

大気中微粒子教材を活用した中学理科のモデル授業

—中学校2年「気象とその変化」を事例として—

吉田 泰久^{a, b)}・佐藤 節子^{c)}

^{a)}岐阜大学教育学部附属中学校・^{c)}岐阜大学教育学部理科教育講座

要 旨

本研究では、中学校理科第2分野の単元「気象とその変化」において、「大気中微粒子」や「雪の結晶」を扱ったウェブ教材を活用したモデル授業の構築を試みた。そのウェブ教材を有効に活用できたかどうかは、単元のはじめと終わりに行った質問紙調査の比較や、基本概念「地球」を捉えるための四つの視点の広がりや深まりの分析などで評価した。その結果、単元学習の中でウェブ教材を活用した授業を受けた生徒は、受けていない生徒よりも、大気の動きについて実感を伴った理解に至ったり、四つの視点の中で特に「空間」の視点における見方や考え方が広がるなどの成果が得られた。また、雪の結晶の生成という美しく規則的な現象に感動し、自然事象への興味・関心を高めることができ、本ウェブ教材の活用の有効性が確認された。

キーワード：大気中微粒子, 中学校理科, ウェブ教材, 地球システム, 地球モザイク

1. はじめに

平成23年度から実施されている小学校学習指導要領（2008）では、「実感を伴った理解」が大きく取り上げられている。また、平成24年度から実施されている中学校学習指導要領（2008）では、「科学的な体験や自然体験の充実」が重視されている。この背景として、児童生徒の生活環境の劇的な変化があげられる。生活が豊かになる一方で自然環境は貧弱になり、自然の中での遊びなど、子どもたちの自然体験は激減している。また、家電製品の発達によって生活が便利になる一方で、家事の手伝い等の子どもたちの生活経験も乏しくなっている。さらに、情報機器の発達に伴って知りたい情報を瞬時に得られるようになったため、その情報を得る過程において尋ねる、調べる、試すという体験もが省かれがちである（一寸木, 2012）。

このように、物も情報もあふれた生活の中で育ち、「すでに知っている」「あたりまえだ」と思いがちな児童生徒は、様々な事象に対して強い知識欲や好奇心を抱きにくくなっている。そのような児童生徒には、自然事象の奥深さも伝わり難く、実感を伴った理解も難しい。科学への関心や自然を愛する心情も育ちにくいと言わざるを得ない。吉本（2006）が述べているよう

に、分かったつもりになっている児童生徒を揺さぶる教材や指導方法が必要である。児童生徒に刺激を与え、自分なりの素朴な疑問を抱かせ、深く考えさせていくような教材は、児童生徒の実感を伴った理解を促していく。児童生徒が抱く素朴な疑問が、その自然事象の本質に迫る疑問になるような優れた教材を開発していきたい。また、児童生徒が習得してきた個々の知識がつながり、自然を総合的に捉えることも実感を伴った理解である。個々の自然事象を関連付ける教材の開発や指導方法の検討が必要である。

理科の基本概念として示された「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」のうち、「地球」にかかわる内容は他と比べて極めて広範である（岡本・下野, 2014）ため、児童生徒にとって実感を伴った理解には至りにくい内容も少なくない。

中学校学習指導要領解説（2008）によれば、中学校2年の単元「気象とその変化」では、天気の変化が主として大気中の水の状態変化と大気の動きによって引き起こされていることを理解させる。ところが、目で水蒸気を見ることができない、冷凍庫で簡単に作れる水に不思議さを見出せない、実験器具の中で観察した現象と実際の大自然の中の現象とを結び付けて考えられないなど、実感を伴った理解には至らない場合も多い（浅野・佐藤, 2011）。

さらに、気象現象は、時間、日、年などの様々

b) 現在：岐阜県大垣市立南中学校

なスケールの時間の流れの中で変化しており、同時に、地域、全国、東アジア、地球全体などの様々な水平軸での空間の広がりとともに、自分の周囲から地上約10 kmに及ぶ垂直空間の中で起きている。気象現象は、このような長大なスケールの中で起きる巨視的な現象であり、一方で水の状態変化のような微視的な現象でもあるため、その場所に行くことができない、時間を縮めることができない、微小すぎて見ることができないなどの限界がある。実感を伴った理解を図るには、優れた教材を用い、五感を使った直接体験をさせることが有効であるが、私たちが直接体験できることは限られている。

私たちはこれらの限界を補うため、観測データを基にした映像教材に注目した。映像の視聴はモニター画面を通した間接体験ではあるが、優れた映像教材には臨場感があり、児童生徒の驚きや感動を確かに引き出す力がある。そのような驚きや感動は、児童生徒に、自然事象に対するさらなる興味・関心を引き起こし、実感を伴った理解を促すであろう。

本研究では、単元「気象とその変化」の授業に際し、大気中微粒子と雪状氷結晶の成長過程の映像を扱ったウェブ教材を導入した。本単元において「大気」は重要な学習対象であるが、その動きによる現象を扱うにとどまり、大気中に浮遊している固体微粒子に注目することはあまりない。従って生徒はそれら大気中微粒子を意識することはない。しかし、大気中微粒子は存在し、例えば雲粒の凝結核になるなど気象現象において重要な役割を果たしている。近年では、黄砂やPM2.5の飛来など、生徒の日常生活に関わる環境問題としても注目されている。さらに生徒にとっては、窒素や酸素等の見えない空気の移動を、中に含まれる固体物質の移動を考へることによって、より捉えやすくなることも期待できる。いつでも、誰でも、必要な映像を自由に飛び歩いて見ることができるという利点のあるウェブ教材を導入して、モデル授業を構築していきたい。

2. 研究の目的

大気中微粒子や雪の結晶を扱ったウェブ教材を活用したモデル授業の構築を本研究の目的とした。生徒に「実感を伴った理解」を促したかどうか、また、理科の基本概念的「地球概念」における見方や考え方が育成されたかどうかを評価し、そのウェブ教材の活用の有効性を検討する。

3. 研究の方法

3.1 実践対象

2013年4月～6月と2014年9月～11月に、岐阜大学教育学部附属中学校の第2学年のべ6クラスの生徒235人を対象とし、単元「気象とその変化」の授業において、3クラス(118人)ではウェブ教材を導入して、残りの3クラス(117人)ではウェブ教材を導入しない通常授業を行い、比較した。

3.2 ウェブ教材について

本研究では、Sato and Sugiura (2008) が作成し、公開したウェブ教材を活用する。このウェブ教材は、主に「大気中微粒子の観測」と「雪の結晶」から構成され、浅野・佐藤(2011)が、時間の短縮や学習の手助けとなるページの付加など、児童生徒が利用しやすいように改良している。

「大気中微粒子の観測」では、岐阜大学生命科学総合研究支援センター機器分析分野の電子顕微鏡で観察とX線分析をした大気中微粒子を、図1のように土壌粒子、海塩粒子、季節ごとの花粉、宇宙塵等と分類して、その写真と分析データを掲載している。

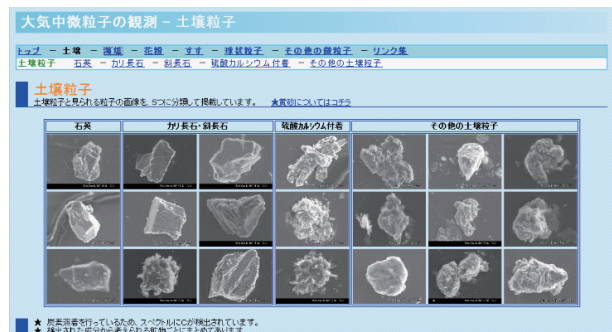


図1. ウェブ教材「大気中微粒子の観測」のページ



図2. ウェブ教材の「雪の結晶」のページ

「雪の結晶」では、佐藤・谷口・中塚（2013）が実験装置で成長させた氷結晶（人工雪）の成長過程の動画を見ることができる（図2）。装置内にヨウ化銀を付けたガラス板を置いて冷却し、そこに水蒸気を送り込むとヨウ化銀を核として氷結晶が成長していく。温度や水蒸気量によって、結晶の形に違いがあることも読み取ることができる。

3.3 評価方法について

3.3.1 実感を伴った理解の評価

実感を伴った理解の評価は、モデル授業の終末及び単元末に生徒に書かせるまとめ・感想等により評価する。小学校学習指導要領解説理科編（2008）によれば、「実感を伴った理解」は、表1の効果をもたらす。これら①～③の観点で記述内容を分析する。

表1. 「実感を伴った理解」の効果

観点① 適切な考察を行う基盤となる自然への興味・関心を高める
観点② 理解がより確かなものになり、知識や技能の確実な習得に資する
観点③ 理科を学ぶことの意義や有用性を実感し、理科を学ぶ意欲や科学への関心を高めることにつながる

3.3.2 基本概念「地球」の育成の評価

基本概念「地球」（これ以降、地球概念と呼ぶ）を捉える上では、時間概念と空間概念に加えて、ある自然事象を他の自然事象や人間活動と関連付けたり、自然事象間での循環や平衡の関係を見出したりしながら、地球をシステム（系）として把握する見方や考え方が重要である。岡本・下野（2014）は、表2にある四つの視点「構成」「関連」「時間」「空間」を設定する有効性を報告している。

表2. 地球を捉えるための四つの視点

視点	概要
構成（つくり）	地学事象は多種多様な構成要素から成り、階層的な構造を有していること
関連（関わり）	地学事象が太陽と地球内部のエネルギーにより生じ、他の事象に作用したり、相互に作用し合ったりしていること
時間（移り変わり）	地学事象が長大な時間の流れの中で変化していること
空間（広がり）	地学事象が広大な空間の広がりの中で起きていること

下野と岡本はその後、この四つの視点で学習内容を表した図を「地球モザイク」と表現した¹⁾。その一例を図3に示す。地球概念が育成されたかどうかは、単元末に生徒にこの「地球モザイク」を書かせ、各視点の広がりや深まりを分析して評価する。

構成 地球の表面は、硬い岩石から成る何枚ものプレートが組み合わさってできていること。	大地の変化	関連 プレートの運動によって地震や火山活動などの様々な現象が起き、地球内部からエネルギーが放出されていること。
空間 プレートは、数十～200kmの厚さがあること。 地震や火山、海嶺や海溝は、特定の帯状に集中していること。		時間 プレートは海嶺で生まれ、年間数cmの速さで移動し、海溝で沈み込んでいること。

図3. 大地の変化についてまとめた「地球モザイク」

4. 授業の実践

4.1 単元指導計画

表3のように、単元の指導計画を立て、実践した。使用した教科書は、東京書籍「新しい科学 2年」である。授業は、全28時間で構成した。

第一次では、校庭で継続的に気象観測を行い、日常の様々な気象現象の中に規則性があることに気付き、気象現象に対する興味・関心を高めるとともに、その観測記録などに基づいて、各気象要素の変化の関係を見出した。第二次では、前線通過の際の各気象要素の変化などの観測結果に基づいて、前線の通過を暖気と寒気の動きに関係付けて捉えるとともに、前線の構造について、観測の結果や実際の降雨の様子、気温や風向の変化などの経験に関係付けて捉えた。第三次では、日本付近の大気の動きを、天気図や気象衛星画像の変化、上空の風向などの観測データなどを用いて考察するとともに、日本の天気に影響を与える気団の性質から、四季の天気の特徴を考察した。第四次では、結露の観察や露点の測定実験を行って水蒸気の凝結現象について理解するとともに、減圧実験を行って雲ができるときの気圧、気温及び湿度の変化を相互に関係付けて捉えた。

表3の単元指導計画の中の◆印の位置に、ウェブ教材を導入したモデル授業（Ⅰ～Ⅲ）を位置付けた。

表3. 単元指導計画（全28時間）. 第一次「気象の観測」、第二次「前線とまわりの天気の変化」、第三次「大気の動きと日本の天気」、第四次「雲のでき方と水蒸気」

次	時数	生徒の学習活動
一	6	○気象現象への疑問を発表 ○気象変化を予測することわざを調べ、科学的な根拠の有無で分類、発表 ○気象要素（天気、気温、湿度、気圧、風向、風力）とその観測方法の説明 ○気象要素の天気図記号の説明と使用 ○1回目気象観測(校庭)と結果のまとめ ○2回目気象観測(校庭)と結果のまとめと比較 ○継続観測の結果と気象庁の観測データから気象要素の変化と天気の変化との関係を調査 ○気圧と風向・風力の関係、風力と等圧線の間隔の関係を考察 ○高気圧と低気圧付近の風のふき方を考察
二	4	○気温や湿度の異なる空気塊が接した時の事象の予想と実験 ○実験結果を参考に前線面と前線の解説 ○寒冷前線、温暖前線、停滞前線、温帯低気圧の解説から周辺大気の動きを推察 ○寒冷前線、温暖前線、停滞前線付近の天気や気象要素の変化の解説 ○前線通過時の天気、気温、湿度、風向、気圧の変化を図から読解、通過した前線の性質を推定
三	8	○地球規模の大気の動きの解説から地球を囲む大気の流れの特徴を考察 ○日本の天気への偏西風や季節風の影響と海陸風の影響の解説 ○個々の経験をもとに日本の四季の特徴的な天気の考察と討論 ○シベリア高気圧に関係付けて冬の天気の特徴と気圧配置の考察と討論 ○交互に訪れる移動性高気圧と低気圧に関係付けて春と秋の天気の特徴の考察と討論 ○気団の境目の停滞前線に関係付けて梅雨と秋雨の天気の特徴の考察と討論 ◆Ⅰ：ウェブ教材「大気中微粒子の観測」を用いて黄砂由来の土壌粒子から大気の循環の考察と討論 ○太平洋高気圧に関係付けて夏の天気の特徴と気圧配置の考察と討論 ○台風の定義と構造の解説後、偏西風や太平洋高気圧に関係付けて台風の進路変化の理由を考察 ○情報を集めて天気を予想して予報文を作成。自分の天気予報の発表と結果の検証 ○岐阜地方気象台で観測機器や観測の見学と説明（観測データの集約、天気予測と発表、注意報や警報の発令の仕組み等）
四	10	○密閉空気中の冷却による霧発生を観察と飽和水蒸気量の解説 ○飽和水蒸気量から湿度と空気中の水蒸気の質量を計算 ○湿度100%の状態ではどのようなことが起きるのかを交流 ○金属製のコップに水滴が付き始める温度を調べる実験と露点の説明 ○飽和水蒸気量、湿度、露点と関係付けて気温の変化と水蒸気の変化を考察して討論 ○生活経験や既習内容をもとに雲の種類、できる場所、雲底の高さ等について討論 ○雲の生成と上昇していく空気塊の中の現象について仮説を立てる ○簡易真空容器を用いた雲生成実験と雲生成の条件の抽出（空気が膨張して気圧が下がると気温が下がり、露点に達して水蒸気が凝結することを見出す） ○実験結果をもとに科学的用語を用いて雲の発生過程を発表 ○降雨、降雪についての解説 ◆Ⅱ：ウェブ教材の「雪の結晶」を用いて雲の中の水の状態変化を観察学習 ○雲ができる高さ（雲底）と上昇した空気塊の水蒸気量、上空の気温による関係を説明 ○水の状態変化、太陽エネルギー、地球の環境に関係付けて地球上の水の循環について考察して討論 ◆Ⅲ：ウェブ教材の「大気中微粒子の観測」を用いて海塩粒子の挙動から大気の循環についての考察と討論

表4. 土壌粒子活用の授業（◆Ⅰ 第三次 第5時）

ねらい	自分の住む地域の大气中から採取された黄砂由来の土壌粒子を顕微鏡で観察し、その飛来経路を考えさせることによって、大気の動きについて実感を伴った理解を図る。
課題	岐阜市の大気中に、黄砂の土壌粒子が存在しているのは、どうしてだろうか。
展開	○ワセリン塗布ガラス板を静置（3日間校舎屋上） ○顕微鏡観察で様々な形と大きさの付着粒子を確認 ○生徒の疑問「微粒子の正体は何か」の解決に向けてウェブ教材導入 ○ウェブ教材「大気中微粒子の観測」の黄砂由来の土壌粒子の種類や大きさを個別に観察 ○岐阜への黄砂飛来過程のモデル図作成と交流 ○2001～2014年の日本の黄砂観測日数から黄砂の飛来の特徴を読み取り、その理由を討論 ○ワークシートに本時の課題に対するまとめ ○本時を終えて抱いた感想や疑問のまとめ

表5. 雪の結晶活用の授業（◆Ⅱ 第四次 第7時）

ねらい	水の結晶が成長する様子を観察し、結晶の形や成長の規則性を見出して、雲の中で雪の結晶ができる過程について実感を伴った理解を図る。
課題	雲の中で雪の結晶はどのようにできるだろうか。
展開	○前時の学習「上空で水蒸気が凝結した水滴が集まり雲になり、低温で水滴は氷になる」の振り返り ○雪の結晶について、見て知っていることを交流 ○実際にできない雪結晶成長過程の観察の代わりに、実験装置内で作成した雪結晶の成長過程の動画を観察するという目的で、ウェブ教材を導入 ○ウェブ教材の「雪の結晶」を用いて、雪の結晶の成長過程を個別に観察 ○雪結晶の形や成長過程の観察での気づきを発表 ○結晶成長への温度と水蒸気量の影響の討論と発表 ○教科書のコラム・科学の歴史「雪の研究—中谷 宇吉郎—」を読み、「中谷ダイヤグラム」の説明。中谷宇吉郎 雪の科学館（石川県加賀市）の公式ホームページで学習 ○ワークシートに本時の課題に対するまとめ ○本時を終えて抱いた感想や疑問のまとめ

表 6. 海塩粒子活用の授業（◆Ⅲ 第四次第10時）

ねらい	海から離れた内陸県の大気中から採取された海塩粒子の顕微鏡写真の観察と生成過程や飛来経路の考察を通して、大気移動や気象現象間の関係について、実感を伴った理解を図る。
課題	海のない岐阜市の大気中に、海塩粒子が含まれるのは、どうしてだろうか。
展開	<ul style="list-style-type: none"> ○ウェブ教材「大気中微粒子の観測」の海水由来の海塩粒子の顕微鏡写真を個別に観察 ○海塩粒子の生成過程や飛来経路を図に描き、その図を使ってグループ交流 ○岐阜市の大気中の海塩粒子の個数が増加する原因(現象)を考察して、グループ交流 ○1週間毎の海塩粒子の個数の変化と気圧変化を示す図を比較検討し、その関係を理解 ○ワークシートに本時の課題に対するまとめ ○本時を終えて抱いた感想や疑問のまとめ

4.2 ウェブ教材を活用したモデル授業の概要

表 4, 5, 6 が、第三次「大気の動きと日本の天気」の第 5 時、第四次「雲のでき方と水蒸気」の第 7 時と第 10 時でウェブ教材を活用した授業内容である。

4.3 単元末のまとめの授業

単元の最後の授業で、単元の最初でも行った表 7 の質問票調査を行った。また、四つの視点「構成」「関連」「時間」「空間」を説明して、この単元で学習したことを図 3 のように、ワークシートの「地球モザイク」の枠内にまとめさせた。まとめの交流では、この「地球モザイク」を発表させた。

表 7. 質問票

質問 1	地球の大気には何が含まれていますか？ 含まれているものをすべて書きましょう。
	(質問 2, 3 では、選択肢①～④の中から、もっとも当てはまるものを一つ選びましょう。)
質問 2	気象現象は、私たちの実社会や実生活に関係していると思いますか。 ① 強くそう思う ② そう思う ③ そう思わない ④ 強くそう思わない
質問 3	気象現象について学んだり、気象情報を得たりすることは、役に立つと思いますか。 ① 強くそう思う ② そう思う ③ そう思わない ④ 強くそう思わない

5. モデル授業の実際と考察

5.1 土壌粒子を活用した授業

表 3 の第三次第 5 時（◆Ⅰ）の実践は、2 年間にわたって行った。1 年目から 2 年目にかけ

て改善したことは、ウェブ教材を扱う前に、生徒たち自身にも、スライドガラスで大気中微粒子を採取させたことである。大気中微粒子を実際に採取する体験によって、生徒たちは大気中微粒子の存在をより強く実感することができるだろうと考えたからである。

生徒たちはそれまでに、水中の微生物や葉の気孔、岩石薄片やヒメダカの尾びれの血流など、正体が明確な対象について顕微鏡で観察する経験はあったが、正体不明の物体を観察するのは今回が初めてだった。また、自分が通う学校の屋上に数日間放置するだけで本当に何か採取できるのかという半信半疑の気持ちや、実際に付着した物体を発見したときのうれしい気持ちなども味わうことができた。これらの体験活動により、生徒たちの大気中微粒子に対する興味・関心は明らかに高まり、その微粒子の正体を知りたいという次の学びへの意欲が高まった。この「大気中には固体の微粒子が存在し、自分が住む地域の大気中からも採取できる」という理解は、具体的な体験を通して形成されたものであり、表 1 の観点①についておおむね到達できたと判断する。この実践内容は、実感を伴った理解を図るのに有効だったといえよう。

スライドガラスに付着した物体は、球形から不規則な形をしたものまで様々であったが、観察機器の性能や知識不足などの問題のために、それらを同定するのは困難であった。そこで、それらの問題を解消するために大学の研究室が公開しているウェブ教材を紹介した。この紹介は、附属中学校の生徒が大学の研究に触れる貴重な機会ともなり、「高度な機器を用いた大学の進んだ研究に興味があった」等の生徒の感想も得られた。

黄砂が岐阜市に飛来する過程を説明するために、生徒が描いた模式図の一例を図 4 に示す。どの生徒の模式図にも、中国大陸、日本海または東シナ海、日本列島、太平洋の断面図を描かれ、「偏西風」が矢印等で示されていた。中国大陸では上昇気流によって粒子が巻き上げられる様子が描かれ、日本列島では運ばれてきた粒子が降下してくる様子が描かれていた。生徒は、直前に学習した「春や秋には移動性高気圧と低気圧が交互に日本列島にやってくる」という知識と、「黄砂は春に多い」という経験をつないで、「偏西風」に着目することができたと思われる。黄砂は偏西風に乗って到来するだけでなく、偏西風によって移動する低気圧と共にやってくるの記述もあった。クラスでの意見交流では、「黄砂は海にも落ちてプランクトンの栄養分にな

る」,「黄砂に乗ってウイルスも運ばれて来る」,「黄砂によって花粉症の症状が悪化することがある」,「テレビの気象情報の中で、黄砂が来る日を知らせる黄砂予報があった」などの情報も出され、交流は盛り上がっていった。

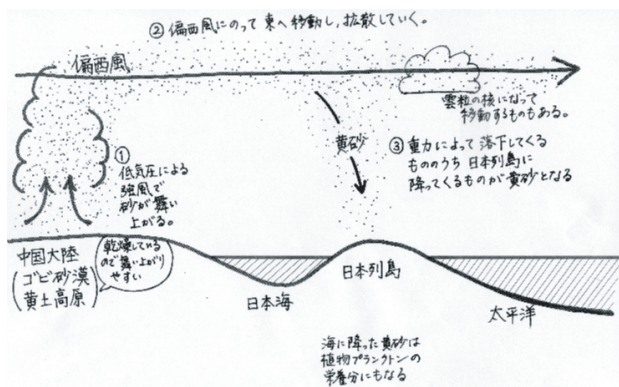


図 4. 黄砂の飛来過程を描いた模式図

次に、過去14年間に日本で黄砂が観測された日数の月別のデータを示した。生徒は、「春の観測日数が断然に多いのは納得できる」,「秋や冬にも黄砂が飛んで来ることを知って驚いた」,「夏には、なぜ黄砂が来ないのか不思議だ」などという感想を述べた。そこで、「どうして黄砂の観測日数は、春に多くて、夏に無くなるのだろうか?」という課題を出して、小グループごとに話し合い活動を行わせた。あるグループの討論内容を表 8 に示す。

表 8. 討論① 黄砂の観測日数 (A班 生徒数 4)

- S1: 黄砂の砂って中国のゴビ砂漠とかの砂でしょ。偏西風が砂漠の砂を巻き上げるのかな?
- S2: 偏西風って、高い上空で吹いているんじゃないかった? 砂を巻き上げるのは、もっと低い地上付近の強い風なんじゃない?
- S3: 巻き上げるってことは、上昇気流?
- S1: ということは、低気圧?
- S3: そうか、春には、移動性高気圧と低気圧が偏西風に乗って、交互にこっちに来るってやったもんね。
- S2: でも低気圧なら雲ができて雨が降るから、舞い上がった砂も雨で流されるよ…。あ、でも砂漠だから、雨は降らないか…
- (思考中)
- S3: じゃあ、低気圧の強風とかで砂漠の砂が舞い上がり、上空の偏西風で東に運ばれるんだね。
- S1: 夏に観測されないのは、偏西風が運んで来ないから? 夏になると偏西風が止むとか?
- S4: 偏西風は一年中吹いているんじゃないかった?
- S2: うん。それに偏西風は、台風の進路だって変えちゃうくらいだから、台風シーズンの 7,

8, 9月に偏西風が弱くなるってことはないんじゃない?

S1: 台風シーズンって9月, 10月じゃない?

S4: うん。

S2: それは、日本に上陸して来るのがね。

(思考中)

S2: そうか! 台風は低気圧で、偏西風に流されて来るけど、夏は日本を覆っている太平洋高気圧のへりを周って行って、太平洋高気圧の中には入って来られないんだよね。

S4: うん。

S2: なら、黄砂を運んでくる低気圧とかも太平洋高気圧の中に入って来られないんじゃない?

(ホワイトボードに図示する)

S1: なるほど。太平洋高気圧が偏西風をブロックしているわけ。

S2: そう。太平洋高気圧がバリアを張って、黄砂から日本列島を守っている感じ?

S1: だから、夏には黄砂ゼロと。

S2: そう。だから秋には太平洋高気圧のバリアがなくなり、また黄砂がやって来るんじゃない?

S4: でも秋の黄砂は春に比べて明らかに少ないけど、なぜかな?

(思考中)

S3: 偏西風は一年中吹いているから、秋のほうが春に比べて少ないのは、砂漠であまり強い風が吹かずに、砂があまり巻き上げられないからじゃない?

(思考中)

S2: んー、それはどうか分からないけど、冬はそうかもしれないよ。冬はシベリア高気圧が中国大陸にバリアを張るから、ゴビ砂漠とかに低気圧は近づけないんじゃない?

(後略)

このグループの話し合いのように、生徒たちは、黄砂の飛来を季節(月)ごとに考えて、さらにすでに学習した個々の知識や概念をつないで、総合的に考察していくことができた。この「黄砂は低気圧の強風などにより舞い上がり、偏西風に乗って東方へ運ばれるが、各高気圧の勢力の変化など季節ごとの特徴的な気象現象によって、飛来する量が変わる」という理解は、自らの問題意識に支えられて主体的に話し合ってきたものである。観点②についておおむね到達できたことと判断でき、この実践は実感を伴った理解を図るのに有効だといえよう。

授業後、生徒たちは次のような感想を書いた。

<生徒の感想>(ワークシートの記述からの抜粋)

- 黄砂は、外に干した洗濯物や車のフロントガラスに付く、視界をさえぎるなど厄介だと思っていたけど、海に落ちてプランクトンの栄養になるという役立つ面もあることを知り驚い

た。黄砂に対する見方が変わった。

- 自然現象は、私たちの生活に恵みを与える場合と、良くない場合がある。自然現象である黄砂を止めることはできないと思うので、上手に付き合っていけたらいいと思った。上手に付き合うために、もっと自然現象や科学について知っておかねばならないことが多くあると思う。
- 黄砂は砂漠の砂だからしょうがないけど、PM2.5は人間が便利に生活していく中で発生させている人工の微粒子で、健康被害をもたらしている。以前授業で話題になったヨーロッパの酸性雨の問題もそうだったけど、環境を汚染する物質は、風に乗って国境を越えて運ばれるのだから、多くの国で協力して解決していく必要があると思う。

これらの感想から読み取れる生徒の理解は、実際の自然や生活との関係への認識を含むものであり、観点③はおおむね到達できていると判断できる。従って、この黄砂の土壌粒子を活用したモデル授業は、実感を伴った理解を図るのに有効だったと言えよう。

5.2 雪の結晶を活用した授業

表3の第四次第7時(◆II)では、雲の中の状況を考えながら、実験装置内での雪結晶成長の様子を撮影した動画を観察した。本時の前に「雲のでき方」や、雲から落ちてくる「降雨・降雪」についての学習を位置付け、アンケートをとったところ、雪の結晶に関する学習前の生徒の実態は、表9のようであった。

アンケートから、雪の結晶を直接または間接的に見たことのある生徒は半数以上いるが、その結晶が成長する様子を観察したことのある生徒は少ないことがわかった。また多くの生徒が、「雪の結晶は主に六角形で、中心から周りへ成長していく」と捉えているが、その他のイメージをもつ生徒も少なくないことがわかった。

このような生徒の実態を踏まえ、各自にウェブ教材の動画を観察させた。各自のiPadを使って自由に観察させたが、「すごい!」「きれい!」などの歓声が口々に上がった。その後、観察して気付いたことを発表させたところ、次のような意見が出された。

- 今まで描いてきた雪のイメージとは違う形の結晶がたくさんあって驚いた。また、いきなり大きい結晶がポンッとできると思っていた

けど、中心から徐々に大きくなっていくことがわかって、とても驚いた。

- 雪の結晶は、鉱物の結晶と同じように中心から外側に向かって、周りの水滴を取り込みながら、大きくなっていくことが確かめられた。結晶の形は、ほとんどが正六角形か、正六角形の対角線方向に伸びた6枚の花びら形のどちらかだとわかった。
- 適当に凍って不規則な形ができるのではなく、どれも凝結核を中心に六角形という規則的な形の結晶になり、自然界の不思議さを感じて、すごいと思った。

表9. 雪の結晶に関する学習前の生徒の実態

(生徒総数=118)

Q1: 今までに雪の結晶を見たことがあるか?(%) はい…82人(69), いいえ…34人(29), 無回答…2人(2)
Q2: (Q1ではいと答えた人) どこで見たのか? (複数回答可) (%) テレビやDVD等の映像…62人(76), 図鑑や雑誌, 教科書等の書籍…37人(45), ディズニーのアニメ映画…29人(35), 博物館や科学館等の展示…17人(21), 実際に降雪時に(北海道等への旅行中, スキー場のリフトの上等)…6人(7), 自由研究で顕微鏡観察…2人(2), 無回答, 分からない…4人(5)
Q3: 雪の結晶ができるところを見たことがあるか?(%) はい…9人(8), いいえ…109人(92), 無回答…0人(0)
Q4: 雪の結晶はどのような形をしているか? (図示による回答, 複数回答可) (%) 六角形…75人(64), 八角形…33人(28), 五角形…12人(10), 三角形…3人(3), 菱形…39人(33), 星型…24人(20), 花びら形…9人(8), プロペラ形…3人(3), 丸形…2人(2) 球形…1人(1), 立方体…6人(5), 直方体…3人(3), その他の多面体…6人(5), 無回答…0人(0)
Q5: 雪の結晶はどのように大きくなっていくか? (漢字の書き順を表すような, 少しずつ書き足していく図示による回答) (%) 中心から徐々に全方向へ…84人(71), 中心から渦巻き状に外へ…16人(14), 合体や取り込み…9人(8), 複雑に変化して…3人(3), 無回答…6人(5)

次に、結晶を成長させる実験装置内の温度と水蒸気量の影響をグラフから読み取り、発表させたところ、次のような意見が出された。

- 温度や水蒸気量により、できる結晶の形に規則性があることがわかった。水蒸気の多い条件のほうが、結晶の成長が速く、大きくなるようだ。
- 六角形の結晶が基本だが、温度を下げれば四

角形の結晶ができています。ということは、四角形の結晶の雪が降ってきたら、雲の中は相当低温だということになるだろう。

- 中には不規則な形の結晶もあったが、それはいくつかの結晶が重なり合っただけだからだと思ふ。雪の結晶は同じ形のもが一つもないと聞いたことがあるが、確かによく見ると一個一個微妙に違っていった。

最後に、教科書のコラムにある中谷宇吉郎氏の「中谷ダイアグラム」や、石川県加賀市の「雪の科学館」を紹介し、各自に「雪の科学館」のホームページから記事を読んだり写真を見たりする時間をとった。

授業終了後、生徒たちは次のような感想を書いた。

<生徒の感想>(ワークシートの記述からの抜粋)

- どの雪の結晶も正六角形の規則的な形の結晶になった。1学期の動物の単元で、トンボの複眼やハチの巣の形が六角形で効率が良い形だと習ったけど、生物ではない雪の結晶の形まで同じ六角形とは、自然界の不思議さを感じた。自然界にある他の六角形をもっと探してみたい。
- これを見て、本当に神秘的だと思った。いつも肉眼ではただの白い粒だったのが、実はとても精密な機械のような形だったので、とても驚いた。
- 本当にきれいだった。あれが雲の中で大量に起こっていると考えると、何だか不思議…。私はもともと空の雲が流れていくのを見るのが好きだったけど、今では雲のでき方や雲の中の様子についても興味をわいてきた。
- 雪の結晶の成長を、自分の目で見られて感動したし、人工的に実験で作れるのもすごいと思った。

これらの感想からは、次のように読み取れる。「雲の中での水の状態変化について」の生徒の理解は、観点①の「自然に対する興味・関心が高まったり、適切な考察を行ったりする基盤となった」と判断でき、また観点②の「理解がより確かなものになり、知識や技能の確実な習得に役立った」とも判断できる。さらに、雪の結晶の美しさや不思議さ、自然現象の規則性性等に対する大きな感動を、生徒たちは存分に味わったと判断できる。したがって、この雪の結晶を活用したモデル授業は、実感を伴った理解を図るのに有効だったといえよう。

5.3 海塩粒子を活用した授業

教科書では、本単元の最後に「水の循環」が扱われ、生徒たちは「地球上の水は絶えずその状態を変えながら循環しており、この循環をもたらしているのが太陽のエネルギーであること」を学習する。この直後に大気中微粒子の「海水由来の海塩粒子」を導入した授業(表3 第四次第10時(◆Ⅲ))を行った。

まず、海塩粒子について説明し、ウェブ教材内の図5に示すような海塩粒子の顕微鏡写真を、個別に自由に観察させた。他の大気中微粒子とは異なる美しい立方体の結晶に、見入っていた生徒も多かった。1年生で学習した「食塩の結晶は立方体である」という知識に加え、2年生で学習した「食塩(NaCl)はナトリウムと塩素の化合物である」という知識を活かし、結晶の成分分析にNaとClの強いピークがあることから、食塩の結晶が空気中を漂っているということに納得できたようだった。そこで海水からできる海塩粒子に興味をもった生徒たちに、次のような疑問『海のない岐阜市の空気中に、どうして海塩粒子が含まれているのだろうか?』を投げかけた。

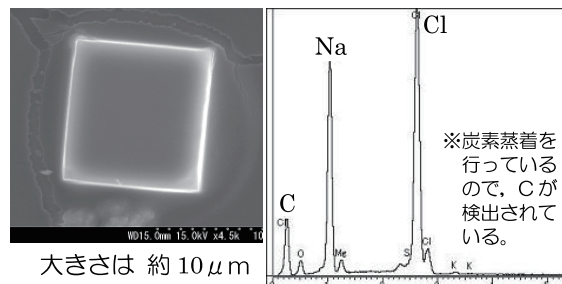


図5. 海塩粒子の顕微鏡写真と成分分析スペクトル

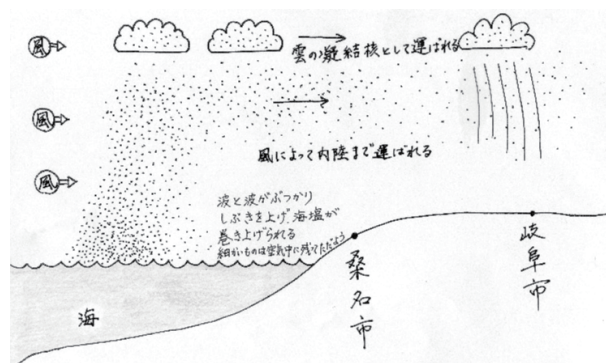


図6. 海塩の飛来過程を描いた模式図の一例

生徒たちは、各自のワークシートに、図6のような模式図を描き、以前学習した黄砂の飛来や、偏西風や季節風等の大気の動きを想起した

がら、海塩粒子の発生と移動について考えていった。そして、描いた図を用いて、比較的容易に、およそ次のように説明することができた。

「海面で波と波がぶつかり、しぶきを上げ、海塩が巻き上げられる。大きい粒は落下して海水に戻るが、細かいものは空気中に残り、付いている水分もすぐに蒸発してさらに軽くなり、空気中を漂い始める。それらが海からの風によって内陸まで運ばれる。だから、内陸の岐阜市の空気中に海塩が存在していても不思議ではない。」

そこで、さらに生徒たちに海塩粒子は一年を通して採取されていることを説明した上で、次の疑問『岐阜市の空気中に海塩粒子が多くなるのは、どのような日だろうか?』を投げかけた。生徒たちは、先程描いた模式図をもとに考えを進め、小グループごとに意見をまとめていった。あるグループの討論内容を表10に示す。

表10. 討論② 海塩が増える条件 (B班 生徒数4)

- S5: 岐阜市の空気中に海塩粒子が多くなるのは、海塩が多く運ばれてきたと考えていいよね。
 S6: うん。そうだと思う。
 S5: 多く運ばれるってことは、風が強いつてことじゃない?
 S7: うん、確かに。海塩は風が運んでくるからね。
 S8: 一年中採取されるなら、季節風じゃないよね。
 S6: 偏西風なら一年中吹いているから、絶えず日本海から海塩が運ばれてくるんじゃない?
 (思考中)
 S5: でも長島とか南のあっちの海のほうがここからは近いから、そこから風が吹いて来たほうが、多くなる気がする。
 S6: うん。偏西風でなくてもいいよね。長島からだとならね。
 S7: それと風が強いただけじゃなくて、海塩粒子そのものの数が多くないとだめなんじゃない?
 S6: なるほど。海の上に海塩の粒子がたくさんないと、風が強くても運べないね。
 S8: これ、前やった黄砂が来るのと似てない?
 S6: うん、似てる、似てる。
 S7: 砂漠の砂が強風に巻き上げられて、偏西風に吹かれて運ばれて来るってやつ?
 S5: じゃあ海塩も、風が強くて海の表面が荒れている日に多く巻き上げられるってことだよな。確かに海が荒れていると波と波がバシャーンって当たって、しぶきがすごそうだから。
 (ホワイトボードに書き込み中)
 S5: じゃあやっぱり、海塩は1年中やって来るから、偏西風が運んでくるんじゃないよ。偏西風が運んで来るのもあるかもしれないけど。黄砂は、偏西風に運ばれてやって来るけど、夏は太平洋高気圧にバリアされて日本に入

- て来られなかったからね。
 S6: 長島からの南風なら、太平洋高気圧の中での話だね。
 T: それで結局、岐阜市の空気中に海塩粒子が増えるのはどういう日なの?
 S8: 海が荒れて海水から空気中に巻き上げられる海塩粒子が多くて、岐阜まで運ぶ風が強い日?
 T: それじゃあ、そういう日は具体的にはどんな日? 海が荒れていて、風も強い日は?
 S7: 台風の日じゃない?
 S5: 台風も含めて、低気圧が近づいてきたら、風は強まるし、海も荒れるんじゃない? それに低気圧だと雲がいっぱいできるから、さっきの発表でKさんも言ってたように、雲の中にも雲粒の凝結核としていっぱい入って運ばれてくると思うし。
 S6: でも、低気圧だと雨が降るから、空気中の海塩粒子は流されちゃうんじゃない?
 S5: でも、雲粒の中の海塩粒子が空気中に入っていくから…。
 (後略)

このグループの話合い同様、ほとんどのグループで黄砂の飛来現象との類似性や「低気圧」との関係に話が及び、海塩粒子の採取量の変化には「低気圧の接近が関係しているのではないか?」という仮説がまとまった。そこで、『空気中の海塩粒子の数量は、気圧が低くなると、多くなるのだろうか?』という課題を設け、ウェブ教材内にある「海塩粒子の採取数と気圧と降水量の関係」を表した図7を提示して考察させた。

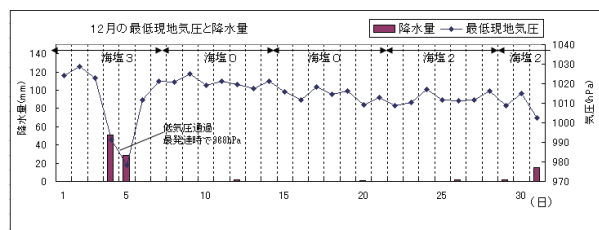
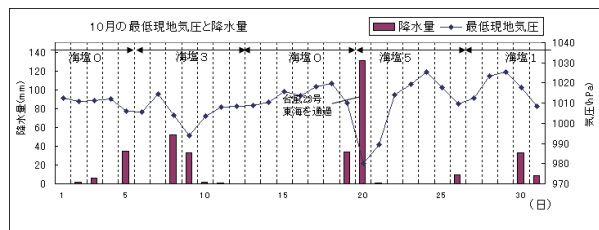


図7. 海塩粒子の採取数と気圧と降水量の関係

生徒たちは、下記のように仮説通りの傾向があること(海塩粒子個数と低気圧の関係)を見出した。

- ・海塩採取数が0のときは、気圧変化は小さい。

- ・海塩採取数が多いとき、気圧の変化は大きい。
- ・降水がほとんどなく、気圧が大きく下がった週、またはその翌週には、海塩の採取数が増えている。
- ・降水が観測された日やその直後には、気圧が下がっても海塩がほとんど採取されないこともある。

授業終了後、生徒たちは次のような感想を書いた。

<生徒の感想>(ワークシートの記述からの抜粋)

- ・海の近くでは塩の影響で車がさびやすいとか、畑の作物が塩害を受けるとか聞いたことがあったが、海から遠い岐阜市まで海水の影響があると驚いた。死海の隣は、もっと海塩粒子が漂っているのではないだろうか。もしかするとその中には、大西洋でできた海塩も混じっているかも。
- ・気温や湿度や気圧などの気象要素だけでなく、海塩や黄砂などの大気中微粒子も、大気の動きに影響を受けていることがわかった。気象に関わる様々な現象は、すべて大気の中で起こっていて、地球にとって大気の役割はとても大きいと改めて感じた。また、偏西風は地球を1周して、各国の自然環境や人々の生活をつなぎながら吹いていると思った。そんなふうを考え始めて、大気中微粒子は本当に興味深いと思った。
- ・それにしても、日本にはいろいろなものが飛んでくるなあ。島国だからしょうがないのか。でも、目に見えないものがこんなにも飛んで来てるんだから、私が見えないだけで、もっと他にも様々な物が飛んで来ているんじゃないかと思った。さっそく調べてみよう。

これらの感想からは、特に観点③の「実際の自然事象や、自分の生活との関係への認識を含む理解」が深まり、理科を学ぶ意欲や、自然科学への関心を高めることにつながったと判断できる。この海塩粒子を活用したモデル授業は、実感を伴った理解を図るのに有効であった。

5.4 単元末のまとめの授業

5.4.1 質問紙調査の結果とその考察

図8と図9は、表7の質問紙調査の「質問1. 地球の大気には何が含まれているか？」へのウェブ教材導入クラスと不導入クラスの回答結果を示す。図10と図11は、「質問2. 気象現象は私たちの実社会や実生活に関係していると思うか。」

へのウェブ教材導入クラスと不導入クラスの回答結果を示す。図12と図13は、「質問3. 気象現象について学んだり、気象情報を得たりすることは役に立つと思うか。」へのウェブ教材導入と不導入クラスの回答結果を示す。

質問1から、単元学習前には、大気は窒素や酸素等の気体成分から成っているが、その他に液体成分や固体成分が含まれていることを認識していない生徒が多いことがわかった。約6割の生徒が水蒸気が含まれていると回答したのは、それまでの理科の授業や日常生活の中で水が蒸発して空気中に拡散していく様子を観察した経験や、植物の蒸散や動物の呼吸、発汗等によって水蒸気が空気中に出ていくという知識に基づいていると思われる。一方で、水滴や氷の結晶等の液体や固体の物質が大気中に浮遊しているとは想像し難く、花粉や黄砂等も大気中に含まれる微粒子であるとは認識されにくいためか、約2割の生徒のみが指摘するにとどまった。しかし、今回のモデル授業の実践で、雪の結晶の成長を観察し、黄砂や海塩の生成や飛来等を考察することによって、大気中に存在するそれら微粒子への認識が、確実に高まっている。

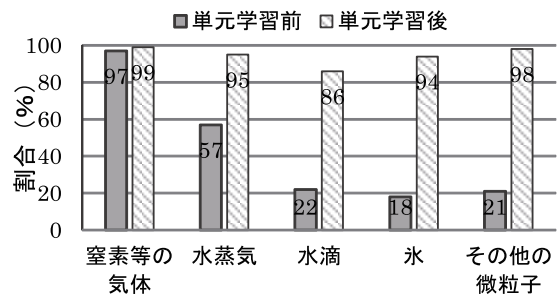


図8. 質問1への導入クラスの回答
(生徒数118人, 複数回答可)

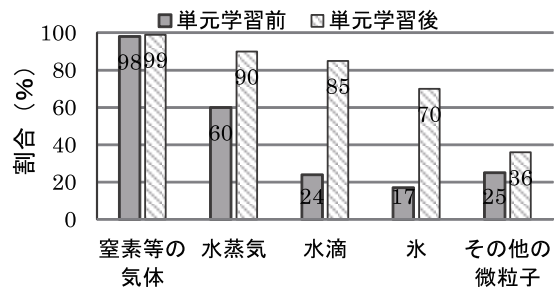


図9. 質問1への不導入クラスの回答
(生徒数117人, 複数回答可)

質問2から、ウェブ教材を導入したクラスで

も導入しなかったクラスでも、この単元の学習により、気象現象と私たちの実社会や実生活との関係を認識する生徒が増加することがわかった。しかし、その変化は、導入クラスのほうが明らかに大きい。ウェブ教材の導入が両者の関係をより認識させていることが示唆される。PM2.5による健康被害については今では生徒の間に広く知れ渡っており、花粉症やそれを重症化させる大気汚染物質の飛来はもはや他人事ではない。その原因となる微粒子を運んで来るのが大気の動きであるとなれば、両者の関係に関心が高まったのも不思議ではない。

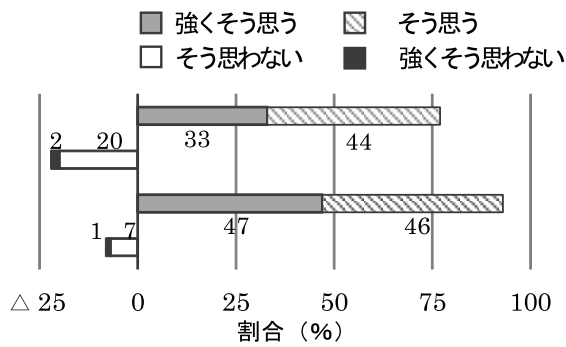


図10. 質問2への単元学習前（上二段）と単元学習後（下二段）の回答（導入クラス118人）。△は否定的回答。

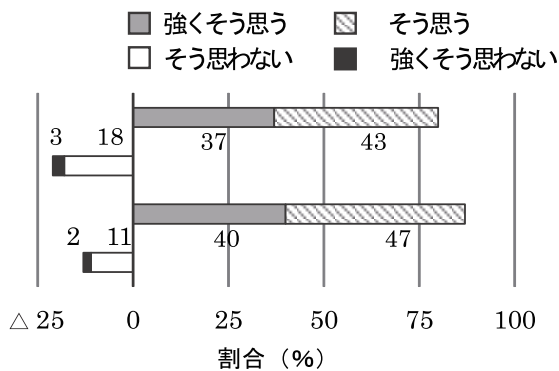


図11. 質問2への単元学習前（上二段）と単元学習後（下二段）の回答(不導入クラス117人)。△は否定的回答。

質問3から、この単元の学習を通して、「気象現象について学んだり、気象情報を得たりすることは役に立つ」と肯定的に捉える生徒が増加したことがわかる。しかし、質問2と同様に、その変化は導入クラスのほうが明らかに大きい。ウェブ教材の導入が、その認識をより強めたと

言えよう。黄砂や海塩や花粉等の飛来は大規模な自然現象によるものだから、それを防ぐことは難しい。しかし、最近では気象情報の一部として「黄砂予報」や「花粉予報」も流されており、それらをもとに生徒も対策を講じることができるようになった。ウェブ教材を導入したことで、授業で科学を学んだり生活に活用したりすることの有用性を自覚して、さらに活用しようと思い始めたからだと考えられる。

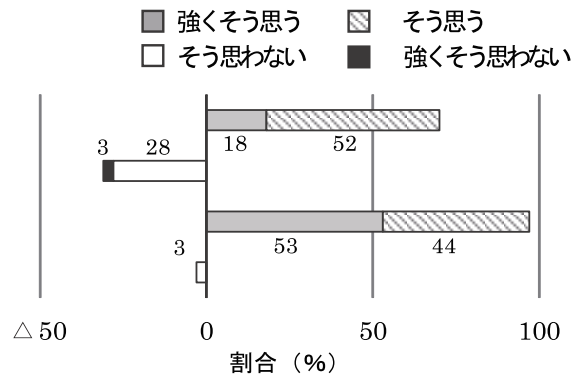


図12. 質問3への単元学習前（上二段）と後（下二段）の回答（導入クラス118人）。△は否定的回答。

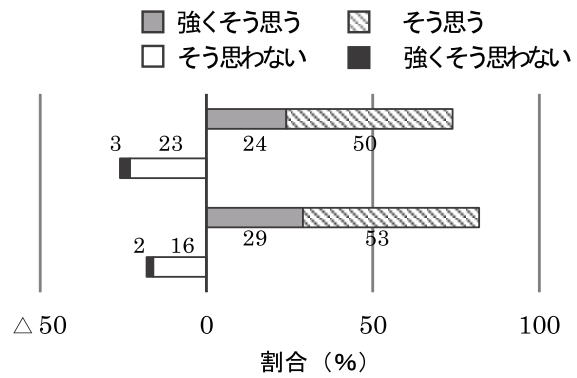


図13. 質問3への単元学習前（上二段）と後（下二段）の回答（不導入クラス117人）。△は否定的回答。

5.4.2 「地球モザイク」の結果とその考察

単元末に生徒たちに図14のような、気象現象の「地球モザイク」を書かせた。表11は生徒の回答例である。図15は、ウェブ教材の導入クラスと不導入クラスにおける「地球モザイク」の各視点での生徒の記述件数の平均を比較して示している。

<p>構成</p> <p>大気中であるさまざまな現象のこと。 天気、気温、湿度、風向、風速、気圧といったさまざまな気象要素がある。</p>	<p>関連</p> <p>気象現象でも、偏西風は大陸から塵砂をよってくる。そのため日本にも他国の問題がきている。 また、気圧の中でも高気圧は、時期による差違の違があるから日本の天気や湿度、気温を大きく左右している。</p>
<p>空間</p> <p>地球の大気の厚さは、約400km～800kmである。そのうち、気象現象が起るの範囲は約10kmの範囲である。直径が約13cmの球では、約0.01cmの厚さに相当する。地球の上で何が空間のことで起る。</p>	<p style="text-align: center;">気象現象</p> <p>時間</p> <p>気温や湿度などの気象要素は、常に同じでなく、時間とともに変化している。この変化を調べるためには、継続的に気象要素を観測する必要がある。だからメテオやコンドミナなど、常にそとと対峙している。</p>

図14. 生徒が書いた気象現象の地球モザイク

表11. 生徒の回答例

構成	<ul style="list-style-type: none"> 気象現象には、気温、湿度、気圧、風向、風力などがある。 気象現象は、大気の動き（気団や気流）と、大気中の水の状態変化によって起る。 雲は、土壌粒子などの核とその周りに凝結して付いた水滴や氷の結晶でできている。
関連	<ul style="list-style-type: none"> 太陽のエネルギーによって、地球上の水は、状態変化を繰り返しながら海中、大気中、地表、地中を循環している。 雲ができる高さは、空気中に含まれる水蒸気の量や上空の気温によって決まる。 気象現象は人間の生活に恩恵や被害を与えているが、逆に人間の活動も気象現象に大小様々な影響（特に、環境汚染などの悪影響）を与えている。
時間	<ul style="list-style-type: none"> 気象要素は刻々と変化し続け、低気圧や前線や雲も時間とともに移動していく。 時間経過とともに日本列島周辺の気団の勢力が変化し、季節が移り変わっていく。 雲の種類によって、降雨の激しさや降り続く時間が異なる。
空間	<ul style="list-style-type: none"> 気象現象は、地表から約10kmの大気中で起っている。その大気の中で雲は、横にも広がるが、縦にも積み上がっていく。 西から東へ吹く偏西風の影響で、日本の天気は西から東へ変わることが多い。 偏西風のように地球規模で常に循環する風や、季節風のように特定の季節にだけ吹く中規模な風や海陸風のように昼夜で入れ替わる局地的で小規模な風もある。

ウェブ教材を導入したクラスの生徒は、導入しなかったクラスの生徒に比べ、気象現象について、「地球」を捉えるための四つの視点のいずれにおいても、より多くの説明を記述することができた。

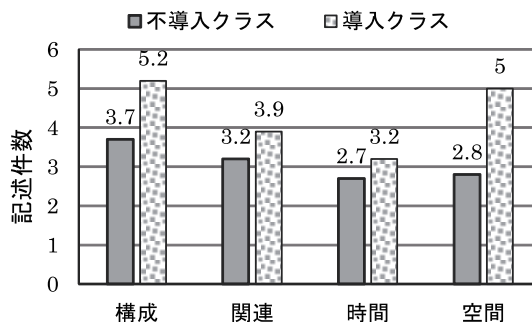


図15. 生徒一人当たりの視点別記述件数（平均値）

視点別に記述件数の平均値を比較すると、「構成」では約1.4倍、「関連」では約1.2倍、「時間」では約1.2倍、「空間」では約1.8倍、導入クラスの生徒の記述件数が多かったことがわかる。このことから、今回のウェブ教材を活用したモデル授業は、生徒の空間概念（自然現象が広大な空間の広がりの中で起っているという見方や考え方を）を養うのに、最も有効に働いたと判断できる。

もちろん、今回の実践で導入したウェブ教材は大気中微粒子を扱ったもので、それら多種多様な物体が大気中に存在して大気というものを構成しているという「構成」の視点を育成するにも有効であった。地球の大気は窒素や酸素を主とする気体成分から成ると捉え、大気中に大量に含まれているH₂Oや固体成分の存在を知らず、注目することもなかった多くの生徒たちにとっては、実感を伴った理解を大いに促した教材となった。黄砂やPM2.5などの大気汚染物質が自分の住む地域の大気中からも採取されているという事実から、気象現象やそれに関わる災害や環境問題が他人事ではなく自分事であるという認識を深めた生徒も多かった。

今回のモデル授業では、大気の動き（風）や水の状態変化を実感させる目的で、この大気中微粒子を活用した。大気の中に浮遊して一緒に運ばれてくる「見える」粒子の移動で、「見えない」風を捉えることができ、生徒たちは「大気の動き」について、実感を伴って理解することができた。「大気の動き」についての実感を伴った理解によって、生徒の空間概念は育成され、「空間」の視点における記述件数の増加に現れたものと考えられる。

なお、「空間」や「構成」ほどではないが、「関連」や「時間」の視点からの記述も増えていた。今回のウェブ教材に、「大気の動き」と「気団、気圧」や「太陽のエネルギー」との関連を

意識させる要素や、「季節別の特徴」や「大気の動きの速さ」等の時間を意識させる要素も含まれていて、生徒の学びに作用したことも確かめられた。

6. まとめ

本研究の目的は、大気中微粒子や雪の結晶を扱ったウェブ教材を活用したモデル授業を構築することであった。その目的を達成するために、単元「気象とその変化」の構成や教材観を見直し、ウェブ教材を導入する当該授業を最適と思われる位置に配した単元指導計画を作成して、実践した。

そのウェブ教材を有効に活用できたかどうかは、授業後の生徒の感想等から「実感を伴った理解」に至っているかを判断したり、「地球モザイク」の4視点の記述から「地球概念」が育成されたかを分析して評価した。その評価をもとにモデル授業の指導案を再検討し、再実践した。

その結果、以下のような成果が得られるモデル授業を構築した。

- ・自分が住む地域で採取された大気中微粒子の顕微鏡写真を観察したことで、大気中微粒子や大気そのものに対する興味・関心が高まった。
- ・大気中微粒子の生成・飛来過程を考えたり、自分たちの生活との関わりを考えたりしたことで、大気の循環について実感を伴った理解に至った。
- ・雪の結晶の成長を観察したことで、規則正しく美しい結晶ができるミクロな変化に感動し、自然の不思議さを実感することができた。
- ・今回のウェブ教材の導入によって、「地球概念」を捉えるための四つの視点のうち、特に「空間」の視点における見方や考え方を高めることができた。

次の文章は、本実践の対象クラスの生徒が卒業前に、「3年間の理科で学んだこと」と題して書いた作文の冒頭である。

これまでの理科の学習を通して僕が学んだことは、世の中のものは循環しているということです。そして、その循環によって世の中のバランスが保たれているということです。(中略) 気象現象は、水や空気の循環そのものでした。雲は、雨を降らすもとだけど、海から陸へ水を運ぶための手段でもあるし、風は

大気の移動だけど、それによって地球表面の気温のバランスが保たれていました。

(後略)

この記述から、「地球上の物質は循環しており、その過程で自然環境や人間生活等と深く関わっている」という科学的な見方や考え方を身に付けた生徒が育ってきていることがわかる。この見方や考え方は、環境教育指導資料(小学校編)(2007)の環境を捉える視点の一つ「循環」にも当たり、昨今ますます重要視されている環境教育においても、児童生徒に育てていきたい資質や能力である。この単元「気象とその変化」で導入したウェブ教材が、その見方や考え方の育成に少しでも寄与したのであればうれしい。

一方、次に挙げるような今後の課題や展開が明らかになってきた。

- ・観測された大気中微粒子の中には、花粉、すず、宇宙塵等の球状粒子もある。これらも「実感を伴った理解」を図るための教材に十分になり得る。これらを効果的に活用した授業実践、及び検証を行い、モデル授業を構築していく。
- ・地球概念を捉えるための四つの視点をバランスよく養っていく教材を開発していく。特に、単元「気象とその変化」においては、「関連」や「時間」の視点を意図的に養っていける教材やカリキュラムや授業展開を見出していく。

今後は、これらの課題を解決・改善していくために、さらなる実践研究を進めていきたい。

付記

本研究は、JSPS科研費25350196の助成を受けたものである。

註

1) 下野洋・岡本弥彦(2015)は、科学研究費補助金基盤研究C「理科の基本概念「地球」の再検討とその育成を図る地域教育資源の開発に関する研究」の成果としてリーフレット「地球システム 科学の基本的な見方や概念としての『地球』の捉え方」を作成した。リーフレットの中で地球モザイクという表現を用いている。

問い合わせ先:

shimono@gijodai.ac.jp, okamotoy@zool.ous.ac.jp

(https://kaken.nii.ac.jp/d/p/24501068_ja.html)

引用文献

- 浅野孝太郎・佐藤節子 (2011) 「小・中学校理科と環境教育つなぐウェブ理科教材の開発」『岐阜大学教育学部研究報告 自然科学』第35巻, 33-38.
- 石川県加賀市「雪の科学館」HP,
<http://www.kagashi-ss.co.jp/yuki-mus/>
- 岡村定矩ほか50名 (2012) 「新しい科学 2年」東京書籍, 190-239.
- 岡本弥彦・下野洋 (2014) 「理科の基本概念『地球』を育成するための視点設定と授業実践」『岡山理科大学紀要』第50号B, 57-65.
- 岐阜大学教育学部理科教育講座 (化学) HP,
<http://www1.gifu-u.ac.jp/~edkagaku/sato/index2.html>
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2007) 「環境教育指導資料 (小学校編)」, 東洋館出版社, 15-17.
- Sato, S. & Sugiura, N. (2008). Website materials to learn substances and environment, developed from airborne particle observation. *Chemical Education Journal*, 10 (2). (電子ジャーナル)
- 佐藤節子, 谷口佳代, 中塚恵介 (2013) 「小学校理科「水のすがた」から中学校理科「状態変化」「大気中の水」へつなげる教材開発のための雪状氷結晶成長実験」『化学教育ジャーナル (CEJ)』14 (2). (電子ジャーナル)
- 一寸木肇 (2012) 「小学校におけるこれからの理科教育」, 『理科の教育』, 通巻721号, 527-529.
- 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領」, 49-59.
- 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領解説 理科編」, 大日本図書
- 文部科学省 (2008) 「中学校学習指導要領」, 44-60.
- 文部科学省 (2008) 「中学校学習指導要領解説 理科編」, 大日本図書.
- 吉本均 (2006) 「現代教授学の課題と授業研究 学級の教育力を生かす 吉本均著作選集 5」 明治図書, 61.

Lower Secondary School Science Lessons on "Changes in Weather" using Web-based Materials about Airborne Particles

Yoshida Yasuhisa^{a, b)}, Sato Setsuko^{c)}

a) Affiliated Junior High School, Faculty of Education, Gifu University

c) Faculty of Education, Gifu University

Summary

Lower secondary school science lessons on "changes in weather" for 2nd grade were developed using web-based teaching materials consisting of airborne particles and snow-like ice crystal growing. The students realized the circulation of the atmosphere by seeing soil particles blown from the Asian Continent to Japan as Kosa dust and NaCl salt crystals blown to Gifu from the sea which is 50 km away. The students also realized the water circulation in the atmosphere by observing condensation and snow-like ice crystal growing from water vapor. The student learning outcome was analyzed by their presentation of mosaic tables expressing their four views, constitution, spatiality, time evolution, and relevance about each subject, such as cloud, meteorological phenomena, and so on. The construction of the lessons with introducing the web-based materials was evaluated from the student questionnaire to survey their positive attitude towards studying, solid understanding, and motivation to science.

<key words> airborne particles, lower secondary school science, web-based teaching materials, earth system, mosaic for key concept for "earth"