

3Dプリンタ用分子モデルの製作と、触って見る分子モデル教育の実践

吉村 三智頼*¹、吉村 忠与志²

¹ 敦賀気比高等学校 教諭(〒914-8558 敦賀市杳見町 164-1)

² 福井工業高等専門学校 名誉教授(〒916-8507 鯖江市下司町)、

*m.yoshimura@tsurugakehi.ed.jp

Production of a molecular model for a 3D printer and hands-on education about molecular models

Michiyori YOSHIMURA*¹ and Tadayosi YOSHIMURA²

¹Tsurugakehi High School(Kutsumi 164-1, Tsuruga, Fukui 914-8558, Japan)

²Fukui National College of Technology(Geshi, Sabae, Fukui 916-8507, Japan)

(Received December 16, 2014; Accepted January 20, 2015)

In general, use of a 3D printer is expected. We are seeking an educational method for utilizing a 3D printer in the chemistry field. In high school chemistry education, we must visualize three-dimensional molecular models on a computer screen. It is virtual learning. However, when we make a 3D molecular model using a 3D printer, we help students understand the mechanism of molecular bonds in a hands-on way.

By bringing a 3D printer into the classroom, we can make a 3D molecular model in the presence of students. Students then touch it, which helps them understand the mechanism of molecular bonds. It is very effective to offer chemistry students hands-on education about molecular models.

Key words: 3D printer, 3D molecular model, Hands-on education about molecular models

1. はじめに

見えないもの、特に分子の視覚化は教育現場で進められている。電子書籍のデジタル教科書が販売されるようになり、iPad等の電子機器でなぞるだけで3D分子モデルが見ることができる。マウスや指でドラッグしてぐるぐると回転させ、分子の構造をパソコン画面内で視覚的に学習できるようになった。しかし、これはあくまでバーチャルな学習であり、3D分子モデルを触って見るという実体験はできない。3D分子モデルであれば、素手で

触って分子構造を確認・納得できる学習をさせたものである。

そこで、近年10万円台で購入できる安価な3Dプリンタがあるので、RepRap仕様3Dプリンタ[1]を購入し、それによる3D分子モデルの作成・創作を試みた。3Dプリンタ用の分子モデルの設計と作成について記述した論文[2,3]でその成果を報告した。

論文の中で、いろいろな分子構造の座標データが公開されているものの、そのデータをそのまま

使って分子モデルを作成できる CAD がほとんどなく、3D プリンタが安価になっても分子モデルを作成できる CAD の報告 [4] が少ない中で、OpenSCAD を利用した分子モデルの設計と作成について報告した。

筆者は高等学校理科(物理・化学・生物)を担当する教諭であるが、安価になった 3D プリンタの活用を教育現場で発揮できないかを試行模索する中で、3D プリンタを利用して分子モデルを作成し教材とした。それを化学基礎の授業「分子構造としくみ」に活用し、生徒に分子をモデリングさせ、それをデジタルデータ化して 3D プリンタで 3D 分子モデルを作成し、“3D 分子を作って触って見る”化学教育を推進する授業を実践した。

世界的にも OpenSCAD による 3D プリンタ用分子モデルの作成の報告はなく、新規的な発想での教育方法の改善でもあり、筆者らが開発した方法で 3D 分子を作成し、触って見る分子構造の学習方法に一矢を投じることを教育目標とする。

2. 研究の実施方法

購入した 3D プリンタで作成した分子モデルをいくつか高校化学の授業に持ち込み、構成原子の共有結合状態を学習させる中で、生徒にも分子モデリングをさせる。作成する分子は高校化学で登場する分子について対応する。この段階は、教諭個人の力量での教育実践である。

つぎに高校化学全体を巻き込むために、3D プリンタ 1 式と、分子モデリングソフト Winmostar 並びに OpenSCAD システムを教育現場に導入する。

- ① 安価な 3D プリンタの利用方法とプリンタのしくみを学習させる
- ② 3D プリンタで作って触って見せる分子モデル教育を実践する
- ③ 生徒自身に分子をモデリングさせる
- ④ 3D プリンタを使って自分で創作した分子

モデルを触って見る

- ⑤ 分子構造の複雑さを素手で触るといふ化学教育を実践する

生徒が 3D プリンタのしくみを理解し、利用できるようになることは日本のものづくり教育をさらに推し進めるものである。自分で考えた創作物が CAD を使うことでデジタルデータ(STL ファイル)となり、インターネットを介して誰とでも 3D 情報を共有でき、創作したものをその場で作り上げることができるという 3D プリンタの存在を認識・活用させることを教育目標とする。

高校化学の授業では、教科書に登場する分子のみの視覚学習で終わってしまうが、生徒自身に分子をモデリングさせることで、各原子間の共有結合状態について体験することができる。分子結合で炭素が 4 つの手を結合していることなど具体的に学習できる。

自分が創作した分子モデルを 3D プリンタで作成することによって可視化できなかった分子構造を肌で体験することができ、出来た 3D 分子モデルも 1 回の授業だけにとどまらず、生徒本人にとって大切な一ページの思い出ものづくりを体験させる。

高校の教育現場に 3D プリンタの導入することにより、板書の化学教育にとどまらず、ものづくりの発想が変われば、その利用方法は無限であると考えられる。

3. 3D プリンタを用いた分子モデル教育の実践

高校「化学基礎」を受講修了した敦賀気比高校・特別進学コース 1 年 2 クラス 51 名に対して、3D プリンタを教室に持ち込み、分子モデリングソフト Winmostar で水分子とダイオキシン 2,3,7,8-TCDD と 1,4,6,9-TCDD を設計し、3D 分子モデルを作成し、触って体験する授業を実践し

た(図1)。それぞれの分子の化学的性質についても講義した。



図1 3Dプリンタを持ち込んでの授業風景

水は水素原子2個と酸素原子1個からなる分子であるが、原子間の結合は共有結合であり極性を持った分子となる。図2のように水素-酸素-水素の結合角度が 104.45° となることから3D分子モデルではよく理解できた。ゆえに、極性を持つことも立体視から理解できたと考える。

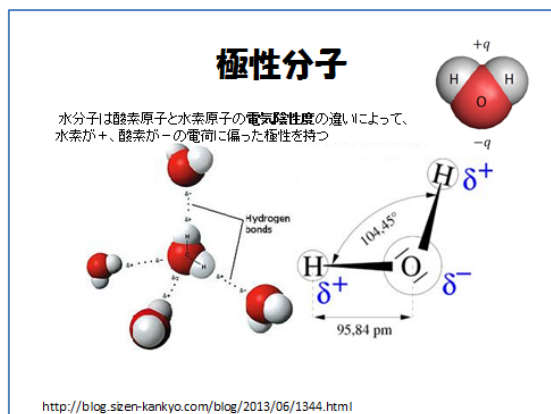


図2 水は極性分子[5]

ダイオキシンは有害な環境物質として注目されているが、ダイオキシン類には多くの異性体が存在し、有害な2,3,7,8-TCDDと、ほぼ無害な1,4,6,9-TCDDは分子式では同じ $C_{12}H_4O_2Cl_4$ であるのに対して、分子構造が異なるだけである。分

子構造の異なる2つのダイオキシンを設計し、3Dプリンタで作成したもの(図3)を触って見ることによってダイオキシンの有害性も分子構造に起因していることが理解できたと考える。

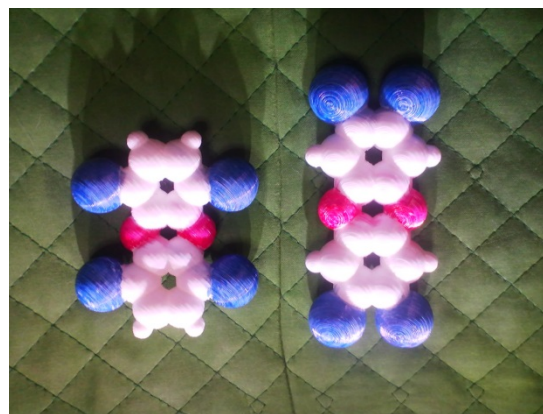


図3 ダイオキシンの異性体(右が有害な2,3,7,8-TCDD、左がほぼ無害な1,4,6,9-TCDD)

受講した生徒は教科「化学基礎」で分子の構造と共有結合のしくみについてすでに学習済みである。しかし、教科書という冊子体の中での分子モデルであり、実感のないものであった。そこに、触って見る体験という分子モデルの学習を実践したことで分子構造を学ぶ上で極めて効果的な復習であった。アンケート報告の中でも記述しているが、生徒からも教育的に効果のある復習ができたとしてくれた。

4. 授業アンケート

授業アンケートの項目はつぎのような7設問とした。今回の講義を受講して、「下記のアンケート項目に関して該当する項目に(はい・いいえ)で回答しなさい。」とした。

- 設問1. 3Dプリンタを初めて見ましたか
- 設問2. 3Dプリンタは日本人が発明したものと知っていましたか
- 設問3. この講義でプリンタのしくみを理解しましたか

設問4. 3D プリンタがあれば何か作りたいですか

設問5. 3D プリンタで作った分子モデルを触って、分子構造が理解できましたか

設問6. この講義を通して、水やダイオキシンの化学的性質を理解できましたか

設問7. この講義を通して、あなたが感じたことを具体的に記述しなさい

授業終了後、上記のアンケート設問に対して回答を受講生全員から得た。結果は図 4 のようであった。

設問 1 に関しては 72%がはいと回答し、3D プリンタに初めて触れる機会を与えたことになる。逆に、設問 2 では発明者が日本人であることを問うたので、いいえが 80%となり、両設問で 3D プリンタに関する知識等を含めて生徒にとって初めての学習であったことがわかる。初めての体験にすれば、設問 3 でそのしくみを理解した者が 94%と居たことは生徒のほとんどが興味深く授業を受けたことになる。設問 4 で 3D プリンタがあれば何かを作りたい生徒が 86%と居たことは 3D プリンタへの関心の深さが伺える。

今回の授業の最大の教育目標であった、3D 分子モデルを作って触って見て、分子構造を理解すること(設問 5)に関しては、90%の生徒が見えない分子モデルを触って見て理解したと回答した。この授業の中で取り扱った分子は、水分子と環境問題で注目されるダイオキシンを 3D プリンタで分子モデルを作成し、触って見る中で、化学的性質についても講義した。その成果が 88%という高い理解度の回答であった。ほぼすべての設問に対して 80%以上の理解度の回答を得た。高校「化学基礎」で分子モデルを作って触って見るという体験学習は大変教育的成果があった。

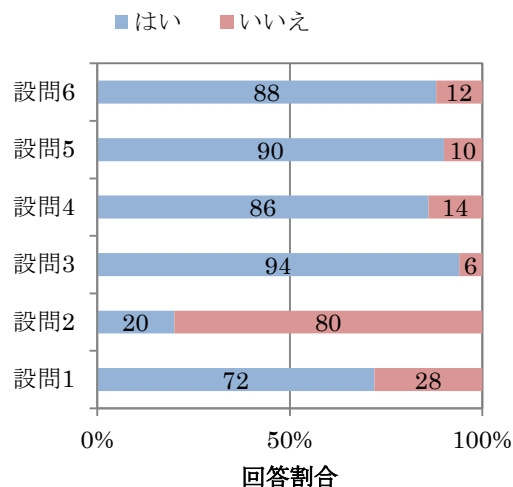


図 4 アンケート設問に対する回答(はい・いいえ)の割合

つぎに、生徒がこの授業を通して感じ記述したこと(設問 7)を整理する。生徒らのコメントを○印で区分する。

まず、分子モデルと化学に関しては、分子結合のしくみについてよくわかりました○分子モデルを触ることができて、良かったなと思いました○少しずつ層になっていくのを見ておもしろかったです。化学の復習もすごく分かりやすく勉強になりました○授業だけでは理解できないものやイメージしにくい分子などですが、この講義を通してとても理解することができました○将来、先生たちが立体的なものを 3D プリンタで作って、授業に使ってあげれば生徒も分かってくれると思う○分子モデルによって分子がどのような形で結合されているのかが分かった○教科書を読むだけでは分かりにくいところも 3D プリンタを使って見たり触ったりできると分かりやすいなと思った○この講演を聴いて化学が意外と身近なところにあるんだと分かり、もっとたくさん勉強したいなと思いました。

3D プリンタに関しては、将来、家庭に 1 台 3D

プリンタがある時代がくると思うと、すごいと思いました。3D モデルもとても間近でみることができて良かったです。モデルがすごく細かく感動しました。細かな曲線が刻まれていてとてもプリンタで作ったとは思えないほどの出来映えでした。3D プリンタはテレビなどで何度か見たことがあるけれど、実物は初めて見ました。3D プリンタは以前から知っていたが、原理を理解できた。3D プリンタはいろいろなメディアで少し知っていたが、今回の講義でより深く知ることができました。3D プリンタを使っただけの講演はとても珍しく、使い方、しくみなど、いろいろ教えていただいた。3D プリンタは中2のときの夏季宿泊研修で見たことがあり、そのときのものは砂っぽいものでもろかったけれど、今日のは丈夫でした。技術の進歩ってすごいと思いました。吉村さんが自分で組み立てたものだと聞いてとても驚いた。3D のものがプリンタで本当に作れるなんて驚いた。実物にも触ることができたのでよかったです。将来、3D プリンタを買ってみたいです。いつかは自分も3D プリンタを使用してみたいと思った。休み時間になり、教壇の3D プリンタに歩み寄ってみると、複雑でリアルな模型があり、驚きました。最後に、ものづくりには倫理観が必要。包丁でも車でも便利な陰には危険があり、3D プリンタでもこれらをわきまえていくことが必要。という生徒のコメント等があった。

感想・意見等を記述した内容を見ると、可視することができない分子を、分子モデリングソフトで設計し、それを3D プリンタで出力することで立体物を触って体験する分子モデル教育ができたと考える。化学基礎を学ぶ上で、3D プリンタで3D 分子モデルを作り触って見る体験学習は板書だけにとどまらず大変教育的効果があったことが分かった。さらに、3D プリンタ技術への期待感が大きかった。

5. 社会貢献

安価な3D プリンタの普及活動を推進する筆者らは、2014年8月19日に坂井市三国公民館で13名の児童対象に3D プリンタ体験教室を開催した(図5)。児童にとって3D プリンタは初めて目にするものであり、興味津々で、3D プリンタから出力される立体物を物珍しく観察していた。さらに、福井県児童館主催「科学の祭典」(2014年11月22～24日)に出展し、3D プリンタ体験教室を開催した。たくさんの児童(約180名)が教室に集まり、3D プリンタで出力される過程から立体物ができるまで関心をもって体験していた。



図5 三国公民館での児童対象の3D プリンタ体験教室風景



図6 福井県児童館主催「科学の祭典」での3D プリンタ体験教室風景

6. 今後の課題

3D プリンタを用いて分子モデルを作って触って

体験する講義を実践し、その教育成果を記述した。今回は、個々の生徒が自ら分子をモデリングしようとする機会まで発展させることができなかつたが、3Dプリンタを使って設計した分子モデルを作成しようとする生徒に対してはここに対処し教育効果を上げる予定である。課外活動を通した生徒自身による3Dプリンタでのものづくりについては事後報告とする。

高校教育では、ものづくり教育を実践する工業系高校に3Dプリンタが導入され、教育を含めた教育実習が行われ始めているのが現状である。教育現場で、3Dプリンタが常時活用されカリキュラム化される状況は当分先のことである。この黎明期において3Dプリンタの普及活動をすることは極めて重要である。

巷では、表1のように3Dプリンタの普及が期待されており、2015年の有望商品第2位に挙げている[6]。さらに、日本のものづくりの中で革新的な技術が生活や発想を変えてくれるという期待感から、3Dプリンタの技術革新に未来を重ねていると考えられる。

表1 消費者が選ぶ2015年の有望商品[6]
電通総研調べ

1位	電気自動車(燃料電池車も含む)
2位	3Dプリンタ
3位	格安スマートフォン
4位	国産ジェット機
5位	4Kテレビ
6位	終活
7位	スマートウォッチ
8位	カーシェアリング
9位	公衆Wi-Fi
10位	ウェアブルカメラ

現時点での3Dプリンタの普及はいま一つ留まっている。携帯用パソコンがノートパソコンからスマートフォンに変化し、ウェアブルになりつつある中で、3Dプリンタの活用は喫緊の課題と感じているものの、教育界では中央から現場への押し付けに留まり、各学校に1台程度の3Dプリンタは設置されつつあるものの、その使い方が迷走しており、ものづくり教育機関からの実践教育が待たれるところである。

謝辞

本研究は、武田科学振興財団の高等学校理科教育振興奨励『3Dプリンタ用分子モデルの製作と、触って見る分子モデル教育の実践』の研究支援によるものである。

参考文献

- 1) RepRap Community Japan;
<https://www.facebook.co./RepRapCommunityJapan>
- 2) 吉村忠与志、“3Dプリンタの現状と今後の展望—体感できる分子モデルの教材作り—”, *J. Technology & Education*, vol.21, No.2, pp.53-62(2014).
- 3) 吉村忠与志、吉村三智頼、“3Dプリンタ用の分子モデルの設計と作成”, *J. Technology & Education*, vol.21, No.1, pp.9-16(2014).
- 4) 長尾輝夫、“分子構造模型表示の造形について”、*化学教育ジャーナル(CEJ)*, v7n1(通巻12号), 2003.
- 5) 自然の摂理から環境を考える、
<http://blog.sizen-kankyo.com/blog/2013/06/1344.html>
- 6) 日刊県民福井新聞 2,014年12月30日15面掲載、“消費者が選ぶ2015年の有望商品”