

スチロール瓶を使った塩化亜鉛型空気乾電池

棚瀬 繁雄 (電子工学応用化学研究所, qqdd8mx9k@miracle.ocn.ne.jp)

Dry-type air batteries using zinc chloride electrolyte with cylindrical vessels made of polystyrene

Shigeo Tanase (Laboratory of Electronics and Applied Chemistry, Japan)

要約

スチロール瓶を使って実用電池に近い形状の塩化亜鉛型の空気乾電池を製作し、特性を調べた。この電池の形状は単2型の電池に近く、0.9 Vの放電終止電圧における容量が0.5 Ahで、同形のマンガン乾電池より軽量であることが分かった。電池の解体が可能で、電池の組み立てから、放電、解体、観察、分別、処分に至る一連の学習に使えることが分かった。放電時の電圧を自動で測定するシステムと組み合わせることで、工業高等専門学校や理工系の大学の学生実験に使えることが分かった。

キーワード

空気乾電池, 塩化亜鉛, スチロール瓶, 教材, 組立

1. 緒言

物質の酸化・還元やエネルギーの変換を学ぶための教材として電池が使われている。この代表的な電池がダニエル電池や燃料電池であるが、材料の入手や製作の容易さなどの点から、アルミ箔、食塩水、キッチンペーパー、木炭(備長炭)などを使ったアルミ木炭電池に関心が集っている。この電池は金属空気電池に属し、歴史的にはマンガン乾電池の二酸化マンガンに代わって空気中の酸素を利用したフェリーの電池が原型である(吉田, 2007)。

著者は空気電池の教材に関心があり、近年の事例を調査した(棚瀬, 2016)。この結果、いくつかの事例で、「負極の材料に相応した電圧が得られない。」「自己放電する。」といったことや、安全性の観点から使用を避けたい材料が使われていることが分かった。また、実用電池の形状との乖離も認められた。そのため、教材の用途によっては、新たな開発が必要と考えられる。

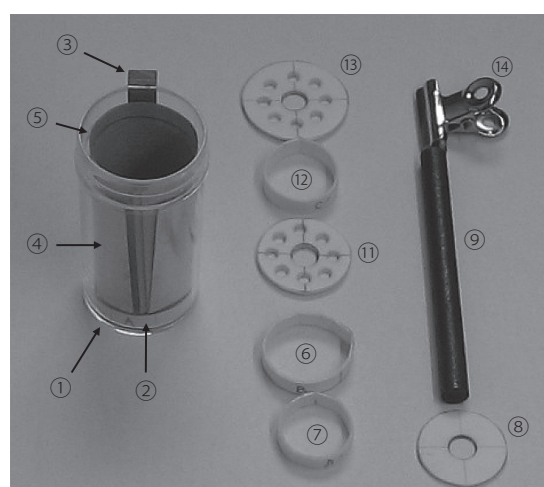


図1：空気乾電池の部品

そこで、著者は“マンガン乾電池の製作と評価”で使った乾電池のキット(棚瀬・湯口, 2013; 2014; 棚瀬, 2015)の改良をとおして、空気乾電池のキットの開発を検討した(棚瀬,

表1：部品の仕様

部品名	番号	仕様
電槽	①	スチロール瓶、容量25 cc、蓋は不用
炭素棒	⑨	直径6.5 mm、長さ75 mm、口含浸不浸透化処理済み
負極活物質	④	亜鉛板、巾40 mm、長さ70 mm、厚み0.3 mm、円筒状
負極集電体	③	亜鉛板、巾6 mm、長さ45 mm、厚み0.3 mm、曲部6 mm
セパレーター	⑤	コーヒーフィルター、2枚重ねの状態で使用、50 mm巾(短縮形状)
固定環A	②	ボール紙、巾5 mm、長さ74 mm、厚み0.5 mm
固定環B	⑥	紙貼り強化発泡スチロール板、巾5 mm、長さ66 mm、厚み1 mm
固定環B'	⑦	同上、巾4 mm、長さ55 mm、厚み1 mm
固定環C'	⑫	同上、巾5 mm、長さ60 mm、厚み1 mm
円盤A	⑧	同上、外径21 mm、中心穴径6.5 mm、厚み1 mm
円盤B'	⑪	同上、外径23 mm、中心穴径6.5 mm、厚み1 mm、2 mm孔8個
円盤C	⑬	同上、外径27 mm、中心穴径6.5 mm、厚み1 mm、2 mm孔8個
目玉クリップ	⑭	小(豆)型(鉄にニッケルめっき)

2016)。ここで考案した電池の電槽はスチロール瓶、負極は亜鉛板、電解質は塩化亜鉛の水溶液、また、正極は粒子状の活性炭である。形状が単2型の電池に類似し、組み立て後の解体が可能であるため、電池の製作と評価から材料の分別と処分に至る一連の学習を想定した、工業高等専門学校や理工系の大学における技術・環境教育用の教材として使えるのではないかと考えている。今回開発した教材を以下に紹介する。

2. 実験

空気乾電池の部品を図1に示し、部品の仕様を表1にまとめた。部品には組み立ての順序に沿った番号が付いており、これらは図2と図3に記載されている番号と共通である。部品の入手や材料の加工の方法は基本的に既報と同じである

が(棚瀬, 2015)、実験に合わせた改良や(棚瀬・湯口, 2013; 2014)、今回の開発に伴って、一部の部品で呼称が変更された。

電池の組み立ては4つの工程から成る。最初の工程を図2に示した。ここでは、表1の①から⑨までの部品を順に集合し、図2の右の写真のような容器を作った。その後スポイトを使って、セパレーターに均一に電解質(20重量%の濃度の塩化亜鉛の水溶液、2cc)を加えた。

第2の工程は(正極)合剤の調製である。ここではビーカー(容量100cc)と硬質プラスチックの棒を使って、粒子状の活性炭(冷蔵庫用脱臭剤、商品名ノンスメル、9g)と電解質(5cc:実験で決めた最適値)を均一に混ぜた。

第3の工程は電池への合剤の充填である。この様子を図3左に示した。ここでは電池の上部に粉末ロートを取り付け、

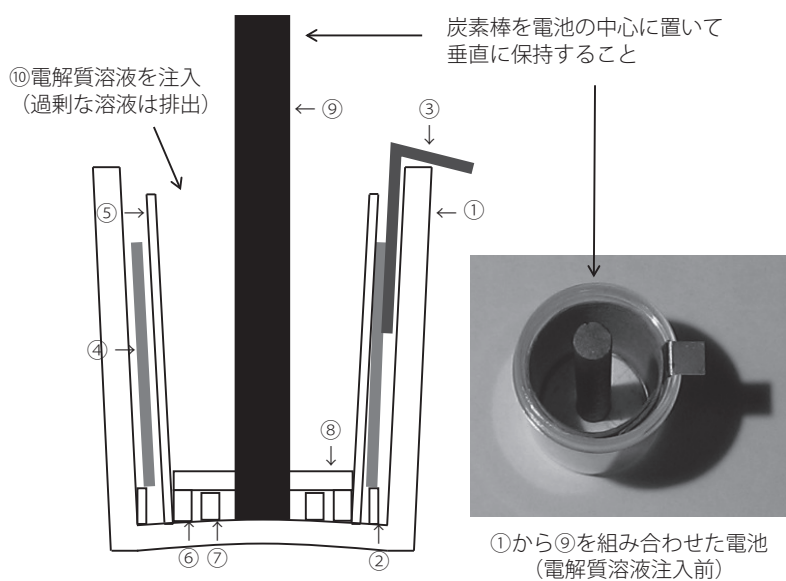


図2：合剤充填前の作業(断面図)

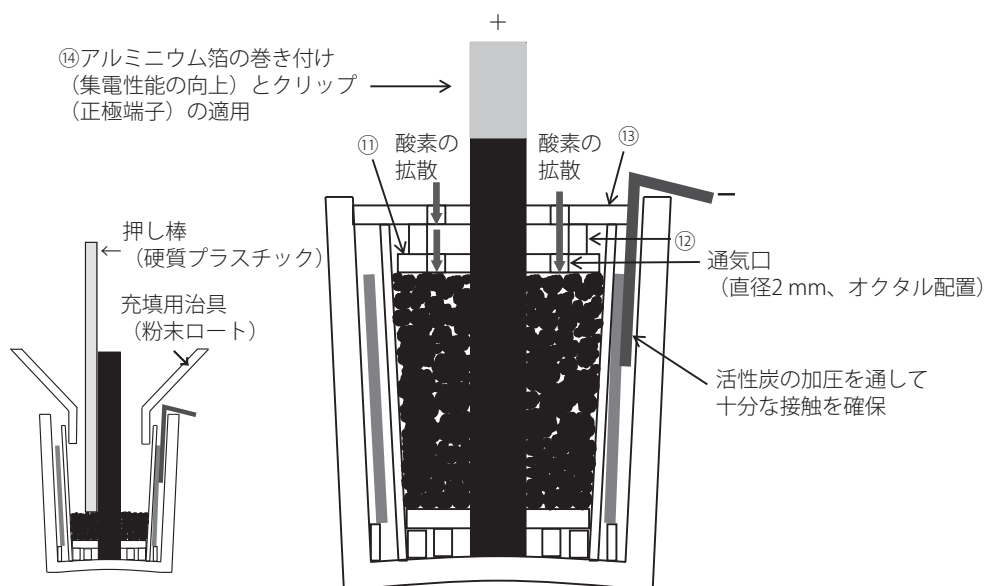


図3：合剤の充填(左)と、封口と仕上げ(右)(断面図)

合剤を少量加えて押し棒で密に充填する操作を数回繰り返した。充填が不十分であると合剤が負極の上端を超えることがあるが、電池の封口に支障があるので、合剤が余っても途中で充填を止めなければならない。

最後の工程は封口と仕上げである。ここではセパレーターが変形しないように注意して、円盤B' (⑪) を入れて合剤と炭素棒を固定し、固定環C' (⑫) を入れ、更に円盤C (⑬) で固定環C' を固定した (図3右参照)。合剤に含まれていた電解質や活性炭で汚れていた炭素棒の上部を少量の水を含んだキムワイプで拭いて清浄にしてから、2×3 cm程の大きさのアルミニウム箔を巻いて、目玉クリップで固定した (図5上参照)。

3. 結果

活性炭と電解質が簡単に混合できたため、今回の電池の組み立てはマンガン乾電池より短時間で済んだ。完成した電池の質量は40 gで、マンガン乾電池 (60 g) より軽量であった。正極における酸素の還元反応が円滑に進まないことが原因で、電池の開路電圧が1.2 Vと低い値に留まったが、この電池では豆電球 (1.1 V、80 mA) が点灯でき、小型のモーターが駆動できた (放電電流：25 mA)。更に負荷が軽い放電 (放電電流：約10 mA) では、終止電圧の0.9 Vを下回る電圧までの放電で0.5 Ahの容量が得られた。ここでは、かなり時間が掛かることになったが、当初は放電時の電圧を人力で適時測定し、得られたデータをExcelで解析した。しかし、最終的には、放電時の電圧が自動で記録でき、放電の終了が電子メールで通報できる、PC (Windows 7)、デジタルマルチメーター (PC20、三和電気計器(株)) などから成る計測システムを導入し、測定を自動化した。図4はこの結果得られたものである。

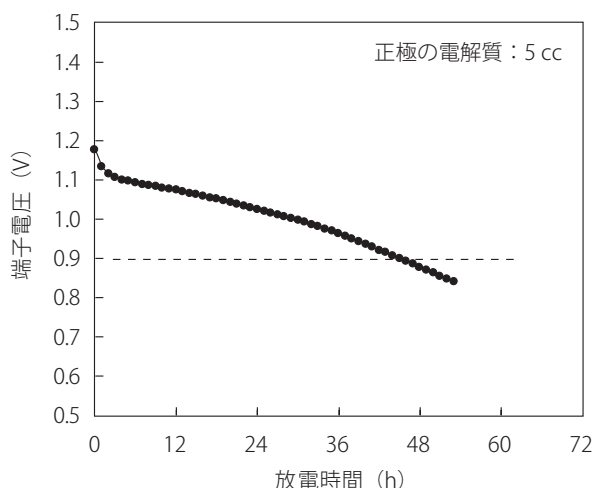


図4：空気乾電池の放電特性 (100 Ω 抵抗負荷)

放電後に電池の質量を測定したところ、質量の減少が認められた。空気乾電池が大気開放型であるため、電解質の水が放電中に蒸発したと考えられる。その後、電池を解体した (棚瀬・湯口, 2013; 棚瀬, 2015)。解体後の一部を図5下に示した。

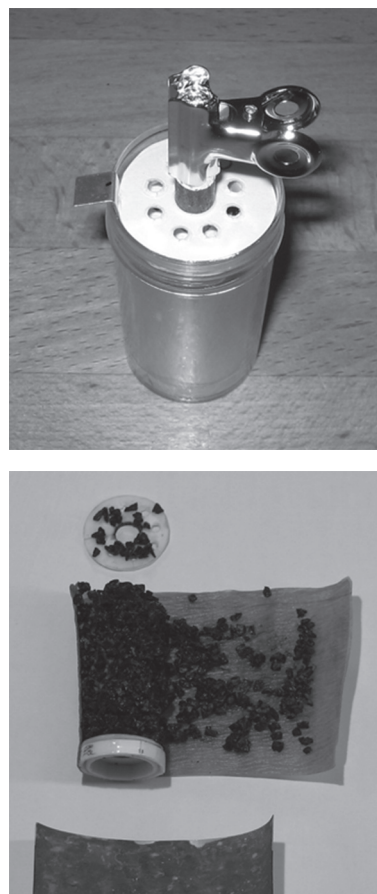


図5：完成した電池(上)と放電後に回収した合剤など(下)

粒子状の活性炭が酸素の拡散経路を形成している様子や電極などの変化が観察できた。また、放電電流量から計算した亜鉛の質量と放電の前後の負極の質量の変化 (減量) を比較したところ、比較的良好一致が認められた。

最後に部品を分別した。セパレーターや固定環、円盤などは廃棄したが、クリップや炭素棒、スチロール瓶などは再利用した。

以上のように、今回開発した教材を使った実験は種々の工程を含み、PCなどを使ったデータの収集を含めて、実験の難度が高い。そのため、教材の開発に合わせて、“実験の手引き”を作成した。これがあれば、実験の指導者は企画や準備に掛かる負担が減らせるし、学生の学習も捗る。できれば、別の機会にその手引きの内容を紹介したい。

引用文献

棚瀬繁雄・湯口宜明 (2013). スチロール瓶を使った乾電池教材を利用した学生実験. 科学・技術研究, Vol. 2, No. 2, 155-162.

棚瀬繁雄・湯口宜明 (2014). スチロール瓶を使った乾電池教材の改良. 科学・技術研究, Vol. 3, No. 2, 177-182.

棚瀬繁雄 (2015). 乾電池キットの調達について. 電子工作集成, 46-60. ユニオンプレス.

棚瀬繁雄 (2016). マンガン乾電池のキットを改良した空気電池の製作と評価. 第18回近畿地区化学教育研究発表会 要

旨集, 1-2.

吉田和正(2007). 空気湿電池. 技術の系統化調査報告 第9集,
174-175. 国立科学博物館.

(受稿：2017年7月21日 受理：2017年8月2日)