

# 環境にやさしい浄化材料を作ろう！

## ～ 炭と骨の浄化パワー ～

応用化学科 阪根 英人、機器分析センター 宮嶋 尚哉

### 【はじめに】

「分離工学」という言葉をご存知ですか？私たちの身の回りにある製品は、出発原料に幾つもの物理的・化学的な工程を施すことで生み出されますが、そこには必ず「ものを分ける」という工程が含まれます。皆さんも化学の実験で「ろ過」という操作をしたことはありませんか？ろ紙を使って固体と液体を分ける、これも一種の分離操作です。工業的には、「分留」、「吸収」、「抽出」、「吸着」、「乾燥・調湿」などの分離操作が組み合わされて、原料の精製や、微量成分の分離、品質の向上やその管理など多岐にわたって利用されています。

「ものを分ける」という操作は、言葉は簡単ですが非常に奥の深いものです。水の中にインクを入れるのは簡単ですが、水に混ざってしまったインクを取り出すのはとても大変です。つまり分離とは自然の摂理に逆らった、極めて多量のエネルギーを必要とする工程なのです。この分離に必要なエネルギーをいかに減らして、より品質の高い製品を作り出すか、またそのためにはどのような分離工程が必要なのかを体系的に捕らえた学問が「分離工学」なのです。

それでは、簡単な材料と装置を使って「ものを分ける」ことを体験し、環境の浄化について考えてみましょう。

### 【吸着・イオン交換】

分離操作の中には「吸着」や「イオン交換」という現象を用いたものがあります。吸着とは、ある物質の表面に別の物質が寄り集まる（濃縮される）現象を指します。一方、「イオン交換」とは固体中のイオンが他のイオンと置き換わる現象です。

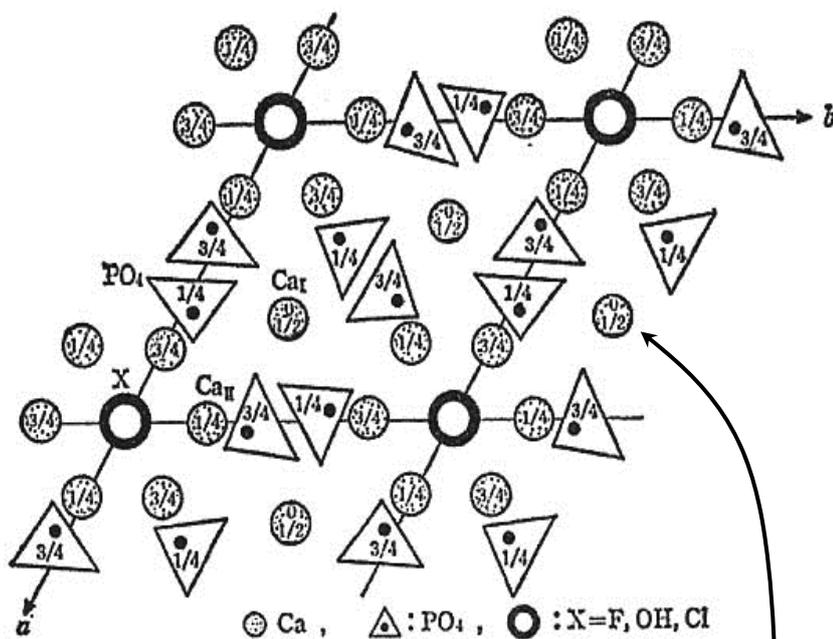
「吸着」現象を起こす身近な材料として「炭」があります。炭は石器時代の頃より熱源、銅や鉄などの金属の還元に使われてきました。木炭が空気(気体)を大量に吸着することが見出



竹を蒸し焼きにすることで得られる竹炭

されたのは 1700 年代末のことです。それ以来、「活性炭」と呼ばれる炭の中に無数の穴を持つ（すなわち非常に大きな表面積を持つ）材料が作られ、今では、嫌なにおいの分子を取ったり、水を浄化したりするために無くてはならない分離材となりました。最近では、エネルギー資源の乏しい日本にとって、国土の約 60%を占める豊かな森林は極めて重要な天然資源であり、そこから生み出される炭は地球に優しいバイオマス(生物資源)として改めて注目を浴びています。

一方、イオン交換体の代表的な物質に、「**アパタイト**」があります。正式には水酸アパタイトと言いますが、われわれの体の骨や歯などの大半を構成しているカルシウムの化合物です。天然にはリン鉱石として産出しています。この水酸アパタイトは歯を白くする!ためだけではなく、古くからリンの工業原料として、最近では骨や歯などの人体の硬組織の代替材料などとして使われています。さらに、この水酸アパタイトはいろいろな陽イオンや陰イオンを、イオン交換反応を通して取り込むことが分かってきました。取り込まれる陽イオンにはカドミウムなどの有害イオンが多く、環境浄化に役立てることができると考えられています。水酸アパタイトのように無機物でイオン交換するものは、ゼオライトなど他にもたくさんあります。しかし、水酸アパタイトには結晶を形作っているイオンであるカルシウムイオンや水酸化物イオンがイオン交換反応を行うという特徴があり、いろいろなイオンが共存する水溶液から**ある特定のイオンだけを取り除く**性質を持っています。



**アパタイトの結晶構造**

**$\text{Cd}^{2+}$ や  $\text{Pb}^{2+}$ などの有害金属イオンと交換可能**

今回の体験化学教室では、身近な物質である炭やアパタイトを実際に作製して、「吸着」や「イオン交換」という分離操作を体験してみましょう。

## 【作ってみよう】

### ～炭による水の浄化～

炭作りには、800 度以上の高温と穴をたくさん開けるための処理が必要で時間がかかります。そこで、ここではあらかじめ作製した炭を使って実験を行います。

- ① 数種類の炭を使って、色の付いた水に入れる。
- ② 炭と水溶液をろ過して分け、色の変化を比較する。

もし時間があれば、次の方法で炭作りを行いたいと思っています。

- 細かくした使用済みの割り箸をアルミホイルに包み、蓋をとったアルミ缶に入れる。蓋をしてバーナーで加熱(蒸し焼き)する。これとは別に水酸化ナトリウムの溶液に浸しておいた割り箸を、同様の操作で加熱する。

### ～備長炭電池～

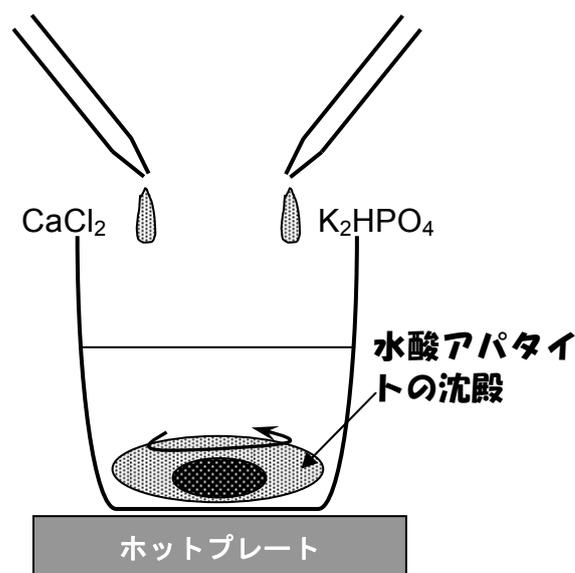
この実験では、備長炭が良く電気を通すということと、無数に空いた穴に空気(酸素)をたくさん吸着しているという二つの性質を利用して、簡単に電気が作れることを体験します。吸着した酸素からクリーンエネルギーを取り出し、電気を起こしてみましよう。

- ① 備長炭を軽く荒い、飽和食塩水に浸す。
- ② 飽和食塩水を浸したキッチンペーパーを①の備長炭に巻きつける。
- ③ さらにアルミ箔を②の上から巻きつけ、軽く握って密着させる。
- ④ アルミ及び備長炭から端子を取り、モーターが回るか確認する。

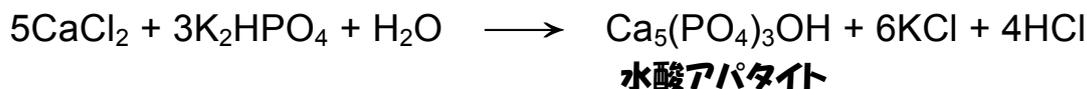
## ～水酸アパタイトの合成～

この実験では、歯や骨の主成分であるアパタイトを合成し、得られた沈殿物が本当にアパタイトなのかどうかを判別し、イオン交換という特異な性質を示すのかどうかを調べます。

- ① 沸騰近くまで加熱した水をよくかき混ぜながら、これに塩化カルシウム水溶液とリン酸水素カリウム水溶液を同時に少しずつ滴下する。
- ② できた白色沈殿を大きくするために沸点近くまで加熱しながらかくはんしつづけ熟成する。熟成した沈殿をろ別し、乾燥器中でよく乾燥する。乾燥後、粉碎して粉末 X 線回折を測定し、本当に水酸アパタイトができているのかどうか確認する。



## アパタイトの反応式



## ～イオン交換反応～

- ① いろいろな金属イオンを含んだ水溶液に水酸アパタイトを加える。
- ② 時々振り混ぜながら数時間放置し、溶液をろ過する。
- ③ 反応後の溶液中の金属イオンの濃度を原子吸光分析法で定量し、イオンの種類とイオン交換された量との関係を調べる。

## 参考図書

「解説 化学工学」, 竹内雍ら(共著), 培風館, (1982)

「カーボン用語辞典」, 炭素材料学会編集, アグネ承風社, (2000)