

ICT を用いて単位格子中の原子の空間的な理解を高めるための工夫

— 「化学」 金属結晶の結晶構造の単元を通して —

大垣北高等学校 柘植 研一

1 研究のねらい

現在新型コロナウイルスにおける教育活動の制限は、一時に比べると緩和されたが、一時は生徒実験や生徒間のグループ学習にも制限が加わった。現在第8波の最中である。またインフルエンザの流行や気象変動による大きな自然災害も毎年のように起こっている。一方本県では全国的にも早い段階でタブレット端末が生徒一人一台貸与され教室にプロジェクターが設置された。今回これらの ICT 機器を用いて平時のみならず学習活動に制限が加わっている状況でも同等以上の学習効果が期待できないか検討した。その際、実験のように生徒が実際に手を動かして行うことは学習の上ではとても大切であるが、現在ではシミュレーション技術が発達し、実験することなく同等な経験や効果、知識の習得が期待できる場合もあるのでシミュレーションソフトの導入を検討した。

本稿では理系の生徒が「化学」で学習する金属結晶の単位格子の構造の学習について検討した。金属結晶の単位格子の構造は、大学入試センター試験の時代から比較的頻出されている問題であるが、その際与えられるのは、いわゆる棒球モデルであることが多い。棒球モデルでは原子どうしの接触部位がわからないため、単位格子一辺の長さから原子半径を求めたりする際には知識として単位格子中の原子の空間配置を覚えている必要がある。そこで国立科学博物館地学研究部鉱物科学研究グループ門馬綱一氏が作成した結晶構造の三次元可視化フリーソフト VESTA [1]を用いて、生徒一人一人が自分の端末で原子の単位格子を自由に回転させたりして原子の空間配置を理解できないか検討した。

2 実践した内容

本稿の前半(3.1章)では前任校で行った実践について紹介した。ここでは生徒に発泡スチロール球を用いて単位格子を作らせ、それを発泡スチロールカッターで切って、単位格子の一片の長さから原子半径を考える授業を行った。その際、模型の作り方は動画[2]を撮影して説明し、原子半径を考えるのにホワイトボードを用いた。この方法ではビデオ撮影、動画編集などに時間を要するとともに、接着剤が乾くのに時間がかかるなどの問題があった。

後半(3.2章)では結晶構造の三次元可視化フリーソフト VESTA を使いコンピュータ画面上で面心立方格子、体心立方格子の単位格子を表示させ、単位格子を画面上で自由に回転したり、棒球モデルと充填モデルを切り替えたりしながら操作し、各単位格子中の原子配置を理解させることができないか検討した。

3 実践中および実践後の生徒の変容 (生徒への実践ができない場合は、予想される変容)

3.1 過去の取り組み

はじめに過去の取り組みの様子を紹介する。まだ一人一台のタブレット端末が貸与されていなかった時は、発泡スチロール球で単位格子の模型を作り、それをカットして原子が接している面を探して、単位格子一辺の長さから原子半径の関係を考えた。(写真1~写真3)

体心立方格子の充填型模型を作成する手順は指導書[3]に従ったが、模型を切断する必要があるため発泡スチロール球どうしを木工ボンドで接着した。そのため接着剤の乾燥に時間がかかり 50分の授業を2回(2日間)使い、1回目の授業で模型を作成した。模型の作成手順はビデオ映像を制作して説明した。2回目の授業で、作った模型を任意の面で発泡スチロールカッターを使って切断させた。切断面はあえて指示せず、生徒たちに考えさせた。単位格子一辺の長さ(a)と原子半径(r)の関係式を、ホワイトボードを使ってグループ(4人1組)で考え、さらに求めた関係式が正しいかどうかを作った模型を定規で測って検証しそれらの結果を発表してもらった。

その結果、全てのグループが $r = (\sqrt{3}/4) \times a$ を導くことができ、またその関係式が正しいことを模型で確認することができた。



図1 発泡スチロール球で原子模型を製作
(2016年11月)



図2 単位格子一辺の長さ原子半径の関係を
考える(2016年11月)

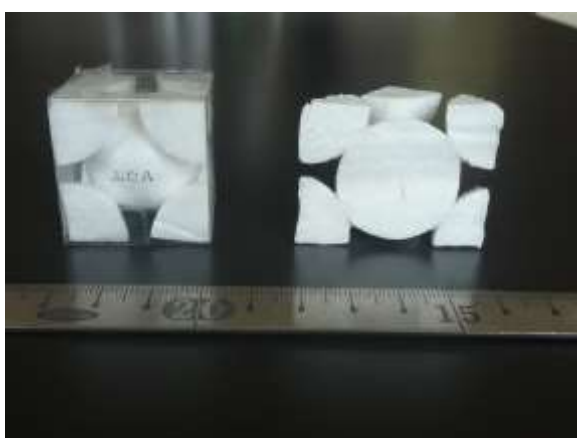


図3 完成した模型(左)とその切断面
(右)

本実験授業を行ったクラスと、講義のみを行なったクラス、それぞれ2クラスずつで、約1ヶ月後に小テストを行って教育効果を評価した。その結果を表1に示す。尚、講義のみをおこなったクラスは小テストの後に同様の実験をおこなった。

表1 体心立方格子に関する小テストの正答率(%)

設問	実験実施 クラス (生徒64名)	実験未実施 クラス (生徒65名)
1 単位格子中の 原子の数	81.3	73.9
2 格子定数と 原子半径の関係式	50.0	6.2

表1に見られるように、先に実験を行ったクラスは2つの設問とも正答率が高くなっており、実験授業の効果が表れていると考えられる。

単位格子中に含まれる原子数は、各グループに配布したトレイに発泡スチロール球を2個しか入れなかったため、体心立方格子の単位格子中に原子が2個入っていることは直感的に理解できたようである。

体心立方格子一辺の長さと原子半径の関係式も、グループワークを通して生徒自らが切断面を考え、実際に切断して関係式を導いたことで理解が深まったものと考えられる。

また、単に単位格子一辺の長さと原子半径の関係式を求めるのにとどまらず、求めた関係式が正しいかどうかを自作した模型を使って検証させた。これは、理論と実験は車の両輪であって、将来生徒が大学や大学院、企業などで研究を行なっていく際に、自分が立てた仮説が正しいかどうかは実物を見たり実験したりすることでしか確かめられないことを伝えたかったからである。

尚、実験では直径 30 mm の発泡スチロール球を用いたが、例えばリチウム[4]は体心立方格子構造をとり、原子間距離 $3.0398 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、単位格子一辺の長さ $3.51004 \times 10^{-10} \text{ m}$ であり、模型はちょうどこの 1 億倍になっている。こういう説明は実際に模型を作ればこそできる。

3.2 タブレットを使った取り組み

現在は一人一台タブレット端末が貸与されているので、同様な授業を結晶構造の三次元可視化フリーソフトを用いて行った。ここでは現勤務校で行った取り組みを紹介する。フリーソフトウェア VESTA を生徒一人一人のタブレットにインストールさせ、これを用いて金属結晶の単位格子を描画させた。授業でタブレットに結晶格子を表示させている様子を図 4 に、そのスクリーンショットを図 5 に示す。



図 4 VESTA を用いた授業

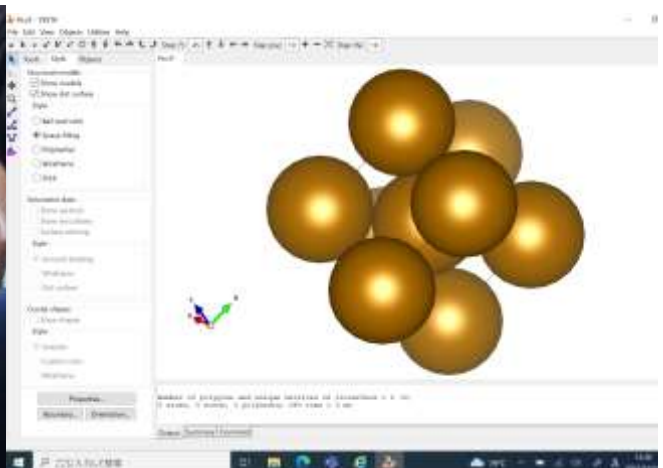


図 5 Fe を VESTA で表示させたときのスクリーンショット

また 3.1 と同様に体心立方格子の単位格子の一片の長さと原子半径の関係を MetaMoji Classroom を用いてタブレット上で生徒が考えた例を図 6 に示す。

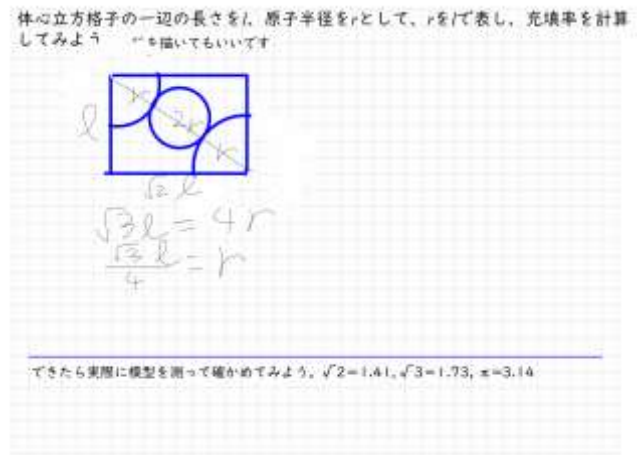
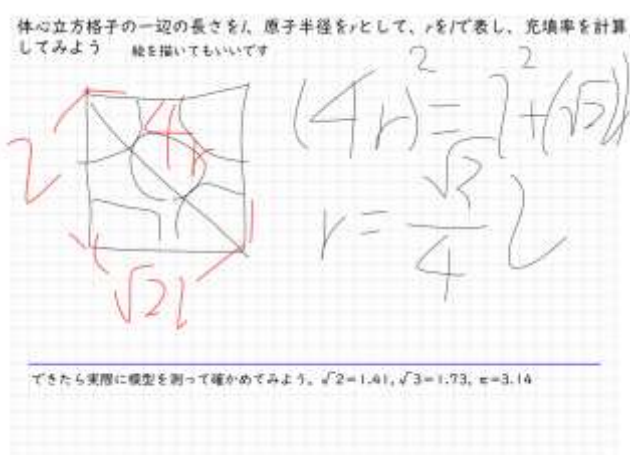


図 6 タブレットで単位格子一片の長さと原子半径の関係を計算した例

MetaMoji Classroom では指導者が生徒一人一人の進捗状況や理解状況をリアルタイムで確認できる。また名前を非表示にしてクラス全員に特定の生徒画面を表示させることもできる。

このような結晶構造表示ソフトを使えばマウス等で単位格子を自由に回転させることができ、また、よく入試などで用いられる棒球モデルを表示させることも可能である。また描画用データもインターネット上で多数公開されている[5]。

今回は生徒の理解度については測れなかったが、このような結晶構造描画ソフトは大学以上のレベルで盛んに用いられており、高校生がそういったソフトに触れることによるモチベーションアップも期待できる。

4 研究のまとめ

ICT を活用することによって集合授業が行えない環境下ではもちろんであるが、平時であってもより理解が深まる授業を行ったり、生徒一人一人が自分の興味やペースに合った学習をしたりすることができる。また実験材料を消費しないので、省資源・省エネルギーにも貢献できる。そういったメリットがある一方でテーマによっては生徒が手を動かして実験することの方が高い学習効果が得られる場合もあるはずである。そのため授業者には実験とシミュレーションの使い分けをする能力が求められる。デジタルネイティブな生徒たちが興味や関心を示すような授業をおこなえるように様々なツールに触れていきたいと考えている。

5 謝辞

前任校（各務原西高校）での実践では岐阜県教育委員会の「魅力ある高校づくり推進事業 - 次期学習指導要領を見据えたカリキュラム開発」の中で研究授業として行なった。適宜有用なアドバイスを頂いた各務原西高校化学科 堀 史有教諭（現 多治見北高校）、伊藤 誠司教諭（現 岐阜高校）、中路さえ子助手、岐阜大学工学部化学・生命工学科 櫻田 修教授に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] VESTA (jp-minerals.org)
- [2] <https://youtu.be/PR1OOJpqhpc> (2022年10月現在)
- [3] 苑田俊明, これ一冊で化学の授業ができる, 自費出版, 1994, p50-53
- [4] M. R. Nadler, Charles P. Kempter, *Anal. Chem.*, 1959, 31 (12), p2109
- [5] 例えば産総研結晶構造ギャラリー <https://staff.aist.go.jp/nomura-k/japanese/itscgallery.htm>