

# 化学

## CHEMISTRY 8

AUGUST

2024

Vol.79

解説

# 押すと色が変わる紙

メカノクロミック材料を含む  
セルロースナノファイバー膜



解説

### なぜ漆は真っ黒になるのか？

日本の伝統技術を最先端科学技術へ

## 富士山頂でご飯をおいしく食べるには

西村能一  
駿台予備学校化学科

いよいよ富士山への登山が解禁になる7月ですね。筆者はこれまで富士登山に4回挑戦し、2回山頂まで到達しました。1回目は9歳(小学3年)、2回目は10歳(小学4年)、3回目は14歳(中学2年)、4回目は21歳(大学3年)のときです。1回目は八合目、2回目は九合目で高山病になりやむなく下山。3回目に三度目の正直で登頂できました。4回目のときはご来光も見ることができ、とても美しかった記憶があります。富士山頂の標高は3776 m。山頂に向かって登っていくにつれて気圧が低下し、酸素も薄くなります。小学生の体には富士山頂は厳しかったのでしょう。中学生になってリベンジできたときはホッとしました。

### 富士山頂での炊飯

富士山の山頂付近で炊飯してご飯をおいしく食べることは可能でしょうか。炊飯を試した人によると、お米の表面は柔らかいにもかかわらず、芯が残っており、生米のようでおいしいものではないとのこと。ではなぜ、おいしくお米が炊けなかったのでしょうか。それは、富士山の標高が高いため、炊飯している水の沸点が低くなり、お米の中心まで高温にならないからです。さらには、沸点が低く水がすぐに蒸発して少なくなってしまう、焦げやすくなります。

では、沸点、沸騰とはいったいどのような現象なのでしょう。その前に、蒸気圧についておさらいします。

### 蒸気圧について

水というと、みなさんは液体の水を想像すると思い

ます。でも化学でいうところの水は $H_2O$ であり、気体、液体、固体のすべての状態を指します。気体の $H_2O$ を水蒸気、液体の $H_2O$ を水滴、固体の $H_2O$ を氷ということもあります。今回、「水」という言葉は液体の $H_2O$ を指すことにします。

25℃(室温)付近では $H_2O$ はどのような状態で存在しているのでしょうか。「水の沸点は100℃だから、25℃では水蒸気は存在できないのでは?」と思っている人がいるかもしれません。でも水蒸気はちゃんと存在します。水蒸気は目には見えませんが、本当に存在するのか疑ってしまいますね。もし水蒸気が部屋に存在していなかったら空気がカラカラに乾燥していて、とても過ごしにくいことでしょう。

水蒸気は温度ごとに存在できる最大量が決まっています。その量は圧力で表され、その値を蒸気圧もしくは飽和蒸気圧といいます。なお湿度(相対湿度)とは、飽和水蒸気圧に対する、実際に存在する水蒸気圧の比率をいいます。

たとえば25℃において、 $H_2O$ のみが入っている容器のなかはどうなっているのでしょうか。容器内に水だけをいれて体積を一定に保つと蒸発(点線矢印)が起こり、水蒸気が発生します(図1a)。やがて、水蒸気が入れる限界量に達します。そのまま蒸発しつづけると限界量を超えてしまいますが、実は同時に凝縮(実線矢印)も起こっています。したがって、蒸発する分子と凝縮する分子の数が等しくなり、見かけ上、蒸発も凝縮も起こっていない状態になります(図1b)。この状態を気液平衡といい、このとき水蒸気を示す圧力が

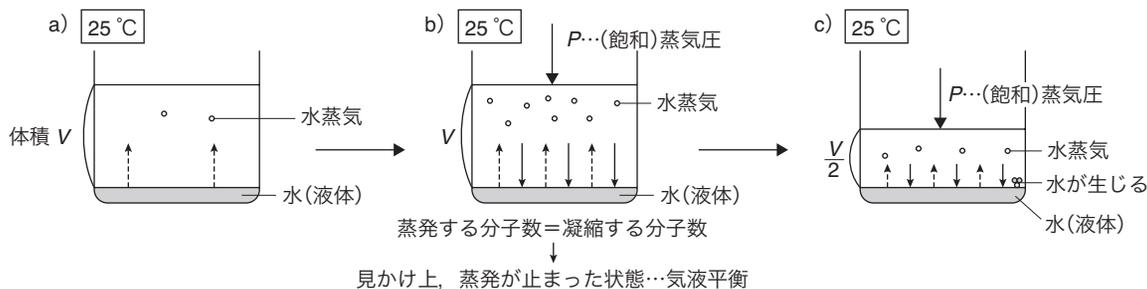


図1 水の蒸発と蒸気圧

先ほどでてきた蒸気圧です。蒸気圧は「気液平衡時に示す圧力」のことで、いい換えると「水蒸気はその温度で示すことができる最大の圧力」です。よって、温度が一定ならば蒸気圧は一定を保ちます。

図1 (b) の状態から温度を 25 °C で保ちながら体積を半分にしたとします (図 1c)。このとき、窒素 (N<sub>2</sub>) やアルゴン (Ar) のような液体になりにくい分子ならば、容器内の圧力は 2 倍になるでしょう (Boyle の法則)。しかし、水の蒸気圧は一定の値を示すので、体積が半分になっても圧力は変わりません。では容器内では何が起きているのでしょうか。そこでは水蒸気どうしが結合して液体の水になり、容器内の水蒸気の数減らすことで圧力を一定に保ちます。

同数の分子が気体と液体で存在するとき、その体積はどれくらい違うのでしょうか。

H<sub>2</sub>O が  $6.02 \times 10^{23}$  個 (1 mol) あったとします。その質量は 18 g になります。これがすべて水蒸気で存在したとき、0 °C、 $1.013 \times 10^5$  Pa の下では 22,400 mL を占めます。家庭用の大きなゴミ袋の約半分の大きさです。それに対して、水の体積は密度が  $1.0 \text{ g cm}^{-3}$  なので 18 mL です。すなわち体積は、気体 22,400 mL に対し液体 18 mL と、1000 倍以上の違いがあります。これは、気体の体積は気体分子が激しく熱運動によって動いている空間を表すのに対して、液

体は分子どうしが結びついており、体積が小さくなるからです。

### 蒸発と沸騰の違い

100 °C とは大気圧下 (1013 hPa) での水の沸点です。実は 100 °C にならなくても H<sub>2</sub>O が蒸発することは先ほど紹介しました。では、蒸発と沸騰はどう違うのでしょうか。

蒸発とは物質の状態変化の一つで、「液体から気体になる現象」のことをいいます。水が水蒸気になる変化のことであり、蒸発は 25 °C でも液体の表面で起こっています。

沸騰とは、「液体内部から蒸発が起こり気泡が発生する現象」のことをいいます (図 2)。これは、液体の蒸気圧 = 外圧 (大気圧) になるまで加熱すると、図 2 のように水 (液体) 内部から、水蒸気 (気体) が大気圧に打ち勝って発生します。大気圧 1013 hPa のとき、沸騰する温度すなわち沸点は 100 °C になります。それに対して、富士山の山頂付近の気圧は約 630 hPa なので、沸点は約 87 °C 程度になります。加熱しても 100 °C に達しないので、お米の中心に硬さが残りおいしく炊けないし、お茶などを飲むとぬるく感じます。表 1 に、場所と気圧とそこでの水の沸点をまとめました。

逆に圧力鍋は、特殊な構造の蓋で容器内部を完全に密閉させることで、容器内の圧力を約 2026 hPa まで高めることができます。このとき沸点が約 120 °C に

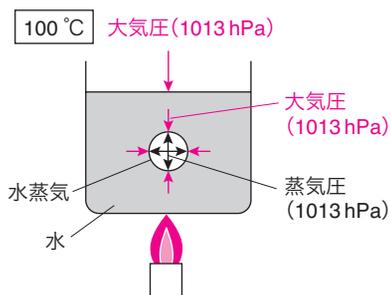


図2 水の沸騰

表1 気圧と水の沸点

場所	気圧	沸点
エベレスト山頂	300 hPa	70 °C
富士山頂	630 hPa	87 °C
大気圧	1013 hPa	100 °C
圧力鍋	2026 hPa	120 °C

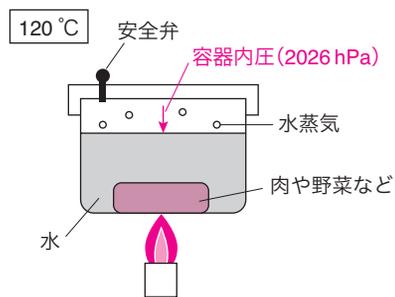


図3 圧力鍋のしくみ

なるので  $\text{H}_2\text{O}$  分子の熱運動が活発になり、肉や野菜などの内部まで  $\text{H}_2\text{O}$  分子が浸透しやすくなるため短時間での調理が可能になります(図3)。ただし、容器内部の圧力が 2026 hPa を超えると、蓋などが壊れて吹き飛んでしまい危険なので、安全弁が作動してそれ以上の圧力にならないよう水蒸気を逃がします。実際に、富士山の山小屋では圧力鍋を使って炊飯することで、おいしいお米を提供しています。



これから夏場になると、冷たい飲み物がほしくなり

ますね。冷蔵庫から取りだしたばかりのペットボトルをもち運んでいると、表面がびしょびしょになってしまいます。これも蒸気圧の仕業です。温かい空気中では水蒸気でいられたが、冷たいペットボトルの表面で温度が下げられると、水蒸気で存在できないため水が生じます。冬場にメガネをかけたまま温かい部屋に入るとメガネのレンズが曇るのも同じ原理です。冷えているメガネのレンズに温かい空気に含まれている水蒸気が触れると、温度が下がって水蒸気が存在できないため水が生じ、レンズを曇らせるわけです。



にしむら・よしかず ● 学校法人駿河台学園 駿台予備学校化学科講師，1996年明治大学理工学部工業化学科卒業，〈研究テーマ〉高等学校化学の教授法の研究とその普及，〈趣味〉野球観戦，ランニング