

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

渡 邊 重 義

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

Shigeyoshi Watanabe

(Received September 28, 2018)

The factors on curriculum management were identified by analyzing elementary and lower secondary science lessons related to the curriculum. As a result of analyzing four lessons, the following factors were obtained; 1. Trial and error activity in unit introduction. 2. Constructing and explanation of hypotheses using learned numerical calculation. 3. Explanation of hypotheses, investigation design and outcome prediction. 4. Thinking activities using the models created by learners.

Key words : curriculum management, lesson analysis, application, explanation, context

I. はじめに

次期教育課程の指針を示した中央教育審議会答申(平成28年12月21日)は、未来の創り手となるために必要な資質・能力を育むために「社会に開かれた教育課程の実現」を目指し、各学校におけるカリキュラム・マネジメントの確立を求めている。カリキュラム・マネジメントには、①各教科等の教育内容を相互の関係で捉え、学校教育目標を踏まえた教科横断的な視点で、その目標の達成に必要な教育の内容を組織的に配列していくこと、②教育内容の質の向上に向けて、子供たちの姿や地域の現状等に関する調査や各種データ等に基づき、教育課程を編成し、実施し、評価して改善を図る一連のPDCAサイクルを確立すること、③教育内容と、教育活動に必要な人的・物的資源等を、地域等の外部の資源も含めて活用しながら効果的に組み合わせること、という三つの側面がある。

資質・能力の育成のための「教育内容の組織的な配列」はカリキュラム・デザインであるが、実際の学習過程においてカリキュラムを意図した内容の関連づけがなければ意味をなさない。また、カリキュラム・マネジメントは教科横断的な視点をもつものではあるが、教科内においても学年や単元を越えた学習内容の有機的な関連づけや学習の連続性が求められる。カリキュラム・マネジメントは、構造化されたカリキュラム・デザインから始まる。しかし、そのカリキュラムに内包された目的は授業実践を通して実現されるため、学

習の諸要素がカリキュラムの実効性に関わる。したがって、内容の関連性、内容の配列、学習シーケンス等に関係する学習の諸要素を学習プロセスの分析を通して明らかにしなければならない。授業実践から抽出された諸要素は、実効性の高いカリキュラム・デザインにもフィードバックされると考えられる。そこで、本研究では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することを試みた。

II. 調査方法

渡邊ら(2009)は、幼稚園の保育活動、小学校生活科と小・中学校理科の授業実践を分析した結果、理科カリキュラムにおける連続性を保障する授業要素として、①自然体験活動などにおける体験の言語化、②観察実験などに関する体験の共有化、③学習者の活動や発言に対する教師の応答、④観察実験などのスキル、⑤用語と表現方法を抽出した。この①～⑤の要素を参考にして、本研究では、カリキュラムとの関連性を調べるための授業分析の視点として、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。

授業分析は、①実際の授業実践の観察、②授業前後における授業者との質疑応答、③学習指導案の分析、④授業記録等を用いたカリキュラムに関連した授業要素の抽出、⑤小・中学校理科カリキュラムに照らし合

わせた分析，という手順で行った。なお，現行の学習内容と照らし合わせた分析には，主にD社の小・中学校の理科教科書を用いた。本研究では，小学校理科授業3件と中学校理科授業1件について分析した結果を報告する。

Ⅲ. 結果と考察

1. 単元導入の試行錯誤的な活動

■分析対象の授業

小学4年「とじこめた空気と水」

熊本市立A小学校（2017年6月23日実施）

■授業の概要

分析対象は，単元の導入の授業であり，教師が自作した噴水器（図1）を用いて「噴水器から出る水をどうしたら高く飛ばすことができるだろう」という課題のもと，児童は空気と水の量を変えながら水を飛ばす活動を班で行い，その結果からわかったことをまとめて発表した。噴水器は，ペットボトルと空気入れを組み合わせたもので，水をペットボトルに入れたあと，空気入れを一定の回数押してからピンチコックを開き，水を噴出させるような仕組みになっていた。



図1 教師が自作した噴水器

■授業分析

分析対象の授業は，単元全体を貫く課題設定を行うことが本時のねらいになっていて，単元全体の学習が終了したときに「とじこめた空気の性質」「とじこめた水の性質」に関する学びの成果を利用して，噴水器の説明書を作成することができるようになる展開が計画されていた。したがって，本時においては，教師が自作した噴水器を使って，児童は予想しながら，あるいは試行錯誤しながら，水を高く飛ばす活動に取り組み，「水の量が少なくなるときに空気をたくさん入れることができた」「水がたくさん入っているときは空気があまり入らず，水は高く上がらなかった」という結果をまとめることが期待された。

噴水器を用いた実験の前に，教師が児童に予想させたところ，空気を入れるポンプを「いっぱいおす」や「水をいっぱい入れる」「空気を少なくする」という直感的に考えた回答が多かった。したがって，実際の噴水器を用いた児童の活動（図2）では，実験の条件や操作と結果の因果関係が不明瞭な状態で，試行錯誤しながら実験に取り組んでいたようであった。



図2 噴水器を用いた実験の様子

実験後の児童の発表で用いられたホワイトボード中の記載内容（図3）をみると，結果の事実のみを記しているもの，空気がたくさん入るという理由を記述しているもの，空気がたくさん入るとペットボトルが硬くなったという気づきを書いているもの等があり，課題に対する適切な結論として表現することは容易ではないことがわかった。

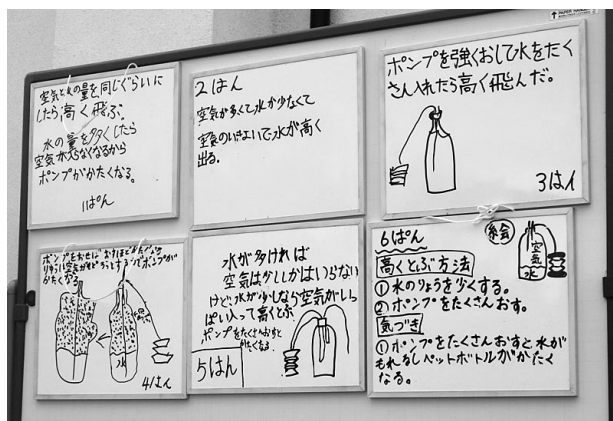


図3 ホワイトボードへの実験結果の記載内容

以上のような「単元導入における試行錯誤的な活動」は，事象に対する説明が十分に行えないことを実感して，単元の最後に学習したことを活用して，よりうまく説明できるようになることを目指した学習の文脈を導くことになる。しかし，本時の例に見られるように，課題に適切に対応するような結果や考えの記載を児童

ができるとは限らないため、同様のアプローチを繰り返すことで、文脈の筋道を確かなものにする必要がある。小学校理科の教科書では、小学3年の「物と重さ」「磁石の性質」「太陽と地面の様子」などの単元において、導入で教材教具を用いて、いろいろと試す活動が取り入れられている。また、小学5年「物の溶け方」「振り子の運動」や小学6年「水溶液の性質」「てこの規則性」でも同様の活動が取り入れられ、事象を五感で感受することからスタートすることも多い。このような試行錯誤的な活動を鍵にしたカリキュラム・マップを図4に示す。小学校段階では、自由試行に近い単元導入がよく用いられているが、中学校理科の現在の内容の取り扱いでは、試行錯誤的な活動そのものが少ない。試行錯誤的な活動は、小学校と中学校の理科学習のギャップの一つになっていると考えられるため、今後の中学校の理科授業デザインや単元デザインの新たな視点になる可能性がある。

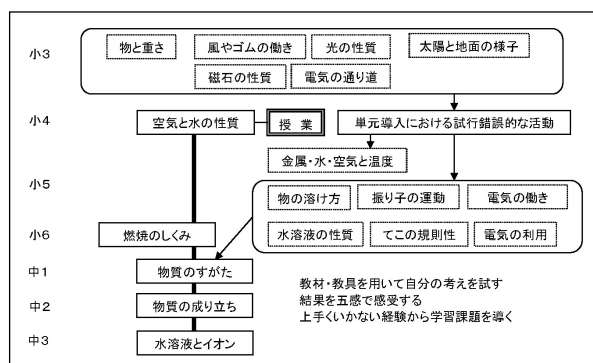


図4 試行錯誤的な活動と理科カリキュラム

2. 数値計算を活用した説明

■分析対象の授業

小学6年「てこのはたらき」

熊本市立B小学校（2018年2月7日実施）

■授業の概要

分析対象は単元の最後の授業であり、てこのつり合いの規則性について学習したことを活用して、シーソーでのつり合いを実証できることが本時の主なねらいであった。児童は、自分の班の1名がシーソーの片側の端に乗った場合、反対側のどこに教員が乗ればつり合うのかを考えた。児童たちは、支点、力点、作用点という用語や計算式を用いて、それぞれの考えを発表したあと、実際に野外のシーソーを用いてつり合う位置が正しいのかを検証した（図5）。



図5 シーソーを用いたつり合いの検証

■授業分析

分析対象の授業は、学習した知識やスキルを活用することを主目的としていて、シーソーを用いて実際につり合うことを検証することで、活用できたことを強く印象づけようとする工夫があった。「活用」の場面としては、野外で検証する前の話し合いと発表の段階が重要であり、本時では、班で話し合っ、つり合うための条件をホワイトボードにまとめていた。本時の学習では言葉だけでなく、数式を使ってつり合いを説明することが求められた（図6）。

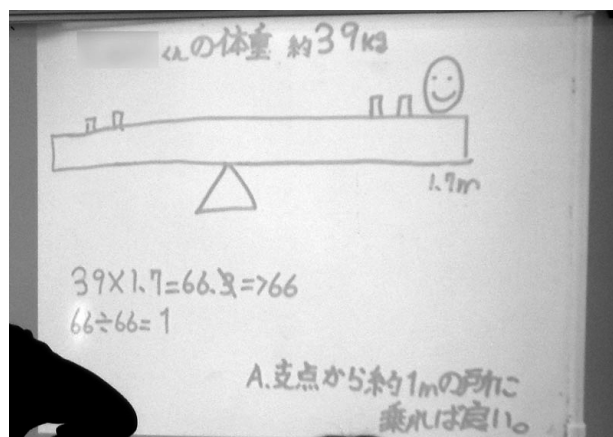


図6 ホワイトボードを用いた発表（OHCによる提示）

理科学習では、観察実験で測定が行われると、結果の数値的な取り扱いが必然になる。図7は「測定する」というプロセス・スキルをもとにしてカリキュラムの関連性を整理したものであり（渡邊2015）、小・中学校の理科学習において数値的な取り扱いが多く、測定スキルや測定のための教具でカリキュラムを関連づけることも可能なことがわかる。しかし、図8に示すように数値計算を伴う内容となると、小学校では5年「振り子の運動」が関係する程度である。本時のような学習展開では、規則性を示す数式を用いて異なる条件で

の結果を予想し、実験で検証することになる。そして、そのプロセスは図6で示すような表現活動に表される。条件となる児童の体重、図による位置の説明、その位置を導いた数式、結論があり、簡潔でわかりやすい表現になっている。理科において育成したい表現能力が表されている。中学校では「エネルギー」「粒子」「地球」の領域において、数値計算を伴う学習がある。しかし、観察実験を通して得られた規則性(数式)は、演習問題の解法として用いられることが多いのではないかと考えられる。一連の学習過程において、異なる状況設定の中で学習したことを活用して、数値計算を用いて仮説や予想を立てる活動が行えると、小学校における本時のような学習とつながりが生まれるであろう。

	エネルギー			粒子			生命			地球				
	見方	実験と検証	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7 「測定」スキルと理科カリキュラム
丸印は測定する活動が取り上げられている単元(渡邊 2015)

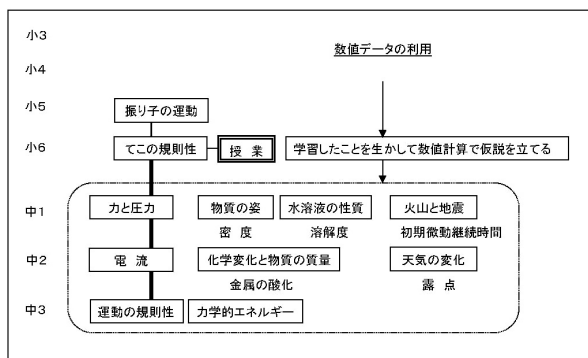


図8 数値計算の活用と理科カリキュラム

3. 仮説, 実験計画, 結果

■分析対象の授業

小学4年「雨水のゆくえ」

熊本大学教育学部附属小学校(2018年2月9日実施)

■授業の概要

分析対象の授業は、「校庭の雨水のゆくえをさぐれ」という課題のもと、水の流れ方、水のしみ込み方を調べる観察実験を行い、水たまりのできない方法を考え

る活動から排水のしくみや防災について考える単元(5時間)の3時間目の授業であった。本時の学習では、児童は自分たちの班で考えた方法で土の粒の大きさと水のしみ込み方の関係を調べた(図9)。新学習指導要領で新たに導入される予定の内容を先行して取り入れた授業である。



図9 土への水のしみ込み方を調べる実験

■授業分析

現行の「水の自然蒸発と結露」の学習に加えて、新学習指導要領で扱う「雨水の行方と地面の様子」を小学4年で扱ったことによって、従来の「水の三態」を鍵とする内容のつながりだけでなく、「水の循環」「自然災害」を鍵にするつながりが生まれた(図10)。また、児童による実験計画を取り入れたことで、条件制御の観点で小学5年の「振り子の運動」「植物の発芽」等の学習へと発展する学習の起点になった。

水	エネルギー			粒子			生命			地球				
	見方	実験と検証	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10 自然災害・条件制御を鍵にした理科カリキュラムの関連。

「水」を扱っている単元に丸印。新学習指導要領(2017)に対応。

各班で立案した実験計画をみると、仮説(予想)→実験方法の順で記載しているのが9班のうち6班(図

11), 実験方法→結果の予想の順で記載しているのが2班(図12), 実験結果の予想→実験方法の順で記載しているのが1班であった。各班がアイデアを生かして実験方法を立案したため, 記述の程度にばらつきもあるが, カリキュラム・マネジメントの鍵として, 問題解決学習における仮説と結果の予想の区別を抽出することができた。

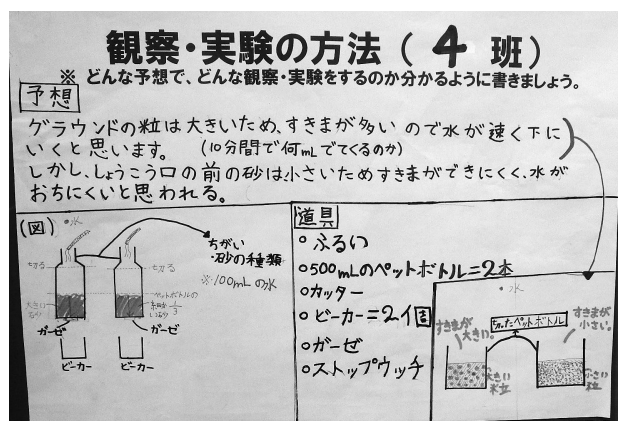


図11 仮説(予想)→実験方法の順で記載された実験方法

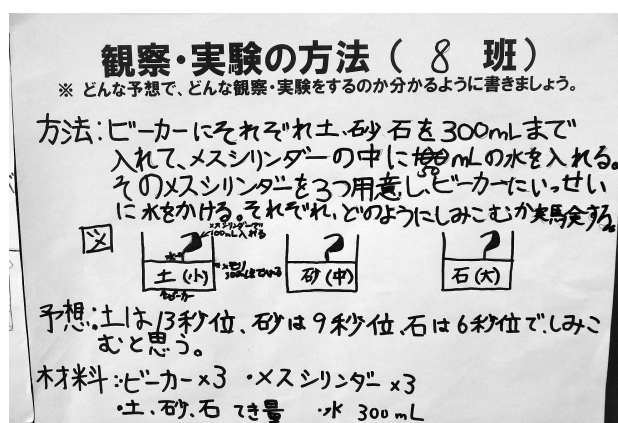


図12 実験計画→結果の予想の順で記載された実験方法

実験方法の計画では, すべての班が水の染みこみ方を確かめるための実験装置と操作を示す図を説明に添えていた。9班中の7班では土の粒の違いが描写されていて, 4班は粒の大きさと隙間の関係を示し, 仮説の根拠となる説明に利用していた。土の粒の大きさや隙間は, 材料となる土を観察して得たデータではなく, 粒の大きさが異なる土を準備したことから演繹的に導いた考えであり, 粒子モデルを使って気体・液体・固体の性質や三態変化を考えるとときの思考に近いのではないかと考えられる。

4. 作成したモデルを活用した思考と説明

■分析対象の授業

中学3年「自然界のつながり」

熊本県C中学校(2017年10月27日実施)

■授業の概要

分析対象は「自然のつり合い」で学習したことを活用して, 「自然環境の保全」について調査したことを発表する段階の授業であった。生徒たちは, 食物連鎖, 食物網, 生態系ピラミッド等に関する知見を生かして, 各班が選択した環境中の生物のつながりを考え, 食物連鎖の図や食物網の立体モデル(図13)等を作成し, それらを用いて, ある特定の種の生物がその環境からいなくなった場合の影響について考えて発表した(図14)。

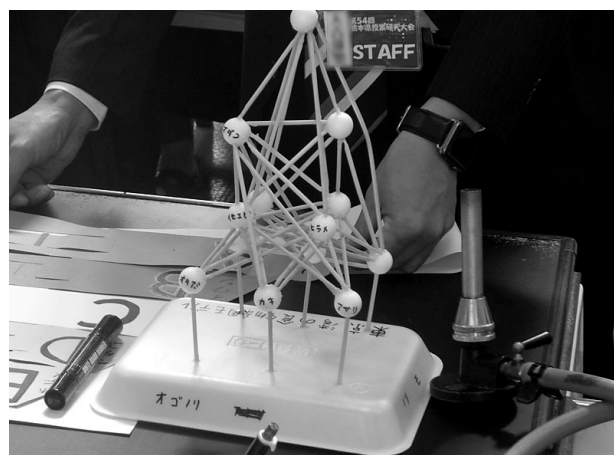


図13 生徒が作成した食物網の立体モデル

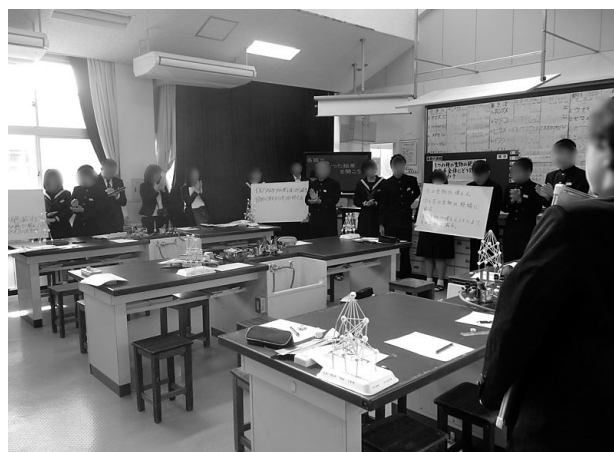


図14 課題に対する最終発表の場面

■授業分析

図13の立体モデルは, これを作成する段階において既習事項や新たに収集した情報を活用したり, 生物の位置や生物同士のつながり方を考えたりする生徒の思考を導いた。また, ある種の生物がいなくなった場合の影響について考える場面においても, このモデルを使いながら説明したり, 話し合ったりしていた。このようなモデルの活用という観点で理科カリキュラムを

みると、「粒子」の領域における粒子モデルの活用と同様のアプローチがある(図15)。したがって、学習内容の領域を越えて、モデルの作成や活用というスキルでカリキュラムに関連性が生まれる可能性がある。しかし、現在の教科書に示された学習展開では、生徒が知識を活用しながらモデルを作成するような取り組みはあまり例がない。分析した授業実践では、内容の系統的なつながりの中で、観察結果を記録した経験、動植物の分類を表に整理してまとめるスキル、生物のつながりに関する知識等が、立体モデルを用いた学習において融合することを目指していた。したがって、学習内容をつなげるハブ(中核)となる単元では、モデルの考案、作成、利用がカリキュラムの有機的な関係において有効に機能するのではないかと考えられる。

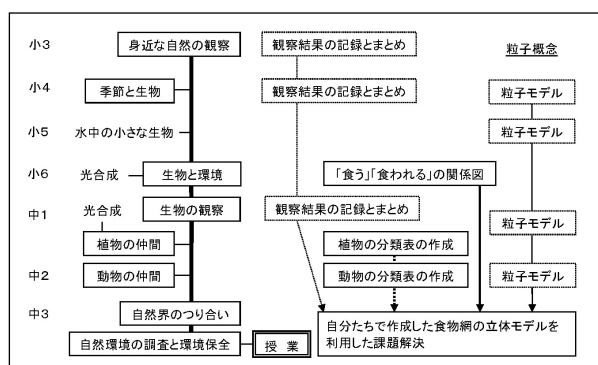


図15 作成したモデルの活用と理科カリキュラム

IV. 結果と考察

本研究で抽出したカリキュラム・マネジメントに関わる要素は、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である。また、①～④の要素は、学習の文脈、教材教具、表現活動と組み合わせることによってカリキュラムへの関連性が導かれることが共通していた。授業実践から抽出した①～④の視点は、

学習内容の関連性を示すカリキュラム・マップ(図4など)につながり、カリキュラム・マネジメントにフィードバックされる。つまり、本研究におけるカリキュラムを視点にした授業分析は、カリキュラム・マネジメントにおけるPDCAサイクルの一過程に該当する。

本研究では、授業事例の分析によりカリキュラム・マネジメントに関連したいくつかの要素を抽出したが、学習者の資質・能力の育成に関係した視点が強く、自然認識や観察実験に関するスキルなどの視点からの分析が行えていない。また、学習者と教師のやりとりや学習者の思考過程の分析も不十分であり、マネジメントの方策を吟味する段階には至っていない。今後は、異なる単元、異なる授業場面の分析を通して、カリキュラム・マネジメントに関する授業要素をさらに抽出し、それらカリキュラム・デザイン等に反映させるための手法について検討していく必要がある。

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17K01037)の助成を受けて実施した。

文 献

- 中央教育審議会(2016)幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善及び必要な方策等について(答申),平成28年12月21日(アクセス:2018年9月5日)
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf
- 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, pp.67-70.
- 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,第56巻,pp.181-190.