

探究の過程を通して理科の見方・考え方を育む音の実験

河端 将史

中学校学習指導要領（平成29年告示）解説では音の高さや大きさを理解する実験として弦を用いる例が示されているが，高等学校との系統性や条件の制御の学びを考慮すると，管を用いる例が適切と考えられる。そこで今回は，管に水を入れる実験を，第1学年で重視する探究の過程を通して，量的・関係的な視点で科学的に探究する方法について，評価の例も踏まえて，報告する。

[キーワード] 探究の過程 見方・考え方 音 条件の制御 管

はじめに

中学校学習指導要領（平成29年告示）解説¹⁾では，音の高さや大きさを発音体の振動の仕方に関係することを見いだして理解する実験として弦を用いる例が示されており，条件を制御して行うことに留意させることや，オシロスコープやコンピュータなどを用いて音を波形で表示させることも示されている。

一方で，高等学校学習指導要領（平成30年告示）²⁾物理基礎で示されている音の実験は，気柱の共鳴に関する実験のみであることから，高等学校との系統性を考慮すると，中学校でも管を扱うことが適切と考えられる。また，条件の制御については，予め教師側で弦の太さや長さなどを調整することが多く，生徒自身が条件の制御について意識しにくい。さらに，個別最適化された学びを鑑みると，生徒一人一人が個々に実験できるスマートフォンなどの端末をセンサとして用いることが求められる。

以上のことから，管を扱い，条件の制御を生徒自身に考えさせ，スマートフォンをセンサとして用いた例を報告する。その際，第1学年で重視する探究の過程である「自然の事物・現象に進んで関わり，その中から問題を見いだす」を踏まえ，量的・関係的な視点で捉え，比較したり，関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を重視して報告する。

1 実験～水を入れた試験管を吹く実験～

(1) 目的

水の入った試験管を吹いたときの音の高さと試験管に入っている空気の長さとの関係を見いだして理解する。

(2) 準備

メスシリンダー，試験管，試験管立て，水，ビーカー，ピペット，スマートフォン（アプリ：phyphox）

(3) 方法

ア 図1のようにメスシリンダーに水を注いだときの音の高さと水の量との関係性から，課題と仮説を設定する。



図1 メスシリンダーに水を注ぐ実験

イ 同じ大きさの試験管を3本用意し，空の試験管を図2のように吹いたときの音の高さが同じであることを確認する。



図2 試験管を口で吹く様子

ウ 図3のように同じ大きさの3本の試験管に異なる量の水を入れ、それぞれの試験管を吹いたときの音の高さと水の量との関係を見いだして理解する。



図3 異なる量の水を入れた試験管

エ 図4のような長さが同じで太さの異なる試験管2本に、同じ量の水を入れたときと、同じ深さまで水を入れたときから、試験管を吹いたときの音の高さと水面の高さとの関係を見いだして理解する。



図4 長さが同じで太さの異なる試験管

オ 図5のような長さも太さも異なる試験管を2本用意し、水を加え、2本とも同じ音の高さにすることで、音の高さは水の量ではなく空気部分の長さに関係していることに気づき、音が鳴っているのは空気であることを、見いだして理解する。



図5 太さも長さも異なる試験管

(4) 留意事項

- ア 新型コロナウイルス感染症対策を踏まえ、口で吹かずにファンコインブローアを用いることも考えられる。
- イ 微量の水を調整するときには、スポイトを使用する。

(5) 結果及び考察

- (3) 方法ア～オの結果は以下ようになる。
 - ア 試験管に水を注ぐほど、音は高くなる。
 - イ 長さも太さも同じ試験管では、水を入れなければ、同じ音の高さとなる。
 - ウ 長さも太さも同じ試験管では、水が入るほど、音は高くなる。
 - エ 試験管の太さは音の高さに関係ない。水の量（重さ）ではなく、水面の高さが音の高さに関係する。
 - オ 音の高さは水面の高さではなく、試験管の空気部分の長さに関係する。

以上のように、水の量や管の太さの条件を制御しながら、量的・関係的な視点（見方）で試験管の水の量、水面の高さ、空気部分の長さを比較すること（考え方）を通して、空気部分の長さや音の高さを関係付けることができる。

2 追究1～音の高さと振動数を調べる実験～

これまで主観的に捉えてきた音の高さを客観的に扱うことができるよう、音を分析・解釈する方法を紹介する。つまり、音の高さを振動数と関係付けるための方法である。

図6のように異なる水の量が入った3つの試験管を吹いたときの音の高さを、スマートフォンアプリなどのセンサを用いて計測する。次に、図7のように得られた波形を「1秒間あたりに振動する回数は振動数である」という知識を活用して分析することで、音の高さと振動数の関係について解釈することができる。



図6 気柱の長さの異なる試験管をスマートフォンのアプリで計測する様子

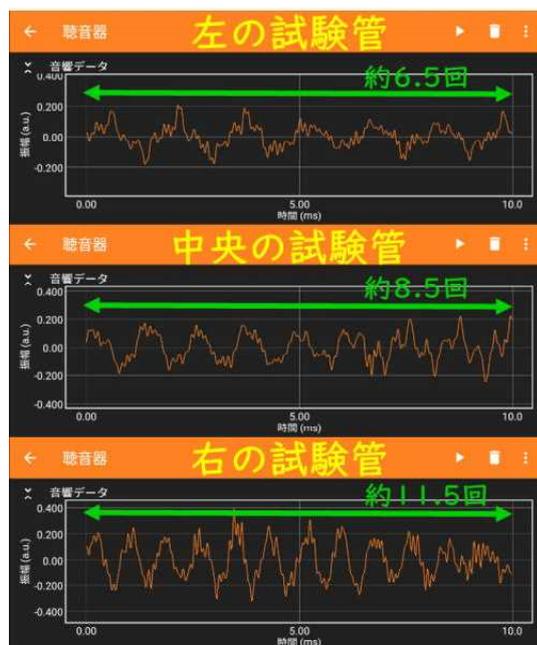


図7 図6の試験管をスマートフォンのアプリで計測した波形

3 追究2～水を入れた試験管を叩く実験～

次に、「試験管を使って他に音を出す方法はないだろうか」など、生徒に何気なく試験管を叩かせることにより自然事象に対する気付きを持たせ、「試験管を叩いた場合の音の高さは何と関係付けられるだろうか」という課題を設定するなど、個々の生徒に課題を追究させ、解決させることも考えられる。

「1 実験」方法3の試験管の口を吹いたときと試験管を叩いたときを比較すると、音の高さと水の量との関係が逆になっていること、叩いたときに音が鳴っているのは管と水であることを理解させることができる。その際、弦の張力は大きいほど高い音が出ることと関連付けて考えさせることも考えられる。

なお、音の高さがわからない場合は、試験管をビーカーにかえて、同じように実験するとよい。また、音の高さが感覚的にわからない場合は、「2 追究1」で示したアプリ等を用いて振動数を計測するとよい。

4 探究的な学びの展開例について

中学校学習指導要領解説に記載の「資質・能力を育むために重視すべき学習過程」に基づき、「1 実験」の探究的な学びの展開例について検討する。

今回紹介した実験は、管などの身近な道具を用いた自然現象であり、検証できる仮説を設定しやすい。特に、自然現象に対する気付きから課題の設定までの課題の把握（発見）の探究の過程を踏まえた学習活動に適しているため、「1 (3)ア」の方法に重点を置いて指導することが望ましい。

メスシリンダーに水を注いだ際の「水を入れるほど（空気が少なくなると）音は高くなる」などの実験結果から、生徒自身が「水（空気）の量と聞こえる音の高さはどのような関係だろうか」、「音の高さは水の量と深さのどちらに関係するのだろうか」などの問い（自然事象に対する気付き）を生み出すことで、「同じ試験

管に同じ量の水を入れたときの音の高さはどうなるだろうか」,「太さの異なる試験管に同じ量の水を入れたときの音の高さはどうなるだろうか」,「長さも太さも異なる試験管に水を入れて同じ音の高さとなるときにはどのような条件が成り立っているか」などの検証計画の立案(課題の探究)につなげることができる。このことから、「量的・関係的な視点で捉え,比較したり,関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること」,「条件を制御して行うことに留意させること」が実現されると考えられる。

5 評価の例について

指導と評価の一体化のための学習評価に関する参考資料³⁾に基づき,「1(3)ア」の評価の例を次の資料のように検討した。なお,ここではワークシートの記述を分析することにより,評価を行うことを想定している。

資料 「1(3)ア」の評価の例

【評価規準】「思考・判断・表現」

管に水を注ぐ観察を行い,音の高さに着目し,問題を見いだして課題を設定している。

【評価のポイント】

観察から,原因を示して,問題を見いだして表現しているかを評価する。

【評価Bの例】

問題を見いだして表現している

水を入れるほど音が高くなったことから,試験管の水の量が音の高さに関係しているのではないだろうか。

【評価Aの例】

原因を示して問題を見いだして表現している

音を伝えるのは空気であることから,試験管に水を加えるほど,空気の部分の長さが短くなり,振動数が大きくなることで,音が高くなったのではないだろうか。

【評価Cの例】

問題を見いだした記述がない

水を調整するのは難しかったけれど,できたときは嬉しかった。

おわりに

今回は,高等学校との系統性を重視し,生徒が自然と条件の制御を意識させることをねらいとして,中学校での管の実験を取り扱った。その際,第1学年で重視する探究の過程を踏まえ,見方・考え方を働かせて,科学的に探究する方法を重視して報告した。高等学校での学びについては,研究紀要第33号(2021)「スマートフォンのセンサを用いた気柱共鳴の実験」⁴⁾を参照願う。最後に,本報告のように,高価で台数の限られる実験器具ではなく,どの学校にもある実験器具やタブレット・スマートフォン等の端末を用いることにより,各学校現場で生徒一人一人が探究的に実験できる環境が構築され,個別最適化された学びが充実されることを期待する。

参考文献

- 1) 「中学校学習指導要領(平成29年告示)解説 理科編」(平成29年7月)文部科学省
- 2) 「高等学校学習指導要領」(平成30年3月)文部科学省
- 3) 「指導と評価の一体化のための学習評価に関する参考資料(中学校 理科)」(令和2年6月)国立教育政策研究所教育課程研究センター
- 4) 「スマートフォンのセンサを用いた気柱共鳴の実験」(令和3年3月)北海道立教育研究所附属理科教育センター

(かわばた まさし 研究部)