

ビタミンC含有飲料水を用いた酸化還元反応に関する教材研究

井手公哉・島田秀昭

Studies on the redox reaction using drinking water containing vitamin C

Kimiya Ide and Hideaki Shimada

(Received September 30, 2021)

Since vitamin C has an antioxidant effect, it is used in many foods including drinking water as an antioxidant. It might be considered that the experiments using vitamin C which is familiar in daily life can raise the interest of students. In the present study, we examined the experimental conditions for the redox reaction using drinking water containing vitamin C as a reducing agent and a gargle containing iodine as an oxidant. The usable period of the drinking water containing vitamin C after that was opened was also examined.

Key words: redox reaction, vitamin C, drinking water, teaching material

はじめに

高等学校化学基礎では「物質の変化とその利用」について学習する¹⁾。本単元の項目の一つである「酸化と還元」では、酸化還元反応が電子の授受によることを理解させることをねらいとしており、「酸化、還元については、その定義を酸素や水素の授受から電子の授受へと広げ、酸化と還元が常に同時に起こることを扱う」と記されている¹⁾。

また、内容の取り扱いとして「代表的な酸化剤、還元剤を扱うこと」と記されており、ここで扱う実験として代表的な酸化剤、還元剤である過マンガン酸カリウム、過酸化水素、ヨウ化カリウムなどを用いた反応の実験が挙げられている¹⁾。

教科書における実験例としては、酸化剤として過マンガン酸カリウム、還元剤として過酸化水素を用いた酸化還元滴定が取り上げられている²⁻⁴⁾。しかし、過マンガン酸カリウムは強力な酸化作用を有するため溶液の調製時など取り扱いには特に注意を要する。また過マンガン酸カリウム溶液は光によって分解するため、滴定時には褐色ビュレットを用いる必要がある。

これらの問題を解決するために、酸化剤として市販のうがい薬、還元剤としてビタミンCを含む飲料水を用いた方法が報告されている⁵⁻⁷⁾。

ビタミンCは生体において皮膚や軟骨組織などを構成するコラーゲンの生成に必須の化合物であり、化

粧品やサプリメント等の含有成分としてテレビ、新聞等で度々目にする物質である。また、ビタミンCは強い抗酸化作用を有することから、酸化防止剤として飲料水を含む多くの食品に含まれている。このような日常生活において馴染みのある化合物を用いた実験は、生徒の興味・関心をより高めることができるものと考えられる。

そこで本研究では、酸化還元反応の実験教材として、還元剤としてビタミンCを含有する飲料水を用いた酸化剤としてうがい薬を用いた実験条件について検討した。まず、実験に適したビタミンC含有飲料水を見出すために各種飲料水について検討した。また、開栓した各種飲料水の使用可能な期間について検討した。さらに、飲料水を用いた還元反応に連続した酸化反応についても検討を加えた。

実験方法

1. 各種飲料水を用いた還元反応の検討

1) ビュレットを用いた滴定

ビタミンC含有飲料水として、おーいお茶、キレートレモン、ニチレイアセロラ、なっちゃんオレンジ、アクエリアスマルチビタミン、オロナミンCおよびビタミンウォーターを用いた。

三角フラスコ(30 mL)に、指示薬として市販のうがい薬を5倍希釈した液を5 mL加えた。各種飲料水の原液または希釈液を50 mLのビュレットを用いて

滴定した。ヨウ素色素の消失を終点とし、その色調と滴定量を調べた。実験はすべて3回ずつ行い、データは平均±標準偏差で示した。

2) パスツールピペットを用いた滴定

試験管にうがい薬の20倍希釈液を2 mL加えた。各種飲料水の原液または希釈液をパスツールピペットを用いて滴定した(1滴:0.03 mL)。ヨウ素色素の消失を終点とし、その色調と滴定量を調べた。

2. 開栓した各種飲料水の保存期間の検討

開栓した飲料水の原液および希釈液(キレートレモンは20倍希釈液, アクエリアスマルチビタミンおよびビタミンウォーターは5倍希釈液)を室温(約17°C)または冷蔵保存(4°C)し、開栓から14日後までパスツールピペットを用いて滴定し、滴定量の変化について調べた。飲料水の原液を保存する場合は、それぞれの飲料水の容器で保存し、希釈液を保存する場合はポリプロピレン製の容器で保存した。

3. 還元反応に連続した酸化反応の検討

うがい薬(20倍希釈)を指示薬としてキレートレモン(20倍希釈)で滴定を行った溶液に、酸化剤として市販のオキシドール(3.5%)をパスツールピペットを用いて滴下し、その酸化作用によるヨウ素色素の発色の戻りについて検討した。オキシドールの滴下数は1~10滴、観察は滴下直後から1分毎に5分後まで行った。

結果と考察

1. 各種飲料水を用いた還元反応の検討

1) ビュレットを用いた滴定

各種飲料水の滴定量を表1に、滴定前および終点の色調を図1に示す。

キレートレモン, オロナミンC, アクエリアスマルチビタミンおよびビタミンウォーターの場合、原液ではビタミンC含有量が多過ぎるため滴定量が少なく、誤差が大きくなる可能性があった。そこで、これらの飲料水は5倍希釈して検討した。その結果、キレートレモン(5倍希釈), アクエリアスマルチビタミン(5倍希釈)およびビタミンウォーター(5倍希釈)では、終点は無色透明であり明瞭であった。

一方、オロナミンC(5倍希釈)では、それ自体の黄色が残存し終点は明瞭ではなかった。また、ニチレイアセロラの場合も同様に、それ自体の赤色が残存し終点は明瞭ではなかった。

おいお茶の場合、緑茶の色素とうがい薬の色素が似ており、終点は明瞭ではなかった(データ未掲載)。

また、なっちゃんオレンジの場合、それ自体の着色に加え、濁りがあるため終点は明瞭ではなかった。

表1 ビュレットを用いた各種飲料水の滴定量

飲料水	滴定量(mL)
キレートレモン	-
キレートレモン(5倍希釈)	7.10 ± 0.09
オロナミンC	1.72 ± 0.09
オロナミンC(5倍希釈)	12.11 ± 0.07
アクエリアスマルチビタミン	1.78 ± 0.02
アクエリアスマルチビタミン(5倍希釈)	8.90 ± 0.11
ビタミンウォーター	1.73 ± 0.08
ビタミンウォーター(5倍希釈)	8.52 ± 0.18
ニチレイアセロラ	11.67 ± 0.13
おいお茶	11.63 ± 0.04
なっちゃんオレンジ	12.62 ± 0.21
-	1.00mL以下

以上の結果から、今回用いた飲料水の中では、キレートレモン, アクエリアスマルチビタミン, ビタミンウォーターおよびニチレイアセロラが終点の色が明瞭であった。しかし、キレートレモン, アクエリアスマルチビタミンおよびビタミンウォーターはビタミンC含有量が多いため希釈して用いる必要がある。

2) パスツールピペットを用いた滴定

次に、ビタミンC含有飲料水を用いた還元滴定を安価なパスツールピペットを用いて行うことが可能かどうか検討した。

各種飲料水の滴定量を表2に、滴定前、滴定途中および終点の色調を図2に示す。

キレートレモンの場合、5倍希釈液では滴定量が少なく、誤差が大きくなる可能性があるため20倍希釈した。その他のアクエリアスマルチビタミンおよびビタミンウォーターは5倍希釈を用いて検討した。

その結果、試験したこれら3種の飲料水の終点はすべて無色透明で明瞭であった。

表2 パスツールピペットを用いた各種飲料水の滴定量

飲料水	滴定量(mL)
キレートレモン(5倍希釈)	0.15 ± 0.00
キレートレモン(20倍希釈)	0.50 ± 0.02
アクエリアスマルチビタミン(5倍希釈)	0.60 ± 0.03
ビタミンウォーター(5倍希釈)	0.62 ± 0.02

以上の結果から、パスツールピペットを用いてもビュレットを用いた場合と同様に再現性のある結果を得ることができた。パスツールピペットは安価であり、少人数実験あるいは個人での実験も可能である。



図1 ビュレットを用いて滴定したときの各種飲料水の色調

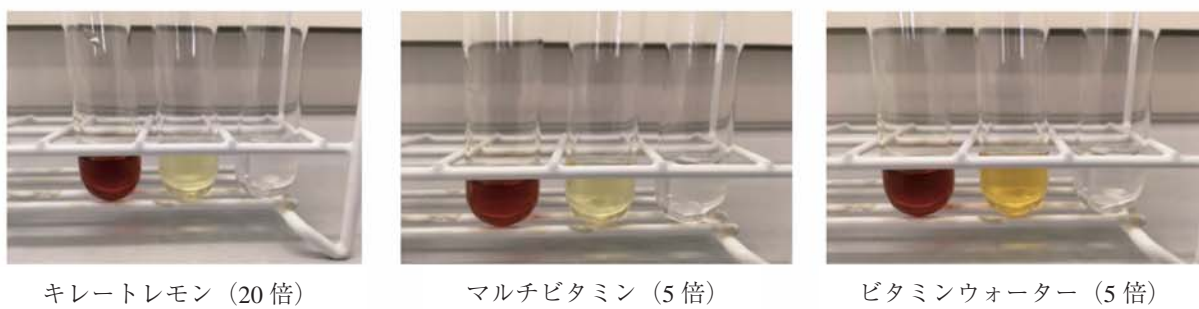


図2 パスツールピペットを用いて滴定したときの各種飲料水の色調

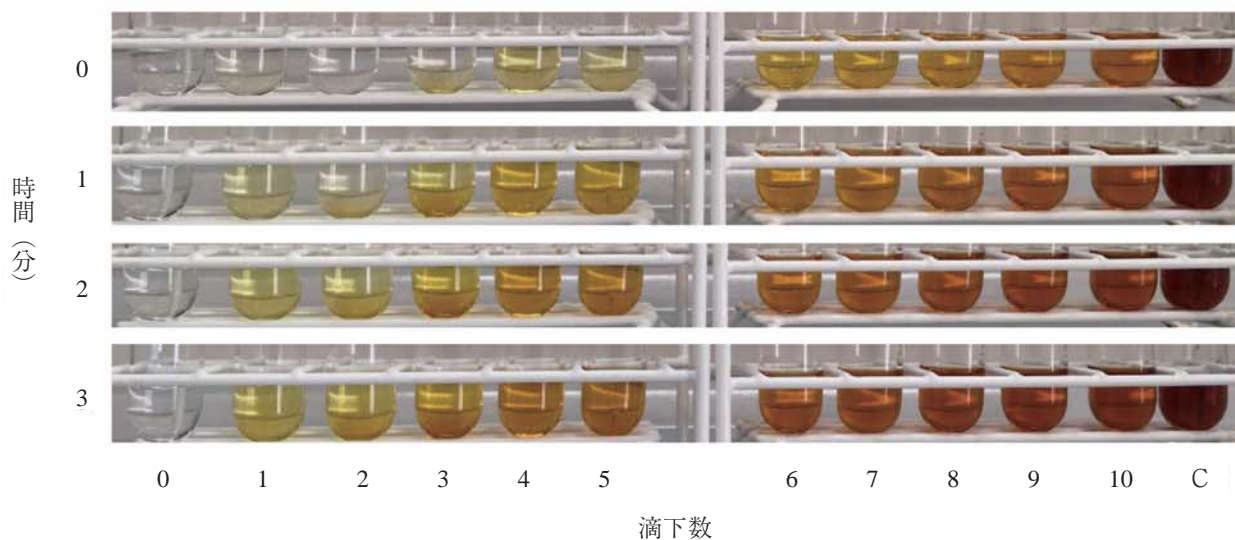


図5 オキシドールを滴下したときの色調

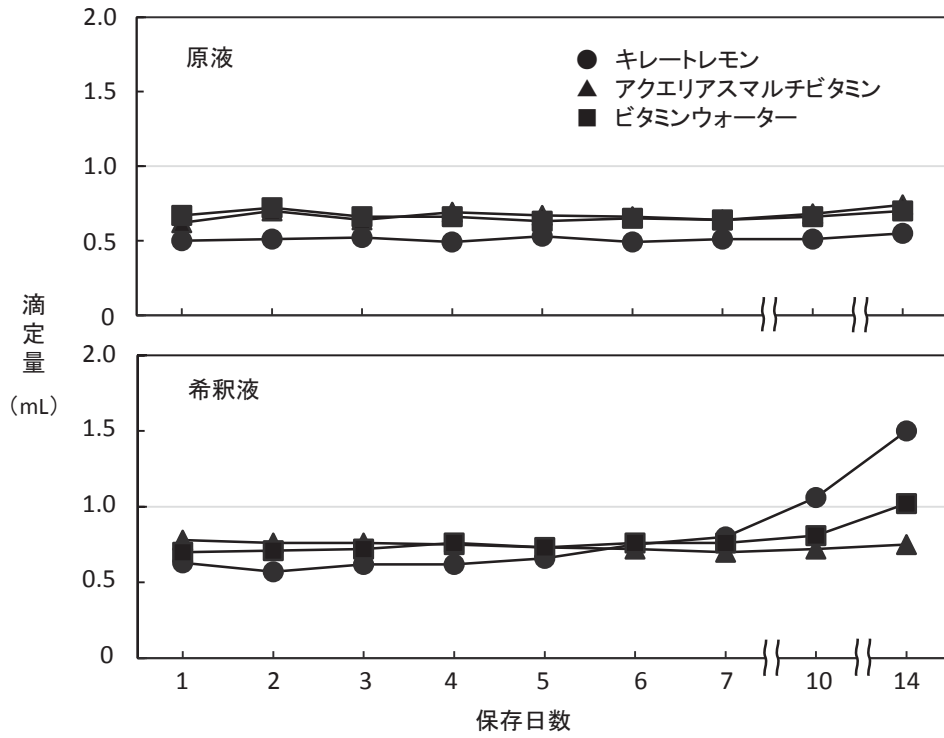


図3 冷蔵保存した各種飲料水の滴定量

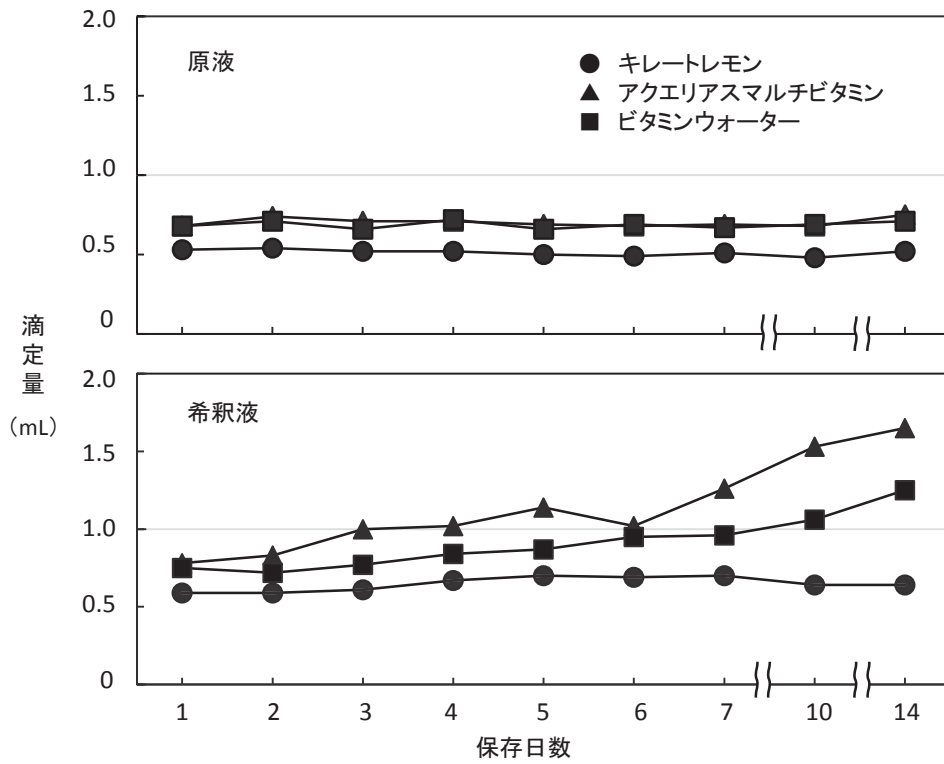


図4 室温保存した各種飲料水の滴定量

2. 開栓した各種飲料水の保存期間の検討

ビタミンCは結晶では安定であるが、濃度の薄い溶液中では不安定であることが知られている。そこで、開栓したビタミンC含有飲料水の教材としての使用可能な期間について検討した。

原液および希釈液を冷蔵保存した場合の結果を図3に示す。原液の場合、すべての飲料水において14日間の滴定量に顕著な変化は見られなかった。

希釈液の場合、キレートレモンでは7日後までは滴定量に顕著な変化は見られなかったが、10日後から滴定量が大きく増加し、ビタミンC含有量の減少が推察された。また、ビタミンウォーターでは、14日後において滴定量の大きな増加が認められた。一方、アクエリアスマルチビタミンでは、14日後においても滴定量に顕著な変化は見られなかった。

原液および希釈液を室温保存した場合の結果を図4に示す。原液の場合、すべての飲料水において14日間の滴定量に顕著な変化は見られなかった。

希釈液の場合、キレートレモンでは14日間の滴定量に顕著な変化は見られなかったが、アクエリアスマルチビタミンおよびビタミンウォーターではそれぞれ3日後および5日後から滴定量が増加した。

以上の結果から、希釈した飲料水では保存期間および保存温度によって滴定量が大きく変化することが分かった。また、希釈した飲料水を冷蔵保存した場合、飲料水の種類によって滴定量の変化は大きく異なった。この原因については不明である。一方、原液を保存した場合では保存期間および保存温度による滴定量の変化に顕著な変化は見られなかった。

従って、開栓した飲料水を教材として使用する場合には、原液で保存する必要があるものと考えられた。但し、本実験は冬期である11月に行っており、今後、夏期の気温による影響について検討する必要がある。

3. 還元反応に連続した酸化反応の検討

酸化還元反応の授業において、還元反応のみの実験では、酸化と還元が逆向きの反応であることや同時に起こることを理解させるのは難しい。そこで、還元反応と酸化反応を連続して示すことができる実験教材に

ついて検討した。

うがい薬を指示薬としてキレートレモンで滴定し、無色透明になった溶液にオキシドールを滴下し、その酸化作用によるうがい薬の発色の戻りについて調べた。

オキシドールの滴下数と時間の経過による発色の様子を図5に示す。

すべての滴下数において、3分経過すると発色が安定した。また、6滴以上滴下すると色素の発色が十分に確認された。

以上の結果から、ビタミンC含有飲料水の還元反応に引き続き、オキシドールを用いることで酸化反応を確認することができた。その際、酸化反応に用いるオキシドールは6滴以上滴下し、3分静置すると十分観察が可能であることが分かった。

おわりに

本研究では、市販のビタミンC含有飲料水とパスツールピペットを用いた酸化還元反応の実験条件を設定した。滴定に用いるパスツールピペットは安価であることから、少人数あるいは個人での実験も可能である。

参考文献

- 1) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編，実教出版，pp.91-94，2019.
- 2) 井口洋夫 他. 化学基礎，2018，実教出版.
- 3) 竹内敬人 他. 化学基礎，2018，東京書籍.
- 4) 山内 薫 他. 化学基礎，2018，第一学習社.
- 5) 大橋淳史. 清涼飲料水と愛媛県産みかんに含まれるビタミンCの含有量の定量実験を通じた酸化還元反応に関する学習. 科学教育研究, 36, 262-268 (2012).
- 6) 肆矢浩一. 身近な物質を使って簡単にできる酸化還元滴定. 國學院高等学校「外苑春秋」, 第3号 (2013).
- 7) 越智祐太, 芝原寛泰. マイクロスケール実験による酸化還元滴定の教材開発－高校化学におけるヨウ素滴定－. フォーラム理科教育, 14, 11-18 (2013).