

シャボン膜の化学的性質とシャボン液の pH の相関関係

川勝 和哉・大西 慶子・大西 のり子・田中 祐佳

兵庫県立加古川東高等学校 地学部 (加古川市加古川町栗津 232 の 2)

kakogawah_koko@pref.hyogo.jp

The relationship between chemical properties of a film of soap bubbles and different pH values of liquid soap

Kazuya Kawakatsu, Keiko Oonishi, Noriko Oonishi and Yuka Tanaka

Kakogawa Higashi High School Earth Science Club (Awazu 232-2, Kakogawa-cho, Kakogawa city)

Abstract : Soap bubbles are familiar things. But their properties are little known. The aim of this study is to research a film of soap bubbles existing as meta-stable condition.

The results of this study indicate the following things.

(1) A film of soap bubbles is strongest and thickest at pH=7.3. Next to it, from neutral to acid. A film of them is weakest and thinnest at strong basic. Strength is measured as the time until bubble bursts. (2) Acidic bubbles make interference color at first. But Newton ring of the bubble is down from the top of it by gravity and the top of the bubble becoming thinner. And its color changes from golden yellow to transparent. Many black films show up there, and the bubble bursts from there. (3) A film of strong basic bubbles is thin and weak from the first moment. Interference color changes from golden yellow to milky. And the bubbles make a coat of micelle on the surface. It protects the film of bubble on/ limits movement of liquid soap. They protect the bubbles from bursting. So, the descent of the black film and Newton ring are not seen at all. It approaches acidity and deflates with increasing inner pressure at an accelerating pace. Because carbon dioxide is soluble in a film of bubble from within and without in air. (4) From acidic to weakly basic liquid soap comes a film of bubbles, which shows up the black film and thin film. Because liquid soap is brought down by gravity. And the top of the bubbles becomes thin so black films and thin film show up there. Or liquid soap gathering in the bottom of the bubbles produce an uprising plume by rising from the bottom, making its central region dilute. (5) Acidic to weakly basic liquid soap spins counterclockwise. It doesn't relate to how we blow bubbles anyway. Black films and thin films spin like liquid soap spins. This is because the Coriolis' force acts on bubbles with the rotation of the earth.

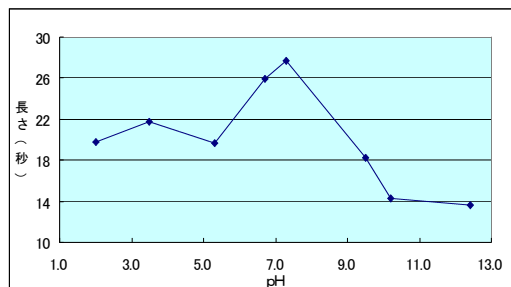
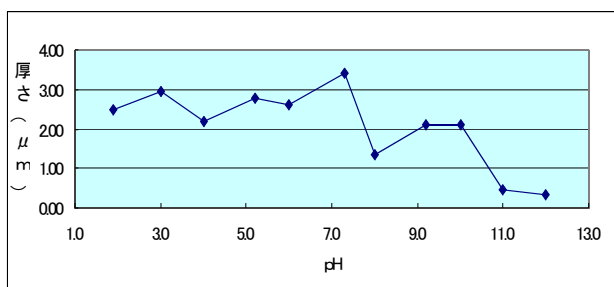
Keywords : soap bubbles, interference color, Newton ring, black film, spins counterclockwise

1. シャボン液の調合

本実験に使用したシャボン液は、(界面活性剤入り食器洗い用洗剤) 1 : (PVA 系洗濯のり) 5 : (実験室で精製した蒸留水) 7、の配合比で調合した。これにグリセリンを、シャボン液 1 Lにつき 30mL 加えた。洗剤を水に混ぜただけの単純なシャボン液だと、pH を少し変化させただけで、すぐにシャボン玉ができなくなってしまい、幅広い pH に対するシャボン膜の性質を明らかにすることができない。シャボン液の pH を変化させるために、本実験では硫酸と水酸化ナトリウム水溶液を蒸留水の代わりに用いた。塩酸は揮発性があるため用いなかった。

2. pH とシャボン膜の干渉色の変化の相関関係について

- シャボン膜の厚さは pH = 7.3 付近でもっとも厚く、シャボン膜の強度も高い。酸性～弱塩基性よりも強塩基性の方が、膜が薄く強度が低い。
- 酸性～弱塩基性のシャボン液では、シャボン玉ができた直後の膜は厚く、虹色の干渉色を呈する。その後、次第に膜が薄くなる ($0.32 \mu\text{m}$) と、金色を呈するようになる。さらに、可視光線が干渉できなくなり、薄いガラス細工のように透明になり ($0.1 \mu\text{m}$)、弾けて割れる。これは、水の蒸発によって洗剤の濃度が高まり、表面張力が小さくなるためであると考えられる。
- 強塩基性のシャボン玉は、初めから膜が薄く、強度も低い。最初は虹色の干渉色を呈するが、すぐに膜は金色 ($0.32 \mu\text{m}$) から白濁し ($0.1 \mu\text{m}$)、膜表面に多数の「しわ」が生じて、しばむようにしてつぶれる。



3. pH と干渉色の変化の関係について (室温 32℃、湿度 56%、シャボン液の pH = 1.7、7.3、13.7)

酸性～弱塩基性では、ニュートンリングがシャボン玉の上面から同心円状に次第に下降していく。酸性のニュートンリングは、弱塩基性のものよりも下降速度が速く、弾けて割れやすい。その後シャボン玉の上面の膜が薄くなり、「黒膜」が多数生じる。この斑点は、酸性のシャボン玉の方が弱塩基性のものよりも多く生じた。強塩基性のシャボン玉は、黒膜が生じる前にしぼんでしまう。これは、強塩基性のシャボン玉が壊れる原因が黒膜にあるのではないことを示している。

4. 酸性～弱塩基性のシャボン玉について～黒膜が出現する原理

黒膜の生じ方には2種類あることが明らかになった。①シャボン玉の膜表面に沿って同心円状にニュートンリングが下降し、シャボン玉の上面の膜部分が薄くなって黒膜が生じる場合。②シャボン玉上部から下降するニュートンリングのシャボン液によって乱流が生じ、シャボン玉下面を形成していたシャボン液が、マントルプリュームのように上昇する場合 (マランゴニー効果)。この上昇するニュートンリングの中央部が黒膜へと変化する。弱塩基性のシャボン玉と酸性のシャボン玉のあいだで黒膜の生じ方に差は見られないが、黒膜が生じるまでの時間は酸性ほど早い。黒膜の生成に少し遅れて、シャボン玉の最上部に「白膜」が生じる様子を観察・撮影することに成功した。ニュートン以来約 300 年もの間、界面活性分子の泡膜に関する多くの研究がおこなわれてきたが、黒膜の生じ方や運動のしかた、こわれ方を pH との関係の中で研究した報告はない。



5. 酸性～弱塩基性のシャボン玉について～シャボン液の回転について

実験をおこなうなかで、シャボン膜に生じる黒膜をはじめとするシャボン液が、プリュームのように激しく上昇した後、多くの場合反時計回りに回転することに気づいた。これは空気の乱流によるものではない。どのようにシャボン玉を作っても同様の回転がみられ、受け取るリングによって回転速度が変化しても、回転方向が変化することはない。

6. 塩基性のシャボン玉について～シャボン玉がしぼむ原理

強塩基性のシャボン膜は、空中に滞在している間に pH = 9.5 付近まで低下する。これは、シャボン玉内部から CO₂ や O₂ が減少するためである。この変化は、強塩基性のシャボン玉がしぼんでつぶれるまでの間に、pH が次第に中性側へと変化することにもなってみられる。強塩基性のシャボン玉は、膜内外から主に CO₂ が溶解することで pH を次第に中性側へと変化させながら、加速度的に内圧を上昇させてしぼむ。

参考文献：加古川東高等学校地学部 (2007)

どうしてシャボン玉は壊れるの？ (未来の科学者との対話 V～第5回神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞受賞作品集, 日刊工業新聞社)

