

中和反応で消臭

3620 田中竜平 3507 岩永煌大 3538 山田凌大

身近な生ごみの悪臭を中和反応で消臭することを目的に実験を行った。そこで「酸性物質が原因の悪臭に対して塩基性物質を加えることで、消臭ができる」という仮説を立てた。「アンモニア水溶液に対して酢酸を加えることで臭いがしなくなる滴下量と中和点との関係性を見つけ出す実験」を行った。臭いがしなくなる滴下量と中和点との関係性は見いだせなかったが、この実験をもとに「腐卵臭をなくすために塩基性物質を加える実験」を行った。腐卵臭がしなくなるためのpH指数が9以上であるという結果を得た。

中和滴定、官能法、トリメチルアミン、硫化水素、シュウ酸

1. 目的

日常生活における悪臭、特に生ごみの臭いの消臭方法を考える。悪臭の原因となる塩基性物質と酸性物質同士で中和反応を起こし消臭できないか考える。

2. 仮説

悪臭の原因となる塩基性物質と酸性物質同士で中和反応を起こし消臭することができる。悪臭の原因物質同士の中和点で消臭することができる。

3. 使用した器具

【実験 1】

- ・酢酸（酸度 4.2%）
- ・アンモニア水溶液（0.1mol/L）
- ・蒸留水
- ・10mL ホールピペット
- ・1mL ホールピペット
- ・ピペットポンプ
- ・メスフラスコ
- ・ビーカー ・駒込ピペット

【実験 2】

- ・アンモニア水溶液 ・卵の殻
- ・ジップロック

【実験 3】

- ・重曹 ・卵の殻
- ・ジップロック ・pH試験紙

【実験 4】

- ・魚の骨（100g）（頭付き）

- ・ジップロック

- ・酢酸水溶液

【実験 5】

- ・シュウ酸

- ・アンモニア水溶液 ・酢酸

- ・【実験 1】と同じ器具

【実験 6】

- ・トリメチルアミン

- ・シュウ酸

4. 【実験 1】

今回の研究においてはすべての実験で臭いの確認のために官能法を用いた。

官能法とは人が直接臭いを嗅いで臭いを確認する方法である。

中和を行うことで消臭できるのか確認のための実験を行った。中和点で消臭されない場合、消臭される時の量的関係を確認する。

4-1. 実験手順・準備

①酢酸 10mL を蒸留水で 10 倍に薄める。

②薄めた酢酸水溶液を 10mL メスフラスコへ入れる。この水溶液を 5 つ作る。

③5 つの水溶液それぞれに 7mL、15mL、20mL、25mL、30mL のアンモニアを滴下し臭いを確認する。

④およそどれくらいの量で中和されるのか、という理論値を計算する。

酸度 4.2%より、100mL あたりの酢酸は 4.2g

10 倍に希釈すると 10mL あたりの酢酸は 0.042g
酸の分子量 60 より、酸の物質量は

$$0.042 \text{ (g)} \div 60 \text{ (g/mol)} = 7.0 \times 10^{-4} \text{ (mol)}$$

アンモニア水溶液の体積を v とし量的関係から

$$1 \times 7.0 \times 10^{-4} = 1 \times 0.1 \times v \times 10^{-3}$$

$$v = 7.0 \text{ (mL)}$$

よってアンモニアを 7.0mL 滴下したときに、中和され消臭されると考えた。

4-2. 結果

表 1 アンモニア水溶液の滴下量と臭いの関係

滴下量	臭い
7mL	酸っぱい臭い
15mL	少し酸っぱい臭い
20mL	ほぼ臭いを感じない
25mL	少しつんとする臭い
30mL	つんとする臭い

4-3. 考察

表 1 より、算出した理論値とは違う滴下量で消臭されたことから中和点と臭いがしなくなるアンモニア水溶液の滴下量は一致しないように思える。

しかし、理論値の算出ではアンモニア水溶液を 0.1mol/L と仮定して計算したが、保存時や実験の途中で気化したことにより濃度が変わり、仮説と結果がずれたのではないかと考えられる。

5. 【実験 2】

実際の生ごみを消臭できるか実験を行った。参考文献より、卵の主な臭いの原因は酸性である硫化水素であることが分かったため、今回は卵の殻を使った。

5-1. 実験手順・準備

- ①卵の殻 50g に対して、アンモニア水溶液を 15mL 滴下する。
- ②卵の殻を割り、殻がしっかりと溶液に浸かるようにする。
- ③班員 2 名が各家庭に持ち帰り 1 週間毎日臭いの確認を行う。

5-2. 結果

表 2 日数経過と臭いの変化の関係

	臭いの変化
1 日目	滴下前後であまり変化無し
2 日目	強い腐卵臭
3 日目	非常に強い腐卵臭
4 日目	非常に強い腐卵臭
5 日目	非常に強い腐卵臭
6 日目	非常に強い腐卵臭

観測をした 2 人とも観測初日は特に臭いを感じることはなかったが、日を追うごとに、腐卵臭が強くなったと感じた。

5-3. 考察

参考文献より、硫化水素は pH 5 以下になると悪臭を生じ、pH 9 以上で悪臭がしなくなるということが分かった。

この実験では、【実験 1】の結果から卵の殻 50g に対してアンモニア水溶液を 15mL 滴下した。しかし卵の殻 50g に対してどれくらいの量の硫化水素が含まれているかを把握できていないため加えるアンモニア水溶液の量が足りなかったと考えられる。

このことを踏まえて、アンモニア水溶液の滴下量が pH 9 以上にするための滴下量が足りなかったのではないかと考えられるが、この実験においては、pH を測っていないため一概に断定することはできない。

6. 【実験 3】

【実験 2】を踏まえ、pH 試験紙を使って pH が 9 以上になるまで重曹を加え消臭できるか確認した。この実験は pH 9 以上の時に消臭されるかを確認するための実験であるためアンモニアではなく比較的扱いやすい重曹を使った。

6-1. 実験手順・準備

- ①卵の殻 50g に対して 100mL の蒸留水に溶かした重曹を加える。
- ②卵の殻を割り、殻が溶液にしっかりとつかないようにする。
- ③pH が 9 以上になったことを pH 試験紙で確認する。
- ④班員 2 名が各家庭に持ち帰り 1 週間毎日臭いの確認を行う。

6-2. 結果

どの日も腐卵臭はほとんど感じなかったが、重曹の臭いが少し感じられた。

6-3. 考察

腐卵臭がほとんど感じられなくなったことから、卵の殻の臭いの原因物質の消臭ができたと考えられる。

7. 【実験 4】

参考文献より魚の臭いの主な原因はトリメチルアミンという塩基性の物質だということが分かった。この実験では塩基性物質由来の悪臭を消臭する目的で行った。家庭で実際に魚の骨が出たため魚の骨を使用した。今回はカマスとニジマスの骨を使用する。

7-1. 実験手順・準備

- ①魚の骨 50g を 2 つ用意する。
- ②酢酸水溶液を 2.5mL 滴下 (pH 4 程度) と 5.0mL 滴下 (pH 6 程度) のジップロックを作る。
- ③いずれも純水を加え骨が浸る程度にする。
- ④班員 2 人が持ち帰り毎日臭いを確認する。

7-2. 結果

表 3 日数経過と酢酸水溶液滴下量の違いによる臭いの変化の違い

	2.5mL 滴下 pH 4	5.0mL 滴下 pH 6
1 日目	変化無し	変化無し
2 日目	強い魚の腐敗臭	強い魚の腐敗臭
3 日目	非常に強い腐敗臭	より強い腐敗臭
4 日目	非常に強い腐敗臭	非常に強い腐敗臭
5 日目	非常に強い腐敗臭	非常に強い腐敗臭
6 日目	非常に強い腐敗臭	非常に強い腐敗臭

2.5mL のものと 5.0mL のものいずれも消臭することはできなかった。

3 日目以降からはあまり変化が感じられなかった。

7-3. 考察

pH 4 や pH 6 程度では魚を消臭することはできないと分かり、pH 1~3 程度にしなければ消臭できないのではないかと考えた。

8. 【実験 5】

これまでに用いてきた酢酸とアンモニアの濃

度の確認。濃度の分かっているシュウ酸水溶液で酢酸と中和滴定する。

8-1. 実験手順・準備

- ①シュウ酸二水和物を 3.15g 量り純水に溶かし 0.05mol/L のシュウ酸水溶液を作る。

アンモニアの場合

- ② ①の水溶液を 10mL 計り、コニカルビーカーに移しアンモニア水溶液を滴下し中和滴定する。pHメーターで pH を測る。

酢酸の場合

- ③水酸化ナトリウム水溶液の濃度を中和滴定で求める。
- ④10 倍に希釈した酢酸に対して水酸化ナトリウム水溶液を滴下し中和滴定を行う。

8-2. 結果・考察

アンモニア水溶液はシュウ酸水溶液を 100mL 滴下しても pH は 7 にならなかった。100mL 滴下時点で pH 5、6 付近であった。

水酸化ナトリウム水溶液はシュウ酸水溶液 10.53mL 滴下で中和ができた。

酢酸は水酸化ナトリウム水溶液を 7.87mL 滴下で中和ができた。

〈濃度計算〉

アンモニア水溶液の濃度を 0.1mol/L と仮定すると、

アンモニア水溶液の滴下量 V mL は

$$0.05 \times 2 \times \frac{10}{1000} = 0.1 \times 1 \times \frac{V}{1000}$$
$$V = 10(\text{mL})$$

よって 10mL 滴下で中和点に達する。

すなわち、実験で用いていたアンモニア水溶液の濃度は 0.1mol/L よりも 10 倍以上薄いことが分かった。

水酸化ナトリウム水溶液の濃度 c (mol/L) とすると

$$0.05 \times 2 \times \frac{10}{1000} = c \times 1 \times \frac{10.53}{1000}$$
$$c = 0.095(\text{mol/L})$$

よってアンモニアの濃度は 0.095mol/L

酢酸の濃度を X (mol/L) とすると

$$X \times \frac{10}{1000} = 0.095 \times \frac{7.87}{1000}$$

$$X \cong 0.075(\text{mol/L})$$

よって酢酸の濃度は 0.075mol/L

9. 【実験 6】

トリメチルアミンの臭いと、トリメチルアミンはしっかり中和されるのかを確認する。

9-1. 実験手順・準備

①使用するトリメチルアミン（30%水溶液）

（59.11g/mol）を 10 倍に希釈。

②濃度 0.5mol/L のシュウ酸水溶液を作る。

③シュウ酸水溶液 10mL に①の水溶液を滴下し、中和滴定を行う。

9-2. 結果

トリメチルアミンを 6.13mL 滴下で pH メーターの値が 1.2→9.2 へ変化した。

トリメチルアミンの臭いは消えたが、アンモニアのような刺激臭がした。トリメチルアミンは中和できると分かった。

9-3. 考察

中和されるとアンモニアができるのかと考えた。トリメチルアミンの構造の変化を考えてみる必要がある。

10. 【実験 7】

トリメチルアミンの臭いは pH が変わった時にどのように変化するかを調べる。トリメチルアミンの臭いがとても強いいため、前回と違いトリメチルアミンを前回の 10 倍希釈から 100 倍希釈に変えて実験を行った。

10-1. 実験手順・準備

①0.05mol/L のシュウ酸水溶液を作る。

②トリメチルアミンを 100 倍に希釈。

③シュウ酸水溶液を滴下し、pH 3 と pH 7 の混合溶液を作る。

10-2. 結果

表 4 溶液の pH と臭いの関係

pH	臭い
3.20	特になし
6.90	酒のような臭い

pH 3.20 の時は、特に臭いを感じなかった。

pH 6.90 の時は、注意して臭いを確認すると酒のような臭いがした。どちらの臭いも元の臭いよりもより無臭の状態に近くなった。

10-3. 考察

トリメチルアミンは中和されることで臭いが無くなるという仮説のもと実験を行ったが、中和点ではなく pH の数値がより小さいほうが無臭の状態に近くなった。

トリメチルアミンと H^+ が反応して何か違う物質に変化したのではないかと考えた。

11. 展望

トリメチルアミンに酢酸を加えたことで構造がどのように変化しているのか考えて、何の物質ができたのか考えたい。また、他の臭いの物質についても最適な試薬と量を見つけられるようにしたい。

12. 謝辞

研究を進めるにあたって、適切に助言をくださった理科の先生方へ感謝申し上げます。

13. 参考文献

[一般財団法人 カケンテストセンター]

[<https://www.kaken.or.jp/test/search/detail>]

[2024 年 1 月 23 日閲覧]

[食品とゼアセチル]

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jbrewsocjapan1988/99/5/99_5_315/_pdf/-char/ja]

[2024 年 10 月 2 日閲覧]

[水処理と土壌改良の達人 Blog]

[<http://meitokasei.co.jp/blog/>]

[2024 年 10 月 2 日閲覧]