

鍵教材を用いた小・中学校理科カリキュラムの構造化

渡 邊 重 義

Making a network of contents in the science curriculum in elementary and junior high school using key teaching materials

Shigeyoshi WATANABE

(Received September 30, 2016)

The network of the learning contents between units was described as a curriculum map by analyzing the contents of the science textbooks in elementary and junior high school from the viewpoint of the key teaching materials. As a result of analyzing curriculum maps, the following were obtained; 1. Using key teaching materials, the organic link of the learning contents could be obtained beyond four domains of the “energy” “particle” “life” “earth”. 2. A theme or a viewpoint for the leaning contents linkage became concrete by joining contents together with the key teaching materials. 3. The hub unit or the hub content could be clarified by making the network of contents in a curriculum map.

Key words : curriculum map, linkage of contents, key teaching materials, network, science curriculum

I. はじめに

理科カリキュラムは、その時代の社会的背景、自然科学の進歩と流行、教育思潮等によって常に見直され、修正されている。2008年の学習指導要領の改訂では、「内容の一貫性」がキーワードになって「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」を軸にした学習内容の系統化が行われた。理科カリキュラムの系統化は、理科教育の現代化運動が起こった1950～1960年代にも行われており、「物質」「エネルギー」「生命・進化」「時間・空間」という科学の基本概念とその下位概念が提示された。1970年の中学校指導書理科編では、その4つの基本概念およびその下位概念と各単元の関連性を表す構造図が示されている。また、栗田(1976)は、「物質」「生物」「時間・空間」「つりあい(平衡)」「量」の5つの上位概念を掲げて、小学校理科教育内容の構造化を行っている。以上の系統化・構造化は、基本概念と単元との関連を示すものであり、単元間の関連性の総括的な理解にとっては有効である。しかし、基本概念と各単元の具体的な内容との関係や学習活動との関連性は不明確である。そこで、本研究では、理科カリキュラムの系統性を具体化するために「教材」に着目し、学習内容の関連図(カリキュラム・マップ)を作成することを目的として、理科カリキュラムを関連付けるための鍵となる教材を抽出した。また、抽出し

たいいくつかの教材に注目して、理科カリキュラム・マップを作成し、内容の関連性の詳細について分析を行った。

II. 方法

渡邊(2015)は、理科カリキュラムの系統性を具体化するための鍵教材について、下記のような特徴をもつものと設定し、A社とB社の小学校理科教科書(2008年学習指導要領対応)を材料にして各単元の記載内容から鍵となる教材・教具や用語の候補を抜き出し、異なる学年や単元で繰り返し登場するものを抽出して分類した。

鍵教材

- ・科学的な概念形成に結び付く教材
- ・科学的な思考を導く教材
- ・教育内容の関連を導く教材や観察実験の教具

次に小学校の理科教科書で鍵教材に位置づけられる教材・教具や用語が、A社の中学校理科教科書(2008年学習指導要領対応)でどのように扱われているのかを調べた。そして、小学校学習指導要領解説理科編(2008)および中学校学習指導要領解説理科編(2008)に掲載されている小・中学校の内容の系統性を示す表

を用いて、鍵教材が扱われている単元に印を付けて、それらの単元間のつながり方と、リンクの鍵となる教材、考え方、キーワード等を検討した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 小学校理科教科書における鍵教材

小学校理科教科書（A社）の3～6年の教科書の記載内容を調査して、「粒子」「エネルギー」「生命」「地球」の複数の概念に関連した教材・教具等を抽出した（表1）。

表1 小学校理科教科書（A社）から抽出した鍵教材

【教材】	
水 (14)	空気 (8) 光・日光 (8) 温度 (8)
金属 (鉄など) (5)	力 (5) 重さ (4) 石・土・砂 (4) 等
【教具】	
温度計 (8)	方位磁石 (6) 虫めがね (ルーペ) (6) 等

※. () の数字は扱われていた単元数

A社の教科書では、3年:8単元、4年:7単元、5年:7単元、6年:9単元の合計31単元において、その4分の1以上で繰り返し扱われていたのは、「水」(45%)「空気」(26%)「光・日光」(26%)「温度」(26%)であった。B社の教科書で同様の調査を行った結果、3～6年の合計43単元において、その5分の1以上で扱われていた教材は、「水」(33%)「温度」(23%)「光・日光」(21%)「空気」(21%)であった。「光・日光」「温度」は小学3～6年の全学年で扱われ、「温度」は「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの概念すべてに関連していた。「重さ」は「粒子」概念に関連した複数の単元に登場したが、「電気」「体積」「動物・植物」「災害」等も同様に特定の概念に限定して繰り返し扱われていた。以上のことから、現在の小学校理科カリキュラムにおいては、「水」「温度」「光・日光」「空気」が、教育内容の間の関連性を導く鍵教材になる可能性があることがわかる。

教具では、「温度計」「虫眼鏡またはルーペ」「方位磁針」が全学年で扱われていた。用語に注目すると、「はたらき」が10単元で用いられていたが、「生命」概念と関連した内容では「花粉のはたらき」「だ液のはたらき」のように「機能・役割」の意味で用いられ、それ以外の領域では「ゴムの力のはたらき」「流れる水のはたらき」のように「作用」の意味で用いられるという特徴があった。

2. 鍵教材「水」と理科カリキュラム

(1) 「水」と関係する小学校理科の単元

教科書調査の結果をもとにして、鍵教材「水」が扱われている小学校理科の単元に丸印をつけた系統表を図1示す。

水	液体としての「水」												生命を支える「水」			循環する「水」		
	エネルギー			粒子			生命			地球			内部	表面	周辺			
	見方	実験と保存	原理の発明	存在	結合	保存性	エネルギー	構造と機能	多様性と共通性	連続性	環境のかかわり							
3年	●	●																
4年				●			●		●	●								
5年						●				●	●			●	●			
6年						●		●					●	●				

図1 「水」が扱われている小学校の理科の単元

現在の小学校理科カリキュラムでは、合計31単元中14単元で「水」が扱われていた。エネルギー領域、地球領域の天体に関連した単元および3年の単元を除くと、ほとんどの単元で「水」が関係するという特徴が見られる。3年の磁石を水に浮かべる活動、植物の栽培活動における水遣り、6年の電気の利用における水力発電の紹介においても「水」に関連した内容が取り上げられている。しかし、「水」自体が学習対象となるものではないと判断して、図1では丸印をつけていない。

構造化の柱となっている基本的な概念との関連で「水」の扱われ方をみると、「粒子」では液体としての水、「生命」では生命を支える水、「地球」では循環する水という共通性を見出すことができた。

(2) 「液体としての水」による内容のリンク

粒子領域を中心とした「液体としての水」による学習内容のリンクを図2のカリキュラム・マップに示す。

水	液体としての「水」												生命を支える「水」			循環する「水」		
	エネルギー			粒子			生命			地球			内部	表面	周辺			
	見方	実験と保存	原理の発明	存在	結合	保存性	エネルギー	構造と機能	多様性と共通性	連続性	環境のかかわり							
3年	●	●																
4年				●			●		●	●								
5年						●				●	●			●	●			
6年						●		●					●	●				

図2のカリキュラム・マップには、図1の表に追加で以下の注目がなされています:

- 「固体・液体・気体」: 4年「粒子」の結合欄と5年「粒子」の結合欄に丸印がつけられ、この両者を結ぶ線が引かれています。
- 「水の状態変化」: 4年「粒子」の結合欄と5年「粒子」の結合欄に丸印がつけられ、この両者を結ぶ線が引かれています。
- 「水溶液」: 5年「粒子」の結合欄と6年「粒子」の結合欄に丸印がつけられ、この両者を結ぶ線が引かれています。

図2 「液体としての水」に注目したカリキュラム・マップ

4年では、気体（空気）と液体（水）の性質と、固体（金属）、液体（水）、気体（空気）と温度の関係を比較しながら学習する。水は液体の代表として扱われ、水を熱したり冷やしたりすることで、物質の状態変化の基礎も学習する。この水の状態変化は、地球領域の天気や生命領域の蒸散の学習の基礎になる。また、水の状態変化は、中学1年の物質の状態変化の学習に発展する内容に位置づけられるため、小学4年における水の状態変化の学習は、学習内容間の関連性を導くハブ（中核）となり得ることがわかる。

水の状態変化の学習をハブにした内容の関連性を詳しくみると、「蒸発」「水蒸気」という用語の理解が重要になると考えられる。粒子領域では、人為的に加熱することによって生じる蒸発が学習対象になっているが、蒸発と沸騰の区別が曖昧になることもある。一方、地球領域では自然に生じる界面からの蒸発が扱われている。したがって、地球領域で扱われる蒸発が、粒子領域で扱われる蒸発と同じ現象を指す用語であることを整理して理解する必要がある。地球領域では、日なたと日かげにおける蒸発の違いを比べる活動を行うことがあり、その場合は温度の影響を考察する必要が生まれるため、粒子領域と地球領域で学習する蒸発の共通性を見出すことができるかも知れない。水蒸気は、目に見えない気体としての水を指す用語である。しかし、湯を沸かしたときに、やかんの口から出ている白い部分を水蒸気と間違えて理解している児童がいるため、最近の教科書では「湯気」という用語を用いて区別しようとしている。同じように水蒸気が自然の中で凝結した水は、雲や霧と呼ばれる。したがって、日常語と科学用語の整理も必要になるであろう。また、「蒸発」と逆の現象は、科学用語としては「凝縮」になるが、高等学校まで正式には登場しない。小・中学校理科の地球領域では、「結露」が蒸発に対応するように用いられている。そこで、中学校あるいは高等学校で状態変化に関連した現象と用語の整理が必要になる。

5年の物の溶け方と6年の水溶液の学習は、「水溶液」というキーワードで関連付けられる。水溶液は、中学校の理科カリキュラムへと展開するなかで、粒子概念の形成を導く主要な学習内容になる。しかし、「水」という視点での学習内容の結び付きをより有機的なものにしようとするならば、5年以降の水溶液の学習と4年の学習内容との関連付けや、3年における物と重さの学習で水を利用することを工夫するとよいであろう。

(3) 「生命を支える水」による内容のリンク

生命領域における「水」は、生命を支える水という点で括られるが、さらに生命活動を支える水および生息環境としての水という2つの観点に分類できる。

生命活動を支える水という観点では、3～6年で行われる植物の栽培における水遣りが原体験的な活動になり、5年において植物の発芽に必要な条件の一つとして水が取り上げられ、6年の人や植物の体の構造と機能の学習において、体内における水の移動や排出に関連した内容が扱われるというつながりがある。生息環境としての水という観点では、4学年の季節と生物の学習において、池などの身近な水環境が取り上げられることがあり、その場合は水温の測定が行われる。そして、5年において、水中に生息するメダカの発生や水中の小さな生物の観察が行われる。6年の生物と環境の学習は、生命活動を支える水、生息環境としての水を総括するような扱いになっていて、水環境の保全についても学ぶ。

このように「水」を取り上げた生命領域の単元を並べてつなげることは可能である。しかし、水が学習内容の有機的な結び付きを導く要素になるためには、学習内容の改善や教材の工夫が必要になると考えられる。例えば、生命活動を支える水という観点で学習内容の連続性を導くならば、植物への水遣りの必要性を考えたり植物の体に含まれる水分量を調べたりする個体レベルでの学習があつて、中学校からの植物の光合成、酵素反応などの細胞レベルの学習につなげていくような扱いが効果的ではないかと考えられる。また、生息環境としての水という観点では、児童にとっての身近な水環境が共通している訳ではないため、池、川、水田、海など地域に応じた教材を準備する必要がある。水環境に生息する生物についての学習は、動植物の陸上への適応や進化を学ぶ基礎になり、生物の多様性と共通性についての見方を広げることになると考えられる。地域性を生かした水辺の環境の教材化は、6年の生物と環境の学習において実感を伴う理解を導くことにもなるであろう。

現行の小学校理科の学習内容においては、5年の人の母体内の成長における「羊水」が生命を支える水、生息環境としての水の両方に関わる教材となる可能性をもつ。資料等を用いた調べ学習になりがちな内容ではあるが、「羊水」の役割を知ることで、自分と水との関わりから、生物と水の関わりへと学びを発展させることができるかも知れない。

(4) 「循環する水」による内容のリンク

地球領域を中心とした「循環する水」による学習内容のリンクを図3のカリキュラム・マップに示す。

地球領域の気象に関連した学習では、環境中の水が水蒸気になって空気中に出ていったり、空気中の水蒸気が結露して水になったりすること（4年）および雲の動きと天気の変化において雲と雨が関係すること（5年）が扱われる。そして、生命領域の生物と環境の学

習（6年）において環境中の水の循環が取り上げられる。つまり、地球領域ではないが、水の循環という観点では、6年の生命領域における「生物と環境」の学習が総括的な役割を担っていることがわかる。

	水													
	エネルギー			粒子			生命			地球				
	見方	実用と保存	資源の有効利用	存在	結合	保存性	エネルギー	構造と機能	多様性と共通性	連続性	環境とのかかわり	内部	表面	周辺
3年														
4年														
5年														
6年														

図3 「循環する水」に注目したカリキュラム・マップ

3年から6年の水の循環に関する内容は、地表で観察できるレベル（3年）→地表から見上げるレベル／気象情報として知るレベル（5年）→学習内容を総括して地域や地球規模で考えるレベル（6年）へと移行している。つまり、水の循環という観点においては、生活空間→地域→地球という見方の広がりが求められることがわかる。また、6年では動物や植物体内の水の移動についての学習もあり、生物体内レベルで理解したことを地域や地球レベルでの水の循環の中に位置付けることも重要になる。このような自然の事象を捉えるレベルの移行は、他の鍵教材についても生じる課題である。A区分の内容では、学年段階が上がるに連れて肉眼で観察可能な具象的な教材から、肉眼や光学顕微鏡では観察不可能なマイクロなレベルでの取り扱いに展開するという特徴がある。B区分の生命領域では、個体レベルから細胞・分子などのマイクロなレベルと、群集、生態系というマクロなレベルへの二つの展開が見られる。一方、B区分の地球領域では、肉眼や望遠鏡で観察可能なレベルから、肉眼では直接観察できないような俯瞰したマクロなレベルに展開する。このような領域ごとの違いを考慮しながら、内容の構造化や学習展開を検討する必要がある。

地域および地球レベルでの水の循環を考えるうえで「川」は学習構想の鍵となる教材になり得る。現行の小学校理科カリキュラムでは、5年「流水の働き」において川が取り上げられている。しかし、流水による浸食・運搬・堆積作用が強調される内容になっているために、水自体の移動はあまり触れられていない。5年の「天気の変化」の学習との関連性も「水害」「防災」としての側面が強く、乱層雲などの雲から雨が降

り、地面にしみ込んだり、川に流れ込んだりして、水は川や地下水として移動し、蒸発したり海や湖に注ぎ込んだりすることの理解を導くような内容にはなっていない。「川」を地域教材としてうまく活用できれば、循環する水という観点や生命を支える水という観点で学習内容を結び付けられる可能性がある。したがって、地域の川の特徴を生かした教材化や単元構想が課題になるであろう。

(5) 「水の状態変化」による小・中の内容のリンク

図4は、「水の三態」「水の状態変化」を軸とした小・中学校の内容のリンクを示している。

	水													
	液体としての「水」			生命を支える「水」			循環する「水」							
	エネルギー			粒子			生命			地球				
	見方	実用と保存	資源の有効利用	存在	結合	保存性	エネルギー	構造と機能	多様性と共通性	連続性	環境とのかかわり	内部	表面	周辺
小3														
小4														
小5														
小6														
中1														
中2														
中3														

図4 「水の状態変化」と小・中学校の理科カリキュラム

前述したように、水の状態変化の学習は小学校理科の学習内容の関連性を導くハブになるだけでなく、中学校理科においてもハブになり得る。4年「水の三態変化」と中学1年「水の状態変化」の学習は、エネルギー（水が水蒸気になったときのエネルギーの利用）、生命（植物の蒸散）、地球（水の循環／雲・霧の発生など）の他の概念に関係する内容と関連性が強く、科学的な概念を統合するような自然認識を導く可能性がある。

2. 鍵教材「光・日光」と理科カリキュラム

(1) 「光・日光」と関係する小学校理科の単元

鍵教材「光」または「日光」が扱われている小学校理科の単元とその関連を図5に示す。

「光・日光」は、エネルギー、生命、地球の3領域で扱われていた。3年の光の性質や4年の光電池の学習等において、雨天時に人工光が使用される場合を除くと、小学校理科では、「光」＝「日光」（または太陽光）であった。「光」に関連した単元間の関連性をみると、3年における光の直進、反射、集光、放射に関連した基礎的な内容が、同学年で学習する日光、物体、影の関係性の理解に結び付くと考えられる。さらに3年の「光」に関する内容の理解は、6年において太陽、地球、月の位置関係から月の満ち欠けを理解で

きるかどうかに関わることが予想される。4年の光電池、5年と6年の植物に関連した学習（発芽と成長／光合成）および6年の電気の利用におけるエネルギー変換は、光エネルギーに関連付けることが可能である。光エネルギーという視点で、各学年の「光」に関連した内容を分析すると、3年では「日光が地面や空気を温める」という光エネルギーから熱エネルギーへの変換が扱われ、4年と6年の光電池に関連した内容では「日光が電気になって物体を動かす」という光エネルギーから電気エネルギー、運動エネルギーへの変換が扱われ、6年の光合成では「日光によってデンプンがつくられる」という光エネルギーから化学エネルギーへの変換が扱われていることがわかる。4年で扱われる光電池は、光の反射的としての利用（3年）、光合成との比較（6年）、エネルギー変換（6年）等でも利用できる。福山ら（2010）は光電池を単元の内容を関連付けるツールにした小・中学校の理科内容の一覧表を提示している。

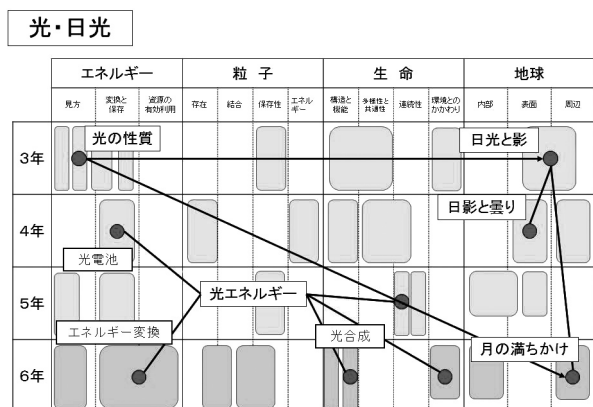


図5 「光・日光」に注目したカリキュラム・マップ

「光・日光」という鍵教材で現在の小学校理科カリキュラムの問題点を見ると、①光は量的な取り扱いが容易でないため、光の強さを測定するような操作あるいは定性から定量へという展開で関連性をもたせにくい、②ヒトの主要な認識に関わる視覚と光の関係は中学校まで扱われないので、小学校で学習する光の物性に関する内容を中学校における視覚の学習に結び付ける工夫が必要になる、③ルーペや顕微鏡などの光学機器の使い方が光の性質と関連付けて扱われていない、等があげられる。

(2) 「光・日光」による小・中の内容のリンク

図6は、「光・日光」に関連した小学校および中学校理科の内容の関連性を示している。「光・日光」については「粒子」概念を除く3つの各概念で、系統性を導くようなつながりを見出すことができたが、「水」のように概念全体を統括するようなものではなく、い

くつかの教材・教具や考え方で領域ごとのつながりが認められ、それらが「光エネルギー」に集約するような関係性を示すことができた。図5は、先に学習したことが他の内容につながるような教材配列の重要性を示唆しているのに対し、図6は「光エネルギー」という見方につながるという前提で、日なたと日かげ、光電池、光合成等の学習を行う必要があることを示している。つまり、小学3年で日光や鏡で反射した光が気温・地温を上昇させる体験は、中学3年の「光エネルギー」の学習にとっての原体験になるという教材の捉え方がより明確になる。

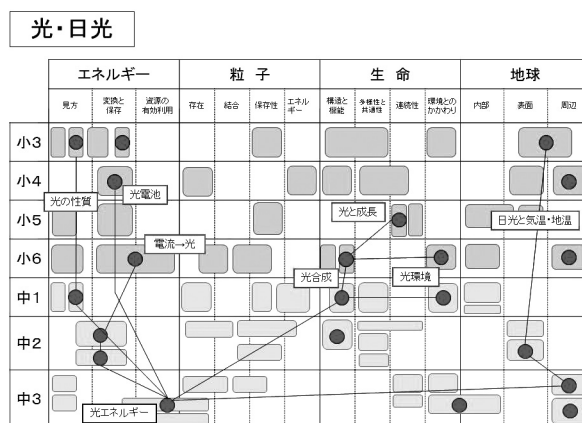


図6 「光・日光」と小・中学校の理科カリキュラム

3. 鍵教材「温度」と理科カリキュラム

(1) 「温度」と関係する小学校理科の単元

鍵教材「温度」が扱われている小学校理科の単元とその関連を図7に示す。

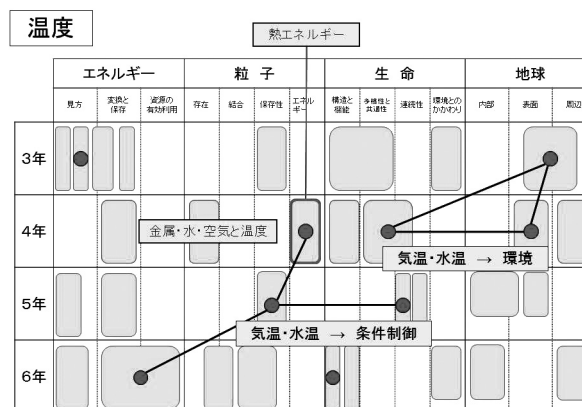


図7 「温度」に注目したカリキュラム・マップ

温度は、皮膚感覚として実感できるだけでなく、温度計を用いて測定可能であり、天気予報における気温や自分の体温として、日常生活で触れることが多い物理量である。温度についての正式な定義は高等学校の

学習内容になるが、小学校では4領域すべてで温度が扱われていた。扱われる事象としては、3年が日光（の輻射）による温度上昇、4年と5年が加熱による温度上昇、6年が電流による発熱による温度上昇であり、4年の水の状態変化についての学習では、冷却による温度降下も扱われる。また、5年の「もののとけ方」と「植物の発芽」の学習では、温度が条件制御の対象になっている。しかし、温度を一定に保つ操作は容易ではないので、小学校では湯せん等を用いた簡易な方法がよく用いられる。3年や4年の気象に関する学習と生物のくらしに関する学習では、環境の状態を示す指標として気温や水温の測定が行われる。最初は身の回りの環境が対象になっているが、6年「私たちの環境」の学習では、地域レベルでの温度について触れられることがあり、中学校・高等学校において地球、惑星、宇宙レベルでの温度についての学習に発展するようつながりが期待される。

「温度」に関連した学習内容のネットワークでは、4年の「金属・水・空気と温度」がハブになるであろう。小学校理科において「粒子のエネルギー」に該当するのはこの単元のみであり、粒子と熱運動、粒子と三態変化の基礎になる学習を含んでいる。また、温度変化（あたたまり方）と加熱による体積変化の観点から、金属（固体）、水（液体）、空気（気体）を比較するため、物質や状態の違いで「比較する」というアプローチが他の学習に結び付くと考えられる。

(2) 「温度」による小・中の内容のリンク

図8は、「温度」が関係した小・中学校理科の単元の関連性を示すもので、「熱エネルギー」に学習内容が集約されるつながりは、図6の「光エネルギー」に集約する構造とよく似ている。領域ごとにみると、エネルギー:「光」「電流」、粒子:「加熱操作」「化学変化」、生命:「気温と環境」、地球:「日光」「気温」等の事象で系統性を具体化することができた。また、小学3年は「暖まり方」、小学4年は「気温」で領域の間のつながりがあり、「発熱」を鍵にすると、図7で説明したように、「光」「日光」「電流」「化学変化」等の内容が関連することがわかる。

図8は「温度」を視点とした関連性を示すものであるが、「熱」という用語に注目すると、小学4年の「水の三態変化」の学習から「熱する」という表現が用いられ、小学6年の「電気の利用」では電熱線に電流を流すと「発熱する」ことを学び、中学1年では「物質の状態変化」に関連して、粒子モデルを用いて熱と温度の関係が説明されている。中学2年では「電流」の学習で、「物体の温度を変化させる原因になるもの」が「熱」と定義され、「熱量」という用語も登場する。つまり、温度と熱は関連付けて扱う必要のある鍵教材

であり、小学校における「温度の変化」「暖める・冷やす」という表現から、中学校の「熱の出入り」「熱エネルギー」という考え方に結び付けるための教材化や学習デザインが必要になることがわかる。

	エネルギー				粒子				生命				地球			
	見方	実態と保存	資源の有効利用	存在	結合	保存性	エネルギー	構造と機能	多様性と共通性	連続性	環境のかかわり	内部	表面	周辺		
小3	●	●	●											●		
小4														●		
小5														●		
小6														●		
中1														●		
中2														●		
中3														●		

図8 「温度」と小・中学校の理科カリキュラム

(3) 「温度計」による内容のリンク

教具では、温度計が小・中学校の合計16単元で扱われていた（図9）。扱われている単元は、図8とほぼ重なるため、温度計を用いて測定するという操作が、学習内容の関連を連想させるような役割を果たす可能性がある。また、測定して記録した数値データ（温度）を表やグラフで表す操作も内容を越えて共通するであろう。教具としては一般的なアルコール温度計だけでなく、示温テープ、サーモインク、デジタル温度計、放射温度計、記録（自記）温度計、データロガーなどが用いられこともあるので、使用目的や実験方法から観察実験の内容を分類したり、関連付けたりすることもできる。

	エネルギー				粒子				生命				地球			
	見方	実態と保存	資源の有効利用	存在	結合	保存性	エネルギー	構造と機能	多様性と共通性	連続性	環境のかかわり	内部	表面	周辺		
小3	●	●	●											●		
小4														●		
小5														●		
小6														●		
中1														●		
中2														●		
中3														●		

図9 「温度計」と小・中学校の理科カリキュラム

4. 「測定」スキルと理科カリキュラム

教具と理科カリキュラムの関係について分析するために、「測定」に関連した教具を抽出し、カリキュラム・

マップにまとめた。図10は、「測定する」操作が行われる単元に丸印をつけて、測定に用いる教具が共通する部分を枠で囲んでいる。温度計については図9でまとめているので枠で囲んでいない。A社の教科書では、栽培・飼育や継続観察等との関係で小学3・4年において長さ（大きさ）や温度を測定する機会が多く、条件設定のための測定と結果の測定があることがわかった。また、図8や図9で示したように複数の学年で温度の測定が行われるが、電流、体積、質量、方位の測定も各概念の系統性に結び付く鍵になることがわかる。さらに中学校段階では、エネルギー概念に関連して「力」の測定が行われる。「測定」には対象に応じた器具が必要になるため、「ばねばかり」「てんびん」「メスシリンダー」「検流計・電流計・電圧計」「ものさし」「方位磁石」などが内容を関連付ける鍵教材になると考えられる（図10）。しかし、測定スキルの習熟や向上につながるような取り扱いは少ないこと、目的・対象に応じた測定方法の適切性の検討が十分に行われていないことが課題にあげられる。

- 4) カリキュラム・デザインや教材配列について評価することが可能になる。
- 5) 「光電池」「温度計」などの教具、「測定する」等のスキルでカリキュラムのネットワークを具体化することもできる。

鍵教材については「教育内容の関連を導く教材・教具」と定義したが、「水」「光・日光」「温度」等は教科書に繰り返し登場する教材として抽出したものであるため、それらが定義に該当することを示す必要があった。そこで、「水」「光・日光」「温度」等についてのカリキュラム・マップを作成し、異なる単元の内容の結び付きを図示した結果、1) に記述したように基本概念の枠を越えたネットワーク状のリンクを提示することができたことより、「水」「光・日光」「温度」等が鍵教材として適当であることを示すことができた。しかし、鍵教材を「科学的な概念形成に結び付く教材」とも定義しているため、「水」「光・日光」「温度」等に注目したネットワーク状の有機的な関連付けが概念形成を促進することを検証する必要がある。関連性を示すつながりが有機的になることで、ある学習事項の位置づけや意味づけについての理解が深まり、事柄の理解から概念形成に発展することが期待される。

2) で示したように、鍵教材に注目して異なる単元の内容についての関連付けを吟味すると、結び付ける線の説明をすることによって、テーマ、視点、要素等が具体的になる。また、3) で示したように、関連付ける線が数多くつながった単元は、リンクの要となるハブに位置つけることが可能である。つまり、関係性の図式化とその説明は、カリキュラム・デザイン、単元計画、授業計画の指針になり、それらの重点を明確にすることになる。西本（2015）は、キー概念（鍵概念に相当）を選択して、それらを有機的に結びつけるような単元構造図を作成し、それを生かした教材の選定や開発を提案している。本研究は、西本（2015）の単元構造図を小学校および中学校の理科カリキュラム全体に広げたものに相当し、マップ中の関連性をよく吟味した結果が単元や授業に反映されることを期待している。

本研究で示したカリキュラム・マップは、学習内容の間の関連性の一例を示すものであり、ネットワークを示す線のつなぎ方や広がり方は、限定されることはない。学習内容や教材から関連付けるための観点を導き出すことで、様々なカリキュラム・マップがつくられるであろう。そこで大切なのは、その関連性についてよく吟味し、児童生徒の学習につながるものを見出すことではないかと考えられる。鍵教材の定義として「科学的な思考を導く教材」を掲げたが、学習内容の

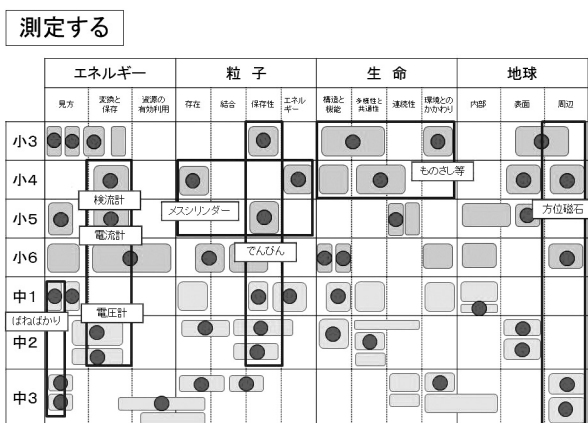


図10 「測定」スキルと小・中学校の理科カリキュラム

IV. おわりに

鍵教材として抽出した「水」「光・日光」「温度」を例にして、異なる単元の内容を関連付けるカリキュラム・マップを作成した。その結果、鍵教材による内容のリンクについて次のような知見を得ることができた。

- 1) 鍵教材を用いると「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の4つの領域を越えた学習内容の有機的なリンクを導ける。
- 2) 鍵教材で内容を結び付けることによって、学習内容をリンクするときのテーマ、視点、要素が具体的になる。
- 3) 異なる単元の内容を結び付けるときのハブ（中核）となる単元や内容を明らかにすることができる。

リンクが、帰納・演繹のデータや根拠になったり、科学的な思考力の向上につながったりすることに寄与しているかという観点で、本研究で取り上げた鍵教材とカリキュラム・マップを検討する必要がある。このような検討は、4) で示したように、カリキュラム・デザインや教材配列の評価に該当する。

本研究では、現行の教科書を材料として鍵教材を抽出した。すなわち、鍵教材に注目したカリキュラム・マップは、すでに設置されているカリキュラムがその原型になっている。したがって、現在のカリキュラムであまり取り上げられていない教材を鍵教材として抽出することは難しい。例えば、1970年代に基本的な科学概念として取り上げられていた「つりあい(平衡)」や「時間・空間」は、現在の4つの領域を越えた関連性を導くのではないかと考えられる。また、5) で取り上げた「測定する」のように、科学的な方法に関連したプロセス・スキルに注目して理科カリキュラムの関連性を検討する必要がある。今後の課題として、鍵教材やプロセス・スキルに注目したカリキュラム・マップを作成することで、これからの理科カリキュラムのフレームワークやシークエンスを提案し、それらを学習構想における文脈の設定に反映させるための方策を検討したい。

付 記

本研究は、科学研究費助成事業「鍵教材とプロセス・スキルを接点にした理科カリキュラム・マップの作成」(課題番号 26350238) の助成を受けて実施した。

文 献

- 福山隆雄, 作野達哉, 渡邊重義 (2010) エネルギーを主軸とした理科学習カリキュラムの系統化—光電池を用いて—, 愛媛大学教育学部紀要, 第57巻, 101-112.
- 栗田一良 (1976) 理科の内容精選の視点, 現代教育科学, 227, 66-72.
- 文部科学省 (2008) 小学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 14-17.
- 文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領解説理科編, 大日本図書, 12-15.
- 文部省 (1970) 中学校指導書理科編, 大日本図書, 224-227.
- 西本保宏 (2015) 単元をどのようにデザインするか—教材開発とストーリーづくりの楽しさを通して—, 理科の教育, Vol.64, No.5, 28-30.
- 渡邊重義 (2015) 鍵教材とプロセス・スキルによる小・中学校理科カリキュラムの構造化, 日本科学教育学会研究会研究報告, Vol.30, No.2, 67-70.