

理科学習指導における「動的平衡」概念の導入に関する研究

森 健一郎

人の認識は、運動変化する感覚的事物に着目することが基本とされている。実際、大半の子供は「見かけ上は何も起こっていないように見える現象」について、何も変化が起きていないものとして認識する。ここで、「動的平衡」を意識することで、変化する現象だけではなく、「変化しない現象」または「変化していないように見える現象」にも着目することができる。「動的平衡」とは、「変数として認識される要素の変化」について、「逆向きで大きさの同じ反応や運動が同時に起こっているために、見かけ上は何も起こっていないように見える」状態を指す。「動的平衡」を意識した認識によって、「変化していないように見える現象」を解決可能な要素に分解して考察することができ、このことは、近代に入ってから確立された自然科学のもつべき要件に通じるといえる。

そこで、本研究では、現象を2つの要素の作用として捉えるための科学概念の一つとして、「動的平衡」の概念に着目した。「動的平衡」は自然科学の発展に伴って生じた概念ではあるものの、理科学習指導も自然科学に基づいておこなわれている。この概念を理科学習指導に導入することで、現象の捉え方がより多様になり、科学概念としての意義を明らかにできると考えた。

この「動的平衡」の概念を理科学習指導で活用する際は、複数の構成概念に分けて扱うことが有効であると指摘されている。具体的には「逆向きの反応や運動」は「2つの逆向きの作用」、「見かけ上は何も起こっていないように見える」は「均衡」といった構成概念に分けられる。これらの構成概念は一度に理解されるばかりではなく、段階的に理解されることもあると考えた。そのため、指導にあたっては、学習者が「2つの逆向きの作用」や「均衡」のどちらかを意識しているか、またはその両方を認識しているのか、といった段階を考慮することが望ましいと推察される。

これら先行研究による指摘を踏まえ、本研究では、科学概念としての「動的平衡」を、理科学習指導に導入することの意義を明らかにし、その導入のための示唆を得ることを目的とした。そして、この目的を達成するために、次の2つの目標を設定した。

- 1) 理科学習指導において、「動的平衡」を「変化が起こっていないように見える現象」の捉え方の一つとして導入することの意義を明らかにする。
- 2) 学習者が「動的平衡」に関わる現象について思考するときの実態を明らかにする。

(論文の要旨)

これらの目標を達成するために、以下の章構成のもとで研究を進めた。

序章 研究の背景

第1章 問題の所在と研究の目的・方法

第2章 理科学習指導における「動的平衡」の活用の可能性

第3章 「動的平衡」に関わる学習者の思考の実態

終章 研究の成果と今後の課題

各章の概要を以下に述べる。

序章では、20世紀以降の自然科学の発展の状況、ならびに科学技術と理科カリキュラムとの関連について、先行研究を軸に整理することで、研究の背景と問題の所在を述べた。

まず、自然科学の発展に伴って生じた新たな科学概念の中には、複数の学問領域を統一して説明できるものがあることを指摘し、その中でも「動的平衡」の概念は、理科学習指導に関係する複数領域の現象について、統一的な説明ができる概念であることを述べた。

そして、我が国の理科カリキュラムにおける領域の横断について、「科学の基本的な概念よりは、問題解決のスキルが重視されていること」を指摘した。一方、「領域横断的な科学概念が必要とされる一方で、学習者が領域横断的な科学概念に関わる現象について思考するときの実態については、まとまった知見がほとんど存在しないことを述べた。

第1章では、序章で示された現状に鑑み、研究の目的を「理科学習指導における科学概念としての『動的平衡』の意義を明らかにし、その導入のための示唆を得る」と設定した。そして、この目的を達成するために、前述した2つの目標1)、2)を設定した。

第2章では、目標1)を達成するため、文献調査によって「動的平衡」が理科学習指導に活用可能な科学概念であるかどうかを検討し、同時に、「動的平衡」が領域横断的な概念であることを指摘した。

まず、「動的平衡」の概念によって解釈できる自然科学で扱う現象には、どのようなものがあるのかを自然科学分野の論文も参考にしつつ検討した。検討にあたっては、国内外の先行研究の内容を検討し、「バランス」「安定」「システム」が「動的平衡」に関する現象を見いだすためのキーワードになり得ると判断し、これら3つの語句と「動的平衡」を合せた4つをキーワードとして自然科学系の論文の全文検索をおこなった。

(論文の要旨)

次に、検索された論文で扱っている現象と、理科学習指導で扱われている学習内容とを比較した。

その結果、選択された学習内容は複数あり、かつ、複数の領域にまたがっていた。これを踏まえ、複数の学習内容を対象として、事例的に考察を試みたところ、それらの学習内容は、すべて「動的平衡」を意味する表現によって説明が可能であった。

結論として、「動的平衡」が理科学習指導に導入できることを指摘した。同時に、「動的平衡」が領域横断的な概念であることを指摘した。

第3章では、目標2)を達成するため、中学校の生徒を対象に「動的平衡」に関わる現象について思考するときの実態を明らかにするための調査問題を作成し、実施した。

まず、生徒が「動的平衡」に関わる現象について思考するとき、3つの段階があるのではないかという仮説を設定した。3つの段階とは、(Ⅰ)現象を要素に分けることに気づく、(Ⅱ)「2つの逆向きの作用」の存在に気づく、(Ⅲ)「2つの逆向きの作用」が「均衡」していることに気づく、である。

次に、上述した仮説を検証するために、3つの段階が明確になるような調査問題とその評価基準を作成し、実施した。調査問題は、「動的平衡」の概念によって説明が可能な現象3種で構成され、生徒がそれぞれの現象が生じる理由を記述するという形式であった。調査後、得られた生徒の記述を評価基準によって分類した。

その結果、3種の設問に対する(Ⅰ)～(Ⅲ)の人数分布が異なった。このことから、学習者の思考に段階があることが確認でき、さらに、3つの段階のうち、(Ⅰ)現象を要素に分けることに気づく、という段階がもっとも困難であることが推察できた。

終章では、本研究の成果と今後の課題について述べた。

まず、目標Ⅰ)による成果としては、「動的平衡」を「変化が起こっていないように見える現象」の捉え方の一つとして理科学習指導に導入することの意義を明らかにした。ここでの意義とは「物理・化学・生物・地学といった自然科学の各領域を横断的に捉える視点となる可能性があること」を意味する。

次に、目標Ⅱ)による成果としては、「学習者『動的平衡』に関わる現象について思考するとき、その思考の3つの段階を確認したこと」と『動的平衡』を理科学習に導入するための指導計画の骨子を示したこと」の2点があげられる。思考の3つの段階とは、3章で

(論文の要旨)

明らかとなった (Ⅰ), (Ⅱ), (Ⅲ) である。指導計画の骨子とは、まず、「動的平衡」の構成概念である「2 つの逆向きの作用」や「均衡」に気づきやすい現象を扱い、そこから段階的に気づきにくい現象に移行していく、というものである。

以上の成果により、本研究の目的である「科学概念としての『動的平衡』概念を理科学習指導に導入することの意義を明らかにし、その導入のための示唆を得ること」を達成できたと判断した。

「動的平衡」によって「変化する」ことだけではなく「変化しない」ことも含めて思考する過程は、感覚的な認識が自然科学の発展と共に変化してきた過程に通じる。そして、この過程に着目した学習目標や学習内容を検討することは、理科カリキュラム開発の新たな視点になり得る。このことを踏まえ、学習目標や学習内容が「動的平衡」概念の導入によってどのような影響を受けるのかを検討することの必要性を、今後の課題として指摘した。

今まで述べてきた本研究の特徴は、以下の2点に整理できる。

1. 「動的平衡」が、「変化が起こっていないように見える現象」の捉え方の一つとして、理科学習指導に導入できることを指摘したこと。
2. 学習者が「動的平衡」に関わる現象について思考するときの3つの段階を指摘したこと。