

水の硬度測定と硬度変換の方法

The hardness measurement of water, and the method of hardness conversion

井上紗也佳 岡本夏海 佐藤有沙 中西優子

Sayaka Inoue Natsumi Okamoto Arisa Sato Yuko Nakanishi

A. 研究目的

硬度 は、水に微量含まれるカルシウム (Ca) 塩やマグネシウム (Mg) 塩の濃度を表現したものであり、WHO 飲料水水質ガイドラインでは 0~120mg/L までを軟水、それ以上を硬水という。硬度を測定するための方法としては、キレート滴定などがある。

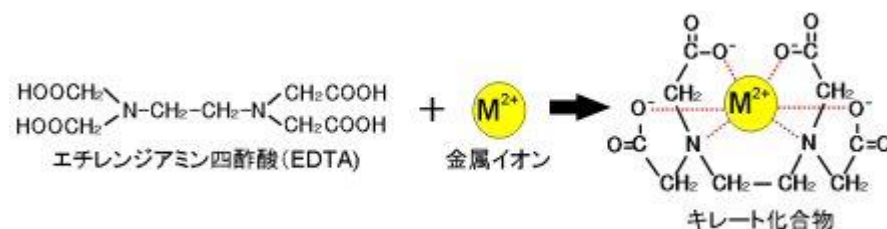
2011年3月11日、東日本大震災が起こった直後、福島第一原子力発電所による放射性物質の拡散により、被災地だけでなく首都圏でもミネラルウォーターの需要が急増し、海外ブランドの輸入が加速した。しかし、海外のミネラルウォーターはミネラル分が多い硬水が多く、硬度が高すぎる水は乳児の腎臓に負担をかけるため、水不足が深刻な問題となった。

そこで、硬水を軟水に効率よく変えることができれば役立つのではないかと思い、このテーマを選んだ。

B. 研究方法

①キレート滴定の方法

EDTA (エチレンジアミン四酢酸) は、最大6本の腕 (6座配位) で2価~4価の金属イオンと、そのイオンの価数に関係なく 1 : 1 で結合し、安定なキレート化合物を生成する。この反応を利用した金属イオンの定量法をキレート滴定という。



材料： EDTA 基準液…エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム：0.8g

蒸留水：200ml

pH10 の緩衝溶液…塩化アンモニウム：1.4g

濃アンモニア水：12ml

指示薬…塩化ナトリウム：10g

エリオクロムブラック T：0.1g

手順：1. 検水 20ml をビーカーにとり、緩衝溶液 1ml と指示薬 0.18g を入れる。

2. ビュレットに EDTA 溶液を入れて、スタンドにセットする。

3. 滴定する。

4. 赤紫⇒青に変化したら終了。

5. 測定値を読み、硬度を出す。

硬水の試料としてコントレックス(ラベル表示硬度 1468) を使用し、硬度を下げるため、以下の実験を行った。

②硬水の高度を低下させるための実験

《実験 1》硬水を沸騰させる

材料： 硬水 (コントレックス/ラベル表示硬度 1468)

ビーカー

ガスバーナー

三脚

金網

ろうと

ろ紙

- 手順： 1. 硬水 100ml をビーカーに入れ、20 分沸騰させる。
2. 沸騰させた硬水を少し冷ましてからろ過する。
3. 硬度をキレート滴定によって調べ、元の硬水と硬度を比べる。

《実験 2-I》 硬水を蒸留する

材料：硬水 (コントレックス/ラベル表示硬度 1468)

リービッヒ冷却器

アダプター

枝付きフラスコ

温度計

沸騰石

ビーカー数個

スタンド 2 台

ガスバーナー

三脚

金網

- 手順： 1. 硬水 250ml を枝付フラスコに入れ、蒸留する。
2. 蒸留した硬水を滴定する。
3. 硬度をキレート滴定によって調べ、元の硬水と硬度を比べる。

《実験 2-II》 硬水を家庭にあるもので簡易的に蒸留する

- 手順： 1. 鍋の中心に皿を置き、その周りに硬水を注ぐ。
2. ボウルに氷水を入れ、鍋の上に設置する。
3. 硬水を沸騰させて、その蒸気を冷やしてできた水を皿に溜める。
4. その水の硬度をキレート滴定によって調べ、元の硬水と硬度を比べる。

《実験 3》 硬水を凍らせる

手順：1. 製氷皿（410ml）に硬水を入れる。

2. それぞれの硬水を 1 時間・2 時間・3 時間ずつ凍らせる。

3. それまでに凍った分と凍っていない分に分ける。

4. それぞれの硬度をキレート滴定によって調べ、元の硬水と硬度を比べる。

C.得られた結果

《実験 1》

ビーカー内に白い結晶が浮いていた。

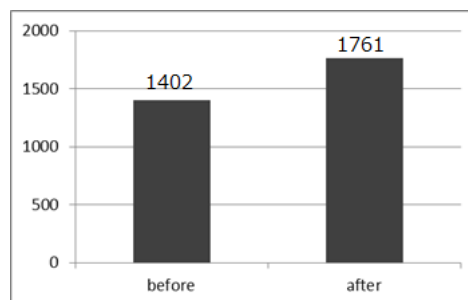
⇒炎色反応で確かめると、カルシウム塩であることが判明。

右図：ビーカー内に浮く白い結晶 // 左図：炎色反応で橙赤色を示す白い結晶



実験 1 での滴定結果の表とグラフ

	硬度
1 回目	1812
2 回目	1873
3 回目	1680
4 回目	1685
平均	1761

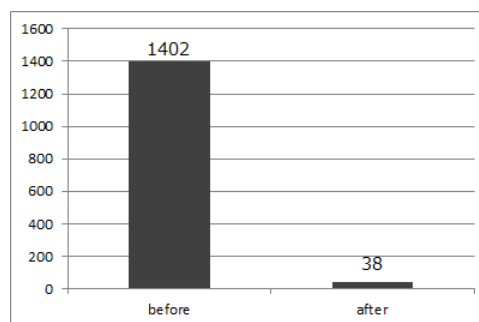


滴定して求めた元のコントレックスの硬度（1402）よりも硬度は上がった。

《実験 2-I》

実験 2-I での滴定結果の表とグラフ

	硬度
1 回目	31
2 回目	25
3 回目	41
平均	38

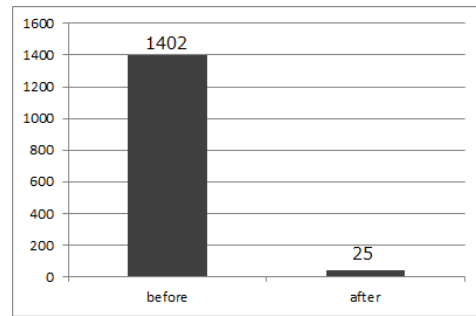


滴定して求めた元のコントレックスの硬度（1402）よりも硬度は下がった。

《実験 2-Ⅱ》

実験 2-Ⅱでの滴定結果の表とグラフ

	硬度
1 回目	41
2 回目	10
3 回目	25
平均	25

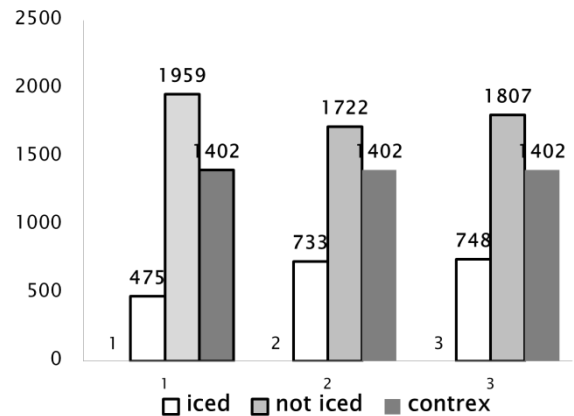


滴定して求めた元のコントレックスの硬度（1402）よりも硬度は下がった。

《実験 3》

実験 3での滴定結果の表とグラフ

	凍った水の硬度	凍らなかった水の硬度
1 時間	475	1959
2 時間	733	1722
3 時間	748	1807



D. 考察

《実験 1》

表面にカルシウム塩が出てきたのに予想に反して硬度が高くなった。そこで、ろ過の回数を多くしたり、沸騰後すぐろ過してみたが、硬度は下がらなかった。

水が蒸発して、炭酸カルシウムの濃度が増したからではないかと考えたので、濃度が変わらない方法として、蒸留を試してみた。

《実験 2-Ⅰ》

硬度が下がっているなので、純粋な物質が蒸気となって出てきていると考えられる。よって、蒸留すれば、軟水を作ることができる。

しかし家庭でリービヒ冷却器を使った蒸留をするのは困難であるため、家庭でもできる簡単な蒸留方法があれば、緊急事態に備えることができる。

《実験 2-Ⅱ》

リービヒ冷却器を使用するより硬度が下がったのは、冷却に水ではなく氷水を使用したので、純粋物質の水蒸気を、短時間で効率よく水に変換できたからだと考えた。

《実験 3》

純粋な溶媒(水)が先に凍り始め、カルシウムなどの物質を含む水の濃度がだんだん高く

なるため、凝固点降下が起こる。

そのため、一部を凍らせて、残りを捨てることで軟水を得ることができると判明した。

E.結論

硬水を軟水に変換するには、蒸留して純粋物質の水蒸気を水に変換するという方法と、純粋物質が先に凍っていくので、凍らせて純粋物質を取り出すという方法がある。しかし、凍らせる方法は時間や手間がかかるので、蒸留する方法が最も効率的である。

また、沸騰させる方法は、逆に高度を上昇させてしまうため、利用はできない。

F.謝辞

伊賀先生、私たちの研究にご協力いただきありがとうございました。

G.参考文献

『はじめての科学実験』（オーム社）－2000年出版