

## 中学校理科の科学的探究の過程における概念変容に関する研究

教科教育・特別支援教育プログラム自然・生活グループ  
永田 大貴

### 1. 問題の所在と研究の目的

中学校学習指導要領解説理科編では、資質・能力の育成のために、科学概念の一層の定着を図るとともに、科学的探究の過程に即した学習活動を重視することが求められている（文部科学省，2017）。科学的探究の過程を通して、子どもがもつ既存の概念をより科学的な概念へと変容させる、すなわち概念変容を引き起こさせることが必要であると捉えることができる。

概念変容に関して、Nadelson ら（2018）は、Dynamic Model of Conceptual Change を開発している（以下 DMCC）。これは、概念変容に影響を与える変数と、理科学習における概念変容過程で生じるそれらの変数の動的相互作用についての複数の研究を援用し、概念変容の過程を示している動的なモデルである（図1）。

上述のように、理科学習における概念変容の過程は広く検討されているが、科学的探究の過程に基づく概念変容の実態の詳細に迫る研究は、行われているとは言い難い。本研究では、上記の DMCC に基づき、中学校理科における科学的探究の過程に基づく、概念変容の実態について捉えることを研究の目的とした。

### 2. 科学的探究の過程における概念変容

DMCC では、概念変容を「前概念の上に構築され、前概念の説明を保持しながら、新しい説明を形成すること」と説明している。これに基づき、概念変容の過程を4つの段階で示し、変容の開始地点と終了地点、各段階間の反復・回帰を表している。この段階間の移動は、子どもの自律性を考慮した意思決定に基づき行われる。科学的探究の過程に即した授業においても、必ずしも一方向の流れではなく、必要に応じて戻ったり、繰り返したりする場合がある。このことから、科学的探究の過程の各段階における子どもの学習実態を、DMCC を通して、より段階的に捉えることができる。

また、DMCC は、認知的要因だけでなく、学習者の特性を検討する視点としてエンゲージメントが考慮されており、エンゲージメントの連続性の中で概念変容を包括的に説明している。エンゲージメントとは、認知的・感情的・行動的に自分自身を駆使して表現している状態を意味する（Fredricks, Blumenfeld, & Paris, 2004）。各エンゲージメントのレベルが高く、関連性が深いほど概念変容が強まる。この3つのエンゲージメントは、学習指導要領の、育成すべき資質・能力の3観点と紐付けることができ、エンゲージメントのレベルが高くなることが資質・能力の育成につながると捉えることができる。

さらに DMCC は、既存の概念変容モデルの要素に加え、文化、社会、態度、実践、個人の認識論など、これまで十分に加味されてこなかった概念変容の変数が考慮されており、教室コミュニティにある子どもの、外部環境からの影響も説明することができる。

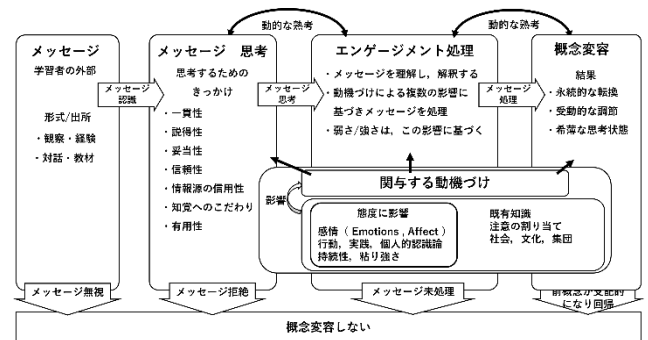


図1. Dynamic Model of Conceptual Change

(Nadelson, 2018 を基に作成)

以上より、中学校理科において科学的探究の充実が求められている中で、概念変容が生じる実態を DMCC と対応付けることで、より詳細に把握することができると考えた。

### 3. 事例的分析

調査時期：令和4年6～7月

調査対象：横浜市内公立中学校 第1学年 84名

学習内容：「いろいろな物質とその利用」

調査方法：ワークシート（記述・アンケート）

発話プロトコル，フローチャート

実践概要：密度の学習を通じて，氷が水に浮く現象を，科学的探究の過程に即して授業を行った。

表1. 学習内容

時間	学習内容
1	学習問題の設定 氷が水に浮く現象に対する予想・仮説の立案
2	実験計画の立案
3	実験計画に基づく実験の実施 考察①「氷は水に浮くのだろうか」
4	考察②「なぜ氷は水に浮くのだろうか」
5	まとめ（授業の振り返り）

### 4. 結果及び考察

#### (1)科学的探究の過程とDMCCとの対応

本事例では，まず科学的探究の過程の中で，2つのDMCCが対応していることが明らかとなった（図2）。

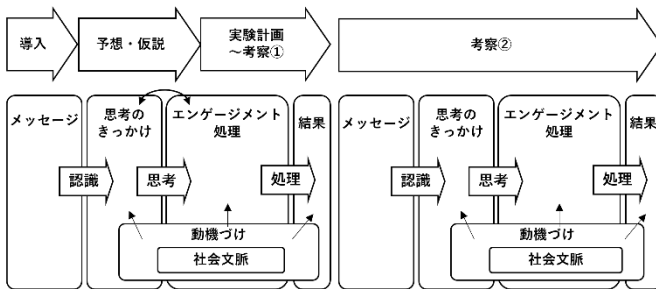


図2. 科学的探究の過程とDMCCとの対応図

これは，概念変容が生じたとされる生徒の事例より，DMCCの中心機能であるエンゲージメントや動機づけ要因が高レベルで維持，増加したことでエンゲージメント処理が機能し，DMCCの各段階間の移行に起因したため，概念変容が生じたと考えられる。

すなわち，本実践で扱った密度の学習を通じて，中学校理科における概念変容は，科学的探究の過程に基づきながら，行われていることが捉えられた。

#### (2)全体傾向から見る概念変容の実態

また，概念変容が生じた生徒と概念変容が生じなかった生徒の，仮説から考察②におけるエンゲージメントと動機づけ要因のレベル変動の傾向を比較し，概念変容が生じる要因の分析を行った。結果，概念変容が生じた生徒は，仮説から考察②にかけて，認知的エンゲージメントの要素数の増加や感情的・行動的エンゲージメントの高いレベルの維持が見られた。また，上記に加え，調査した動機づけ要因の中で，納得度，達成度，難しさにおいて，レベル変動に大きく違いが見られた（表2）。

表2. 全体傾向から見る概念変容の実態

	エンゲージメント			納得度	達成度	難しさ
	認知的要素数変動	感情的楽しさ	行動的粘り強さ			
あり 67人	4.50 4.07 2.50	4.50 4.10 3.50	4.50 4.00 2.50	4.50 4.51 2.50	4.50 4.12 2.50	4.50 3.50 2.50
なし 17人	4.50 3.50 2.50	4.29 3.94 2.50	4.50 3.04 2.50	4.50 4.53 2.50	4.50 4.18 2.50	4.50 3.65 2.50

これは，氷が水に浮く現象に対する考察②の場面において，概念変容を生じさせるための外部からのメッセージを子どもが認識すると同時に，難しさや納得度，達成度を意識したクラス共有・協議を行ったことで，高いレベルのエンゲージメントに起因し，概念変容を生じたと考えられる。

#### (3)概念変容を生じさせた生徒の概念変容の実態

本事例では，さらに概念変容が生じた生徒の，仮説から考察②におけるエンゲージメントと動機づけ要因のレベル変動に着目し，概念変容を促進する要素を明らかにするために分析を行った。その結果，認知的エンゲージメントの概念を構成する要素数の変動には，5パターンあることがわかった。加えて，この5パターンを，エンゲージメントや起因する動機づけ要因のレベル変動を関連付けて分析を行うと，2パターン（エピソードを含む3つ以上の要素で構成されたパターンとエピソードを含まないパターン）に分類できた。この2つのパターンにおいて，有用的価値やコスト価値の動機づけ要因のレベル変動に相違が見られた。

このことから，日常生活経験に関する高いレベルの動機づけ要因が，高いエンゲージメントのレベルに起因し，概念変容の強弱に影響を及ぼす可能性があることが示唆された。