

水の液面とアニリンの振動

北海道札幌啓成高等学校 理数科（2021 年入学）1 班

篠原悠生 加藤幹矢 岩館優介 谷水勇斗

Aniline is a chemistry whose density is similar to water's one. When we mixed aniline and water, we found the phenomenon; when aniline dropped on the water, it moved irregularly on the water surface. Therefore, we selected the theme which is relationship between aniline and water. We researched about relationship between movement of aniline and water depth and between movement of aniline and surface area of water. As a results, we found that the larger the surface area of water, the easier the aniline moved. Furthermore, we found that when aniline accumulate to the bottom, movement time of aniline got longer and aniline's movement was changed by the amount of aniline. We discussed movement of aniline from these results.

1. はじめに

ほとんど同じ密度の液体を混合させたときにそれらがどのようなになるのか疑問に感じた。アニリンとは表 1 のような性質をもっている化学物質で、アニリンの密度 (1.02g/ml^3) は非常に水の密度 (0.98g/ml^3) と近い値である。普通は水と密度の異なる有機溶媒を混合させると界面で密度の大きいものを下に二層に分かれるものである。

アニリン		
化学式	$\text{C}_6\text{H}_7\text{N}$	
密度	1.02g/ml	
水溶解度	34.0 mg/l (20°C)	

表 1 アニリンの性質

しかし、その参考文献には、三層構造が形成されると記載されていた。

2. 先行研究の検証と新たな疑問

私たちは、三層構造になる現象を直接目にしたく考え、学校の設備のみで実験した。そこで私たちは水とアニリンではアニリンの密度のほうが大きいにもかかわらず、アニリンの一部が水に浮かんでいることがあった。さらに、私たちが力を加えていないにもかかわらず、浮かんだアニリン

の液滴が動き始めたのである。振動の様子を以下の図で示した(図 1)

私たちは何がこの現象を引き起こしたのか観察したところ、次のことが分かった。

I. アニリンを滴下しても、水面に浮かぶアニリンと沈むアニリンとがわかれた。

II. アニリンを純水に滴下すると、一部が水面に浮かび、振動や移動をした。

III. 水面で振動しているアニリンは時間経過で小さくなっていき、最終的に水面からなくなった。

IV. アニリンの動き方は、移動、振動、静止して浮かぶ、水面からなくなる、という順で変わっていった。

V. 試験管のような水の表面積の小さい容器では、水面に浮かぶアニリンの体積が多かった。

これらにおいてアニリンが浮かぶかどうかを決める要因は何か研究した。

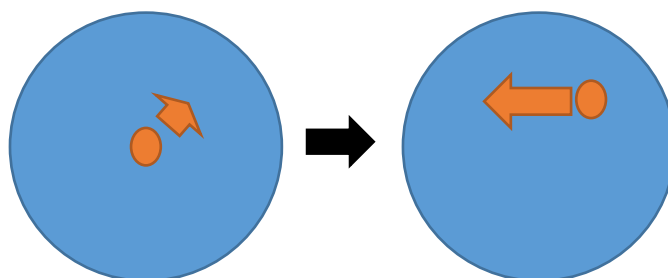


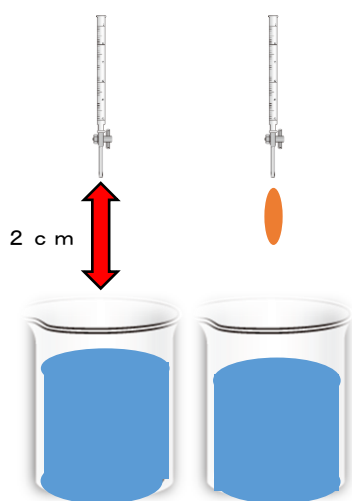
図 1 アニリンが水面で動くモデル

3. 実験①

3.1 水の体積とアニリンが振動するのに必要なアニリンの体積の関係性

3.1.1 実験手法

まず 500ml ビーカーを 6 つ用意した。そしてそれぞれに 100ml、200ml、300ml、400ml、500ml、600ml の水を入れ、ビュレットを用いて全て液面より 2 cm の高さから、同じ時間間隔でアニリンを滴下した。それぞれのビーカーでアニリンが動き始めるまでに滴下したアニリンの体積を計測した。(実験装置 1)



実験装置① アニリンを滴下する様子

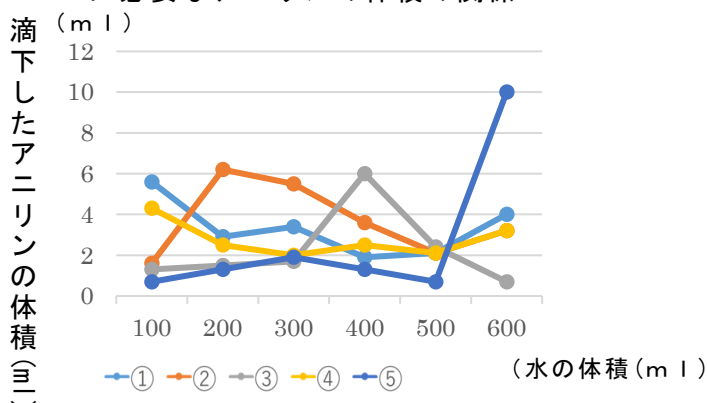
3.1.2 実験結果

グラフ 1 のような結果が得られた。

グラフ 1 において縦軸はアニリンが振動するまでに滴下したアニリンの体積 (ml)。横軸は水の体積 (ml) である。

また、私たちはこの実験を 5 回行い、その結果を 5 本の折れ線グラフで示した。(図 2)

図 2 水の体積とアニリンの振動に必要なアニリンの体積の関係



3.1.3 考察

水の体積によるアニリンの必要量に法則性が見られないこと。また、同じ実験をしているにも関わらず結果が大きく異なっていることから、水の体積と振動に必要なアニリンの体積は関連性がないと考えられる。

3.2 水の体積とアニリンの振動時間

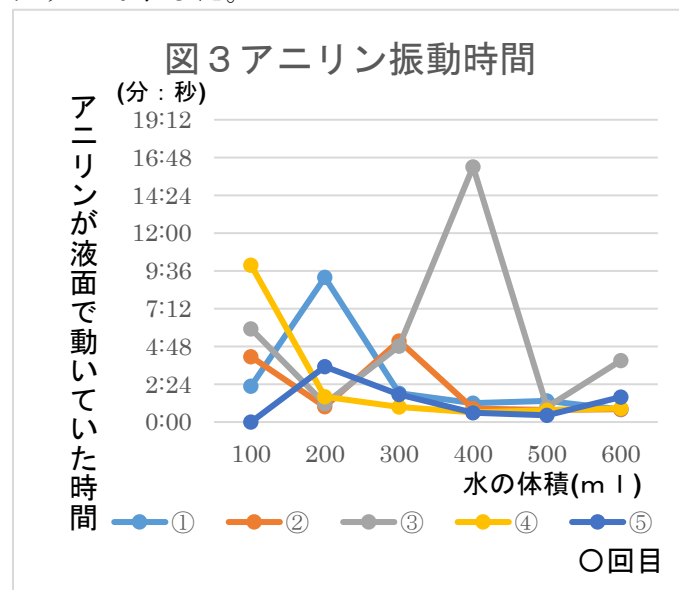
3.2.1 実験手法

実験 2.1 と同様に 500ml ビーカーを 6 つ用意した。そこにそれぞれ 100 - 600ml の水を入れ、ビュレットを用いてすべて液面より 2 cm の高さから、同じ時間間隔でアニリンを滴下した。それぞれのビーカーでアニリンが動いた時間を計測した。(装置は実験装置 1 と同様)

3.2.2 実験結果

グラフ 2 のような結果が得られた。

グラフ 2 においての縦軸はアニリンの振動していた時間 (分: 秒)。横軸は水の体積 (ml) である。また、実験 2.1 と同様にこの実験は 5 回行い、その結果を 5 本の折れ線グラフで示した。



3.2.3 考察

水の体積とアニリンの振動時間に法則性が見られないこと。また、同じ実験をしているにも関わらず結果が大きく異なっていることから、水の体積とアニリンの振動時間には関連性がないと考えられる。

4. 実験②

4.1 仮説

純水の表面積がアニリンの振動に関係し

ていると考えた。

4.2 実験概要

液面に残ったアニリンがすべて振動していたことから、表面積を変更し、アニリンが液面に残るための必要量を測定した。

4.3 実験器具

実験を行うために以下のものを用意した。

- ・ビーカー (100ml、200ml、300ml)
- ・ビュレット
- ・メスシリンダー
- ・駒込ピペット
- ・アニリン
- ・純水

4.4 実験手法

それぞれの表面積の異なるビーカーに、水深を 5 cm にそろえて水を注ぎ、液面から 2 cm の位置からビーカーの中央に向け、ビュレットを用いてアニリンを 1ml ずつ 5 回に分けて滴下し、その様子を観察した。

4.5 結果と考察

表 1. アニリンの滴下回数とその際の様子

		ビーカーの種類		
		100ml	200ml	300ml
アニリンの 滴下回数	1ml	○	×	×
	2ml	○	△	×
	3ml	△	△	×
	4ml	×	△	△
	5ml	×	△	△

○…液面に残った

×…液に沈んだ

△…液面に残ったが、すぐに沈んだ

この結果から二つのことを考察した。具体的には、純水の表面積の増加にともなって、アニリンが液面に残るための必要量が増加する点、アニリンの滴下量が一定値に達するとアニリンは残らなくなる点の二つである。

5. まとめ

- ・水に滴下したアニリンが水面に残るものと沈むものに分かれる
- ・水面に残ったアニリンが不規則に振動することがある

図 3 のように、液面のアニリンが溶解し、液面で濃度差が生まれることでマランゴニ対流が起こり、その影響でアニリンが動く。底のアニリンは溶解しても、液面の濃度に影響を与えないので、無視できる。

6. 展望

水温、アニリンの濃度、液面の形や滴下方法を変え実験することで現象を解明できると考えられる。

水深と体積を別々に変化させることで現象の発生条件を明らかにできると考えられる。

7. 参考文献

- ・同志社大学 荒木田さん・片山さん・後藤さん (2018) 「密度差 0 溶液の世界」とは？ (最終閲覧日：6 月 15 日 <https://www.rikelab.jp/post/3034.html>)
- ・貞包さん、作田さん、吉川さん、Chenggui さん (2017) Spontaneous Oscillations and Synchronization of Active Droplets on a Water Surface via Marangoni Convection
- ・環境省 各物質の個別データ
2 アニリン
4) 物理的科学性状
- ・研究ネット
(<https://www.wdb.com/kenq/illustration/burette>)