

今回はかがく教育研究所代表 森本雄一先生に“回路カード”を活用した物理のマイクロスケール実験についてお書きいただきました。先生は県立高校の物理教諭としてお勤めの後、加古川市平荘町に「かがく教育研究所」を設立され、附属の実験講習施設ファラデーラボで毎月「かがくカフェ」を開催するなど、科学教育を身近なものとするために、さまざま活動をしておられます。小型の器具を利用し、生徒一人一人が自分の手で実験をおこなえることで注目される、マイクロスケール実験の物理分野での活用例をお読みください。

「昨年度アンケートより」では、教育研修所主催の実習教員講座参加者より出されたご質問にお答えして、硫化水素を発生させる際の工夫や注意をとりあげました。また「実験室からのレポート」では、“モル”学習の助けとして教室に持って行けるちょっとした物品をご紹介します。

「アクティブラーニングとしての生徒実験」

ー 回路カードを活用した授業 ー

元兵庫県立東播工業高等学校
かがく教育研究所 代表 森本雄一

はじめに

平成19年から2年間、大学院(夜間)で「なぜ生徒実験をしなければならないのか」¹⁾という研究に取り組んだ。科学研究においては実験による検証のない研究はありえないが、理科教育において実験は不可欠なのだろうか。内村・山崎らは、大学の理工系学部に2006年に入学した直後の2,547名に対して、高校2年間の物理I・IIの授業における実験の回数を調査した。その結果、生徒実験 0回20%、5回以下60%。演示実験 0回8%、5回以下40%

であったという。²⁾

歴史を辿ると、20世紀初頭イギリスでアームストロングが、生徒に探求的な実験課題を与える発見的教授法を始めたころから問題が指摘されてきた。発見的教授法は日本の理科教育に大きな影響を与え、大正7年(1918)に「中学校物理及化学生徒実験要目」が作成され、旧制中学校および師範学校において生徒実験が義務化された。しかし後に、棚橋源太郎は「理化生徒実験の成績については、いささか失望を禁じ得ないものがあった。というのは、中学校の

初めて理科実験を担当される皆さんへ!!

○実験準備、薬品取扱い等について

⇒『理科実習助手のための実験準備マニュアル 改定版』、『NETWORK』をみる

実習教員部会が作成した『…マニュアル 改定版』には実習教員の仕事に必要な実験準備、試薬の保管や調製など様々な仕事の注意点や工夫が載っています。各校にCD版が配付・保管されていますので参考にさせていただきます。またHPからも『…マニュアル』、情報誌『NETWORK』バックナンバー、研修講座「実験紹介」のまとめ等がご覧になれます。 [実験準備マニュアル](#)で検索ください。

<http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/toppage.htm>

○スキルアップ、実習教員間の交流のために ⇒ 研修会に参加する

- ・今年度は8月23日(火)に「実習教員部会 研修会」が開催されます。
- ・県立教育研修所「実習教員のための観察・実験講座」も実施されます。11月7日(月)です。

☆ 本誌6、8ページをご覧ください。

生徒実験が生徒、教師両方から面倒がられ、ようやく閉却されるに至ったからである。」と述べている。

生徒実験という探究活動を主体とした授業は、時間的な制約をはじめ様々な要因から、実施されにくい問題がある。最近、この問題を解決するひとつの方法にたどり着いたのではないかと思うので、この紙面をお借りしてご紹介したい。

マイクロスケール実験を活用した授業

定年退職前の2011年に加古川市に、かがく教育研究所を創設し、付属施設のファラデーラボで毎月「かがくカフェ」を開催し、「普通の人々のための科学教育課程の構築」を目指している。

この研究の中で「回路カードシステム」という電磁気分野の生徒実験器具を開発した。また、昨年4月から中谷医工計測技術振興財団の助成を受け、加古川市中学校理科部会の先生方と共に、「マイクロスケール実験を活用し、生徒が「気づき、考え、議論する」授業の研究」を行っている。これは、小型の実験器具を使って個人または二人一組の生徒実験をし、その結果を元に考え、議論する授業である。

4校の中学校で回路カード使った実験を取り入れた授業実践をしていただいた結果、生徒にも教員にも非常に好評であった。

マイクロスケール実験は、小型の器具を使い試薬量を減らし廃棄物の少ない環境に配慮した化学実験として普及してきた。これは個人または2人1組の少人数実験であり、一人ひとりが自分の手で実験し、間近に結果を観察し、短時間でできる利点がある。³⁾

この結果、1時間の授業の中で、生徒一人ひとりが気づき、考え、議論する授業展開をすることが可能となった。経験によれば、4人一組では2人が実験し、後の2人は結果を書き写すだけのことが多かった。参加したくても物理的・時間的に制約がある。しかし、2人だと役割分担し、すべての生徒が主体的に実験に取り組むことができる。この手法を物理、生物、地学分野にも拡張しようというのがこの研究の取り組みである。

「回路カード」を活用した授業

「回路カード」は、A6版、厚さ0.8mmの表面コーティングした厚紙に、幅6mmの銅箔テープを貼り、電気回路を形成した実験器具（基板）である。同じ厚紙製の50×16mmの部品ベースと呼ぶ台紙に、乾電池や豆電球、抵抗、コンデンサなどを固定し、クリップで回路カード上に固定し、電気回路を形成し実験するものである。加古川市立中部中学校のH先生が実施した研究授業では、クリップタイプの回路カードを使い、電流が作る磁界の実験をした。

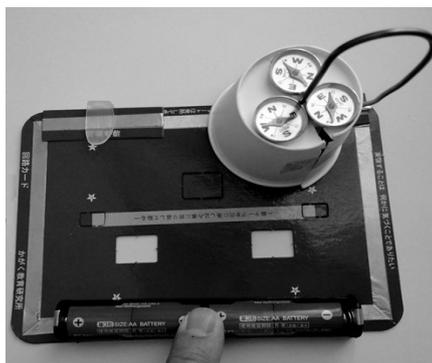


写真1 電流が作る磁界の実験

写真1は回路カード上に、部品ベースにU字型のアルミ製の針金を取り付けたものを接続し、紙コップ上に置いた小磁針が、電流から受ける力を調べる実験である。実験結果を元に生徒が発表し、話し合いにつなげる授業で、生徒たちは生き生きと活動していた。この授業の後3人の先生が回路カードを活用した授業を実施した。

陵南中学校のK先生は、A5版ホワイトボード上に、300Ωの抵抗をクリップで固定した回路カードを置き、ゴム磁石の裏に銅箔テープを取り付け、置くだけで接続できる実験器具を活用した一連の授業を実施した。

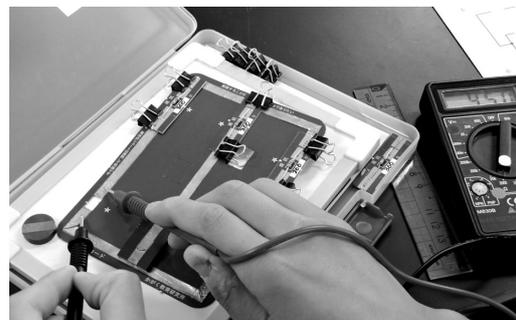


写真2 抵抗の接続と測定実験

抵抗の直列、並列、並列+直列など、様々な回路について、合成抵抗値を予想した後、テスターで抵抗値を測定する。回路図通りの配置であり、生徒は自信をもって予想を表明し、予測通りの結果に自信を得ていた。また、予想と異なる結果になったときは、探求心が深まり、夢中になって実験に取り組んでいた。

高校授業への接続

昨年 12 月 20 日に御影高校で開催された、高校物理基本実験講習会において、御影高校の大多和先生は、回路カードを使ったメートブリッジ実験を紹介された。ニクロム線の代わりに導体紙を用いた、とても扱いやすく原理がわかりやすい実験であった。

回路カードでは、全くビニル被覆線を使わず、回路図通り簡単に回路を接続することができる。A6 サイズの中にすべてが収まり、常に回路全体が視野に入っている。電池や部品の位置や向きを変えて置くだけですぐに条件を変更し、確実に接続することができる。接触不良があれば、容易に場所や原因を調べ、修復が可能である。

小学校、中学校から回路カードを使えば、高校では使い方に習熟し、短時間で様々な高度な測定実験をし、結果を考察し議論することが可

能になる。

おわりに

マイクロスケール実験を活用した授業では、1 時間の授業の中で、生徒が実験に主体的に取り組む、実験結果から予想と異なる結果に気づき、探求心を持つ要素を内蔵している。これはまさに生徒実験を主体としたアクティブラーニングを実現する授業になると期待している。

私自身は高校の教育現場を離れたが、教材・教具開発や供給、講習活動などを通じて、高校の理科教育に貢献していきたいと考えている。最後になりましたが、この機会を与えていただいた実習教員部会の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 「なぜ生徒実験をしなければならないのか」 森本雄一,兵庫教育大学修士論文,2008
- 2) 高校物理実験の実施状況
-理工系大学新入生へのアンケート調査から-, 内村・山崎他,2008,日本科学教育学会,p.77-86
- 3) マイクロスケール実験
-環境にやさしい理科実験-,2011,オーム社 芝原 寛泰 (著), 佐藤 美子 (著)

昨年度アンケートより

実習教員部会では、教育研修所主催の実習教員のための講座の際に実験準備や理科室の管理など、日頃の疑問や実務から得た工夫等を共有するためにアンケートを実施しています。昨年秋の講座で実施したアンケートには次のようなご質問、ご意見がありました。

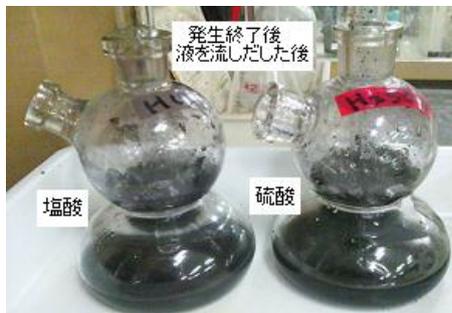
?硫化水素の発生 塩酸 or 硫酸?

硫黄の化合物や陽イオン分析・分離の実験で使用する硫化水素は、特有の臭気(腐卵臭)のある有毒の気体で、硫化鉄と硫酸や塩酸を反応させ発生させます($\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$ 、 $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$)。「硫化水素水を作るときに、硫酸を使用するのと塩酸ですのと違いがあるのでしょうか?どちらがいいか教えてほしい。」とのご質問がありました。「今までは 6M 塩酸で作成していたが、今回 6M 硫酸を使用したところ、硫化鉄との反応も弱く、汚泥のような状態になったため 6M 塩酸に戻した。」とのことでした。何人かの実習教員にお伺いしたところ、塩酸(濃度は 1M~6M まで様々)を使用している方が若干多いものの、硫酸(3 または 6M)の方もあり、「そのとき手近にあるものを、その時ある濃度で」という方もおられました。そこで、キップの装置を使い、塩酸と硫酸で発生状態や使用後の様子を比較してみました。また、キップの装置の使用、硫化水素発生の際に各校でおこなっている工夫についてもとりあげてみました。

塩酸と硫酸の比較

注意!! 硫化水素の発生はドラフトの中で操作!!

あらかじめ温めた 6M 塩酸と 3M 硫酸を硫化鉄と反応させたところ、明らかに塩酸の方が硫化水素の発生開始が早く、反応も硫酸の 2~3 倍激しい様子でした。1 週間程度、断続的に実験に



使用後は塩酸、硫酸とも底に黒色の泥のような沈殿物が残りました。塩酸では少量が少ないようでした。使用後の硫化鉄を乾燥させると、塩酸の場合は表面が少し錆びたようになりますが、硫酸はほとんど変化ありません(表面に塩化鉄、硫化鉄が付着?)。



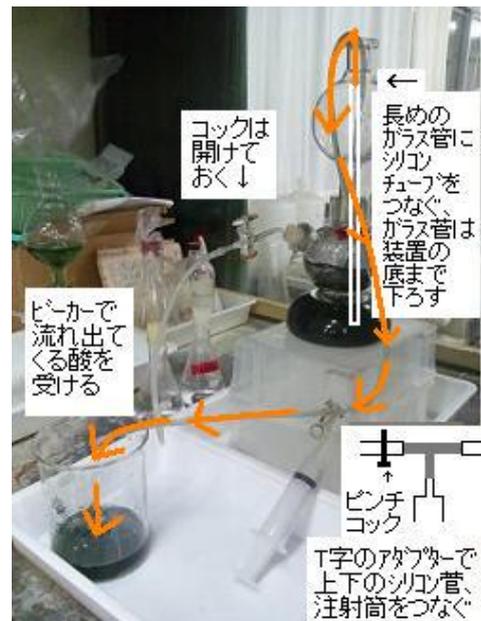
硫化水素発生をスムーズにするための工夫

気温が低い場合には使用する塩酸や硫酸を湯煎し、温めてから使用している方が多いようでした、上の写真のようにキップの装置ごと深めのコンテナに入れて湯で温める方法もあります。発生が始まれば、加熱しなくても反応は進行していきます。「二又試験管の場合はガスバーナーで少し温める」という方もありますが、基本的には湯やドライヤーで温める程度が安全です。

塩酸・硫酸の回収の工夫

右の写真は、実験終了後にキップの装置から塩酸や硫酸を流すために使用している自作器具です。

- ・[キップ側] ガラス管→シリコン管→T字アダプターと注射筒→シリコン管(ピンチコック) [ビーカー側]の順につなぐ。
- ・コンテナなどを利用して、ビーカー側の流出口よりもキップの装置が少し高くなるようにする。
- ・コックを開け、ピンチコックを締めてから注射筒で酸を筒の手前くらいまで吸い出す。
- ・ピンチコックをはずすと酸がビーカーに流れ出す。



硫化鉄の使用と処理

一度使用すると錆びたようになってしまう硫化鉄ですが、再利用には特に問題はありませぬ。「錆びたままだと反応し始めるのが遅いので事前に濃い塩

酸で洗浄しておく」という方もあります。再利用する硫化鉄の中に、いくつか新しいものや着色が少ないものを混ぜておく方法もあります。使用した後に純水で洗い、ドライヤーの熱風等ですぐに乾燥させれば、前ページ写真のように錆の出ない状態で保管できます。

臭気もれ防止の工夫



1週間程度断続的にキップの装置を使用する場合、ドラフト内に装置を置き、コックを締めて硫化水素の発生を止めていても、かなり臭気が漏れだしてくる場合があります。数日使用しない時などは、大型厚手のビニール袋にキップの装置ごとに入れてしまうと、臭気漏れがかなり抑えられます(左の写真のビニール袋は厚さ 0.1mm、50×70 cm)。また、硫化水素の特異臭は高濃度では徐々に感じられなくなるので、中毒には注意してください。

少量使用の場合の工夫

・二又試験管、試験管

生徒実験や硫化水素の使用量が少ない場合、少量の硫化水素水を用意すればよい場合などは二又試験管や試験管を利用している学校が多いようです。

右の写真ではドラフト内で試薬ビンの純水に硫化水素を通し、硫化水素水を作っています。発生が遅い場合は最初に少しだけ試験管の底を温めるとのことです。「20 cmの試験管に穴あきゴム栓→L字管→ゴム管→ガラス管とつなぎ集気びんに取る。ゴム管はすぐにダメになるので黒テープで補強する。」という方もあります。

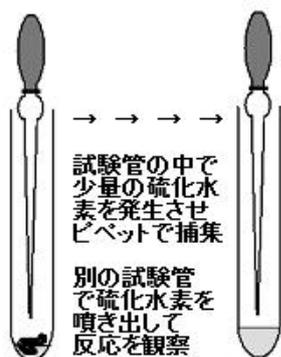


・マイティーパック

マイティーパックという厚手の口付きビニール袋(右写真)に硫化水素を保存しておく方法もあります。専用の活栓があるので、必要量を少しずつ取り出して使用することができます。1週間以上の長期保存も可能で、使用した袋を次回に再利用することも可能です。

・乾いた駒込ピペットで取り出す

生徒実験でごく少量のみ使用する場合は試験管(大型の方がよい 栓を用意する)の中に硫化鉄の薄片を入れ、微量の硫酸で反応させたものを、乾いた駒込ピペットで捕集する方法もあります。



試薬の量を調節する、捕集したら素早く栓をする、試験管に入れる前にピペットの乳豆を押しつぶしてピペット内の空気を排出しておく(試験管に入れた状態で乳豆を押しつぶすと、試験管内に空気が入り、勢いで硫化水素が漏出してしまふ 生徒がよくやる失敗なので注意!)等に気を配れば、ドラフトの外でも実験ができます。実験後の試験管は生徒実験機で洗浄するのではなく、栓をしたままドラフトに集め、水酸化ナトリウム水溶液等で発生した硫化水素を反応させてから洗って下さい。(「化学と教育 高等学校 化学実験集」(社)日本化学会 参照)

- ✿ キップの装置は生徒に操作体験をして欲しい装置の一つです。硫化水素はその臭気と毒性で取扱いに気をを使うものですが、今回寄せられたご意見を参考に、実験の種類や使用量など状況に応じ、実験準備に取り組んでいただければと思います。

? 実験準備の基礎、基本的な注意事項、薬品の取扱い方、廃液処理について知りたい?

実験準備の基礎知識については、実習教員部会 HP で『理科実習助手のための実験準備マニュアル 改定版』や『NETWORK』バックナンバーをご覧ください。『NETWORK』の記事に関しては洗浄、試薬・廃液などの項目から記事を検索できる「項目索引」を作成中です。

! その他!

「実験中に声かけをすることで実験をスムーズに進められたり、生徒の理解を深める助けになることがある。生徒がへーと言ったり・わかったと言う声かけを集めて交流してみてもどうか。」とのご意見もありました。次回の講座や実習教員部会の研修会でそのような場が持てればと思います。

顕微鏡についてのご質問やご教示もありました。顕微鏡の更新をされた学校も増えているかと思えます。顕微鏡については次号で改めて取り上げる予定です。昨年度研修講座企画「実験紹介」のテーマ「DNA 抽出」に関するご質問等は、実習教員部会の HP をご覧ください。

! 実習教員部会の研修会が開催されます !

✎ 実習教員部会 研修会へのお誘い ✎

⇒ 8月23日(火)開催 ⇒

研修内容は…

午前：神戸市立王子動物園

動物科学館での講義と各校実習教員による情報交換。

午後：竹中大工道具館 見学

日本で唯一の大工道具の博物館を見学。

- ☆ 科学部会に実習教員部会が設置されて以来3回目の研修会です。
- ☆ 他校の実習教員と情報交換し、実務に役立つスキルや新しい知識を得ることのできる交流の場です。

どうぞご参加ください!!

☆ 申込締切：7月15日(金)

☆ 申込・問合せ先：県立須磨友が丘高等学校 笠置りか FAX(078)791-7882

- ※ 科学部会より各校の実習教員宛に研修会案内の公文書が発送されております。お手元に届いていない場合は ご連絡ください

実験室からのレポート

――― 演示 1 mol の物質 ―――

“モル”という言葉、自分たちの生活とはまるでかけ離れた言葉と感じ、化学だけに関係あるものと特別視したり、拒否反応を持つ生徒も多いようです。“モル”を理解させるため教室に持っていき、身近な演示材料を県立川西明峰高等学校の池田千晶さんに紹介していただきました。

固体

ビーカーに実物を入れ、ラップ等でフタをしておく。

Al 1円玉	27個
スクロース (グラニュー糖)	342g
NaCl (食塩)	58.5g



気体

1mol の気体 22.4L

コーヒーの紙パック(1L)22本と 500ml を折り込んで 400ml にしたものをテープで括る。具体的に 1L のイメージが持てるものを利用して 22.4L を示す。自分たちがいつも飲んでいる、いろいろなメーカーの牛乳パックを使うのも好評。



液体

試験管にそれぞれの物質 1mol を入れた場合の量 (液面) をマジックの線と色テープで示す。

水	18g=18ml
メタノール	32g=40ml
エタノール	46g=58ml



「NETWORK」に関する問合せ

「NETWORK」バックナンバーは実習教員部会 HP でご覧ください。
県立須磨友が丘高等学校 笠置りか

TEL(078)791-7881 FAX(078)791-7882

県立教育研修所主催

📎 実習教員講座「実習教員のための観察・実験講座」へのお誘い 📎

📅 11月7日(月)開催 📅

県立教育研修所では、毎年実習教員のためのスキルアップ講座が開講されます。見学や実験実習・講義などが実施され、実習教員による発表や協議も活発におこなわれています。今年度の講座は11月7日(月)開催です。5月の「一括募集」期間終了後も、定員に空きがある限りは参加を申込みことができます。個別に公文書は届きませんが、原則として「出張」で参加できます(管理職とご相談ください)。申し込み方法等は、各校に配布済の冊子「現職教職員研修 受講者募集のしおり」または県立教育研修所の Web ページでご確認ください。

(講座番号 296151 <http://www.hyogo-c.ed.jp/kenshusho/cn38/pg233.html>)

研修内容は・・・

今年度は午前に理科に関する講演・講座と ICT 講座をおこないます。ICT 講座は昨年の内容をより深めたものになります。

午後は毎年、実習教員による発表や協議の時間です。

☆「**理科室拝見**」いろいろな学校の理科室における工夫を映像で取上げます。

☆「**実験紹介・協議**」⇒今回は「理科の楽しさ」を伝えるために実施される、様々な分野の実験をテーマに、実習を取り入れつつ、各校での工夫の発表や情報交換をおこないます。新教育課程の「地学基礎」「科学と人間生活」での実験実施状況の調査結果も報告します。(7月中に「実験紹介」に関するアンケートをご送付の予定です。ご協力お願いします。)

☆ その他、実験準備や片付け、薬品の管理など実際の仕事に即した疑問や日々の工夫を情報交換する貴重な機会です。

どうぞご参加ください!!

- **昨年度の講座内容は科学部会会誌に掲載されています。実習教員部会の HP からは今までの「実験紹介」の内容、昨年度おこなった生物基礎実験に関するアンケート、その他、物理基礎、化学基礎実験に関するアンケートの報告などご覧いただけます。**

実験準備マニュアルで検索

申込み方法

☆Web 申込みです。神戸市立、私学(「自由研修」で参加)は申し込み方法が異なります。

- ① Web ページから「受講願(Excel ファイル)」をダウンロードする。
- ② パスワード(「…しおり」に記載)を入力しデータを開く。
- ③ 指示に従い、「データ入力票」に入力する。
- ④ 「受講願」をいったん印刷し、管理職に参加を申し出て承認を受ける(「受講願(Excel ファイル)」は一旦 PC に保存しておく)。
- ⑤ 「データ入力票」の「管理職承認欄」にチェックをいれ、提出日を入力する。表示されるメールアドレスに「受講願」を送信する。
- ⑥ 研修所からの確認通知、受講決定通知が送信される。

(送信がない場合は研修所に問合せる→ 企画調査課 Tel 0795-42-3101)

- 兵庫県高等学校教育研究会科学部会にもぜひご入会ください。
- 実習教員向け研修会の他、科学部会各支部の研修会、研究発表大会もあります。