



目的

高校「化学IB」において化学結合と結晶格子の学習分野は、物質を用いて実験できる教材は少なく、結晶モデルを用いて学習することが多い。一方、実際に手に触れる結晶は美しく、大きな結晶を見て感動する生徒も多い。そこで、代表的なイオン結晶で、どの教科書にも結晶格子のモデル図がある塩化ナトリウムを用いた、総合的に結晶を体験する実験教材を考案した。

概要

I. 塩化ナトリウム単結晶の作製

これまで大きな塩化ナトリウム単結晶は購入するしか方法が無かった。そこで、高校の化学実験室でガスバーナーとマッフルを用いて短時間に劈開が見られる単結晶作製方法を新たに開発した。15分から1時間で、直径1cm程度の結晶を作製できる。

II. 塩化ナトリウム結晶の劈開体験

生徒が結晶をカッター刃を用いて劈開させることにより、イオン結晶の構造と性質を実験で体験できる。塩化ナトリウム結晶が小さな力で直角に劈開することに多くの生徒が感動する。

III. イオン結合管距離の測定

直方体や立方体に劈開させた結晶の質量を電子天秤で測定し、大きさ（体積）をノギスで実測することにより、結晶の密度が求められる。結晶の単位格子の構造とアボガドロ定数、式量を与えて計算で塩化ナトリウム結晶におけるナトリウムイオンと塩素イオンの結合間距離を大きな誤差がなく算出できる。

IV. 元素の周期性を考える

Ⅲ.の方法は、塩化ナトリウムの単結晶だけでなく、アルカリ金属ハロゲン化物の単結晶にいずれも適用できるため、多くの結晶について実験を行って元素の周期性に気付かせることができる。

教材・教具の製作方法

塩化ナトリウム単結晶の作製

マッフルとガスバーナーおよびラボジャッキを用いて、以下の方法で塩化ナトリウムを溶融し、単結晶を引き上げて作製する。

1. 図1のように、スタンドにリングを取り付け、バーナーが最大火力を出せる位置に調整し、リングにマッフルを取り付ける。

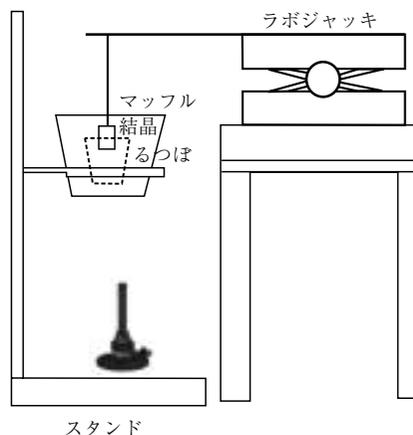


図1 装置図

2. 磁製のつぼに、あらかじめ良く乾かした塩化ナトリウムを入れてマッフルの中におき、マッフルのふたをする（このときするつぼのふたはしない）。
3. バーナーに点火し、最大火力で加熱する。10～15分程度でつぼ内の塩化ナトリウムが完全に溶融するので、マッフルのふたを取ってバーナーの火を少し絞る、溶融した塩化ナトリウムがするつぼのまわりからゆっくり結晶化していくように調整する（塩化ナトリウムの融点は約800℃）。
4. 結晶化が進むにしたがってバーナーの火を小さくし、完全に結晶化したところで火を止める。するつぼさみを用いてするつぼを耐熱板の上に取り出して完全に冷却する（写真1）。

* おおひら けんじ 東京都立立川高等学校 教諭 〒190-0022 東京都立川市錦町2-13-5 ☎(042)524-8195

E-mail k_ohira@hotmail.com



写真1 溶融してできた結晶



写真3 結晶を引き上げる様子

5. るつぼを壊して結晶を取り出し、結晶面の出ている大きい結晶を選ぶ(写真2)。



写真2 結晶面の出ている結晶

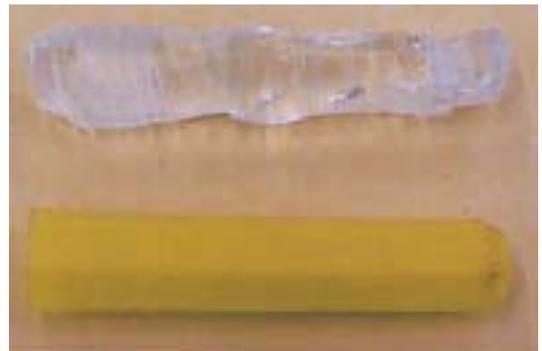


写真4 できたNaCl単結晶

6. ステンレス線で結晶をしばり、適当な台の上に置いたラボジャッキに金属棒をガムテープで固定して、その先端付近に結晶をつり下げる。
7. 前記手順1~3を行い、塩化ナトリウムをるつぼで溶融する。ラボジャッキをおいた台を動かして、溶融したるつぼの上に結晶がくるようにする。ラボジャッキのつまみを調整して結晶を下げ、ステンレス線の先の種結晶が溶融した塩化ナトリウムの液面にちょうど浸かるようにする(写真3)。種結晶の周りに塩化ナトリウム結晶が晶出してくるので、結晶と液面の間がとぎれないように少しずつ結晶を引き上げていく。るつぼ周りの結晶が少しずつ大きくなり、溶融した塩化ナトリウムが少なくなって結晶引き上げが難しくなってきたら、引き上げを終了し、引き上げた結晶をマッフル上から横に動かして完全に冷やす(写真4 注意:塩化ナトリウムの融点は約800℃なので、実験中やけどには十分注意する)。

学習指導方法

1. 塩化ナトリウム単結晶の作製実験(演示)

前記教材教具の製作の6~7の実験を演示する。

2. 塩化ナトリウム単結晶の劈開実験

- (1) 1.で作製した塩化ナトリウム単結晶を千枚通しや木綿針を用いて軽くたたくと、結晶に劈開面が現れる。
- (2) 現れた劈開面に沿ってカッターの刃を当て、カッターの背を金属製葉さじ等で軽くたたくと簡単に結晶が劈開する(写真5、6)。



写真5 劈開実験の様子1



写真6 劈開実験の様子2

(3) 塩化ナトリウムの劈開面は直交しているので、初めに得られた平面に直角にカッターの刃を当てて、次々に劈開を観察し、結晶を直方体（立方体）にしていく。

3. Na^+ と Cl^- のイオン結合間距離の測定

- (1) 2.で直方体にした結晶の質量を電子天秤で測定する。
- (2) 結晶の3辺（縦、横、高さ）の長さをノギスで測定し、体積を計算する（写真7）。



写真7 ノギスで結晶をはかる

(3) (1)、(2) の値から結晶の密度 $d(\text{g}/\text{cm}^3)$ を次式により計算する（表1）。

$$d[\text{g cm}^{-3}] = \frac{M[\text{g mol}^{-1}]}{6.02 \times 10^{23} [\text{mol}^{-1}]} \times 4 \frac{1}{(2l[\text{cm}])^3}$$

表1 生徒実験データ（2001年より抜粋）
（2001年、2002年と3クラスずつ実施）

データ番号	結晶の体積(cm^3)	結晶の質量(g)	結合間距離(nm)
2001. 1班	0.184	0.378	0.287
2001. 2班	0.269	0.558	0.286
2001. 3班	0.148	0.318	0.283
2001. 4班	0.237	0.487	0.287
2001. 5班	0.194	0.404	0.286
2001. 6班	0.252	0.503	0.289
2001. 7班	0.189	0.401	0.284
2001. 8班	0.199	0.429	0.283
平均	0.209	0.435	0.286

実践効果

1. 結晶の引き上げ実験では、塩化ナトリウムが容易に溶解すること、きれいな結晶が引き上がることに生徒は感動し、自分でもやってみたくて申し出る生徒が多数現れた。
2. 劈開実験は必ず全員が行うことにしたため、生徒全員が塩化ナトリウム結晶が簡単に劈開すること、劈開面が直交することに驚いていた。また、本当に食塩と同じ物であるのか確認するために舐めてみたいという生徒が続出した。
3. イオン結合間距離の計算では、理論的背景を示す式の理解に後々まで時間がかかっていたが、計算結果が文献値とほとんど同じ値を示すことに驚き、また感動していた。

その他補遺事項

この実験は、1995年の「青少年のための科学の祭典」で、吉野公雄氏により、赤外窓用に製作された食塩単結晶の劈開を見せていただいた時に受けた感動を多くの生徒に伝えたいと考えて開発した。