要領解説理科編理数編，実教出版株式会社，2009
- 植木幸広・久保田善彦：振り子の学習における数値の処理が、数値比較の判断に与える影響—平均と誤差の認識に着目して—，理科教育学研究，Vol.53，No.2，pp.219-227，2012