

科学理論の枠組みによる理科中・高一貫 カリキュラムの分析と開発

久保田 英 慈 (愛知産業大学三河中学・高等学校)

1. 問題の所在

平成24年度から中学校では新学習指導要領が実施されている。平成元年、平成10年と削除され続けた理科の指導要領と比較すると、単に以前の内容に戻った、という意見を多く聞く。こういった議論では、生徒の科学理論の習得は、何が、どの段階で必要か、という議論が大変うすい。

本校は今年度から理科カリキュラムを完全に中・高一貫としている。既に大枠は作成されている。実際に授業で使っている小・中・高の教科書を概観すると、科学理論のスコープ(領域)とシークエンス(順序)が小・中・高それぞれの中では考慮されているが、小・中・高のつながりとして考えた場合、一貫しているとは言いがたい。

私学の多くは中・高一貫教育を行っている。本校の中・高一貫カリキュラムは大学入試に向け、単純に教科書を前倒しで実施使用としているのが実情である。おそらく、同様の私学も多いであろう。科学理論のつながりという議論は、先に述べたことと同様、うすい。

カリキュラム分析を最初に行っているのはノヴァックである(ノヴァックら1984)。彼は1974年に、排水処理の解決に関する科学者と技術者の訓練プログラムの開発のため、教授ユニットをコンセプトマップで表現した。彼はマップがいったん開発されると、プロジェクトが加速したと報告している。マップの作成が教授計画として大変、有効であることを報告している。

望月ら(2002)は小学校学習指導要領に記述されている文章をコンセプトマップにより表現することにより、指導要領が変わるたびに、扱う内容それぞれの関連を失い、生徒は単純に暗記しなければいけなくなっていることを明らかにした。この研究は、複雑に書かれている学習指導要領の文をコンセプトマップにより視覚化することにより、内容構成を明確にすることを可能にした。

久保田(2009)は授業構成(スモール・カリキュラム)をコンセプトマップにより分析した。この結果、授業設計段階では教師があまり重要視していなかった内容が生徒にとっては重要であると捉えられていたり、その逆であったりすることが起こる現象を明らかにした。この研究により、生徒の思考と科学理論を比較して授業を設計することを可能にした。

2. 目的

以上の先行研究より、本研究では小学校を概観しながら中・高等学校で扱う科学理論をコンセプトマップにより表現し、理科 中・高一貫カリキュラムを作成する方法を確立することが目的である。

3. 方法

(1) 分析分野の選択

本来であれば、中・高等学校の学習内容すべてを本研究の分析対象とすべきである。しかしながら、時間の制約と、まずは方法論を確立するところから始めたため、分析対象とする分野を文部科学省が示す小・中・高等学校の内容の構造化(図1)⁽¹⁾から2つ、抜き出し、分析した。

1つ目は音の学習である。音の学習は小学校では全く行われていない。一方、高等学校でほぼ必修となった物理基礎では波の学習が加わり、大変重要な単元である。中・高の学習内容を分析するのに最適な分野と考えた。

2つ目は月の学習である。地学の採択状況(長鶴ら2013)から、ほとんどの高等学校では月の学習は行われていない。一方、小学校で、この学習が困難であるという報告が多数ある。さらに、月の学習は中学校の学習内容と密接に連携していることから、分析対象として選んだ。また、中学校入試問題を作成する際に、小学校でどこまで学習しているかを分析しておくことは大変有効であると考えたのも、分析対象にまず選んだ理由である。

(2) 教科書分析

中・高等学校で使用されている教科書(有馬ら2010、塚田ら2012、高木ら2011)から、選んだ内容についての重要語句を抜き出した。教科書の文を参考に、語句の関係をコンセプトマップで表現した。本来、コンセプトマップは2つの言葉を線でつなぎ、その線上に言葉と言葉のつながりも書くべきである(ノヴァックら1984)。し

図1 小学校・中学校理科と「物理基礎」「化学基礎」の「エネルギー」「粒子」を柱とした内容の構成

校種	学年	エネルギー			粒子			
		エネルギーの考え方	エネルギーの変換と保存	エネルギー資源の有効利用	粒子の存在	粒子の結合	粒子の保存性	粒子のもつエネルギー
小学校	第3学年	光の性質 ・光の反射・屈折 ・光の屈折率 ・色散	磁石の性質 ・磁石に引きつけられる物体 ・異極と同極	電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物			結晶 ・結晶の性質 ・結晶の成長	
	第4学年		電気の働き ・乾電池のつなぎ方 ・充電電池の働き		空気と水の性質 ・空気の圧縮 ・水の圧縮		金属、水、空気と温度 ・温度と体積の変化 ・膨張率の違い ・水の三態変化	
	第5学年	振り子の運動 ・振り子の運動☆	電気の働き ・電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物				物の溶け方 ・物が水に溶ける量の増減 ・物が水に溶ける量の変化 ・量さの保存	
	第6学年	水の性質 ・水の性質 ・水の三態変化 ・水の三態変化	電気の働き ・電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物		燃焼の仕組み ・燃焼の仕組み	水溶液の性質 ・酸性、アルカリ性、中性 ・固体が溶けている水溶液 ・金属を変化させる水溶液		
中学校	第1学年	力のつり合い ・力のつり合い ・力のつり合い ・力のつり合い	電気の働き ・電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物		物質のすがた ・身の回りの物質とその性質 ・物質の分類 ・物質の発生と性質	水溶液の溶解 ・物質の溶解 ・溶解度と再結晶	状態変化と熱 ・物質の融点と沸点	
	第2学年	運動の規則性 ・運動の規則性 ・運動の規則性 ・運動の規則性	電気の働き ・電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物		物質の成り立ち ・原子・分子 ・物質の分類	化学変化 ・化学変化 ・化学変化 ・化学変化	化学変化と物質の質量 ・化学変化と質量の保存 ・質量変化の規則性	
	第3学年	力学的エネルギー ・力学的エネルギー ・力学的エネルギー ・力学的エネルギー	電気の働き ・電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物		水溶液とイオン ・水溶液とイオン ・水溶液とイオン ・水溶液とイオン	化学反応 ・化学反応 ・化学反応 ・化学反応		
高等学校	物理基礎	運動のあし方 ・運動のあし方 ・運動のあし方 ・運動のあし方	熱 ・熱と温度 ・熱の利用		物質の構成粒子 ・原子の構造 ・原子の構造 ・原子の構造	物質と化学結合 ・物質と化学結合 ・物質と化学結合 ・物質と化学結合	物質の探究 ・物質の探究 ・物質の探究 ・物質の探究	
	化学基礎	力学的エネルギー ・力学的エネルギー ・力学的エネルギー ・力学的エネルギー	電気の働き ・電気の通り道 ・電気を通すつなぎ方 ・電気を通す物		物質と化学反応式 ・物質と化学反応式 ・物質と化学反応式 ・物質と化学反応式	化学反応 ・化学反応 ・化学反応 ・化学反応		

図2 小学校・中学校理科と「生物基礎」「地学基礎」の「生命」「地球」を柱とした内容の構成

校種	学年	生命				地球		
		生命の構造と機能	生物の多様性と共通性	生命の連続性	生物と環境のかかわり	地球の内部	地球の表面	地球の周辺
小学校	第3学年	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり			自然現象の観察 ・自然現象の観察 ・自然現象の観察		大気と地表の様子 ・日影の位置と太陽の動き ・地面の傾きや道り角の違い	
	第4学年	人の体のつくりと運動 ・人の体のつくりと運動 ・人の体のつくりと運動	季節と生物 ・季節と生物 ・季節と生物			流木の働き ・流木の働き ・流木の働き	天気の様子 ・天気の様子 ・天気の様子	月と星 ・月と星 ・月と星
	第5学年	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	植物の発生 ・植物の発生 ・植物の発生	動物の誕生 ・動物の誕生 ・動物の誕生	流木の働き ・流木の働き ・流木の働き	天気の変化 ・天気の変化 ・天気の変化	
	第6学年	人の体のつくりと運動 ・人の体のつくりと運動 ・人の体のつくりと運動	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	土壌のつくりと変化 ・土壌のつくりと変化 ・土壌のつくりと変化	大気と地表の様子 ・大気と地表の様子 ・大気と地表の様子	月と星 ・月と星 ・月と星
中学校	第1学年	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	植物の発生 ・植物の発生 ・植物の発生	動物の誕生 ・動物の誕生 ・動物の誕生	火山と地震 ・火山と地震 ・火山と地震	大気と地表の様子 ・大気と地表の様子 ・大気と地表の様子	月と星 ・月と星 ・月と星
	第2学年	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の発生 ・動物の発生 ・動物の発生	動物の誕生 ・動物の誕生 ・動物の誕生	地層の重なりと過去の様子 ・地層の重なりと過去の様子 ・地層の重なりと過去の様子	気象観測 ・気象観測 ・気象観測	大気と地表の様子 ・大気と地表の様子 ・大気と地表の様子
	第3学年	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	植物の発生 ・植物の発生 ・植物の発生	動物の誕生 ・動物の誕生 ・動物の誕生	自然現象の観察 ・自然現象の観察 ・自然現象の観察	大気と地表の様子 ・大気と地表の様子 ・大気と地表の様子	月と星 ・月と星 ・月と星
高等学校	生物基礎	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	植物の発生 ・植物の発生 ・植物の発生	動物の誕生 ・動物の誕生 ・動物の誕生	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	大気と地表の様子 ・大気と地表の様子 ・大気と地表の様子	月と星 ・月と星 ・月と星
	地学基礎	植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり ・植物の成長と体のつくり	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	植物の発生 ・植物の発生 ・植物の発生	動物の誕生 ・動物の誕生 ・動物の誕生	自然現象の観察 ・自然現象の観察 ・自然現象の観察	大気と地表の様子 ・大気と地表の様子 ・大気と地表の様子	月と星 ・月と星 ・月と星

図1 小・中・高等学校の内容の構造

かし日本語で書かれた文章をマップ化するに際し、以前、私が行った授業研究（久保田2009）をもとに、この研究でも、単に言葉と言葉をつなげるのみで表現した。例えば「月は太陽の光を反射して輝いている。」という文章は図2のように表現される。



図2 コンセプトマップの例

小・中・高それぞれの内容を表現したコンセプトマップを比較し、そのつながりを分析した。

(3) 授業実践・分析

分析したコンセプトマップをもとに授業を実践した。授業は最初、その時間のキーワードを提示し、黒板の隅に書いておく。そして授業後、生徒にキーワードを使ったその授業のまとめを書いてもらう。おおよそ全員の生徒が書き終わったところで教師の文を板書する。生徒には復習で、自分が授業内で書いた文章と教師の文章を比較し、「コメント」としてノートに文の違い、文の中の重要な部分を書かせた。数回の授業ごとにノートを集め、生徒が書いた文、及びコメントをチェックし、授業の成立を確認した。本報告書では紙面の都合で授業実践については割愛する。

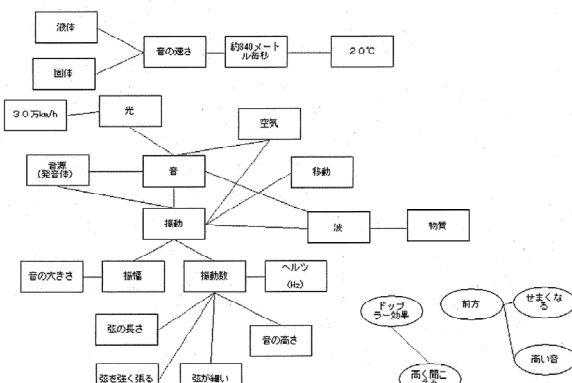


図3 中学校 音単元のマップ

4. 結果

(1) 音単元の分析

図3は中学校の学習内容をマップで表現したものである。なお、丸で囲まれた言葉は発展的内容として扱われているものである。高等学校の物理基礎の学習内容を図4に示す。丸で囲まれた言葉は中学校のマップ同様、発展的内容として扱われているものである。また、色が着けてある言葉は、中学校の教科書にも出てきている内容である。

図4には、高等学校の学習内容で重要である波の内容は含んでいない。音だけで、高校で急激に内容がふくらむことがよくわかる。ちなみに、教科書では中学校（塚田ら2012）7ページに対し、高等学校（高木ら2011）では18ページである。中学校で全くと言って扱わず、かつ、音の分析に必要な波の扱いを考えても、高等学校における学習が極めて困難であることがわかる。中学校で、高等学校を意識してどこまで学習できるかがポイントとなる。音の現象として生徒の関心が高いドップラー効果は中・高共に発展的な扱いとなっている。高等学校で扱うことはこの構造から困難であるため、現象面だけでも中学校で扱うべきである。

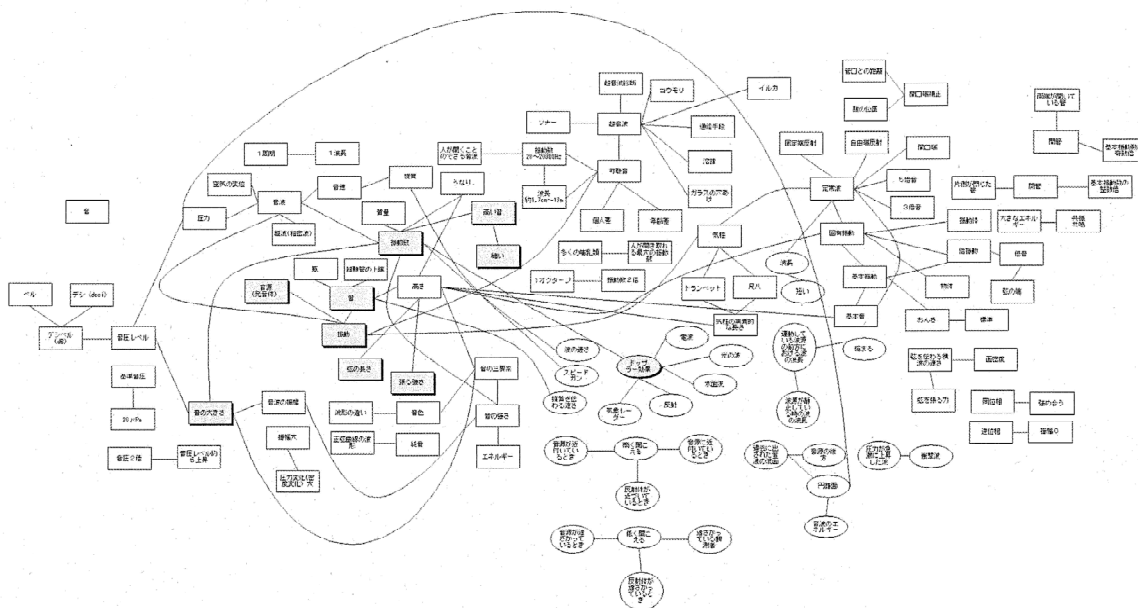


図4 高等学校 音単元のマップ

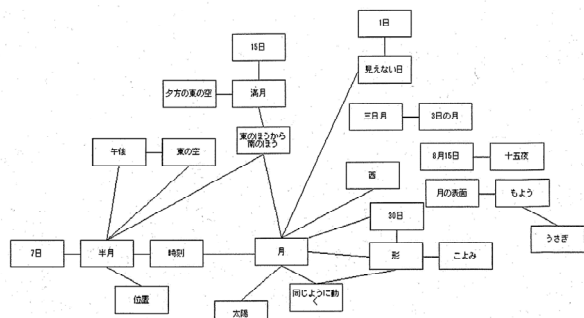


図5 小4月単元のマップ

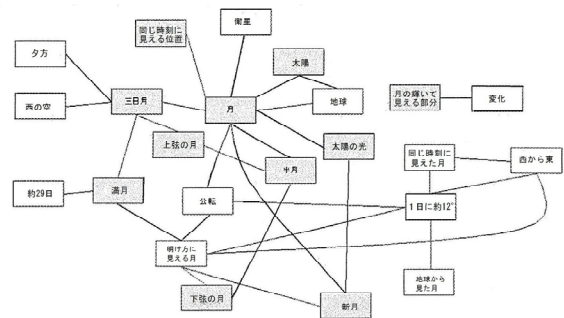


図7 中学校月単元のマップ

(2) 月単元の分析

図5は小学校4年生「月の形と動き」の内容をマップで表現したものである。主に月と太陽の動きの比較を扱っている。図6は小学校6年生「月の位置や形と太陽の位置」の内容をマップで表現したものである。月の形の変化と地球、太陽との位置関係を扱っている。非常に複雑で、定着が困難であることはマップを見ても予想される。

図7は中学校3年生「月の運動と見え方」の内容をマップで表現したものである。小6の月の形と太陽との位置関係の確認が大切である。また、中学校では日周運動としての動き、角度を中心に扱うべきである。更に、日食・月食の内容は中学校のみで扱う内容であることを意識した授業が必要である。

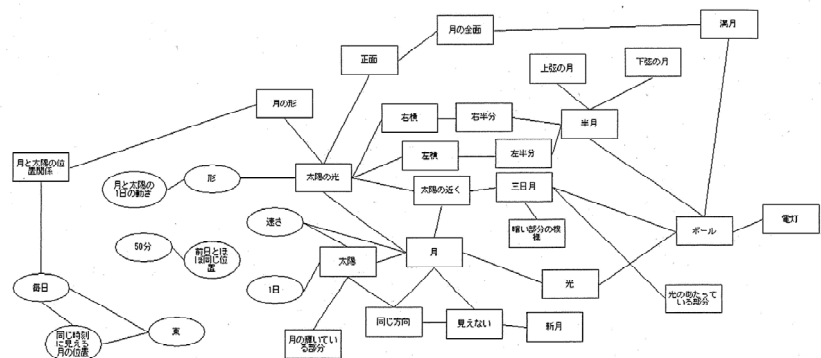


図6 小6月単元のマップ

5. 考察

音は小学校で全く扱わず、中学校では光・音・力の中の1つとして扱う。高校では波と関連が深くなるだけでなく、扱う言葉、言葉と言葉の関係が急激に増す。そのため、生徒の理解が困難になるのは当然のことであろう。中学で高校内容を意識し、できるだけ扱うことが必要である。授業実践では波を地震単元で扱ったり、音の授業内で波のもととなる振動についていねいに扱ったりした。ノートを見る限り、生徒の理解度は高い。

月の運動と見え方の単元は小学校での扱いがとても充実している。扱いが最後になる中学校では小学校の復習を確認しながら、日周運動を中心とした動き、角度を中心に扱わなければいけない。授業実践では、生徒とのやり取りを多く行い、写真や図を多用しながら小学校学習内容の確認、忘れているところ、身につけていないところをいねいに扱った。

以上のように、小・中・高等学校の単元をマップ化することにより教師の授業設計が深まることがわかった。

注

(1) http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2010/01/29/1282000_6.pdf

参考文献

有馬朗人ほか、2010、「楽しい理科6年-1 -2 4年-1 -2 3年」、大日本図書
 久保田英慈、2009、「生徒の思考と中学校理科カリキュラムに関する研究」、日本私学教育研究所紀要、第45号、pp. 93-96
 J.D. ノヴァック・D.B. ゴーウィン、1984、「子どもが学ぶ新しい学習法 概念地図法によるメタ学習」、東洋館出版社
 高木聖志郎ほか(2011)、「物理基礎」、新興出版社啓林館
 塚田捷ほか、2012、「サイエンス1、サイエンス3」、新興出版社啓林館
 長鶴彩加・野々山清、2013、高等学校理科の教育課程編成、日本理科教育学会 第59回 東海支部大会 研究発表予稿集、A09
 望月信也・遠西昭寿、2002、小学校理科における内容と教材の変遷、理科教育研究、第11号・12号合併号、pp. 76-81