

レモン電池を用いた授業実践の報告

○川野 直^A, 土田 理^B

Kawano Naho^A, Tsuchida Satoshi^B

鹿児島大学大学院教育学研究科^A, 鹿児島大学教育学部^B

【キーワード】 レモン電池, 電気的特性, 水溶液, 電池, イオン

1. はじめに

平成 20 年度に改訂された中学校学習指導要領には, 生徒たちにとって身近な道具である電池の仕組みを学ぶ単元が復活した¹⁾。しかし, 中学校 3 年生で電池の仕組みを学んでも, 電池の原理であるイオンを既存の化学モデルの知識として学ぶため, 生徒が実態をとらえにくく, 理解が困難であることが予想される。これは, イオンという目に見えない物質のイメージを生徒が授業の中で作り上げていく必要があるにもかかわらず, 現行の学習指導要領では小学校理科での, 乾電池, 水溶液の性質など, イオンの概念形成の元となる学習内容と中学校理科の学習内容との系統付けが行われていないためであると考えている。そこで, レモン電池でオルゴールが鳴るという現象から, 児童の意識をレモンの内部に着目させ, 電池の仕組みへと発展するイオンの学習に結び付けることを目指した授業実践を行った。

2. 研究の目的

本研究では, レモン電池の基礎データを基に, レモン電池がより実用的になるよう工夫を行い, 電池の仕組みからイオンの概念を結び付けやすくするために, レモンに代わる実験の方法を探すことにした。さらにレモン電池を用いた授業を小学生を対象に行い, 児童がどのような反応を示すのか調査することにした。

3. レモン電池の基礎データ

レモン電池は, 教科書や理科実験でも紹介される身近なものを使用した実験装置であるが, 実際に作動させようとするとうまくいかないことがある。これは, レモン電池の電池としての特性が不

確かであり, レモン電池が作動する条件を知らずに使用しているためと予想される。そこで, レモン電池が作動する条件を調べるために, 負荷を作動させるための鍵となるレモン電池から得られる起電力と内部抵抗を調べた。実験に使用したものは, 極板に銅×マグネシウム, 銅×亜鉛の2種類, レモンは半分に切ったレモン (レモン本体) と, レモン汁を用いた。また, レモン電池 1 個の場合, レモン電池 2 個直列の場合, レモン電池 2 個並列の場合の 3 つのパターンでデータを取り比較した。

レモン本体とレモン汁, 極板の組み合わせの中で, 一番性能が良かった電池は, レモン汁電池に銅板×マグネシウム板を用いた場合であった。レモン汁電池での起電力と内部抵抗値は, 1.4V — $2.2\text{K}\Omega$, レモン汁電池 2 個直列回路で, 2.7V — $7.7\text{K}\Omega$, レモン汁電池 2 個並列回路で, 1.4V — $1.9\text{K}\Omega$ という結果であった。また, 実験で得られたデータからレモン電池に接続する外部負荷抵抗値と取り出せる電力の関係を計算して求めると, レモン電池から取り出せる電力が最大となるのは, レモン電池の内部抵抗に近い入力抵抗を持つ負荷を接続したときである。

4. 実験方法の改良

レモン汁電池は性能もよく, 児童にとってもインパクトがあり授業に用いる道具として適している。しかし, レモン汁電池を授業で使った場合は, 初めから溶液の状態で児童に提示することになり, 電池の仕組みやレモンの内部について子どもたちに意識を持たせることは難しいのではないかと, ということが予想された。また, レモン電池で反応が進むと, マグネシウム板の反応によって泡が発生し, 長時間レモン電池を作動させる妨げ

になっていると思われた。さらに、それはレモン本体よりレモン汁電池を用いたほうが顕著に表れる。そこで、レモン汁の改善と、市販レモン果汁を用いた電池の特性とを調べることにした。

4-1. ろ過したレモン汁を用いた実験の結果と考察

前回の実験では、レモン汁をしばった後、茶こしを通して繊維などを取り除くだけだったが、レモン電池の性能を上げるために、茶こして繊維を取り除いた後、ろ過してみることにした。その結果、ろ過後のレモン汁電池2個直列回路の起電力は2.6V、内部抵抗は3.6K Ω という結果となった。しかし、実験の中で児童が行える自然ろ過を行うと1時間以上時間がかかり、1つのレモンからは、20～30ml 程度の量しか果汁を取ることが出来ない。また、レモン電池を何個もつなぐ時や、電流を増やすため、極板の浸漬部を増やそうとすると、たくさんのレモンが必要となる。そこで、もっと手軽に使用でき、また子どもの思考が溶液に向くような、レモン汁の代わりになる溶液を探すことにした。

4-2. 市販レモン果汁を用いた実験の結果と考察

レモン汁の代わりに、市販のレモン果汁を用いて同様の実験を行った。今回は市販のレモン果汁に、「ポッカレモン100」（ポッカサッポロフードビバレッジ）を用いた。同様の実験を行うと、市販のレモン果汁電池でも、電子オルゴールを鳴らすことができた。市販のレモン果汁電池2個直列の起電力は2.6V、内部抵抗は2.5K Ω という結果となった。さらに、市販のレモン果汁電池は4個直列につながるとLED電球を点灯させることができ、レモン汁電池を用いた実験時の妨げになっていた、泡の発生を抑えることができた。図1は、レモン汁電池（ろ過前、ろ過後）と市販のレモン果汁電池から得ることのできる電力のグラフである。取り出せる最大電力が大きいのは、市販のレモン果汁→ろ過後レモン汁→ろ過前レモン汁の順である。準備・実験の行いやすさ、コストの面から考えても、市販のレモン果汁はレモン汁のかわりに使えるといえる。

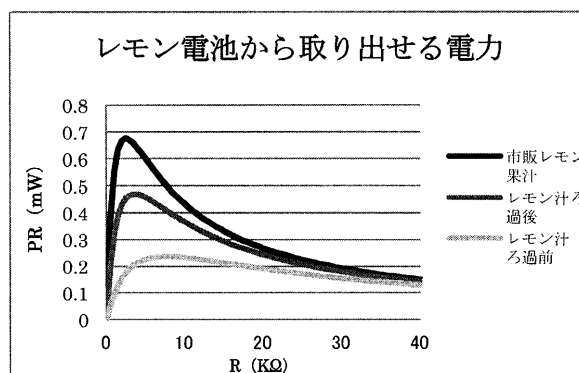


図1 レモン電池から取り出せる電力のグラフ

5. レモン電池を用いた授業実践

本研究では、中学校で習う電池の学習の事前の手立てとして、小学生に電池の仕組みについて興味を持ってもらい、イオンの概念形成へと結びつけることを目指している。そこで、本学部の附属小学校にご協力いただき、4年生～6年生の科学クラブの児童を対象に、レモン電池の実験を行った。今回は、レモン電池を児童の前に提示すると、どのような反応を示すのか観察するために、ビデオ撮影を行い児童の行動と発言を記録した。また、ワークシートを与え、児童に気づいた点、不思議に思った点などを記述してもらった。

5-1. 実験の様子

今回は、初めの条件（レモン本体、マグネシウム板、銅板、電子オルゴール）を同じにし、そこから、自由に条件をかえてグループで実験を進めてもらった。以下では、ビデオに記録したあるグループの実験の様子をプロトコル分析したものを示す。全ての場面において、（ ）は児童の行動、【 】は児童の発言を補う言葉を記述している。

① 児童がレモン本体からレモン汁へ着目していく場面

【場面の説明】

半分に切ったレモンに極板（Mg板とCu板）を刺すとオルゴールが鳴った。しかし、オルゴールの音は小さく、何の音楽が鳴っているのか分からなかった。そこで、もっと音を大きく鳴らそうと児童が工夫を始める。そこからの場面のプロト

コルを以下に示す。

- S4 超、汁が出てくるし。(ティッシュでふく)
 T2 汁が出てきた？
 S2 (極板を触り位置を変える)
 S4 ねえ、汁で【オルゴールを鳴らすことが】でき
な
いのけ？しぼってさあ。
 S1 ああ～やってみる？
 S4 先生、汁でやったらダメなんですか？
 T2 汁でやってみる？
 S1 汁と実で、やってみる。
 T2 汁だったらなりそうなの？
 S1 なんか鳴りそう。

この場面では、児童はレモン本体から汁へ視点が移っていることが分かる。レモンの汁でも音が鳴るのか、という疑問を持ち、レモンの汁へと意識が移っている。

② レモン汁と実(しぼって残った皮)を分離しようとする場面

[場面の説明]

半分に切ったレモンよりも、レモン汁の方がオルゴールの音が大きくなることを発見し、児童はますますレモン電池に興味を示しはじめた。そこで、教師が「果汁をしぼりだした皮でもオルゴールは鳴るのか？」と問いかけをする。すると児童は、果汁をしぼった後の皮に極板を刺しオルゴールが鳴るのか確かめはじめた。そこからの場面のプロトコルを以下に示す。

- S1 おお～鳴った！
 T2 鳴る？
 T3 おおお～！
 S1 鳴った。鳴ってる。かして。
 T1 皮【でもオルゴールが】なんの？
 S4 え、じゃなくて、これ(レモンをひっくりかえ
して)汁【が原因】じゃないですか？
 T3 汁が【鳴った原因】なの？皮じゃなくて？
 S4 汁【が原因】じゃないですか？
 T1 皮も鳴ったの？
 S1 いや？皮っていうか、実？
 S4 じゃあ、こう(皮の表面に)触れさせて。

ふつうに。

- S4 鳴らないじゃん！

この場面では、汁をしぼりだした皮にも着目している。汁と皮を分離することで、オルゴールが鳴った原因はレモン汁なのではないか、と気が付き始めている。このグループはこの後、レモンの汁に代わるものはないか、と考え始め、溶液を市販のレモン果汁、食酢、食塩水、砂糖水にかえて実験を行っていった。

③ 極板の変化に気付く場面

[場面の説明]

レモン汁にマグネシウム板を入れ、泡が出てきたこと、音が大きくなったことを発見し、水溶液に何らかの変化が見られたことに気付いている。レモン汁の入ったビーカーから極板を取り出して、極板を観察した際に、レモン汁に漬かっていたところが変化していることに気付く。そこからの場面のプロトコルを以下に記す。

- S4 【マグネシウム板が】黒くなってる。
 S1 これ【銅板は黒く】なってない。
 S4 【マグネシウム板は】黒くなってる！
 S1 (マグネシウム板を見ながら)これ何？スチール？
 S4 (レモン汁にマグネシウム板をつける)
 S4 これも【マグネシウム板刺していたレモン】黒
いの
け？
 T2 【レモンが】黒くなってる？
 S4 【レモンが】黒くなってます。
 S3 ほら、これ【他のレモンも】も黒いよね。

<途中省略>

- S4 (マグネシウム板を見て)ほら、黒くなってる。
 S2 【マグネシウム板の】黒いとこ持ってみて！シ
ュワ
シュワするよ！
 S4 うわ！すごいシュワシュワするよ！
 S1 なんか反応してるんだよ、なんか。

極板の変化に気付く場面では、マグネシウムの色の変化の原因を「反応」という言葉で表現している。反応している原因は水溶液にあるのではな

いか、という結論までは出てきたが、「金属が溶けた」という言葉までは出てこなかった。しかし、小学生の段階でも、レモン本体からレモン汁、そして他の水溶液まで目を向け始めることが確認された。

5-2. アンケートの分析の内容

レモン電池を用いた授業実践終了後、児童にレモン電池に関するアンケートを行った。アンケートは質問に応じて自由に記述させるようにした。質問内容は以下の5つを設けた。

【質問1】レモン電池を見たことがあるか。

【質問2】実験をやってみて不思議に思ったこと。

【質問3】実験をやってみて気付いたこと、どうしてオルゴールが鳴ったのかの予想。

【質問4】班で自由にやった実験と気付いたこと。

【質問5】もっと調べてみたいことや感想。

5-3. アンケート分析の結果と考察

【質問1】に関して、レモン電池を見たことがあると答えた児童は3分の1の人数であり、レモン電池を見たきっかけはテレビ番組、科学館、友達の自由研究などの回答がみられた。

【質問2】の回答では、なぜ、レモンでオルゴールが鳴るのかという内容の回答が最も多く、その他にはレモン電池から泡が出てきたこと、金属が黒くなったこと、などレモン電池に児童が興味を示していることがわかった。

【質問3】に関しては、オルゴールが鳴る原因を、水溶液と金属の両方に着目している記述、水溶液のみに着目している記述、金属のみに着目している記述の3つの特徴が見られた。特に多かったのは、オルゴールが鳴る原因は水溶液に関係するという記述であった。多くの児童は電池の仕組みには水溶液が関係していることには気づいているが、水溶液と金属との関係にまで着目している記述は少なかった。また、レモン電池の仕組みを金属と水溶液のどちらの視点からもとらえていない記述もあり、無記入の回答も多く見られた。

【質問4】では、オルゴールが鳴ると、レモン電池から泡が発生してくること、用いた金属板が

黒く変色することなど、レモンと金属が反応しておこる現象についての記述が多く見られた。

【質問5】では、レモン電池の原理が知りたい、他の食べ物でもなるのか試してみたいなど、実験を終えてレモン電池への興味が深まったと感じられる記述が多く見られた。

アンケート調査では、全体を通して児童がレモン電池に関心を示していることは読み取ることができた。しかし、イオンの概念に直接つながる、レモン電池でオルゴールが鳴る仕組みに関しては、無回答の記述も多く見られた。また、レモン電池の今回のアンケートは実験終了後に児童に記述させたため、児童がレモン電池の実験を行って児童のレモン電池に関する思考がどのように変化していったかを読み取ることができなかった。

6. 今後の展望

今回の実践では、レモン電池を提示した時の児童の反応を観察することを優先したため、班によってレモン電池の仕組みやイオンの概念に結びつく気付きに差が生じてしまった。そこで、今回のデータを基にレモン電池を用いた理科授業指導案を作成し授業を行う計画である。また、イオンの概念形成は、小学校理科と中学校理科との系統付けが必要なので、レモン電池を用いた同様の実験を中学生を対象に行い、どのような点に生徒が着目するのかを調査していく予定である。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたって、鹿児島大学教育学部附属小学校にご協力いただきました。調査の依頼を快く引き受けてくださった、理科主任の先生をはじめ、附属小学校の先生方そして附属小学校科学クラブの児童の皆様には、心より感謝申し上げます。

8. 参考文献

- 1) 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, 2012