

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 ・電気の性質 ・電気の性質 ・電気の性質				物の溶け方 ・物が水に溶ける量の増加 ・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 ・水の性質 ・水の性質	電気の働き ・電気の性質 ・電気の性質 ・電気の性質		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	力と仕事 ・力の働き（力とは何か） ・仕事 ・仕事率	光と電 ・光の反射・屈折 ・電気の性質 ・電気の性質		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	電流と磁界 ・電流が作る磁界 ・磁界中の電流が受ける力 ・電磁誘導と発電	電流と電圧 ・電流と電圧 ・電流と電圧		物質の成り立ち ・物質の分類 ・原子・分子	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	運動の規則性 ・力のつり合い ・運動の速さと向き ・力の運動	エネルギー ・エネルギー ・エネルギー		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		
高等学校	物理基礎				化学基礎			
	運動のあし方 ・運動のあし方 ・運動のあし方				化学と人間生活とのかわり ・化学と人間生活とのかわり ・化学と人間生活とのかわり			

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	動物の成長と体のつくり ・動物の成長と体のつくり	季節と生物 ・季節と生物 ・季節と生物	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
	第4学年	人の体のつくりと働き ・人の体のつくりと働き	植物のつくりと働き ・植物のつくりと働き	動物のつくりと働き ・動物のつくりと働き	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
	第5学年	植物のつくりと働き ・植物のつくりと働き	動物のつくりと働き ・動物のつくりと働き	生物のつくりと働き ・生物のつくりと働き	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
	第6学年	人の体のつくりと働き ・人の体のつくりと働き	植物のつくりと働き ・植物のつくりと働き	動物のつくりと働き ・動物のつくりと働き	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
中学校	第1学年	植物のつくりと働き ・植物のつくりと働き	動物のつくりと働き ・動物のつくりと働き	生物のつくりと働き ・生物のつくりと働き	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
	第2学年	動物のつくりと働き ・動物のつくりと働き	植物のつくりと働き ・植物のつくりと働き	生物のつくりと働き ・生物のつくりと働き	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
	第3学年	植物のつくりと働き ・植物のつくりと働き	動物のつくりと働き ・動物のつくりと働き	生物のつくりと働き ・生物のつくりと働き	生物と環境 ・生物と環境 ・生物と環境	地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部	地球の表面 ・地球の表面 ・地球の表面	地球の周辺 ・地球の周辺 ・地球の周辺
高等学校	生物基礎				地学基礎			
	生物のつくりと働き ・生物のつくりと働き				地球の内部 ・地球の内部 ・地球の内部			

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。

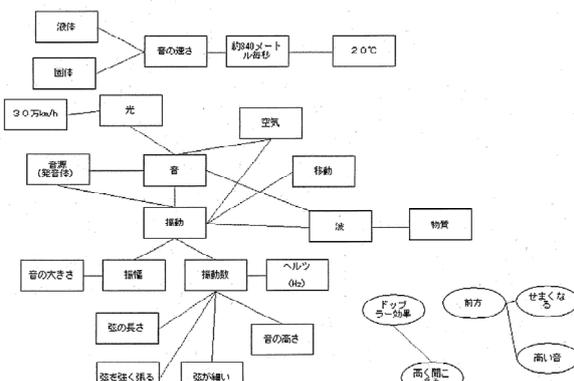


図3 中学校 音単元のマップ

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。

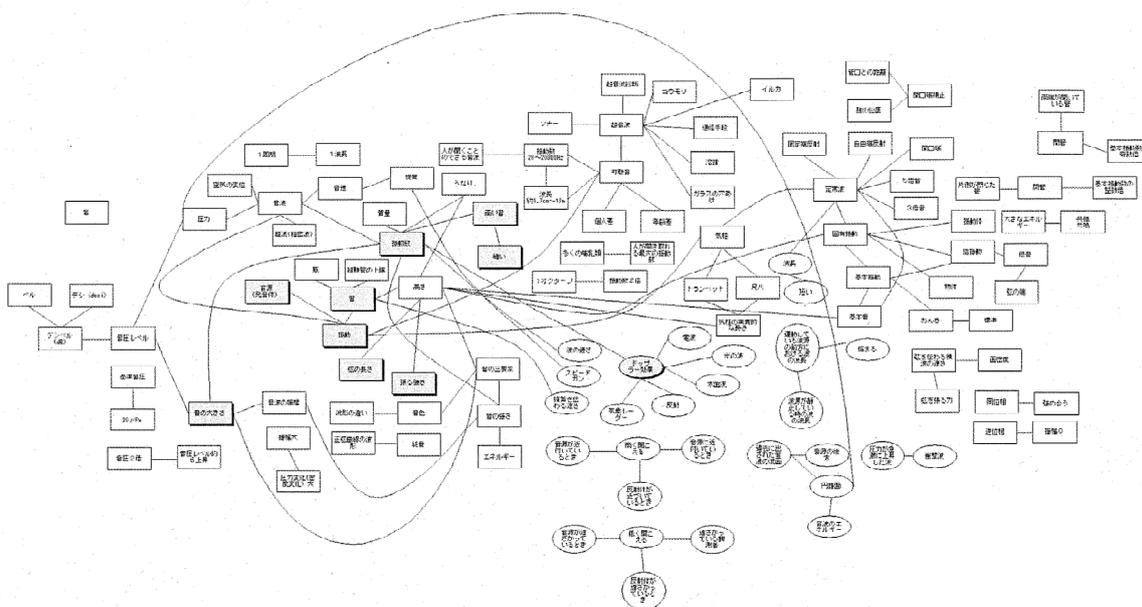


図4 高等学校 音単元のマップ

