

# 学習内容の構造分析に基づいた中学校理科授業の実践

## — 学習内容のつながりを重視して —

Teaching Science Based on the Structural Analysis of Learning Contents in Junior High School

— Emphasizing the Connection of Learning Contents —

園山 裕之\*      御園 真史\*\*  
 Hiroyuki SONOYAMA      Tadashi MISONO  
 栢野 彰秀\*\*\*  
 Akihide KAYANO

### 要旨

アメリカの初等科学の教科書の一つである『Science Grade 6』に示されている4種類の学習内容の構造に基づいて日本の中学校理科の教科書における学習内容の構造を分析したところ、中学校理科の授業で学習者に獲得させるべき「重点となる科学的知識」が明確になった。「重点となる科学的知識」のつながりを重視した授業を開発し、授業実践を行った。授業実践について「科学的知識のつながり」と「科学的知識」の2つの観点から評価を行った。学習後には、学習者の「科学的知識のつながり」が、概ね授業者の意図した学習内容の構造に基づいて構築されていた。ペーパーテストの得点の分析から、学習者は基礎・基本的な「科学的知識」と、活用や計算を含めた「科学的知識」が獲得できていると判断できた。また、学習者が作成した「学習マップ」の評定とペーパーテストの得点率には正の相関があった。

〔キーワード〕 アメリカ, 日本, 教科書, 学習内容の構造, 科学的知識, 中学校理科

### I はじめに

#### 1. 日本の中学校理科における内容の構造化

平成20年に改訂された中学校学習指導要領において、基礎的・基本的な知識・技能の習得と思考力・判断力・表現力等の育成のために、理科の授業時間数は、第1学年では従前と同じ105時間であるが、第2学年では従前の105時間から140時間に、第3学年では80時間から140時間にそれぞれ増えた。これにより、基本的概念の一層の定着に加え、観察、実験の結果を分析して解釈するなどの学習活動のための時間が確保された<sup>1)</sup>。一方、従前の学習指導要領では、「物理」、「化学」、「生物」、「地学」といった分野に基づく領域に学習内容が整理されて

\*島根大学教育学部附属中学校  
 \*\*島根大学教育学部数理基礎教育講座  
 \*\*\*島根大学教育学部自然環境教育講座

いたが、平成 20 年の改訂においては、基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図るために、小学校・中学校を通じて「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として内容が構成された<sup>2)</sup>。

## 2. 日本の中学校理科教科書の構成

『中学校学習指導要領理科編』(2008)では、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるためには、自然の事物・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを主体的に行い、得られた結果を分析して解釈するなど、科学的に探究する学習を進めていくことが重要であると記載されている。実際、日本の中学校理科の教科書(以下、日本の教科書と略)は、「課題」→「観察・実験」→「結果」→「結論」という探究の流れによって、学習者が科学的知識を獲得するように記述されている<sup>3)</sup>。すなわち、身近な自然の事物・現象の中から学習者が見いだした課題を解決するために観察や実験が位置づけられ、観察や実験の結果を分析・解釈することによって結論に至ることができるように構成されているのである。

## 3. 『Science Grade 6』(2006)における学習内容の構造の明示<sup>4)</sup>

アメリカの学校でかつて使用されていた初等科学の教科書の一つに『Science Grade 6』(以下、*Science* と略)がある<sup>5)</sup>。*Science* は、単元のはじめに学習内容の構造を明示的に示し、学習者にその構造を理解させながら学習を進める形式で構成されている。*Science* で用いられた学習内容の構造は、①「主な考えと詳細(Main Idea and Details)」、②「連続性(Sequence)」、③「理由と結果(Cause and Effect)」、④「比較と対照(Compare and Contrast)」の4つである(表1)。

一方、日本の教科書および『中学校学習指導要領理科編』(2008)のいずれにおいても、授業で学習する内容を、*Science* のように明示的に構造を示した表現はみられない。

表1 *Science* に示されている学習内容の構造

学習内容の構造	構造図
①「主な考えと詳細(Main Idea and Details)」 学習内容を統合させて焦点化される科学的知識を形成させる構造	
②「連続性(Sequence)」 学習内容について、事物・現象の連続性を整理させることで理解を深め、焦点化される科学的知識を形成させる構造	
③「理由と結果(Cause and Effect)」 学習内容についての因果関係を明らかにさせることで焦点化される科学的知識を形成させる構造	
④「比較と対照(Compare and Contrast)」 学習内容の類似点と相違点を比較対比させることにより焦点化される科学的知識を形成させる構造	

#### 4. 問題の所在

以上でみたように、日本の教科書と *Science* を比較すると、学習内容における構成の仕方が異なる。*Science* においても「観察・実験」に関する学習内容の記載はあるが、日本の教科書のような観察や実験を示してその結果を分析・解釈し、結論を見いだすという探究の流れを中心に構成されているわけではない。一方、日本の教科書には *Science* に示されているような学習内容の構造は記載されていない。

観察や実験を中心とした日本の教科書に基づく学習に、*Science* でみられるような学習内容の構造を中心とした学習を融合させると、科学的知識についてより深い理解を図ることができるのではないかと考えたのが、筆者らが本研究に取り組んだ問題意識である。

## II 研究の目的と方法

本論文では次に示す2点を目的とした。その目的を達成するために以下の方法を採用した。

- ① 日本の教科書に記載された学習内容の構造および「重点となる科学的知識」を明確にする。*Science* に示されている学習内容の構造に基づいて、日本の教科書出版社5社の教科書における学習内容の構造を図に表し、そこから各授業における「重点となる科学的知識」とは何かを考察する。「重点となる科学的知識」は、表1に示した「主な科学的知識」にあたる。
- ② ①の結果に基づいて中学校理科授業を開発し、実践的に評価する。

目的①で明らかになった授業を通して学習者に獲得させるべき科学的知識（以下、「重点となる科学的知識」と称する）を、学習者が学習内容のつながりをとらえながら獲得できるような各回の授業を開発する。「重点となる科学的知識」は、*Science* に示されている4種類の学習内容の構造に基づいて示されている。さらに、開発した授業に基づいて授業実践を行う。

授業実践は、ある地方にある国立大学附属のA中学校第2学年の1学級を対象とする。授業実践の評価方法は、学習者が科学的知識のつながりを自由にまとめられる「学習マップ」のまとめ方を分類すること、および、ペーパーテストの得点により行う。この評価に基づき行われた授業について検討を加え、修正を加える。

なお、本研究では、学習者にとって学習内容の定着が困難であるといわれている中学校第2学年の「電流とその利用」単元を授業開発の対象とした<sup>6)</sup>。

## III 日本の教科書に記載された学習内容の構造の分析・検討

日本の教科書出版社5社の教科書を対象に、中学校第2学年「電流とその利用」単元の学習内容の構造を図に表した<sup>7)</sup>。その結果、5社とも日本の教科書で扱われるすべての内容において *Science* に示されている4種類の学習内容の構造の枠組みで図に表してまとめることができた。その例を図1および図2に示す<sup>8)</sup>。

図1の構造は、「直列回路の電流」と「並列回路の電流」という科学的知識の獲得を目的として、表1に示した④「比較と対照」の構造となっていた。「直列回路の電流」と「並列回路の電流」を比較することで、直接的に目的とする科学的知識にたどりつく構成となっていた。

一方、図2は「電圧」についての学習の例である。まず、表1に示した③「理由と結果」の

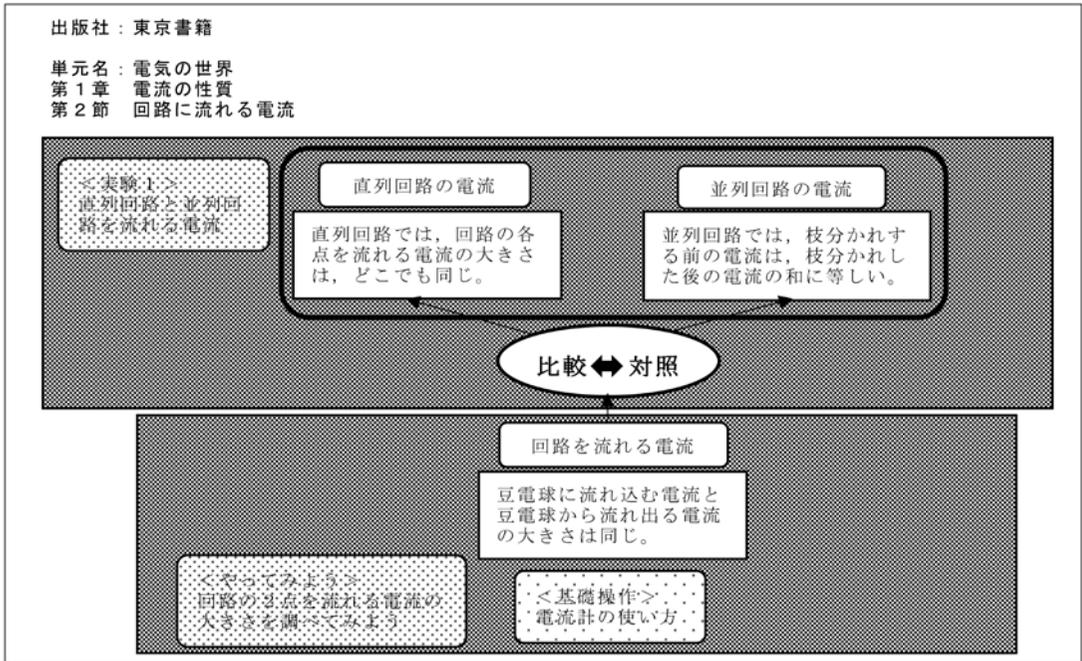


図1 日本の教科書における学習内容の構造の例

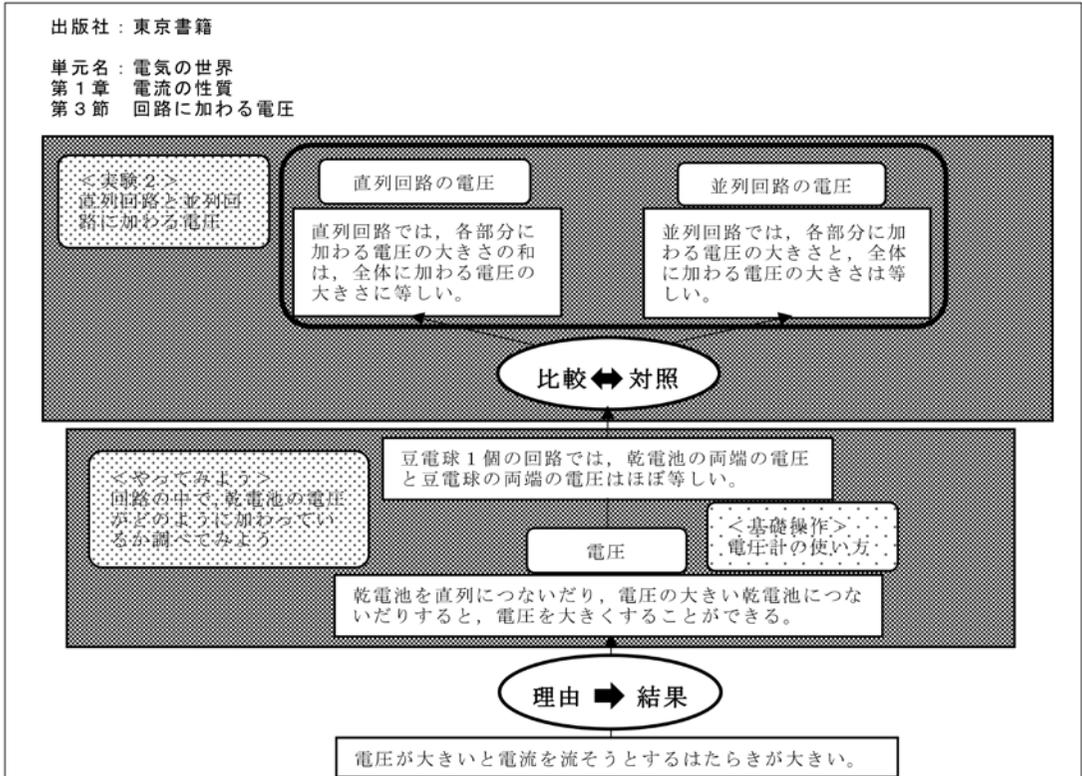


図2 日本の教科書における学習内容の構造が組み合わされている学習内容の例

構造によって、「電圧が大きいと電流を流そうとするはたらきが大きい」という「電流」に関する科学的知識から、「乾電池を直列につないだり、電圧の大きい乾電池につないだりすると、電圧を大きくすることができる」という「電圧」に関する科学的知識を獲得する構成であった。そして、さらに④「比較と対照」の構造によって「直列回路の電圧」と「並列回路の電圧」を比較することで目的とする科学的知識に至る構成であった。日本の教科書では、学習内容の構造を複数組み合わせる構成している場合もあった。

このように *Science* に明示されている4種類の学習内容の構造の枠組みを用いて、日本の教科書の構造を可視化することにより、日本の教科書における学習内容の構造を明らかにすることができた。さらに、各回の授業の「重点となる科学的知識」とは何かが明確になった。また、同じ単元であっても5社それぞれで教科書の学習内容の構造は異なっていることがわかった。

授業者が、各回の授業における結論ともいえる「重点となる科学的知識」に向かうような授業を行うことは当然である。5社の日本の教科書を分析することによって、何が「重点となる科学的知識」なのかがより明確になった。そして、授業者が学習内容を構造的にとらえ、「重点となる科学的知識」と「重点となる科学的知識」をつなげる授業を行えば、学習者の科学的知識がより精緻なものになると考えられる。

#### IV 中学校理科授業の開発

前述の分析によって明らかになった「重点となる科学的知識」を学習者に獲得させるために、「電流とその利用」単元において学習内容の構造を手がかりとして中学校理科授業を開発した(図3)。例えば、第1次「電流の性質」の第8時「直列回路と並列回路に加わる電圧」における学習は、教科書の分析の結果に基づけば、表1に示した学習内容の構造の④「比較と対照」にあたるといえる。そこで、中学校理科授業の構想にあたっては、④「比較と対照」の学習内容の構造を踏まえ、「直列回路と並列回路の電圧の加わり方を比べると、どんなことがわかるだろうか」と、直列回路と並列回路を比較することを通して「重点となる科学的知識」に至るための学習課題を設定した(図3中A)。次に、学習者がこの学習課題をもつように、学習課題に関連する資料を提示する導入の場面を設定した(図3中B)。そして、設定した学習課題を解決し結論に至るために、*Science* にはない日本の教科書の特徴である実験を行えるようにした(図3中の網掛け部分)。実験の結果から学習課題である「直列回路と並列回路に加わる電圧の大きさ」を“共通点”や“相違点”に着目しながら比較する場面を設定した(図3中C)。このようにして、学習者が「直列回路と並列回路に加わる電圧の大きさの関係」を結論として見いだすことができる(図3中D)。

#### V 授業実践

##### 1. 開発した中学校理科授業に基づいた授業実践

###### (1) 授業実践の実際

平成26年9月1日から平成26年12月10日まで、A中学校第2学年の1学級(33名)を対象に「電流とその利用」単元の授業実践を行った。授業実践の際には、開発した中学校理科授業に基づき、学習内容の構造を踏まえた探究の過程を経て「重点となる科学的知識」に学習

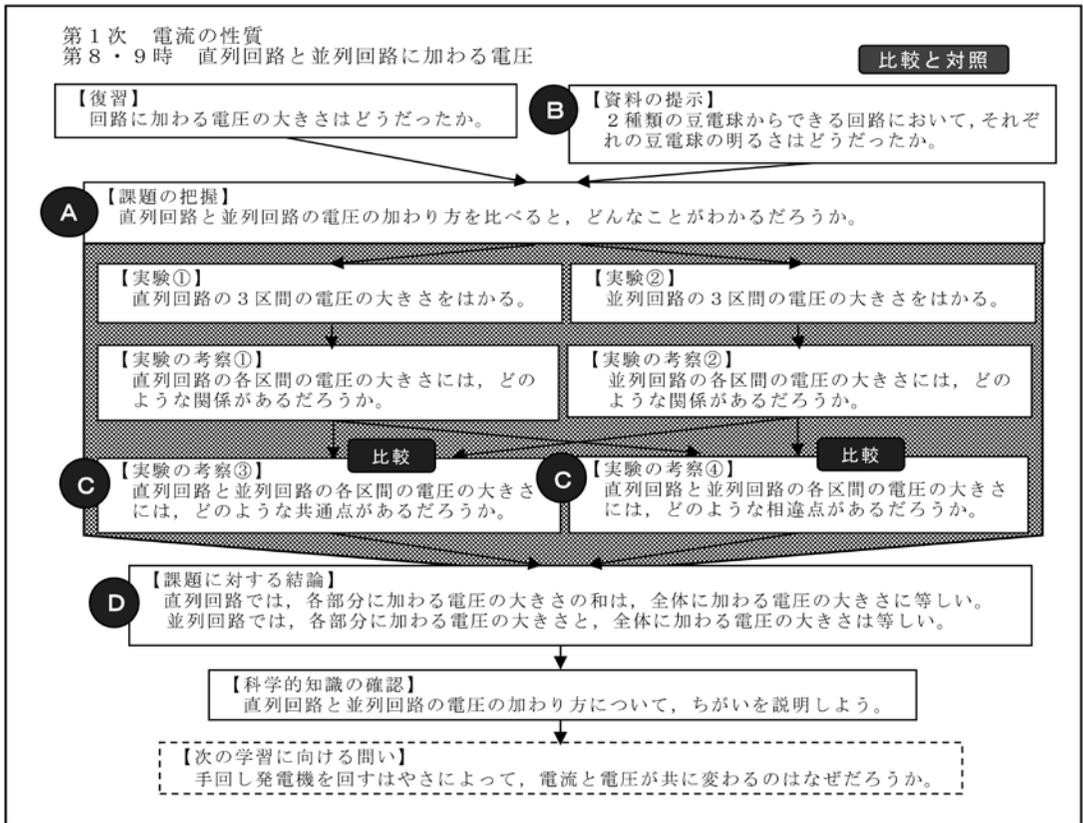


図3 学習内容の構造を手がかりした中学校理科授業の構想図の例

者が至ることに加え、学習者が「重点となる科学的知識」と「重点となる科学的知識」をつながりながら獲得できるように、資料の提示を行う授業の導入の場面や学習課題を把握する場面を大切に授業を展開した。

例えば、第1次「電流の性質」の第7時の授業で結論を見いだす活動の後に、この結論に基づいた「資料の提示」を行った。これは、第8時の課題となるものである。ここでは、電源の電圧を等しくしたときの“直列回路の豆電球の明るさと並列回路の豆電球の明るさ”がわかるような資料を提示した(図4)。そして、第8時の導入においても第7時で提示した資料を再度提示し、学習課題をもつことができるようにした(図3中B)。

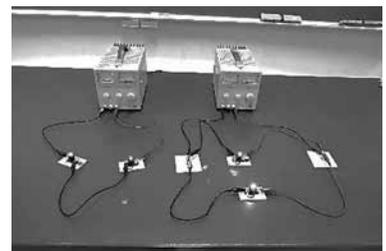


図4 資料の提示

そして、「2種類の豆電球からできる回路において、それぞれの豆電球の明るさはどうだったか」と学習者に問いかけ、直列回路より並列回路の方が豆電球の明るさが明るいことを確認した。次に、学習内容の構造を踏まえた科学的知識に至るための「学習課題の把握」をする時間を設けた(図3中A)。この時間には「直列回路と並列回路の電圧の加わり方を比べると、どんなことがわかるだろうか」と学習者に問いかけ、黒板に記した。ここでは、「資料の提示」の場面で確認した豆電球の明るさを手がかりとしながら予想をする時間を設けた。そして、「直列回路と並列回路の電圧の加わり方を調べる

実験」を行い、学習課題である「直列回路と並列回路の電圧の加わり方を比べる」ための実験データを得る活動を進めた。

第9時では、今回の学習内容の構造が、表1に示した④「比較と対照」であったことを踏まえて、「直列回路と並列回路の各区間の電圧の大きさには、どのような共通点があるだろうか」、また「直列回路と並列回路の各区間の電圧の大きさには、どのような相違点があるだろうか」と問いかけ、“共通点”と“相違点”に着目しながら比較する学習活動を行った(図3中C)。そして、学習課題である「直列回路と並列回路の電圧の加わり方を比べると、どんなことがわかるだろうか」に対する学習者が見いだす「課題に対する結論」として、「直列回路では、各部分に加わる電圧の大きさの和は、全体に加わる電圧の大きさに等しい」と「並列回路では、各部分に加わる電圧の大きさと、全体に加わる電圧の大きさは等しい」こと(図3中D)を授業の最後にまとめた(図5)。また、結論をまとめた後には「振り返りシート」を記入する時間を設けた。

「電流とその利用」単元の授業実践は全36時間行った。単元の概要を表2に示す<sup>9)</sup>。



図5 学習内容の構造を踏まえた板書

(2) 「振り返りシート」の記入

各回の授業の最後に、「振り返りシート」を5分程度で記入させた(図6)。なお、2時間かけて「重点となる科学的知識」を学習するときには、2時間目の最後に記入させた。1つの学習内容につき、上段には「わかったこと」、下段には「疑問に思ったこと・知りたいこと」を記入させた。「わかったこと」には、授業で学習した「学習内容」と、授業の最後にまとめた結論から、その授業で学習者が重要だと考えた知識を記入させた。「疑問に思ったこと・知りたいこと」には、授業で学習した内容についての疑問や授業を学習した内容を踏まえて、さらに知りたいことやもっと実験をして調べたいことを記入させた。

また、後述する「学習マップ」を作成する際には「振り返りシート」を学習者自身の参考資料としても活用させた。

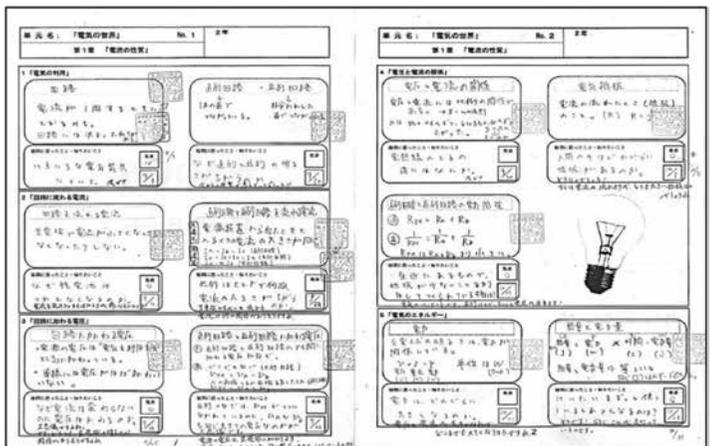


図6 「振り返りシート」の例

表2 「電流とその利用」 単元における 36 時間の授業の概要

次	時	学習内容	学習内容の構造	提示資料	学習課題	重点となる科学的知識
1 電流の性質	1	回路とは何か	10) ①	ドライヤーの構造を確認する	電気器具が動くためには、どのようなしくみが必要なのだろうか	・電気器具が動くためには、回路という①電源、②導線、③電気を利用するところがつながり、電流が流れる道筋が必要
	2	回路を流れる電流の向き	①	乾電池の+極と-極を反対につなぐと、モーターが回る向きが逆になる	乾電池のつなぎ方を変えると、電気器具のはたらきが変わるのはどうだろうか	・回路を流れる電流には向きがあり、電流は電源の+極から出て、-極に向かって流れる
	3	直列回路と並列回路のちがい	④	(回路とは、どういうものだったかを振り返る)	豆電球 2 個のできる回路を比べるとどんなことがわかるのだろうか	・直列回路は 1 本の道筋でつながっている ・並列回路は枝分かれした道筋でつながっている
	4	回路を流れる電流の大きさ	④	直列回路や並列回路で、同じ回路では豆電球の明るさが同じであることを確認する	豆電球の前後を流れる電流の大きさを調べると、どんなことがわかるのだろうか	・乾電池から出た電流は、豆電球の明かりをつけるはたらきをして、なくなることはない
	5	直列回路と並列回路を流れる電流	④	豆電球に流れこむ電流と豆電球から流れ出る電流の大きさを確認する	直列回路と並列回路の電流の流れ方を比べると、どんなことがわかるのだろうか	・直列回路には $I_A = I_B = I_C$ 、並列回路には $I_D = I_E + I_F = I_G$ という電流の大きさのきまりがある
	6					
	7	回路に加わる電圧	④	1.5V の乾電池と 9.0V の乾電池のときの電流の大きさと豆電球の明るさを確認する	豆電球 1 個の回路において、電源の電圧は回路の中でどのように加わっているのだろうか	・豆電球 1 個の回路では、乾電池の両端の電圧と豆電球の両端の電圧はほぼ等しい ・電圧が大きいほど、豆電球が明るくなる
	8	直列回路と並列回路に加わる電圧	④	直列回路の豆電球と並列回路の豆電球において、並列回路の豆電球が直列回路より明るいことを確認する	直列回路と並列回路の電圧の加わり方を比べると、どんなことがわかるのだろうか	・直列回路には $V_{Ai} = V_b + V_a$ 、並列回路には $V_{Ai} = V_a = V_b$ という電圧の大きさのきまりがある
	9					
	10	電圧と電流の関係	③	手回し発電機を回すはやくさによって電流と電圧の大きさが変化するようにすを確認する	回路に加わる電圧と流れる電流には、どのような関係があるのだろうか	・電熱線を流れる電流の大きさは、電熱線の両端に加わる電圧の大きさに比例するという関係がある ・この関係がオームの法則
	11	電気抵抗とは何か	①	前時の実験で得た電熱線 a と電熱線 b のグラフを比較する	電熱線 a と電熱線 b のグラフの傾きがちがうのはどうしてなのだろうか	・電熱線 a と電熱線 b では電流の流れにくさが異なる ・抵抗の大きさはその両端に加わる電圧の大きさを流れる電流の大きさと割った値で表される
	12	物質の種類と抵抗のちがい	④	同じ長さ (太さ) の銅線とニクロム線に同じ電圧をかけたときに流れる電流の大きさのちがいを確認する	いろいろな物質の電気抵抗を比べると、どんなことがわかるのだろうか	・物質の種類によって抵抗がちがう ・金属のように抵抗が小さく、電流を通しやすいものが導体 ・ガラスなどのように抵抗が極めて大きく、電流をほとんど通さない物質が不導体 (絶縁体)
	13	直列回路と並列回路の電気抵抗	④	同じ電圧の乾電池で直列回路と並列回路における電流の大きさのちがいを確認する	直列回路と並列回路の電気抵抗を比べると、どのようなことがわかるのだろうか	・直列回路では合成抵抗の値は各部分の抵抗の値の和に等しい ・並列回路では合成抵抗の値は、ひとつひとつの抵抗の値よりも小さい
	14	直列回路と並列回路の電流、電圧、抵抗			問題演習	
	15	電力とは何か	①	20W 形と 100W 形の電球を 100V の電源につないだときの明るさのちがいを確認する	電球の明るさは、どのようにして決まるのだろうか	・電球の明るさは、電流と電圧の大きさの積で決まる ・これを電力という ・電気器具が、熱や光、音を出したり、物体を動かしたりするときの能力の大きさを表す
	16	熱量とは何か	①	電力によって、電球にどのようなちがい見られたかを確認する	電熱線によって水の温度を大きく上昇させるにはどうしたらよいのだろうか	・電力が大きいほど、また電流を流す時間が長いほど、発生した熱の量が大きくなる ・発生した熱の量を熱量といい、熱エネルギー量を表す
	17					
	18	熱量と電力量の関係	①	ドライヤーはプラグをコンセントにさすことで動作して、温風が出ることを確認する	熱量と電力量にはどのような関係があるのだろうか	・熱量の大もとは、電熱線で消費された電気エネルギーである ・この電気エネルギーの量が電力量
	19			第 1 次「電流の性質」の学習マップの作成		

表2 「電流とその利用」 単元における 36 時間の授業の概要 (つづき)

次	時	学習内容	学習内容の構造	提示資料	学習課題	重点となる科学的知識		
2	電流と磁界	20	磁石のはたらき	①	モーターのつくりには、電磁石と磁石の両方があることを確認する	磁石と電磁石を近づけると、引き合ったり、しりぞけ合ったりするのはどうしてだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>電磁石でも棒磁石と同じような磁界ができる</li> <li>電磁石と棒磁石の両方に磁力があり、引き合ったり、しりぞけ合ったりする</li> </ul>	
		21	1本の導線にできる磁界	①	電流が流れているアルミニウムはくが磁石に反応するようすを確認する	電流を流したとき1本の導線のまわりにはどのような磁界ができるのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>直線状にした1本の導線に電流を流すと、導線のまわりに同心円状の磁界ができる</li> <li>電流の向きが逆になると、磁界の向きも逆になる</li> </ul>	
		22	コイルのまわりにできる磁界	①	1本の導線と電磁石を比較しながら、電磁石は何回も導線が巻かれてN極とS極ができることを確認する	電流が流れるコイルのまわりにはどのような磁界ができるのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>コイルにすると、それぞれの導線のまわりの磁界が重なり合い、コイルの内側に平行な磁界ができる</li> <li>電流の向きが逆になると磁界の向きも逆になる</li> </ul>	
		23	磁界の中で電流が受ける力	①	コイルと磁石によって構成されているペットボトルモーターが回るようすを確認する	ペットボトルモーターの動きは、どんなことに影響を受けているのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>磁界の中で導体に電流が流れると、力を受けて動く</li> <li>電流を大きくすると、強い力を受ける</li> <li>受ける力の向きは、電流の向きと磁界の向きによって決まる</li> </ul>	
		24	モーターのしくみ	①	回転するペットボトルモーターと回転しないペットボトルモーターを比べる	モーターが回転し続けることができるのは、どんなしくみがあるからだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>モーターは、磁界の中で電流が流れるときに受ける力を利用して回転している</li> </ul>	
		25	コイルと磁石でできる電流	①	手回し発電機を回すと、モーターが回転するようすを確認する	コイルと磁石で電流をつくりだすには、どのような条件が必要なのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>コイルに磁石を出し入れすると電流が流れる</li> <li>出し入れする向きや磁石の極によって、電流の向きが変わる</li> </ul>	
		26	誘導電流の大きさ	①	モーターの軸(手回し発電機)を速く回すと、もう一方につないだモーターが速く回転するようすを確認する	コイルと磁石で流れる電流を大きくするにはどうしたらよいのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>コイル内部の磁界が変化すると、コイルに電流を流そうとする電圧が生じる</li> <li>コイル内部の磁界の変化が大きいほど、流れる電流は大きい</li> </ul>	
		27	直流と交流	④	乾電池によって光る発光ダイオードとパイプでつくった発電機によって光る発光ダイオードを確認する	乾電池の電流とパイプでつくった発電機の電流を比べると、どのようなことがわかるのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>乾電池のように、一定の向きに流れる電流を直流という</li> <li>家庭用コンセントのように、発電機でつくり出した電流で、+極と-極が絶えず入れかわり向きが変化する電流を交流という</li> </ul>	
		28	交流の周波数	①	家庭用コンセントには、+極と-極がないことを確認する	交流の電流が流れるとき、電圧はどのように加わっているのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>交流の電圧は+極と-極に交互にかかる</li> <li>1秒あたりの電圧の波のくり返しを周波数という</li> </ul>	
29 第2次「電流と磁界」の学習マップの作成								
3	静電気と電流	30	静電気の性質	③	ポリエチレンのひものクラゲが、ポリ塩化ビニルのパイプの上で動く現象を確認する	静電気はどのようにして生じるのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>静電気とは、異なる物質どうしをこすり合わせたときに-の電気の移動によって生じるもの</li> <li>+や-の電気に帯電することによって、引き合ったり、しりぞけ合ったりする力がはたらく</li> </ul>	
		31					32	放電とはどのような現象か
		33	真空放電とは何か	①	コンセントの電源で蛍光灯が光るようすを確認する	コンセントの電源によって蛍光灯が光るのはどうしてだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>気圧を低くした空間に電流が流れる(-の電気をもつ粒子が移動する)現象が真空放電</li> </ul>	
		34	陰極線とは何か	①	蛍光板の入ったクルックス管を用いて-極から出る陰極線を確認する	陰極線の正体は何だろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>陰極線とは、電極間に電圧を加えたとき、-極から出る、-の電気を帯びたものの流れのこと</li> </ul>	
		35	電流の正体	①	陰極線にU字形磁石を近づけると曲がるようすを確認する	電子と電流にはどのような関係があるのだろうか	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子とは、-の電気を帯びた小さな粒子のこと</li> <li>電流が流れているとき、実際は-の電気をもっている電子が、電源の-極から回路を通して電源の+極に移動している</li> </ul>	
		36	第3次「静電気と電流」の学習マップの作成					

## 2. 「学習マップ」の作成

各次の学習内容をすべて学習した後は、学習者が科学的知識のつながりを可視化して表す「学習マップ」を作成する時間を設けた（表2中の第19時と第29時、第36時）。「学習マップ」は、1時間の授業時間の中で次のようにして作成させた。

まず、学習者にラベルとA3の用紙を配布した。ラベルには、授業者が予め「重点となる科学的知識」を簡潔に科学的用語として表したものを印字しており、図7中の16の小さな枠がラベルである。このラベルは、裏面にくり返し貼り直しできる糊をつけた上で配布している。また、A3の用紙は、学習者が自由に考えを表現できるように空白の部分を大きく設けた。その下段には、学習者がどのような意図でまとめたのかを言葉で説明する欄を設けた。これにより、学習者による成果物に文字による説明がなく矢印や線だけによる表現になった場合でも、学習者が制作した意図を把握できるようにした。

次に、「学習マップ」を作成する意図を伝えた。学習者自身が後で見たときに、どのような学習が行われたのかを振り返ることができるものであることを伝えた。このとき、「学習マップ」のかき方の一例として、関係のあるラベルをまとめてタイトルをつけたり、線や矢印を引いてつなげたり、図などをかき加えたりするなどのまとめ方を学習者に説明した。その後、学習者が「教科書」と「振り返りシート」を用いながら「学習マップ」を作成した。なお、学習者全員が「学習マップ」を作成するのは今回が初めてであった。

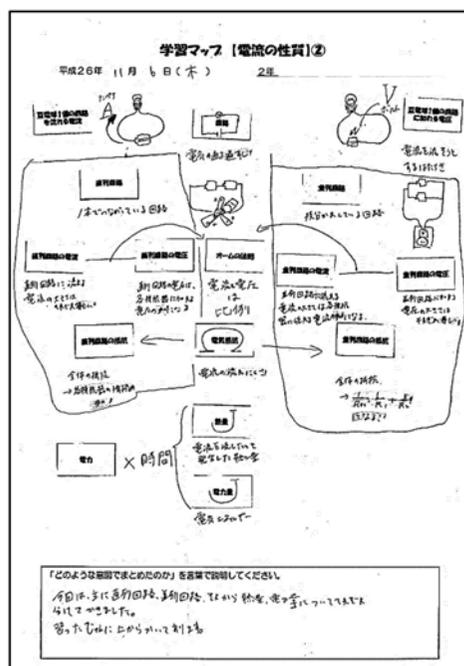


図7 「学習マップ」の例

## VI 授業実践の評価方法

開発した授業に基づいて行った授業実践について、学習者が保持している「科学的知識」と「科学的知識のつながり」の2つの観点から評価を行った。その方法を以下に示す。

- ① 学習者の「科学的知識のつながり」は、学習者が作成した「学習マップ」のまとめ方を分類し、分析することにより評価した。
- ② 学習者が獲得した「科学的知識」については、ペーパーテスト（中間テストと期末テスト）を実施し、学習者が獲得した得点により評価した。
- ③ 上記を踏まえ、「科学的知識のつながり」と「科学的知識」の関連性を、「学習マップ」の評価とペーパーテストの得点率の相関係数を求めることにより分析した。

## VII 結果と考察

### 1. 「科学的知識のつながり」についての評価<sup>11)</sup>

学習者がもつ科学的概念の構造を把握するために概念地図やVee図表などが用いられ、そ

れを得点化して評価をする先行研究もある<sup>12)</sup>。本研究では、筆者らが「学習マップ」の構造を分類し、評価を行った。

学習者がかいた第1次の「学習マップ」は、大きく3つに分けられた。1つ目は、“直列回路”と“並列回路”を比較するような形式で表している「比較タイプ」である(図7)。2つ目は、“電流”や“電圧”、“抵抗”のようなまとまりに分ける形式で表している「分類タイプ」である(図8)。3つ目は、1つ1つのラベルについて、独立に説明する形式でまとめている「説明タイプ」である(図9)。第2次の「学習マップ」は、2つに分けられた。1つ目は、いくつかの詳細な科学的知識を主要な科学的知識につなげたり、まとめたりする「主と詳細タイプ」である(図10)。2つ目は、第1次でもみられた「分類タイプ」である(図11)。各次における「学習マップ」の分類ごとの人数を表3に示す。

表3 「学習マップ」の分類

分類	比較	主と詳細	分類	説明
第1次	21	0	10	2
第2次	0	16	14	0

第1次では、33人中、「比較タイプ」が21人、「分類タイプ」が10人、「説明タイプ」が2人であった。また、第2次では、30人中、「主と詳細タイプ」が16人、「分類タイプ」が14人であった。第1次においては「主と詳細タイプ」はみられず、第2次においては「比較タイプ」と「説明タイプ」はみられなかった。

第1次「電流の性質」では、表1に示した④「比較と対照」の学習内容の構造に基づいた学習活動を多くの授業時間で行ったが、21人(63.6%)が「比較タイプ」で「学習マップ」を作成していることから、これらの学習者も、授業で意図した学習内容の構造と同様な「科学的知識のつながり」を構築しているといえる。一方、学習者にラベルを与え、科学的知識のつながりを可視化させることを意図したにもかかわらず、わずか2名ではあるが「説明タイプ」もみられた。つながりをまとめるよりも1つ1つの科学的知識を丁寧に説明するまとめ方をする学習者がいるといえる。このことも大切であるが、「科学的知識のつながり」を可視化することが主の活動であるから、他の学習者が作成したいろいろなタイプの「科学的知識のつながり」を紹介するなどの支援を行う必要があるともいえる。

第2次「電流と磁界」では、表1に示した①「主な考えと詳細」に基づいた学習活動を多く行った。16人(53.3%)がこの学習内容の構造の枠組みに相当する「学習マップ」を作成していた。「説明タイプ」が見られなかったのは、第2次が“磁界”や“電流”、“磁界から受ける力”などの科学的知識を互いに関連づけなければまとめられない学習内容であるためだと考えられる。

## 2. 「科学的知識」についての評価<sup>13)</sup>

第14時の学習を終えた後に、中間テストを行った。このテストは、第1次「電流の性質」の学習内容のうち、第15～18時の学習内容を除く範囲(第1～14時までの範囲)で実施した。その結果、100点満点中で、学級平均が78.8点(標準偏差 22.3)、階級を10点刻みとしたときの最頻値は95点であった。中間テストのヒストグラムを図12に示す。基礎・基本的な科学的知識を問う問題を中心に出题した結果、問題作成者が概ねよいと考える70点以上の得点を得た学習者が33人中26人(78.8%)であり、多くの学習者は基礎・基本的な「科学的知

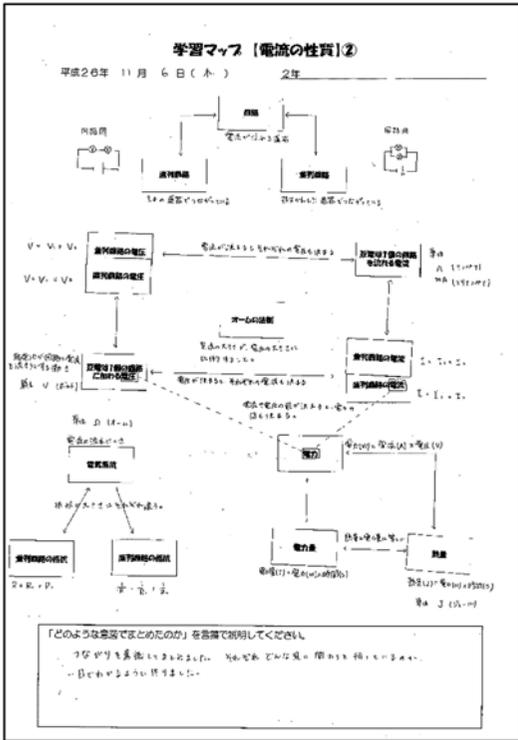


図8 「学習マップ」(第1次) 分類タイプの例



図9 「学習マップ」(第1次) 説明タイプの例

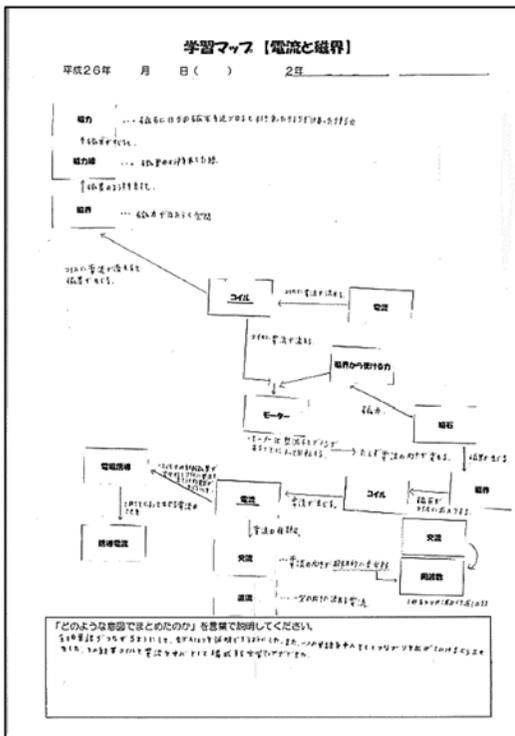


図10 「学習マップ」(第2次) 主と詳細タイプの例

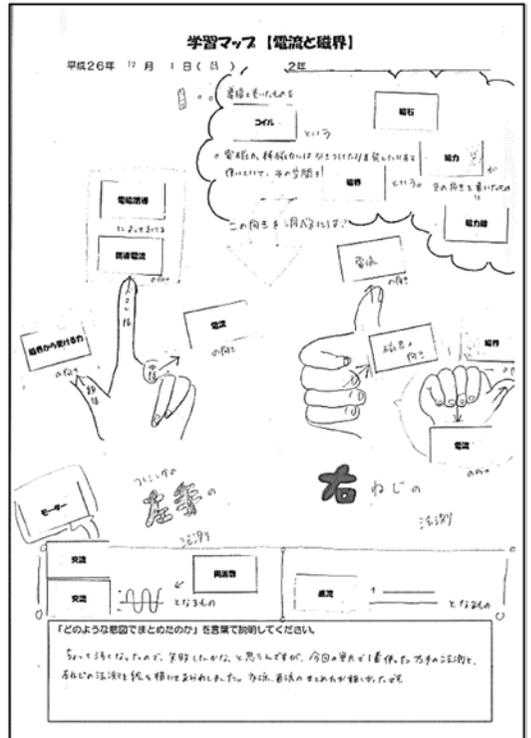


図11 「学習マップ」(第2次) 分類タイプの例

識」が獲得できていると判断できる。

第 24 時の学習を終えた後に、期末テストを行った。期末テストでは、中間テストの範囲を含めた第 1 次すべての学習内容（第 1 ~ 18 時）の範囲で実施した。期末テストは、中間テストの中心であった基礎・基本的な科学的知識を問う問題に加え、「活用」や「計算」を扱う問題も含めた。その結果、学級平均が 70.1 点（標準偏差 19.9）であり、階級を 10 点刻みとしたときの最頻値は 75 点であった。期末テストのヒストグラムを図 13 に示す。問題作成者が、期末テストにおいて概ねよいと考える 60 点以上の得点を得た学習者が 33 人中 26 人（78.8%）であり、「活用」や「計算」を含めた「科学的知識」が総合的に獲得できていると判断できる。

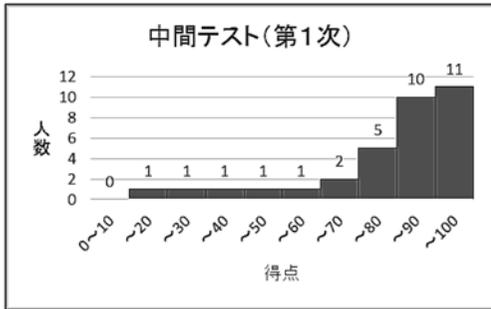


図 12 中間テストのヒストグラム

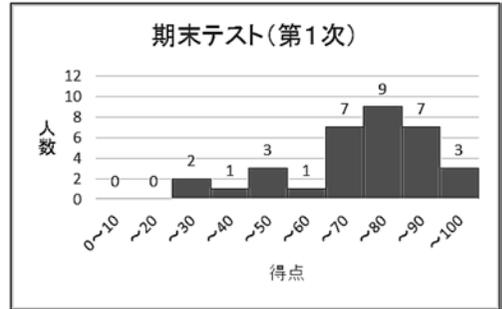


図 13 期末テストのヒストグラム

### 3. 「科学的知識のつながり」と「科学的知識」における関連性の分析<sup>14)</sup>

「学習マップ」とペーパーテストの得点率を用いて、学習者の「科学的知識のつながり」と「科学的知識」の関連を分析した。

まず、第 1 次の「学習マップ」について、学習者がかいた「学習マップ」を「A」, 「B」, 「C」の 3 段階で筆者らが評定した。学習者が作成した「学習マップ」の分類と評定をクロス集計したものを表 4 に示す。評定「A」は「重点となる科学的知識」

表 4 「学習マップ」(第 1 次) の評定

評定	比較	分類	説明	計
「A」	8	4	0	12
「B」	12	5	1	18
「C」	1	1	1	3
計	21	10	2	33

である“直列回路と並列回路における電流や電圧、電気抵抗の関係”が表現されているものとした。評定「B」は「重点となる科学的知識」が一部表現されていなかったり、一部ずれた表現となったりしているものとした。評定「C」は「重点となる科学的知識」が表現されていないものや、すべてのラベルが用いられていないものとした。

学習者がかいた第 1 次の「学習マップ」の評定と中間テストの得点率の相関係数は  $r = .64$  ( $p < .001$ ) であり、正の相関があった。これらの変数の散布図を図 14 に示す。同様に、学習者がかいた第 1 次の「学習マップ」の評定と期末テストの得点率の相関係数は  $r = .73$  ( $p < .001$ ) であり、正の相関があった。これらの変数の散布図を図 15 に示す。

これらの結果から、中間テストで出題された基礎・基本的な科学的知識を問う問題の得点率と、期末テストで出題された基礎・基本的な科学的知識だけでなく「活用」や「計算」を多く含む問題の得点率、どちらにおいても「学習マップ」のまとめ方と関連があるといえる。

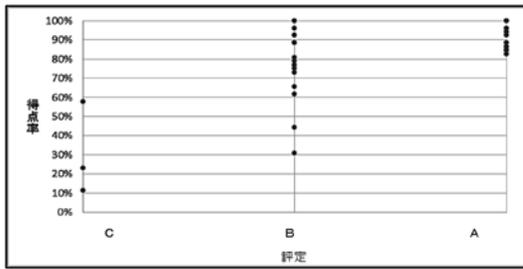


図 14 「学習マップ」(第1次)の評定と  
中間テストの得点率

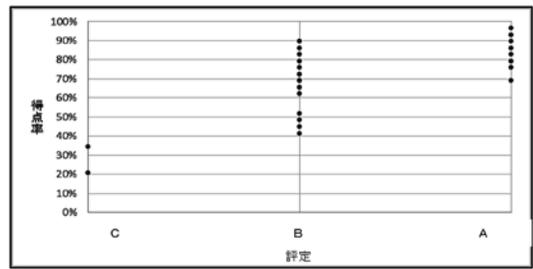


図 15 「学習マップ」(第1次)の評定と  
期末テストの得点率

今回の分析からは、「科学的知識のつながり」と「科学的知識」に因果関係があるのかは判断できない。しかし、「科学的知識のつながり」を考えるには、「科学的知識」を十分に理解する必要があると考えられ、「科学的知識のつながり」を考える「学習マップ」を作成する授業は、「科学的知識」そのものも強化している可能性もある。

#### 4. まとめ

以上のように「科学的知識」と「科学的知識のつながり」の2つの観点から授業実践の評価を行った結果、次の3点が明らかになった。

1つ目は、「学習マップ」のまとめ方を分類し、分析することによって、学習者は授業で意図した学習内容の構造と同様な「科学的知識のつながり」を構築していることが明らかになった。

2つめは、学習者がとったペーパーテストの得点から、開発した授業に基づいて授業実践を行った結果、基礎・基本的な「科学的知識」は多くの学習者が獲得できていた。また、「活用」や「計算」を含めた「科学的知識」も総合的に獲得できていると判断できた。

3つめは、「科学的知識のつながり」と「科学的知識」における関連性の分析によって、「学習マップ」の評定とペーパーテストの得点率には正の相関があることがわかった。さらに、「科学的知識のつながり」を考える「学習マップ」を作成する授業は、「科学的知識」そのものを強化している可能性があることが示唆された。

### VIII おわりに

本研究では、日本の教科書における学習内容の構造分析により「重点となる科学的知識」を明確にした。そして、「重点となる科学的知識」が授業の結論になるように「資料を提示する導入」、「学習課題を把握する場面」、「学習内容の構造を踏まえた探究活動」、「結論を見いだす活動」を設定した中学校理科授業を開発した。

本研究から第1次だけに限られるが、「科学的知識のつながり」と「科学的知識」の両方を主軸にした授業を構成する必要性が示唆された。筆者らは研究当初、学習者に「科学的知識」を獲得させる探究の過程がある授業が大切だと考えていた。しかし、本研究から学習者に「科学的知識」を獲得させるだけでなく、「科学的知識のつながり」も構築できるような授業の構成を行う必要があるといえる。今後は、さらに学習者が学習内容のつながりをとらえられる

授業を構成する取組が必要であると考える。

また、本論文中において言及していないが、本研究を進める中でみえてきたことがある。本研究では、「学習マップ」の作成時に「重点となる科学的知識」を簡潔に表したラベルを配布した。学習者は、ラベルを自由に動かすことができるため、「重点となる科学的知識」とそれに連なる科学的知識の関係を概ね表現できたといえる。しかし、「学習マップ」を作成する回数を重ねるごとに、“図”や“絵”をかいた上に文章で説明することで「科学的知識のつながり」を表現する学習者が増えてきたように思われる。すなわち、学習者の各次における「重点となる科学的知識」の全体の関係の表現の仕方が、文章でつなぐよりも“図”や“絵”，あるいは“表”などを用いて洗練された表現となるような支援を行う必要があるといえる。例えば、学習者が作成した「学習マップ」を教室内に掲示する取組や、学習者が互いに「学習マップ」について意見を交わす時間を設定する取組を行うことによって、学習者は他者の表現の仕方を参考にしながらも自らの理解によって「重点となる科学的知識」の全体の関係を「学習マップ」に表現できるようになると思われる。

なお、今回は「電流とその利用」単元における一部の議論しか行われていない。今後は、単元すべてにおける検討が必要である。

## 【註】

- <sup>1)</sup> 文部科学省：『中学校学習指導要領』，東山書房，2008。
- <sup>2)</sup> 文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』，大日本図書，2008。
- <sup>3)</sup> 「科学的知識」は、概ねPISAの枠組みである「科学の知識」(knowledge of science) および「科学についての知識」(knowledge about science) の両者を指すものとして筆者らはとらえている。「科学の知識」とは、物理、化学、生物科学、地学・宇宙科学および科学を基盤とするテクノロジーという主な領域をまたがる自然界の知識を指している。「科学についての知識」とは、科学の方法（「科学的探究」と目標（「科学的説明」）の知識を指している。
- <sup>4)</sup> *Science Grade 6*, Harcourt School Publishers, 2006.
- <sup>5)</sup> Harcourt School Publishers は、合併をして現在は Houghton Mifflin Harcourt Company として世界 150 か国で教育を推進している。
- <sup>6)</sup> 国立教育政策研究所 HP：「平成 15 年度 小中学校教育課程実施状況調査」，2003。http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\_h15/ 2015/02/01 確認
- <sup>7)</sup> 検討を加えた教科書は次の 5 冊である。東京書籍：『新しい科学 2 年』，2011。学校図書：『中学校科学 2』，2011。教育出版：『自然の探究 中学校理科 2』，2011。啓林館：『未来へひろがるサイエンス 2』，2011。大日本図書：『理科の世界 2 年』，2011。
- <sup>8)</sup> 図1および図2は、A 中学校で採択している東京書籍の教科書を分析し、学習内容の構造を示した。
- <sup>9)</sup> 詳細は、1 時間ごとの学習内容、目標、評価の観点、授業展開が記載されている別冊「中学校理科カリキュラム」を参照されたい。
- <sup>10)</sup> 「学習内容の構造」欄の①～④は、表1に記載されている学習内容の構造を示した。
- <sup>11)</sup> 第3次の期末テストが未実施のため、今回は第1次と第2次のみについて検討を加える。
- <sup>12)</sup> J.D. ノヴァック & D.B. ゴーウィン：『子どもが学ぶ新しい学習法』，東洋館出版社，1992。
- <sup>13)</sup> 第2次の一部と第3次すべての内容におけるペーパーテストが未実施のため、今回は第1次のみについての検討を加える。
- <sup>14)</sup> 13) と同様な理由のため、今回は第1次のみにおいて検討を加える。

附記 本稿は平成 27 年 3 月に『島根大学大学院教育学研究科「現職短期 1 年コース」課題研究成果論集』に掲載された研究にさらに検討を加え、加筆、修正を加えたものである。