

## 要 旨

本研究のねらいは、図を使って知識の構造化を行わせることで、科学知識を日常生活に活用できる力を高める指導の在り方を探るものである。具体的には、既習内容や生活体験、観察、実験によって得た知識を作図によって関連付け（構造化）させた後に、考察、まとめを行わせたり、身の回りの事象について説明させたりした。この指導方法の工夫、改善により、生徒は身に付けた知識を互いに関連付けて整理して理解できるようになり、科学的知識を活用する力が高まった。

〈キーワード〉 ①知識を活用する力 ②知識の構造化 ③表現・説明活動 ④科学的思考力

## 1 研究の目標

単元のまとめにおいて、観察、実験の結果と既存の知識を使って知識の構造化を行わせることで、日常生活に活用できる力を高める指導方法の在り方を探る。

## 2 目標設定の理由

平成16年度佐賀県学習状況調査で気象分野の出題があった。結果は、身近な事象を内容とした科学的な思考を問う設問の無解答率が高くなっており、生徒は自然事象が起こる原因を深く考え、表現することが苦手であると報告している。中山迅は「科学的知識を用いて、観察や実験から得られた結果を吟味し、考察して、結論を導き出すことが重要」<sup>1)</sup>としており、科学的思考力を高めるためには身に付けた科学知識を活用させて観察、実験結果や自然事象を考察させる必要があるといえる。

科学的知識を用いて考察を行わせるためには、まず、知識と知識の関係を明らかにさせ、次に思考の根拠となる知識を整理させる必要がある。しかし、生徒が思考の根拠となる知識を頭の中で言葉に置き換えて関連付け、文章化したり口頭で説明したりする活動は、高い思考力や技能が必要である。生徒のもつ知識や思考のプロセスを段階的に表現させ、考察を行わせるような指導方法の工夫、改善を行うことが重要であると考えた。

そこで本研究では、既存の知識や観察、実験によって獲得させた知識を関連付けさせるために、作図による構造化を行わせる。その後、構造化させた知識を使って考察やまとめを行わせたり、日常生活に見られる事象を説明させたりすれば、知識を活用して考える力が高まるのではないかと考え、本目標を設定した。

## 3 研究の仮説

互いに関連のある学習内容の考察やまとめにおいて、既存の知識及び観察、実験の結果から獲得させた知識を構造化させれば、それが使える知識として整理され、日常生活に関する事象を説明できるようになるであろう。

## 4 研究の内容と方法

- (1) 知識の構造化と科学知識の活用について、文献や資料を基に理論研究を行う。
- (2) 実態調査のアンケートを検証授業の事前・事後に行い、生徒の変化を分析する。
- (3) 2年生2分野「大気中の水の変化」の単元で、仮説に基づいた単元構成や指導案を作成し、所属校で検証授業を行う。
- (4) 授業について検証を行い、仮説の有効性を考察し、研究のまとめを行う。

## 5 研究の実際

### (1) 文献による理論研究

ア 遠西昭寿は「科学的思考力の育成は、思考能力の低い子どもたちの能力を向上させるのではなく、科学知識の習得によって思考を科学的にすることである」<sup>2)</sup>と述べている。つまり、科学的思考力というのは手続きや方法ではなく、その思考の根拠にどのような理論・知識をもち、活用できるかということである。このことから、本研究では科学的思考力を「科学知識を活用して考える力」とし、それを高めるための学習活動を取り入れることにした。

イ 久恒啓一は「『図にする』という作業は、ものごとの全体の構図を体系的にとらえることであり、事象と事象のつながりを明らかにすることです。すなわちそれは『考えること』そのものです」<sup>3)</sup>と述べている。生徒に「よく考えなさい」と言っても思考が進まない生徒が多いのに対し、「〇〇の変化を図で表しなさい」と指示すると少しずつ生徒たちは考えようとする。それは、図で表現することにより頭の中が整理されていくからである。本研究では主にコンセプトマップやイメージマップを用いて、知識を関連付け（構造化）させ、生徒の思考が深まるよう手立てを取った。文章で表現することが苦手な生徒は、口頭や記述での表現ができずに思考をやめることが多々あるが、余り文章化する必要のない作図による表現は、事象を部分的に考察することができるので、このような生徒が表現活動を行うのに有効な手段になると思われる。また、作図した本人以外の生徒も、知識と知識のつながりを視覚的にとらえて内容をつかむことができ、学び合い活動の中で自分の考えを他に分かりやすく伝えることに有効な方法であると考えられる。

ウ 森本信也は「子どもの自然事象に対する表現が彼らを科学概念構築へと誘うのであれば、その力こそ理科授業において育てなければならない」<sup>4)</sup>としている。結果とその原因を事象が発生した順番に表現させたり、予想に基づく視点から観察、実験結果についての知識を整理させたりする。すると、生徒は少しずつ知識を互いに関連付けて整理し、理解する方法を学んでいくと思われる。そこで本研究では、身の回りの事象を説明させることで生徒に学習内容を活用（日常化）させ、科学概念の定着を図る。

### (2) 授業の全体構想

本研究では、情報量が多く、生徒の科学的思考力が特に必要となる授業の後半部分に焦点を当て検証授業を行った。図1のように、授業の流れを7段階の過程に分け、科学的思考力を高めさせる学習活動の工夫を観察、実験後に取り入れた。その際、科学的に思考させるために知識を確認（入力）させ、また、図や記述によって表現（出力）するために思考させることを意識し、指導を行った。検証授業は全5時間とし、検証の視点は次の3点とした（次頁図2）。

ア 課題や疑問の解決に必要な知識（キーワード）をそろえる活動を行わせる。観察、実験を行わせ、その結果を説明するために必要なキーワードを列挙させたり選択させたりする。主にイメージマップ・コンセプト

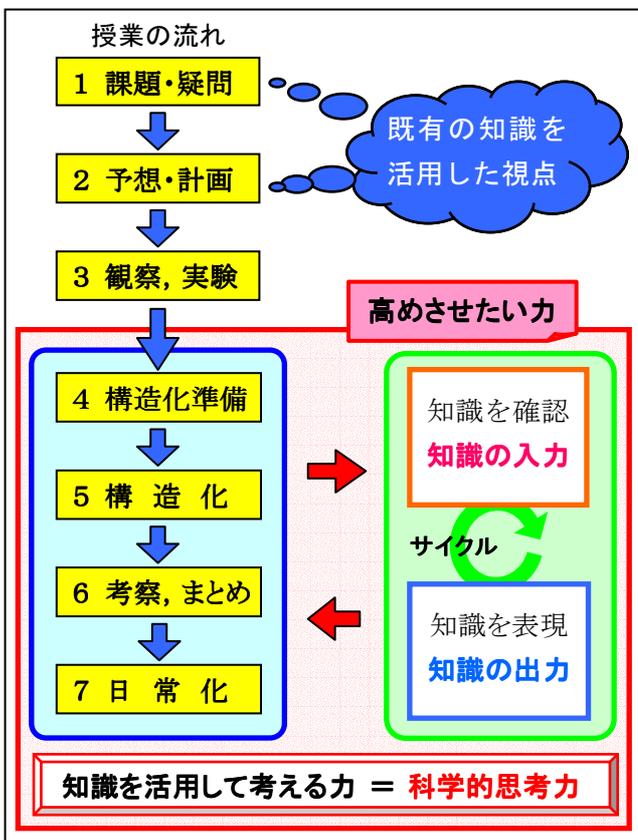


図1 授業の全体構想

トマップを作成させる段階で検証を行う。【検証Ⅰ】  
 イ 既存の知識や新たに獲得させた知識を互いに関連付けさせ、構造化する活動を行わせる。前頁(2)アで列挙、選択させたキーワードを、互いの関係を整理させながら線や矢印でつなげ、そのつながりの関係を説明させる。主にイメージマップやコンセプトマップを作図させることで検証を行う。【検証Ⅱ】  
 ウ 構造化させた知識を定着させ、日常化（活用）する活動を行わせる。上記イで作図させたものを使って観察、実験結果から分かる結論を導き出させたり、日常に見られる事象を説明させたりする。主に記述により検証を行う。【検証Ⅲ】

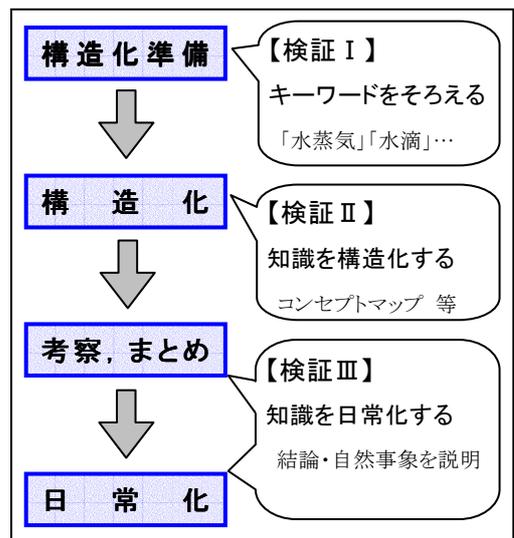


図2 検証の視点

(3) 授業の実際

ア 検証授業1 / 5時間「気温の変化による現象」

空気中に水蒸気が含まれていることを、空気を冷やすことで水滴が現れる実験によって確認させた。その事象を作図(図3)によって表現させ、記述での説明を求めたところ 87%の生徒が科学的な解答を行った。生徒は、作図によって考えを整理してまとめることができ、それを記述表現に役立てていた。

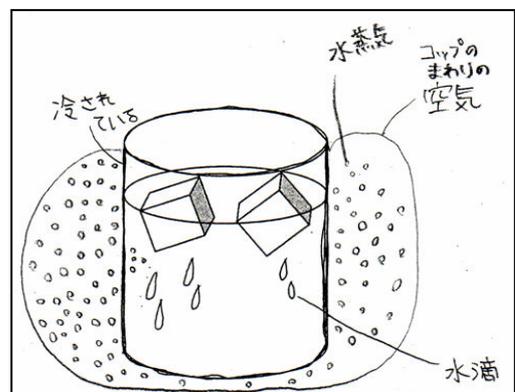


図3 描画法による生徒の作図

イ 検証授業2 / 5時間「空気中の水蒸気の種類」

「なぜ空気を冷やすと、含まれている水蒸気が水滴に変化するのか」という課題を与えた。授業最初の予想では、気体から液体に状態変化するという現象のみを答えた生徒が13%で、何も記述できない生徒が65%もいた。その他には「水滴に成りたがっている」といった抽象的な解答も見られた。

粒子モデルを用いて飽和水蒸気量についての説明を行い、もう一度記述させた。その後、「飽和水蒸気量」「水蒸気」「空気」「気温」「水滴」を基本のキーワードとして、それぞれがどのような関係でつながるかコンセプトマップを作図させた。キーワードを増やすのは自由とし、キーワードのつながりに説明を加えるという指示のほかは、条件を付けずに自由に作図させた。生徒たちは意欲的に取り組み、69%の生徒が実験事象を科学的に説明する作図を行えた。

作図前と作図後の記述内容を比較した(図4)。飽和水蒸気量が気温によって変化することと水滴が生じる現象とを関連付けて記述できた生徒が1人から9人になった。そのうち、生徒Aは、

予想段階では無解答であり、粒子モデルによる説明後も「空気の中で、水蒸気でいられる割合が減ったから」といった記述であった。ところが、コンセプトマップ(次頁図5)を作図させることで、学習内容を関連付けて整理させることができた。作図後には「気温が下がるに連れ、空気中に含むことのできる水蒸気量が限界になって水滴になる」という科学的な結論を導き出した。

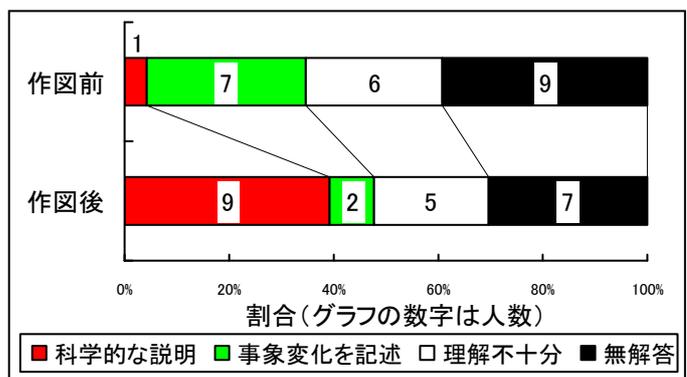


図4 作図前後の記述の変化

生徒Aのように作図後に記述内容を向上させた生徒は、クラス全体の43%に上った。

その一方で、無解答の生徒が9人から7人と余り変化しなかった。中には5つのキーワードをどのように結んでよいのか分からず、作図が全く進まない生徒もいた。幾つかのキーワードを目の前でつないで見せたが、生徒の思考が進むことはなかった。このような作図が進まない生徒に対し、何らかの支援を行う必要性を感じた。

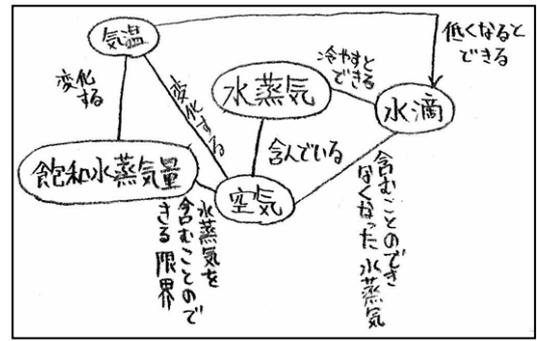


図5 生徒Aのコンセプトマップ

ウ 検証授業3 / 5時間「雲の発生実験」

ペットボトル内に雲を作る実験を行わせ(写真1),「なぜ雲が発生するのか」という課題を与えた。生徒は前時の学習で高度と気圧, 気温の関係について学んでおり, 実験前に予想として記述させた。この段階で22%の生徒が既習知識を活用して雲の発生を説明できた。しかし, 多くの生徒が気圧と気温の関係を結び付けることができない状態であった。

実験後に, その結果から雲の発生を説明するのに必要なキーワードを考えさせた。授業前に, この実験の現象を説明するのに最低限必要なキーワードは「水蒸気」「水滴(雲)」「気温」「気圧」「露点(凝結)」の5つと考えていた。しかし, 5つのキーワードをそろえることができた生徒は17%と少なかった。学力中位~下位の生徒には, キーワードをそろえさせること自体が難しく, この段階から支援が必要であった。

次に, そろえたキーワードを使ってイメージマップを作図させた(写真2)。作図する過程でキーワードが増えていく生徒もおり, 全体の30%の生徒が気圧と気温の関係を結び付けて雲が発生することを表す作図を行った(写真3)。しかし, そろえたキーワードの不足や, 逆に学習した情報量の多さから, 科学的なつながりを表す作図を35%の生徒が行うことができなかった。

作図の後に, なぜ雲が発生するのかという結論を記述させたところ, 科学的に記述できた生徒が9%に減少してしまった。また, 事象変化を中心に記述した生徒を含め, 説明できたのは全体の26%であった。その原因として, 生徒にとって思考に必要な知識が多くなり, 作図がまとまらなかったり, 作図ができてそれを文章化するのが難しくなったりしたためだと思われる。生徒個人で思考させ, 説明させるのに, 単元の難易度を考えても, 更なる手立ての必要性を感じた。



写真1 実験の様子

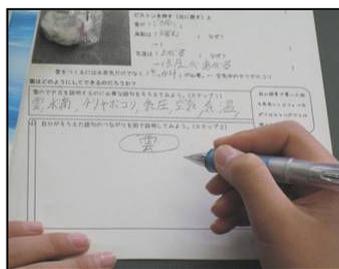


写真2 作図開始



写真3 作図完成間近

エ 検証授業4 / 5時間「実際の雲の発生」

この授業から, 作図が進まない生徒への手立てとしてグループでの学び合い活動を取り入れることにした。「実際の雲は, どのようにしてできるのか」という課題を与え, イメージマップの作図をグループで検討させながら行わせた。短冊状の付せん紙を生徒に配布し, それにキーワードを書き込ませ, 生徒が張り替えながら作図できるように工夫した。

生徒はキーワードをそろえる段階から活発に意見を交換し, 作図を行った。このとき多くの生徒(グループ)が共通して, 事象が発生した順番にキーワードを並べて関連付けていた。事象を物語のようにつなぎ, その後の記述説明に役立てていた。生徒Bの作図(次頁図6)はその典型的なものであり,

作図後の記述では「空気中に含まれる水蒸気が気温と気圧が下がるとともに飽和水蒸気を超える。すると露点に達し凝結が始まる。そうしたら水蒸気が水滴となる。水滴が上昇気流に乗って雲となる。」としていた。上昇気流に関する部分に誤りがあるものの、イメージマップを参考にしていることが分かる。この授業では、すべての生徒が作図を行うことができた。

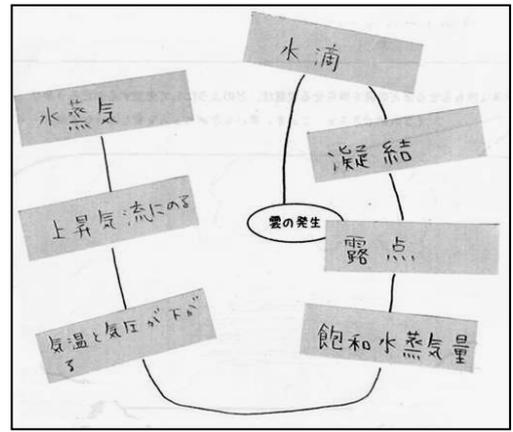


図6 生徒Bのイメージマップ

作図後の記述による説明では、23%の生徒が、事象の変化とその原因を順番に記した科学的な結論を導き出した。作図による構造化の有効性を示したものと考える。(平成16年度佐賀県学習状況調査において、雲の発生について説明させる設問の正答率は0.9%であった。)しかし、無解答の生徒は依然として23%と多かった。作図はできても、その後の記述ができない生徒に対しての課題が残った。

オ 検証授業5 / 5時間「飛行機雲と天気」

構造化した知識を日常化させるために、発展的な学習課題「飛行機雲が見えると天気が悪くなると言われるのはなぜだろう」を設定した。この課題を聞いたことがあると答えた生徒が30%おり、飛行機雲もよく目にするので、日常化を図る事象として適していると考えた。また、この授業ではグループで1つのイメージマップを作図させることにした。

燃料の燃焼により水蒸気が発生することを示した後に、課題を解決するための作図をさせた。その際、必要ならば教科書やこれまでのワークシートを見直してよいこととし、作図のため(構造化)に知識を確認させるようにした。グループでの作図は活発に意見が交換され、キーワードを記入した付せん紙が何度も張り替えられていた。難易度の高い課題であったが、生徒は根気強く取り組んだ。

作図後に生徒が記述した結論では、17%の生徒が、飛行機雲の発生と天気が悪くなることを関連付けて科学的に記述できた。また、事象のみの記述を含めると78%の生徒が説明できた。授業前に、この課題の結論に必要なキーワードは「湿度が高い(飽和水蒸気量に近い)」、「水蒸気が発生」、「気圧が低い」、「気温が低い」、「水蒸気が水滴に変化(凝結する)」と考えていた。このキーワードを結論の記述の中に幾つ使用したかを検証したところ、図7のようになった。半数以上の生徒が3つ以上使用し、それぞれのキーワードを関連付けて記述していた。また、学力別(定期テストの到達度による、上位・7割以上、中位・7割未満4割以上、下位・4割未満)によるキーワードの使用数については、上位はもとより中位の生徒についても半数以上が3つ以上使用していた。さらに、下位の生徒でも2人が3つ使用できており、中位～下位の生徒に対しても効果が上がったと考える。何より、すべての生徒が結論を記述できたことがこの手立ての最大の成果であった。

カ 生徒の意識の変化

検証授業により、生徒の意識に変化が生じた(次頁図8)。事前調査では暗記中心の理科学習がよいとした生徒が44%いたが、事後調査では10%に減少した。また、学習内容や既有知識を関連付けながら学習するのがよ

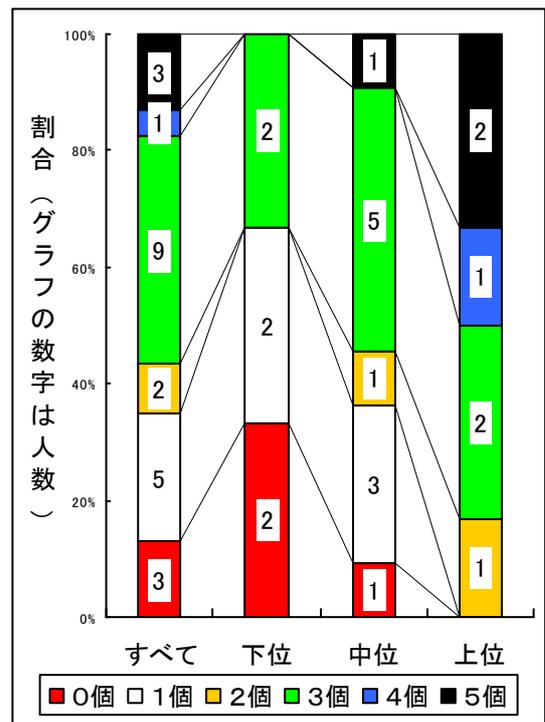


図7 使用キーワードの個数別人数

いとした生徒を合わせると、22%から66%まで増加した。作図を行うことで、知識を関連付けて整理することの有効性を多くの生徒が実感したと考えられる。他にも「考察を行い、結論を導くことが大切」とした生徒が39%から86%に増加した。これは、これまで観察、実験を行うこと自体を目的としていた生徒が、観察、実験

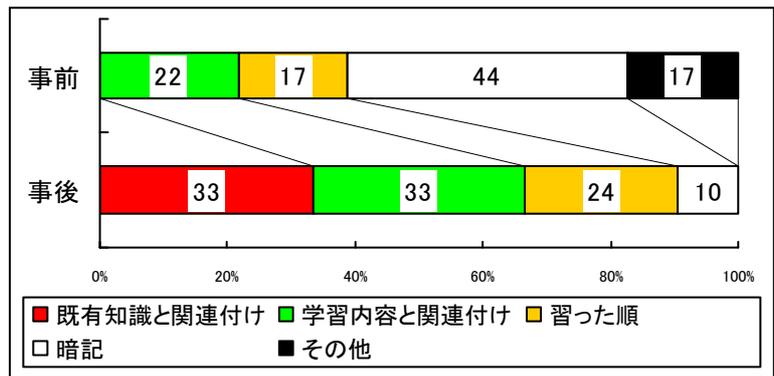


図8 生徒の意識の変化

結果から考察やまとめを行うまでの過程を1つの流れとしてとらえ、思考して結論を導くことを目的とするようになったためだと考える。

## 6 研究のまとめと今後の課題

### (1) 研究のまとめ

作図による知識の構造化を行わせることで、考察やまとめの記述内容を向上させることができた。作図を行わせることが、知識と知識を科学的に関連付けさせる学習活動として有効であることを検証できたと考える。作図の指導方法に関しては検証授業2/5時間で実践したように、最初は、ある程度のキーワードを指導者が提示した方が生徒の思考が進み、効果的であると感じた。グループによる学び合い活動によって学力下位層の生徒も「思考」し、結論まで記述することができた。また、生徒の記述しようという意欲が高まったことも大きな成果であると考えている。さらに、日常化の学習活動が、学習内容が様々な場面で活用できると生徒に気付かせる機会になったと考えている。生徒が自然事象について興味・関心をもち、その原因を明らかにするために知識を活用することが、生徒を科学概念の構築へと導いてくれると考える。

### (2) 今後の課題

電流モデルやエネルギー概念など言葉では表現しにくい学習内容や科学概念については、コンセプトマップやイメージマップではなく別の作図法が必要になると考えられる。本研究でも部分的に取り入れた描画法と合わせ、どのようなときにコンセプトマップやイメージマップ、描画法などが有効であるのかを明らかにしていきたいと考えている。また、本研究の授業で共通した課題であった授業の配時と、学力下位層の生徒への具体的な手立てを更に考案する必要がある。

### 《引用文献》

- 1) 中山 迅 「子どもが観察、実験の結果から結論を導くことのできる理科授業」『理科の教育』2007年11月 東洋館出版社 p.10
- 2) 遠西 昭寿 「科学的思考とは科学の文脈において科学の『ことば』で自らに語ること」『理科の教育』2005年7月 東洋館出版社 p.7
- 3) 久恒 啓一 「図で考える人は仕事ができる 実践編」2003年 日本経済新聞社 p.233
- 4) 森本 信也 「構成主義的学習論からみた理科教育」『理科の教育』2004年8月 東洋館出版社 p.14

### 《参考文献》

- ・ 佐賀県教育委員会 「平成16年度佐賀県小・中学校学習状況調査報告書」2005年5月