

中学校理科における科学的リテラシーをはぐくむ授業の研究

— 「天気とその変化」の学習を通して —

長 嶋 淳¹

身に付けた力を活用して、身の回りの自然事象を科学的にとらえようとする態度を育成することは、理科の課題のひとつである。そこで、教材と課題の設定を工夫し、課題解決の意欲を高め、基本的な概念の習得を図り、学習内容と自然事象を関連付けることによって、身に付けた概念を活用する態度を育成することを目指した。

はじめに

PISA2003の結果を受けた取り組みの中で、「学ぶ意欲を向上させるための、実生活と関連付けた指導の推進」が求められている。また「PISA2006における科学的リテラシーとしての態度の測定」で小倉（国立教育政策研究所）は、「理科を学習する目的意識」の部分で理科学習に対する道具的な動機付け指標の平均値の結果（OECDの平均は約60%、日本は約42%）がOECDの参加国（57か国・地域）の中で日本は最下位であったと指摘している。

そこで生活の様々な場面において、学習を通して身に付けた科学的な知識・技能をいかせる能力や態度を育成するために、学習内容と身の回りの事象とを関連付けることを意識した授業づくりについて研究した。

研究の内容

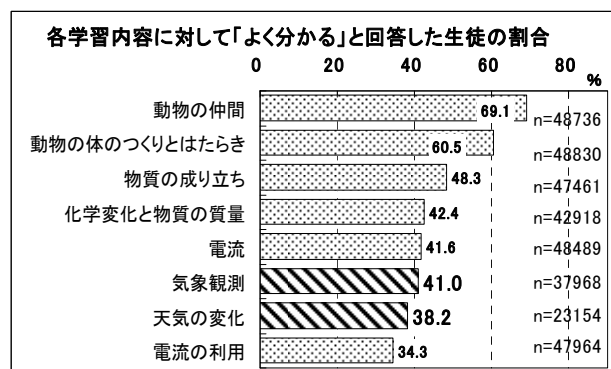
1 課題と研究仮説

(1) 課題「科学への興味・関心が低い」

文部科学省は、PISA2006調査結果を「科学への興味・関心や科学の楽しさを感じている生徒の割合が低く、観察・実験などを重視した理科の授業を受けていると認識している生徒の割合が低い」と分析している。また、「興味・関心」に関して、日置（2005）は、「対象をよく知っている場合、または一部知っている場合は、興味・関心が喚起されない」と報告している。そして、学習意欲の低下について、小田（2005）は、「生徒の内面での内的必要感の欠如と教材と生徒の内面との内的関係性の薄さにも原因がある」と述べている。これらから生徒の学習意欲を高めるために生徒の内面との関係性を意識した教材を活用したり、観察・実験を通して探究的に科学を学習したりする、科学の楽しさを感じる授業づくりが重要であると考えた。

(2) 課題「学習内容をよく理解できていない」

「平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査質問紙（中学校・理科）」（国立教育政策研究所2005）の調査では「天気の変化」の学習内容に対して「よく分かる」と回答した生徒の割合が38.2%と他の分野と比べて低く、生徒の理解しにくい内容であると考えられる（第1図）。



第1図 平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査

気象分野が理解しにくいことの特徴として、事象が大きく教室内で再現することが難しい点、上空で起こる事象については直接見ることができない点、授業時間内では事象の変化を正確に追うことが難しい点等が挙げられる。これらの特徴から生徒の目の前で課題として事象を提示するには小規模のモデル実験やデジタルコンテンツに頼らざるをえないことが考えられる。そこで学習内容に即した新たな教材を開発することにより、生徒の理解を支援することを考えた。また、学習内容が必ずしも「下位概念」の習得からはじまり「上位概念」に結び付くような構成になってはいないために単元全体で概念の結び付きが分かりにくくなっていることも理解を困難にしている原因の一つであると考えられる。新学習指導要領によって「習得型・活用型・探究型の教育」という方向性は示されたが、具体的な実践によって検証を行うことが必要であると考えられる。これらの理由から本研究の対象分野を「天気とその変化」

¹ 伊勢原市立山王中学校
研究分野（理科）

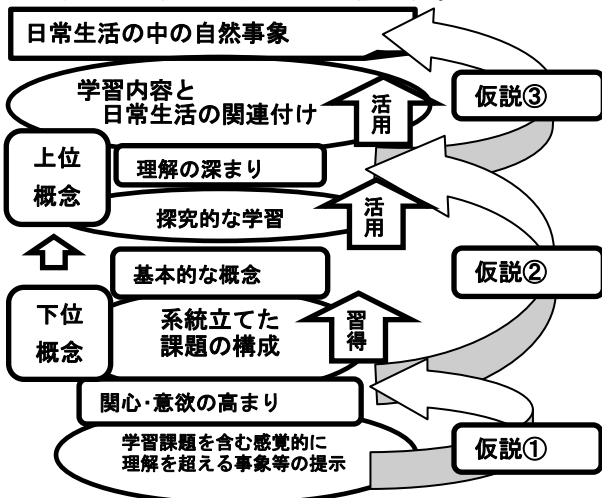
に設定した。

(3) 課題「科学の有用性が実感できていない」

文部科学省の「OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006 年調査国際結果の要約」によると、「科学に関連した職業に就くための準備としての学校の有用性について」の質問項目に、肯定的に回答した日本の生徒の割合は少ない。原因は学習内容と実生活とのつながりの希薄化にあると考えた。改善のためには生徒が学習内容と日常生活を関連付けられるように授業内容や習得すべき概念を組み立てることが必要である。

(4) 研究仮説

身の回りの自然事象を科学的にとらえようとする態度を育成するには、学習内容の興味・関心を高めることと、基礎的な概念の習得と探究的な活動により学習内容を理解することが必要である。その上で、日常生活との関連付けを図る活動が有効であると考え。そこで、①教材の工夫や効果的な事象提示をすることによって、生徒の興味・関心が高められること、②課題の構成を工夫し、それを解決していくプロセスを通して理解が深められること、さらに、③習得した概念を日常生活に関連付ける取組を通して身に付けた力を活用し、身の回りの自然事象を科学的にとらえようとする態度を育成できることを検証したいと考え(第2図)、次のような研究仮説を設定した(表1)。



第2図 研究全体図

表1 研究仮説

<p>仮説① 生徒の感覚的な理解を超える事象や生徒の内的関係性を重視した教材を提示することによって、生徒の学習内容についての興味・関心を高めれば、課題を解決する意欲が高まるだろう。</p> <p>仮説② 概念のつながりを重視した課題を構成し基礎概念の定着を図り、その概念を活用して課題を解決させれば、生徒は学習内容についての理解を深めるだろう。</p> <p>仮説③ 学習内容と日常生活の中の自然事象を関連付けられるように工夫すれば、身に付けた力を活用して、身の回りの事象を科学的にとらえる態度を育成できるだろう。</p>
--

(5) 検証方法

仮説①については、ワークシートの記述の分析、事前・事後調査の分析と比較を行った。仮説②についてはワークシートの記述の分析と総括的評価テストの結果と県や国の調査結果との比較を行った。仮説③については、事前・事後調査の分析と比較を中心に行った。

2 研究方法

(1) 仮説①

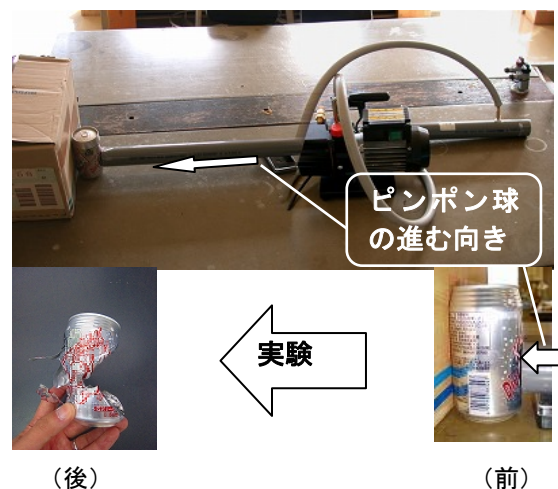
「課題提示部における新たな教材例」

ア 生徒の感覚的な理解を超える事象

日置や小田の報告を参考に、課題提示部で「興味・関心を高める」ための効果的な教材について考えた。「全く未知の事象」と「生徒の感覚的な理解を超える事象」である。生徒が事象を観察して「もっと調べてみたい、もっと学習したい」と感じる教材や提示方法が理想である。また「内的関係性」を強くするため身近な事象・現象を取り入れることにも配慮した。驚きや意外性から興味・関心を高め、内的必要感を持たせることにより課題を解決する意欲を引き出すことを目的とした。

① ピンポンキャノンⅡ

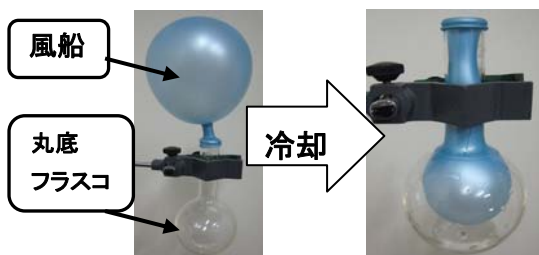
従来の授業では大気圧の大きさを理解するために山と平地と大気柱を描いた図を利用して「1気圧=約1013hPa」と表し学習する。しかし、数字の大小による表現や映像では体感的な理解は得難い。大気圧の大きさを体感的に理解することができる教材の必要性を感じた。そこで小河原氏、市江氏が紹介する「ピンポンキャノン」をより安価な材料で製作できるように改良した「ピンポンキャノンⅡ」を使用した(第3図)。この教材によって、減圧したパイプ中のピンポン球が大気圧によってアルミニウム缶を貫通するほどの勢いで押し出される様子を観察できる。



第3図 ピンポンキャノンⅡ

② 風船とフラスコの実験

水の「状態変化」は、小学校での既習事項であるが、理解が不十分であることが事前調査の結果から明らかになった。そこで、水の「状態変化」について「温度」「体積」及び「状態」の概念を整理し、新たに学習する意欲を引き出すための実験を行った。風船とフラスコの中を水蒸気で満たした後、自然に冷却させる。すると風船中の水蒸気が温度低下により液化するため、体積が減少し、風船がしぼむ。さらにフラスコ内の水蒸気も水に戻ることで、風船は裏返しになりフラスコの中で膨らむ（第4図）。多くの生徒は風船がしぼむことは予想するが、フラスコの中で膨らむとまでは考えないので驚きと共に状態変化の要因と体積との関係を再確認することができる。



第4図 水蒸気の状態と水に戻った状態

イ 「地学分野の再現性が難しい」事象の教材例

「天気とその変化」の雲のでき方や気象の変化は水と大気の動きに起因し、教室内で再現することは難しい。従って、教材と生徒の関係が弱くなり興味・関心を高めることが難しくなる。そこで、平成20年度神奈川県立総合教育センター教材教具コンテスト特別賞受賞作品である「理科資料（ふくらむお菓子の袋）」を参考に映像教材を製作した。生徒にとって身近な物（お菓子の袋と撮影者）を使って、課題となる現象（高度が上がるにつれて、気圧計の針が移動していくとともにお菓子の袋が膨らむ）を映像化するという工夫により、教材と生徒との関係性を強め、興味・関心を高めることにより、課題を解決するための意欲を引き出すことを目的とした。この教材は2時間の変化を2時間に編集したことにより短時間で変化を観察でき、なおかつ、目の前で袋が膨らんでいく様子を安全に観察できる（第5図）。



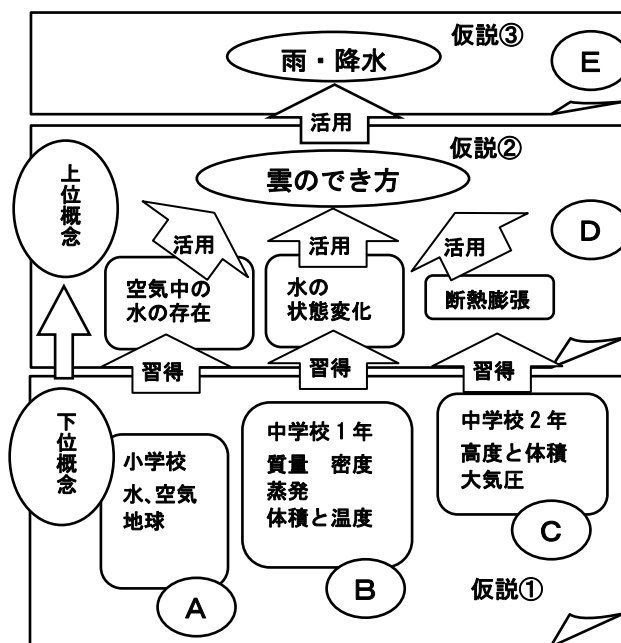
伊勢原市街 (高度約40m) 富士山新五合目 (高度約2350m)

第5図 山で膨らむお菓子の袋

(2) 仮説②

「概念のつながりを重視した課題の構成と教材例」

本研究では、効果的な課題提示を行う方法を考え「科学的内容の系統性」や「科学的なものの見方や考え方の育成を考えた配列」を意識し系統立てた課題の構成にした。そうすることで、生徒が次時の授業や上位概念に対するつながりを把握しやすいように授業を行うことができるようになった。また、課題とした自然現象（上位概念）を分解し、それを理解するために必要な下位概念を細かく学習することで、生徒の既習概念の習得の度合いの違いに配慮した授業が可能になった。習得した「空気中の水の存在」「水の状態変化」「断熱膨張」等の概念を用いて「雲のでき方」等を解決する活動等の過程で実験方法や結果の検討をグループ、クラスで話し合うことにより学習内容（雲のでき方等）の理解を深められるようにした（第6図）。



第6図 授業の構成

(3) 仮説③

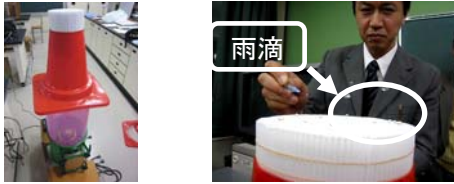
「学習内容と自然事象との関連付けの例」

それぞれの下位概念について、授業中の終末部分で「日常の新たな課題」に目を向ける機会や身の回りの自然現象を科学的にとらえようとする視点を与えることにした。これによって「科学の有用性」を感じさせ、身に付けた力を活用して、身の回りの事象を科学的にとらえる態度、そしてその基盤となるような自然事象に対して取り組む姿勢・態度が向上するだろうと考えた。

① 日常の事象を科学的にとらえる態度を育成する教材例（雨滴観察実験装置）

降雨は生徒にとって最も身近な自然事象の一つである。しかし、生徒の多くは「雨滴の形」を見た経験がないか、または見るができないためにその正確な

イメージを持っていない。実際に観察しようと思っても落下速度が速いためにそれは難しい。そこで日常では見ることのできない雨滴を教室内で観察できるように工夫した。これにより「必要感」を刺激しながら空気中の水滴（雲）と降雨を関連付けた課題や事象を提示することで、より日常の事象に課題を見いだす態度を育成できるだろうと考えた（第7図）。



第7図 装置全体図と実験の様子

3 検証授業

検証授業は2年生・6クラス（204名）に対して10月から11月の3～5時間で行った（表2）。

表2 検証授業の内容と仮説

学習内容	学習活動・教材・授業の構成分類	仮説
1) わずかな水や空気の間で気象現象が起きている	月周回衛星「かぐや」の映像	A ①
	1m地球モデル	A ②
	気象衛星「ひまわり」の雲画像	A ③
2) 水の状態変化から地球規模での水の循環を考える	風船とフラスコの実験	B ①
	チャック付きビニール袋の実験	B ②
	エタノールを入れたビニール袋の実験	B ②
	地球上の水の循環の映像	A ③
3) 大気圧の大きさを理解し、水蒸気が水滴になる仕組みを考える	ピンポンキャノンII	C ①
	山で膨らむお菓子の袋	C ①
	炭酸飲料保存用器具の実験	C ②
	空気入れとペットボトルの実験	C ②
	水蒸気が水滴になっている例の映像	C ③
4) 気化と雲のでき方を、下位概念を用いて組み立て理解する	ゲイムト「ダスト」の実験	B ①
	今までの下位概念の確認	②
	雲のできる仕組みの検討（上位概念の習得）	D ②
	雨滴観察装置	E ③

ア 授業の様子

課題提示部では、生徒の感覚的な理解を超えた事象としてピンポンキャノンII等を使って学習内容への興味・関心を高めながら、基礎概念（上空ほど気圧が低い等）を確認した。そして、加圧したペットボトルの栓をあけると中が白く曇る現象（断熱膨張）等の課題を解決することで身に付けた概念を用いて「雲のでき方」（ねらいの概念）の課題にグループ学習により探究的に取り組む活動ができた。また、今回の検証授業ではすべての課題を授業中に解決せずに、意識の中に顕在化するだけでもよいこととした。授業時間外に自らが課題に取り組む部分を残した。そのため、課題の解決を通して基本的な概念を習得するが、疑問が残るので、次時の授業に対するの関心や単元全体のつながりを自らが考え探究的な活動をする機会となった。また、概念のつながりを重視した課題の構成によって、ひとつ

ずつ課題を解決することにより達成感を味わい、新たな課題に取り組む自信を持った。また、習得した概念を活用（グループやクラスで話し合い）して、実験方法や結果を検討することにより、個人では気付かない部分までも理解を深めていた（第8・9・10図）。

イ 生徒の様子



第8図 実験方法の話し合い



第9図 予想したことを実験で検証

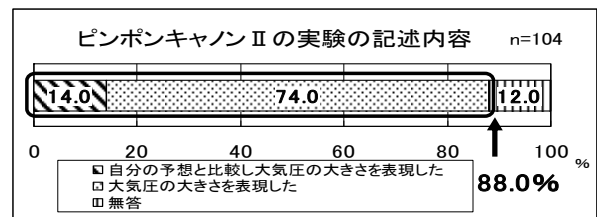


第10図 簡易ホワイトボードにまとめて発表

4 仮説の検証

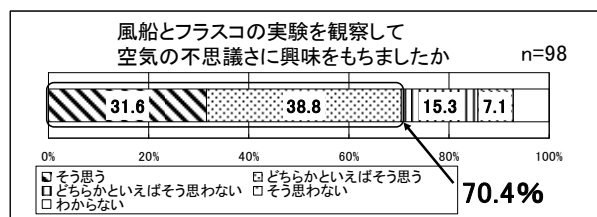
ア 仮説①の検証

はじめに、「生徒の感覚的な理解を超える事象の提示」による「興味・関心の高まり」について、「ピンポンキャノンIIの実験の記述」を基に分析した（第11図）。ワークシートの記述内容から自分の予想（経験）と比較した感想を記述した生徒が14.0%、大気圧の大きさを表現した記述をした生徒が74.0%おり合計88.0%の生徒の記述にプラスの興味・関心の記述表現が見られた。その中には「こんな力が自分にかかっていると驚いた」というような学習内容と自分自身を結び付けた記述も見られた。



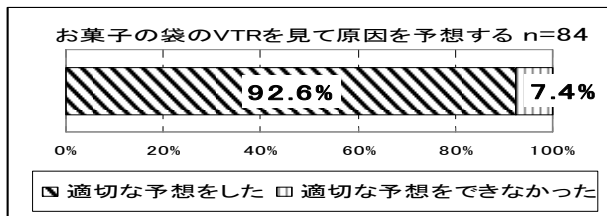
第11図 ピンポンキャノンIIの実験の記述分析

次に「全く未知の事象」による「興味・関心の高まり」については「風船とフラスコの実験を観察して空気の不思議さに興味をもちましたか」という問いに対し「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答した生徒の割合は合計で70.4%であった（第12図）。



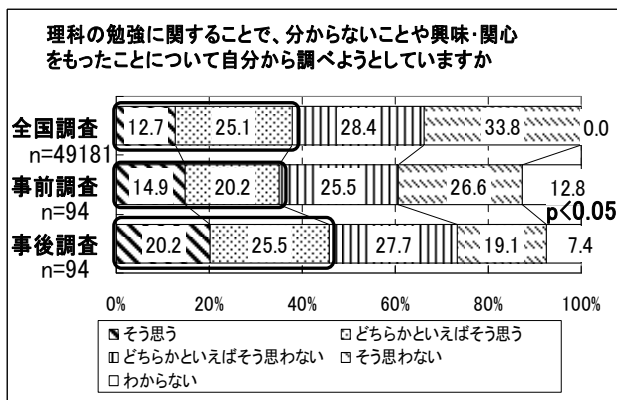
第12図 風船とフラスコの実験の評価

さらに「山で膨らむお菓子の袋」のVTRを視聴後に原因を予想する課題に対して「高いところほど、周りの気圧が低くなったから中の空気が出て行こうとした」というような学習内容と関連付けて予想し、課題への興味・関心を高めることができたと判断できる生徒の割合が92.6%であった(第13図)。



第13図 お菓子の袋のVTRの評価

「課題を解決する意欲」については、事前調査で「理科の勉強に関することで分からないことや興味・関心をもったことについて自分から調べようとしていますか」という問いに対して、「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と回答した生徒の割合が合計で35.1%と全国調査(中学校教育課程実施状況調査)の結果の37.8%と同程度であったが、事後調査では合計で45.7%に増加し、全国調査の結果を上回った。(第14図)。

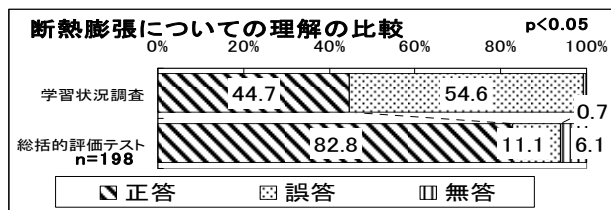


第14図 課題を解決する意欲の変化

『生徒の感覚的な理解を超えた事象の提示』についての「ピンポンキャノンⅡの実験を見ての感想分析」『全く未知の事象』についての「風船とフラスコの実験の事後調査」、『生徒の内的関係性を重視した教材例』についての「お菓子の袋のVTRの評価」は、いずれも興味・関心が高まった結果を示していると判断する。また「課題を解決する意欲の変化」の調査結果は学習する意欲を引き出し、課題を解決する意欲を引き出した結果と評価する。よって「雲のでき方」の下位概念としての大気圧や「水の状態変化」の要因に対して仮説①「生徒の感覚的な理解を超える事象や生徒の内的関係性を重視した教材を提示することによって、生徒の学習内容についての興味・関心を高めれば、課題を解決する意欲が高まるだろう」は有効であると判断できる。

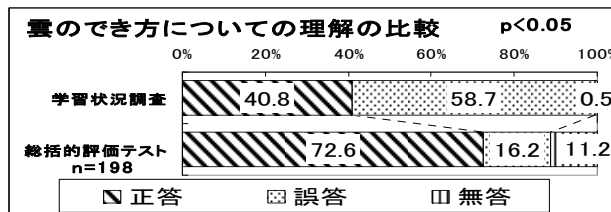
イ 仮説②の検証

概念のつながりを重視し、課題について下位概念を活用して上位概念を理解させるように構成した。その結果、ワークシートの自由記述欄には「この一連の授業で習ったことが全てつながりスッキリした、雲についてももっと勉強したい」という感想に表現されているように、課題解決の意欲を高め、学習内容の深い理解へと導くことができたと評価する。さらに、総括的評価テストの結果を県の学習状況調査の結果と比較した。断熱膨張は雲のでき方を理解する上で必要な下位概念である。総括的評価テストで断熱膨張を理解しているかについての問いに対しての正答率は82.8%であった(第15図)。



第15図 断熱膨張の理解に関するテスト結果の比較

また、総括的評価テストで「断熱膨張」の概念等を用いて「雲のでき方」(上位概念)を理解しているかを問う出題に対する正答率は72.6%であった(第16図)。

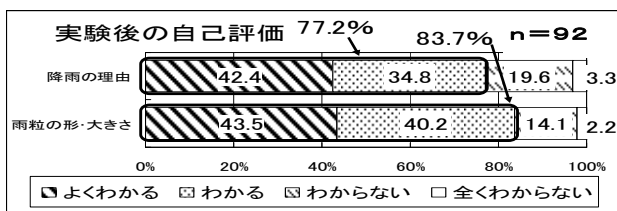


第16図 雲のでき方の理解に関するテスト結果の比較

平成18年度神奈川県公立中学校学習状況調査の同様のねらいの問いの通過率は「断熱膨張」については44.7%であり、「雲のでき方」については40.8%である。これらのことから仮説②「概念のつながりを重視した課題を構成し基礎概念の定着を図り、その概念を活用して課題を解決させれば、生徒は学習内容についての理解を深めるだろう。」は「断熱膨張」「雲のでき方」については有効であると判断できる。

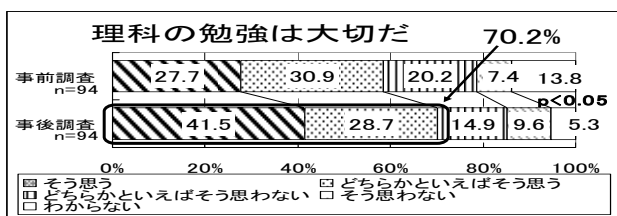
ウ 仮説③の検証

「雨が落ちてくる理由がわかりますか」「雨粒の形や大きさがわかりますか」という問いに対して「よくわかる」「わかる」と回答した生徒の割合はそれぞれ77.2%、83.7%となった(第17図)。これは、雨滴観察実験装置によってモデルとしてではあるが教室内で学習した理論的な仕組みが、実際の雨という事象につながっていることへの理解が得られたひとつの表れであると評価する。



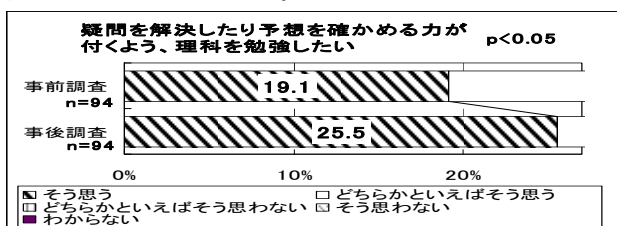
第 17 図 雨滴観察実験装置の評価

また「理科の勉強は大切だと思いますか」という問いに対して、事前調査では 27.7% の生徒が「そう思う」、30.9% の生徒が「どちらかといえばそう思う」と回答している。事後調査では「そう思う」「どちらかといえばそう思う」の合計で 70.2% の生徒が「理科の勉強は大切だ」と答えた。これは日常生活と関連付けを図ることで「科学の有用性」を認識することができた結果と考える (第 18 図)。



第 18 図 科学の有用性の変化

次に「疑問を解決したり予想を確かめる力が付くように、理科を勉強したいと思いますか」という問いに対しては「そう思う」と回答した生徒の割合が事前調査で 19.1%、事後調査では 25.5% となり伸びている (第 19 図)。身に付けた力を使い、科学的探究を支持する態度の表れと考える。

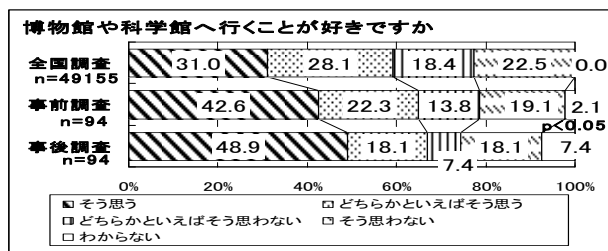


第 19 図 科学的探究の支持の変化

さらに「博物館や科学館へ行くことが好きですか」という問いに対して、事後調査で 67.0% の生徒が「そう思う」「どちらかといえばそう思う」と肯定的な回答をした。学校の学習内容 (基礎的な概念) を基に、より多様な科学的体験や自然体験に触れたい、あるいは学習したいという意欲の表れと考えた。自ら学習の場に足を運ぶ意欲、自然に対する探究心の表れと考える (第 20 図)。

これらのことより、仮説③「学習内容と日常生活の中の自然事象を関連付けられるよう工夫すれば、身に付けた力を活用して、身の回りの事象を科学的にとらえる態度を育成できるだろう」は有効であるという可

能性を示すことができた。



第 20 図 博物館や科学館への意識の変化

研究のまとめ

本研究では、身に付けた力を活用して、身の回りの自然事象を科学的にとらえようとする態度を育成することを目指して取り組んできた。検証結果から「天気とその変化」の学習について、課題提示部において、生徒の感覚的な理解を超える事象等を提示し、科学的概念を系統的に形成できるような授業を組み立て、探究的に学習することにより、生徒の興味・関心を高め、課題を解決する意欲を引き出せることが分かった。また、これらの手立ては、基本的な概念の習得を図ることに効果があることを示唆している。さらに検証時間・内容から十分とは言えないが、学習内容と自然事象を関連付けることにより、日常の事象に課題を見いだす態度を育成できる可能性を示すことができた。

おわりに

本研究では、気象分野の一部分の検証となった。天気とその変化の学習では、生徒が気象観測を行い、その結果を基に課題を見だし、それを探究的に解決していくことが理想的だと考える。そのための教材、学習プログラムの開発を行っていきたい。

引用文献

- 小倉康 平成 20 年 3 月 「PISA2006 における科学リテラシーとしての態度」 (『国立教育政策研究所紀要第 137 集』国立教育政策研究所) p. 59-70
 文部科学省 「PISA2006 を受けた今後の取組」
 (http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/gakuryoku-chousa/sonota/07032813.htm (2008. 6. 24 取得))
 日置光久 2005 「IV理科の学習と認知」 (武村重和・秋山幹雄編集『理科重要用語 300 の基礎知識』明治図書) p. 146
 小田豊 平成 17 年 3 月 「学習することの意味と児童生徒の学習意欲の喚起」 (『学習内容と日常生活との関係性の研究』国立教育政策研究所) p. 15-21
 小河原康夫、市江寛 「ピンポンキャノンの紹介」
 (<http://www2.hamajima.co.jp/~tenjin/ypc/ypc06y.htm> (2008. 6. 25 取得))