

理科の授業分析によるカリキュラム・マネジメント要素の抽出 2

渡 邊 重 義*

Identification of the factors influencing curriculum management by analysis of science lessons 2

Shigeyoshi WATANABE

I. はじめに

カリキュラム・マネジメントの充実とは、次期教育課程の重点課題の一つであり、教科横断的な学習で学習の基盤となる資質・能力の育成を図り、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けて、単元や題材等のまとまりを見通して授業改善を行うことが求められている（文部科学省 2017）。つまり、カリキュラム・マネジメントには教師によるカリキュラムの構造化と、それを実現させるための授業デザインと実践の二つの側面がある。カリキュラムの実効性を高めるためには、学習内容の関連性、学習内容の配列、学習のシーケンス等に関係する授業要素を明らかにする必要がある。そこで前報（渡邊 2018）において、小学校および中学校の理科授業実践をカリキュラムとの関連性で分析し、カリキュラム・マネジメントに関連する要素を抽出した。その結果、①単元導入における試行錯誤的な活動、②学習した数値計算を利用した仮説の設定と説明、③仮説、実験計画、結果の予想の説明、④作成したモデルを利用した思考活動の4観点を抽出することができた。

本研究では、前報と同様に小・中学校の授業実践の分析からカリキュラム・マネジメントの要素を抽出することを行い、さらに抽出された要素の整理と分析を行う。

II. 調査方法

本研究では、2018～2019年度に実施された小学校理科授業3件と中学校理科授業1件を対象として、以下のような手順で授業分析を行った。

- 1) 対象の授業を観察し、画像や映像を記録した。
- 2) 授業前後に授業者と質疑応答を行い、授業計画、指導支援の意図や学習者の実態についての考えを聞いた。

3) 授業者が作成した学習指導案を分析して、単元構想や授業展開を授業実践の結果と照らし合わせた。

4) 授業記録等を利用して、理科カリキュラムに関連した授業要素を抽出した。

5) 小・中学校理科カリキュラムに照らし合わせて、抽出した授業要素を分析した。

授業要素の抽出と分析では、理科カリキュラムにおける授業の連続性を調査した結果（渡邊ら 2009）を参考にして、視点として、a. 児童生徒の気づきや疑問、b. 使用された用語・表現、c. 仮説・予想の思考パターン、d. 知識やスキルの活用、e. 学習展開に注目した。また、現行の学習内容の取扱いや学習配列については、主にD社の小・中学校の理科教科書を参考資料に用いた。

III. 結果と考察

1. 知識・技術や考え方を実験計画に反映させる活用

■分析対象の授業

小学5年「ものの溶け方」

熊本大学教育学部附属小学校（2019年2月8日実施）

■授業の概要

分析対象の授業は、単元名「探れ！とけているものは何だろう」（全12時間）の10時間目の位置づけで実施されたものであり、児童は3種類（ミョウバン、チョークの粉、食塩）が入った水溶液からそれぞれの物質を取り出す方法を考えて実験を行った。授業のポイントは、ミョウバン、チョークの粉（炭酸カルシウム）、食塩の溶け方や水温による違いを調べた前時までの結果を活用して各物質を取り出す手順を考えること、対話的な学びを通して方法を練り上げること、実験の結果から立案した方法を見直すことであった。授業の最初に行った話し合いの段階において、児童たちは、①3種類の粉末が入った

* 熊本大学大学院教育学研究科

水を加熱して溶けないチョークの粉をろ過して取り出す、②ろ液を氷水で冷やしてミョウバンを析出させる、③再びろ過してミョウバンを取り出す、④ろ液を蒸発させて食塩を取り出す、という手順を考えることができていた（図 1）。しかし、②の手順において、ミョウバンの水溶液を冷やしたときにビーカーの下方に結晶が出てくることが、水溶液の表面に膜状のものができたことから、新たな疑問が生まれ、そのことも確かめるために 3 種類の粉を取り出す実験を行った（図 2）。

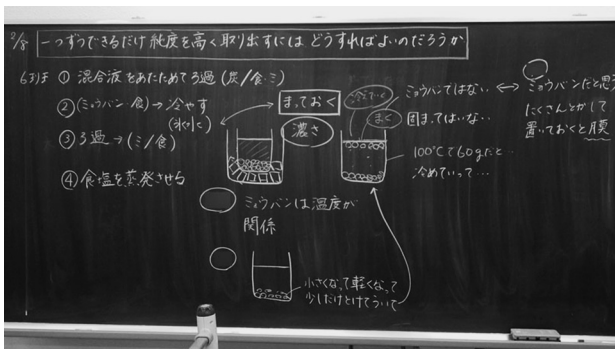


図 1 話し合い後の板書

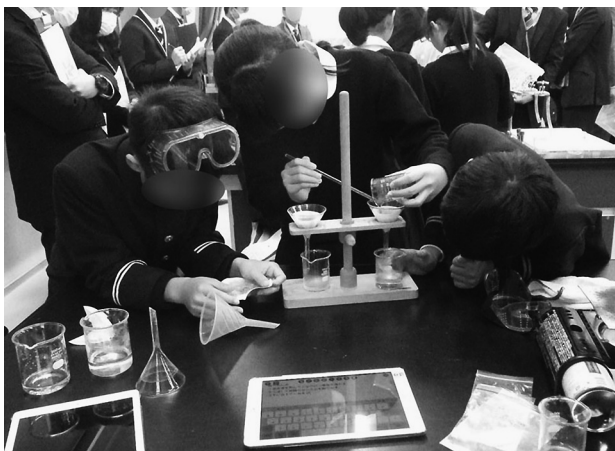


図 2 ろ過によってチョークの粉を取り出す実験

■授業分析

本授業実践から導かれる一つ目のカリキュラム・マネジメント要素は、活用の方法である。小学校学習指導要領解説理科編（2017）では、「実験の結果から得られた性質や働き，規則性などを活用したものづくりを充実させる（p.19）」「『見方・考え方』の習得・活用・探究（p.91）」あるいは情報活用能力，資料・機器・施設等の活用と記載されている。活用の方法を整理すると，a) 新たに出会った事象の説明に既知の用語や考え方を活用する，b) 知識や考え方を統合してモデル等の作成に活用する，c) 知識・技術や考え方を探究方法（実験方法）の立案

に活用する，d) 知識・技術や考え方をものづくりに活用する等に分けられる。本授業は，c) に該当する活用を含んでいる。a) の活用は，単元の最終段階で適切な課題（事象）を提示する方法なので，カリキュラムの中で繰り返し実施できる。d) の活用もエネルギー領域のものづくりが関連した単元で何度も実施することが可能であり，その累積効果で活用するためのスキルを向上させることが期待できる。それに対して，b) と c) は，教材の特性，学習内容の配列，必要とする時数の影響で，年間に何回も実施するのは難しいかも知れない。したがって，年間カリキュラムを構想する中で，b) や c) の活用を行う重点単元を決定するのが望ましい。

本時の授業は，実験方法の立案に知識・技術の活用を反映させるものであるが，そのためには単元の導入で全体の課題を提示し，それを解決するという文脈の中で小単元の学習を行い，最後に課題解決に取り組むという単元構想が重要になる。「もののとけ方」の単元の展開としては，「ものが溶ける様子の観察」→「水溶液の重さ」→「水に溶けるものの量」→「水温ともののとける量の関係」→「溶けたものの取り出し方」のように段階的な学習の配列が行われ，質量，温度，溶解度と観点が移り変わるのが一般的である。今回の実践のように，単元全体が問題解決になっている展開は，活用を重視すると頻繁に用いられる可能性がある。児童が学習展開に馴染むためには，意図的にこのような単元構想を年間カリキュラムの中で配置していく必要があると考えられる。

3 種類の物質を取り出す過程では，実験用ガスコンロを用いた加熱操作が繰り返し行われた。近年，小学校においてはアルコールランプやガスバーナーを利用した加熱操作は減少し，実験用ガスコンロの使用が一般的になっている。実験用ガスコンロは，他の 2 つの加熱機器に比べると操作は容易であるが，ガスボンベの取り付け，火力の調整，加熱中や直後に金具等に触れないことなどの注意点があり，取扱いに慣れておくことが児童の主体的な探究活動において重要になる。加熱器具を扱うのは，小学校理科において小学 4 年「金属，水，空気と温度」と小学 5 年「物の溶け方」の 2 単元のみであり（図 3），各単元内では加熱操作を行う機会が複数回あるが，小学校理科カリキュラム全体でみると限定されている。中学 1 年になると，「有機物・無機物」「プラスチック」「状態変化」「蒸留」「溶解度・再結晶」等の学習で加熱器具を使用することが増えるので，教師は学習者の加熱器具を使用した経験を考慮して，学習計画や指導支援を考える必要がある。

	エネルギー			粒 子			生 命				地球			
	見方	実態と 保存	資源の 数値利用	存在	結合	保存性	エネルギー 準位	構造と 機能	多様性と 応答性	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3 温度（●）と加熱操作（太枠）が関連する小・中学校理科の単元（平成20年小・中学校学習指導要領対応）

2. 知識の表象の順序

■分析対象の授業

小学3年「太陽と地面の様子」

熊本市立A小学校（2019年10月17日実施）

■授業の概要

天体に関する学習は、経時的な観察が必要なこと、天気によって観察できない場合があること、空間認識が難しいことなど、授業実践の障害になる要素が多い。分析対象の授業は、時間を変えて観察した棒の影の向きの記録を分析して、太陽の動きを考える段階であり、自分たちで記録した結果の分析における対話的な学びと、懐中電灯を用いた太陽の動きの再現がポイントになっていた。

児童は、教師が電子黒板に提示した画像（図4）を見て、単元の最初に実施した影踏み遊び、太陽の位置と自分の影の向きの関係などを振り返った。次に日常経験から太陽の動きについて予想したことを確認し、前時に行った棒の影の記録を用いて、実際の太陽の動きについてグループで話し合った。話し



図4 電子黒板の画像を用いた学習の振り返り

合いに用いた観察結果のデータは、午前9時、12時、午後3時の棒の影をなぞって画用紙に書き写した記録用紙と、各時間の影をタブレット端末で撮影した画像であった。児童は話し合った結果を各自のワークシートの表にまとめ、数名の児童の結果が教師によって紹介された。そして、結果のまとめが適切かどうかを検証するために、記録用紙の上に棒を立てて、懐中電灯の光を当てて、記録の影と重なるときの懐中電灯の位置を調べた（図5）。さらに午前9時、12時、午後3時のときの懐中電灯の位置の変化から、太陽の動きを考えた。授業の最後には、太陽の連続的な動きを示す映像教材を視聴して動き方を確認した。



図5 懐中電灯を用いた棒の影の再現

■授業分析

分析対象とした授業は、前時までに影踏み遊びや遮光板を用いた具象的かつ体験的な活動と経時的な棒の影の観察を振り返り、それらの結果を読み解いて、言語で太陽の動きを表現させようとするものであった。このような教材・活動の配列は、スパイラル・カリキュラムの基本的なシーケンスである活動的（行動的）→映像的→記号的表象（森本 1993）に準じたものと見なされる。影踏み遊びや遮光板を用いた太陽の観察（図4）が活動的表象、棒の影の記録／懐中電灯を用いた影の再現／映像教材の視聴が映像的表象、結果の表現が記号的表象に相当する。この展開は、具象から抽象へという認識の自然な展開に合致するもので、他の単元における教材・活動の配列にも転用可能である。

本授業実践における児童の表象に注目すると、活動的表象や映像的表象から、結果を言語で表現する記号的表象へと移行する段階に課題が認められた。小学3年生という学年段階も影響していると推測されるが、光源－物体－影の位置関係や方位等の空

間認識、太陽や月の動きの表現の困難さという天体教材に特有の問題の影響が大きいと考えられる。映像的表象は、記録用紙に記された3本の影だけでなく、タブレット端末に記録された影の画像もあって、その画像をスワイプすると、時間経過に伴う影の方向と長さの違いを見ることができた。懐中電灯を使った影の再現は、懐中電灯をもつ児童が自分で位置を調整したり動かしたりするときの視点と、その様子を別の角度から見るときの視点を体験することができた（図5）。映像教材を用いると電子黒板上に再現された連続的な動きを確認することができる。しかし、平面上の動きになるために、実際の太陽の動きや懐中電灯を使った実験と対応させるのが難しかった可能性もある。本授業では映像的表象が豊かであったにも関わらず、それらが記号的表象に結び付きにくかったようであり、天体の動きの提示や表現は、他の天文教材および空間認識や動きの表現が関連した教材に共通する課題であることが再認識された。和田・森本（2010）は、活動的、映像的および記号的表象を相互変換させながら、その機能を向上させることによって科学概念が構築されるとして、技能、イメージ、命題などの知識要素を相互に関連付けながら構造化される表象ネットワークの形成によって表象の変換過程が成熟されると主張している。本授業に当てはめると、実際の影の観察結果の読み解きと懐中電灯を用いた検証実験が上手く結び付けば、記号的表象の内容が充実する方向で変化する可能性がある。

天体単元のつながりで見ると、小学4年「月の形と動き」では、月の位置の観察は平面的に記録され、各方位の記録を同一平面にまとめることで月の動きを表現している。小学3年「太陽と地面の様子」では、太陽の動きを地面に投影した影から推論する。棒の影は時間経過に伴って円を描くように移動するので、太陽－棒－影の関係が分かると太陽の立体的な動きがイメージされる。しかし、本授業で行ったような懐中電灯を用いたモデル実験は小学4年「月の形と動き」で実施することは難しい。小学6年「月と太陽」では、小学4年「月の形と動き」のように月と太陽の位置は平面的に記録されるが、電球とボールを用いたモデル実験によって月の満ち欠けを検証するアプローチは立体的な天体の動き（月の公転）を提示するため、本授業のモデル実験と似た取り扱いになると言える。このように映像的表象に関する類似点と相違点に注目すると、天体の位置やその変化の記録と表現の工夫という指導支援の課題が浮き彫りになり、カリキュラム全体を通して天体の動きを理解させるための観点が明瞭になる。

今回の授業実践では、児童のワークシートの記載内容や発話から方位に関する児童の認識に個人差が大きいことが示唆された。四方位の中間の位置の表現などにも工夫が必要ことがわかった。小学3年の社会科では、自分たちの住んでいる地域を観察、調査した結果を地図にまとめる中で方位も扱われる。したがって、方位という観点による教科間の連携が導かれるが、通常の地図は北が上（正面）になるのに対して、太陽や月の動きを表記するときは南が上（正面）になるという違いがあることに配慮しなければならない。

3. 異なる実験結果から始まる問題解決

■分析対象の授業

小学4年「電気の働き」

熊本市立B小学校（2019年7月4日実施）

■授業の概要

分析対象の授業では、乾電池のつなぎ方を変えるとモーターの回転する向きが逆になることを確かめる目的で、実験キットを組み立ててプロペラを飛ばす実験を行った。教師は導入において児童のワークシートの記録を電子黒板に提示して、乾電池と豆電球の接続や回路という用語を確認した。次に乾電池とモーターを接続した実験キットで回転したプロペラが飛ぶ様子を見せて児童の意欲を高めた。児童は各自で実験キットを組み立ててプロペラを飛ばす実験を行ったが、上手く飛ばすことができた児童と飛ばない児童がいた。そこで、教師は「プロペラが飛ばなかったのはなぜか？」という発問をして、児童に予想をさせた（図6）。プロペラが飛ばなかった原因について複数の考えが提示されたが、教師がそれらの考えを整理して、児童は「乾電池の向きが違うのではないか」という予想を確かめるために再び

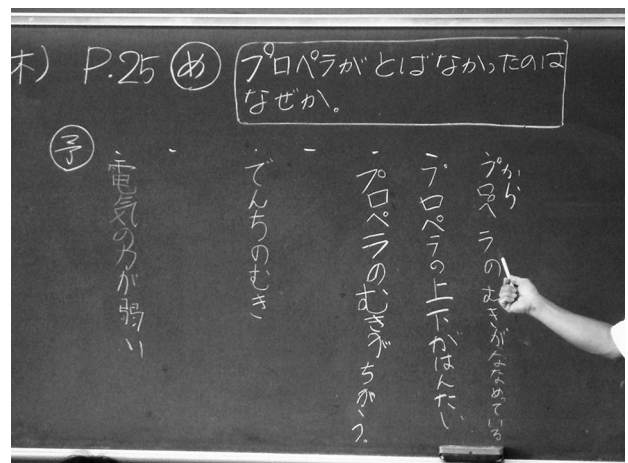


図6 プロペラが飛ばなかった理由についての児童の予想

プロペラを飛ばす実験を行った。プロペラの回転が速くて肉眼では確認が難しいので、タブレット端末で実験の様子を撮影して、その映像をスロー再生することで回転の向きを確かめた。回路のスイッチを入れる操作と動画の撮影は一人では行えないので、この実験は二人組で行った（図7）。最後に撮影した動画をクラス全体で見て、電池の向きとプロペラの回転の向きに関係があることを確認した。



図7 二人組で実験操作と結果を記録する様子

■授業分析

本授業における児童の課題は、「モーターで回転させてプロペラを飛ばす」である。実験キットを組み立てて実施した最初の試行では、教師が電池の向きなど詳しい説明をしなかったため、上手く飛ばせた児童と飛ばせなかった児童が出てきた。そして、この異なる結果が児童の問題意識になって、主体的な問題解決を導くことになった。異なる結果から始まる問題解決は学習の中で偶発的に始まる場合もあるが、本授業では教師が意図的に異なる結果が生まれる状況をつくった。前報（渡邊 2018）において、単元導入における試行錯誤的な活動をカリキュラム・マネジメントの要素として抽出したが、本授業のアプローチは児童の活動から問題解決が始まる点と、不完全さや不十分さの認識から吟味の必要性を実感する点において類似している。その一方で、試行錯誤的なアプローチでは不完全さや不十分さの内容や程度に個人差が生じやすいが、本授業のアプローチでは不確かな部分の要因を焦点化しやすいという違いがある。

本授業と同様のアプローチは、観察実験における児童の自由度を制御することで、他の単位でも取り入れることができるであろう。また、異なる実験結果について検証するような学習展開は、実験が比較的短時間でできて、繰り返し試行できる教材で実

施しやすいと考えられる。例えば、小学5年「物の溶け方」で、児童が自由に溶かす物質を準備した場合、「溶ける／溶けない」という違いが生まれ、溶解性や溶解度に注目した問題解決が導かれるかも知れない。また、小学6年「燃焼の仕組み」では、火のついたろうそくを閉じ込める容器に空ける穴の数と位置を工夫させることで、火が「消える／消えない」という違いが生まれ、各実験の方法を比較して違いの原因についての仮説を立てて、検証実験を行うことができる。このような二段階型の問題解決は、その視点と方法が比較的に理解されやすいと考えられるため、学習者の自由度がより高くなる試行錯誤的な展開よりも先に実施すると、学習者の思考が整理されやすくなるかも知れない。

電気関係の単元では、電源、導線、抵抗をつないで回路を作成する。また、小学校理科では、「風やゴムの働き」「電気の働き（乾電池の直列・並列／光電池）」「電流の働き（電磁石）」などの単元で実験キットを使ったものづくりと実験がセットになって実施されることも多い。これらの実験は、説明書、写真、図を見て、回路やキットを組み立てることから始まる。回路については小学4年で回路図が提示され、実物の回路と対比できることが求められる。ところが、児童たちは実物と写真の教具の種類、大きさ、向き、位置などが少し変わると対比できなくなったり、簡略化された回路図を基に実物を組み立てることができなかつたりすることも多い。そこで、本授業では、実際に組み立てて完成したキットの写真タブレット端末で見られるようにして、完成品と並べて作成できるようにした（図8）。最終的には回路図を理解して実際の回路の組み立てられることが目標になるが、ものづくりや実験操作が未熟な場合は、このような手立てが有効ではないかと考え



図8 タブレットに提示した完成図を見ながら実験キットを作成する様子

られる。実験操作が複雑な場合や安全面の配慮が必要な場合なども、手元のタブレット端末で画像や動画を見られるようにしておく、実験操作の失敗が減少するであろう。

4. 知識・考え方の活用とモデル化の表現

■分析対象の授業

中学3年「生命の連続性」

天草市立C中学校（2018年10月26日実施）

■授業の概要

分析対象の授業は、「生命の連続性」（全14時間）の12時間目であり、生徒たちは有性生殖、減数分裂、メンデルの遺伝の法則等についての学習で得た知識や考え方を生かして、尾びれが鮎尾の金魚の両親から鮎尾と三尾の子が生まれた理由について考え、図やモデルで説明した。導入で課題（図9）を確認したあと、生徒たちはグループ内で自分の考えを説明し合い、発表の準備を行った。話し合いと発表にはミニホワイトボードを用いた。ミニホワイトボードには、前時までに各グループが考えた理由（モデル）を記入していた。発表は、ミニホワイトボードの内容を実物投影機でモニターに提示する方式で、各グループが順番に行った。授業の最後に、教師がそれぞれの発表に対してコメントして、金魚の尾びれの遺伝についてまとめた。

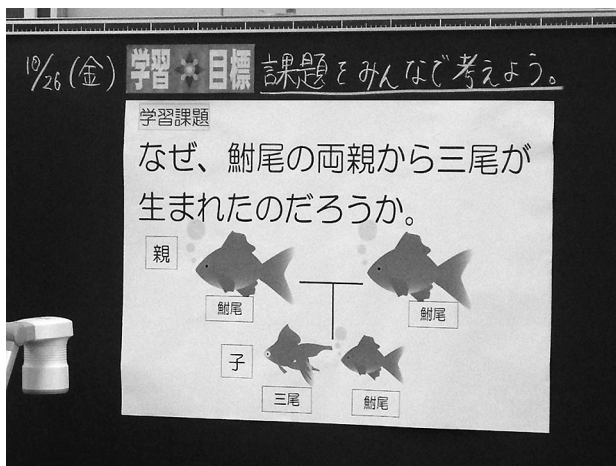


図9 金魚の尾びれの遺伝に関する本時の課題

■授業分析

本授業の学習の特徴は、提示した事例について、学習した知識や考え方をを用いて適切に説明できるかどうかを問う展開を用いていることであり、「活用」が学習の鍵になっている。単元の最終段階において、具体的な事例を提示して知識や考え方の活用を求めるような展開は、知識・考え方を自らの説明の中で再構築させようとするもので、次期教育課程で重視

されている「理科の見方・考え方」（文部科学省2017）を働かせる学びに相当する。本授業では、中学校で飼育している金魚で観察された事例を用いたため、生徒にとっては身近な出来事が遺伝の学習に結び付くという効果があったかも知れない。このような展開は、他の単元でも実施可能であり、「活用」を鍵にしたカリキュラム・デザインが可能になるが、具体的な事例の中には複雑な要因が関係するものもあるため、教材研究を通して知識や考え方が適切かつわかりやすく活用できる事例かどうかをよく吟味する必要がある。

中学校段階での遺伝の学習は、細胞、染色体、減数分裂、遺伝子について理解し、それらの知識に基づいて親子の表現型の違いを遺伝の規則性として理解するという展開になっている。遺伝の規則性が現在のように確立される過程において、遺伝の単位としてジェンミュール（ダーウィン）、パンゲン（ドブリース）、ピオフォア（ヴァイスマン）等の粒子が仮説として提唱された（沼田 1960）。メンデルの考え方も粒子説として紹介されている（W・ジョージ 1991）。しかし、細胞レベルでの遺伝の規則性が解明されていない時代の科学者たちが行ったように、表現型からの遺伝の規則性を類推することを生徒に求めるのは難しい。遺伝の規則性に関わる基本的な要素を粒子として捉える考え方は、「水溶液」や「化学変化」の学習において物質を粒子として捉える見方と類似する。また、原子・分子や遺伝子は、中学校の観察実験において直接観察し、その存在を実証することが困難であるため、最初に原子・分子や遺伝子の知識を得て、次にそれらの知識を利用して観察できた事象を説明し、その妥当性を吟味するという学習展開になることが多い。そのため、本授業のように、モデルの図や表を用いて考えを説明するような生徒の表現活動が増える。小・中学校の「生命」領域では、具体的な事物の観察実験を通して学ぶ教材が多く、このような学習のアプローチをとることは少ない。したがって、「粒子」領域における粒子的な見方を用いた説明と関連づけて、知識・考え方の活用や説明のスキルを向上させることが必要になる。

本授業において生徒たちは、金魚の尾びれの遺伝について、A.細胞、染色体、遺伝子を図で示すモデル、B.細胞中の遺伝子を記号で表すモデル、C.個体の表現型の絵と遺伝子をピンポン玉で表すモデル、D.染色体（遺伝子）をセロハンで表すモデル、E.個体の表現型の絵と染色体、遺伝子の図の組み合わせで表すモデルを使って説明した（図10）。AとBのモデルは、教科書に記載されているモデルに近く、

親の一世代前の遺伝子型から考えている点が共通している。AとBの違いは、遺伝子の表現が図か記号かということだけでなく、Bのモデルでは配偶子が表現され、減数分裂や配偶子の組み合わせが具体的に表されている点がAとは異なっている。CとEは個体の表現型が図で示されているので、遺伝子型の違いと表現型の関係がわかりやすいという特徴があった。Eの発表ではミニホワイトボードが2枚用いられ、1枚目と2枚目を物語としてつなぐように説明していた。Dは、前の学習で花色の遺伝を説明するときに用いたモデルを流用したものである。このように説明のモデルが多様化した場合、その適切性を吟味するための交流活動や、モデルの修正のための時間が重要になるであろう。モデルや説明の多様化を単に豊かな表現として片付けず、そのモデルの特長を評価して、適切性を比べ合うことが肝要である。前報（渡邊 2018）では食物網の立体モデル作成を例にあげて、学習者が作成したモデルの活用と理科カリキュラムの関係を指摘したが、事象のしくみや関係性をわかりやすく表現するモデル化では、モデルの種類の選択、モデルの表記方法、関係性の表現の方法などの違いから差異が生じやすいと考えられる。したがって、モデルの練り上げという観点で、単元間や教材間のつながりを具体化することが求められるであろう。

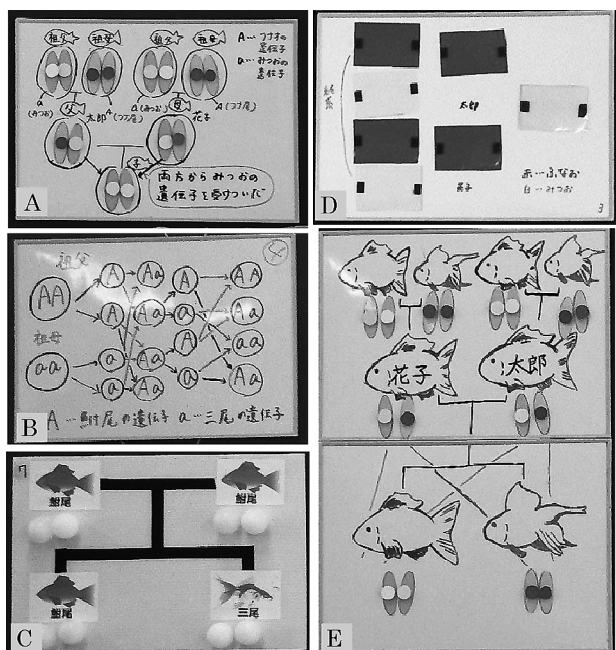


図10 金魚の尾びれの遺伝を説明するとき用いたミニホワイトボードの記載内容

IV. おわりに

本研究では、カリキュラム・マネジメントに関わる授業要素として、①知識・技術や考え方を実験計画に反映させる活用、②知識の表象の順序、③異なる実験結果から始まる問題解決、④知識・考え方の活用とモデル化の表現という4観点を抽出することができた。また、授業実践で確認された加熱器具と操作、方位についての認識、回路や実験キットの作成等と理科カリキュラムとの関連性について言及した。前報（渡邊 2018）で抽出した4観点と合せて、抽出した要素を整理すると、以下のようにまとめられる。

a. 単元計画と授業展開の構造

小学5年「ものの溶け方」の事例や前報における小学4年「とじこめた空気と水」の事例は、単元全体を通した課題を解決するために、各時間の学習を行うような構成になっていた。このような展開では、各時間の学習の目的が明確になり、学習で得た知識・考え方が最後の課題解決において活用されることになる。中学3年「生命の連続性」の事例でも活用のための課題が提示されているが、単元の最終段階で提示される点が異なっている。授業展開については、異なる結果が生じる実験からの問題解決（小学4年「電気の働き」の事例）が先行し、次いで試行錯誤的な活動から始まる問題解決（小学4年「とじこめた空気と水」の事例）が行われる方が、学習者にとって受け入れやすいと考えられる。単元計画や授業展開の構造は、学び方の学びにつながるため、そのつながりや配列をカリキュラム・デザインに反映させる必要がある。

b. 教材配列

小学3年「太陽と地面の様子」では、活動的表象→映像的表象→記号的表象という教材と観察実験の表現方法についての基本を改めて問う事例になった。理科学習が始まる小学3年という学年段階では、活動的表象や映像的表象が重視される。そして、その2つの表象が記号的表象に結び付く過程に困難が生じていた。ところが、小学4年の「粒子」領域関連の学習では、仮説・予想や実験結果を言語だけでなく、抽象化した図等で表すことがあり、上記の表象の順序に沿った学びとは異なる教材配列が生じることもある。和田・森本（2010）が指摘する表象ネットワークに注目して、学年段階や教材の特質に応じた3つの表象の相互変換を考えことも、カリキュラム・デザインの視座の一つになるであろう。

c. 知識・技能・考え方の活用

次期教育課程においては、習得、活用、探究とい

う学びの過程（文部科学省 2017）が提示されている。つまり、活用の前には習得する学びが必要になる。したがって、活用を重視した理科学習では、知識・技能・考え方の習得と活用のつながりをカリキュラムとして具体化することが単元計画や授業構想の指標となるであろう。また、小学 5 年「ものの溶け方」の事例で指摘したように、活用の種類や方法によってカリキュラム上の位置づけや取り扱いに違いが生じることが考えられるため、どのような事例（課題）に対して何をどのように活用するのかを具体化して、授業構想の視点を明らかにするとともに、学びの繰り返しや関連づけによる効果を意図したカリキュラム・デザインを行う必要がある。

d. モデルの考案（作成）と表現

理科において自分の考えを表現する場合、言語だけでなく、実物を表す図、事象の状態を表すモデル図、事象の変化を表すモデル図、事象の規則性や総括としてのモデル図が用いられることがある。平面的な図だけではなく、立体的なモデルとして表現されることもある（前報：中学 3 年「自然界のつながり」の事例）。学習者がモデルを考案する過程では、知識・技能・考え方の活用が必要になる。したがって、モデルの種類やモデル化の方法という視点から、単元の展開や単元間の教材のつながりを意識したカリキュラム・デザインや単元構想が求められる。また、モデルを利用した表現活動に注目すると、モデルは簡略化や抽象化されたものが多いため、言語で意味を解説する必要がある。したがって、言語活動の充実という視点でカリキュラムのつながりを考える視点も生まれる。

以上の a～d の観点のほかに、抽出した授業要素から問題解決のプロセスについての理解、教材教具、観察実験の技能などを共通の観点として提示できるが、カリキュラム・デザインにつげるための授業分析の事例が十分とは言えない。また、本研究で抽出した方位に関する児童の理解の問題は、空間認識等につながる重要な要素でもあり、個々の要素についてカリキュラム上の位置づけやつながりを吟味する

必要もある。授業分析の事例を増やして、そこで抽出された要素の類似点・相違点を分析し、カリキュラム・デザインに関わる授業要素の観点を明確にしていくことと、整理した観点を生かしたカリキュラム・デザイン案を提案することが今後の課題である。

付 記

本研究は、科学研究費助成事業「理科におけるボトムアップ型カリキュラム・デザインに関する研究」（課題番号 17K0137）の助成を受けて実施した。

文 献

- 文部科学省（2017）小学校学習指導要領解説理科編，大日本図書，19.94.
- 文部科学省（2017）中学校学習指導要領解説理科編，大日本図書，5.
- 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.
- 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.
- 文部科学省（2008）小学校学習指導要領解説社会編，東洋館出版社，21-28.
- 森本信也（1993）第 1 章 学習論の変遷，日本理科教育学会編，理科教育学講座 4，東洋館出版社，36-41.
- 沼田真編（1960）近代生物学史，他人書房，110-111.
- 渡邊重義（2018）理科授業分析によるカリキュラム・マネジメント要素の抽出，熊本大学教育学部紀要，67，233-238.
- 渡邊重義，青井倫子，平松義樹（2009）理科カリキュラムの連続性に注目した授業研究，愛媛大学教育学部紀要，56，181-190.
- 和田一郎，森本信也（2010）子どもの科学的概念構築における表象の変換過程の分析とその教授論的展開に関する研究—高等学校化学「化学反応と熱」の単元を事例に—，理科教育学研究，51（1），117-127.
- W・ジョージ（片岡勝訳）（1991）メンデルと遺伝，玉川出版部，103-104.