

発泡性入浴剤の簡便合成法の開発と化学実験教材としての活用

鎌田正喜*

Development of Easy Preparation of Effervescent Bath Salts and their Utilization for Chemical Experimental Teaching Material

Masaki KAMATA*

1. はじめに

鉄が酸化する（錆びる）という非常にシンプルな化学の原理が現代のヒット商品に利用されている。エージレスやホッカイロがそれである。エージレスは酸素による食品（菓子類）の劣化防止が目的で、鉄がゆっくり酸化される（錆びる）ことを利用して、包装食品の中に入り込んでくる酸素を除去している。これに対してホッカイロは鉄が酸化される際に発生する熱の利用が目的で、急激な酸化により大きな熱を発生させている。シンプルな化学の原理を生かした商品が多数身近で利用されているにもかかわらず、その化学反応の中身に興味を持つ国民は少ない。学校で習った基礎知識が身近の科学技術の理解に活用されていないと言われる事例の1つである。小中高校生の理科離れを食い止める観点から、身近で利用されている科学技術と学校での理科実験・学習を結びつけ、子どもに興味を持たせる教材の開発や授業の工夫がさらに必要である。次期新学習指導要領も、「科学を学ぶ意義、科学の有用性の実感、科学と生活・社会との関連性を重視する」と、同様なことを提言している⁽¹⁾。中学校理科では、これに先だって、2001年度からホッカイロの製作やそれに関連した実験が「化学変化とエネルギー」の単元で取り上げられ、理科実験と科学技術が効果的に結びつく優れた教材として活用され始めている⁽²⁾。

さて、小生の所属する新潟大学の化学系教員グループは、高校生の化学離れを防止する目的で1991年から「高校生のための化学実験公開講座（夢・化学-21 化学への招待）」を開催し、毎年20数テーマに及ぶ体験実験を提供している。当時、小生も講座の1つを担当することになったが、専門の有機化学の立場から、有機化学と関係している優れた商品が何か身近にないかと探したところ、当時ヒット商品になっていた発泡性入浴剤（例：バブ⁽³⁾）が思い浮かんだ。包装の裏側を見ると、炭酸水素ナトリウム、炭酸ナトリウム、フマル酸、無水硫酸ナトリウム、青色1号と記載されている。フマル酸と炭酸水素ナトリウム（あるいは炭酸ナトリウム）との中和反応の結果、炭酸ガスの泡が出てくる。化学者ならすぐに予想できるだろうが、一般の人は泡の正体や発泡の原理などおそらく気にも止めないであろう。

発泡性入浴剤（商品名と同じだが、以後、本研究で合成する発泡性入浴剤のことも簡単のために「バブ」と呼ばせてもらう）の合成方法に関する文献を調査したところ、「化学と教育」という学会誌に「炭酸ガス入浴剤を作る」（1996年、44巻、11号、pp716-717）⁽⁴⁾と題する仁井田（提案者）、村井（追試者）らの先駆的な研究を見つけた。バブ（花王）が発売されたのが1993年のことなので、それをすぐにも実験教材化し、生徒が簡単に作れる方法を提案した著者らの先見性には敬意を表したい。

炭酸ガスの発泡原理は、フマル酸という有機酸が炭酸水素ナトリウムや炭酸ナトリウムと反応して弱い酸である炭酸ガスを追い出す、いわゆる酸と塩基の中和反応である。そこで、実際に仁井田らの方法

*新潟大学教育学部化学教室

Department of Chemistry, Faculty of Education, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

に従ってバブを合成してみることにした。必要な試薬とエタノール少量（明確な量の記載がない）を混ぜて固形化（硬化）する方法なのだが、エタノールが自然に蒸発して粉末の試薬が固形化するまで時間がかかるため、全2時間という公開講座の限られた時間では、バブの十分な固形化が困難であることが判明した。これが本研究を始める端緒になった。

本研究では、公開講座など比較的短い実験時間でも簡便に実施できるバブの合成方法を開発するとともに、合成の合間を活用して、バブを用いた一連の体験実験ができる化学実験教材を開発した。また、本研究で開発した方法は、これまで教員養成学部フレンドシップ事業（1997-2000年、文科省支援、教員志望大学生と中学生の共同による化学実験体験）やサイエンスパートナーシップ・プログラム事業（2003年、文科省支援、長岡大手高校の生徒を対象にした化学実験体験）、化学実験公開講座（1998年-現在、日本化学会関東支部・新潟県化学教育協議会主催）などの実験テキストとして広く活用されてきた。これらのテキストが普及するにつれて、是非、この実験テキストを入手して利用したいという反響が小中高校・大学の教員から多数寄せられるようになった。ご要望にお応えするため、今回、本研究の経緯と詳細について報告するとともに、1997年に開発し、微修正を加えてきた実験テキストをネット上で公開することにした⁽⁶⁾。

2 文献によるバブの合成実験

仁井田らの先駆的な研究によるバブの合成方法は⁽⁴⁾、製作過程の図（ここでは省略）とともに以下のように記載されている。

- (1) 無水硫酸ナトリウム 14.2g (0.1 モル)、炭酸水素ナトリウム 16.8g (0.2 モル)、フマル酸 11.6g (0.1 モル)、フルオルセインナトリウム 0.1g を乳鉢にはかり取り、乳棒で粉砕しながら均一に混ぜる。この時、なるべく細かい粉体にする。
- (2) 均一にした粉末をビーカーにあけて、香料を少量加える。
- (3) 成型しやすくするためにエタノールを少量加え湿気を与え、再び均一に混合する。この時、エタノールを入れ過ぎないこと。入れ過ぎた場合は、ペーパータオルで余分なエタノールを吸い取る。
- (4) プリンカップに強く押し詰め、さらに木片で圧縮する。逆さまにしてプリンカップを軽くたたくと、固まりが落ちる。
- (5) 自然にエタノールが蒸発するのを待ち、硬くなれば入浴剤の完成となる。

この合成で用いた試薬はエタノール以外すべて結晶性粉末なので、エタノールの蒸発によって試薬を硬化・固形化するがこの実験のポイントである。ところが、実際にまったく同じようにして合成を試してみたところ、エタノールの自然蒸発では数時間内には硬くならないことがわかり、公開講座の全2時間という限られた時間では、この方法はそのまま使えないということになった。市販のバブは打錠機という機械を使って成型固形化するらしいが⁽⁴⁾、その詳しい製造方法は企業秘密だそうである⁽³⁾。

3 バブの固形化方法の開発

そこで本研究では、試薬の分量や容器は文献の方法とまったく同様にして（写真1,2）、上記実験（4）以降の固形化を工夫してみることにした。はじめは油圧プレス機で圧力をかけたりしてみたが、エタノールが入っているためか固形化せずに崩れてしまうことがわかった。小中高校でバブを合成する場合、プレス機を準備するのも大変である。紆余曲折あったが、原点に立ち返り、文献ではエタノールを蒸発させて固形化しているのだから、エタノールをすばやく蒸発させれば短時間に固形化できると考え、上記実験（3）の状態で押し固めたものをドライヤーで温めるとか、色々な方法で加熱を試してみた。結果的に定温乾燥器あるいは家庭用ホットプレートが最適であることがわかった。次は乾燥温度で

あるが、使用する粉末試薬の融点は、炭酸水素ナトリウム（300度以上で分解）、炭酸ナトリウム（融点852度）、フマル酸（融点287度、200度で昇華）、無水硫酸ナトリウム（融点884度）のすべてが、200度付近までの加熱に耐えることがわかった。エタノールの沸点が78度なので、乾燥器の温度はできるだけ低温でと考えると130度で加熱してみることにした。プリンカップの中にアルミホイルを敷き（乾燥後、アルミホイルごと取り出せるので合成したバブが壊れない：写真3）、実験（3）の状態のものを詰め込み押し固めた。これを130度に予熱した乾燥器に30分間入れて（写真4,5）、その後すぐに取り出して室温まで放冷（10分間）したところ、市販品に近い状態で硬化・固形化することがわかった（写真7,8）。この際、乾燥器の上部にある排気口を開放してエタノール蒸気を逃がすようにした。乾燥器がない場合は、家庭用ホットプレートの使用がお勧めである。140度に予熱したホットプレートにアルミホイルを敷き、実験（3）の状態の押し固めたものを容器ごと載せて（写真6）、30分間加熱してエタノールを蒸発させた（換気の良い場所で行う）。乾燥器を使用した場合に比べても全く遜色ないものが出来上がった。乾燥器の取り扱い説明書には、防爆構造でないため可燃性液体および蒸気を含んだものの乾燥は避けるようにという注意書きがある。事故防止の観点から乾燥器による大量のバブの乾燥は避けた方がよい。本研究で使用した乾燥器は、上段だけで50個程度のバブを乾燥できる面積を備えていたが、実際に乾燥したバブは10個程度であった。小中高校の場合、事故防止および簡便性の観点から、定温乾燥器よりも家庭用ホットプレートの使用を推奨する。ホットプレートの温度設定は、メーカーによってばらつきがあるので、乾燥時間の長短はあるが100-140度の設定ができれば、必ずしも140度でなくてもよい。

4 バブを活用した化学実験

合成途中のバブの乾燥を待つ時間を有効に活用することにより、色々な化学実験や関連学習が可能である。バブから発生する炭酸ガスの捕集や炭酸ガスの確認実験、さらには化学反応式を使った当量やモル計算などの学習である。実際に高校生を対象にしたこれまでの公開講座では、市販のバブを使って以下の（あ）～（か）のような実験と化学の基礎学習を行った。

- （あ）市販のバブ15gから発生する炭酸ガスの捕集と体積の測定を行う（気体捕集：水上置換）。
- （い）水が少々ペットボトルに残っている状態で、捕集した炭酸ガスを密栓し、ペットボトルを激しく振る（気体の溶解と大気圧）。
- （う）（い）のペットボトルに石灰水を加えて軽く振る。次に激しく振る。その変化を化学反応式で説明する。（気体の検出、化学反応式の利用）。
- （え）市販のバブ1個の重量を45gとして、1個のバブから発生する炭酸ガスの体積とモル数を計算する（化学反応式の利用：当量・モル計算）。
- （お）（え）で求めた炭酸ガスのモル数からバブ1個に含まれるフマル酸の重量を求める。塩基は炭酸水素ナトリウムのみが含まれるとして計算する。（化学反応式の利用：当量・モル計算）。
- （か）バブを利用した簡易消火器の作成（気体の圧力）⁶⁾。

実際、市販のバブ15gからは約1.4-1.5Lの炭酸ガスが発生するので、1個45gからは4.2-4.5Lもの炭酸ガスが発生することがわかる。合成したバブを使って、炭酸ガスの発生量について実験値と理論値を比較して理由を考えさせたりするのもよい。上記実験（あ）で炭酸ガスは水に溶けにくいから水上置換するのに、実験（い）で激しく振るとペットボトルがへこむという結果を説明させたりするのもよい。実験（い）でペットボトルがへこむ結果から、水上置換では水の層を炭酸ガスが通過してきても、飽和するまで水に溶け込んでいないことが理解できるはずである。もし、ペットボトル内に残った水が炭酸ガスで飽和していたら、ペットボトルをいくら振ってもボトルはへこまないはずである。炭酸ガスの捕集方法は、教科書では下方置換、水上置換のいずれでも良いことになっているのに、なぜ、一般には水上置換が利用されるのか、実験的な側面から考えさせるとよい。もちろん、水上置換で行えば、「水が排除された分だけ炭酸ガスが蓄積したことがわかるから」というのが正しい答えである。実際、炭酸ガス

は20度で水1Lに約0.88L⁽⁷⁾も溶解する。酸素の0.03L⁽⁷⁾に比べ28倍も水によく溶けることがわかる。実験(う)で石灰水を入れて振ると、最初は炭酸カルシウム(CaCO₃)の生成のために白濁するが、さらに振ると、炭酸カルシウムと炭酸ガスと水が反応し、炭酸水素カルシウム(Ca(HCO₃)₂)が生成して白濁が消える。ちょっと難しいが大学入試によく登場する化学反応式である。しかし、実験をしたことがないためなのか、それともそこまで学習しないのか、化学反応式を使ってきちんと説明できる高校生は少ない。実験(え)、(お)も、化学反応式が書けて、反応式の意味がきちんと理解できていれば難しくはないのだが、計算できる高校生は少ない。基礎的な学習事項を実験と上手に組み合わせて知識の定着をはかるような化学教育が必要であろう。実験(か)のようなバブの利用方法は、消火器⁽⁶⁾だけでなくバブロケットなど、おもしろい実験が多数紹介されている。小中学生が対象の場合、実験(あ)、(い)、(か)だけでも十分興味をもってもらえる。実験(か)のバブ簡易消火器は、文献⁽⁶⁾で紹介された装置を組み立てるよりも、市販の広口ポリ洗浄ビンをそのまま用いる方法(本研究で開発)が便利である。

5 おわりに

ホッカイロや今回紹介したバブのように我々の生活に役立っているもの(科学・化学技術)を実際に製作する体験実験を行うことによって、小中高校生の科学への興味・関心を喚起できると期待している。国民全体の科学知識が低下している現状から、身近の科学製品、科学技術に目を向けさせ、実験室でできるそれらの簡便な製作方法や合成方法を開発し、参加者に体験してもらうことが、国民の科学離れを防ぐ一助になるものと期待している。

今回紹介したバブの簡便合成法は、余裕を持たせた時間配分でも、試薬の秤量・調整時間20分間、乾燥時間30分間、放冷10分間の合計60分間あれば十分対応できる。公開講座では、実験前の原理説明や実験の手順説明などに20分間程度、後かたづけに10分間程度として、合計90分間で一連の実験が完了する。バブの乾燥時間の30-40分間を利用して実験(あ)～(か)もすべて実施できる。高校生の場合、最も時間のかかるところは試薬の秤量なので、事前に粉末試薬の3種類をそれぞれ必要量はかり取ってジッパーバッグに小分けにしておけば、かなりの時間短縮が可能である。また、乳鉢で細粒にする実験なども省略が可能なので、秤量した試薬を直接ビーカーに入れて、エタノールを加え混ぜるだけでも十分である。そうすれば、乳鉢や乳棒の準備も必要ないので経費面でも節約できる。実際、これまで行った公開講座では、2時間以内にすべての実験を終了することができた。もし時間があれば、自作したバブを使って炭酸ガスの捕集実験(あ)～(お)と学習を実施することを推奨する。

最後に、本研究で開発した公開講座用実験テキスト(1997年に開発し、微修正を加えてきたもの)と実験写真を次ページ以降に掲載した⁽⁸⁾。

6 謝辞

バブの簡便合成法の開発に着手する端緒となった仁井田氏らのオリジナルで先駆的な研究に謝意を表す。また、本研究の遂行に際して実験協力して頂いた研究室の涌井学氏(1997年卒業)、公開講座等の実施でこれまで協力をして頂いた研究室の学生諸氏にも心より感謝申し上げる。

7 文献と註

- 1) 平成20年2月, 新学習指導要領案, 各教科等改定案のポイント, 文部科学省.
- 2) a) 平成13-17年度用中学校教科書, 「理科」, 1分野下, pp57-70, 学校図書.
b) 平成18-23年度用中学校教科書, 「科学」, 1分野下, 物質とエネルギー編, pp69-86, 学校図書.
- 3) 石井 節, “ミクロの泡で疲れをとるバブ”, 「CMをにぎわしたヒット商品」, 別冊化学, pp142-145,

化学同人.

- 4) 仁井田孝春, 村井達生, 化学と教育, 1996年, 44巻, 11号, pp716-717.
- 5) <http://www.ed.niigata-u.ac.jp>にアクセス後, 「教育実践総合センター」をクリックし, 「研究紀要「教育実践総合研究」pdf, 第7号」をクリックする。
- 6) a) 盛口襄著, 「いきいきアイデア実験」, 新生出版.
 b) 日本私学教育研究所編「だれでもできる化学実験」, 日本教育新聞社.
 c) 左巻健男 編著, 「理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル」, p199, 東京書籍.
 バブ消火器作成に関しては文献6c)を参考にしたが, 6c)では[濃塩酸+水+バブ]で炭酸ガスを発生させている。本研究では危険防止のため[水+バブ]だけで炭酸ガスを発生させた。また, 2Lのペットボトルのかわりに, 市販の500mLポリエチレン広口洗浄ビンを利用したのは, 装置の加工が不要であることと, バブを粉碎せずに容器に入れるための独自のアイデアである。
- 7) 岩波理化学辞典.
- 8) 仁井田(提案者), 村井(追試者)らは, 化学実験教材としての先駆的研究「炭酸ガス入浴剤の作成」を提案している(文献4)。ただし, バブ作成におけるエタノールの具体的な使用量, 成型に際してのアルミホイルの使用法, 乾燥器あるいはホットプレートを使った加熱成型, 短時間でのバブの固形化, これらは「化学と教育」版にはない本研究のオリジナルな方法である。「化学と教育」版に従って作成(自然乾燥による方法)したバブは, 残念ながら乾燥に時間がかかり, もろくて崩れやすく, 短時間(1時間以内)にバブを固形化させるのには向かない。また, 炭酸水素ナトリウムのかわりに炭酸ナトリウムを使用しても, 本研究の加熱成形方法で行えば簡単に固形化する。バブの簡便合成法および炭酸ガス捕集実験を含めて, 本研究で開発した実験は, 以下の文献8a-8fに示したとおり, 平成9年(1997年)から各種公開講座および化学教育講座で継続的に行われている。
 - a) 鎌田正喜, “発泡性入浴剤(バブII)を作ってみよう”平成9年度(1997年度)「新潟大学教育学部フレンドシップ事業」実施報告書, 教員養成教育における「体験的カリキュラム」の開発, pp59-61, 新潟大学教育学部附属教育実践研究指導センター刊。
 - b) 鎌田正喜, “発泡性入浴剤(バブII)を作ってみよう”, 平成10年度(1998年度)「新潟大学教育人間科学部フレンドシップ事業」実施報告書, 教員養成教育における「体験的カリキュラムの開発」, pp37-41, 新潟大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター刊。
 - c) 鎌田正喜, “発泡性入浴剤(Ourバブ)を作ってみよう”, 平成11年度(1999年度)「新潟大学教育人間科学部フレンドシップ事業」実施報告書, 教員養成教育における「体験的カリキュラムの開発」, pp37-41, 新潟大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター刊。
 - d) 鎌田正喜, “発泡性入浴剤(Ourバブ)を作ってみよう”, 平成12年度(2000年度)「新潟大学教育人間科学部フレンドシップ事業」実施報告書, 教員養成教育における「体験的カリキュラムの開発」, pp25-28, 新潟大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター刊。
 - e) 鎌田正喜, “発泡性入浴剤を作ってみよう”, 平成15年度(2003年度)「サイエンスパートナーシップ・プログラム事業「教育連携講座」」実施報告書, 「作ってみよう身近な物質・最先端の物質」, 本編pp8-11, pp32-34, 資料pp6-11, 新潟大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター刊。
 - f) 鎌田正喜, “発泡性入浴剤(バブ)を作ってみよう”, 「夢化学-21 化学への招待 化学実験公開講座」テキスト, 平成10年度(1998年), pp39-44;平成14年度(2002年度), pp71-76;平成15年度(2003年度), pp77-82;平成16年度(2004年度), pp77-82;平成17年度(2005年度), pp69-74;平成18年度(2006年度), pp5-11;平成19年度(2007年度), pp8-13, 日本化学会関東支部・新潟県化学教育協議会, 新潟大学。

(平成20年3月19日受理)

<発泡性入浴剤の合成：実験写真>



写真1. 試薬および器具の一部



写真2. 乳鉢で試薬を混合した状態



写真3. 型詰めした加熱前のバブ



写真4. 定温乾燥器で加熱中のバブ



写真5. 定温乾燥器 (72x68x84cm)



写真6. ホットプレートで加熱中のバブ



写真7. 加熱終了後のバブ



写真8. 型枠から取り出した状態のバブ



写真9. バブの保存方法



写真10. バブ消火器・気体捕集用の装置



写真11. 化学実験公開講座の案内表示

<公開講座用テキスト>

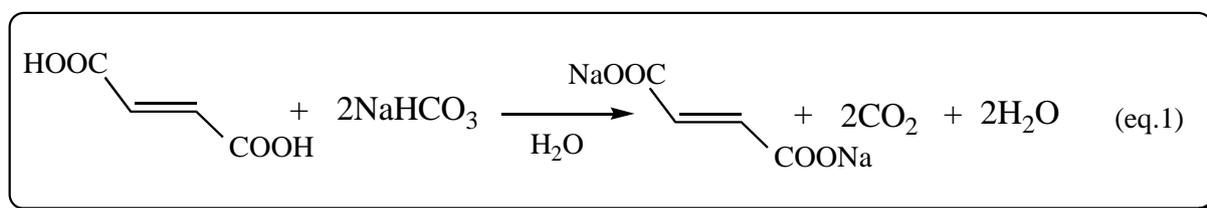
発泡性入浴剤（バブ）を作ってみよう

新潟大学教育人間科学部 鎌田正喜

<序>

ホッカイロやエージレスなどのように意外に簡単な化学の原理（鉄が錆びる）が身近のヒット商品に生かされているものである。発泡性入浴剤や発泡性洗剤もそのひとつであるが、有機カルボン酸と炭酸塩との中和反応という極めて簡単な原理がそのしくみであることはほとんど知られていない。この実験では発泡性入浴剤（例：バブ）の発泡成分を合成し、含まれている薬品や発泡の原理を学習するとともに、合成した発泡性入浴剤を実際に水に溶かして市販品と同様な発泡が観測されるかどうかを確かめる。また、市販品の発泡性入浴剤（バブ）からどれだけの炭酸ガスが発生するかについて、気体を実際に捕集して確かめる実験などを行う。

バブの主要な成分は、フマル酸というカルボン酸（酸）と炭酸水素ナトリウム（塩基）という2種類の固体（結晶）状の物質であり（固体状の酸と塩基を原料にしているところが、すぐに反応させないための大きなポイントである）、この2つが水に溶けて酸と塩基の中和反応を起こす時に、炭酸ガスが発生する仕組みになっている（eq. 1）。もちろん、水に溶かす前の固体状態では中和反応はしないし、使用前に湿気を吸ってだめにならないよう、無水硫酸ナトリウム（これも温泉成分で温熱効果がある）が成分として加えられ、吸湿剤としても働いている。



<実験器具・装置・試薬>

- [器具] 電子天秤(全体で1台), 乳鉢(1), 乳棒(1), 100mL ビーカー(1), エタノール(全体で1本), スポイト(全体で1台), 薬さじ(1), ガラス棒(1), ステンレス製プリンカップ(2), キムワイプ(全体で1箱), ゴム栓(プレス用)(1), アルミホイル(全体で1巻), 紙製ボート(2), 水槽(またはバケツ)(1), ペットボトル(500mL)(1), ペットボトル(1.5L,マジックで外側に100mL単位を目盛りをつけておく)(1), ゴム栓(1), ゴム管(1m), 定温乾燥器またはホットプレート.
- [薬品] フマル酸, 炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3), 炭酸ナトリウム(Na_2CO_3), 無水硫酸ナトリウム(Na_2SO_4)
エタノール($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), 花王バブ, [必要に応じ, 着色料, 香料, 石灰水, BTB 溶液, 万能試験紙など]

<実験A>

[A 1] バブの合成-1^{1), 2)}

- [1] 無水硫酸ナトリウム 14.2g(0.10モル), 炭酸水素ナトリウム 16.8g(0.2モル), フマル酸 11.6g(0.10モル)をそれぞれ秤量し, 乳鉢に入れる。
- [2] 乳鉢の薬品を乳棒で粉碎しながら3分間均一に混ぜる。細かい粉末にする。(時間や器具のない場合は[2]を省略して[3]に移ってもよい。)
- [3] 均一に混ぜた粉末を100mL ビーカーにあけて, エタノール 5mL を加え(成型しやすいようにする

ため)、葉さじでよく混ぜる(1分間)。エタノールは入れすぎないように注意する。

- [4] ステンレス製プリンカップ(百円ショップで購入)を紙(粉末試薬が飛び散らないため)の上に置く。プリンカップに適当な大きさ(型枠からハミ出る程度)に切ったアルミホイルを敷き,[3]で混ぜ合わせたものを詰め,上からゴム栓を使って軽く押し固める。
- [5] [4]の状態ものを,130度に予熱した定温乾燥器の上段に30分入れて乾燥する。この時,乾燥器の排気口を開放してエタノール蒸気を逃がすようにする。家庭用ホットプレートを使用する場合は,140度に予熱したプレート(温度は100-140度でも充分乾燥できる)に[4]の状態ものをプリンカップごと載せて,30分間換気の良い場所で加熱してエタノールを蒸発させる。できあがりまでの時間を利用して,<実験B>をやってみよう。
- [6] 乾燥器から取り出して室温まで放冷(10分間)する。表面が固くなっていればバブの出来上りである。バブをプリンカップからアルミホイルごと取り出しアルミホイルを静かにはがす。
- [7] 出来上がったバブを水に入れて発泡の様子を観察し(以下の実験A2のフマル酸と炭酸ナトリウムから合成したものを使用する),出来ばえを自慢しよう。

[A2] バブの合成-2^{1), 2)}

- [1] 炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3)のかわりに,炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)10.6g(0.10モル)を使って,[A1]と同様な手順でバブを作ってみよう。
- [Q1] フマル酸のかわりに使用可能な有機酸は何か,ここで使える有機酸として共通な条件とは何か考えてみよう。

<実験B> バブ(市販品)から発生する炭酸ガスを測定してみよう(2人で協力)^{1), 2)}

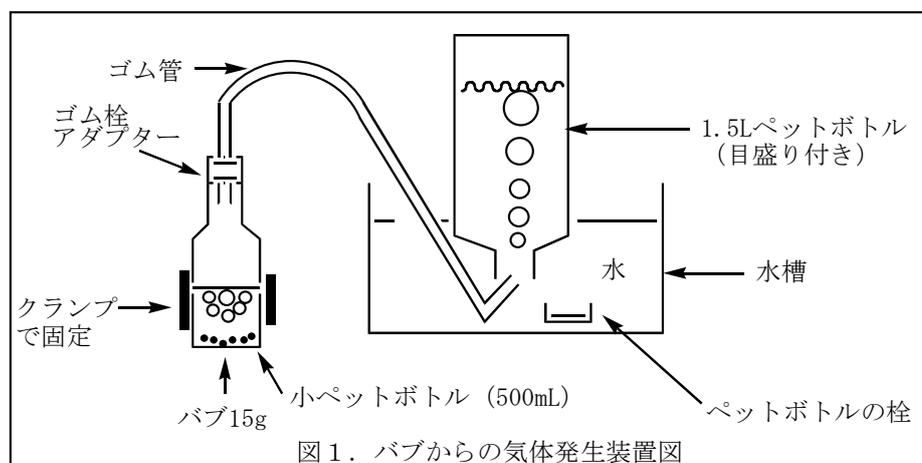


図1. バブからの気体発生装置図

- [1] 市販のバブ1個(45-50g)を開封せずに大まかに砕く。ペットボトルの口から入れればよいので,必要以上に細かくしない。
- [2] 500mLのペットボトルに[1]で砕いたバブ15gを入れスタンドに固定するか,あるいは2人のうち1人が手で持つ。
- [3] [2]のペットボトルにアダプター栓(ガラス管を通したゴム栓)をする。
- [4] 水を満たした1.5Lペットボトルを水槽(あるいはポリバケツ)内に逆さに立ててから,水槽内でキャップを開けて,もう1人が手で持つ。
- [5] 500mLペットボトルからの気体発生用ゴム管を1.5Lペットボトルの内部に差し込む。(図1のような装置で行う)
- [6] 水100mLを500mLペットボトルに加え,すぐに気体捕集用のゴム栓アダプターでふたをして,アダプターがはずれないよう手で軽く押しえ続ける。激しく気体が発生してくるので注意する。

- [7] 発生した気体を 1.5L ペットボトルに集める。気体の発生が悪くなってきたら、500mL のペットボトルを軽く振ってカクハンする（5 分間位で発泡しなくなる）。
- [Q2] 気体の発生が終わったら、水槽内で 1.5L ペットボトルに栓をして水槽から取り出す。気体発生用のゴム管も水から出す。どれだけの気体が集められたか？
- ペットボトルに書かれた目盛りを使って体積を測定する。
 - (a)のペットボトルの栓をしたまま激しく振る。ペットボトルはどうなるか？
 - (b)のペットボトルにすばやく石灰水を入れて栓をし、軽く振って変化をみる。次に激しく振って変化をみる。どんな反応が起こったか化学反応式を使って説明せよ。
 - 発生した気体が炭酸ガスであることを確認する方法は他にないか？
- [Q3] この実験で使用したバブは 15g であるが、市販のバブ 1 個の重量は 45g である。バブ 1 個から発生する炭酸ガスの体積は計算でおおよそ何リットルになるか。また、それは何モルになるか。時間があつたら、自作したバブ（フマル酸と炭酸水素ナトリウムから合成したもの）を使って同様な実験を行ってみよ。その際、500mL ペットボトルは水で濡れていない新しいものと替える。
- [Q4] [Q3]で求めた炭酸ガスのモル数からバブ 1 個に含まれるフマル酸の重量を求めよ。塩基は炭酸水素ナトリウムのみが含まれるとして計算する。

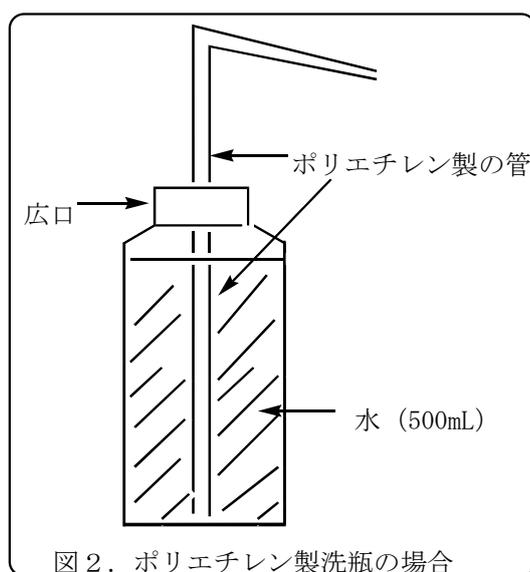
<実験 c> バブ消火器を作ろう³⁾

[器具・薬品]

実験 [A1] で合成したバブあるいは市販のバブ(1 個)⁴⁾、広口ポリエチレン製洗ビン(500mL)⁵⁾、水

[操作]

- 広口のポリエチレン製洗ビンに水を約 500mL 入れ、流しに置く（図 2）。
- 大まかに砕いた（細かくしすぎない）バブを入れ、すばやく洗ビンのフタをする。
- 水が勢い良く噴出する。
- 人に向けないように流しの中などで水を噴出させる。（簡易消火器の出来上り！）



【テキスト内の参考文献と註】 発泡性入浴剤の合成に関する参考文献：

- 仁井田孝春，村井達生，化学と教育，1996 年，44 卷，11 号，pp.716-717.

仁井田（提案者），村井（追試者）らは，化学実験教材としての先駆的研究「炭酸ガス入浴剤の作成」を提案している。ただし，バブ作成におけるエタノールの具体的な使用量，成型に際してのアルミ

ホイルの使用法、乾燥器あるいはホットプレートを使った加熱成型、短時間でのバブの固形化、これらは「化学と教育」版にはない鎌田のオリジナルな方法である。「化学と教育」版に従って作成（自然乾燥による方法）したバブは、残念ながら乾燥に時間がかかりもろくて崩れやすく、短時間にバブを固形化させるのには向かない。また、炭酸水素ナトリウムのかわりに炭酸ナトリウムを使用しても、この加熱成形方法で行えば簡単に固形化する。

【テキスト内の参考文献と註】発泡性入浴剤の合成と気体発生実験に関する参考文献：

- 2) 1)の「化学と教育」版では炭酸ガス捕集実験は行われておらず、実験装置を含めて鎌田が開発（以下の文献 2a-2c 参照）したオリジナルな方法である。この実験テキストで紹介されている実験は平成9年（1997年）から各種公開講座および化学教育講座で継続的に行われている。
- a) 鎌田正喜，“発泡性入浴剤（バブ II）を作ってみよう”，平成9-12年度（1997-2000年度）「新潟大学教育学部（教育人間科学部）フレンドシップ事業」実施報告書，教員養成教育における「体験的カリキュラム」の開発，ページは年度によって異なる，新潟大学教育学部（教育人間科学部）附属教育実践研究指導センター刊。
- b) 鎌田正喜，“発泡性入浴剤を作ってみよう”，平成15年度「サイエンスパートナーシッププログラム事業・教育連携講座」実施報告書，「作ってみよう身近な物質・最先端の物質」，本編 pp8-11, pp32-34, 資料 pp6-11, 新潟大学教育人間科学部附属教育実践研究指導センター刊。
- c) 鎌田正喜，“発泡性入浴剤（バブ）を作ってみよう”，「夢化学-21 化学への招待 化学実験公開講座」テキスト，平成10年度（1998年度）～現在まで，ページは年度によって異なる，新潟大学。

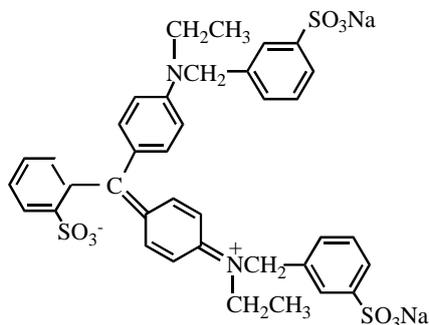
【テキスト内の参考文献と註】バブ消火器作成に関する参考文献：

- 3) a) 盛口襄著「いきいき化学アイデア実験」（新生出版）。
- b) 日本私学教育研究所編「だれでもできる化学実験」（日本教育新聞社）。
- c) 左巻健男 編著「理科おもしろ実験・ものづくり完全マニュアル」，p199（東京書籍）。

バブ消火器作成に関しては文献 3c) を参考にしたが，3c) では [濃塩酸+水+バブ] で炭酸ガスを発生させ水を勢よく噴出させている。この実験テキストでは危険防止のため [水+バブ] だけで炭酸ガスを発生させた。また，2Lのペットボトルのかわりに，市販の500mLポリエチレン広口洗浄ビンを利用したのは，装置の加工が不要であることと，バブを粉砕せずに容器に入れるためのアイデアである。

【テキスト内の註：その他】

4)



(注1) 青いバブ：色の成分（青色1号，ブリリアントブルーFCF）

(注2) 二酸化炭素の溶解度：0.88 mL / 水1mL

- 5) 広口ポリエチレン製洗ビン(500mL)は，200円程度で購入できる。

