

理科教育用W型問題解決モデル を意識して構成する 中学校理科の学習指導

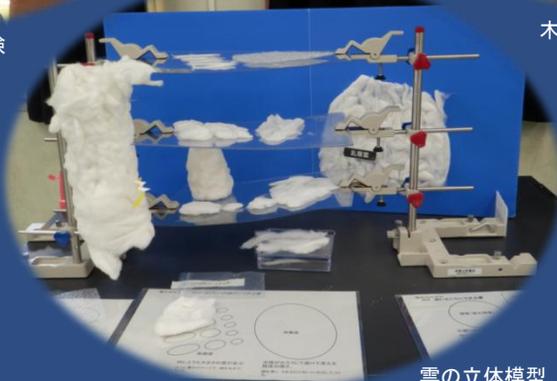


ペットボトルでリップルマークを作る実験



木の葉化石原石と断層のモデル実験装置

プロセスⅠ
観察を通して
生徒自身が
問題発見!



雲の立体模型

プロセスⅡ
予想や仮説を
実験で検証し
問題解決!

プロセスのⅠとⅡで、2つの「思考→体験→思考」のセットを行うのが“W型”!

このリーフレットは、
理科教育用W型問題解決モデル（五島・小林，2009）と、
このモデルを意識した**中学校理科の指導例**を紹介します。

生徒が、次の能力を身に付け、認識を深めることを目指しています。

- ① 実社会や実生活の場面における問題解決のための科学的能力
- ② 理科を学習することの意義や有用性についての認識

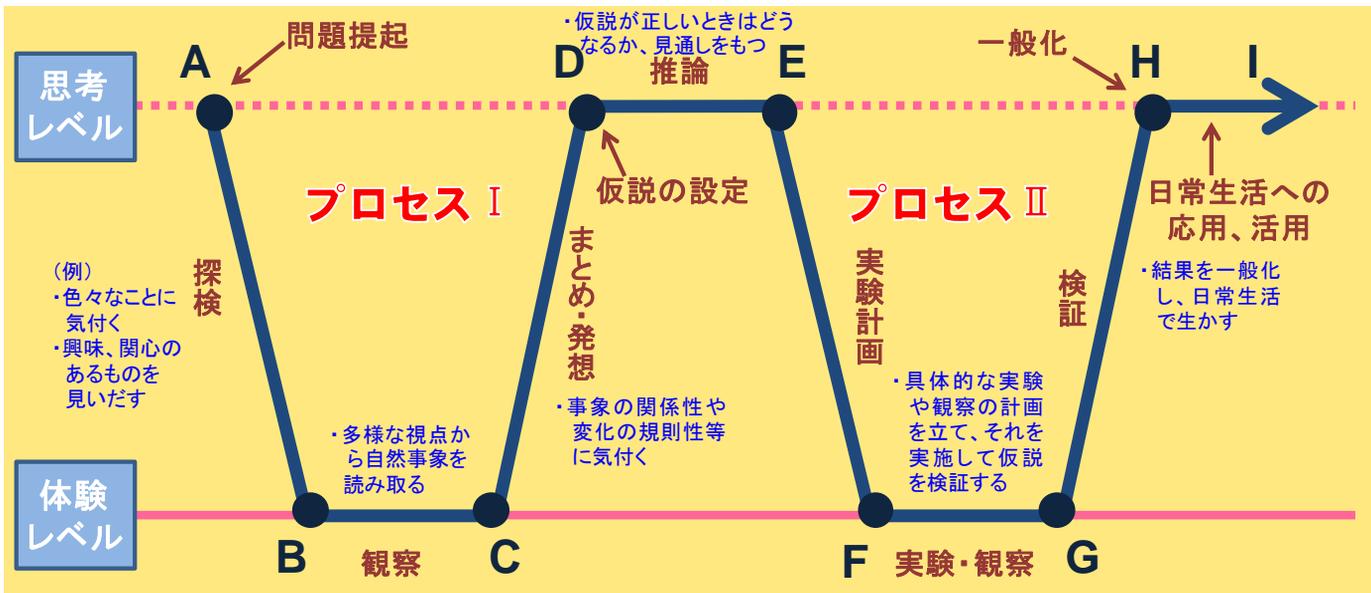
国際調査（PISA調査、TIMSS調査）の結果、日本の生徒には上記①②の課題がみられます。
新学習指導要領では、理科教育の一層の充実が求められ、これらの課題改善が図られています。

和歌山県教育センター学びの丘

平成25年8月

理科教育用W型問題解決モデルとは...？

理科教育用W型問題解決モデル（五島・小林，2009）とは、子どもがフィールドワーク（主として野外観察、観測や実験など）から問題を発見し、立てた仮説を確かめるための実験や観察を通して問題の解決を行うものです。具体的な体験や活動から学習をスタートするために、主体的な学習への取り組みが期待できます。



このモデルは、子どもの科学的リテラシーなど問題解決能力の育成を目指して、思考と体験の行き来を繰り返して学習することに特徴があります。基本的には「思考→体験→思考」の学習のセットを2度行うため、上図のようなアルファベットの「W」の形になります。これが「W型」という名称の由来です。なお、このモデルの原型は、川喜田二郎(1967)が著書『発想法』の中で提示したものです。

日々の授業でどう活用？

このモデルを意識して日々の授業を構想・展開することで、生徒は、「問題提起→探検→観察→まとめ・発想→仮説の設定→推論→実験計画→実験・観察→検証→一般化→日常生活への応用や活用」の各過程で、既存の知識や技能を活用しながら問題の発見や解決に取り組むようになり、科学的リテラシーなど問題解決能力を身に付けることができます。また、このモデルは、科学クラブや個人・グループで課題研究に取り組む場面では、特に有効です。

「科学的リテラシー」(OECD-PISA2006年度調査)は、個々人の「疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用」、「科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解すること」、「科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること」、「思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること」という問題解決のための科学的能力と定義されている。



教育センター学びの丘では、平成23年度から24年度にかけて、有田地方の中学校教員と共同して、理科教育用W型問題解決モデルを日常の授業で活用できるように、教材開発や授業実践に取り組みました。

本リーフレットで紹介する指導例や教材は、その共同研究の成果の一部です。事例1・2は、理科教育用W型問題解決モデルのプロセスⅠとⅡを上手く取り入れたものです。また、事例3～7は、プロセスⅠとⅡの一方に重点を置いたり、モデルを部分的に導入したりして展開したものです。

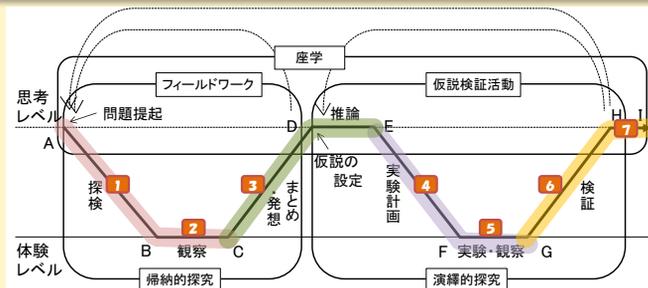
第3学年 単元「運動とエネルギー」 「道具を使うと小さな仕事ですむのか」

http://www.wakayama-edc.big-u.jp/kenkyuroku/H24/H24_03.pdf

ここがW型です！

ビデオの視聴により問題意識をもたせた(1)後、滑車の性質に気付かせる基本的な実験を行わせます(2)。この実験を通して、滑車を組み合わせると、小さな力で重い物体を持ち上げることができると予想し(3)、その検証に取り組みます(4~6)。

※数字は右図に対応



さらに、3つめの「思考→体験→思考」

野球のバットを用いた簡単なゲームを体験させ、「仕事の原理」が「輪軸」にも適用でき、自転車の「変速機」や「歯車」に応用されていることへと発展させます(7)。これらにより、探究することの面白さや大切さを実感させ、理科を学ぶ必要性を認識させたり、身近な問題を科学的に解決しようとする意欲を向上させたりすることができます。



自転車の変速機

1 レスキュー隊員の壁登りを探ってみよう。

問題提起～探検



レスキュー隊員が軽々と壁を登れるのは、ロープに付いている滑車に秘密がありそうだということに気付く。

2 「定滑車」と「動滑車」の性質の違いはあるだろうか。

観察



定滑車と動滑車を使ってみて、力の大きさや向きなどについて、分かったことや気付いたことを記録する。

3 【仮説】動滑車を組み合わせると、重い物体も軽々と持ち上げられる。

発想～推論



動滑車を増やすと、ひもを引く力は小さくなっていくはずであるという見通しをもつ。

4 滑車を組み合わせて、小さな力で物体を持ち上げよう。

実験計画



水8kgを持ち上げるときの滑車の組み合わせ方を考える。

5 実際に8kgの水を持ち上げよう。

実験・観察

生徒全員で組み合わせた滑車を用いて、水8kgを持ち上げる実験をする。



6 引く力の大きさと距離との関係は、どうなっているだろうか。

検証

実験結果から、ひもを引く力の大きさと引く距離との関係をまとめ、結論を整理する。



7 身の回りのどこに「仕事の原理」が活用されているか。

日常生活への応用・活用

「仕事の原理」の適用場面を考える。



バットを使ったゲーム体験



輪軸モデル

準備物

- ①水8kg(2Lのペットボトル4本分) ②大型滑車 ③ロープ
- ④実験用滑車(模型用プーリーを利用) ⑤おもり(10g, 20g)
- ⑥実験用ひも ⑦実験用バー(フック付き角材)
- ⑧実験用スタンド ⑨ニュートン計 ⑩定規 他

第3学年 単元「化学変化とイオン」

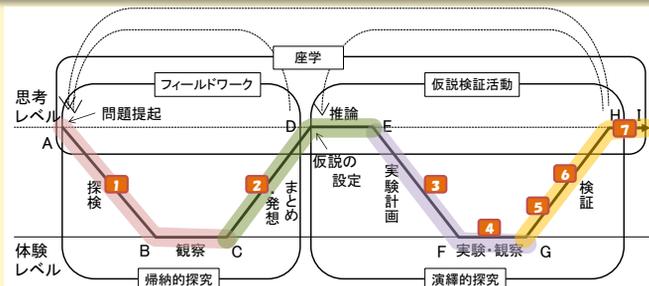
「電池のしくみはどのようになっているか」

http://www.wakayama-edc.big-u.jp/kenkyuroku/H24/H24_03.pdf

ここがW型です！

「ものづくり」を通して(1)、「電池」は2種類の金属と電解質水溶液からできていることを見出し(2)、いろいろな金属や電解質水溶液を組み合わせることで、電池のしくみを明らかにします(3~6)。

※数字は右図に対応

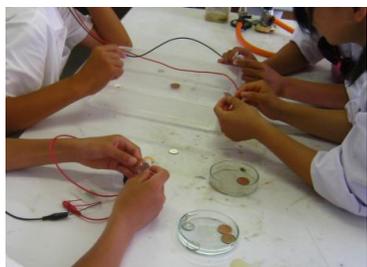


さらに、3つめの「思考→体験→思考」

この実験で作成した電池を、より便利・安全に使うアイデアを考えさせた後、乾電池の仕組み(構造)を解説します(7)。生徒たちが考えたアイデアが乾電池の技術としても活かされていることに気付かせることにより、創意工夫することの価値を見いださせることができます。このように、電池を通して、理科の学習と実社会・実生活とのつながりにも着目させることができます。



1 硬貨を用いて、電池をつくろう。
探検～観察



10円硬貨と1円硬貨で電池をつくり、電子メロディーの鳴り方などを記録する。

2 【仮説】金属と水溶液の種類によって、電圧の高い電池をつくることができる。
発想～推論



電池ができるときの条件について予想を立てる。

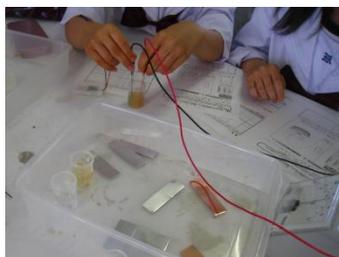


3 いろいろな種類の金属や水溶液を用意しよう。
実験計画

金属と水溶液の組み合わせ方や、実験装置をワークシートに記入する。

4 金属と水溶液の種類を変えて、生じる電圧を測ろう。
実験・観察

- 身近な材料
- 【金属板】銅板 アルミニウム板 亜鉛板
 - 【電解質】レモンジュース スポーツ飲料 食酢
 - 【非電解質】砂糖水 エタノール



6 実験の結果をまとめ、お互いに確かめ合い、発表しよう。
検証



電池ができるときの条件を確認する。グループで考察した結果をクラス全体で発表する。

5 実験の結果から、どのようなことが分かるだろうか。
検証

金属と水溶液の種類、電圧の測定値を比較して、分かったことを記録する。

7 この電池を日常生活で使うとしたら、どんなところが困るだろうか。
日常生活への応用・活用



「電解質水溶液をゲル状にすれば、安全性が高くなる。」

「乾電池の構造と同じだね。」

日常生活で使いやすい電池を考え、乾電池の仕組みと比べる。

準備物

- ①10円硬貨(銅) ②1円硬貨(アルミニウム)
- ③キッチンペーパー ④食塩水(電解質水溶液)
- ⑤銅板、亜鉛板、アルミニウム板
- ⑥レモンジュース、スポーツ飲料、食酢、砂糖水、エタノール
- ⑦フィルムケース ⑧電子メロディ(1.2V~3.6V)
- ⑨みの虫付きリード線(赤黒) 他

ポイント 「体験」をもとに学習を展開

和歌山県内には、中生代白亜紀や新生代第三紀の化石を産出する地域がありますが、入手は困難で、化石採集を体験したことがある生徒はごく少数です。

単元の始めに、入手しやすい木の葉化石原石を用いて、室内実習として化石探しを体験させます。この原石は、1mm程度の薄い地層が集まってできている「地層のミニチュア」なので、化石探しを通して地層とはどのようなものかも実感できます。

観察した地層や化石を、身近に見られる地層や化石と比較することによって、化石を含む地層が堆積した年代や環境についての問題を見だし、単元の学習を展開します。



原石の断面は地層のミニチュア

W型との関連はココ！

木の葉化石原石を配付し観察させた(A)後、化石を探させます(A-B)。各生徒が気付いたことを共有し、さらに化石探しを続けます(B-C)。化石探しを通して気付いたことや疑問に思ったことを話し合います(C-D)。地層と化石について、生徒が自ら見出した問題をもとに、以後の学習を進めます。この学習は、W型問題解決モデルのプロセスI(問題発見)に重点を置いたものです。

※英字は、下図に対応

教材について「木の葉化石原石」

木の葉化石原石は、新生代第四紀更新世(数十万年前)に、湖へ火山灰などが堆積してできたもので、岩石は比較的柔らかく、化石の発掘が容易です。見事な木の葉化石が豊富に含まれており、昆虫や小動物が見つかることもあります。多くの教科書で、教材として取り上げられています。

原石は「木の葉化石園」(栃木県那須塩原市)から購入できます(平成25年7月現在。ただし、教育関係者に限定されています)。



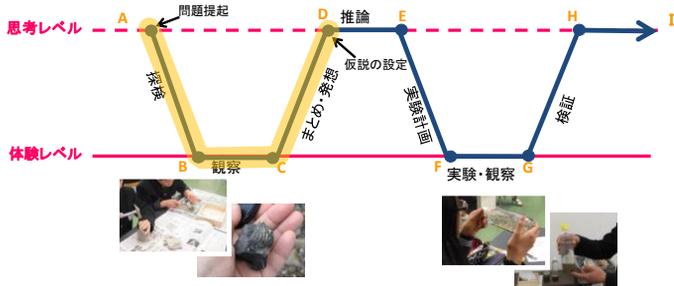
木の葉の化石

昆虫の化石



第2時 問題の整理

「何年前の化石なの」
「恐竜やアンモナイトの化石がないはなぜ」
「どこで探ってきた化石か」
「どうやって化石になったのか」



第1時 木の葉化石発掘

→ 化石や地層の観察

第2時～

モデル実験で仮説を検証など
ペットボトルで貝殻と一緒に砂や泥を堆積させる実験やリップルマークを作る実験



化石の発掘体験

準備物

- ①木の葉化石原石(人数分+α)
- ②新聞紙やカッティングマット
- ③マイナスのドライバーまたは大型の釘など
- ④金槌
- ⑤ゴーグル
- ⑥化石保管用の箱や標本ラベル

| 学習活動と内容 主な発問・指示(◇)、 予想される生徒の反応(・)など | |
|---|--|
| 第1時 | <p>◇これは、木の葉化石を含む石です。 木の葉化石原石を配付(A)</p> <p>◇これからみんなで、原石から化石を見つけます。方法などを説明(A-B)</p> <p>◇では、発掘作業をはじめなさい。気付いたことは、記録しておきましょう。(B-C)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・見つけた化石を机上に整理 ・気付いたことをノートに記述 |
| 第2時 | <p>◇発掘作業で、気付いたことを発表しましょう。</p> <p>◇疑問に思ったことをグループで話し合います。(C-D)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・見いだした問題を整理 <p><以下は、状況に応じて扱う。></p> <p>◇木の葉化石は、どのような場所でできたと考えられますか。(D-E)</p> <p>「一枚の地層」ができるのに1年かかったことを知らせる。</p> <p>◇自分が発掘した地層は何年分ですか。地層ができた年代や、そのときの環境について説明する。(F-G-H)</p> |

ポイント 教室でつくる美味しい断層



ココア粉末と小麦粉の地層でできた断層

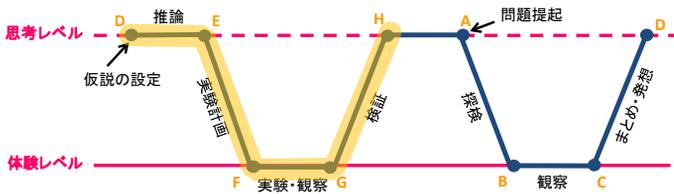
ココア粉末の地層を押して断層を作る実験は、誰にとっても意外性のある面白い実験です。生徒実験として行い、実験結果を県内外で見られる代表的な断層や褶曲と比べ、断層や褶曲のでき方を考えさせる展開です。実験材料や器具を工夫すれば、実験に使用したココアを美味しくいただくこともできます。

海辺や山あい、工事現場などの露頭(地層や岩石の様子を観察できる部分)では、しばしば地層が断ち切られたように食い違っている「断層」や、グニャリと曲がっている「褶曲」が見られます。野外観察とモデル実験を組み合わせ、断層や褶曲がどのようにできたかを考えさせるのも効果的です。

W型との関連はココ！

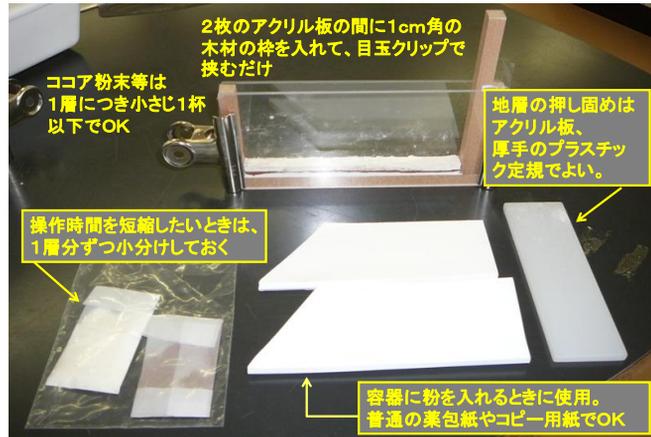
断層や褶曲の写真を見せ、でき方を予想させた(D-F)後、断層のモデル実験を行います(F-G)。実験の結果をもとに、逆断層や褶曲のでき方をまとめます(G-H)。この学習は、W型問題解決モデルのプロセスII(問題解決)に重点を置いたものです。

※英字は、下図に対応



小麦粉とココアを用いた地層モデルの作成

教材について「断層モデル実験」



【実験装置の例】 厚さ2mmの亚克力板2枚の間に、厚さ1cmの角材で作った枠を大型の目玉クリップで挟んだものを地層の枠とします。この中に、白色と茶色の粉で地層を作り、棒等でこの地層を横から押します。

【注意】 小麦粉によるアレルギーが心配な場合は、砂糖や粉末乳、白色のココア粉末等を代用します。



モデル実験と写真教材との比較

正断層はどのようにすればできるのかを考えさせ、モデル実験に挑戦させることも考えられます。また、課題研究として、断層や褶曲ができる条件を調べることも考えられます。

| 学習活動と内容 主な発問・指示(◇)、 予想される子どもの反応(・)など |
|--|
| <p>第1時</p> <p>◇大地に大きな力がかかるとどうなりますか。(D-E)</p> <p>◇地層のモデルをつくって確かめます。方法などを説明(E-F)</p> <p>◇では、地層を作成しなさい。</p> <p>◇できた地層に力を加えて、様子を観察しなさい。(F-G)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地層が切れた。 ・全体的にもり上がった。 ・地層が曲がった。 <p>◇写真教材と比較して、断層(逆断層)や褶曲のでき方をまとめなさい。(G-H)</p> |
| <p>第2時</p> <p><以下は、状況に応じて扱う。></p> <p>◇(室内) 正断層の写真を見て、でき方を考えなさい。(B-C-D)</p> <p>◇(野外) 断層、褶曲について調査しなさい。(B-C-D)</p> |

第3学年 単元「太陽系と恒星」 金星の満ち欠けを考えよう

地球よりも内側の軌道を公転する「金星」の満ち欠けや見え方を、モデル実験で検証します。

授業中に金星を観察するのは困難なので、望遠鏡を用いて撮影した金星の写真の写真を数枚用意し、この写真を観察させます。どの写真も金星を等倍率で撮影したものであることを確認した後に、「写真を日付順に並べるとどうなりますか」と発問し、満ち欠けに規則性があることに気付かせます。

次に、金星が地球よりも太陽に近い軌道を公転していることを知らせた後、グループでモデル実験を行わせます。地球からの視点を意識しやすいように、地球の位置にカメラを置いて撮影した動画を用いて、仮説を検証させます。

①金星の写真を見る →問題発見

いろいろな形をした、また、大きさの異なる金星の写真を提示します。

- ◇気付いたことを話し合おう。
問題提起－探検－観察 (A-B-C)
- ・満ち欠けしている。
 - ・見かけの大きさが異なっている。
- ◇写真を日付順に並べよう。
観察－まとめ－発想 (B-C-D)
- ・見え方が規則的に変化している？
 - ・金星は地球よりも内側を公転する！

②金星の模型を動かして動画を撮影 →問題解決

◇金星の見え方を確認しよう。
実験・観察－検証 (F-G-H)



撮影しているカメラを回転（地球の自転に対応）させると、金星を観測できる時間帯を確かめる実験をすることができます。

第3学年 単元「生物と環境」 土の中に生きている小動物のはたらきを考えよう

土の中に生きている小動物の採集と観察を通して、分解者の役割と物質の循環について考えます。

土の中の生物をハンドソーティングで採集させます。いろいろな小動物がいることはすぐに理解できますが、ピンセットでは捕獲できないダニやヒムシなどの存在にも気付くはずです。そこで、ツルグレン装置を用いて、乾燥や高温が苦手な小動物を捕獲して観察させます。顕微鏡で動物の特徴を観察させ、「何を食べて生きていますか」という発問によって、緑色植物を出発点とする生態系の仕組みを考えさせます。授業の終末では、生物の遺骸や糞を無機物に変化させる役割を担う分解者の存在に気付かせます。

①土の中の小動物を採集・観察



- ◇土の中の生き物を採集して観察しよう。
問題提起－探検－観察 (A-B-C)
- ・たくさんの生き物がいる。
 - ・いろいろな種類の生き物がいる。

②土の中の小動物の働きを考える →問題発見



- ◇土の中の生き物たちは、何を食べている？
まとめ－発想 (C-D)
- ・落ち葉、他の生き物
 - ・生き物の死骸や糞

※長期観察で調べることが一層好ましい。

観察をしていると、土の中の生物たちが食べて分解することのできないプラスチックやビニルなどが含まれていることがあります。これにより、生分解性のプラスチックなどの学習に発展することもできます。

第2学年 単元「天気の変化」 教室内で考える、ダイナミックな天気の変化

日々や季節の天気の変化を、実際に観測して確かめるのは大切ですが、毎日の観測と記録はとて大変です。そこで、学習の導入として「雲の微速度撮影ビデオ」を利用して、前線を伴った温帯低気圧が通過するときの天気変化について考えます。

この学習の前に、微速度撮影動画を視聴したり雲の立体モデル（表紙参照）を用いたりして、雲の種類について関心を高め理解を深めておく効果的です。

①学びの丘ホームページのコンテンツを視聴

天気を題材にした画像集



1 雲の動きから読み取る天気の変化

■寒冷前線通過 2008年12月5日
9.0倍速で南方向を撮影 撮影場所：和歌山県有田郡有田川町

- ◇気付いたことを話し合おう。
問題提起—探検—観察 (A—B—C)
- ・雲の動く向きが変わった。
 - ・途中で強い雨が降ったよ。

②天気図を確認

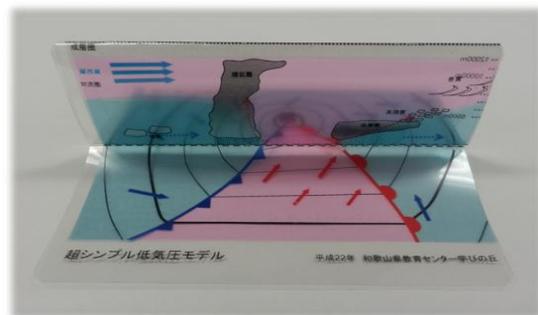
- ◇2008年12月5日の天気図を見てみよう。
まとめ・発想 (C—D)
- ・寒冷前線が通過したよ。
 - ・南風から北風に変わるみたい。
 - ・気温が大きく下がったよ。
- ※日本気象協会webページにある過去天気とのデータと比較するとよい。

③寒気と暖気の衝突をモデル実験



- ◇着色した温度の異なる液体のりを使って再現しよう。実験・観察—検証 (E—F—G)
- ・青色（冷）が赤色（温）の下にもぐりこんだよ。
 - ・赤色（温）が押し上げられたよ。

④温帯低気圧の簡易モデルで確認



- ◇気温や風向、天気の変化を確認しなさい。
検証—一般化 (G—H)
- ・動画の変化が説明できるよ。
 - ・雲の様子で天気の予想ができる？

⑤雲カルタで確認



- ◇雲カルタで遊びながら、天気の変化を確認しよう。
日常生活への応用・活用 (H—I)

微速度撮影ビデオは、雲の動きを通常の数10倍のスピードで再現できるため、雲の特徴を理解するうえで大変優れた教材です。前線の通過や台風の接近などの急激な天気変化は、特にはっきりと特徴をとらえることができます。W型問題解決モデルを意識して他の教材を組み合わせると、一層の学習効果が期待できます。

参考：和歌山県教育センター学びの丘ホームページ
サイエンスギャラリー 雲から天気を学ぶ教材集

(<http://www.wakayama-edc.big-u.jp/weather/index.html>)

【研究協力者】

五島政一（国立教育政策研究所）、福田修武（和歌山大学教育学部附属中学校）、喜多雅秀、杉村秀二（以上、湯浅町立湯浅中学校）、大橋信之（和歌山県庁環境生活総務課）、高垣安弘、古川貴康、宮井拓哉、福井健太（以上、有田川町立吉備中学校）、寺田裕（有田市立箕島中学校）、森田浩二、神田光史（以上、和歌山県教育センター学びの丘）、岡本弥彦（岡山理科大学）、小林辰至（上越教育大学）

【参考文献】

五島政一（2013）問題解決能力を育成するアースシステム教育とその教師教育プログラムの開発に関する実践的研究—科学的リテラシーの育成を目指した理科教育の在り方に関する理論的・実践的研究—。東洋館出版社
五島政一・小林辰至（2009）W型問題解決モデルに基づいた科学的リテラシー育成のための理科教育に関する一考察—問題の把握から考察・活用までの過程に着目して—。日本理科教育学会 理科教育学研究 vol. 50、No.2、39-50