

## プラスチック学習の教材化に向けて

—スーパーボールやスライムの活用例の紹介—

古森 亮太（行橋市立今元中学校）

森下 浩史（長崎大学教育学部）

### I. はじめに

中学校理科では、1年生の「物質のすがた」単元の授業の中において、代表的なプラスチック（ポリエチレンやポリエチレンテレフタレートなど）の性質について触れることになった。我々が日頃目にするプラスチックは多種に亘っており、さらにラミネートされた膜、可塑剤や酸化防止剤などが混入されたプラスチック素材が殆どであることから、我々の生活に身近なプラスチック製品を取り上げて、そしてそれらの性質を学習させることに対しては、少し難しい現状がある。代表的なプラスチックの性質を生徒に学習させる前に、これらの学習を受け入れさせ易いように、生徒に楽しみを与えながらプラスチックに慣れ親しんで貰える予備的な学習・教材が必要だと考える。

当然ながら、高分子の大きさや長さのスケールは通常の高分子のそれらとは相当の違いがある。そのスケールの違いなどに応じて“分子の絡み合い”、“粘性”、“包接”などの高分子特有の性質が現れる。特に巨大分子ともなれば、“分子の拡散速度の低下”、“分子運動速度の低下”に基づいた性質が顕著になってくる。

今報告では、上記の高分子の特徴を捉えて、イオン学習における発展的な内容を取り入れながら、一つには塩析による高分子の凝集物の作成を試みた。他の一つは、磁石が示す磁界形成の様子を、スライム中に砂鉄を混ぜ込み、これらの砂鉄が磁力線を形成する時のダイナミックな振る舞いの過程を観察することとした。高分子が絡んだこの二つの実験例を紹介することで、中学校理科のプラスチック学習において、その学習の導入時における教材を提供することの目的を果たしたい。

### II. 方法・結果

#### 1. 高分子素材による「擬似スーパーボール作り」について

洗濯のりや木工ボンドは子ども達にもよく知られている生活雑貨製品である。子ども達がこれらのものを材料とした、洗濯のり擬似スーパーボールや木工ボンド擬似スーパーボールを作成する操作過程や、実際に子ども達が作成したスーパーボールを手にとって遊ぶことを通して、高分子に対する興味を引き出してもらいたいと願っている。

スーパーボールは高弾性を示すゴム状物質からできている。「スーパーボール作り」のためにポリビニルアルコールなどの繊維状高分子に大きな弾性を持たせ、復元力を伴わせる目的のためには架橋構造やスパンデックス型構造に類似した構造をとらせる工夫が必要で

ある。

### (1) 高分子素材に対する塩析剤として塩化ナトリウムやカリ明礬を使用した場合

#### ① 高分子素材：市販の洗濯のり

市販の洗濯のり（ポリビニルアルコール含有）に食塩やカリ明礬の微細粒子を多量に加えて攪拌棒でかき混ぜると、洗濯のり水溶液の水が分離し、若干の水を含んだポリビニルアルコールの白い塊が凝集して残る。得られたポリビニルアルコールの塊を上手に丸めると弾力のある球（擬似スーパーボール）が得られる。図1には、洗濯のり 100mL に食塩を 50g 用いた場合に得られた塊状のポリビニルアルコールから、これを両手で押し縮めて水を絞って取り除いたものを示す。この塊状球を 40cm の高さから落下させた場合、15cm ほど跳ね上がった。ただし、この塊状球を数日間放置しておく、塊状物に含まれていた水分が蒸発してしまい、その結果、大きさが全体的に収縮して弾力のないポリビニルアルコールの固塊になってしまう。

#### ② 高分子素材：市販の陶芸用ラテックス懸濁液

市販のラテックス原液に食塩やカリ明礬の細小粒を少量ずつ加えながら攪拌棒でかき混ぜると、少し黄色味を帯びた生ゴムの塊が得られる。ラテックス粒子の等電点の関係で、市販のラテックス水溶液にはコロイド粒子を安定的に分散させるために少量のアンモニア水が加えられている。したがって、ゴム塊を得るときにアンモニアの発生があるため、換気には十分注意を払う必要がある。図2には、ラテックス原液を水で2倍に薄めた水溶液を 100mL 用いたときに得られた生ゴム塊状（擬似スーパーボール）を示す。このゴム球では 40cm の高さから落とす場合、20cm ほど跳ね上がった。この方法で得られたゴム球は高い弾性を示す。これは、ラテックス原液に含まれる金属の陽イオンなどが、負に帯電しているポリイソプレンのコロイド分子の凝集形態に関与した結果と考えている。

### (2) 高分子素材の凝固剤として酸を使用した場合

市販の陶芸用ラテックス懸濁液にレモン汁や酢を少量ずつ加えながら攪拌棒でかき混ぜると、少し黄色味がかかったゴムの塊状物が得られる。この時、適当な塊状物（球状の弾性ゴム）を得るためには、ラテックス懸濁水溶液の濃度やレモン汁などの濃度の組み合わせにより、最適な条件を見出す必要がある。



図1 洗濯のり素材の擬似スーパーボール



図2 ラテックス素材擬似スーパーボール

### (3) 高分子素材の凝集 (cohesion) 剤として硼砂を使用した場合

速乾性の木工ボンド (ポリ酢酸ビニル 55%含有) 10g に硼砂の細粒を少量ずつ加えながら攪拌棒でかき混ぜると、水を少し含んだポリ酢酸ビニルの白い塊状物 (擬似スーパーボール) が得られる (図3)。ただし、これを数日間放置して水分を乾燥させてしまうと弾力が失せたポリ酢酸ビニルの固塊になってしまう。



図3 木工ボンド素材の擬似スーパーボール

また、洗濯のりに凝集剤として硼砂の細粒を少量ずつ加えながら攪拌棒でかき混ぜると、硼砂水溶液を含んだポリビニルアルコールの透明な寒天様物が得られる。得られた塊を上手に丸めると擬似スーパーボールが得られる。何故か分からないが子ども達が大好きなスライムは、一般によく知られているように洗濯のりの希釈水溶液に対して硼砂飽和水溶液を適宜加えて、いろいろな流動性をもった透明なスライムを作ることができる (図4)。また、これらのスライムに食塩やカリ明礬の細小粒を少量ずつ加えながら手で押し固めると水が絞り出され、弾力のある水を含んだポリビニルアルコールの白い塊状物 (擬似スーパーボール) が得られる。

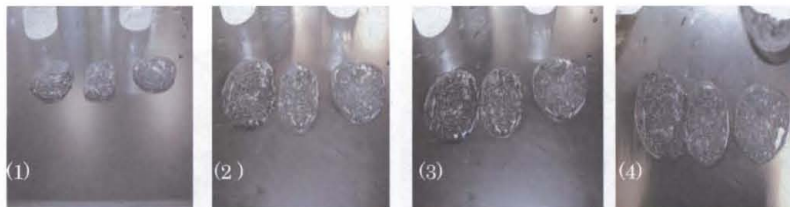


図4 流動性の異なるスライムが広がっていく様子

(3種類のスライムを実験台上に滴下: (1) 直後, (2) 1分後, (3) 3分後, (4) 5分後)

## 2. スライム中の砂鉄によるダイナミックな磁力線形成について

磁石によって形成される磁界の様子を、透明で粘性があるスライム中に混ぜ込んだ各砂鉄粒の移動の様子でダイナミックに観察させることができる。以下に、磁界形成実験の操作手順と砂鉄がスライム中で磁力線に沿って移動する様子を写真で紹介する。

(1) ペトリ皿を使用して、磁界の様子を上方より観察する。

- ① 少し軟めのスライムを作る。2倍希釈の洗濯のり：硼砂飽和水溶液＝80mL：50mLでスライムを作った。この2つの水溶液の混合比でスライムの流動性が異なる。流動性が小さいものはその形が長く安定に保たれるという利点がある反面、磁石による砂鉄の移動がしにくいという欠点がある。逆に、流動性が大きいものは砂鉄による磁力線の形が直ぐに形成され、加えて気泡が抜けやすく観察しやすい利点がある反面、スライムに対して密度が大きい砂鉄がペトリ皿の底に沈降しやすくなるという、観察上の欠点がある。
- ② スライムの中にできるだけ粒の小さい砂鉄を適量だけ混ぜ込ませた。混ぜる時の注意点として、スライムの中に気泡が入り込まないようにできるだけゆっくりかき混ぜる必要がある。
- ③ ②で作成したスライムを大型ペトリ皿（直径22.5cm）に移した。
- ④ ペトリ皿の底外壁の下側にアルニコ棒磁石（長さ10cm）を置き、スライム中を砂鉄が磁界に沿って移動していく様子を、ペトリ皿の上方より観察した。（図5、図6）



図5 ペトリ皿の底の下側に棒磁石を置いた直後の様子

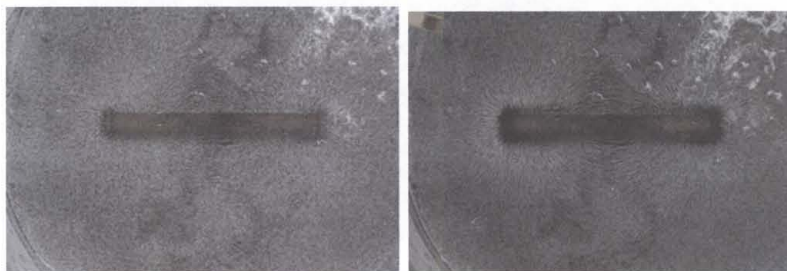


図6 砂鉄が磁力線を形成していく様子（左図：実験開始20分後、右図：60分後）

- ⑤ ペトリ皿の下側に、これまでの横向きの棒磁石に対してもう1本の棒磁石を垂直方向に置き、新たな磁力線が形成されていく様子を、ペトリ皿の上方より観察した。（図7）

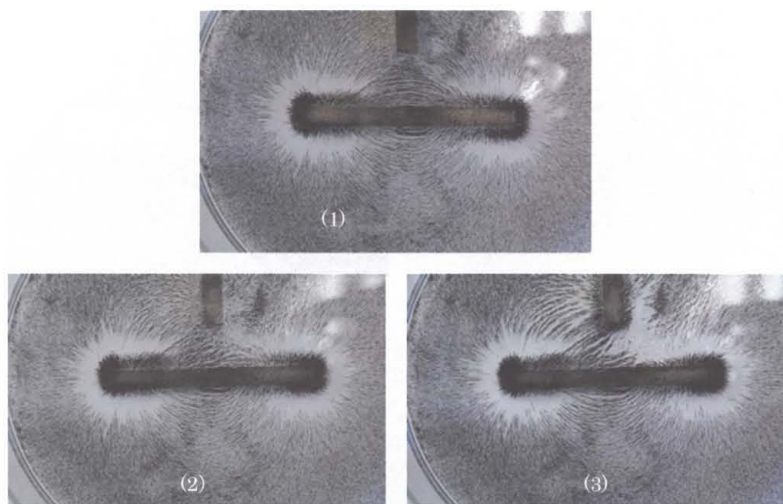


図7 垂直方向に置いたもう1本の棒磁石によって、これまでで示していた磁力線が変化してく様子（上図：実験開始直後，下左図：10分後，下右図：60分後）

磁石の同極間では、斥力が働くため磁力線が繋がらず反発している様子が見られる。また、異極間では、引力が働くため新たな磁力線が形成されている様子が観察された。

(2) 透明な水槽を使用して、砂鉄入りスライム中にアルニコ棒磁石を糸で吊るして、棒磁石が示す磁界の様子を立体的に観察する。

①前記の実験操作③でのペトリ皿に替えて、透明な箱型水槽（縦17cm，横11cm，高さ15cm）に砂鉄入りスライムを入れ，スライム中にアルニコ棒磁石を糸で吊り下げた。

②磁石が示す磁界に沿って，砂鉄が移動し磁力線をダイナミックに形成していく様子を立体的にいろんな角度（上側，縦方向正面，横側方向）から観察した。（図8）



(1)



(2)



(3)

図8 スライム中の棒磁石による立体的な磁力線形成の様子

(実験開始 60 分後 : (1)水槽の真上から, (2)縦方向正面から, (3)側面からの観察)

### 3. おわりに

スーパーボールができるときのモデルとして、以下の事柄で統一的に説明することができる。水溶液中に溶解（懸濁）してコロイドを形成する高分子は、溶液中では通常土どちらかの電荷を帯びている。例えば、マイナス電荷に帯電したコロイド分子は互いに反発し合って、その結果これらの分子は溶液中では安定な状態で分散している。これらのコロイド分子の水溶液にプラスイオン ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{B}^{3+}$ ) を投入して、コロイド分子の電荷を中和したり等電点を調整することによって高分子の凝集を生じさせることができる。本実験とは趣旨を異にするが、豆乳や牛乳中の蛋白質コロイドも水溶液中でマイナスの電荷を帯びている。豆乳や牛乳に同じように凝固剤として、にがりやカリ明礬や酢などを加えることにより、タンパク質凝集物としての豆腐やチーズを作ることができる。<sup>1,2)</sup>

なお、これらのコロイド粒子が示す電荷の相互・反発作用については、磁石の異極同士の磁場は相互作用し、同極同士の磁場は反発することから、高分子のコロイド分子の凝集モデルとしてこの磁石の働きが視覚的に利用できると考えている。

高分子には本稿で紹介した以外にも、多種多様な特質がある。これらの特質をうまく活用することで、オリジナリティ溢れる理科教材を開発できる可能性は大きい。今後も、さらに楽しくて分かり易いものづくりを通して、子どもたちに理科教育に理解が得られるプラスチック教材の開発に努めたい。

### 参考文献

- 1) 武藤有貴子, 平成 20 年度長崎大学教育学部卒業論文 (2009)
- 2) 森下, 武藤, 森内, 坂口, 長崎大学教育学部紀要教科教育学, 17, No.50 (2010)