平成２８年度　碧南市まなびさぽーと　科学コンクール

水中シャボン玉で大実験！

～コップにシャボン玉を閉じ込めちゃおう～

碧南市立西端中学校

2年A組　小　嶋　梨　央

１　研究の動機

夏休みに友達と久しぶりにシャボン玉を飛ばして遊びました。空中に音もなく浮かぶシャボン玉を見ていたら、閉ざされた空間に閉じ込めて家の中に持って帰りたくなってきました。

いろいろ考えているうちに、透明なガラスのコップの中に入れられないかと思い、乾いたコップにシャボン玉を吹き込んでみました。すると、シャボン玉はガラスにくっついてしまい、まん丸にはなりませんでした。続いて、内側がぬれていれば丸くできると思い、試してみましたが、結果は同じでした。

それならいっそのこと、ガラスのコップに水を満たしてその中にシャボン玉をつくることができないか試したくなりました。ストローを差し込んで息を吹き込むと…。ブクブク空気の泡ができるだけでした。

考えてみれば当たり前ですが、どうしてもコップの中にシャボン玉をつくりたくなり、少し調べることにしました。

２　研究を始める前に

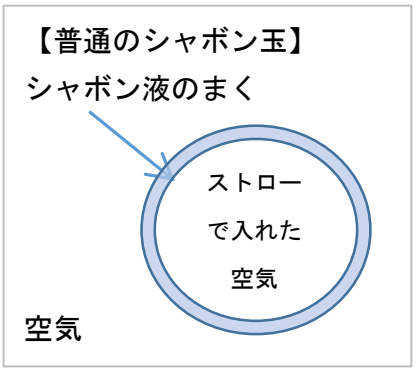
（１）インターネットで調べる

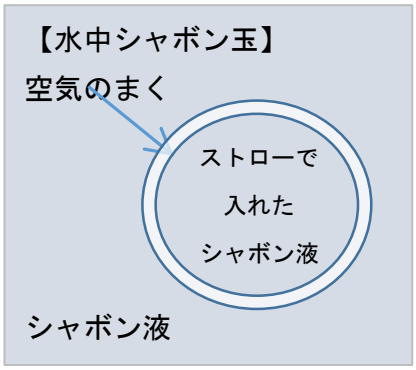
「水中」「シャボン玉」で検索すると、すぐにヒットしました。サントリーのＨＰでは、簡単にできる実験方法を紹介していました。普通のシャボン玉と私がつくりたい「水中シャボン玉」の違いもわかりました。

上図のように、普通のシャボン玉は、シャボン液のまくの中に空気が入っている構造をしています。それに対して、「水中シャボン玉」は、下図のように中身がシャボン液でその周りに空気のまくがあり、水中に浮かんでいるように見えるのです。

私はますます「水中シャボン玉」のとりこになってしまいました。

（引用：http://mizuiku.suntory.jp
/kids/research/j3_5_1.html ）

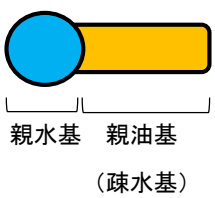




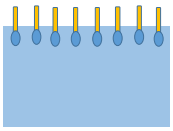
（２）「水中シャボン玉」のできる原理ついて調べる

シャボン液（洗剤）には、界面活性剤という成分が入っていることが分かりました。右図のように界面活性剤には、「親水基」と「親油基（疎水基）」という部分からできています。

親油基は油と仲がいいのですが、逆に水をはじく性質をもっています。その性質から親油基のことを「疎水基」と呼んだり

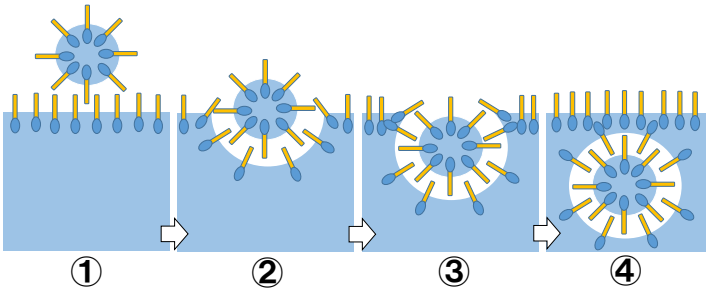


もします。ですから、疎水基は水中からはじかれて、水面から頭を出している構造をしています。つまり、右図のように水面に疎水基を外にして界面活性剤が並んでいるのです。



ストローをスポイトのようにして、シャボン液を水滴にして落とすと、その水滴の中の界面活性剤も疎水基を外にして落ちてきます。水面と水滴が触れる瞬間よりも先に、疎水基どうしがふれあうので、水をはじくようにお互いに押しのけます。（図①）

そこに空気の膜ができ、水面に水玉がのった状態になります。（図②）さらに、水滴が重かったり、落ちる勢いが強かったりすると空気の膜を含んだまま、水中に入っていきます（図③④）。



これが水中シャボン玉のできる原理です。空気の泡ではないことが分かりました。

（引用：京都市少年科学センターＨＰ
http://www.edu.city.kyoto.jp/science/online/labo/48/index.html）

（３）西端中学校を卒業した先輩の作品を参考にする

検索をすすめていくと「準優秀賞」という見出しで、平成２３年の西端中学校の先輩の『Ｂｕｂｂｌｅ　ｉｎ　Ｗａｔｅｒ』という作品がヒットしました。

私と同じように興味を持ち、数多くの実験を重ねて「水中シャボン玉」ができる条件を追究していました。先輩の実験から次のような条件が導き出されていました。

①液を落とす高さ：0.5～１cm
②洗剤の濃さ：１０滴（水 300ml に対し）
③落とす液量：１ml
④ストローの角度：１５°

先輩は、条件を様々に変えて５回ずつ実験し、ものすごくたくさんの実験からどのような条件で「水中シャボン玉」ができるかを調べていました。

３　研究の目的

西端中の先輩はどのような条件で、「水中シャボン玉」ができるのかを追究していましたが、シャボン玉の「大きさ」にこだわりはなかったようです。

しかし、私は「大きな水中シャボン玉」に魅力を感じ、どういう条件でより「大きな水中シャボン玉」ができるかを追究することにしました。

４　研究の内容

追究１　先輩のデータを参考に「大きな水中シャボン玉」ができる条件を調べる

実験１　先輩は、各条件で５回試して何回「水中シャボン玉」ができるかを実験していましたが、より精度を高めるために１０回測定することにしました。さらに、３秒以上できたものを「成功」としてカウントすることで、より厳密に条件を見つけ出すことができると考えました。

先輩の実験から、ストローの角度を１５°にすることを統一条件としました。また、最初に入れる水の量は４００ml とし、以下の条件（１）～（４）を組み合わせて実験しました。

（１）ストローの太さと落とす液量

先輩の実験結果では、１ml がベストであると結論付けられていました。しかし、ストローのサイズが論文から読み取れなかったので、今回は、ストローの口径を、①細（φ４㎜）、②中（φ６㎜）、③太（φ１１㎜）の３種類を用意することにしました。それぞれの口から３㎝のところに印をして、落とす液量を決めました。液量は、円柱の体積になるので、「半径×半径×3.14×高さ」で計算できます。よって、①細（0.38ml）、②中（0.85ml）、③太（2.85ml）となります。

（２）シャボン液を落とす高さ

先輩の実験結果では、液を落とす高さは 0.5～１㎝がよいと結論付けてありましたが、今回はストローの太さを変えるため、あらためて実験することにします。先輩にならって①0.５㎝、②１㎝、③２㎝、④３㎝にしました。

（３）シャボン液の濃度

先輩の実験結果では、洗剤の濃さは３００ml の水に対して１０滴がよいと結論付けてありました。高さと同じようにストローの太さを変えるため、一から試験してみることにしました。入れる洗剤の量を、①０滴、②２滴、③５滴、④７滴、⑧１０滴、⑨１２滴、⑩１５滴、⑪２０滴、⑫３０滴として試すことにしました。

（４）シャボン液の温度

先輩の実験結果では、温度と「水中シャボン玉」のでき方には関係が見られないという結論でしたが、もう一度確かめるために、①低温水（１０～１５℃）、②室温水（２２～２６℃）、③高温水（３８～４２℃）を用意して比較することにしました。実験ごとに温度を計り、温度を保つように気をつけました。

結果１　表中の数字０～１０は、「成功」（３秒以上）した回数を表しています。

表中の「×」は、スポイトのようにストローにシャボン液を入れて持ち上げることができず、実験不能であったことを示しています。

（１）低温水（１０～１５℃）の場合

シャボン液の温度	洗剤の量（滴/水 400ml）	滴下する高さ（cm）	成功した回数（回）		
			ストロー細（0.38ml/滴）	ストロー中（0.85ml/滴）	ストロー太（2.85ml/滴）
低温水	0	0.5	0	0	0
低温水	0	1	0	0	0
低温水	0	2	0	0	0
低温水	0	3	0	0	0
低温水	2	0.5	0	2	×
低温水	2	1	0	5	×
低温水	2	2	0	0	×
低温水	2	3	0	0	×
低温水	5	0.5	4	10	×
低温水	5	1	9	8	×
低温水	5	2	0	0	×
低温水	5	3	0	0	×
低温水	7	0.5	8	8	×
低温水	7	1	6	5	×
低温水	7	2	2	0	×
低温水	7	3	0	0	×
低温水	10	0.5	7	10	×
低温水	10	1	5	9	×
低温水	10	2	0	1	×
低温水	10	3	0	0	×
低温水	12	0.5	8	3	×
低温水	12	1	6	0	×
低温水	12	2	1	0	×
低温水	12	3	0	0	×
低温水	15	0.5	0	1	×
低温水	15	1	0	6	×
低温水	15	2	5	0	×
低温水	15	3	0	0	×

低温水	20	0.5	0	5	×
低温水	20	1	0	6	×
低温水	20	2	4	1	×
低温水	20	3	0	0	×
低温水	30	0.5	0	9	×
低温水	30	1	0	8	×
低温水	30	2	0	0	×
低温水	30	3	0	0	×

（2）室温水（２２～２６℃）の場合

シャボン液の温度	洗剤の量（滴/水 400ml）	滴下する高さ（cm）	成功した回数（回）		
			ストロー細（0.38ml/滴）	ストロー中（0.85ml/滴）	ストロー太（2.85ml/滴）
常温水	0	0.5	0	0	0
常温水	0	1	0	0	0
常温水	0	2	0	0	0
常温水	0	3	0	0	0
常温水	2	0.5	2	0	×
常温水	2	1	1	0	×
常温水	2	2	0	0	×
常温水	2	3	0	0	×
常温水	5	0.5	5	8	×
常温水	5	1	7	2	×
常温水	5	2	2	1	×
常温水	5	3	0	0	×
常温水	7	0.5	10	3	×
常温水	7	1	7	2	×
常温水	7	2	8	1	×
常温水	7	3	0	0	×
常温水	10	0.5	8	8	×
常温水	10	1	8	0	×
常温水	10	2	10	0	×
常温水	10	3	0	0	×
常温水	12	0.5	6	3	×
常温水	12	1	9	3	×

常温水	12	2	0	0	×
常温水	12	3	0	0	×
常温水	15	0.5	6	5	×
常温水	15	1	3	1	×
常温水	15	2	1	0	×
常温水	15	3	0	0	×
常温水	20	0.5	3	8	×
常温水	20	1	5	9	×
常温水	20	2	4	1	×
常温水	20	3	0	0	×
常温水	30	0.5	0	8	×
常温水	30	1	1	9	×
常温水	30	2	1	0	×
常温水	30	3	0	0	×

（3）高温水（３８～４２℃）の場合

シャボン液の温度	洗剤の量（滴/水 400ml）	滴下する高さ（cm）	成功した回数（回）		
			ストロー細（0.38ml/滴）	ストロー中（0.85ml/滴）	ストロー太（2.85ml/滴）
高温水	0	0.5	0	0	0
高温水	0	1	0	0	0
高温水	0	2	0	0	0
高温水	0	3	0	0	0
高温水	2	0.5	0	7	×
高温水	2	1	0	7	×
高温水	2	2	3	0	×
高温水	2	3	2	0	×
高温水	5	0.5	0	9	×
高温水	5	1	0	3	×
高温水	5	2	5	0	×
高温水	5	3	3	0	×
高温水	7	0.5	0	7	×
高温水	7	1	0	5	×
高温水	7	2	4	1	×
高温水	7	3	0	0	×

高温水	10	0.5	0	8	×
高温水	10	1	0	2	×
高温水	10	2	5	0	×
高温水	10	3	0	0	×
高温水	12	0.5	0	7	×
高温水	12	1	0	3	×
高温水	12	2	2	0	×
高温水	12	3	0	0	×
高温水	15	0.5	0	6	×
高温水	15	1	0	2	×
高温水	15	2	0	0	×
高温水	15	3	0	0	×
高温水	20	0.5	0	6	×
高温水	20	1	7	5	×
高温水	20	2	0	0	×
高温水	20	3	0	0	×
高温水	30	0.5	0	4	×
高温水	30	1	3	0	×
高温水	30	2	2	0	×
高温水	30	3	0	0	×

考察１　結果の「成功」数が１０、９回を２ポイント、８、７回を１ポイントとすると、以下のようにまとまりました。

	ストロー細 (0.38ml/滴)	ストロー中 (0.85ml/滴)	ストロー太 (2.85ml/滴)	合計 ポイント
低温水 （１０～１５℃）	５ポイント	１１ポイント	実験不能	１６
常温水 （２２～２６℃）	１１ポイント （－３）	８ポイント	実験不能	１９ （１６）
高温水 （３８～４２℃）	１ポイント	７ポイント	実験不能	８
合計ポイント	１７	２６	－	

上表の常温水（２２～２６℃）でストロー細（0.38ml）の３ポイントを除けば、滴下した高さはすべて０．５～１㎝でした。実験精度を高めても先輩が出した結論と同じでした。温度については、３ポイントを引くと温度ごとのポイントに差がないた

め、温度管理が楽なように以降常温水を使用することにしました

ストロー細（0.38ml）よりもストロー中（0.85ml）を用いた方が、合計ポイントが高いことから、ストローの口径が大きい方がより「水中シャボン玉」ができやすいと考えられます。

また、一連の実験で、コップの中にできた「水中シャボン玉」は、すべて直径１０㎜以下でした。最大はストロー細（0.38ml）では直径６㎜、ストロー中（0.85ml）でも１０㎜でした。ストローの口径が大きい方がより「大きな水中シャボン玉」をつくることができると考えられます。

そう考えると、「大きな水中シャボン玉」をつくるためには、ストロー太（2.85ml）が最も有効であるはずなのに、「成功」するどころか、シャボン液をストロー内にためることすらできず、実験不能な状況でした。私の実験の工夫の目玉であったため、とても残念でした。

追究２　より「大きな水中シャボン玉」をつくる条件を調べる

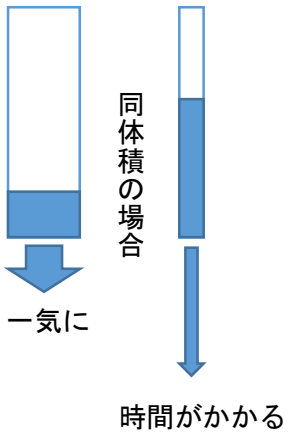
私は、追究１の結果にショックを受け、なぜシャボン液をストロー内にためることができないのかを考えなおしました。

シャボン液は、洗剤を水に溶かしてつくりました。洗剤の主成分は研究前に調べたように「界面活性剤」です。これは水が丸くなろうとする「表面張力」を低下させるはたらきがあり、水を広がりやすくするのです。だから、ストロー太（2.85ml）の口にある水の表面張力が低下し、ストロー内にとどまろうとする力が自重に耐え切れず、流れ出てしまったと考えられます。

いっそのこと、洗剤を入れなければいいと考えがちですが、洗剤を入れなければそもそも疎水基もないため空気のまくがつくられることはありません。追究１の洗剤０滴の結果がすべてを物語っているのです。

今回ストロー太（2.85ml）を用いた実験ができなかったのは、ストローの口が広すぎているからと考えました。なぜならストロー細（0.38ml）やストロー中（0.85ml）では、シャボン液をためることができているからです。

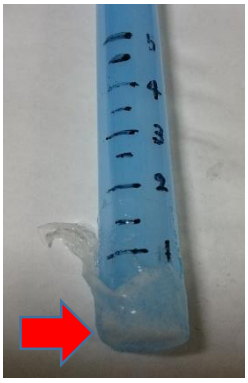
私はより「大きな水中シャボン玉」をつくりたいので、滴下する液量を多くした方がよいと考えました。先輩も同じように考え、１ml、２ml、３ml で比較していました。しかし、先輩の実験ではストローの口の形状を変えただけで、どの実験も同じ太さのストローを用いていました。



右図のように同じ太さのストローを用いた場合、ストローの奥に入っている液が落ちるのはストローの口にある液の部分よりもずいぶん遅れてしまいます。一

気に滴下させるためには、ストローの太さが必要だと
考えました。

実験２　そこで、台所で使う水切りネットをストローの口に張り、ネットの網目がストロー細を束ねたことと同じにした自作滴下装置『ストロー君』をつくりました。（右図）



予備実験をしたところ、ストロー太（φ１１㎜）でも、シャボン液をとどまらせることができました。

次に、ストロー太（φ１１㎜）に体積の計算により、①１ml、②1.5ml、③２ml、④2.5ml、⑤３ml、⑥3.5ml、⑦４ml、⑧4.5 ml、⑨５ml、⑩5.5ml、⑪６ml になるように口から印をつけました。

実験の条件は、追究１で確かめた常温水（２２～２６℃）で、滴下する高さを１㎝に設定しました。シャボン液の濃さは結果が分散してしまい傾向がとれませんでした。そこで、先輩の導いた水３００ml に対し１０滴から水４００ml に換算して１３滴の濃さとしました。

結果２　滴下する液量が３～５ml の間で「成功」したのは、１、２回でした。できてもすぐに割れてしまうものが多く、大きさを測ることがなかなかできませんでした。

そして、各液量１０回ずつ計１１０回試した中でできた「水中シャボン玉」の大きさの最高サイズは、直径１６㎜でした。（下写真）

考察２　ストロー太（φ１１㎜）でつくった自作滴下装置「ストロー君」は、確実に「大きな水中シャボン玉」をつくることができる有効な道具でしたが、残念ながら成功率は低くなってしまいました。

今回最大を記録した１６㎜の「水中シャボン玉」はまん丸な球だと考えるとその体積は、球の体積の式「４／３×3.14×半径×半径×半径」に当てはめると、2.14ml となります。

滴下した液量は、どの場合も３～５ml だったので、引き算をすると滴下した液のうち 0.86～2.86ml が「水中シャボン玉」をつくるのには用いられず、周囲の液にそのまま混じっていっているのではないかと考えました。

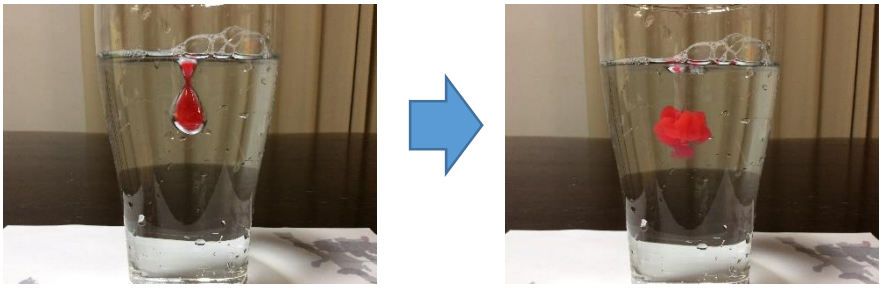
追究３　「水中シャボン玉」にならなかった滴下液の行方を調べる

これまでの実験は、すべて透明なシャボン液を使用してきましたが、着色した液を用いれば、「水中シャボン玉」にならずに逃げていく滴下液を確認できると考えました。

実験３　滴下液に着色したこと以外の条件は、実験２と同じにして実験を行いました。

考察３　下写真のように、「水中シャボン玉」が上下２つに分かれ（左）、下にできるはずの大きな「水中シャボン玉」が割れて液が混じっていってしまい、水面付近に小さい「水中シャボン玉」だけがとり残された様子が観察できました。

いくら多量にシャボン液を滴下しても、すべてが「水中シャボン玉」になるのではなく、その大きさには限界があると考えられます。



５　研究のまとめ

（１）「水中シャボン玉」ができやすい条件

・液の温度　　：水の温度は関係しない

・滴下する高さ：１㎝

・滴下する液量：表面張力が自重に耐えられれば、多い方がよい。
同じ液量なら、たらたら時間をかけて落ちるよりも一気に落ちた方がよい。

（２）より「大きな水中シャボン玉」ができやすい条件

・表面張力が自重に耐えられれば、液量が多い方がよい。

・滴下した液がすべて「水中シャボン玉」になるのではなく、容器に入っていた液に混じっていってしまうものもあるため、一定以上は大きくならない。

６　おわりに（感想）

夏休みにたまたま遊んだシャボン玉ですが、コップの中に閉じ込めるのはたいへんでした。

私の研究は、すべてがオリジナルではなく、西端中学校を卒業した先輩の研究を参考にしてここまでできました。偉大な先輩に心から感謝しています。また、碧南市まなびさぽーと科学コンクールが何年も続いてきていることのおかげだとも思っています。もしかすると、私の研究の続きをしてくれる後輩がいたら、うれしいです。

空中に飛ばすシャボン玉よりずっと小さい「水中シャボン玉」でしたが、新しい発見や苦労がいっぱい詰まった夏の「大きな」思い出になりました。

また今度、友達とシャボン玉で遊ぶときは、見つけたことを自慢したいと思います。