

消毒薬～ヨウ素と塩素を比べてみよう～

伊藤 真菜・種田 将嗣

コロナ禍が続く中、毎日のうがいは欠かせないことですね。この実験では、うがい薬の一つであるヨウ素系のうがい薬を使います。ヨウ素系のうがい薬は濃い茶色っぽく見えますが、これはヨウ素を含んだ状態であるためです(ただし、正確にはヨウ素だけではありません)。ヨウ素の殺菌力を消毒に使っているうがい薬なのです。このうがい薬の茶色が、あることをすると変わります。では、早速実験してみましょう

【準備物】

- ・うがい薬(ヨウ素系) ・キッチンハイター ・カルキ抜きハイポ* ・水
- ・透明なプラスチックコップ(行楽用の使い捨て出来るもの、小さめが良いです)
- ・かき混ぜ棒(使い捨て出来るもの、マドラーや割りばしで十分です)
- ・安全眼鏡 ・防護用手袋(台所用やお掃除用で構いません)

*カルキ抜きハイポ(図 1)は熱帯魚などのたん水魚を飼育するときに、水道水を飼育に使えるようにするために入れるお薬です。水溶液にしたものも販売されています。



図 1. カルキ抜き(写真はジェックス株式会社製のもです)。無色透明の固体ですが、水溶液にしたものも販売されています。

【注意】

- ・キッチンハイターは危険を伴う漂白剤です。必ず保護者あるいは学校の先生と一緒に実験してください。
- ・キッチンハイターに酸性のものを混ぜると有毒なガスが発生してしまいます。実験書にあるもの以外を混ぜてはいけません。もしものために換気を十分に行ってください。
- ・キッチンハイターが手につかないように、防護用手袋をしておいてください。
- ・実験後、毒性がある固体が容器にこびりつく可能性がありますので、**必ず使い捨てできるプラスチック製の透明のコップで実験を行ってください。**

【実験の手順】

1. プラスチックコップにうがい薬を 5 滴程度入れます。同じコップに水を 5 mL(小さじ 1 杯)程度加えてふり混ぜて、うがい薬を薄めます。
2. 別のコップにキッチンハイターを 5 mL 程度取り、これを薄めたうがい薬が入っているコップに加えます。ふり混ぜて、変化を確認しましょう。
3. うがい薬の変化を確認したコップに、さらに少しずつうがい薬を入れていきます。少し加えるたびに振り混ぜて、うがい薬の色が消えなくなるまで加えます。
4. うがい薬の色が消えなくなったら、しばらく(2分程度)混ぜ続けます。
5. 混ぜ続けたものにカルキ抜きハイポを 5 粒ほど加えて、さらに混ぜ続けます。(水溶液のカルキ抜きハイポを使う場合は、少しずつ加えて混ぜながら、変化を観察しましょう。)

【解説】

この実験で使用したうがい薬はヨウ素系うがい薬ですが、その目的は殺菌と消毒です。(もう一種類の代表的なうがい薬にアズノール系のものがありますが、これは喉の炎症を抑えることが目的です。)キッチンハイターの用途は漂白、除菌、消臭ですから、漂白はともかく殺菌・消毒という目的はうがい薬と似ていますね。キッチンハイターは塩素系漂白剤と飛ばれるものです。ここで「ヨウ素」と「塩素」という二つの物質名が出てきていますが、この物質を構成している「元素」を周期表で見てください。

周期表は中学校二年生で学びますので、教科書に載っていると思います。インターネットで調べてみてもよいでしょう。ここでは、周期表の一部を抜粋したものを図 1 に示しています。表で縦に並んでいる元素は、似た性質を示します。赤で囲まれたところに「Cl」と「I」という元素がありますが、Cl が塩素原子、I がヨウ素原子と呼ばれるものです。そして、二つの塩素原子が結びついた「Cl₂」を塩素(塩素分子)、二つのヨウ素原子が結びついた「I₂」をヨウ素(ヨウ素分子)といいます。塩素もヨウ素も殺菌・消毒作用を持つという性質が似ていますね。

14	15	16	17	18
				He
C	N	O	F	Ne
Si	P	S	Cl	Ar
Ge	As	Se	Br	Kr
Sn	Sb	Te	I	Xe

図 1. 周期表(一部抜粋)

ところで、ヨウ素という言葉は「ヨウ素デンプン反応」、「ヨウ素液」というように小学校でも出てきていますね。このヨウ素なのですが、じつは水にほとんど溶けません。しかし、うがい薬は水に溶けないはずのヨウ素を含む水溶液なのです。中学校三年生で、イオンというものを学

びます。原子や原子団が電気を帯びた状態のことです。イオンは水に溶けやすいという性質があります。ヨウ素原子が一つ電子を失うと、「I」(ヨウ化物イオン)という負の電気を帯びたイオンになります。この「I」はヨウ素とくっついて「I³⁻」(三ヨウ化物イオン)というイオンになる性質を持っています。つまり、ヨウ素は「I」と一緒にいることで、水に溶けることができます。そして「I³⁻」が水中に存在すると茶色く見えるのです。うがい薬の色の正体は「I³⁻」だったのですね。ヨウ素原子と塩素原子は、電子を一つ失って負の電気を帯びたイオンになりやすいという性質を持っています。

うがい薬を含む水溶液にキッチンハイター、つまり塩素を含む水溶液を加えると、水溶液の色は消えてしまいました。これは、水中に「I³⁻」が存在しなくなったことを示します。なぜ「I³⁻」はなくなってしまったのかを考えるために、塩素の殺菌・消毒作用を考えてみましょう。

塩素は他の物質から電子を無理やり奪い取って「Cl⁻」になろうとする性質を持っています。
 (式①)



無理やり電子を奪い取られると、物質は壊れてしまうことが多いのです。この「電子を無理やり奪い取って物質を壊す」力が殺菌・消毒の正体です。そして、周期表で塩素原子と同じ列にいるヨウ素原子でできているヨウ素も、同じような性質を持っています。(式②)



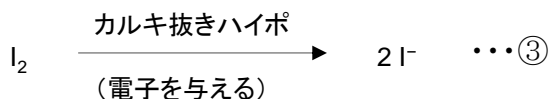
塩素もヨウ素も「電子を無理やり奪い取って物質を壊す」力を持っていますが、表の上のほうにある塩素原子でできた塩素のほうが、その力が強いという性質があります。塩素のほうが電子を奪い取る力が強いので、電子をもっている「I」と塩素が反応すると、塩素が電子を奪い取って「Cl⁻」となり、電子を奪い取られた「I」が二つ結びついた「I₂」即ちヨウ素ができます。
 (式②)



すると、水溶液中に「I」がいなくなってしまうため、ヨウ素は「I³⁻」になれずに水に溶けきれなくなります。こうして「I³⁻」の茶色が消えていってしまうのですね。ヨウ素は水に溶けないので、ものすごく小さな粒子になって水中に浮いているか、コップにこびりついています。

ヨウ素液を加え続ければ、塩素は式②に従ってどんどんなくなっていきますので、やがてヨウ素液中の「I」と反応する塩素がコップの中からなくなり、再びヨウ素液の茶色になります。(ヨウ素のほうが電子を奪い取る力が弱いので、「Cl⁻」からヨウ素が電子を奪い取ることはありません)

その次の実験で「カルキ抜きハイポ」というものを加えていますね。この「カルキ抜きハイポ」は電子を受け取りやすい物質に電子を与えようとする力を持っています。ヨウ素が存在している場合はヨウ素に電子を与えて「I⁻」にしてしまうのです。(式③)



すると、今度は水溶液中からヨウ素がなくなってしまうために「I²」が存在しなくなり、色が消えてしまうのです。この時、ヨウ素が電子を与えられて発生した「I⁻」が、水溶液中に溶けることができていなかったヨウ素にくっついて「I²」となりながら反応が進むため、含まれているヨウ素をほぼすべて分解することができます。

「電子を受け取りやすい物質」と書いていますが、これは「電子を奪い取る物質」という意味にもなります。カルキ抜きハイポというものは、物質から電子を奪い取ることで殺菌・消毒を行う薬品を無力化する力があるということなのです。

<ヨウ素って何だろう>

前述の通り、ヨウ素は水に溶けにくい固体です。図2に示すように、黒紫色の固体です。水溶液中にごく微量に存在する程度であれば、殺菌・消毒作用のある薬剤として効果的なのですが、固体として高濃度で摂取すると人体に有害な毒となります。ですので、**この実験で使用したコップは飲料用に使用せず、必ず廃棄してください。**



図2. 固体のヨウ素

<カルキって何だろう>

「カルキ」という言葉を日常で耳にしたことがある人も多いのではないのでしょうか。水道水を我々人間が使用できるようにするために、消毒に使われているのが「カルキ」です。「次亜塩素酸カルシウム」というものなのですが、水道水ではカルキは0.00001%～0.0001%程度とほんの微量に含まれている程度です。キッチンハイターは似たような性質である「次亜塩素酸ナトリウム」というものを含む水溶液なのですが、その濃度は6%程度です。つまり、水道水の6万倍の濃度ですね。濃すぎれば当然、人体には毒となります。ただし、濃いからこそ強い殺菌・消毒、そして漂白作用が得られるのも事実です。

では、「カルキ抜き」は何のために存在するのでしょうか？人間が水道水を使用するためにはカルキの濃度は0.00001%～0.0001%程度ということでしたが、水の中で生活する魚にとっては、この濃度でも濃すぎるのです。ですので、水道水を使って淡水魚を飼育する場合はあらかじめ、カルキ抜きでカルキを分解しておかないと魚に取って毒になってしまうのです。

有名な錬金術師であるパラケルスス(テオフラストゥス・フォン・ホーエンハイム)の格言に「あらゆるものは毒である。あるものを無毒とするのは、その服用量のみによる。」というものがあります。[1] 掃除用の殺菌・消毒に使うのか、飲料水用の消毒に使うのか、カルキは濃度によって用途が変わる例の一つといえるでしょう。ちなみに、コロナ禍でアルコール洗浄用の

エタノールが足りなくなった時に、消毒液の代用品として一時期使用されていた「次亜塩素酸水」は次亜塩素酸ナトリウムの濃度が 0.05%程度に調製された水溶液です。

☆発展実験

もし、学校の実験室で「ヨウ化カリウム」という薬品を使わせてもらえるのであれば、ヨウ化カリウムを 0.1 g 測り取って 5 mL の水に溶かした水溶液を調製して、実験手順の 2 が終わった水溶液(うがい薬の色がキッチンハイターで消えたところ)に加えてみましょう。何が起こるでしょうか、先に予測したうえで、実験してみてください。

謝辞:本実験書は JSPS 科研費 JP21K02520 の助成を受けたものです。

<参考文献>

[1] 藤島昭 編集, 時代を変えた科学者の名言, 東京書籍, 2011 年 4 月 11 日第 1 版発行.