

Development of Molecular Modeling by the Socket and Dimple Method for Chemical Education

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-01-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田中, 幸枝, 浅原, 雅浩, 川井, 昌之, 小鍛冶, 優, 上田, 昌範, 藤井, 豊, TANAKA, Yukie, ASAHARA, Masahiro, KAWAI, Masayuki, KOKAJI, Masaru, UEDA, Masanori, FUJII, Yutaka メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/2933

化学教育のためのソケット・ディンプル方式分子模型教材の開発[#]田中幸枝¹, 浅原雅浩², 川井昌之³, 小鍛冶優^{※1}, 上田昌範^{※2}, 藤井豊[§]¹生命情報医科学講座分子生命化学領域(旧:化学), ²教育地域科学部理数教育講座化学,³大学院工学研究科機械工学専攻システム制御工学

Development of Molecular Modeling by the Socket and Dimple Method for Chemical Education

TANAKA, Yukie¹, ASAHARA, Masahiro², KAWAI, Masayuki³, KOKAJI, Masaru^{※1}, UEDA, Masanori^{※2},
and FUJII, Yutaka[§]¹Department of Chemistry, School of Medicine, Faculty of Medical Sciences, University of Fukui,²Division of Chemistry, Department of Science and Mathematics Education,
Faculty of Education and Regional Studies, University of Fukui,³Department of System Control Engineering, Mechanical Engineering,
Graduate School of Engineering, University of Fukui

Abstract :

We developed a new molecular model using the socket and dimple method, which improved on the pointer method. To reduce the pointer work, a styrene foam ball having round dimples for sp^3 hybrid orbital, triangular dimples for sp^2 hybrid orbital and three orthogonal lines for d^2sp^3 hybrid orbital on its surface was developed. And the socket having a rim and an anchor was also developed to be inserted in the styrene foam ball. Soft polyethylene pipes were used as chemical bonds. The use of molecular modeling in science classes was made easier by this new method.

Key Words : socket, dimple, molecular modeling, pointer, chemical education

[#] この研究は、科学研究費・H17-18・特定領域研究(17011030), H17-19・基盤研究(C)(17500579), H20-22・基盤研究(B)(20300253), 福井大学・H19・ILF, H21・学長裁量経費・基礎的萌芽的研究, H22・競争的配分経費・教育, H18・日産科学振興財団「理科・環境教育助成」, H19・日本教育公務員弘済会奨励金, H18・北陸経済連合会・実用化助成事業助成金から助成を受けて実施された。

^{※1} 永平寺町上志比中学校・〒910-1314 福井県吉田郡永平寺町栗住波 16-47

^{※2} (有)福井ウルテック・〒915-0052 福井県越前市矢放町 4-7(松原産業KK内)

[§] 問い合わせ・論文請求先

(Received 14 September, 2010 ; accepted 18 November, 2010)

まえがき

分子模型教材の歴史は古く、理科(化学)教育には欠かせない教材である。しかし、以前の市販教材は、1セット数万円もする高額なものが多く、肝心の教育現場で充分活用されているとは言えない。科学技術創造立国を目指す日本の理科(化学)教育の充実を図るには、安価で実用性のある普及型の分子模型教材の開発が望まれる。そこで、発泡スチロール球と爪楊枝を使った非常に安価なポインター方式分子模型キット^(1~3)を開発した。また、ポインター方式をベースとした中学化学反応学習キット^(4, 5)を開発している。現在、(株)ナリカ(旧中村理工工業)からカタログ販売されている。これらの分子模型教材の普及を図るため、福井県内の教育機関と連携しながら多くの活動を展開し、一定の成果を挙げたと考えている^(6~12)。

しかし、本方式は特定の分子模型を組立てることを目的としており、解体を想定していない。そのため、本キットを使っている教育現場からは、より授業に効果的な解体できる教材を望む声が、次第に高まってきた。こうした要望に応えるため、安価な発泡スチロール球をベースとし、ポインター作業を軽減するためのディンプル付球と結合パイプの差込ソケットを開発した⁽¹³⁾。このディンプル・ソケット方式というべき分子模型教材の実用化を図るため、各種原子に対応したユニバーサルなディンプルの設定・デザイン、および結合パイプの差込保持安定性・操作性を最適化するためのソケット形状設計の課題に取り組んだのでその研究成果を報告したい。

教材開発

① ソケット方式分子模型の開発

従来のポインター方式は、原子として使う発泡スチロール球と化学結合棒として使う爪楊枝を接着剤で固定する方式を取っている。そのため、回転の自由度がない。そこで、化学結合の回転の自由度を与えるため、結合用プラスチックパイプを差込むためのソケットを発泡スチロール球に埋め込む方式に改良し、解体が可能なモデルとした。

ソケットは、円筒状の結合パイプ装着部(内径 3mm と 8mm)とその外縁に陥没防止用の袴を有し、また、発泡スチロール球埋め込み部には回転応力に抵抗するた

めのアンカー部を有している大小の2種を開発した。大型ソケットは直径 35~100mm サイズの発泡スチロール球用であり(写真1)、小型ソケットは、直径 15~35mm サイズの発泡スチロール球用である(写真2)。初期の試作ソケットには、袴がなかったため、結合パイプを押し込む際に陥没する不具合があったが、袴を装備したことでその不具合が効果的に解消された。また、アンカーを取り付けたことで、結合パイプの抜き差しおよび回転時に生じる応力に十分対応できるため、ソケットの脱落を効果的に抑制できるようになっている。ソケットを埋め込むときには、発泡スチロール用接着剤をつけて固定する。ソケットの金型が完成したので、大量生産が可能でコストの削減が達成されている。

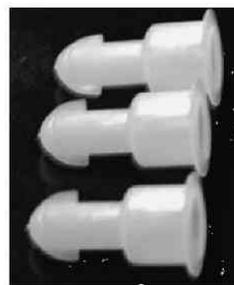


写真1 大型ソケットの概観

右側円筒部は内径 8mm で、外径 8mm の軟質ポリエチレンパイプの挿入部になる。挿入口には、2mm 幅の袴がある。左の円筒部先端には錠型突起があり、この部分を発泡スチロール球に深く埋め込んでしっかりと固定する。直径 35~100mm サイズの発泡スチロール球に用いる。



写真2 小型ソケットの概観

全体が内径 3mm の円筒状である。右側は外径 3mm のプラスチックパイプの挿入口で、幅 1mm ほどの袴がある。左先端には錠型突起があり、この部分を発泡スチロール球に埋め込んでしっかりと固定する。直径 15~25mm サイズの発泡スチロール球に用いる。

② 結合用パイプ

従来のポインター方式では、結合棒に爪楊枝を使用していたが、過度の付加で破損する。一度折れたりすれば修復ができないなどの問題点があった。これは他の市販品のキットでも同様で、多くは硬質プラスチック棒を採用している。そのため、よく原子球に差込んだところで破断してしまうケースがよく見られる。こうした不具合を避けるため、軟質ポリエチレンパイプを結合パイプとして採用している。軟質ポリエチレンパイプは、適度なしなりがあり、大きな負荷がかかっても折れたり破断したりすることはない。また、歪の大きな分子模型を制作するときにもそのしなやかさがあるため十分対応できる点で優れた特性を有している。

③ 結合ポイント識別用のディンプル付き発砲スチロール球の開発

ポインターはあらゆる結合角および結合数を任意に設定するにはきわめて有効な道具であるが、毎回ポイント設定する労力は大変なものであり、学習者にかなりの負担がかかった。このポインターワークを軽減するため、予めポイントディンプルが付けられた発砲スチロール球の開発を行った。使用頻度の高い順に sp^3 、 sp^2 、および d^2sp^3 の混成軌道ポイントをそれぞれ、○、△および直交経緯線溝で図案化したディンプル付原子球（直径 30mm 球）を設計し試作した（写真3）。小型ソケットを○ディンプルの4箇所にも埋め込めば sp^3 原子球が、△ディンプル3箇所と直交経緯線溝の2箇所の交点（pz 軌道）に5つのソケットを埋め込めば pz 軌道を持つ sp^2 原子球が、そして直交経緯線溝の6箇所すべての交点に6つのソケットを埋め込んで d^2sp^3 原子球がそれぞれ用意できる。



写真3 ディンプル付 30mm 発砲スチロール球の概観

発砲スチロール球体の表面に、 sp^3 混成軌道の結合ポイントに円形の窪みディンプルと sp^2 混成軌道の結合ポイ

ントに三角形の窪みディンプルおよび d^2sp^3 混成軌道用に互いに直交する3本のライン状隆起が付いている。 d^2sp^3 混成軌道の結合ポイントは3本のラインが交差するところである。また、2p 軌道を設定する場合は、 sp^2 混成軌道の平面に対して垂直線がとおるラインの交点を用いる。生命化学で汎用性の高い3種の混成軌道をすべて設定できる。

④ ソケットの埋め込み

小型ソケットを埋め込む場合は、発泡スチロール球に竹串でソケット導入穴を中心にに向けて開け、ソケットアンカー部にボンドをつけてやると、ボンドですべりが良くなりスムーズにソケットを埋め込むことができる（写真4）。一方、大型ソケットは、上述に方法ではなかなか埋め込むことができない。そこで、専用の穴あけドリルを用いて、ボーリングする。開けた穴に大型ソケットのアンカー部にボンドをつけて埋め込むとスムーズに納まる。



写真4 小型ソケットを埋め込んだディンプル付 30mm 発砲スチロール球

sp^3 混成軌道および sp^2 混成軌道のディンプル位置に小型ソケットを埋め込んだ原子球の概観である。色をつけて炭素原子、酸素原子や窒素原子を識別している。

⑤ 分子模型の作製

継ぎ手として外径 3mm または 8mm の軟質ポリエチレンパイプを使い原子球同士を結合させて、小型の生徒学習用または教員提示用大型モデルを解体自由に製作できる（写真5）。



写真5 ソケット方式による分子模型

外径 3mm または 8mm の軟質ポリエチレンパイプを適当な長さで切り出して、化学結合として使う。ボール充填タイプまたはボール・スティックタイプのモデルに対応できる。

実用化試験

I 実践授業での検証

JST・H21 年度理数系教員指導力向上研修 (KD091097)⁽¹⁴⁾ で、同意を得て福井県内の中学高校理科化学担当教員による実践授業のための研修を行った。参加者 33 名のアンケート調査 (JST・SPP 様式 5-1 (h) 教員研修・受講者用 090518) から、まず、Q 6 で参加の目的を調べると、

Q 6 今回の研修参加の目的は何ですか？ (複数回答可) (回答者数 33 名)

- ① 研修内容を授業に活かすこと (29 名, 88%)
- ② 自己研鑽 (16 名, 48%)
- ③ その他 (1 名: 分子模型がほしかった。できれば学年生徒分, 3%)

88%の教員は「① 研修内容を授業に活かすこと」と答えた。

また、Q 7 と Q 8 で、新しいソケット・ディンプル方式による分子模型活用研修がその目的にかなったかどうかを調べると、

Q 7 当初の研修参加の目的を達成することができましたか？ (回答者数 33 名)

- ① 達成できた (14 名, 42%)
- ② どちらかといえば達成できた (19 名, 58%)
- ③ どちらともいえない (0 名, 0%)
- ④ どちらかといえば達成できなかった (0 名, 0%)
- ⑤ 達成できなかった (0 名, 0%)

Q 8 今回の研修は、あなたが授業の中で活かすことができる内容でしたか？ (回答者数 33 名)

- ① はい (30 名, 90%)
- ② いいえ (0 名, 0%)
- ③ わからない (3 名, 9%)

全員が Q 7 の①と②で「ほぼ達成できた」と解釈できる。また、Q 8 の設問では、91%の高い割合で「授業の中で活かすことができる」と回答している。③の「わからない」と答えた教員は、授業で理科を担当しないとのことである (インタビューによる聞き取り調査)。さらに、上述の Q 8 で「①はい」と答えた 30 名の参加者に対して、次の Q 9-1 および Q 9-2 の設問を行った。

Q 9-1 Q 8 で「① はい」と回答した方にお聞きします。具体的にどのような面で、授業に活かすことができるとお考えですか？ (複数回答可) (回答者数 30 名)

- ① 児童生徒の興味・関心を喚起する話題や方法論等の工夫を習得することができた (18 名, 60%)
- ② 児童生徒の学習意欲や自主的探究心を喚起する話題や方法論等の工夫を習得することができた (18 名, 60%)
- ③ 児童生徒が実験・観察等の体験活動を行うことの重要性や効果を認識することができた (12 名, 40%)
- ④ 実験・観察等の実施方法、あるいは実験器具等の利用方法を習得することができた (4 名, 13%)
- ⑤ 児童生徒へ提示する教材を、学校で持ち帰ることができた (26 名, 87%)
- ⑥ 児童生徒へ提示する教材の作成方法を習得することができた (17 名, 57%)
- ⑦ 児童生徒へ効果的に教材を提示する方法を習得することができた (6 名, 20%)
- ⑧ その他 (0 名, 0%)

Q 9-2 Q 8 で「① はい」と回答した方にお聞きします。具体的にどのような場面で、授業に活かすことができるとお考えですか？ (複数回答可) (回答者数 30 名)

- ① 授業での教科指導に用いる教材の収集・選択・分析 (19 名, 63%)
- ② 学習目標にむけた教材化の工夫や教材の組み立て方 (19 名, 63%)

- ③ 学習指導案の作成 (1名, 3%)
- ④ 教育カリキュラムや学習目標に合わせた授業設計 (2名, 7%)
- ⑤ 児童生徒の理解度や生活経験に合わせた授業設計 (5名, 17%)
- ⑥ 児童生徒の学習意欲を高める課題設定や発問 (11名, 37%)
- ⑦ 資料や教材等の効果的な提示方法 (15名, 50%)
- ⑧ その他 (0名, 0%)

このアンケートで、分子模型教材の持ち帰りができたことがおおきな成果となり、この教材を活用して授業に活かそうとする積極的な姿勢が見られた。今回参加した教員には1クラス分のキットを提供したので、各自の授業で如何にして活用するかが、各参加者に課せられた大きな課題である。その他、研修参加教員によるコメントは以下のとおりである。

- ① 生徒の理解が深まる教材をありがとうございました。とても楽しみながらできました。生徒にかえしていきたいです。
- ② 毎回楽しみしている研修ですが、今回も直接生徒に還元できる内容でとても良かったです。
- ③ これから教える化学変化や状態変化についていい教具を作れそうです。
- ④ 直接授業に活用できる内容でたいへん役に立った。分子模型づくりの作業はぜひ科学部の活動として取り入れたい。
- ⑤ 内容がむずかしいところもあったが、興味深い内容であった。教具の作成方法が知れたことや、実際に材料を豊富に持ち帰ることがとても良い。
- ⑥ すぐに授業で使える教具をもらったりつくったりでき大変有意義でした。

その後、研修を受けた教員は、各自の授業で実践し、教材の評価をフィードバックした。その実践授業の事例は以下のとおりである。

実証事例①

福井市光陽中学校（福井市教育委員会視察）：化学反応と水素の燃焼および炭酸水素ナトリウムの熱分解

化学反応の理解を目的として、水素と酸素の燃焼反応と重炭酸ナトリウムの熱分解（カルメ焼き）を題材に分子模型教材を生徒に持たせ展開された（写真6）。生徒の化学反応への深い理解につながったとの担当教諭のコメントであった。



写真6 光陽中学校での実証試験

光陽中学校の小林教諭による実証試験の授業が行われた。化学反応の理解を目的として、水素と酸素の燃焼反応と重炭酸ナトリウムの熱分解（カルメ焼き）を題材に分子模型教材を生徒に持たせ展開された。生徒の化学反応への深い理解につながったとのコメントであった。

実証事例②

坂井市三国中学校：化学反応

授業担当者の工夫がよくなされた授業が行われた。水素、メタン、エタノールなど分子の燃焼反応を担当教諭独自の教材として発展させて生徒の興味関心を高めながらわかりやすい授業展開がなされた（写真7）。生徒と担当教諭の感想は以下のとおりである。分子模型を活用することでより効果的な授業が行えることが期待できる。

生徒のコメント

- ① とても難しい所でしたが、やりかたがわかってよかったです。
- ② エタノールの燃焼は難しかったです。
- ③ とても面白かったし、たいへんよくわかりました。
- ④ 模型を使ったり、シールを貼ったりして、とても楽しかったです。
- ⑤ 化学反応式がとてもよくわかりました。

- ⑥ 模型やシールを使うことで、化学反応式がとでもよくわかりました。

授業実施者のコメント

- ① 授業計画が不十分であったため、時間が足りなかった。
- ② 模型を用いて、1人1人が楽しく活動していた。
- ③ シールだけを使用するよりも、模型を用いることにより理解度が深まった。



写真7 三国中学校での実証試験

中学化学反応学習キットと新開発ソケット・ディンプル方式分子模型教材を用いた実証試験の授業が横山教諭により実施された。

まとめと今後の展望

ディンプル・ソケット方式分子模型教材の開発により、解体可能で何度でも繰り返し使えるようになったため、中学校の50分授業で十分活用できるものとなった。今後、本教材の普及を図っていく必要がある。教員研修では、「実際の授業での分子模型活用法のノウハウがほしい」との要望が多く寄せられた。たとえば遺伝子DNAの仕組みをわかりやすく提示する方法などである。今後分子模型教材というハード面だけでなく、授業への応用に関するソフト面での展開が必要になってくるものと思われる。

謝辞

福井県中学校教育研究会理科部会および福井ブロック観察実験研究部会の教員、特に福井市光陽中学校小林教諭ならびに坂井市三国中学校横山教諭には中学化学反応学習キットおよびソケット・ディンプル方式分子模型教材の実証試験に取り組んでいただき感謝します。

参考文献

- (1) 分子模型作製方法の開発, 藤井豊, 福井大学医学部研究雑誌, Vol. 4, p73-80, 2003.
- (2) フラーレン C60 の分子模型製作方法, 藤井豊, 福井大学医学部研究雑誌, Vol. 5, 37-41, 2004.
- (3) 分子模型制作方法及び分子模型, 発明者・藤井豊, 出願人・福井大学, 特願 2003-099479, 特許第 3757283, 2006.
- (4) 分子模型制作方法及び化学反応学習教材, 発明者・藤井豊, 浅原雅浩, 出願人・福井大学, 特願 2006-331847, 2006.
- (5) ポインター方式分子模型製作マニュアル, 電子第1版・編集: 福井大学・分子生命化学(文部科学省特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」支援事業), 著者・藤井豊, 上田昌範, 福井ウルテック, 2007.
- (6) ポインター方式分子模型教材の紹介, 藤井豊, 浅原雅浩, 上田昌範, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, Vol. 5, p369, 2007.
- (7) 科学技術体験合宿「体験サイエンス・サマーキャンプ」の実施と考察, 浅原雅浩, 佐分利豊, 藤井豊, 西田昭徳, 伊佐公男, 福井大学教育実践研究, Vol. 32, p17-26, 2007.
- (8) SPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)を活用した化学教育—単結晶X線構造解析装置を利用した原子・分子の認識, 浅原雅浩, 小鍛冶優, 青山絹代, 宇野章代, 菅原英淑, 丹松美由紀, 福井大学教育実践研究, Vol. 31, p159-165, 2007.
- (9) 小中学生を対象とした「体験サイエンス・サマーキャンプ」, 浅原雅浩, 伊佐公男, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 第5号, p308, 2007.
- (10) 化学教育のための新しい分子模型教材の開発, 藤井豊, 上田昌範, 日本科学教育学会年会論文集, 30, p440, 2006.
- (11) SPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)事業の実践と課題 中大連携のすすめ, 浅原雅浩, 丹松美由紀, 小鍛冶優, 理科の教育, vol. 55, pp27-29, 2006.
- (12) 分析機器を活用した中大連携—サイエンス・パートナーシップ・プログラム(SPP)の取り組みの一例として—, 浅原雅浩, 小鍛冶優, 菅原英淑, 宇野章代, 青山絹代, 日本理科教育学会全国大会発表論文集, 第4号, p154, 2006.
- (13) 分子模型, 発明者・藤井豊, 田中幸枝, 出願人・福井大学, 特願 2009-280088, 2009.
- (14) 化学教育に向けたポインター方式分子模型教材の活用術研修, 藤井豊, 田中幸枝, 三竹直樹, 小鍛冶優, JST科学技術振興機構・H21年度理数系教員指導力向上研修事業(希望型)(KD091097) 独自報告書・2010.