

アンチバブル研究の歩み ——実験をすすめると発見と課題が現れる——

はじめに

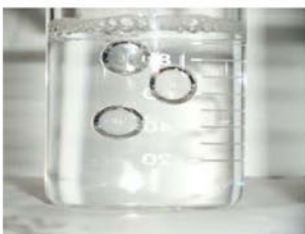
アンチバブルは生徒にとって未知の対象であり、実験を繰り返せば繰り返すほど、次々に新しい発見があった。系がシンプルのため仮説が立てやすく、文献が少ないことと相まって自由な発想を楽しめた。現象を観察することで生じる疑問や仮説をディスカッションしながら研究はすすめられた。必要に応じて大学への訪問実験を実施し、研究者との交流を深めた。研究成果は、校内で発表するにとどまらず(研究集録や文化祭)、日本学生科学賞や学会での発表、サイエンスアゴラや科学館でのワークショップ参加など校外でのイベントでも積極的に発表していった。

シャボン玉あそびからアンチバブル研究へ

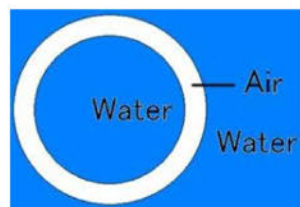
アンチバブル研究はシャボン玉好きの生徒たちのシャボン玉遊びから始まった。巨大シャボン玉づくりや変形シャボン玉づくりに楽しみながら取り組んだ。

水中にアンチバブル(水中シャボン玉)ができることを知り、

生徒たちはその形、動き、空気薄膜、色(干渉色)などに感動し研究が始まった。アンチバブルに色をつける、アンチバブルを沈める、いったん水底に沈んだままになったアンチバブルを上昇させるなど、いろいろなアンチバブル実験を考案していった。



アンチバブルは空気薄膜の球殻に被われた水玉で水中に形成される



アンチバブルの構造



シャボン玉で遊ぶ



小学校への出前授業で巨大シャボン玉づくり



色つきアンチバブル



沈んだままのアンチバブル



しばらく沈んだ後、上昇を始めるアンチバブル

実験から生まれた疑問と発見

アンチバブルの実験を進めると、疑問や発見が次々と出てきた。アンチバブル研究は、これらの疑問と発見を探究する研究へと発展していった。

【 疑問 】

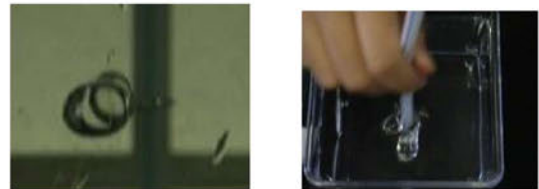
- * 空気薄膜の膜厚はほんとうに髪の毛の 100 分の 1 程度なのか
- * アンチバブルはどのように崩壊するのか
- * アンチバブルは界面活性剤水溶液以外でも形成されるか

【 発見 】

- * 水玉を水面に乗せたとき、あるいはアンチバブルが水面に浮き上がったとき、アンチドーム(半球殻状液滴)が水面直下に形成される
- * 溶液を加振したり溶液を揺らしたりすると、アンチバブルやアンチドームの寿命が伸びる
- * 溶液を揺さぶるとアンチバブル、アンチドームが分割できる
- * 超音波でアンチバブルが壊れる
- * 電氣的短絡によりアンチバブルができやすくなる
- * 溶液の回転でアンチバブルが伸びることを発見
- * アンチバブル溶液(希薄洗剤溶液)でバウンシングジェット(跳躍液流)ができる
- * シリコンオイル、キャノーラ油でもバウンシングジェットができる
- * シリコンオイルやエチレングリコールを鉛直加振させると、アンチバブルが形成される



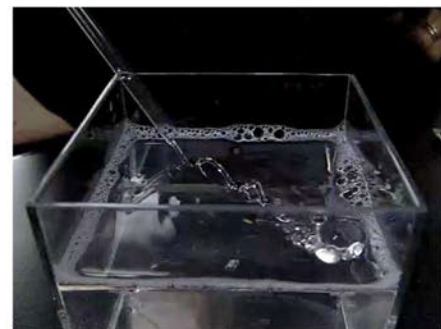
加振や揺れで寿命が伸びる



アンチバブルやアンチドームを分割する



回転する溶液中で伸びるアンチバブル



洗剤溶液のバウンシングジェット(跳躍液流)



水面直下に形成された
アンチドーム(半球殻状
液滴)

アンチドームの構造



千葉大学での実験

疑問や発見を探究する

* 空気薄膜の膜厚はほんとうに髪の毛の100分の1程度なのか

——— 空気薄膜の膜厚を3つの方法で測定した。

【方法1】 アンチバブル100個が崩壊するときに見える気泡を水上置換で捕集して膜厚を算出した。

5.4 μ m

【方法2】 アンチバブルが一定速度で上昇するときの速度を測定し、つり合いの式から膜厚を算出した。

1.4 μ m

【方法3】 空気飽和させた水でアンチバブルをつくり、その寿命を測定し膜厚を算出した。1.2 μ m

* アンチバブルのどのように崩壊するのか

——— 高速度カメラによる撮影を行った

* アンチバブルは界面活性剤水溶液以外でも形成されるか ——— シリコンオイル、キャノーラオイル、トリトン X100、エチレングリコールでアンチバブルが形成されることが確認できた。形成されにくい場合は、スピーカーで鉛直加振を行うと形成されることを発見した。



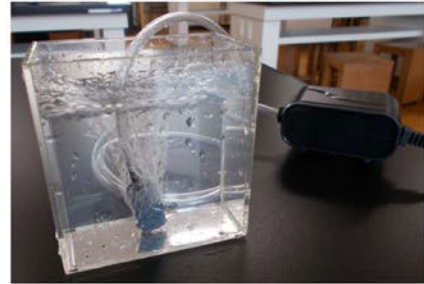
中央大学での実験



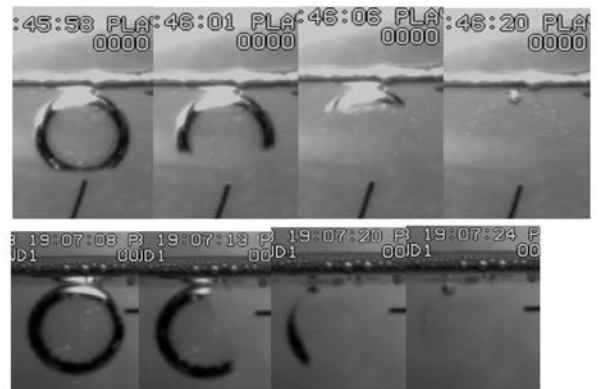
1. 水上置換で空気を集める



2. 上昇速度を測る



3. 空気を飽和させる



アンチバブル崩壊の様子



スピーカーで鉛直加振したシリコンオイルに同液滴を落下させるとアンチバブルが形成された

疑問・発見から発展へ

* 寿命に対する振動や揺れの影響を調べる

アンチバブル溶液を鉛直加振の状態にすると、アンチバブルやアンチドームの寿命が大幅に伸びた。特に振動数 2Hz の矩形波で加振するときに最も寿命が長くなった。

* 電気的な影響を調べる

アンチバブル溶液とストロー内溶液を銅線で短絡した状態にするとアンチバブルが形成しやすくなった。

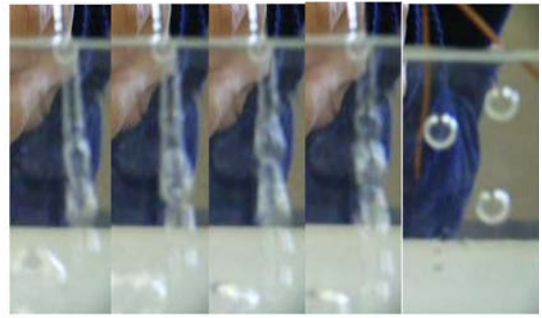
アンチバブル溶液に電極を入れたら、電位差によってアンチバブルの形成率が変化した。

* 超音波の影響を調べる

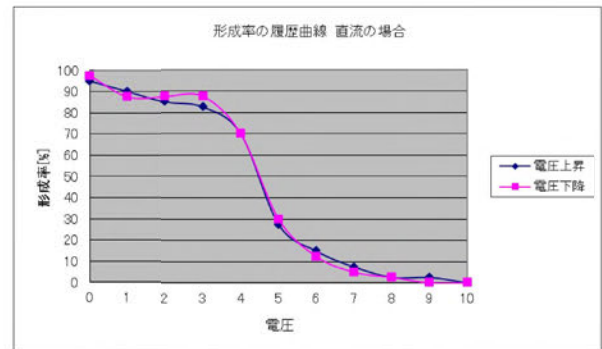
超音波洗浄器に張った水に角形水槽を浸す。超音波発生と同時にアンチバブルは上部から崩壊した。

* 寿命に対する溶存空気の影響を調べる

沸騰させた水を空気曝露やバブリングして、アンチバブルの寿命を調べた。空気曝露なしで 0.3 秒、24 時間空気曝露で 10.8 秒、72 時間空気曝露で 21.7 秒、50 分バブリングで 20.9 秒となり、溶存空気の影響が示唆された。



銅線で短絡するとアンチバブルができやすい



極板間の電圧とアンチバブル形成率の関係



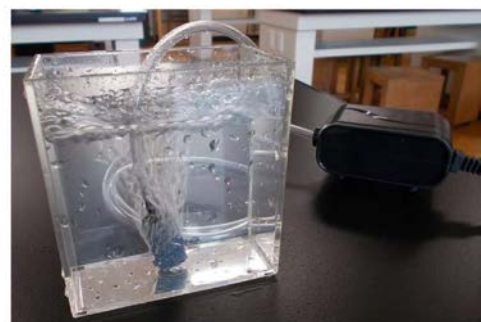
2Hz の鉛直加振



溶液を揺らすとアンチドームは崩壊しない



超音波洗浄器のスイッチを入れた瞬間(右)



バブリングした水ではアンチバブルの寿命が長い

そして新たな疑問へ

- * 空気薄膜は振動によってなぜ崩壊しにくくなるのか
- * バウシングジェットはなぜバルクに合体しないのか
- * アンチバブルが超音波で崩壊するときなぜ上側が崩壊するのか
- * アンチドームは合体するがアンチバブルは合体するか
- * アンチフォームはつくれるか

はばひろいディスカッションを求めて

はばひろいディスカッションを求めて、研究成果をもとに高校生発表会、学会発表、論文投稿、サイエンスアゴラや科学館でのワークショップに取り組んだ。

主な掲載

- * 第 49 回日本学生科学賞作品集
- * 第 50 回日本学生科学賞作品集
- * 第 2 回東京理科大学坊っちゃん科学賞作品集
- * 日本化学会 化学と教育 vol.. 57
- * 第 30 回非線形反応と協同現象シンポジウム
- * 形の科学会誌 vol.. 25
- * 平成 28 年度科学教育振興展覧会研究発表会要旨集
- * 平成 29 年度科学教育振興展覧会研究発表会要旨集
- * 令和 5 年度科学教育振興展覧会研究発表会要旨集



理科研究発表会（千葉大学）



サイエンスアゴラ 2024



第 50 回日本学生科学賞 中央審査会



非線形反応と協同現象シンポジウム(お茶の水女子大学)