



目的

中学校理科1分野では、静電気の発生のしくみとして、接触する2物体間の電子の移動で説明する。これは摩擦によるものだけでなく、密に接触していた2物体を、一気に引き剥がすこと（剥離）による帯電についても同様に説明することができる。

次に、静電気の性質として静電気には2種類あり、静電気どうしの力は離れた物体間にはたらくことを学習する。その教材として米村傳治郎氏¹⁾考案の「電気くらげ」という実験が紹介されている。

これらの学習において、以下にあげた学習事項が不十分であると感じた。

1. 2物体間の摩擦や剥離による電子のやりとりの結果、どちらがプラスになり、どちらがマイナスになるか。それは擦る物（剥離する物）の組み合わせでどのように変わるか。
2. 電気くらげは、2物体間の斥力のみを用いる教材として取り上げられているが、引力を用いた教材としては使えないのか。

これらを補完する教材として、電気くらげと同等の材料で、電子のやりとりについてもうまく説明ができ、しかも、斥力だけでなく引力を用いた実験および、その展開手法の開発を目指した。

概要

電気くらげは荷造り用のひも（タフロープ、ポリプロピレン製）を細かく裂いたものをティッシュなどで擦って負に帯電させ、それを負に帯電させた塩ビ管で浮かすという静電気の斥力を使った実験である。これに対し、静電気の引力を使った「逆電気くらげ」を開発し、実践してきた。これを電気くらげとセットで行うと「擦る（剥離する）組み合わせを変えれば同じくらげでも正負の帯電が変わる」「異種は引き合う・同種は反発」ということが効果的に確認できる。

I. 電気くらげ

逆電気くらげを説明する前に、米村氏の実践²⁾を参考に、電気くらげを簡単に紹介する。

1. タフロープでくらげ（浮かす物体）をつくる

写真1のようにタフロープは2枚重ねになっている。そのまま裂いても浮くことがあるが、1枚にはがして薄くする方が格段に浮きやすい。うまくはがれないときはタフロープの表裏にそれぞれセロハンテープを貼り付けてからはがす、などの手法がある。次に、写真2のように1枚にうすくはがしたものを20～30cmの長さに切り、その中央をしっかりと結ぶ。そして太いところを結び目までしっかりと裂いていくことを繰り返す。20本程度以上に裂くことが目安であり、クシを使うと楽であるが、裂いた先がもつれないようにする。



写真1 タフロープ



写真2 タフロープを裂く

2. くらげを帯電させる

くらげを乾燥したティッシュなどで擦って負に帯電させるが、より強く帯電させるには写真3のように、ポリプロピレンよりも正になりやすいアクリル板などの上に置いて、ティッシュなどで擦ってしっかりと貼り付ける。そして結び目を持って、一気に放り上げる。



写真3 アクリル板の上のくらげ

*えびさき いさお 京都府京都市立下鴨中学校 教諭 〒606-0807 京都府京都市左京区下鴨泉川町40-1

☎(075)781-9181 E-mail ebisan@mbox.kyoto-inet.or.jp

3. くらげを浮かす

直径30mm、長さ500mmほどの水道管用の塩ビ管を乾いたティッシュなどで擦って負に帯電させておき、「2」のくらげを空中で受け止めて浮かす。これが同種の静電気の斥力を使った電気くらげである。米村氏は塩ビ管以外でもバルーンアート用の細長風船（ラテックス製）を用いて電気くらげを行っている。細長風船もティッシュなどで擦ると強く負に帯電するので、同様な演示が可能である。以上の実験での帯電列を表すと表1のようになる。

表1 帯電列（その1）

負になりやすい	塩化ビニル	ティッシュ	正になりやすい
負になりやすい	ラテックス	ティッシュ	正になりやすい
負になりやすい	ポリプロピレン	ティッシュ	正になりやすい
負になりやすい	ポリプロピレン	アクリル	正になりやすい

細長風船は塩ビ管と違って繰り返し使えないという欠点はあるが、以下のような長所を備えている。

- ①安価である。空気入れも100円ショップなどで購入できる。
- ②複数の生徒が同時に実験する時に、塩ビ管だと他人を突く危険があるが、細長風船だと安全。

II. 逆電気くらげ

電気くらげを実践している時に、くらげの帯電が弱いと浮かないだけでなく、端の方が誘電分極により細長風船にくっついたことがあった。誘電分極だけではくらげ自体が広がらず、逆電気くらげになることはないが、くらげを強く正に帯電させられたら全体もふわりと広がり、浮上型ではなくつり下げ型の逆電気くらげができると考えた。そして以下のような手法を完成させた。

1. 細長風船の上にくらげを置く。このときくらげの足がもつれないように丁寧に置く。
2. くらげを置いたら、ティッシュなどで擦ってくらげをしっかりと細長風船に貼り付かせる（写真4）。



写真4 風船に貼り付いたくらげ

3. 気合い一発、竹刀を振るようにしてくらげを振りほどくと細長風船は強く負に、くらげは強く正に帯電する。異種の静電気は引き合うので、うまく操ると風船の下でくらげを漂わせることができる。ふつうの電気くらげと上下関係が逆なので逆電気くらげと命名した（図1）。この実験での帯電列を表すと表2のようになる。

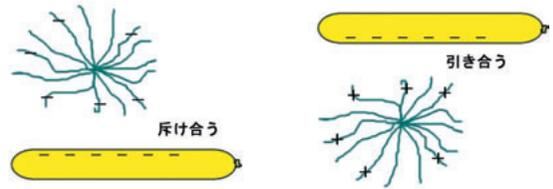


図1 電気くらげ（左）と逆電気くらげ（右）の原理

表2 帯電列（その2）

負になりやすい	ラテックス	ポリプロピレン	正になりやすい
---------	-------	---------	---------

間隔が離れすぎるとくらげは落下する。近すぎると再度くっついてしまうが、そのときは再度ふりほどく。はじめは練習が必要であるが、慣れてくると生徒でも数分間以上漂わせられるようになる（写真5）。



写真5 逆電気くらげ

教材・教具の製作方法

I. 使用する材料・道具について

実験に必要な材料・道具等は写真6の通りである。



写真6 実験に必要な材料・道具

1. 細長風船について

100円ショップなどの安い細長風船の多くは静電気実験には向かない。それに対してやや高価ではあるが「ペンシルバルーン（株式会社鈴木ラテックス）」などは実験には最適である。これは同じような風船に見えても「使うゴムの種類」「加硫の程度の違い」「色づけのための顔料の違い」「すべりをよくするパウダーの違い」などがあるからである³⁾。例えば鈴木ラテックス製と多くの100円ショップのものを比べると、ゴムの手触りからパウダーの違いまですぐにわかる。目安としては膨らませて乾燥したティッシュで擦ってみる。実験に向かないものはまず擦ろうとしてもティッシュが滑らない。起こる静電気量も少なく、電気くらのげのように強い静電気が必要な実験は難しい。実験に向くものはよく滑り、パチパチという音がしてくる。また、細長風船は半分の長さに切ったもので十分であり、逆電気くらのげでの振りほどく動作もしやすい。

2. ティッシュに代わる道具

細長風船を擦る道具として、柔らかく乾燥したティッシュは最適であるが、何枚も必要であり実験後には無駄になる。タオルやアクリル毛布などは汗などによりすぐに効率が悪くなる。また、一度汚れたり湿ったりすると洗濯や乾燥に時間が掛かる。

そこで、これらの欠点を補うものとして、ポリエステル、パルプ、レーヨンを用いて3層構造にした「キッチンクロス（写真7、ユニ・チャーム株式会社、1箱40枚入り250円）」に注目した。これは丈夫で破れたり型くずれしたりせず、柔軟性を保ち、少し湿っても広げて放置しておけば乾き、繰り返し使用にも耐えるものである。1箱に1クラスの人数分の枚数が入っており、他のクラスでも使い回せば1年間で1箱で足りる。そして静電気の実験が終われば回収して、他の実験などで本来の使用法である拭き取り用として用いると無駄も少ない。



写真7 擦る道具

II. 実験成功の秘訣

静電気実験は湿度に影響される。数年間の実践で、ある程度、湿度と実験の成否の相関性を見出せたが、これは私の手持ちのデジタル湿度計による経験則であり、他の湿度計などでは器差などにより多少前後することも考えられるので詳細は割愛する。大事なのは実施前に手持ちのデジタル湿度計を用い、いろいろな条件下で予備実験を行い、成功する（失敗する）ときの湿度を知っておくことである。湿度計がないときの目安としては、細長風船を乾いたティッシュで擦ってみて、そのティッシュがくっつくかどうかで見極める。くっつくくらいの静電気が起こらないときは電気くらのげも逆電気くらのげも難しいことが多い。

これら以外の秘訣を以下に記す。

- ①細長風船は膨らませてすぐのものを使う。
- ②くらのげの先端がもつれてうまく広がらなくなったら作り直す。
- ③実験時は手をきれいにしておく。また、なるべく汗をかかないようにする。
- ④梅雨時などは空調の利いた教室で行う。冬季の実験時にはガスストーブなど水蒸気がたくさん出る物を焚かない。

III. 安全上の注意点

竹刀のように振りほどく動作が必要である逆電気くらのげの実験は、たとえ演示であっても塩ビ管を用いてはならない。また、細長風船でもくらのげを追いかけるのに夢中で他人や物、机、ガラスなどにぶつかる事故や、実験中に体にも結構静電気がたまることもあり、それが思わぬ時に放電し、驚いて2次的な事故を呼ぶときがあるので注意しておく。

学習指導方法

授業での展開はおおよそ以下のような流れである。50分の授業で、実験から考察、まとめまで十分に行える。まとめの時に、電子のやりとりや帯電の様子の簡単な図を書いてやるとわかりやすい。

1. 電気くらのげを行う

- ①風船やくらのげがマイナスに帯電する理由を電子のやりとりから考える。
- ②くらのげがふわりと広がる理由を同種の静電気（マイナス）の斥力から考える。
- ③くらのげが浮く理由を同種の静電気の斥力から考える。

2. 逆電気くらのげを行う

- ①先ほどはマイナスだったくらのげが、なぜ今度はプラスに帯電したかを電子のやりとりから考える。
- ②くらのげがふわりと広がる理由を同種の静電気（プラス）の斥力から考える。
- ③くらのげをつり下げ型で漂わせることができる理由を異種の静電気の引力から考える。

3. 帯電列を考える（発展）

- ①実験に使ったもの（材料）を、マイナスになりやすいものから順に並べてみる。

実践効果

1. 同じ組み合わせで異なった結果になる不思議さがある

まったく同じ組み合わせの細長風船とタフロープのくらげが、ある時は反発して浮き、ある時はくっついてつり下がることは生徒にとって不思議である。静電気への興味関心を持たせ、その原理を深く考えようとする動機付けになる。

2. ポリプロピレンのひもがいつもマイナスになるという誤解を解消する

同じひもがプラスになったりマイナスになったりする原因を考えることで、静電気発生メカニズムの理解定着につながる。また、帯電列という発展的な内容につなげることもできる。

3. 達成感のある楽しい実験授業になる

浮かしたりつり下げたりしたまま長く保持するためにはコツが必要である。それを体を動かし、楽しみながら体感できる。

4. 引力・斥力がわかりやすい

同種の静電気の反発により浮く、異種の静電気の引力によりつり下げる、という単純明快な実験結果から、静電気の斥力・引力について体感をともなった理解定着が可能である。

5. 特殊学級での教材化

生徒の発達段階などによっては、一度失敗すると再度擦り直しの手間が必要な電気くらげよりも、失敗して風船にくっついてしまっても再度振りほどけば良く、床に落としても風船を近づければ、またくっついて継続して何度も行える逆電気くらげの方が楽しみながら熱中して取り組んでくれることがわかった。

参考文献等

- 1) サイエンスプロデューサー
- 2) 米村傳治郎：「空飛ぶ電気くらげ」滝川洋二・石崎喜治編著『ガリレオ工房の身近な道具で大実験』大月書店（1997）。
- 3) 株式会社鈴木ラテックスへの取材による

その他補遺事項

本作品の手法は平成15年12月に開発し、「京都市青少年科学センター・演習実験コーナー（2003.12.24）」、「青少年のための科学の祭典京都大会（2004.11.6）」、「第4回科学教育ボランティア研究大会（国立京都国際会館、2004.12.19）」など実施・発表歴が多数ある。本実践の原理部分は以下の報文にも記載されている。海老崎功：「逆電気くらげ」物理教育 Vol.53, No.4（2005）