



イオン交換のマイクロスケール実験 II —電解質とイオンの概念を理解するための実験

Microscale Experiments on the Ion Exchangers. II. —Concept of Electrolytes and Ions



1 はじめに

「イオン」は、従来中学理科で教える概念であったが、「わかりにくいもの」として、新学習指導要領では高校に移された。イオンが理解しにくい原因としては、目で見たり手にとってみるのがむずかしいためであろう。イオンを理解させるには、イメージを描かせることが大切であり、実験が効果的である。イオン交換体を使う実験は、イオンの存在を認識させるのに向いている。前報¹⁾で述べたようにセファデックスイオン交換体には、実験教材に適した数多くの特徴がある。ここでは、イオン交換体を使った電解質とイオンに関するいくつかの教材について述べる。

イオンに関する通常の実験は、「電気を通すかどうか（導電性を調べる）」、「電気泳動など「電気」を使う実験である。それに対してイオン交換体を使う実験では、「電気」と離れてこれらの概念を扱うのが特徴である。

以下の実験では、1 ml/注射器に1 ml/ほどの交換体を入れたカラム²⁾を例にとって述べるが、観察のしやすさを優先して、ガラスカラムと数 ml/の交換体を用いても勿論よい。また生徒実験ではなく演示実験としてもよい。

なお、この実験は、旧指導要領の中学理科や高校化学 I B 向けに開発したが、高校新指導要領の理科総合 A あるいは化学 I で実施できるであろう。

2 準備

(1) 試薬：

3～5の実験で、使う水溶液は0.1 mol/l程度の濃度でよい。水溶液の試薬は、スポイトつきの30 ml/試薬びんに入れる。

(2) 器具：

H⁺型のSPセファデックス（陽イオン交換体）カラム（SP-Hと名付ける）、OH⁻型のQAEセファデックス（陰イオン交換体）カラム（QAE-OHと名付ける）を各グループに1本ずつ。一つの実験が終わったら、再生して次の実験に使う。SPカラムの再生には1 mol/l HCl、QAEカラムの再生には1 mol/l NaOHを使う。再生後十分に純水をカラムに通す。

3 電解質と非電解質

水に溶ける物質数種を使って、電解質かどうかを見分ける実験を次のように行うことができる。調べる試料として、砂糖、グルコース、尿素、食塩、硫酸銅(II)水和物等の結晶、エタノールなどの液体、いずれも強酸性ではない試料を使う。

実験前の説明：前もって「このSP-Hは、電解質とそうでないものを見分ける性質がある。電解質を入れると、酸に変わって下から出てくる。電解質でない場合は中性のままである」と説明しておく。

実験：調べるべき物質少量を0.5 ml/の水に溶解し、カラムに加え、流出液を試験管に受ける。純水1 ml/を加える。流出液のpHを調べる。

4 陽イオンと陰イオン

上の実験の原理として、「SP-Hは、陽イオンだけをつかまえ、その換わり（交換）に水素イオンを出す性質がある。電解質の水溶液中には陽イオンが存在するので、SP-Hに通すと酸性の液が出てきたのである。」と説明し、さらに「QAE-OHは、陰イオンだけをつかまえ、その換わり（交換）に水酸化物イオンを出す性質がある。」の説明を加え、電解質溶液の電離と陽イオン・陰イオンについての次の実験を行う。

実験前に予想を記入させる：食塩水をSP-HおよびQAE-OHに通すと、何が出てくるかを予想させ表に記入させる。

実験：0.1 mol/l NaClの炎色反応、液性、硝酸銀水溶液との反応を調べる。次に0.1 mol/l NaCl 0.5 ml/をSP-Hに加え、さらに純水1 ml/を加える。その流出液について、炎色反応、液性、硝酸銀水溶液との反応を調べる。0.1 mol/l NaCl 0.5 ml/をQAE-OHに加え、同様に実験する。流出液について、硝酸銀水溶液で塩化物イオンの検出を行うときは、硝酸で酸性にしてから調べさせる。

結果：NaClをSP-Hに通すと、強酸性、硝酸銀との白色沈殿生成、炎色反応消失から、Na⁺のみがH⁺に交換され、Clは無関係、つまり流出してくるのは塩酸であることがわかる。QAE-OHからの流出液では、強アルカリ性、硝酸銀との褐色沈殿生成、酸性にすると硝酸銀で沈殿が生成し

ないこと、炎色反応が黄色であることから、 Cl^- のみが OH^- に交換され、 Na^+ は無関係、つまり水酸化ナトリウム水溶液が流出してくることが確かめられる。

5 着色しているのはどちらのイオン?

着色している塩を用いて、色の原因が陽イオンか陰イオンかを調べさせることができる。

硫酸銅(Ⅱ)水溶液、ニクロム酸カリウム水溶液を用いて、着色しているのは陽イオンか陰イオンかを調べる。硫酸銅(Ⅱ)は生徒になじみ深く、青色が銅(Ⅱ)イオンによることを大体知っているの、これをSP-Hに通したときの予想を表に記入させる。0.1mol/l CuSO_4 について、溶液の色、 BaCl_2 による BaSO_4 沈殿の生成を示した後、SP-Hに通すと、カラムの最上部に青色層ができ流出液が無色となり、 BaCl_2 により白沈を生じることから、青色がCuイオンによることがわかる。

次に生徒になじみのうすいニクロム酸カリウム水溶液の色と液性を調べた後、SP-Hに通し、さらに純水を流す。黄色で強酸性の流出液が得られることから、着色イオンは陰イオンであること、カラムに着色層ができないことから、この塩の陽イオンは無色であることがわかる。

なお、前報でも述べたが、このような実験に、有機物の色素は避けるべきである。一般にセファデックスに吸着しやすく、溶離できなくなるからである。ヘキサアンミンコバルト(Ⅲ)塩のような金属錯体は使用できる。

6 実験の効果

宮城県白石女子高校3年の授業で、実験の前後に次のような質問に答えさせた。

- (1) 電解質とは、[ア. 電流を流したときに、プラスとマイナスのイオンに別れるもの。イ. 電流を流さなくても、水に溶かすとプラスとマイナスのイオンに別れるもの。]のどちらか。
- (2) 電解質溶液が電気を導くのは、[ア. 電流を通すと、電気を帯びた粒子(陽イオン・陰イオン)ができるため。イ. 水に溶かしただけで、陽イオンと陰イオンに別れているため]のどちらか。

実験前には45%の生徒がアを選んだが、実験後は9%に減った。電気を使わない実験によって、電解質溶液にはイオンが存在することを認識させるのに効果的であった。

考 察

目に見えないイオンの存在を実感させるには、実験による体験が重要である。

本報告であげた実験を通じて、いろいろなイオンの挙動—イオンに特有な沈殿反応、イオンの色、イオン交換体への結合—を観察するのは、目に見えないイオンの存在を実感させるのに効果的である。

参 考 文 献

- 1) 荻野和子, 熊野ひろみ, 化学と教育, 50, 584 (2002).

荻野 和子* Kazuko OGINO

(東北大学医療技術短期大学部名誉教授)

東海林恵子 Keiko SHOJI

(仙台育英学園高校)

[連絡先] 981-0944 仙台市青葉区子平町16-30(自宅)*.

E-mail oginok@inorg.chem.tohoku.ac.jp



「化学実験虎の巻」欄原稿・アイデア募集

本欄では原稿ならびにアイデアを募集いたしますので、ふるってご応募下さい。また、本稿に関するご要望、ご意見をお寄せいただければ幸いです。

「化学実験虎の巻」

ご応募に当たっては、本誌所定の「化学実験虎の巻」欄執筆データ案を作成し、資料を添付してお送り下さい。企画委員会でご執筆事項のお願い等を追加したうえで、改めてご連絡申し上げます。

「化学実験虎の巻—便利な実験器具・道具」

市販されているいろいろな器具は、使う人により便利な面白

い使い方があり、またちょっとした工夫で全く別の用途に転用されたりしていると思います。ブンゼバーナーやリービッヒの冷却管とまではいかなくても、先生方の独自の工夫の器具もあると思います。それらを、1ページ分でも、2、3行でもお知らせ下さい。

楽しい化学教育ができるように、多くの方々がアイデアをお寄せ下さることを期待しています。

連絡先 101-8307 東京都千代田区神田駿河台1-5

社団法人 日本化学会 化学と教育編集委員会

電話 03-3292-6164 FAX 03-3292-6318