

前線モデル観察装置の開発と、 探究的な学習プログラムの提案

横山 光

前線の構造を理解させるためのモデル実験を行う装置を開発した。この装置を用いることで、中学生がみずから実験を行ったり、何度も繰り返し検証したりすることができる。また、実験の条件設定も簡単で、準備や後片付けも容易である。さらにこの装置を使った前線に関する探究的な学習プログラムについても提案する。

〔キーワード〕 天気の変化 寒冷前線 温暖前線 教材・教具 地学

はじめに

中学校2年「気象とその変化」の学習では、前線の通過と天気の変化について学習する際、暖気、寒気のぶつかり合いを表すモデル実験などの方法を工夫して前線の構造についての理解を深めることが求められている^{※1)}。北海道内で使用している教科書では、水槽を縦に仕切り、片方の空間に、ドライアイスで発生させた白い煙や氷水や保冷剤で冷やした線香の煙を満たし、中央の仕切りを外すことで、寒冷前線の断面モデルを再現する実験が紹介されている^{※2) ※3) ※4)}。また、同様の装置を用い、暖気と寒気の代わりに温度差をつけた水を入れ、中央の仕切りを外して前線モデルを形成させる実験も一般的で、理科教育センターで過去に実施していたアドバンス講座においても、実験方法や素材についての研究が行われてきた^{※5) ※6)}。

しかし、これらの教具には、①演示を前提とした大規模な実験装置となる、②寒気と暖気の温度差がわずかで良く、設定が難しい、③いずれのモデル実験も寒冷前線しか再現できない、④仕切りを外すときに渦ができてしまう、などの課題があった。

そこで、これらの課題を解決するために、①装置の小型化、②簡単な条件設定、③温暖前線モデルの再現、④仕切りを使わない、前線モデル観察装置を開発することにした。

また、中学校理科の課題として求められている学習の事例として、本教材を用いた前線に関する探究的な学習プログラムも提案する。

1 前線モデル観察装置の作製

(1) 準備

透明プラ板（厚さ0.1～0.3mm，A4版），発泡スチレンボード（厚さ5mm，A4版），透明アクリルフォーム両面テープ（幅12mm，厚さ1mm），シリンジ（20mL），ビニルチューブ（外径5mm），青インクで着色し冷蔵した水，赤インクで着色し室温にて放置した水

(2) 作り方

- ① プラ板を210×50mmに切り取る（A4の短辺が長辺になるように切り分ける）。プラ板が手に入らないときは、ハードタイプのカードケースを使用すると良い。
- ② 発泡スチレンボードを①と同じサイズに切り出す。
- ③ ②の3辺を残したコの字型になるように、内側を切り取る（図1）。このとき、残る辺の幅が12mmになるようにする。また、切り取った内側のパーツは捨てずに取っておく。

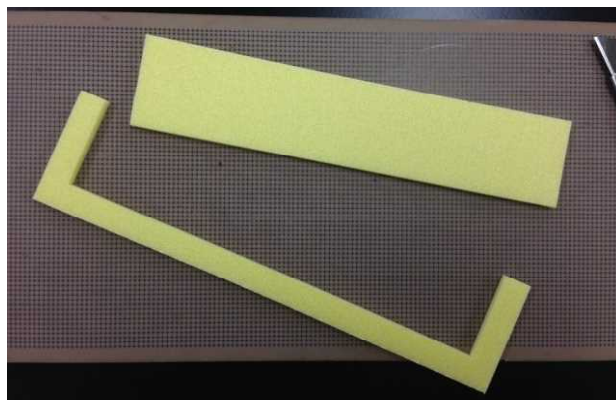


図1 切り取ったスチレンボード

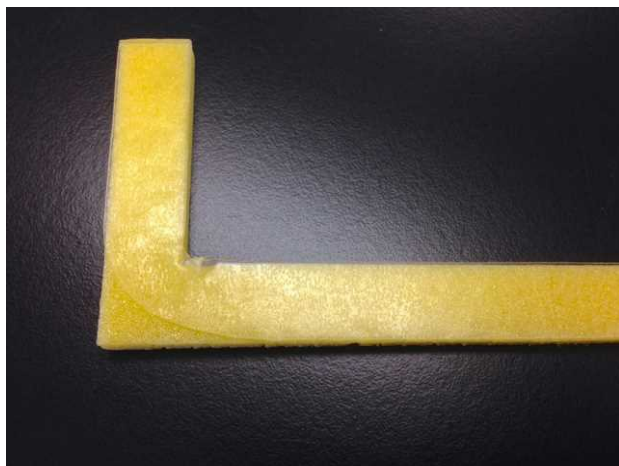


図2 両面テープの貼り方

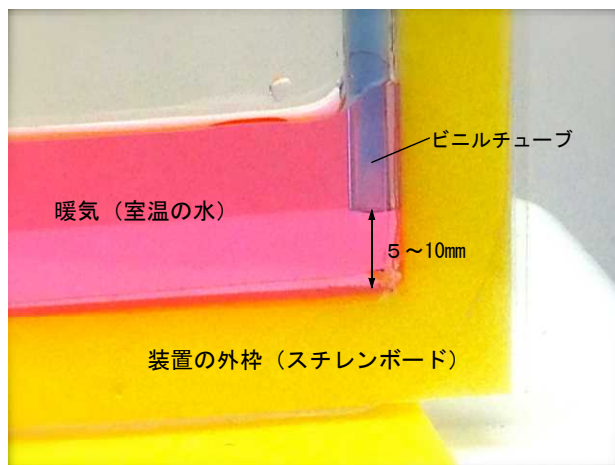


図5 寒冷前線モデル実験時のチューブ位置



図3 完成した前線モデル観察装置

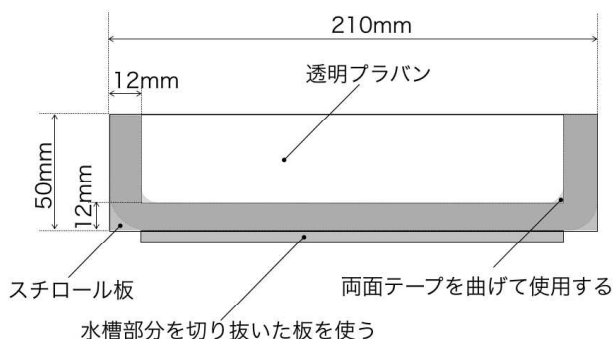


図4 前線モデル観察装置の詳細

2 前線モデル観察装置の使用

(1) 寒冷前線モデルの観察

- ① 赤インクで着色し室温にて放置した水を，ビニルチューブをつけたシリンジで，水槽の約半分まで入れる。
- ② 青インクで着色し冷蔵した水を，ビニルチューブをつけたシリンジで，約20mL 吸い上げ，ビニルチューブの中の空気を抜いておく。
- ③ ビニルチューブの先端を水槽の端に沿わせて入れる。このとき，チューブの先端が底から5～10mm程上の位置で止める（図5）。
- ④ シリンジでゆっくりと青い水を注入する。
- ⑤ 青い水が水槽の底部を進んでいく様子を観察させる（図6）。
- ⑥ うまくいかないときは，繰り返し行う。

(2) 温暖前線モデルの観察

- ① 青インクで着色し冷蔵した水を，ビニルチューブをつけたシリンジで，水槽の底から約1/3まで入れる。
- ② 赤インクで着色し室温で放置した水を，ビニルチューブをつけたシリンジで，約20mL 吸い上げ，ビニルチューブの中の空気を抜いておく。
- ③ ビニルチューブの先端を水槽の端に沿わせて入れる。このとき，チューブの先端が底につくように入れる。
- ④ シリンジでゆっくりと赤い水を注入する。
- ⑤ 赤い水が青い水を押し進めていく様子を観察する（図7）。
- ⑥ うまくいかないときは，繰り返し行う。

- ④ 透明アクリル両面テープを発泡スチレンボードのコの字型部分に貼り付ける（図2）。このとき，角の部分に隙間ができないよう注意する。
- ⑤ ④の両面テープ上に，①で切り分けたプラ板を貼り付ける。
- ⑥ 発泡スチレンボードの裏面についても④，⑤の操作を行う。
- ⑦ ③で捨てずにとっておいたパーツを，コ字型の長辺部分の外周に貼り付け，実験用の水槽が完成（図3，図4）。

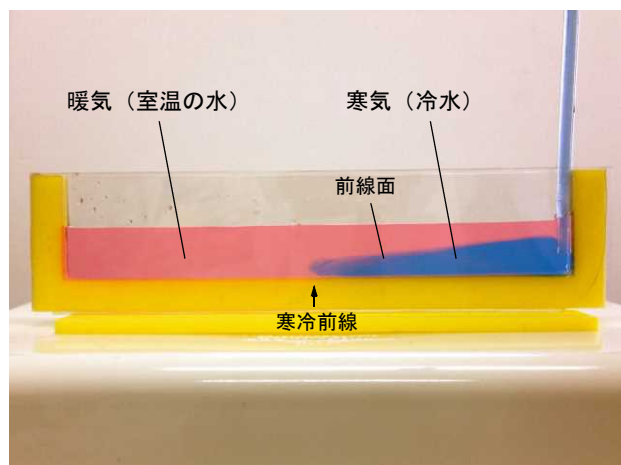


図6 作成した寒冷前線モデル

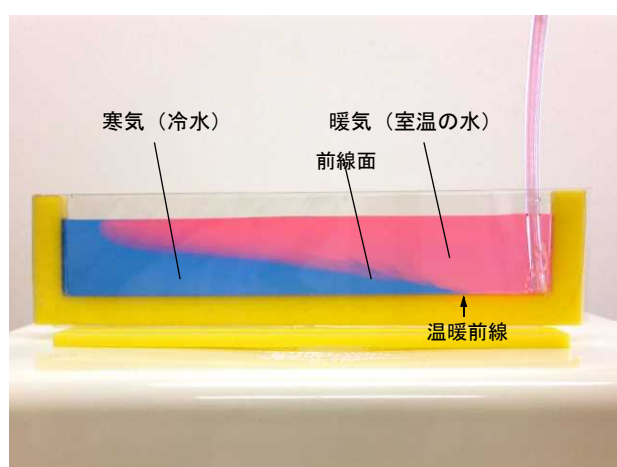


図7 作成した温暖前線モデル

(3) 本装置を使った実験の長所

本装置の開発は、前述した従来の前線モデル実験装置にみられる課題を解決することを目的として行われた。よって、次に挙げるような長所を持った教材となっている。

・装置の小型化と操作の簡単さ

長さ20cm、厚さ数mmの水槽は、使用する水の量も少なく、満水で40mL程度である。装置が倒れるなどの事故が起きても、その影響は非常に小さい。また、軽くて取扱いが容易なうえに、実験操作も簡単なため、生徒が自ら実験を繰り返して行うことができる。また、両面とも透明なため、実験台を挟んで向かい合って両側から観察することができる。

・簡単な条件設定と準備片付けの簡便さ

水温の調整等が不要であるため、色水を大量に作り置きしておけば、いつでもすぐに実験を始めることができる。また、使用する液

体が水であることから、実験後も水道水で流すだけで片付けることができる。

・温暖前線モデルの再現

従来の装置と大きく異なるのは、温暖前線を再現できることである。従来の方法では、寒気を想定した気体もしくは液体が、自重により横方向に広がる力を利用していた。つまり、寒気の運動しか再現することができなかった。しかし、本装置では進行する寒気及び暖気を想定した色水をシリンジにより注水することで進行させている。このことにより、温暖前線の再現が可能になったばかりでなく、色水の温度差を細かく設定しなくても適切な速度で前線を進行させることができるようになった。

・クリアでわかりやすい実験結果

また、仕切りを使わないモデルにしたことで、実験の初期に起きる液体の乱れがなくきれいな前線の構造を観察することができる。さらに、水槽の端から前線が移動するため、小さな水槽でも十分観察できる幅を確保することができた。

3 「気象とその変化」における探究的な学習

平成24年度全国学力・学習状況調査の結果、中学校理科においては、基礎的・基本的な知識や技能を活用して、仮説を検証するための観察・実験を計画することなどに課題があることが指摘されている^{※7)}。しかし、全ての単元でこのような学習活動を行うことは容易ではない。

そこで、既習事項をもとに本実験装置を用いた実験を計画させ、閉塞前線の構造について調べる、探究的な学習を提案する。

(1) 学習の展開

学習課題「閉塞前線のしくみを考え、実験装置でその構造を再現してみよう。」

学習のおおまかな流れ

- ①閉塞前線はどのようなしくみでできる前線か、教科書や資料を用いて調べる。
- ②閉塞前線は、温暖前線に寒冷前線が追いついたときにできることに気づく。
- ③実験で再現する方法を、グループで話し合いながら考える。
- ④実際に実験をして検証する(図8)。

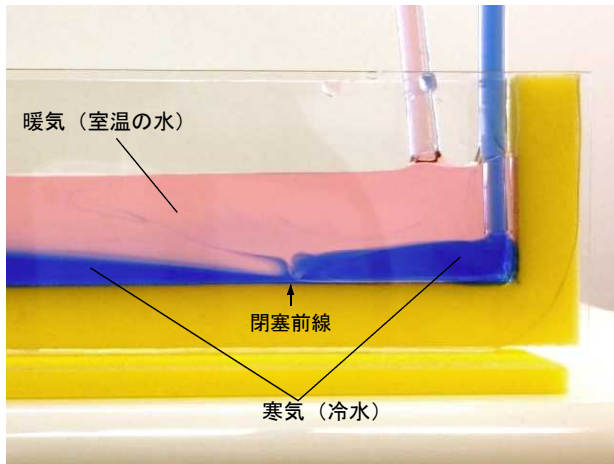


図8 作成した閉塞前線モデル

(2) 「閉塞前線」を題材にする意義

本装置では、前述のように寒冷前線や温暖前線のでき方や構造について確かめ、学習することができる。このような前線をともなう温帯低気圧は、日本の特徴的な気象のひとつであり、温帯低気圧と前線の通過によってどのように気象が変化するかについては、重要な学習内容として位置づけられている。しかし、温帯低気圧において最終的に形成される「閉塞前線」については言葉で扱うのみである。

閉塞前線について、そのでき方や構造を考えたときには、これまでに学習した寒冷前線や温暖前線についての正しい知識と、閉塞前線についての知識とを関連付け、それらをもとにして実験方法を考える力が必要になる。また、実験方法を考えていく中で、学習した知識を振り返り活用するため、定着が図られる。

このような学習を繰り返すことで、中学校理科の課題で指摘されている、知識や技能を活用して、仮説を検証する観察・実験を計画する力が身についていくであろう。

4 成果

本装置を使用した学習活動は、当センターの中学校理科教員対象の講座で紹介している。講座に参加した教員からは、装置の簡便性、実験のわかりやすさ、探究的な学習プログラムの有効性などに対して良い評価をいただいた。また、すでに本装置を授業にて使用している教員も多く、授業における教材の効果についても、感想とともに寄せられている。これらを本研究の成

果として次に記す。

(1) 教材について

- ・簡単・低予算でかなりの数の装置を作ることができた。
- ・使用する水の量が少なく扱いやすい。
- ・準備・片付けに時間がかからない。
- ・保管場所が狭くても良い。

(2) 生徒の学習状況について

- ・少人数で観察させられるので、考察を深めさせることができた。
- ・繰り返して行うことができるので、全員が実験操作をすることができた。
- ・理解の早い班は、自ら停滞前線や閉塞前線を再現しようと、課題をたてて実験していた。
- ・二人で協力しないと上手に操作できないので、自然と話し合いながら実験を行っていた。

5 まとめ

本装置の原型は、平成21年に著者が開発し、当時勤務していた中学校にて実践していたものである。基本的な構造は変わらないが、どこにでもある材料で、より簡単な操作で実験できる装置を目指して改良を進めてきた。研究を行うにあたり、前線モデルを再現することよりも、この実験を通して何を学ばせどのような力をつけさせたいのかが大切であることに気づかされた。本研究により、現場での観察・実験や探究的な学習活動が充実し、生徒達の科学的な思考力が一層高まることを期待する。

最後に、研修講座や授業での実践を通し、本教材にへの多くの意見や改良のヒントをくださった全ての方々に感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 文部科学省 中学校学習指導要領解説理科編 2008
- 2) 教育出版 自然の探究中学校理科2 2012
- 3) 啓林館 未来にひろがるサイエンス2 2012
- 4) 東京書籍 新しい科学2年 2012
- 5) 三浦篤史ほか 前線モデル改善に向けての考察 平成17年度理科アドバンス講座(中学校)報告会資料、北海道立理科教育センター 2005
- 6) 鴻上貴 お手軽!はさみ水槽で作る低気圧前線断面図モデル 平成20年度理科アドバンス講座(中学校)研究成果報告書、北海道立理科教育センター 2008
- 7) 国立教育政策研究所 平成24年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書 2012

(よこやま ひかる 地学研究班)