

A Consideration on an Experiment with Gas Concentration Measurement in Elementary School Science

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-03-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 樋口, 昇 メールアドレス: 所属:
URL	https://mu.repo.nii.ac.jp/records/1411

小学校理科における気体濃度測定を伴う 実験についての考察

A Consideration on an Experiment with Gas Concentration Measurement in Elementary School Science

樋口 昇^{*}
HIGUCHI Noboru

1 問題の所在

現行学習指導要領総則では、「一人一人の児童が、豊かな創造性を備え持続可能な社会の創り手となること。」を期待している。一方、2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された「持続可能な開発目標（SDGs）」の目標達成のためには、学校現場でのより具体的で目的志向的な実践が求められている。文部科学省及び日本ユネスコ国内委員会では、ユネスコスクールをESDの推進拠点として位置付けている。ESDとは、社会や世界の様々な側面を総合的に学習するであり、ESDをより一層推進することは、SDGsの達成に直接・間接につながっている。2019年11月現在、国内で1,120校がユネスコスクールに加盟しており、意欲的な実践開発が期待されている。こうした取り組みとともに、各学校が、教科等の内容をSDGsの視点から捉えなおし、実践を組立てていくことが重要となる。

「持続可能な開発目標（SDGs）」は、産業革命以降急激に活発化した人間活動により、経済・社会の基盤である地球の持続可能性が危ぶまれていることに端を発している。こうした背景の中、「持続可能な開発目標（SDGs）」の目標達成のために小学校における理科教育が果たす役割は大きい。特に地球環境の視点がその目標に含まれる目標7「エネルギーをみんなに、そしてクリーンに」、目標13「気候変動に具体的な対策を」、目標14「海の豊かさを守ろう」、目標15「陸の豊かさを守ろう」については、各学年の学習内容と関連させながら展開するとともに、学習から得られた科学的な概念をSDGs達成につなげるため、総合的な学習の時間における学習活動を通して、児童の行動変容につなげていくことが重要となる。カリキュラムマネジメントの観点からとらえると、理科学習から得た科学的な概念を総合的な学習の時間における導入と位置付け、連続して展開することが効果的である。

本稿では、理科学習から得られた科学的な概念を総合的な学習の時間におけるSDGs（目標13・15）達成につなげる前段階として、気体濃度の変化を測定する実験を含む第6学年理科「A(1) 燃焼の仕組み」、「B(1) 人の体のつくりと働き」、「B(3) 生物と環境」において、児童の実験の捉え方や実験から得た概念等を考察するとともに、一部の学校に酸素・二酸化炭素濃度の変化を

* 武蔵野大学教育学部

同時に測定できる「気体センサー」を導入することにより、気体検知管を活用した実験との比較から、「気体センサー」のもつ教材性について考察する。

なお、変化の過程を測定できる気体センサーの有効性について、平山ら(2014)の報告がある。さらに、酸素センサーの優れた教材性(実験の安全性、実験操作の容易性、実験結果の明瞭性、実験の即時応答性等)については、後藤ら(2017)が報告している。本稿では、同一の児童が、気体検知管と気体センサーの両方を活用し、その比較から「気体センサー」のもつ教材性について考察するものである。

2 研究の目的

- (1) 第6学年の「A(1) 燃焼の仕組み」、「B(1) 人の体のつくりと働き」、「B(3) 生物と環境」の単元における気体濃度の変化を測定する実験(気体検知管使用)に対する児童の捉え方や実験から得た概念等を考察する。
- (2) 一部の学校において、第6学年の「B(3) 生物と環境」の実験のみ、酸素・二酸化炭素濃度の変化を同時に測定できる「気体センサー」を活用し、気体検知管を活用した実験との比較から、「気体センサー」のもつ教材性について考察する。

3 研究の方法

3.1 調査対象・実施時期・方法等

東京都内公立小学校3校の第6学年児童を対象に、「A(1) 燃焼の仕組み」、「B(1) 人の体のつくりと働き」、「B(3) 生物と環境」の学習が終了した令和2年7月から9月にかけて、質問紙調査を実施した。3校のうち2校(A群:児童数162名)は、すべての実験において「気体検知管」を使用した。3校のうち1校(B群:児童数57名)は、「A(1) 燃焼の仕組み」、「B(1) 人の体のつくりと働き」の実験において「気体検知管」を使用し、「B(3) 生物と環境」の実験において「気体センサー」を使用した。

また、各学校の指導者に対して、質問紙調査を実施した。

3.2 調査内容

児童を対象とした質問内容は以下の通りである。

- (1) 「A(1) 燃焼の仕組み」、「B(1) 人の体のつくりと働き」、「B(3) 生物と環境」における気体濃度測定を伴う3実験のうち、最も印象に残っている実験とその理由
- (2) 人と植物における空気を通した関わりの捉え方
- (3) 気体検知管の使い方で難しいと感じた点(A群のみ)
- (4) 気体検知管に比べ気体センサーの便利だと感じた点(B群のみ)

指導者を対象とした質問内容は以下の通りである。

- (1) 「気体検知管」を使用した指導の困難な点や不安に感じる点
- (2) 「気体検知管」に比べ「気体センサー」が優れていると感じる点

3.3 調査結果の分析

質問紙調査については、形態素解析(日本語テキスト型データ分析システム:KH Coder 使用(樋口耕一, 2014))を行い、頻出語のうち回答の傾向を反映していると判断する語句を抽出し

分析した。

3.4 使用機器

B群において使用したのは、酸素・二酸化炭素同時測定可能な以下の機器である。

デジタル気体測定器 GOCD-1（株）ナリカ

なお、気体検知管については、各学校が所有している機器を活用した。



図 3-4-1 デジタル気体測定器

4 調査の結果

4.1 調査内容 (1)-1 「気体濃度測定を伴う3実験のうち最も印象に残っている実験」

気体濃度の測定を伴う3実験のうち最も印象に残っている実験として、「A(1) 燃焼の仕組み」における実験を挙げた児童が、A群・B群ともに最も多く約7割を占めている。A群においては、「B(1) 人の体のつくりと働き」が次いで多く、「B(3) 生物と環境」が最も少ない。一方、B群においては、A群に比べ、「B(1) 人の体のつくりと働き」と「B(3) 生物と環境」の順位が逆転している。

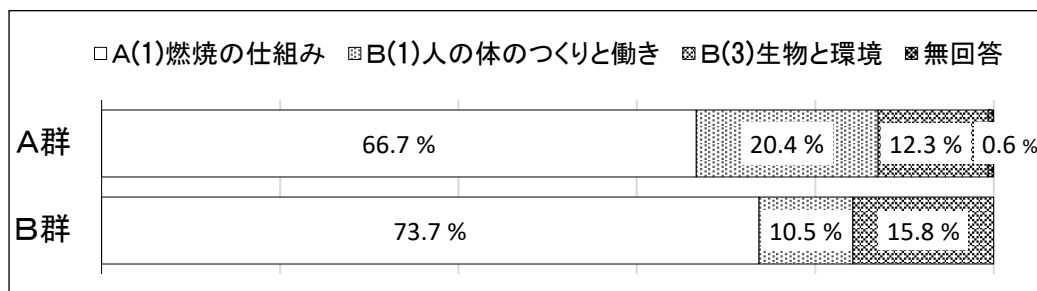


図 4-1-1 気体濃度測定を伴う3実験のうち最も印象に残っている実験

4.1 調査内容 (1)-2 「印象に残っている実験の理由」

(1) 「A(1) 燃焼の仕組み」を挙げた児童の記述から

A群の中で、最も印象に残っている実験として「A(1) 燃焼の仕組み」を挙げた児童の理由について形態素解析（KH Coder 使用）を行った。頻出語のうち、助詞や助動詞などのどのような文章にでも出現する一般的な語などを除外した上で、頻出語を用いて共起ネットワークを描き分析した。共起ネットワークは、出現パターンの似通ったものを線で結んだ図、すなわち共起関係を線で表したネットワーク図であり、図中のバブルプロットの大きさが出現語数を表現し、バブルプロット間の線の太さ及び表示された係数が共起関係の強さを表現している。頻出語の出現数については、各実験を選択した児童数が異なることから児童数に対する出現数の割合である出現率に変換し分析した。

最も印象に残っている実験として「A(1) 燃焼の仕組み」を挙げた児童の理由に関する記述を分析した共起ネットワークでは、「燃える」「空気」「実験」「酸素」「分かる」などの頻出語間の共起関係が強いことが分かった。燃焼前後の空気の変化を実験により確かめたことが印象に残っていると考えられる。また、A群の指導者より、新型コロナウイルス感染拡大防止に関わる休校措

置が明けた直後の実験であったとの情報を得ている。実験により確かめることの価値を、児童がより強く感じていることが予想される。

代表的な記述例を示す。

- 「ろうそくが燃える前と燃え後の空気を調べる実験で、ろうそくが燃える前の気体と燃えた後の気体がちがいで、びっくりしたから。」
- 「物がもえるときに、どのように酸素がつかわれて、なぜ二酸化炭素がでてくるのかが気になったからです。また、人間の呼吸のようだなと思い、興味がわいてきたからです。」

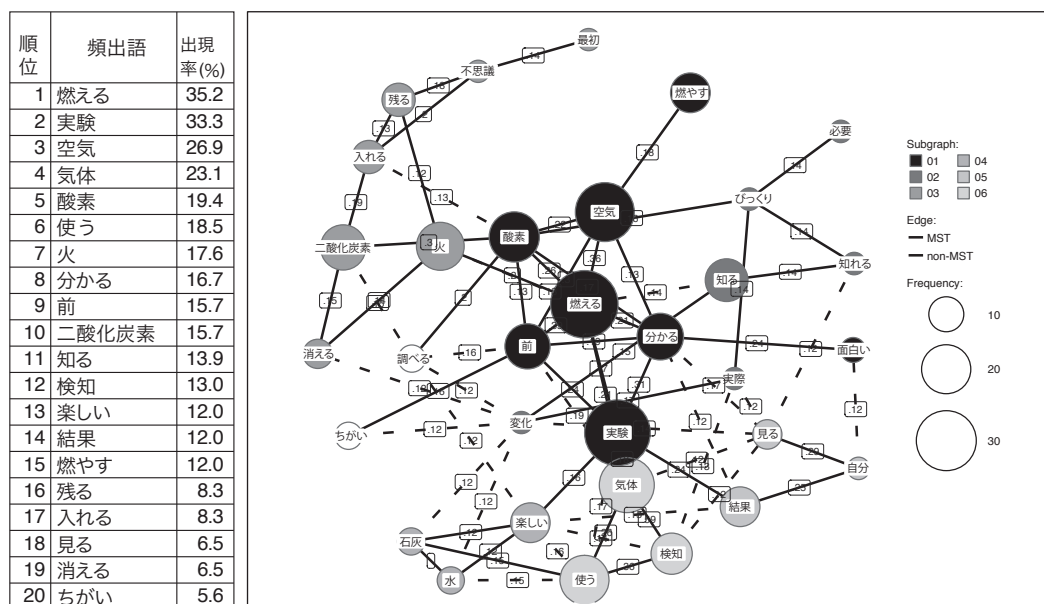


図 4-1-2 頻出 20 語及び共起ネットワーク：A(1) 燃焼の仕組み：A 群

(2) 「B(1) 人の体のつくりと働き」を挙げた児童の記述から

A 群の中で、最も印象に残っている実験として「B(1) 人の体のつくりと働き」を挙げた児童の理由について形態素解析 (KH Coder 使用) を行った。処理や分析の方法は、4.1(1) と同様である。

最も印象に残っている実験として「B(1) 人の体のつくりと働き」を挙げた児童の理由に関する記述を分析した共起ネットワークでは、「空気」「知る」「自分」「吸う」「息」「体」「実験」などの頻出語間の共起関係が強いことが分かった。自分自身の体を調べることの楽しさ、体のつくりの巧みさと不思議さなどを感じているものと考えられる。

代表的な記述例を示す。

- 「人が吸う空気とはいた空気のちがいがいまままで分からなかったのが実験をして理解することができたから。」
- 「日々あたりまえに呼吸しているが、体の中で、肺などを使い、二酸化炭素をはきだしている作業が、1 秒のあいだに行われている事におどろいた。また、体のはたらきとつながるから。」

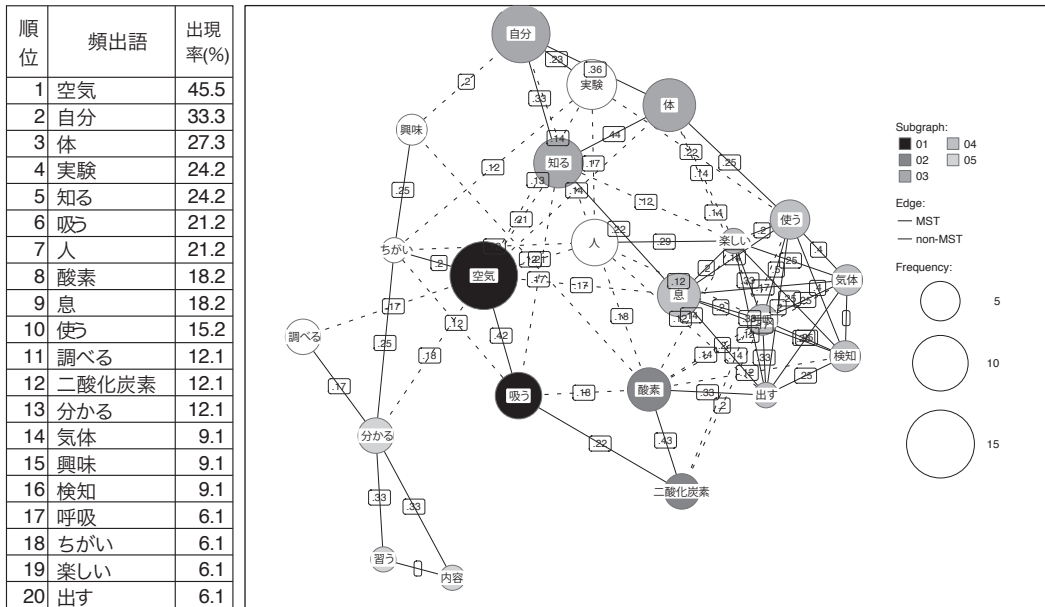


図 4-1-3 頻出 20 語及び共起ネットワーク：B(1) 人の体のつくりと働き：A 群

(3) 「B(3) 生物と環境」を挙げた児童の記述から

A 群の中で、最も印象に残っている実験として「B(3) 生物と環境」を挙げた児童の理由について形態素解析（KH Coder 使用）を行った。処理や分析の方法は、4.1(1)と同様である。

最も印象に残っている実験として「B(3) 生物と環境」を挙げた児童の理由に関する記述を分析した共起ネットワークでは、「植物」「呼吸」「人間」「酸素」「知る」「出し入れ」などの頻出語間の共起関係が強いことが分かった。空気を通して、人が植物と関わっていることへの気付きが印象に残っているものと考えられる。

代表的な記述例を示す。

- 「植物の出し入れする気体がなにか、前から気になっていて、出し入れする空気が分かったときスッキリしたから。」
- 「植物が出し入れする空気がよく分かった。人は植物が作りだしていた酸素を吸っていることは印象に残った。」

この単元の実験のみ「気体センサー」を使用した B 群の児童のうち、最も印象に残っている実験として「B(3) 生物と環境」を挙げた児童は 57 名中 7 名であった。母数が小さいため共起ネットワーク等の分析は行わなかったが、SDGs 目標 13 等につながる特色ある記述があった。

B 群児童の記述例を示す。

- 「植物が人間とどのようにちがうかを知ったりすることができて、植物が人間にとってとてもなく大事であることを学習できたから。」

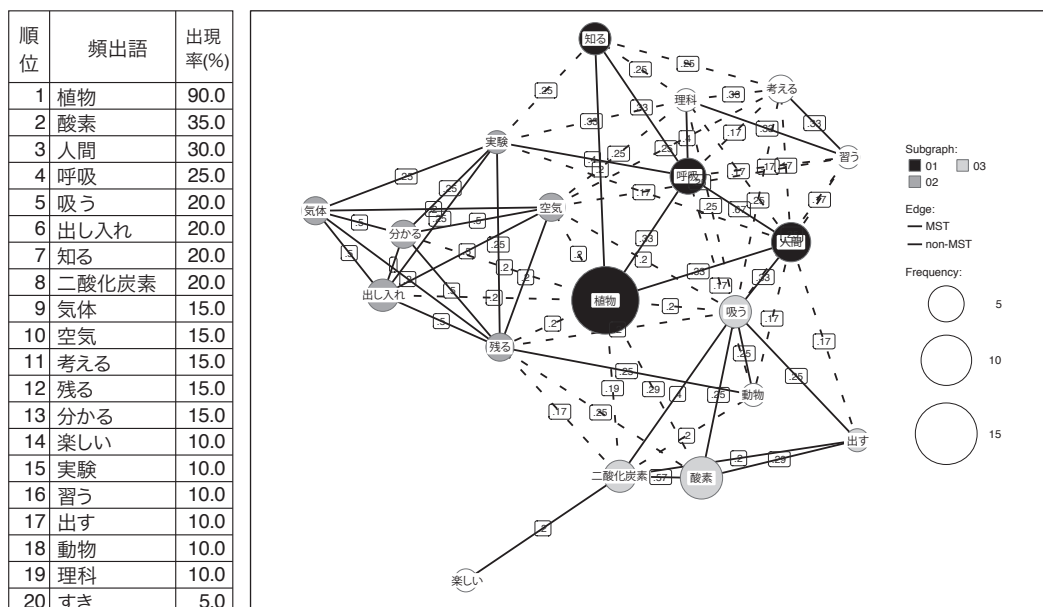


図 4-1-4 頻出 20 語及び共起ネットワーク：B(3) 生物と環境：A 群

4.2 調査内容(2)「人と植物における空気を通じた関わりの捉え方」

この内容に関する質問紙調査では、以下の質問に関して自由記述で回答を得た。

「動物のからだのはたらき」・「生き物の暮らしと環境」の学習内容や実験などを思い出してください。人や動物は、酸素を取り入れて二酸化炭素を出しています。しかし、地球上の酸素はなくなることはありません。これはなぜですか。くわしく書いてください。

児童の記述について形態素解析 (KH Coder 使用) を行った。頻出語のうち、助詞や助動詞などのどのような文章にでも出現する一般的な語などを除外した上で、頻出語を用いて共起ネットワークを描き分析した。すべての実験を気体検知管で実施した A 群児童の記述と、「B(3) 生物と環境」における実験のみ気体センサーを活用した B 群児童の記述それぞれについて分析を行った。頻出語の出現数については、A 群・B 群の児童数が異なることから児童数に対する出現数の割合である出現率に変換し分析した。

共起ネットワークでは、A 群・B 群ともに「植物」「酸素」「二酸化炭素」の頻出語間の共起関係が強い傾向がみられた。また、B 群の共起ネットワークでは、ほぼすべてのバブルプロットが線で結ばれていることから、共起ネットワーク上のほぼすべての頻出語間に共起関係があると捉えることができ、この傾向は A 群の共起ネットワークよりも顕著であることが読み取れる。

頻出語の出現率では、「植物」「酸素」「二酸化炭素」の頻出語において A 群に比べ B 群が高い傾向が見られる。また、明らかな誤答や無答の割合は、A 群において 19.8%、B 群において 10.1% であった。A 群の誤答・無答の割合は、樋口昇 (2018) が報告した東京都内公立小学校第 6 学年児童 399 名に対して行った調査結果における誤答・無答の割合である 22.1% とほぼ同様の結果と

なった。また、「植物も呼吸をしているものの、光合成による酸素発生量が上回るなど、植物の呼吸における酸素使用量と光合成による酸素発生量との関係に触れた主旨の回答」をした児童の割合は、A群において 1.9%、B群において 5.3%であった。なお、樋口昇 (2018) が報告した同様の調査結果は 2.5%であった。

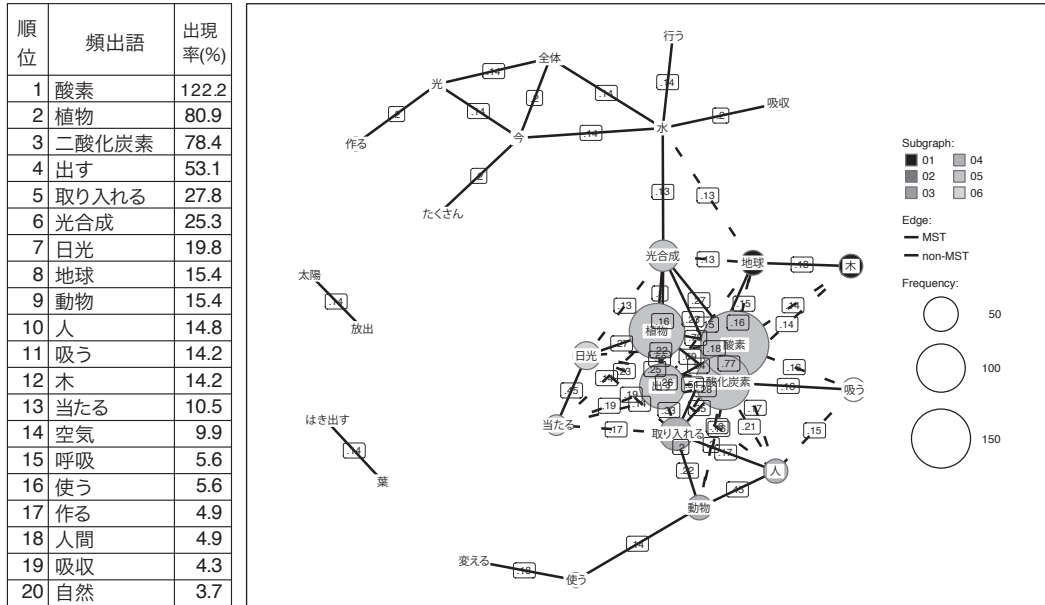


図 4-2-1 頻出 20 語の出現率及び共起ネットワーク：A 群

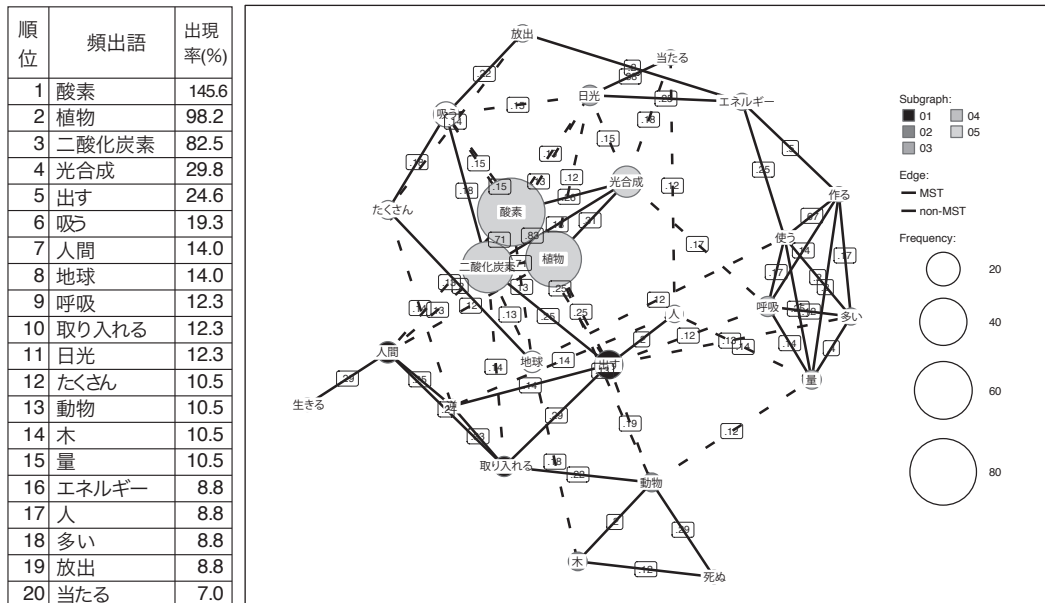


図 4-2-2 頻出 20 語の出現率及び共起ネットワーク：B 群

4.3 調査内容(3)「気体検知管の使い方で難しいと感じた点(A群のみ)」

この内容に関する質問紙調査では、以下の質問に関して自由記述で回答を得た。

6年生の理科では「気体検知管」を使用しましたね。「気体検知管」の使い方で、難しいと感じたことがあったら、書いてください。

児童の記述について形態素解析(KH Coder 使用)を行った。頻出語のうち、助詞や助動詞などのどのような文章にでも出現する一般的な語などを除外した上で、頻出語のうち回答の傾向を反映していると判断する語句を抽出・分類し分析した。

(1) 実験の安全性に関する不安等

「折る・先・ガラス」等の頻出語を用いている児童は、気体検知管の両端を折る手順に難しさや不安を感じたり、発熱を心配したりしていることが読み取れる。指導者の回答には、「ガラスの破片や検知管の先が目などに入らないか不安」、「酸素の検知管が熱くなりやけどが心配」などが見られた。

(2) 実験結果の明瞭性に関する困難

「目盛り・数値・見る・読む」、「結果」等の頻出語を用いている児童は、実験後の目盛りの読み取り方や、測定したにもかかわらず、うまく動作しないことがあることなどに困難を感じていることが読み取れる。指導者の回答には、「目盛りの読み間違いが起きる」などが見られた。また、「連続した変化を捉えるためには、複数回の実験が必要となるので、費用面、活動の簡便さ、点から連続量を捉えることなどに難しさがある。」との指摘もあった。

(3) 実験操作の容易性に関する困難

「カチッ・引く・固い」、「向き・入れる」等の頻出語を用いている児童は、気体濃度測定までの操作の多さや複雑さなどに困難を感じていることが読み取れる。

頻出語	語数	出現率(%)	主な記述
折る 先 ガラス	30	18.6	◇気体検知管のはしを折りにくくて折るのに時間がかかったから。◇折るのが難しい。うまくやらないと、結果が間違ったものになってしまう。◇先をポキッと折るので、その折った所がささりそうでこわい。◇折る場所やさす方向、発熱に気を付けなければいけないこと。◇ガラスの部分をわるのが難しかった。
目盛り 数値 見る 読む	29	18.0	◇うまく結果が出ない時があったり、目盛りがうまくよめなかったりしたのが難しかった。◇気体検知管の目盛りを読むのが難しかった。◇目盛りがなめになった時の読み取りが難しいと感じた。◇気体検知管の何%かの目盛りを読み取るのが難しかったです。テストでもまちがえてしまいました。◇数値を見るのが難しかったです。◇数の大きさが小さくて見づらかったです。
結果	8	5.0	◇結果がでにくいことがあったので難しいと思った。◇しっかりとした結果がなかなかすぐにはでないのが大変で難しいと感じた。◇気体検知管で結果がでなくて、その理由がわからなかったことが難しかった。
カチッ 引く 固い	16	9.9	◇おもいっきりひっぱっていてもなかなか「カチッ」と言わないから、難しいと思った。◇気体をひくときに「カチッ」となるまでひくのがとても固かった。◇引くのが難しい(固い)。◇気体採取器のレバーを引く時とロックをかけるために、赤い線にあわせるのが難しい。
向き 入れる	10	6.2	◇気体検知管にさしこむ向きを覚えるのが難しかったです。◇気体採取器に入れる時に向きがわかりにくかった。ささっているのか分からなかった。◇気体採取器にどっち向きで入れればいいのか分からなくなるところです。

図 4-3-1 気体検知管の使い方で難しいと感じた点に関する記述における頻出語・主な記述

4.4 調査内容 (4) 「気体検知管に比べ気体センサーの便利だと感じた点（B群のみ）」

この内容に関する質問紙調査では、以下の質問に関して自由記述で回答を得た。

6年生の理科では「気体検知管」と「気体センサー」を使用しました。「気体検知管」に比べ「気体センサー」の方が便利だと感じたことがあったら、書いてください。

児童の記述について形態素解析（KH Coder 使用）を行った。頻出語のうち、助詞や助動詞などのどのような文章にでも出現する一般的な語などを除外した上で、頻出語のうち回答の傾向を反映していると判断する語句を抽出・分類し分析した。

(1) 実験操作の容易性

「手間・楽・ガラス・折る」等の頻出語を用いている児童は、気体検知管において様々な操作が必要であることに對し、気体センサーでは、操作が容易であることを好感していることが読み取れる。

(2) 実験の即時応答性

「早い・時間」等の頻出語を用いている児童は、実験操作の容易性に加え、気体検知管では結果を得るまでに時間がかかることに對して、気体センサーでは測定とほぼ同時に結果を得られることを好感していることが読み取れる。指導者の回答には、「酸素と二酸化炭素の割合の変化の過程を記録することができる。」との指摘があり、連続的な変化を捉えることのできる気体センサーの教材性を評価していることがうかがえる。

(3) 実験の安全性

「安全・危ない・危険」等の頻出語を用いている児童は、気体検知管において、気体検知管の両端を折る手順や発熱などに不安を感じることに對して、気体センサーではそれらの不安等が全くないことを好感していることが読み取れる。

頻出語	語数	出現率(%)	主な記述
手間 楽 ガラス 折る	32	56.1	◇検知管はガラスを折ったり、気体を吸うために引っぱらなければいけなくて手間がかかったけれど、センサーはボタンを押すだけで使えたので失敗する可能性がなくなって、手間もかからなくなったのでより便利だと感じました。 ◇引っぱるなどの作業がなく、楽だと感じた。 ◇毎回ガラスをチップホルダーで割らなくても良いところ。
早い 時間	9	15.8	◇気体センサーは安全に早く実験できるところ。 ◇危なくないし準備も早いのでとても便利でした。 ◇気体検知管だとガラスを折るし温かくなるけれど気体センサーだとかかる時間が短いし、危なくならないから便利だと思いました。
安全 危ない 危険	14	24.6	◇ガラスを折らなくてもよいので安全だと思った。 ◇ガラスではないので危なくないし、準備も早いので、とても便利でした。 ◇危険のリスクが少なく、同時に調べられるのが楽。
正確 同時に 一気に ミス	12	21.1	◇気体検知管よりも、簡単に調べることができるし、正確に調べることができるからです。 ◇酸素も二酸化炭素も同時に正確に測ることができます。 ◇正確に測れるところ。 ◇気体センサーは一度で2つの気体の割合がはかれるということ。 ◇気体センサーはげとかミスとか事故が起こりにくい。
環境 消耗品	3	5.3	◇検知管を使い捨てなくてすむので環境にやさしいと思った。 ◇しょうも品ではなく、簡単にできる。

図 4-4-1 気体センサーの便利だと感じる点に関する記述における頻出語・主な記述

(4) 実験結果の明瞭性

「正確・同時・一気に・ミス」等の頻出語を用いている児童は、気体検知管では実験後の目盛りの読み取り方が難しいのに対して、気体センサーでは測定値がデジタル表示され明瞭であること、酸素・二酸化炭素を同時に測定できることを好感していることが読み取れる。

5 調査についての考察

5.1 調査内容(1)に関する考察

気体濃度の測定を伴う3実験のうち最も印象に残っている実験として、「A(1) 燃焼の仕組み」における実験を挙げた児童が、A群・B群ともに最も多く約7割を占めている。これは、気体濃度の測定を初めて体験することへの興味、燃焼により空気が変化することへの驚き、実験により事実をとらえていくことの高揚感などが要因と考えられる。実験に対する児童の捉え方をより強固にするためには、使用機器の数などの制約はあるものの、すべての児童が自ら気体を測定する機会を確保することが重要と考える。

気体濃度の測定を伴う3実験のうち最も印象に残っている実験として、「B(1) 人の体のつくりと働き」における実験を挙げた児童の記述から、自分自身の体を調べることへの興味、体のつくりの巧みさと不思議さなどを感じているものと考えられる。実験に対する児童の捉え方をより強固にするためには、すべての児童が自ら気体を測定する機会を確保するとともに、「平静時に比べ運動後の二酸化炭素濃度が高いのではないか。」など、新たに見いだした問題を解決する場も重視することが必要である。

気体濃度の測定を伴う3実験のうち最も印象に残っている実験として、「B(3) 生物と環境」における実験を挙げた児童の記述から、より広い視野に立ち、人と植物の空気を通した関係をとらえた高揚感などを感じているものと考えられる。ここでは、「B(1) 人の体のつくりと働き」の学習内容と関連させ、人を含む動物と植物との空気を通した関わりについての理解を図るため、酸素や二酸化炭素の出入りを図で表現するなど、生物と環境との関わりについて考えたり、説明したりするとともに、地球上の環境の問題につなげていくことが重要と考える。

5.2 調査内容(2)に関する考察

調査内容(2)「人と植物における空気を通した関わり方の捉え方」の記述分析では、すべての実験を気体検知管で実施したA群児童の記述と、「B(3) 生物と環境」における実験のみ気体センサーを活用したB群児童の記述における頻出語の共起関係には大きな差が見られなかったものの、B群では共起ネットワーク上のほぼすべての頻出語間に共起関係がある点、頻出語の出現率ではA群に比べB群が高い傾向が見られる点、誤答・無答率が低い点、植物の呼吸における酸素使用量と光合成による酸素発生量との関係に触れた主旨の回答率が高い点などの結果を得た。これらの要因の一つとして、気体センサーの活用が影響を与えていることが推測できるが、指導内容や方法、指導時数等が影響を与えていることも考えられ、今後、詳細に検討したい。

5.3 調査内容(3)・(4)に関する考察

調査内容(3)において児童が「気体検知管の使い方で難しいと感じた点」や指導者が「気体検知管を使用した指導で難しい、不安に感じている点」は、気体センサーの活用により、ほぼすべてが解決される。気体検知管の操作や目盛りの読み取りに関する技能は、今後の学習に生かされ

ていくものではない。気体センサーの活用により、これらの技能の習得にかかる時間を「観察・実験」、「結果の整理」、「考察」、「結論の導出」などに充てることにより問題解決の力をより育てていくことが重要であると考ええる。

6 今後の課題・研究の方向

6.1 概念形成における気体センサー活用の影響に関する検証

調査対象校をさらに拡充するとともに、気体センサーを活用した実験を実施できる体制を整え、気体検知管使用の児童と気体センサー使用の児童の質問紙調査の比較から、気体センサーを活用した場合の変容について明らかにしていく。

SDGs（目標 13・15）達成につなげるためには、理科において、「人や動物が空気を通して植物と関わって生きている」という科学的な概念を確実に形成することが不可欠である。こうした概念形成に対して、気体センサーの活用が与える影響を検証していく。

6.2 SDGs目標 13・15 を達成するための実践への発展

「B(1) 人の体のつくりと働き」、「B(3) 生物と環境」などの学習で培われた科学的な概念をSDGs目標 13・15 達成のための導入とし、「総合的な学習の時間」における学習活動を通して、児童の行動変容につなげることができるかを明らかにしていく。

〈謝辞〉

本研究に協力をいただいた、武蔵野市立第三小学校、三鷹の森学園三鷹市立第五小学校、多摩市立豊ヶ丘小学校の学校長、教職員、第6学年児童の皆さんに、ここで深く感謝申し上げます。

なお本稿は、JSPS 科研費 20K02835 の助成を受けたもので、本稿はその研究成果の一部である。

〈引用・参考文献〉

- ・文部科学省『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説、総則編』東洋館出版社、2018 年
- ・文部科学省『小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説、理科編』東洋館出版社、2018 年
- ・樋口耕一『社会調査のための計量テキスト分析—内容分析の継承と発展を目指して』ナカニシヤ出版、2014 年
- ・平山大輔・森川英美・後藤太郎「光合成の授業における ICT の活用とその有用性」『理科教育学研究』2014 年 Vol.54 No.3 p419-424
- ・後藤顕一、高橋三男、飯田寛志「小学校理科教具の視点からの学習環境に関する一考察」『理科教育学研究』2017 年 Vol.57 No.4 p325-335
- ・樋口 昇「小学校理科における気体センサーの活用に関する考察 —気体センサーの活用による問題解決の発展性—」『武蔵野教育学論集』2018 年 No.6 p91-101