

中和によって濁りを沈殿させる

Submitted by Masahide TAKANASHI

Checked by Nobuo TAKAHASHI

提案者 高梨 賢英
慶応義塾幼稚舎

追試者 高橋 信雄
板橋区立板橋第四中学校

1 はじめに

酸と塩基の混ぜ合わせは小学校では平成 13 年の教科書改定から扱わないようになり、中和反応は無くなった。環境問題が声高に叫ばれ、化学物質の性質を知るとはますます重要になっているにもかかわらず、昨今実験を通して化学物質を知る機会は減っている。

筆者は化学を身近に感じる経験を積むことが大切と考えて、教科書では扱わない実験も取り入れている。中和反応の応用の例あげる。

水の濁りを沈殿させるのに上下水道で使われているポリ塩化アルミニウム水溶液（以下 PAC 水溶液と略称する）は酸性を示し、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウム水溶液などで中和すると水酸化アルミニウムの沈殿を生じる。その際コロイド状になっている水中の微細な濁りも取り込まれるため、濁った水は短時間内に沈殿を生じ透明な上水が得られる。この効果は中和点からアルカリ側で顕著である。アルカリによる中和が不十分で液性が酸性であったり、PAC 水溶液の添加量が少量の場合は、短時間内に濁りの少ない上水は得られない。

本実験は中和滴定によって得られたアルカリ量の妥当性を、PAC 水溶液を添加した濁り水に応用して、中和段階を視覚的に検証しようというものである。

2 準備

2・1 溶液の調整

PAC 水溶液（市販の 10% ポリ塩化アルミニウム溶液 30 cm³ を水 1500 cm³ に溶かす）、炭酸ナトリウム水溶液（10.7 g /500ml）、原水（黄土またカオリン 0.25 g を水 1000cm³ に懸濁させる。本実験は黄土を用いている）

2・2 試薬・器具

指示薬（フェノールフタレイン）、ガラス棒1、ビュレット台、ビュレット、ピーカー（100ml 2個）、ピペット 安全メガネ

3 実験操作

3・1 中和量を求める

- 1 ビーカーに PAC 水溶液 5.0cm³ をピペットで取り、水を加えて全体を約 20 cm³ にした後指示薬を加える。
- 2 炭酸ナトリウム水溶液をビーカーに 1 滴ずつ加え、全体の色がピンクになった時の値を読む。（参考値 中和量は 1.45 cm³）

3・2 濁った水をきれいにしよう

- 1 100 cm³ のビーカーに原水を約 100 cm³ 入れる。
- 2 ピペットで 5.0 cm³ の PAC 水溶液を加えて、ガラス棒で約 20 回かく拌する。
- 3 前の実験で滴定に使った体積の炭酸ナトリウム水溶液を原水に加えてガラス棒で 20 回以上かく拌。60～120 秒間観察する。

4 結果

原水約 100 cm³ に PAC 水溶液 5.0 cm³ を加えた液は pH4.3 を示した。この液に炭酸ナトリウム水溶液を加えた中和状態の異なる原水の結果を写真 1 に示す。写真左の pH9.1 や写真中央の pH7.0 の液は、上水を透かして後ろの文字がはっきりと読めるが、写真右の PH6.1 の酸性状態では上水は濁っていて後ろの文字はほとんど読めない。



写真1 中和状態の異なる原水の様子。左から pH9.1、7.0、6.1。

<color>

原水約 100 cm³ に PAC 水溶液 5.0 cm³ を加え、炭酸ナトリウム水溶液を加えてかく拌後の経時変化を写真 2、3、4 に示す。

液性が PH6.1(写真 2)では顕著な沈殿は見られないが、pH7.0(写真 3)からアルカリ性(写真 4)に調整すると濁りが沈殿して 60～120 秒で上水の濁りが少なくなる。

4 解説



写真2 炭酸ナトリウム水溶液 1.00 cm³を加え pH6.1 に調整した状態。左から直後、30 秒後、60 秒後の状態。<color>



写真3 炭酸ナトリウム水溶液 1.45 cm³を加え pH7.0 に調整した状態。左から直後、30 秒後、60 秒後の状態。<color>



写真4 炭酸ナトリウム水溶液 2.50 cm³を加え pH9.0 に調整した状態。左から直後、30 秒後、60 秒後の状態。<color>

原水 100 cm³に PAC 水溶液 2.0 cm³を添加後、中和量の炭酸ナトリウム水溶液を加えてかく拌した 60 秒後と 120 秒後の状態を写真5 に示す。

原水に加える PAC 水溶液の量が少ないと PAC が中和されていても短時間に濁りの少ない上水は得られない。

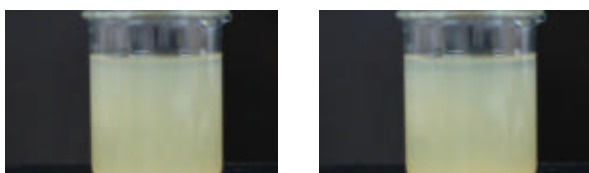


写真5 炭酸ナトリウム水溶液 0.70 cm³を加えて、pH7.2 に調整した状態。かく拌後 60 秒後(写真左)と 120 秒後(写真右)の状態。<color>

水処理用凝集剤として使用されるポリ塩化アルミニウム¹⁻³⁾は、多塩基性多価電解質であり、アルミニウムイオンは、水溶液中ではアルミニウム原子に6個の H₂O 分子が正八面体に配位したアコ錯体[Al(OH₂)₆]³⁺として存在している。ポリ塩化アルミニウムの一般式は、[Al₂(OH)_nCl_{6-n}]_m (nは 1<n<5 m<10)で示される。このような単核のアコ錯体は pH<3 で安定であるが、塩基を加えられ pH が高くなり、OH⁻イオン濃度が高くなるにつれて、アルミニウムに配位している H₂O がプロトシス現象を起こして H⁺を錯基外に放出して OH 基に変化し、これが隣接するアルミニウムの水分子との間に水素結合を作り、次いで水分子を失って-OH-を配したアルミニウムが 2 ~ 3 集まって多核錯体を形成、加水分解が更に進むと最終的に分子量の大きい重合体の水酸化物を生成する。この水酸化物は一般的に Al(OH)₃と表されるが、その組成は一定ではなく、Al³⁺が OH⁻でつなぎ合わされ、多くの水分子が配位したゼリー状沈殿物である。使用 pH は 6.0~8.5 である。

5 おわりに

原水中の濁りが沈殿して上水の透明度が増していくようすを観察するには、カオリンのような白色物より黄土のように濁りが着色している方が視覚的效果は大きい。着色懸濁液を定量的に作りたい場合は、粘土に水を注いで1昼夜置いた沈殿の上層部分を乾燥、乳鉢ですりつぶして用いると良い。

文献

- 1) 伴繁雄、テクニカルガイド、NO.4、水処理用凝集剤、大明化学工業株式会社、pp24-33 (1980)。
- 2) 伴繁雄、幡野昭五、小林高根、水道協会雑誌、**404**、18 (1968)。
- 3) 後藤克己、四ツ柳隆夫、工業用水、**47**、18(1962)。

時間	準備に要する時間	20 分
	実験に要する時間	20 分
種類	演示 / 生徒実験 / 科学部	
難易	教師が実験する場合	難しい / 易しい
	生徒が実験する場合	難しい / 易しい
費用	1 回の実験費用	100 円以内

提案者連絡先 150-0013 渋谷区恵比寿 2-35-1(勤務先)。
追試者連絡先 174-0062 板橋区富士見町 3-1(勤務先)。