

派遣者番号	31S01	氏名	松本 隆行
研究主題 —副主題—	中学校理科において事物・現象及び理論と往還して用いることのできるモデル教材の 開発と評価		
派遣先	上越教育大学大学院	担当教官	山田 貴之
所属	都立第四商業高等学校	所属長	高石 公一

キーワード：グラフ読解能力 溶解度 飽和水蒸気量 湿度 複合グラフ モデル教材

1 研究の背景（目的）・主題設定の理由等

「中学校学習指導要領解説理科編（平成 29 年 7 月）」では、思考力、判断力、表現力等を育成する方法として、モデル活用の有用性を挙げている。また、モデルを用いた指導において、モデリングとメタモデリングの両方を用いると指導上効果があるとする先行研究がある。しかし、モデルが実物ではないために様々な制約が含まれることなど、モデルについての生徒の認識は十分と言えない。

さらに、事物・事象とモデルの対応関係やメタモデリング能力に焦点化した研究は、モデルの開発・修正やモデルを活用した授業実践に関する研究と比較すると少ない。理科においても、育成すべきスキルとしてモデルを捉え、学習者のモデリング能力やメタモデリング能力について言及している研究は、他国と比べ日本では少ない。

そこで、本研究の第 1 の目的は、中学校理科で用いるモデル教材を開発することである。モデル教材の開発に際して、自然現象がモデル教材の上でどう表現されているのかを分かりやすくすることでメタモデリングに配慮することとした。

第 2 の目的は、開発したモデル教材を使用した授業を行い、効果を検証することである。

第 3 の目的は、中学校理科で用いられるモデル教材を教員養成課程の学生がどのように捉えているのかを調査することである。その中で、教員養成課程の学生のモデル活用の経験を事例にして、その教材の意義を振り返るメタモデリングと、モデルの機能について質問するモデリングの両方の認識を明らかにすることを目指した。

2 中学校理科「飽和水蒸気量と湿度」の学習で用いるモデル教材の開発

平成 30 年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科（平成 30 年 7 月）では、グラフを読み取

り、比較することに課題があるとし、「観察・実験の結果のグラフを分析して解釈できるようにすることが大切である。」としている。また、溶解度や飽和水蒸気量の学習で用いられる複合グラフの立体的なモデル教材としていくつかの先行研究がある。しかし、複合グラフの読解についての指導法及びモデル教材は各種考案されており、モデルの有効性が指摘されているが、我が国においてモデル教材が複合グラフの読解に与えた効果の検証の報告は見当たらない。

そこで本研究では、中学校第 2 学年の飽和水蒸気量の学習における複合グラフの読解を促す水蒸気柱のモデル教材を開発した。開発に際して、自然現象がモデル教材の上でどう対応しているのかが分かるようメタモデリングに配慮した。具体的には、事物・現象とモデル教材との往還として、水蒸気が水滴に変化する事象をおはじきの落下によって表現した。また、理論とモデル教材との往還として、冷えた容器に水滴がつき始める温度を測る実験や、湿度の計算をモデル教材内で考察できるようにした。

開発したモデル教材は、ポリスチレンケースや透明プラスチック板を用い製作した。事物・現象とモデル教材との往還として、水蒸気が水滴に変化する事象をおはじきの落下によって表現した。また、理論とモデル教材との往還として、冷えた容器に水滴がつき始める温度を測る実験や湿度の計算をモデル教材内で考察できるようにした。

なお、上記のモデル教材を製作することが難しい学校現場では、コンピューター上で同様の操作が行えるプログラムの使用による代用が考えられる。開発、実行環境が WEB ブラウザ上に実現できるプログラミング言語である Scratch を用いてモデル教材を作成した。これにより一部の使い方については実物のモデル教材と同様に使用できる。ただし、飽和した水蒸気が凝結したことをお

はじきの落下で表現する実物のモデル教材の印象の強さをプログラムで再現できなかった。これは、本研究の課題である。

3 中学校理科「飽和水蒸気量と湿度」の学習で用いるモデル教材の評価

本研究では、2「中学校理科『飽和水蒸気量と湿度』の学習で用いるモデル教材の開発」で開発したおはじきを用いたモデル教材が複合グラフの読解に与える効果を検証した。検証のための授業実践を、県内公立中学校第2学年で実施した。その結果、モデル教材の使用感に関するアンケートでは、『「モデル教材」の実験は飽和水蒸気量と湿度の理解に役立つと思う』等、四点の質問項目で、肯定的回答が多かった。

飽和水蒸気量と湿度の調査問題では、開発したモデル教材を使用した処遇群の平均得点が事後調査から遅延調査にかけて上昇した。また、処遇群、モデル教材を活用しない対照群と事後調査、遅延調査の交互作用が有意となった。モデル教材の使用が複合グラフの読解能力の定着に有効であったと考えられる。

また、併せて行った溶解度曲線の調査問題では、処遇群や対照群が、事前調査と比較し事後調査、遅延調査の平均得点が高かった。このことは、飽和水蒸気量と湿度の学習が、溶解度曲線の読解の向上にも有効であったとともに、学習の転移の存在も示唆するものであった。ただし、アンケートでは溶解度と飽和水蒸気量の学習で用いられるグラフが似ていることに気付いた生徒が半数以下にとどまっていた。学習の転移は複合グラフが似ていることに気付いた生徒にのみ主に起こっていたのか、気付きに無関係に見られることなのかを検証する必要がある。

4 教員養成課程学生のモデル教材の経験と認識の調査

3の結果から、モデル教材を用いた学習が有効であることが明らかとなったが、中学生がモデル教材についてメタモデリングの視点からどのように捉えていたのかは明らかにならなかった。したがって、中学生が理科の中でどのようなモデル教材を用いた授業を受けているか、そしてそのモデル教材をどう捉えているかを明らかにする必要がある。ただし、中学生にモデル教材の認識に

ついて詳細な調査を実施することは学校現場の負担が大きい。そのため、大学生（本研究では大学院生を含む）を対象に質問紙調査を行い、大学生が中学校在学時の経験から、理科においてどのようなモデル教材を用いた授業を受けていたか、そして、そのモデル教材をどう捉えていたかを明らかにし、モデル教材の効果と課題を整理することとした。

モデル教材についての質問紙調査は、国立大学の教員養成課程授業である「初等理科指導法」を受講する学生を対象に実施した。

質問紙調査において、調査者の設定する質問項目が調査側の視点や思いに偏ることを避けるため、大学生への意識調査は主に自由記述式とし、回答者の困惑や疑問をそのまま表現できるようにした。同じく、調査者の予断をはさまないために、テキスト分析はプレ・コーディングではなく、計量テキスト分析をとおしてコードを抽出するポスト・コーディングとし、その後M-GTAによってストーリー・ラインと理論記述の生成を図ることとした。これにより中学校理科で用いられるモデル教材の大学生の認識の構造化を試みた。

KH Coderを用いた計量テキスト分析により、モデルについて述べた回答の語と科目・領域のつながりを可視化した。分析で得られた語同士の関係を踏まえて、M-GTAを用いて分析ワークシートを作り、それぞれについてストーリー・ラインと理論記述を得た。大学生の教材に対するメタモデリングの視点が明らかになったとともに、これらのストーリー・ラインを参照することで、教師がモデル教材の効果と課題を予想できるようになった。特に、モデル教材の使用の際のつまづきを予測できることから、円滑な使用を期待する教師の助けとなることが期待される。

5 今後の展望

モデル教材を使用する際に、その機能や性質を教師及び生徒が知識として得ておくことが重要である。それを含めた授業プログラムを考案し、確立する必要がある。