

3

(宮城県第一女子高・東北大医療短大) ○東海林恵子・荻野和子

1. はじめに

我々は数年前から高校化学の学習指導要領の範囲のテーマを取り上げて、スモールスケール生徒実験教材を開発し、高校の授業で実践してきた。スモールスケール実験には、一般に次のような利点があげられる。(1) 試薬量の大幅な節減・実験経費の節減ができる。(2) 安全性が増し、事故発生の防止に役立つ。(3) 実験時間が短縮できる。(4) 実験廃棄物の少量化およびその処理にかかる時間、作業、経費の節約ができる。同時に環境への影響を小さくできる。我々は、これまでⅠ. 酸と塩基¹⁾ Ⅱ. 金属イオンの反応²⁾ Ⅲ. 化学平衡³⁾ Ⅳ. 化学反応の速さ⁴⁾ Ⅴ. 反応速度の定量的取扱い⁵⁾ Ⅵ. 電池と電気分解⁶⁾ について報告した。本報では、金属のイオン化傾向と電池の起電力について生徒実験の開発・実践を報告する。

2. 実験器具

我々が開発したスモールスケール実験では、基本的な器具として、12穴のセルプレート(コーニング社 Cell Wells)、プラスチック製投薬びんを用いる。その他の器具は通常スケール用のものである。

3. 金属のイオン化傾向

金属のイオン化傾向を調べる実験として高校化学教科書に取り上げられている代表的な実験は、ひとつは各種金属塩水溶液中に別の金属の単体を浸し、その表面における金属単体の析出、金属塩水溶液の色調変化を観察することにより、2種金属間でイオン化傾向の大小関係を調べるものであり、他は、電解質溶液中で2種の金属片の間の電位差を電圧計で測定し、電位の高低によりイオン化傾向の大小を判定するものである。前者の場合、金属塩水溶液と金属単体の組合せの数だけの実験を別々の容器に組立てる必要があるが、この実験で視覚的に顕著な変化を示す金属は、Cu, Ag, Pb, Znなど重金属が多く、試験管を用いる通常スケールの生徒実験を行う場合、1回に金属塩溶液1種類あたり3ml使用するとして、3種の金属単体と組合せると、1クラス分の必要量は90ml、金属イオンの種類が Ag^+ , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} の4種類であれば、4クラスの実験に必要な試薬溶液は1440mlとなる。この実験の溶液は、何回も繰り返し使用することは不可能であるから、そのまま廃液となり、処理のための手間や費用を要し、保管するスペースを要する。我々は、この古典的なイオン化傾向の実験において、現象としての美しさや生徒の興味関心を引きつける視覚的変化の見やすさや迫力をそこなうことなく、金属塩水溶液の量をできるだけ少量に抑えることを目的にスモールスケール化を検討し、所期の条件を満足する生徒実験マニュアルをつくり、平成5年度宮城県仙台南高校において1年生を対象に授業実践を行った。セルプレートを用いることにより4クラス分の廃液量を合計400mlにおさえることができた。金属板上の変化を観察しやすくするため、使用する金属板の大きさを1cm×2cmとし、セル底面の溶液中に浸る金属の表面積をできるだけ大きくするため、2cm長さの金属板を1cmのところをL字型に折り曲げ、Cu線は直径的1cmのコイル状として、セルの溶液中に沈めるように置くものとした。また市販の鉄板は厚く曲げにくいことと、省資源に関心を持たせる目的から、清涼飲料水のスチール缶を試料として使い、実験の中で表面の塗料を紙ヤスリでこすり落して使用させた。セルに入れる溶液は、投薬びんのスポイトで15滴ずつ(約0.5ml)と少量であるが、金属板が十分な表面積を持つため反応は非常にはやく、金属板上の変化をはっきりと観察できる。またセルプレートを用いる実験は、試験管を用いる場合とちがって上から見ることになるため観察しやすく、金属の析出や色調の変化がわかりやすい。次に、2種の金属間で電池を構成し、電位差を測定する方法についてスモールスケール化を検討し、生徒実験マニュアルを作成した。

この実験の測定結果が、2種金属間のイオン化傾向の大小を示すこととあわせて、その電位差が、それら2種の金属を組合せて構成される電池の起電力となることを、容易に示すことができ、電池の原理を導入することができる。そこで、電位差測定によるイオン化傾向の実験の後に続くものとして、各種電池の構造や起電力をしらべるためのスモールスケール生徒実験を検討し、授業実践を行った。

4. ボルタ電池・ダニエル電池・鉛蓄電池

ボルタ電池・ダニエル電池は、その構造、起電力、放電時の電極反応、分極など、重要事項を数多く含んでいる単元である。しかしながら、これらの電池について、通常スケールで1班4名として1クラスの実験を行うためには、ボルタ電池について、Cu板Zn板それぞれ10枚0.5mol/l H₂SO₄ 2ℓを必要とし、ダニエル電池では2種類の金属塩水溶液を半透性の素焼き円筒などで仕切る必要がある。素焼き円筒の代りに透析用セロハンチューブを用いることも可能であるが、セロハン膜が金属板によって破損しやすく、また金属塩水溶液も0.1mol/lのZnSO₄溶液2ℓ 0.1mol/lのCuSO₄溶液2ℓと多量に必要となることから、生徒実験として実施することは困難で現実的には、教師による演示実験が精一杯である。我々は、セルプレートを用いて、各種電池のモールスケール化を検討し、1996年宮城県第一女子高校1年生を対象に授業実践を行った。これらの電池は、全て12穴セルプレート上の1個のセルで電池を構成するため、同一プレート上で、ボルタ電池、ダニエル電池の2種類の実験も可能で、それぞれの特徴や、ちがいを比較しながら実験することもできる。これらの電池は、使用する液量は少ないが、電池としての起電力は通常スケールと変わらず、メロディーICでは音として、プロペラ付き小型モーターの回転では動力として、電池の起電力の意味を実感することができ、生徒の興味を引きつけると共に、理解を深めることができた。ダニエル電池で用いたセルロスチューブは、溶液の分離が不十分であるため溶液の再利用はできないので廃液として処理するが、チューブごと引き上げるだけで2種の溶液を分別することができ、廃液の分別回収が容易である。

5. 実験方法

5-1 イオン化傾向

金属塩水溶液と金属単体の組合せによる方法は図1に示すように行う。電位差測定による方法は、①セルプレートの図2の位置に0.1mol/l金属硝酸塩水溶液を2mlずつ入れる。②測定したい組合せのセルに対応する金属板(1cm×4cm)を入れる。③塩橋用ろ紙(1cm×6cm)に1mol/l・KNO₃をよくしみこませ、両端をセル内の液に浸す。④回路試験器で電位の正負と電位差を測定する。

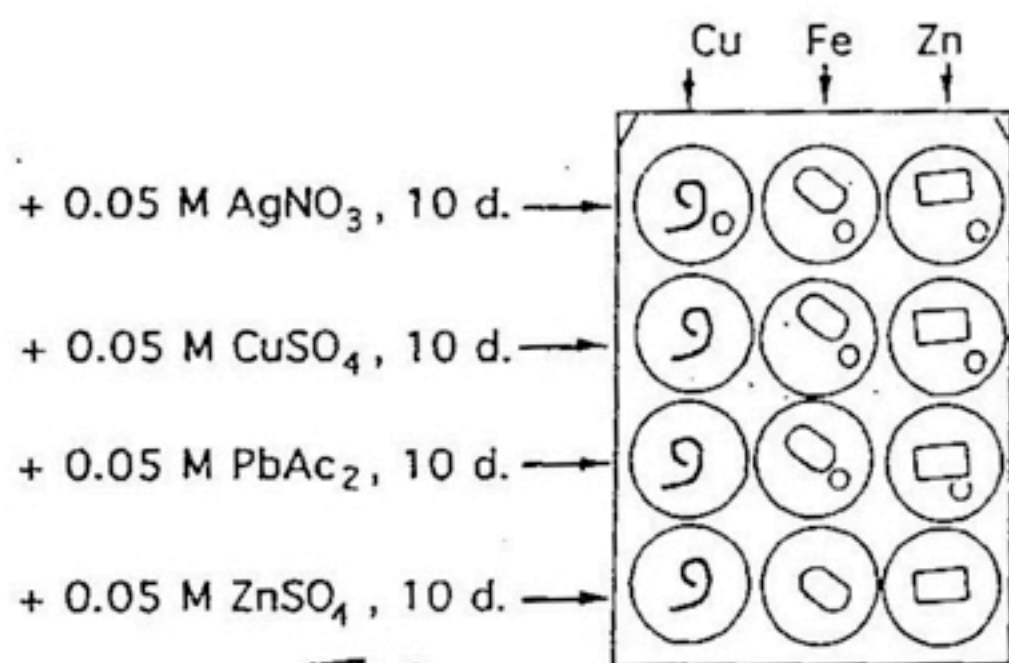


図1

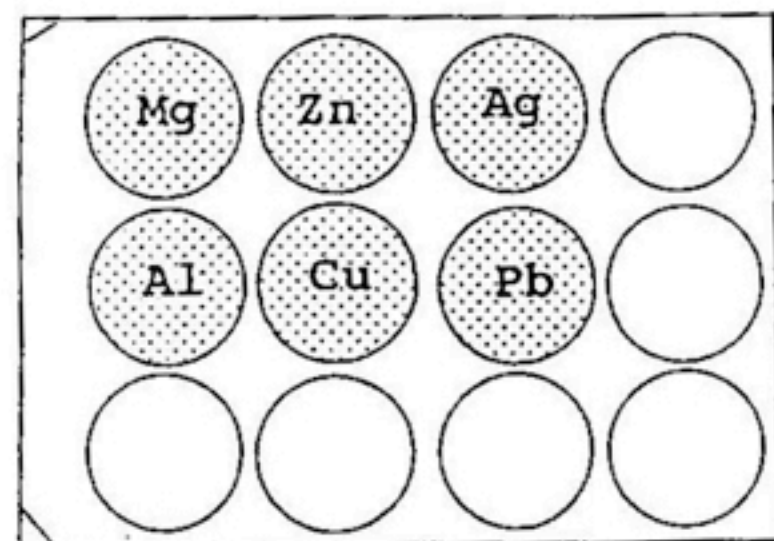


図2

5-2 ボルタ電池

図3に示すように、

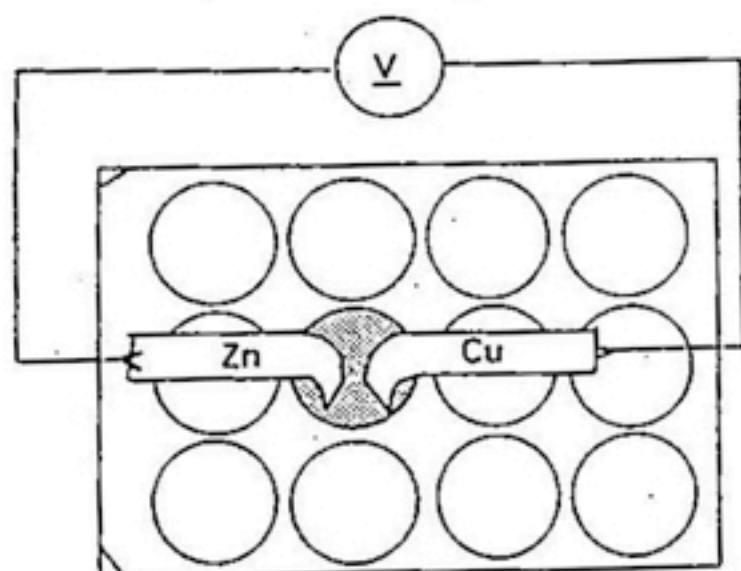
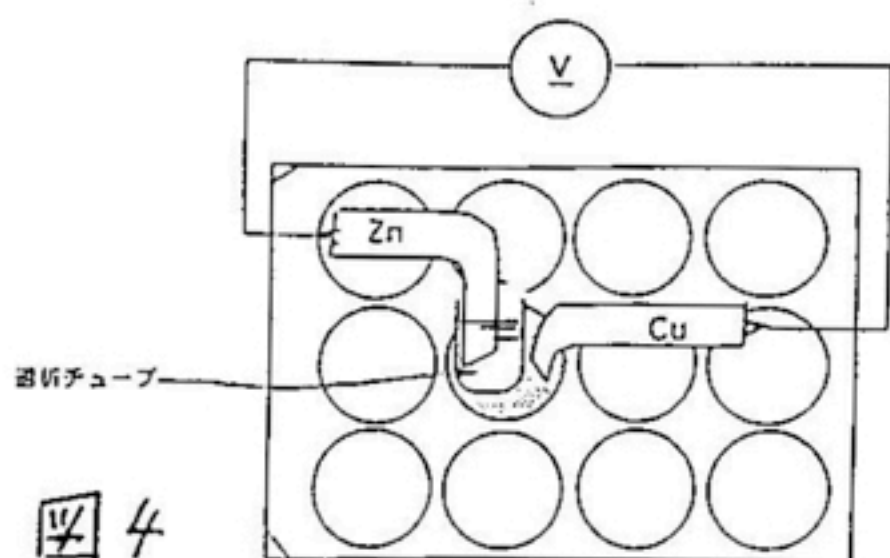


図3

セルプレート上の1個のセルに0.5mol/l H₂SO₄ 2mlを入れ、Cu片(1cm×5cm)とZn片(1cm×5cm)をそれぞれ1cmのところをL字型に曲げ、互いに接触しないようにセルに入れ、金属片の端をミノムシクリップで電圧計に接続し起電力を測定する。

5-3 ダニエル電池

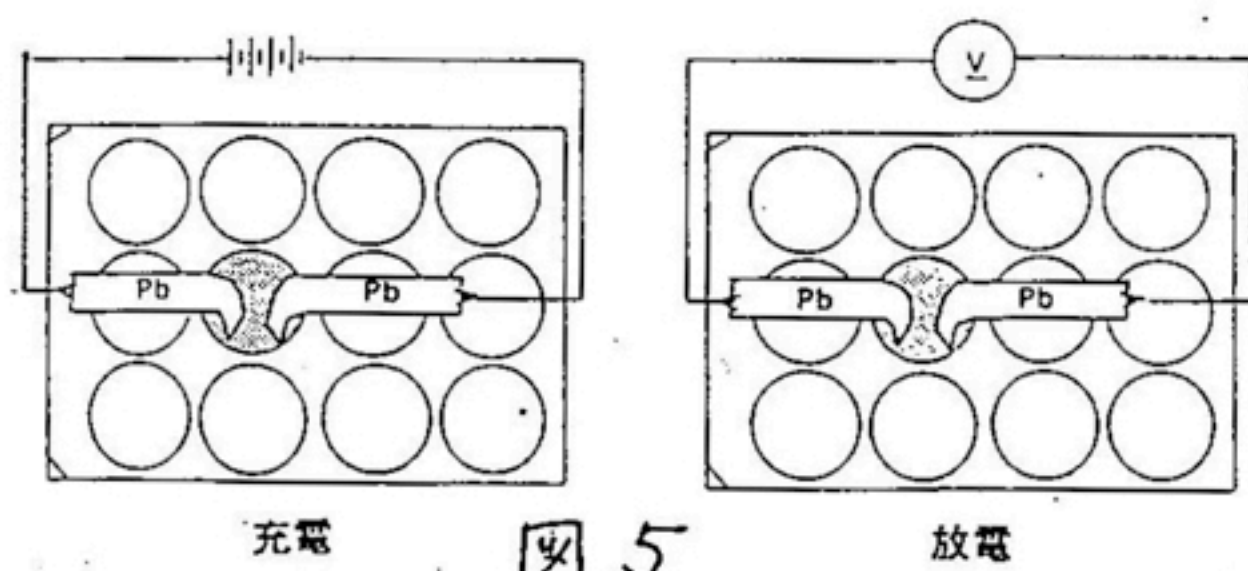
図4に示すように、



透析用セルロースチューブの一端を結んで袋状とし、 0.1 mol/l ZnSO_4 溶液 2 ml と Zn 片 ($1 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$) を入れる。プレート上の1個のセルに 0.1 mol/l CuSO_4 溶液を 1 ml 入れ、中央に透析チューブの袋に入った Zn 板を置き、L字型に曲げた Cu 板をセル内の溶液に浸し起電力を測定する。

5-4 鉛蓄電池

図5に示すように、



セルプレート上の1個のセルに 3 mol/l H_2SO_4 を 4 ml 入れ、Pb板 ($1 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$) 2板をL字型に曲げて溶液に浸す。3ボルト平角電池2個を使用して充電し、起電力を回路試験器、プロペラをつけた小型モーター、メロディICで調べる。

6. 考察

今回報告したスモールスケール実験を授業で実施したところ、はじめにあげた一般的な利点のほかに、次の利点があった。①金属単体の析出や溶液の色の変化などを明瞭に観察させることができた。②生徒に実験シートを配布し、その上にプレートを置いて実験させることにより、実験を正確に行わせることができた。③簡単な器具で短時間で実験できるので、普通教室における授業の中で実験を行い、授業の流れを中断せずに進行させることができる。④生徒の興味・関心を引き、学習内容の理解を深めさせることができる。⑤実験の準備、片付けに要する時間や労力の節減ができ、手軽に簡単に実施できる。1996年にまとめられ、本協議会で報告された「東北地区における高校化学教育の現状調査報告⁷⁾」によれば、生徒実験回数は、10年前に比較して大きく減少しているが、その理由として、教師が多忙で「実験準備のための時間がない」ことがあげられている。スモールスケール化学実験は、こうした悩みの解決策のひとつとして役立つのではないかと考えられる。

文献

- 1) 田嶋, 東海林, 金, 荻野, 平成7年度東北地区化学教育研究協議会, 1995年
- 2) 金, 東海林, 田嶋, 荻野, 同上
- 3) 東海林, 金, 田嶋, 荻野, 同上
- 4) 金, 東海林, 田嶋, 荻野, 日本化学会第70春季年会, 1996年
- 5) 東海林, 金, 荻野, 平成8年度東北地区化学教育研究協議会, 1996年
- 6) 荻野, 東海林, 田嶋, 日本化学会第72春季年会, 1997年
- 7) 花屋, 池上, 大槻, 荻野, 佐々木, 東海林, 田中, 東北地区における高校化学教育の現状調査のためのアンケート報告書, 1996年