

# データロガーを用いた生徒主体の化学実験・測定教材の開発と実践

査 脱 侑 記・内 海 良 一・平 松 敦 史

近年、理科教育の現場で話題となっている実験、分析への ICT 機器の導入について、高等学校「化学基礎」の単元「酸・塩基と中和」と、「化学」の単元「化学反応と熱・光」でデータロガーを導入した実験教材を開発し、試行・実践を行った。

開発教材にはいくつかの課題も残るが、これまでよりも実験時間を短縮し、授業時間内に生徒自身の操作によりグラフを作成・分析(議論)することができることが確認できた。生徒たち自身がデータの意味を考えながら、連続的かつ自動で計測されたデータをもとに実験結果を分析、考察する機会を提供できるという点では、一定の効果がある教材を開発できたと考えられる。

## 1. 理科授業における ICT 機器の活用

近年、ICT 機器の急速な発達と普及に伴い、教育現場でもこれらの機器を利用した授業や、学校生活での活用が求められるようになってきた。

理科の授業はもともと観察、実験が多く、また映像やシミュレーションを用いる機会が多いなど、比較的 ICT 機器を活用した授業との親和性が高く、導入を検討しやすい教科といえる。また、本校はスーパーサイエンスハイスクール (SSH) の指定を受けており、探究的な活動を積極的に授業に導入している。

平成 30 年告示の高等学校学習指導要領解説理科編のコンピュータなどの活用には、以下のように示されている<sup>1)</sup>。

(3) 各科目の指導に当たっては、観察、実験の過程での情報の収集・検索、計測・制御結果の集計・処理などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的かつ適切に活用すること。

観察実験のうち、特に「計測・制御」の領域で ICT 機器の活用が望まれていることが窺える。

加えて、探究活動に重きを置いた教科である理数編の高等学校学習指導要領解説では、コンピュータなどの活用について、以下のように示されている<sup>2)</sup>。

(5) 観察、実験などの過程での情報の収集・検索、計測・制御、結果の集計・処理などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的かつ適切に活用すること。

これについてはまた、以下のように詳述されている。

理数科の学習においては、様々な事象に関わり、探究の過程を通して、課題を解決するために必要な資質・能力を育成するためには、コンピュータや情報通信ネットワークなどの積極的かつ適切な活用は効果的である。(中略) 計測・制御については、センサとコンピュータを用いた自動計測によって、精度の高い測定や多数のデータの取得を行うことができるようになる。結果の集計・処理については、データを数値化し、工夫したグラフの作成によって、類似性や規則性を見だし、法則の理解を容易にすることができるようになる。また、観測しにくい現象などは、シミュレーションを利用することが有効である。

ここでも、「計測・制御」の領域での ICT 機器の活用が望まれており、加えて「センサとコンピュータを用いた自動計測」や「データの数値化」、「工夫したグラフの作成」といった、生徒の具体的な活動に言及されている。

また、文部科学省による資料「理科の指導における ICT の活用について」では、中学校・高等学校理科(化学分野)における ICT 活用について、二段階中和滴定の実験が紹介されており、「PC で pH 値がリアルに変化していく様子を確認することができる」、「外れ値などの存在に気づいたり、測定値のばらつきについて考えることができる」、「個人で実験を行った後、クラス全体でデータを共有し、実験結果を比較することもできる」といった効果が期待できると述べられている<sup>3)</sup>。

これらの資料や先行事例をもとに、探究的な活動を行うためには詳細なデータの測定や分析、定量的な扱いが不可欠と考え、これらの活動の更なる充実を図るためにも、生徒たち自身がICT機器を使えるよう、その利用機会の提供と普及を目指して、本研究では本校でこれまで実施してきた高等学校化学の実験をベースに、データロガーを導入することで計測・測定を自動化し、これまで以上に生徒たちが主体的に実験に取り組み、結果を考察できるような教材の開発と実践を試みた。

## 2. データロガーについて

データロガー (Data Logger) とは、センサにより計測・収集した各種データを保存する装置のことであり、人間の目では判別しにくく、またデータ化が容易でない事象に対して機械的に判断し、断続的に情報を保存する機械である。

産業領域では連続的なデータ (温度や圧力、pH など) の計測と記録に用いられており、教育分野においても、小・中・高それぞれの校種の様々な単元で行われている定量的な実験において、測定したいデータに対応したセンサとデータロガーが一体となったオールインワン型のデータロガーキットを教材会社が販売している。これらは、多くの項目を正確に測定できるというメリットはあるものの、機材が高価であり、生徒実験用に十分な数の導入は難しい。そこで、本実践では安価なデータロガーを用い、導入する内容 (必要なセンサと情報) を高等学校で行われる定量的な化学実験のみに限定することで、十分な精度をもつ教材の開発を試みた。

## 3. 機器について

### 3-1. 使用したデータロガー

本実践で用いるデータロガーには、英国 Pico Technology 社製の「DrDAQ USB タイプ」を使用した。日本への輸入・販売は (株) 秋月電子通商が取り扱っており、ホームページにて価格や在庫状況などを確認することができる。

もともと教育用途や個人研究での利用を想定して作られたデータロガーであり、pH/酸化還元電位、温度、照度など多種類の測定項目に対応したセンサを搭載しており、パソコンに接続することで、これらのセンサから得られるデータを、表データ (CSV) やグラフ (PDF)、画像 (PNG) として記録、出力することができる。

実売価格が 14,800 円 (2021 年 11 月現在) と比較

的安価で、生徒実験用に導入することを考えた際に、予算的に台数を確保しやすいことも特徴である。

今回、授業実践の対象としたクラスは、最大で 11 班 (グループ) となることから、教員用・予備兼用のものを 1 台追加し、計 12 台を導入した。なお、対象となる授業を後述の「酸・塩基と中和」と「化学反応と熱・光」としたため、班に配布するデータロガーセットは、図 1 のように①データロガー本体、② USB ケーブル (対応 PC に応じて、必要であれば USB type-C → type-A 変換アダプタを同梱)、③ pH センサ (TEKCOPLUS pH electrode BNC 端子)、④温度センサ (DrDAQ 純正オプション)、をひとまとめにして箱に収めた。

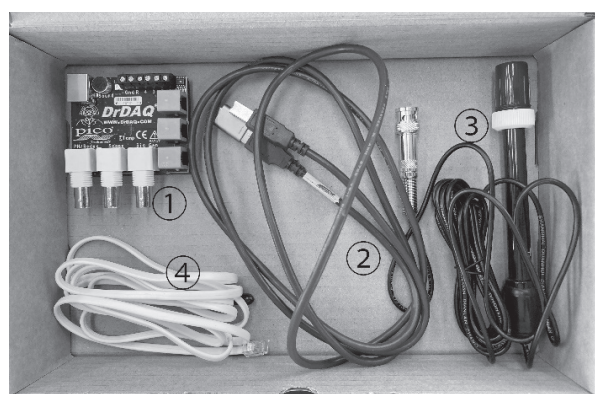


図 1 データロガーセット

### 3-2. ロギングソフト「PicoLog」について

データロガーが記録したデータを表示、編集するためのロギングソフトは、PicoTechnology 社が公開している「PicoLog」を用いた。このソフトは DrDAQ による各種計測に対応した無料ソフトであり、ホームページで最新版が公開されている。ソフトを立ち上げると、接続したセンサが自動で検出され、センサごとの測定データを表示・記録することができる。どのセンサのデータを表示・記録するかは、図 2 のように、画面上の DrDAQ のイラストから選択できるようになっている。このように直感的な操作が可能なユーザーインターフェイスになっていることが特徴であり、一部日本語に非対応の項目もあるが、教育現場で使いやすいソフトと言える。

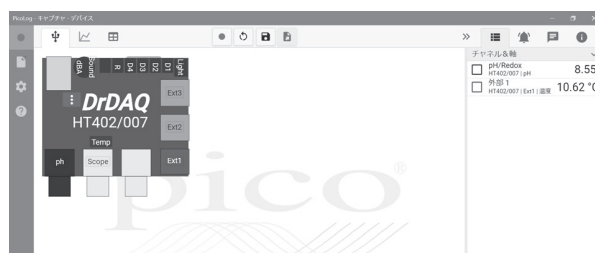


図 2 PicoLog 操作画面

今回はこの PicoLog を学校所有の生徒貸出用 PC (Microsoft SURFACE) にインストールして利用した。センサの種類によっては PicoLog 側で校正(キャリブレーション)ができるようになっており、開発教材では pH センサが校正が必要なセンサに該当する。事前にメトラー・トレド社の pH 標準液 (pH 4.01, pH 7.00, pH 9.21) で一台ずつセンサの校正を行い、PicoLog に校正値を記録させた。校正値はセンサ、データロガーごとに異なるため、結果として DrDAQ, pH センサ, PicoLog (校正データ) 入り PC の組み合わせを限定することとなった。この点については、組み合わせを間違えないよう、実験前に生徒へ伝達と注意喚起を行った。

## 4. 開発教材について

### 4-1. データロガーを導入した実験の検討

データロガーを導入する授業は、本校で実施している「化学基礎」および「化学」で、すでに実施している生徒実験のうち、定量的な測定と分析を含み、かつデータロガーによって測定の簡素化や得られるデータの質の向上が見込める実験を検討した。結果として、高等学校第1学年「化学基礎」から、単元「酸、塩基と中和」の「中和滴定と pH」と、高等学校第2学年「化学」から、単元「化学反応と熱・光」の「ヘスの法則の検証」での実験に導入し、その効果について検討することとした。

### 4-2. 実験装置の概要

それぞれの実験で使用した装置の概要を以下に示す。

#### 4-2-1. 中和滴定と pH の装置の概要

「中和滴定と pH」では、図3のように装置を組み立て、実験を行った。

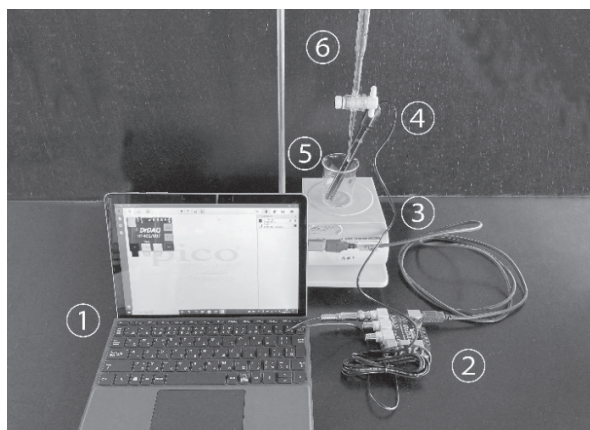


図3 中和滴定と pH の実験装置

- ① PC
- ② データロガー
- ③ マグネチックスターラー
- ④ pH センサ
- ⑤ ビーカー (攪拌子入り)
- ⑥ ビュレット

※ 生徒が実験を行う際にはストップウォッチを追加した。

#### 4-2-2. ヘスの法則の検証の装置の概要

「ヘスの法則の検証」では、図4のように装置を組み立て、実験を行った。

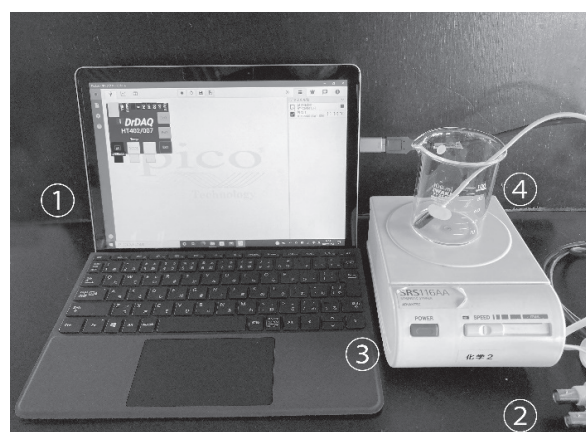


図4 ヘスの法則の検証の実験装置

- ① PC
- ② データロガー
- ③ マグネチックスターラー
- ④ 温度センサ
- ⑤ ビーカーもしくはサーモカップ (攪拌子入り)

#### 4-3. 実験の試行とその結果

4-2に示した装置を授業に導入する前に、授業時間(50分)以内で生徒たちによる測定とグラフ出力ができるか検証するため、開発教材を用いて実験の試行を行った。

##### 4-3-1. 中和滴定と pH の試行と結果

強酸と強塩基、弱酸と強塩基の組み合わせで中和滴定を行う実験である。滴下に伴う pH をデータロガーで測定し、得られたグラフから中和点を求める内容である。

方法

- (1) 0.10 mol/L 塩酸をホールピペットで正確に 10.0 mL はかりとり、ビーカーに入れたのち、フェノールフタレイン溶液を 2 滴加える。
- (2) 1 のビーカーに攪拌子を入れ、攪拌させながら、滴下前(滴下量 0 mL) の pH を測定する。
- (3) ビュレットに、0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を入れ、滴定を開始する。
- (4) ビュレットの活栓をゆっくりと回し、1 秒間に



1 滴程度滴下する速さに調整する。このとき、1 滴目の滴下と同時に、ストップウォッチで時間の測定を開始する。攪拌を続け、pH メーターは溶液に浸したままで、連続して滴下量が 14.0 mL になるまで行う。

(5) 0.10 mol/L 酢酸水溶液についても同様に実験する。

0.10 mol/L 塩酸 -0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液および 0.10 mol/L 酢酸水溶液 -0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の組み合わせの中和滴定に関して、センサの測定頻度を 100 ミリ秒に設定し、pH 変化を測定した。

結果、図 5、図 6 に示すグラフが得られた（図は PicoLog で出力した PDF ファイルを切り取ったものである）。

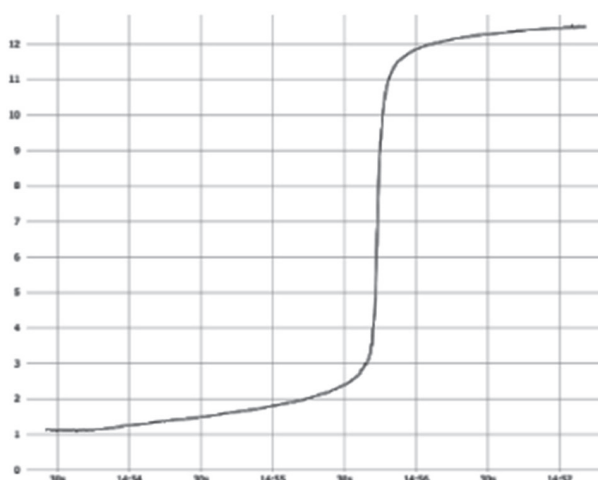


図 5 0.10mol/L 塩酸-0.10mol/L 水酸化ナトリウム水溶液データ

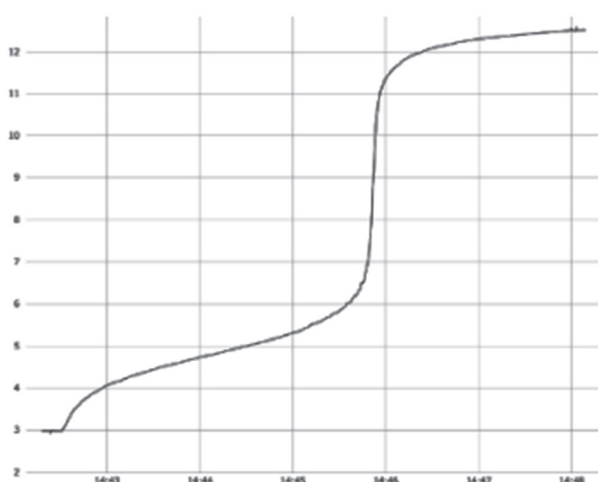


図 6 0.10mol/L 酢酸-0.10mol/L 水酸化ナトリウム水溶液データ

どちらも中和点付近の pH ジャンプを正確に記録できており、開発した教材の設定が適切であったことが窺える。

また、試行に要した時間は、校正を予め済ませておけば、器具の準備・片付けに 15 分程度、1 回の測定あたり 5 分程度であった。

#### 4-3-2. ヘスの法則の検証の試行と結果

水酸化ナトリウム（固）の水への溶解熱（A）、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱（B）、塩酸と水酸化ナトリウム（固）の反応熱（C）を測定し、 $A + B = C$  となることを確認することでヘスの法則を検証する実験である。温度の上昇値を測定・記録するためにデータロガーを導入し、得られたグラフから反応後の温度低下を外挿して温度上昇値を求める内容である。

#### 方法

A 水酸化ナトリウム（固）の水への溶解熱の測定

- (1) 蒸留水をメスシリンダーで 50.0 mL (50.0 g) はかりとり、サーモカップ（ア）に入れ、初めの温度として記録する。
- (2) サーモカップ（ア）をマグネチックスターラーの上に置き、攪拌子を入れる。
- (3) 時計皿を用いて水酸化ナトリウム（固体）約 2 g を正確にはかりとり、質量を記録する。水酸化ナトリウムは素早くサーモカップ（ア）に入れる。
- (4) 攪拌子を回転させ溶液を攪拌し、最高温度を記録する。このとき溶液が飛び散らないように注意しながら、カップの位置をずらすなどして、水酸化ナトリウムを完全に溶解させる。
- (5) 最高温度と初めの温度の差から、上昇温度 [K] を求める。

B 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱の測定

- (6) A の水酸化ナトリウム水溶液を 200 mL ビーカーにうつし、水道水を適量入れた 500 mL ビーカーに浮かべて水溶液の温度が A で測定した蒸留水とほぼ等しい温度になるまで冷却する。冷却後、溶液はサーモカップ（ア）に戻し、再び温度を測定し記録する。
- (7) メスシリンダーで 2 mol/L 塩酸を 50.0 mL はかりとり、サーモカップ（イ）に入れ、温度を測定し記録する。
- (8) (6) と (7) で測定した水酸化ナトリウム水溶液と塩酸の温度を平均し、初めの温度とする。
- (9) サーモカップ（イ）をマグネチックスターラーの上に置き、攪拌子を入れる。
- (10) サーモカップ（イ）にサーモカップ（ア）の水溶液を加え、攪拌しながら温度を測定し、最高温度を記録する。
- (11) 最高温度と初めの温度の差から、上昇温度 [K] を求める。

- C 塩酸と水酸化ナトリウム（固）の反応熱の測定
- (12) 2 mol/L 塩酸 50.0 mL をメスシリンダーではかりとり、サーモカップ（ウ）に入れ、さらに蒸留水 50.0 mL を加え温度を測定する。
- (13) サーモカップ（ウ）をマグネチックスターラー上に置き、攪拌子を入れる。水酸化ナトリウム（固体）約 2 g を素早く電子天秤ではかりとり、水酸化ナトリウムの正確な質量を記録する。水酸化ナトリウムは素早くサーモカップ（ウ）に入れる。
- (14) 攪拌しながら温度を測定し、最高温度を記録する。このとき、溶液が飛び散らないように注意しながら、カップの位置をずらすなどして、水酸化ナトリウム（固体）を完全に溶解させる。
- (15) 最高温度と初めの温度の差から、上昇温度〔K〕を求める。

A, B, C それぞれの温度変化を、センサの測定頻度を 100 ミリ秒に設定し測定した。

結果、図 7、図 8、図 9 に示すグラフが得られた。

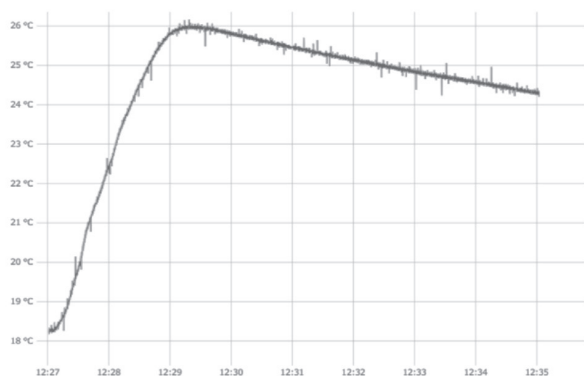


図 7 水酸化ナトリウム（固）の溶解熱の測定データ

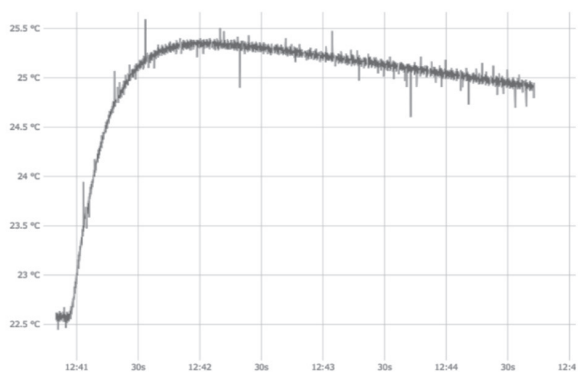


図 8 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和熱の測定データ

pH の測定と異なり、得られたグラフに上下方向のブレが見られる。センサの仕様として信号にノイズが混じりやすいこと、また攪拌中に局所的に温度の異なる部分にセンサが触れ、その温度変化を拾ってしまっていることなどが理由と考えられる。

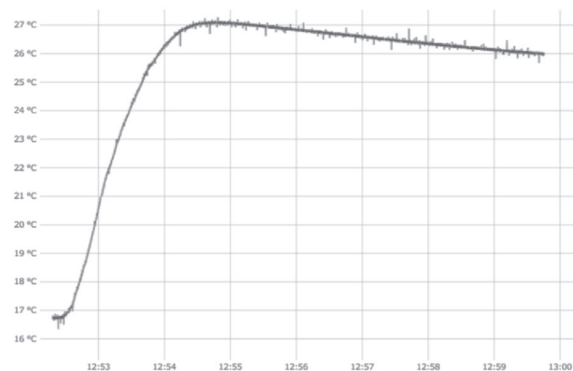


図 9 塩酸と水酸化ナトリウム(固)の溶解熱の測定データ

理論値は  $A = 44.5 \text{ kJ}$ ,  $B = 56.5 \text{ kJ}$ ,  $C = 101 \text{ kJ}$  であるが、得られたグラフから外挿して求めた実験値は  $A = 37.1 \text{ kJ}$ ,  $B = 61.9 \text{ kJ}$ ,  $C = 95.5 \text{ kJ}$  となった。B（中和熱）に理論値とのズレが認められるが、 $A + B = C$  は概ね成立しており、ヘスの法則を検証するデータとしては適当なものが得られると考えられる。

また、試行に要した時間は器具の準備・片付けに 10 分程度、1 回の測定あたり 5 分程度であった。

## 5. 授業実践の概要

開発した「中和滴定と pH」の教材を用いて、高等学校第 1 学年を対象に授業実践を行った。

実施クラス：5 クラス

実施日：11 月末～12 月中旬

実施時間：実験・測定と考察で 1～2 時間

授業で副教材として用いている自作の「協調学習テキスト」の該当ページには、実験方法とあわせて、データロガー・ロギングソフトの使用法を解説した動画の QR コードを掲載した。クラスによっては、図 10 のように使用法を解説した動画を全体で視聴したのち、実験を行った。



図 10 授業のようす（使用法解説動画の視聴）

なお、後述する滴下量測定の問題に対応するため、3クラスは図11のようにストップウォッチを併用し、時間変化と滴下量の関係も併せて記録した。



図11 授業のようす（生徒による実験操作）

いずれのクラスも、50分で2つの中和滴定のpH測定を終え、次時に考察を行うことができた。

## 6. 授業実践を終えて～授業者の視点から～

開発教材を用いた授業実践を終えて、授業者が感じた効果を挙げる。まず、これまで2時間～2.5時間かかっていた0.10 mol/L塩酸 - 0.10 mol/L水酸化ナトリウム水溶液および0.10 mol/L塩酸 - 0.10 mol/L水酸化ナトリウム水溶液の滴定および中和点を求める分析が、1.5時間で済むようになり、同等のデータを得ながら授業時間を短縮することができた。

また、手作業で滴定とpHの測定を行っていたときは、得られるデータが断片的であり、グラフをかく際に点と点の間を生徒が予測して補う必要があったが、データロガーを用いることで、pHの変化を連続的な線として捉えることができるようになり、またそのグラフのデータを班で共有することで、「同じ班の実験結果にもかかわらず、人によってグラフの形が違う」という問題を解消することができた。

一方で、開発教材によって得られるグラフは横軸が時間表記のため、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量（体積）とpHの関係を読み取ることができず、得られたグラフは厳密には「滴定曲線」とは言えない。この点については考察や解説の際に補足や注意が必要であった。なお、本研究について発表した学会（第70回日本理科教育学会 中国支部大会）でもこの点について指摘があり、赤外線センサを用いたドロップカウンターによる滴下量測定を併用するなど、改良に対するアドバイスを頂いた。しかし、コスト面や実験装置をなるべく簡素にしたい思いなどから、追加器材の導入および装置の改良は保留のままとなっている。

## 7. 試行を終えて～生徒アンケート～

開発教材の使用感を生徒に尋ねるため、以下の6項目でのアンケート調査を行った。

- Q1：実験データの測定にデータロガーを用いてみてどうでしたか。  
 Q2：データロガーとパソコンの接続はわかりやすかったですか。  
 Q3：ロギング（記録）ソフト“PicoLog”は使いやすかったですか。  
 Q4：測定の結果得られたグラフは、事前に予想したイメージ通りでしたか。  
 Q5：今回の「中和滴定とpHの変化」の実験に、データロガーを用いることで感じたメリット、デメリットを書いてください。  
 Q6：理科（化学）の実験で、またデータロガーを使ってみたいですか。  
 使ってみたい場合はどのような実験が考えられますか（測定センサはpH、温度、音量などに対応しています）。

Q1～Q4は5段階での数値評価による回答で、「5」が最も高評価、「1」が最も低評価である。図12にQ1、およびQ2の結果を示す。

なお、アンケートは授業実践後に実施し、5クラス計186人から回答を得た。

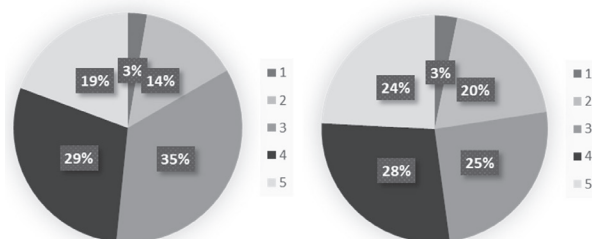


図12 Q1とQ2の回答

Q1では、48%の生徒が「使いやすかった」と回答している。使いにくかった、とても使いにくかった、と回答した17%の生徒の記述には、「パソコンの操作が苦手である」「何をやっているのか（何のための操作、器具なのか）わからない」といった記述が多く見られ、パソコンや機器の操作に不慣れだと「使いにくい」と回答する傾向があることが分かった。

Q2では52%の生徒が「わかりやすかった」と回答した。「動画の通りに操作すればできたのでわかりやすかった」と事前学習用に用意した動画が奏功した記述もあった。一方で、「わかりにくかった」と回答した23%の生徒は、「高価そうな器具を壊しそうで不安だった」、「接続する線の本数が多くて混



乱した」という回答が見られた。初見でも使いやすい教材となるよう、データロガー本体をケースに収める、接続ケーブルを色分けするなどの対応を検討する必要がある。

続いて以下の図13にQ3およびQ4の結果を示す。

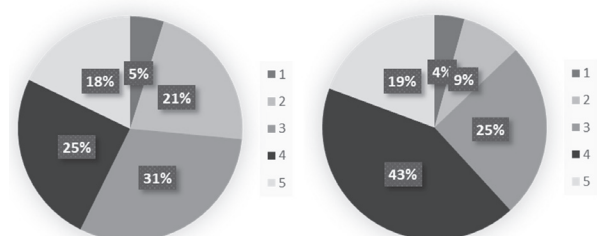


図13 Q3, Q4の回答

Q3では、43%の生徒が「使いやすかった」と回答している。「英語が苦手なので使いにくかった」と答えた生徒もおり、英国製のソフトであり、一部日本語に対応していない(英語のままの)項目やインターフェイスが残っていることが影響していることが窺えた。

Q4では、62%の生徒が「イメージ通りだった」と回答した。教科書やテキスト、資料集に掲載されている滴定曲線と同じような形のグラフを、自分たちの測定で得ることができた、という達成感は大きかったようである。

Q5の自由記述では、生徒たちが感じた開発教材のメリットとしては、

- ・pHの変化がその場でわかり、見ていて楽しい。
- ・目で値を読み取って記録するよりも、出力される値の方が信頼できる。
- ・手作業より測定、記録が速い。
- ・自動でグラフを作ってくれるので便利である。
- ・グラフを見ながら実験できるので、変化の理由や中和点を求めるような考察がやりやすい。

といったものが挙げられた。これらについては、先行事例に示された効果とおおむね一致する。

一方で、デメリットとしては、

- ・器具が増えたので準備、片付けの手間が増えた。
- ・操作に慣れるまでは使いにくい。
- ・録画ボタンを押したつもりが押せてないことがあり、記録ができていないことがあった。
- ・体積の記録も自動化してくれないと、データロガー、ストップウォッチ、ビュレットなど、見ないといけないものが増えて混乱する。

といったものが挙げられた。初めて扱う装置であり、操作に習熟が必要なこと、装置の簡素化(わかりやすさ)などに課題が残っていることが窺える。

Q6の自由記述では、

- ・他の酸・塩基の組み合わせの中和滴定のpH測定もやってみたい。
  - ・二段階中和や二段階滴定なども試してみたい。
- といったように、今回の実験の発展させた応用的な課題への意欲が見られるものや、
- ・使い捨てカイロ内部の温度変化を測定してみたい。
  - ・中和滴定の時に温度が変わるか調べてみたい。
  - ・電池や電気分解の反応と温度の関係が調べられたら面白いと思う。

といったように、既習の内容や実験と関連付けて、連続的かつ自動でデータを測定することで適切なデータを得ることが可能な内容を挙げる生徒も見られた。

## 8. 開発教材のまとめ

高等学校化学で扱う定量的な実験において、測定にデータロガーを導入することで、これまでよりも実験時間を短縮し、授業時間内に生徒自身の操作によりグラフを作成・分析(議論)することができることが確認できた。

データロガーおよびパソコンの操作にある程度の習熟(馴れ)が必要であり、現状の生徒のICTスキルでは事前学習が必須と考えられるが、生徒たち自身がデータの意味を考えながら、連続的かつ自動で計測されたデータをもとに実験結果を分析、考察する機会を提供できるという点では、一定の効果がある教材を開発できたと考えられる。

一方で、現状では得られたグラフの横軸が時間変化に固定されてしまうため、測定するデータの内容によっては、必ずしも化学的に意味のあるグラフとはならない場合があることには留意が必要であり、実践の際には科学的誤謬を招かないよう、生徒への注意や解説が必要である。

## 9. 今後の展望

開発教材のうち、「中和滴定とpH」の内容については、生徒アンケートにもあったように、その他の酸・塩基の組み合わせによる中和滴定中のpH変化や、先行事例にあるように二段階滴定中のpH変化の測定などを行うことで、内容理解の深化を図ることができるような発展的改良を目指したい。

また、「ヘスの法則の検証」の内容については、2021年度中に高等学校第2学年の「化学」において授業実践を行い、開発教材の効果と生徒たちの使用感について検証する予定である。

これまでの生徒化学実験に、「データの自動計測」

という要素を加えることで、どのような教育効果が得られるかを引き続き検討していきたい。

## 10. おわりに

高等学校化学の授業において、実験に割くことのできる時間は限られているため、生徒実験では定性的な実験が多くなりがちである。データロガーを用いることで測定時間の短縮が期待でき、あらたに生み出した時間による新規の定量実験の導入や、既存の実験の考察時間の十分な確保が可能となる。また、測定精度の向上やリアルタイムでのデータの可視化により、考察の時間のみならず、実験中においても実験結果について生徒たちが自ら課題を見出し、主体的に考察することが期待できる。こうした探究的な活動となる実験教材の開発に取り組みたい。

また、近年話題となっている「思考力を問う問題」では、実際のデータ（生データ）に触れた経験がないと、なかなか気づけないような現象や実験のコツが扱われる。データロガーを用いた実験・測定は連続的な値の変化を表示・記録できることもあり、リアルタイムなデータから得た気づきを、教科書や理論値と比較し、分析、考察することができる機会の提供が可能になると考えられる。

一方で、データロガーを用いて測定と記録を自動化することで、断続的に得られたデータを手作業に

よって表やグラフなどで表現し、自作した表やグラフに基づいて考察する能力を育む機会を奪ってしまう可能性も考えられる。そのため、データロガーの導入に際しては、実験内容や対象となる生徒のレディネス（知識面でも、発達段階の面でも）を考慮することが不可欠である。

## 引用・参考文献

- 1) 文部科学省, 『高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 数学編理数編』, 2018年, 186.
- 2) 文部科学省, 『高等学校学習指導要領（平成30年告示）解説 理数編』, 2018年, 50.
- 3) 文部科学省, 各教科等の指導におけるICTの効果的な活用に関する参考資料「理科の指導におけるICTの活用について」, 2021年.

## 使用ソフトウェア

“PicoLog 6 data logging software”

<https://www.picotech.com/library/data-loggers/picolog-6-data-logger-software> (2022.1.9 閲覧)

この研究および授業は公益財団法人 武田科学振興財団による教育振興助成（令和3年度「汎用型データロガーを利用した、生徒たちが自ら考え課題解決に取り組む化学分野の定量的分析教材の開発と実践」）を受けて実施した。

# Development and Practice of Teaching Materials for Chemical Experiments and Analysis Using Data Loggers

Yuki KUTSUNUGI, Ryoichi UTSUMI, Atsushi HIRAMATSU

## Abstract:

The introduction of ICT equipment for experiments and analysis has become an important topic in science education. We developed experimental teaching materials by introducing data loggers for the unit "Acid, Base and Neutralization" in "Basic Chemistry" and the unit "Heat of Reaction and Thermochemistry" in "Chemistry" at senior high school, and conducted trials and practices.

Although some issues remain with the developed teaching materials, we could shorten the experiment time and confirm that students can create and analyze (discuss) graphs by themselves within the class time. We believe that we could develop teaching materials that have a particular effect in that they provide students with opportunities to analyze and discuss experimental results based on continuously and automatically measured data while considering the meaning of the data.