

## 第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている 観察・実験等における4QSの適用の可能性 －自然事象に関わる因果関係の観点から－

### 1. 問題の所在と目的

第1章では、研究課題1として、小学生の理科における「仮説設定能力」を育成するためには、自然事象から同定した変数を因果関係として認識させ、仮説を文章で表現させる指導の可能性を裏付ける根拠と示唆を得ることができた。

本章は、研究課題2に位置付くものであり、小・中学校の理科教科書（いずれも文部科学省検定済のX社の教科書）に掲載されている全ての観察・実験等の個々について4QSの適用の可能性を検討し、「4QSを用いて作業仮説を設定」、「4QSを用いないで説明仮説・作業仮説を設定」、「仮説なし」の3つのカテゴリーに分類することを試みた。

近年、知識基盤社会の進展に伴い、断片化された知識や技能ではなく、人間の全体的な能力をコンピテンシー（competency）として捉えた教育改革が世界的な潮流となっている。我が国の小学校では、1999年告示の小学校学習指導要領（理科）において、学年を通して育成する問題解決の能力が示された<sup>1)</sup>。また、2008年告示の小学校学習指導要領（理科）では、第3学年では比較しながら調べることも、第4学年では関係付けながら調べるこ

とが、第5学年では条件に目を向けながら調べることが、第6学年では要因や規則性、関係を推論しながら調べることが学年の目標に示されている<sup>2)</sup>。第5学年で示された条件に目を向けることは、条件の制御である。条件の制御や推論は、“Science - A Process Approach commentary for teachers” (1963)において示された13のプロセス・スキルの一部である<sup>3)</sup>。

国立教育政策研究所<sup>4)</sup>は、21世紀を生きるために必要な資質・能力を基礎力・思考力・実践力から成る21世紀型能力として提案している。そして、思考力を構成する要素の1つとして、問題解決を挙げている。後藤<sup>5)</sup>は、「理科において問題解決の資質・能力、科学的な探究の能力を育成していくことは、21世紀型能力における各能力の育成に密接に関わり、十分寄与し得る」と述べている。筆者らは、理科における問題解決の資質・能力の育成を考えるに当たって、プロセス・スキルの重要性は不易であると考えている。

プロセス・スキルズは、観察・実験等の探究的な特徴を分析する上でも有効である。吉山・小林<sup>6)</sup>は中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、プロセス・スキルズの下に設定された57項目の目標が含まれている割合と傾向から分析を行い、さらに、吉山・小松・稲田・小林<sup>7)</sup>は小学校の理科教科書について同様の分析を行った。これらの知見から、観察・実験等の内容によって、探究に用いるプロセス・スキルズが異なることが示された。

しかし，“Science - A Process Approach commentary for teachers”で示されたプロセス・スキルズの下に設定された目標の中には，互いに類似したものがあつたり，日本の理科授業ではほとんど扱われないものがあつたりすることから，我が国の観察・実験等の分析にそのまま適用したことに問題があつた。そこで，長谷川・吉田・関根・田代・五島・稲田・小林<sup>8)</sup>は，57項目のプロセス・スキルズを精選・統合して，我が国の小・中学校の理科教育の実情に即した7つの上位技能と31の下位技能からなる「探究の技能」を開発した。そして，まず，全ての観察・実験等を対象に「探究の技能」における下位技能の1つ1つを含んでいるか否かを検討し，下位技能が含まれている場合は1，含まれていない場合は0として得点化した。次に，観察・実験等の探究的な特徴を類型化するために，それぞれの観察・実験等の下位技能の得点（含まれていれば1，含まれていなければ0）を独立変数として，Ward法による階層クラスター分析を行った。その結果，「探究の技能」の観点から，仮説を立てて検証する実験と仮説を立てにくい観察とを，より明確に区別できるようになった。

仮説を立てて検証する実験では，因果関係を明らかにするために条件を制御する能力が求められる。しかしながら，「平成24年度全国学力・学習状況調査報告書」<sup>9)</sup><sup>10)</sup>において，小学生は「条件を制御しながら実験を構想すること」，中学生は「仮説を検証するための観察・実験を計画すること」及び「観察・実験等において，定量的な取り扱いをすること」にそれぞれ課題があることが示

された。そして、その結果を踏まえ、中学校における指導改善のポイントとして「独立変数の変化に応じて、従属変数がどのように変化するかを予想させること」が記された。

これまで、条件を制御したり、仮説を設定したりする能力を育成するための指導方法は種々検討されてきた。例えば、Martin, Colleen & Gerlovich<sup>11)</sup>は、探究学習の教師用指導書の中で、プロセス・スキルズを紹介し、自然事象の観察を通して児童・生徒に変数を把握させる方法を述べている。Cothron, Giese & Rezba<sup>12)</sup>は、児童・生徒自身が自然事象の中から変数を抽出し、仮説の設定に至るまでのブレン・ストーミングの方法として“The Four Question Strategy”を提唱している。小林・永益<sup>13)</sup>は、Cothronらの考えに基づいて仮説設定シート(4QS)を開発するとともに、変数を抽出し仮説の設定に至るまでの指導方略を具体的に示している。さらに、条件の制御を伴う実験における4QSの効果を検証した研究として、小学校理科では山田・寺田・長谷川・稲田・小林<sup>14)</sup>、中学校理科では金子・小林<sup>15)</sup><sup>16)</sup>がある。

これまで述べてきたように、4QSを用いて実験における独立変数と従属変数を挙げさせたり、条件の制御を伴う実験を計画させたりする指導方法は、「平成24年度全国学力・学習状況調査報告書」における指導改善のポイント、すなわち、今日の理科授業実践への示唆を得るものと考えられる。しかしながら、先述した長谷川ら<sup>17)</sup>の研究において、仮説の設定を伴うか伴わないかの観点からの観察・実験等の類型化は行われているが、個々の観察・

## 第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

実験等について、4QSの適用が可能であるか否かを検討した研究は行われていない。

以上のことを踏まえ、本章では、長谷川らの観察・実験等の類型に基づいて、小・中学校の理科教科書（X社）に掲載されている全ての観察・実験等について、因果関係の有無の観点から検討を行い、4QSの適用が可能かどうかを明確にするとともに、適用の仕方を具体的に示すことを目的とした。

## 2. 研究の方法

### 2-1. 分析の対象とした小・中学校の理科教科書及び観察・実験等

小学校では2010年に出版された文部科学省検定済のX社の教科書、中学校では2008年に出版された文部科学省検定済のX社の教科書に掲載されている全ての観察・実験等を分析の対象とした。

X社の教科書を分析の対象とした理由は、本論文の筆頭著者を含め、後述する本研究の分析・解釈を行った理科教員4名が勤務する岐阜県内全域の小・中学校で採択されており、観察・実験等の個々について検討する際に、教員自身の具体的な理科授業実践に基づいた判断を行いやすいと考えたからである。

### 2-2. X社の小・中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等の類型化とその特徴

分析の対象としたX社の小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化とその特徴を示す。長谷川らは、X社の小・中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、それぞれ階層クラスター分析を行った結果、小学校ではA, B, C, D, Eの5つのクラスターに、中学校ではA, B, C, D, E, Fの6つのクラスターに、それぞれ類型化できるとしている(表2-1, 2-2)。さらに、これらの類型化から得られた各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴についても整理している(表2-3, 2-4)。

なお、長谷川らは、出力されたデンドログラムの上から順にアルファベットをふってクラスター名を付けている。従って、小・中学校のクラスターに同一のアルファベットが付してあっても、観察・実験等の特徴が異なるものとなっていることに注意が必要である。

### 2-3. 4QSの適用の可能性を明確にするための判断基準の設定

分析・解釈にあたっては、長谷川らの観察・実験等の類型化とその特徴に基づき、小・中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等について、4QSの適用の可能性を明確にするための判断基準を作成した（図2-1）。以下に、具体的な判断の仕方と手続きを示す。

観察については、全て4QSの適用は適切でないと判断した。例えば、小学校第4学年の「暑くなると」における「植物の成長のようすを観察しよう」では、従属変数としての「植物の葉の枚数や茎の長さ」と、独立変数としての「期間（時間）」との間に因果関係が認められるが、独立変数を児童自らが制御することは不可能であるとともに、成長に伴う形態の変化等を調べれば課題が解決できる。このように、観察は独立変数を制御することが不可能であったり、形態やつくりを調べれば課題を解決できたりするので、4QSの適用は適切でないと判断した。

実験については、まず、「定性的な実験」または「定量的な実験」のいずれかに分類した。次に、表2-1、2-2に示した長谷川らの研究に基づき、小学校におけるA、B、Cの3つのクラスター、及び中学校におけるA、

B, C, Dの4つのクラスターに分類された実験は「独立変数の制御や従属変数の測定が困難である」と判断し、「4QSを用いなくて説明仮説・作業仮説を設定」に分類した。また、小学校におけるD, Eの2つのクラスター、及び中学校におけるE, Fの2つのクラスターに分類された実験は「独立変数の制御と従属変数の測定が可能である」と判断し、「4QSを用いて作業仮説を設定」に分類した。

さらに、後者については、「児童・生徒自らが実験における独立変数と従属変数を抽出したり、条件を制御しながら実験を構想したりすることができるか否か」の検討を加えた（以下、「再検討」と表記）。なぜなら、先述した「平成24年度全国学力・学習状況調査報告書」<sup>18) 19)</sup>における指導改善のポイントとして、小学校では「児童自らが見いだした問題から予想や仮説をもち、条件を制御しながら実験を構想すること」、中学校では「独立変数と従属変数を挙げるとともに、独立変数の変化に応じて、従属変数がどのように変化するかを予想すること」が指摘されているからである。

したがって、教員が実験の要因や条件の多くを教授しなければ、児童・生徒が4QSを記述することが困難であったり、所定の手順で実験を行い、得られた結果（従属変数）を記録することに主眼を置いていたりする観察・実験等については、「4QSを用いなくて説明仮説・作業仮説を設定」に分類し直した。例えば、小学校第3学年の「太陽の光を調べよう」における「はね返した日光が当たったところの温度を調べよう」は、Dクラスターに分



類された実験である。しかしながら、児童自らが「かがみの枚数」、「かがみではね返した日光を的に当てる時間」、「かがみからの的までの距離」といった、独立変数を全て制御しながら実験することは困難であることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のような判断の仕方と手続きで、小・中学校の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等の個々について分析・解釈を行い、「4QSを用いて作業仮説を設定」、「4QSを用いないで説明仮説・作業仮説を設定」、「仮説なし」の3つのカテゴリーに分類した。

なお、本研究における一連の分析・解釈は、理科教育学研究者2名、指導主事1名、小・中学校での教職経験が15年以上の経験豊富な理科を専門とする教員4名で行った。具体的には、まず、筆頭著者を中心とした理科教員4名で、小学校第3学年の第1単元「たねをまこう」から中学校第3学年の最終単元「地球とわたしたちの未来のために」までの観察・実験等の個々について、教科書に掲載されている順に、4QSの適用の可能性を複数回協議した。そして、分析・解釈の不一致点を全て解消した後、その結果を筆頭著者が教科書掲載順に学年ごとの表に整理した。次に、整理した表の妥当性について、理科教育学研究者2名と指導主事1名が、それぞれ独立して分析・解釈を行い、その解釈に関して適宜、筆頭著者と討議した。最後に、理科教育学研究者2名と指導主事1名との討議結果を踏まえ、再度、理科教員4名で協議を積み重ね、不一致点を全て解消するとともに、最終的に導き出した分析結果を筆頭著者が教科書掲載順に学年ご

## 第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

との表に整理した（表2-5から表2-11）。

以下に示した表2-5から表2-8の中の「番号」は、小学校第3学年から第6学年までの教科書に掲載されている観察・実験等の順に番号をふり当てたものであり、表2-9から表2-11のそれは、中学校第1学年から第3学年までを同様にふり当てたものである。

また、本研究では、「説明仮説」を「ある事象を説明するために導出した仮説」、「作業仮説」を「検証の手立てと予想される結果を記述した仮説」と定義することにした。

表2-1 X社の小学校の理科教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧（長谷川ら，2013より引用）

| クラスター | 番号  | 学年 | 領域                          | 観察・実験等のタイトル                 |
|-------|-----|----|-----------------------------|-----------------------------|
| A     | 67  | 5  | 生物                          | 花のつくりを観察しよう                 |
|       | 68  | 5  | 生物                          | おしべの先にある粉を観察しよう             |
|       | 8   | 3  | 生物                          | いろいろな植物のからだのつくりを調べよう        |
|       | 9   | 3  | 生物                          | バッタやトンボなどのからだを調べよう          |
|       | 7   | 3  | 生物                          | 植物のからだのつくりを調べよう             |
|       | 99  | 6  | 地学                          | 地層を調べよう                     |
|       | 3   | 3  | 生物                          | たまごやよう虫をかんさつしよう             |
|       | 4   | 3  | 生物                          | さなぎをかんさつしよう                 |
|       | 27  | 4  | 生物                          | 木や動物のようすを観察しよう              |
|       | 90  | 6  | 生物                          | 血液の通り道を調べよう                 |
|       | 2   | 3  | 生物                          | キャベツの葉を調べよう                 |
|       | 66  | 5  | 生物                          | 水そうや池などの水を観察してメダカの食べものを調べよう |
|       | 71  | 5  | 地学                          | 校庭に水を流して地面のようすを調べよう         |
|       | 73  | 5  | 地学                          | わたしたちの地いきを流れる川を調べよう         |
|       | 34  | 4  | 生物                          | うでやあしのつくりと動き方を調べよう          |
|       | 35  | 4  | 生物                          | いろいろな部分のほねやきん肉のつくりと動き方を調べよう |
|       | 17  | 3  | 物理                          | 日光を集めよう                     |
|       | 65  | 5  | 生物                          | たまごが変化するようすを観察しよう           |
|       | 107 | 6  | 物理                          | 手回し発電機で電気を作ろう               |
|       | 10  | 3  | 生物                          | こん虫をさがそう                    |
|       | 23  | 3  | 物理                          | じしゃくのきょくのせいしつを調べよう          |
|       | 103 | 6  | 化学                          | 水よう液をリトマス紙につけて色の変化を調べよう     |
|       | 85  | 6  | 化学                          | 物を燃やすはたらきのある気体を調べよう         |
|       | 5   | 3  | 生物                          | せい虫のからだのつくりを調べよう            |
|       | 70  | 5  | 地学                          | 台風の進み方と天気の変化を調べよう           |
|       | 94  | 6  | 生物                          | 人の食べ物のもとを調べよう               |
|       | 75  | 5  | 生物                          | 子宮の中での子どもの育ち方を調べよう          |
| 30    | 4   | 物理 | 電流の向きとモーターの回る向きを調べよう        |                             |
| 31    | 4   | 物理 | かん電池2このつなぎ方を変えて自動車を走らせよう    |                             |
| 95    | 6   | 地学 | 太陽と月について調べよう                |                             |
| 97    | 6   | 地学 | ボールに光を当てて月の形が変わって見える理由を調べよう |                             |
| 20    | 3   | 物理 | 明かりがつくときのつなぎ方を調べよう          |                             |
| 96    | 6   | 地学 | 日ぼつ直後の月の形と位置を調べよう           |                             |
| B     | 1   | 3  | 生物                          | めが出た後のようすをかんさつしよう           |
|       | 12  | 3  | 生物                          | 実のようすをかんさつしよう               |
|       | 11  | 3  | 生物                          | 花がさいているようすをかんさつしよう          |
|       | 28  | 4  | 生物                          | ヘチマを育てよう                    |
|       | 6   | 3  | 生物                          | 育っているようすをかんさつしよう            |
|       | 37  | 4  | 生物                          | 植物の成長のようすを観察しよう             |
|       | 41  | 4  | 生物                          | 植物の成長のようすを観察しよう             |
|       | 54  | 4  | 生物                          | 植物のようすを観察しよう                |
|       | 58  | 4  | 生物                          | 動物や植物のようすを観察しよう             |
|       | 36  | 4  | 生物                          | 動物の活動のようすを観察しよう             |
|       | 40  | 4  | 生物                          | 動物の活動のようすを観察しよう             |
|       | 53  | 4  | 生物                          | 動物の活動のようすを観察しよう             |
|       | 47  | 4  | 化学                          | 水を熱したときのようすを調べよう            |
|       | 50  | 4  | 化学                          | 水を冷やしたときのようすを調べよう           |
|       | 15  | 3  | 地学                          | 日なたと日かげの地面の温度を調べよう          |
|       | 104 | 6  | 化学                          | 金属にうすい塩酸を注ぐとどうなるか調べよう       |
|       | 106 | 6  | 化学                          | 液を蒸発させて出てきた固体の性質を調べよう       |
| 102   | 6   | 化学 | 5つの水よう液のちがいを調べよう            |                             |
| 105   | 6   | 化学 | 塩酸にとけた物を取り出そう               |                             |
| 22    | 3   | 物理 | じしゃくにつく物をさがそう               |                             |

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

|     |     |    |                               |                              |
|-----|-----|----|-------------------------------|------------------------------|
|     | 51  | 4  | 地学                            | 入れ物の水がしぜんにじょう発するか調べよう        |
|     | 52  | 4  | 地学                            | 空気中の水じょう気をつかまえよう             |
|     | 45  | 4  | 化学                            | 水の温度を変えて体積の変わり方を調べよう         |
|     | 46  | 4  | 化学                            | 金ぞくの温度を変えて体積の変わり方を調べよう       |
|     | 24  | 3  | 物理                            | じしゃくにつけた鉄がじしゃくになっているか調べよう    |
|     | 81  | 5  | 化学                            | ホウ酸が出てきた液を冷やそう               |
|     | 98  | 6  | 地学                            | 土を水の中に流しこんで層ができるか調べよう        |
|     | 13  | 3  | 地学                            | 太陽が動いているか調べよう                |
|     | 63  | 5  | 生物                            | 発芽する前と後の種子を調べよう              |
|     | 21  | 3  | 物理                            | 電気を通す物をさがそう                  |
| C   | 86  | 6  | 化学                            | ろうそくが燃える前と燃えた後の空気を調べよう       |
|     | 43  | 4  | 化学                            | とじこめた水をおして体積を調べよう            |
|     | 44  | 4  | 化学                            | 空気の温度を変えて体積の変わり方を調べよう        |
|     | 42  | 4  | 化学                            | とじこめた空気をおして体積や手ごたえを調べよう      |
|     | 55  | 4  | 化学                            | 金属のあたたまり方を調べよう               |
|     | 56  | 4  | 化学                            | 水を熱したときの動きを調べよう              |
|     | 48  | 4  | 化学                            | 湯気の正体をさぐろう                   |
|     | 49  | 4  | 化学                            | あわの正体をさぐろう                   |
|     | 29  | 4  | 地学                            | 1日の気温の変わり方を調べよう              |
|     | 87  | 6  | 化学                            | ろうそくが燃える前と燃えた後の気体の体積の割合を調べよう |
|     | 57  | 4  | 化学                            | 空気のあたたまり方を調べよう               |
|     | 88  | 6  | 生物                            | はき出した空気は吸う空気と違うか調べよう         |
|     | 82  | 5  | 物理                            | 電じしゃくの性質とはたらきを調べよう           |
|     | 38  | 4  | 地学                            | 時こくを変えて月の位置を調べよう             |
|     | 39  | 4  | 地学                            | 星の位置と星のならび方を調べよう             |
| 14  | 3   | 地学 | 太陽とかげの動き方を調べよう                |                              |
| 59  | 5   | 地学 | 雲のようすと天気の変化を調べよう              |                              |
| 60  | 5   | 地学 | 天気を観察して気象情報と比べよう              |                              |
| 33  | 4   | 物理 | 光電池に日光を当てて電気のはたらきを調べよう        |                              |
| 108 | 6   | 物理 | コンデンサーに電気をためて使おう              |                              |
| 77  | 5   | 化学 | 水にとける食塩の量を調べよう                |                              |
| 83  | 5   | 物理 | 電じしゃくのはたらきはどのようにすると大きくなるか調べよう |                              |
| 101 | 6   | 物理 | てこが水平につり合うときのきまりを調べよう         |                              |
| 32  | 4   | 物理 | かん電池の数やつなぎ方を変えて電気のはたらきを調べよう   |                              |
| 74  | 5   | 物理 | ふりこの1往復する時間を調べよう              |                              |
| D   | 25  | 3  | 化学                            | ねん土のおき方や形をかえて重さを調べよう         |
|     | 26  | 3  | 化学                            | 体せきを同じにしてしおとさとうの重さをくらべよう     |
|     | 109 | 6  | 物理                            | 太さのちがう電熱線に電流を流して発熱のちがいを調べよう  |
|     | 76  | 5  | 化学                            | 水にとかす前と水にとかした後の食塩の重さを調べよう    |
|     | 93  | 6  | 生物                            | 植物が酸素を出しているか調べよう             |
|     | 18  | 3  | 物理                            | 風のはたらきを調べよう                  |
|     | 19  | 3  | 物理                            | ゴムのはたらきを調べよう                 |
|     | 78  | 5  | 化学                            | 水の量や温度を変えて水にとける食塩の量を調べよう     |
|     | 80  | 5  | 化学                            | ホウ酸のとけ方を調べよう                 |
|     | 16  | 3  | 物理                            | はね返した日光が当たったところの温度を調べよう      |
| 72  | 5   | 地学 | 土地のかたむきや水の量を変えて流れる水のはたらきを調べよう |                              |
| 100 | 6   | 物理 | おもりを持ち上げたときの手ごたえを調べよう         |                              |
| 69  | 5   | 生物 | 花粉のはたらきを調べよう                  |                              |
| 91  | 6   | 生物 | 葉に日光が当たるとでんぶんができるか調べよう        |                              |
| E   | 79  | 5  | 化学                            | 食塩水をじょう発させて食塩をとり出せるか調べよう     |
|     | 89  | 6  | 生物                            | だ液がでんぶんを変化させるか調べよう           |
|     | 62  | 5  | 生物                            | 温度や空気と発芽の関係を調べよう             |
|     | 64  | 5  | 生物                            | 植物が成長する条件を調べよう               |
|     | 61  | 5  | 生物                            | 発芽に水が必要かを調べよう                |
|     | 92  | 6  | 生物                            | 根からとり入れた水のゆくえを調べよう           |
|     | 84  | 6  | 化学                            | 集気びんの中でろうそくを燃やし続ける方法を調べよう    |

注) 表中の「番号」は、小学校第3学年から第6学年までの教科書に掲載されている観察・実験等の順に番号をふり当てたものである。

表2-2 X社の中学校の理科教科書におけるクラスターごとの観察・実験等の一覧（長谷川ら，2013より引用）

| クラスター | 番号 | 学年 | 領域 | 観察・実験等のタイトル         |
|-------|----|----|----|---------------------|
| A     | 52 | 2  | 物理 | 静電気が生じる条件とそのはたらき    |
|       | 57 | 3  | 化学 | 塩化銅水溶液の電気分解         |
|       | 36 | 2  | 化学 | 酸化銅から銅を取り出す         |
|       | 32 | 2  | 化学 | 水に電流を流したときの変化       |
|       | 33 | 2  | 化学 | 鉄と硫黄の結びつき           |
|       | 31 | 2  | 化学 | 炭酸水素ナトリウムを熱したときの変化  |
|       | 56 | 3  | 化学 | 物質を水にとかしたときに電流が流れるか |
|       | 35 | 2  | 化学 | 鉄を燃やしたときの変化         |
|       | 13 | 1  | 化学 | 二酸化炭素と酸素の区別         |
|       | 29 | 1  | 地学 | 堆積岩のつくり             |
|       | 11 | 1  | 化学 | 白い粉末の区別             |
|       | 12 | 1  | 化学 | プラスチックの区別           |
|       | 10 | 1  | 化学 | 金属と金属でない物質の区別       |
|       | 59 | 3  | 化学 | 酸性、アルカリ性の水溶液の性質     |
|       | 60 | 3  | 化学 | イオンの移動              |
|       | B  | 1  | 1  | 生物                  |
| 2     |    | 1  | 生物 | 水中の小さな生物            |
| 3     |    | 1  | 生物 | いろいろな植物の花のつくり       |
| 8     |    | 1  | 生物 | 根と茎のつくり             |
| 26    |    | 1  | 地学 | 火山灰の観察              |
| 27    |    | 1  | 地学 | 火成岩のつくり             |
| 4     |    | 1  | 生物 | 葉のつくり               |
| 9     |    | 1  | 生物 | シダ植物のからだのつくりと胞子     |
| 40    |    | 2  | 生物 | 植物と動物の細胞のつくり        |
| 44    |    | 2  | 生物 | 無セキツイ動物のからだのつくりや動き方 |
| 71    |    | 3  | 地学 | 太陽の表面のようす           |
| C     | 5  | 1  | 生物 | 光合成が行われている場所        |
|       | 61 | 3  | 化学 | 酸とアルカリの水溶液を混ぜ合わせる   |
|       | 50 | 2  | 物理 | 磁界の中に置いた導線に電流を流す    |
|       | 72 | 3  | 地学 | 太陽の1日の動き            |
|       | 49 | 2  | 物理 | コイルを流れる電流がつくる磁界     |
|       | 73 | 3  | 地学 | 星の1日の動き             |
|       | 76 | 3  | 地学 | 月の形と位置              |
|       | 75 | 3  | 地学 | 季節による昼と夜の長さの変化      |

注) 表中の「番号」は、中学校第1学年から第3学年までの教科書に掲載されている観察・実験等の順に番号をふり当てたものである。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

|    |    |    |                           |                           |
|----|----|----|---------------------------|---------------------------|
| D  | 34 | 2  | 化学                        | 化学変化を原子・分子のモデルで表す         |
|    | 64 | 3  | 生物                        | 遺伝子の組み合わせ                 |
|    | 74 | 3  | 地学                        | 地球の公転と見える星座の関係            |
|    | 62 | 3  | 生物                        | 細胞分裂のようす                  |
|    | 63 | 3  | 生物                        | 花粉管がのびるようす                |
|    | 42 | 2  | 生物                        | 血液の流れ                     |
|    | 43 | 2  | 生物                        | 刺激に対する反応                  |
|    | 79 | 3  | 生物                        | 身近な自然の恵みと自然災害             |
|    | 80 | 3  | 生物                        | 自然環境の保全と科学技術の利用           |
|    | 30 | 1  | 地学                        | 地層の観察                     |
|    | 78 | 3  | 生物                        | 身近な自然環境の調査                |
|    | 41 | 2  | 生物                        | だ液によるデンプン溶液の変化            |
| E  | 23 | 1  | 物理                        | 力の大きさとばねののびの関係            |
|    | 66 | 3  | 物理                        | 斜面を下る台車の運動                |
|    | 47 | 2  | 物理                        | 電圧を変化させたときの電流の大きさ         |
|    | 69 | 3  | 物理                        | 小球のもつエネルギーと木片に衝突したときにする仕事 |
|    | 48 | 2  | 物理                        | 電熱線の発熱量を決めるもの             |
|    | 18 | 1  | 化学                        | 赤ワインを熱して出てくる物質            |
| 38 | 2  | 化学 | 金属を熱したときの質量の変化            |                           |
| F  | 45 | 2  | 物理                        | 直列回路と並列回路を流れる電流           |
|    | 46 | 2  | 物理                        | 直列回路と並列回路に加わる電圧           |
|    | 14 | 1  | 化学                        | 水にとける物質のようす               |
|    | 37 | 2  | 化学                        | 物質が化学変化する前と後の質量を比べる       |
|    | 16 | 1  | 化学                        | ロウが状態変化するときの体積変化や質量の変化    |
|    | 53 | 2  | 地学                        | 学校内の気象観測                  |
|    | 65 | 3  | 物理                        | 台車のいろいろな運動の記録             |
|    | 17 | 1  | 化学                        | エタノールが沸騰するときの温度           |
|    | 54 | 2  | 地学                        | 湿度が100%になる温度              |
|    | 19 | 1  | 物理                        | 鏡に当たった光の進む道筋              |
|    | 20 | 1  | 物理                        | 透明な物体に出入りする光の道筋           |
|    | 21 | 1  | 物理                        | 凸レンズによってできる像              |
|    | 67 | 3  | 物理                        | 向きが異なる2つの力の合力             |
|    | 39 | 2  | 化学                        | いろいろな化学変化による温度変化          |
|    | 70 | 3  | 物理                        | 滑車やてこを使ったときの仕事の大きさ        |
|    | 77 | 3  | 物理                        | エネルギーの移り変わり               |
|    | 6  | 1  | 生物                        | 光合成と二酸化炭素の関係              |
|    | 7  | 1  | 生物                        | 蒸散と吸い上げられる水の量の関係          |
|    | 22 | 1  | 物理                        | 音の大小や高低と物体の振動との関係         |
|    | 24 | 1  | 物理                        | 水圧の大きさやはたらく向き             |
| 55 | 2  | 地学 | 雲のでき方                     |                           |
| 58 | 3  | 化学 | 電解質の水溶液と金属板で電流が取り出せるか調べよう |                           |
| 51 | 2  | 物理 | コイルと磁石で電流をつくりだす条件         |                           |
| 15 | 1  | 化学 | 水にとけた物質をとり出す              |                           |
| 25 | 1  | 物理 | 浮力の大きさを決めるもの              |                           |
| 68 | 3  | 物理 | 物体のもつエネルギーの変化             |                           |
| 28 | 1  | 地学 | 地震のゆれの広がり                 |                           |

表2-3 小学校の各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴（長谷川ら，2013より引用）

| クラスター名 | 各クラスターの特徴                                 |
|--------|---|
| Aクラスター | 事象の変化・性質・構造等を調べ，記載を行う観察・実験群               |
| Bクラスター | 事象の変化・性質・構造等を計測したり観測したりして，記載を行う観察・実験群     |
| Cクラスター | 仮説を立てて，事象の性質や変化等を定性的に捉え，解釈する観察・実験群        |
| Dクラスター | 仮説を立てて，独立変数を制御し，従属変数を測定し，定量的に解釈する観察・実験群   |
| Eクラスター | 仮説を立てて，独立変数を制御し，従属変数の変化を捉え，定性的に解釈する観察・実験群 |

表2-4 中学校の各クラスターに含まれる観察・実験等の特徴（長谷川ら，2013より引用）

| クラスター名 | 各クラスターの特徴   |
|--------|---|
| Aクラスター | 因果関係を有する事象の変化を操作的に定義し，帰納的に一般化する観察・実験群                       |
| Bクラスター | 事象の変化や構造等の観察と記載を行う観察・実験群                                    |
| Cクラスター | 因果関係を有する単純な事象の変化そのものから規則性を見いだす観察・実験群                        |
| Dクラスター | 1つまたは複数の変数に関わる事象について規則性や法則性を見いだす観察・実験群                      |
| Eクラスター | 因果関係を有する単純な事象について，仮説を設定して収集した定量的なデータをグラフ化するなどして，一般化する観察・実験群 |
| Fクラスター | 因果関係を有する事象について，条件ごとに変数を制御することを通して規則性を見いだす観察・実験群             |

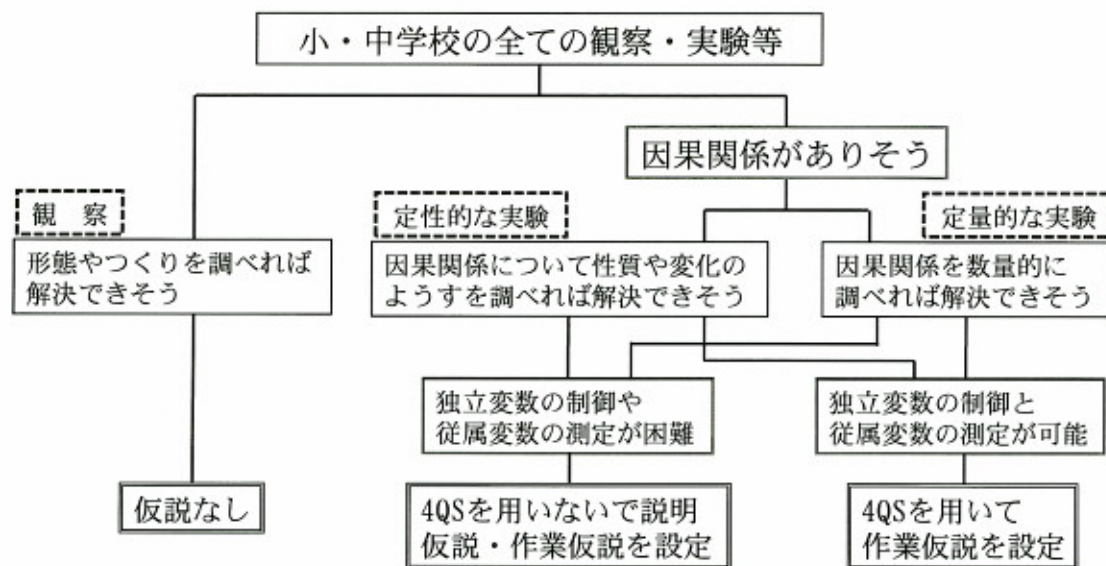


図 2 - 1 4QS の適用の可能性を明確にするための判断基準



### 3. 結果と考察

本章では、X社の小・中学校の理科教科書を対象として、小学校第3学年の第1単元から中学校第3学年の最終単元までの観察・実験等の個々について、教科書に掲載されている順に、まず、因果関係の有無の観点から捉え直し、図2-1に示した4QSの適用の可能性を明確にするための判断基準に基づいて分析・解釈を行った。次に、「4QSを用いて作業仮説を設定」に分類された観察・実験等については、「児童・生徒自らが実験における独立変数と従属変数を抽出したり、条件を制御しながら実験を構想したりすることができるか否か」の検討を加えた。

以下に、小・中学校のそれぞれの観察・実験等における4QSの適用の可能性について述べる。なお、分析・解釈にあたっては、学年、科学の基本的な見方や概念の柱、クラスター等、複数の要因から検討が可能であると考えられる。しかし、本研究では、教科書に掲載されている観察・実験等の順に協議を積み重ねてきたため、小学校第3学年から学年ごとに述べていくことにする。

#### 3-1. 小学校の観察・実験等における4QSの適用の可能性

##### 3-1-1. 小学校第3学年について

第3学年では、教科書に掲載されている26の観察・実験等のうち、観察が16、実験が10であった(表2-5)。10の実験のうち、表2-3に示したCクラスターに分類される実験が5、Dクラスターに分類される定量的な実験が5

であった。

そこで、Dクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「はね返した日光が当たったところの温度を調べよう」では、従属変数としての「日光が当たったところの温度」と、独立変数としての「かがみではね返した日光」との間に因果関係が認められる。しかしながら、児童自らが「かがみの枚数」、「かがみではね返した日光を的に当てる時間」、「かがみからの的までの距離」といった、独立変数を全て制御しながら実験することは困難であることから、4QSの適用は適切でないと判断した。「風のはたらきを調べよう」、「ゴムのはたらきを調べよう」では、従属変数としての「車の動く距離」と、独立変数としての「風やゴムの力」との間に因果関係が認められる。しかし、ここでの指導にあたっては、風を受けたときやゴムを働かせたときの手ごたえ等の体感を基にした活動を重視しており<sup>20)</sup>、正確な独立変数の制御や従属変数の数値化は求められていない。併せて、児童自らが「ゴムの長さ」、「ゴムの数」、「ゴムの太さ」といった、全ての独立変数を抽出したり制御したりすることは困難であることから、4QSの適用は適切でないと判断した。「ねん土のおき方や形をかえて重さを調べよう」、「体せきを同じにしてしおとさとうの重さをくらべよう」では、従属変数としての「ねん土や塩、砂糖の重さ」を、自動上皿はかりを用いて数値化するため、長谷川らの研究では定量的に解釈する実験に分類されたと推察される。しかし、ここでの指導にあたっては、手ごたえ等の体感を基にしながら重さの違いを比較するとともに<sup>21)</sup>、所定の手順で実験を行い、得られた結果

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

（従属変数）を記録することに主眼を置いていることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のことから、第3学年では、26の観察・実験等の全てにおいて4QSの適用は適切でないと考えられる。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-5 X社の小学校第3学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号 | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル               | 類型 | 因果関係がありそう      |        |        |        | 観察<br>仮説なし |   |
|----|-------|---------------------------|----|----------------|--------|--------|--------|------------|---|
|    |       |                           |    | 4QSを用いて作業仮説を設定 |        |        |        |            |   |
|    |       |                           |    | STEP 1         | STEP 2 | STEP 3 | STEP 4 |            |   |
| 1  | 生命    | めが出た後のようすをかんさつしよう         | B  |                |        |        |        |            | ○ |
| 2  | 生命    | キャベツの葉を調べよう               | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 3  | 生命    | たまごやよう虫をかんさつしよう           | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 4  | 生命    | さなぎをかんさつしよう               | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 5  | 生命    | せい虫のからだのつくりを調べよう          | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 6  | 生命    | 育っているようすをかんさつしよう          | B  |                |        |        |        |            | ○ |
| 7  | 生命    | 植物のからだのつくりを調べよう           | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 8  | 生命    | いろいろな植物のからだのつくりを調べよう      | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 9  | 生命    | バッタやトンボなどのからだを調べよう        | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 10 | 生命    | こん虫をさがそう                  | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 11 | 生命    | 花がさいているようすをかんさつしよう        | B  |                |        |        |        |            | ○ |
| 12 | 生命    | 実のようすをかんさつしよう             | B  |                |        |        |        |            | ○ |
| 13 | 地球    | 太陽が動いているか調べよう             | C  |                |        |        |        | ○          |   |
| 14 | 地球    | 太陽とかけの動き方を調べよう            | C  |                |        |        |        | ○          |   |
| 15 | 地球    | 日なたと日かげの地面の温度を調べよう        | B  |                |        |        |        |            | ○ |
| 16 | エネルギー | はね返した日光が当たったところの温度を調べよう   | D  |                |        |        |        | ○          |   |
| 17 | エネルギー | 日光を集めよう                   | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 18 | エネルギー | 風のはたらきを調べよう               | D  |                |        |        |        | ○          |   |
| 19 | エネルギー | ゴムのはたらきを調べよう              | D  |                |        |        |        | ○          |   |
| 20 | エネルギー | 明かりがつくときのつなぎ方を調べよう        | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 21 | エネルギー | 電気を運す物をさがそう               | C  |                |        |        |        | ○          |   |
| 22 | エネルギー | じしゃくにつく物をさがそう             | C  |                |        |        |        | ○          |   |
| 23 | エネルギー | じしゃくのきょくのせいしつを調べよう        | A  |                |        |        |        |            | ○ |
| 24 | エネルギー | じしゃくにつけた鉄がじしゃくになっているか調べよう | C  |                |        |        |        | ○          |   |
| 25 | 粒子    | ねん土のおき方や形をかえて重さを調べよう      | D  |                |        |        |        | ○          |   |
| 26 | 粒子    | 体せきを同じにしてしおとさとうの重さをくらべよう  | D  |                |        |        |        | ○          |   |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-1に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。

### 3-1-2. 小学校第4学年について

第4学年では、教科書に掲載されている32の観察・実験等のうち、観察が15、実験が17であった(表2-6)。17の実験のうち、表2-3に示したCクラスターに分類される実験が15、Dクラスターに分類される定量的な実験が2であった。

そこで、Dクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「かん電池の数やつなぎ方を変えて電気のはたらきを調べよう」、「光電池に日光を当てて電気のはたらきを調べよう」では、従属変数としての「電気のはたらき」を簡易検流計を用いて測定するため、長谷川らの研究では定量的に解釈する実験に分類されたと推察される。しかし、ここでの指導にあたっては、簡易検流計を使って電流の強さや向きを測定するように指示したり、独立変数としての「乾電池の数やつなぎ方」、「光電池に当てる光の強さ」について、実験の要因や条件を詳細に説明したりする必要があることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のことから、第4学年では、32の観察・実験等の全てにおいて4QSの適用は適切でないと考えられる。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-6 X社の小学校第4学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号 | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル                 | 類型 | 因果関係がありそう      |        |        |        | 観察<br>仮説なし |                               |
|----|-------|-----------------------------|----|----------------|--------|--------|--------|------------|-------------------------------|
|    |       |                             |    | 4QSを用いて作業仮説を設定 |        |        |        |            | 4QSを用いないで<br>説明仮説・作業<br>仮説を設定 |
|    |       |                             |    | STEP 1         | STEP 2 | STEP 3 | STEP 4 |            |                               |
| 27 | 生命    | 木や動物のようすを観察しよう              | A  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 28 | 生命    | ヘチマを育てよう                    | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 29 | 地球    | 1日の気温の変わり方を調べよう             | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 30 | エネルギー | 電流の向きとモーターの回る向きを調べよう        | A  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 31 | エネルギー | かん電池2このつなぎ方を変えて自動車を走らせよう    | A  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 32 | エネルギー | かん電池の数やつなぎ方を変えて電気のはたらきを調べよう | D  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 33 | エネルギー | 光電池に日光を当てて電気のはたらきを調べよう      | D  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 34 | 生命    | うでやあしのつくりと動き方を調べよう          | A  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 35 | 生命    | いろいろな部分のほねやさん肉のつくりと動き方を調べよう | A  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 36 | 生命    | 動物の活動のようすを観察しよう             | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 37 | 生命    | 植物の成長のようすを観察しよう             | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 38 | 地球    | 時こくを変えて月の位置を調べよう            | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 39 | 地球    | 星の位置と星のならび方を調べよう            | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 40 | 生命    | 動物の活動のようすを観察しよう             | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 41 | 生命    | 植物の成長のようすを観察しよう             | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 42 | 粒子    | とじこめた空気をおして体積や手ごたえを調べよう     | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 43 | 粒子    | とじこめた水をおして体積を調べよう           | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 44 | 粒子    | 空気の温度を変えて体積の変わり方を調べよう       | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 45 | 粒子    | 水の温度を変えて体積の変わり方を調べよう        | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 46 | 粒子    | 金ぞくの温度を変えて体積の変わり方を調べよう      | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 47 | 粒子    | 水を熱したときのようすを調べよう            | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 48 | 粒子    | 湯気の正体をさぐる                   | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 49 | 粒子    | あわの正体をさぐる                   | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 50 | 粒子    | 水を冷やしたときのようすを調べよう           | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 51 | 粒子    | 入れ物の水がしぜんにじょう発するか調べよう       | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 52 | 粒子    | 空気中の水じょう気をつかまえよう            | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 53 | 生命    | 動物の活動のようすを観察しよう             | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 54 | 生命    | 植物のようすを観察しよう                | B  |                |        |        |        | ○          |                               |
| 55 | 粒子    | 金属のあたたまり方を調べよう              | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 56 | 粒子    | 水を熱したときの動きを調べよう             | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 57 | 粒子    | 空気のあたたまり方を調べよう              | C  |                |        |        | ○      |            |                               |
| 58 | 生命    | 動物や植物のようすを観察しよう             | B  |                |        |        |        | ○          |                               |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-1に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。

### 3-1-3. 小学校第5学年について

第5学年では、教科書に掲載されている25の観察・実験等のうち、観察が8、実験が17であった(表2-7)。17の実験のうち、表2-3に示したCクラスターに分類される実験が5、Dクラスターに分類される定量的な実験が6、Eクラスターに分類される定性的な実験が6であった。

そこで、まず、Dクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「ふりこの1往復する時間を調べよう」、「電じしゃくのはたらきはどのようにすると大きくなるか調べよう」では、表2-7に示したように、従属変数と独立変数の抽出が可能であるとともに、身に付けている知識や概念を基に仮説を立て、それを検証するための要因となる独立変数を制御したり、従属変数の変化を捉え解釈したりすることが期待されることから、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「水にとかず前と水にとかした後の食塩の重さを調べよう」、「水にとける食塩の量を調べよう」、「水の量や温度を変えて水にとける食塩の量を調べよう」、「ホウ酸のとけ方を調べよう」については、従属変数としての「物(食塩やホウ酸)の重さに水の重さを加えた全体の重さ」を、はかりを用いて数値化するため、長谷川らの研究では定量的に解釈する実験に分類されたと推察される。しかし、ここでの指導にあたっては、独立変数としての「水の量や温度」、「物(食塩やホウ酸)の重さ」を、教授された実験の条件に従って所定の手順で実験を行い、得られた結果(従属変数)を記録することに主眼を置いていることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

次に、Eクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「発芽に水が必要かを調べよう」、「温度や空気と発芽の関係を調べよう」、「植物が成長する条件を調べよう」、「花粉のはたらきを調べよう」、「土地のかたむきや水の量を変えて流れる水のはたらきを調べよう」では、表2-7に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「食塩水をじょう発させて食塩をとり出せるか調べよう」については、教授された所定の手順で実験を行い、得られた結果（従属変数）を定性的に捉えさせることに主眼を置いていることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のことから、第5学年では、25の観察・実験等のうち、7つの実験において4QSの適用は可能であると考えられる。



第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-7 X社の小学校第5学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号 | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル                    | 類型 | 因果関係がありそう      |                 |                     |               | 4QSを用いないで説明仮説・作業仮説を設定 | 観察 |
|----|-------|--------------------------------|----|----------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------------|----|
|    |       |                                |    | 4QSを用いて作業仮説を設定 |                 |                     |               |                       |    |
|    |       |                                |    | STEP 1         | STEP 2          | STEP 3              | STEP 4        |                       |    |
| 59 | 地球    | 雲のようすと天気の変化を調べよう               | C  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 60 | 地球    | 天気を観察して気象情報と比べよう               | C  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 61 | 生命    | 発芽に必要なかを調べよう                   | E  | 種子の発芽          | 水               | 水の有無                | 種子の発芽のようすを調べる |                       |    |
| 62 | 生命    | 温度や空気と発芽の関係を調べよう               | E  | 種子の発芽          | 温度・空気           | 温度・空気を変える           | 種子の発芽のようすを調べる |                       |    |
| 63 | 生命    | 発芽する前と後の種子を調べよう                | C  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 64 | 生命    | 植物が成長する条件を調べよう                 | E  | インゲンマメの成長      | 肥料・日光           | 肥料・日光の有無            | 葉の枚数・茎の長さ     |                       |    |
| 65 | 生命    | たまごが変化するようすを観察しよう              | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 66 | 生命    | 水そうや池などの水を観察してメダカの食べものを調べよう    | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 67 | 生命    | 花のつくりを観察しよう                    | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 68 | 生命    | おしべの先にある粉を観察しよう                | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 69 | 生命    | 花粉のはたらきを調べよう                   | E  | 実ができるかどうか      | 花粉              | 花粉の有無               | 実のつき方を調べる     |                       |    |
| 70 | 地球    | 台風の影響と天気の変化を調べよう               | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 71 | 地球    | 枝葉に水を流して地面のようすを調べよう            | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 72 | 地球    | 土のかたむきや水の量を量えて流れる水のはたらきを調べよう   | E  | 土のけずられ方        | 土地のかたむき・水の量     | 土地のかたむき・水の量を変える     | 土のけずられ方を調べる   |                       |    |
| 73 | 地球    | わたしたちの住まいを流れる川を調べよう            | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 74 | エネルギー | ふりこの1往復する時間を調べよう               | D  | ふりこの1往復する時間    | 糸の長さ・振り幅・おもりの重さ | 糸の長さ・振り幅・おもりの重さを変える | ストップウォッチで測定する |                       |    |
| 75 | 生命    | 子宮の中での子どもの育ち方を調べよう             | A  |                |                 |                     |               |                       | ○  |
| 76 | 粒子    | 水にとけずる食塩と水にとけた後の食塩の重さを調べよう     | D  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 77 | 粒子    | 水にとける食塩の量を調べよう                 | D  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 78 | 粒子    | 水の量や温度を変えて水にとける食塩の量を調べよう       | D  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 79 | 粒子    | 食塩水をじょうろさせて食塩をとり出せるかを調べよう      | E  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 80 | 粒子    | おウロのつけ方を調べよう                   | D  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 81 | 粒子    | おウロが出てきた液を冷やそう                 | C  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 82 | エネルギー | 磁じしゃくの性質とはたらきを調べよう             | C  |                |                 |                     |               | ○                     |    |
| 83 | エネルギー | 磁じしゃくのはたらきはどのようにすると大きくなるかを調べよう | D  | 磁じしゃくの強さ       | コイルの巻き数・鉄心の種類   | コイルの巻き数・鉄心の種類を変える   | クリップがくっつく数    |                       |    |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-1に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。さらに, 4QSの適用が可能であると判断した実験については, その適用の仕方を具体的に示す。

### 3-1-4. 小学校第6学年について

第6学年では、教科書に掲載されている26の観察・実験等のうち、観察が8、実験がであった(表2-8)。の実験のうち、表2-3に示したAクラスターに分類される実験が1、Cクラスターに分類される実験が8、Dクラスターに分類される定量的な実験が4、Eクラスターに分類される定性的な実験が5であった。

そこで、まず、Dクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「てこが水平につり合うときのきまりを調べよう」、「コンデンサーに電気をためて使おう」、「太さのちがう電熱線に電流を流して発熱のちがいを調べよう」では、表2-8に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「植物が酸素を出しているか調べよう」については、「植物に日光が当たると、二酸化炭素をとり入れて酸素を出す」といった、因果関係を有する自然事象であり、従属変数としての「酸素と二酸化炭素の体積の割合」の変化を定量的に捉えさせる実験であるものの、独立変数としての「日光」の有無について所定の手順で実験を行い、得られた結果(従属変数)を記録することに主眼を置いていることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

次に、Eクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「集気びんの中でろうそくを燃やし続ける方法を調べよう」、「だ液がでんぷんを変化させるか調べよう」、「葉に日光が当たるとでんぷんができるか調べよう」では、表2-8に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「根からとり入

## 第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

れた水のゆくえを調べよう」については，教授された実験の要因や条件に従って所定の手順で実験を行い，得られた結果（従属変数）を記録することに主眼を置いていることから，4QSの適用は適切でないと判断した。また，「おもりを持ち上げたときの手ごたえを調べよう」については，独立変数としての「力を加える位置」や「力の大きさ」を制御する実験であるものの，手ごたえ（体感）を基にしながら重さの違いを比較する活動を重視していることから，4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のことから，第6学年では，26の観察・実験等のうち，6つの実験において4QSの適用は可能であると考えられる。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-8 X社の小学校第6学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号  | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル                  | 類型 | 因果関係がありそう        |                   |                         |                       | 4QSを用いないで<br>説明設定・作業<br>仮説を設定 | 観察<br>仮説なし |
|-----|-------|------------------------------|----|------------------|-------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------|
|     |       |                              |    | 4QSを用いて作業仮説を設定   |                   |                         |                       |                               |            |
|     |       |                              |    | STEP 1           | STEP 2            | STEP 3                  | STEP 4                |                               |            |
| 84  | 粒子    | 集気びんの中でろうそくを燃やし続ける方法を調べよう    | E  | ろうそくが燃え続ける<br>時間 | 空気                | 空気の通り道                  | ストップウォッチで<br>測定する     |                               | ○          |
| 85  | 粒子    | 数を数えずはたらきのある気体を調べよう          | A  |                  |                   |                         |                       |                               |            |
| 86  | 粒子    | ろうそくが燃える前と燃えた後の空気を調べよう       | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 87  | 粒子    | ろうそくが燃える前と燃えた後の気体の体積の割合を調べよう | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 88  | 生命    | はき出した空気は暖かい空気と違うか調べよう        | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 89  | 生命    | だ液ででんぷんを変化させるか調べよう           | E  | でんぷんがあるか<br>どうか  | だ液                | だ液の有無                   | ヨウ素ででんぷん反応を<br>調べる    |                               |            |
| 90  | 生命    | 食塩の通り道を調べよう                  | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 91  | 生命    | 森に日光が当たるとでんぷんができるか調べよう       | E  | でんぷんができるか<br>どうか | 日光                | 日光の有無                   | ヨウ素ででんぷん反応を<br>調べる    |                               |            |
| 92  | 生命    | 根からとり入れた水のゆくえを調べよう           | E  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 93  | 生命    | 植物が養分を出しているか調べよう             | D  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 94  | 生命    | 人の食べ物のもとを調べよう                | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 95  | 地球    | 太陽と月について調べよう                 | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 96  | 地球    | 日ばつ直後の月の形と位置を調べよう            | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 97  | 地球    | ボールに光を当てて月の形が変わって見える理由を調べよう  | A  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 98  | 地球    | 土を水の中に流しこんで調べることができるか調べよう    | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 99  | 地球    | 埃塵を調べよう                      | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 100 | エネルギー | おもりを持ち上げたときの手の力を調べよう         | E  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 101 | エネルギー | てこが水平につり合うときのまわりを調べよう        | D  | てこをかたむける<br>はたらき | 力を加える位置・<br>力の大きさ | 力を加える位置・<br>力の大きさを受える   | てこが水平につり合うか<br>どうか調べる |                               |            |
| 102 | 粒子    | 5つの水より酸のちがいを調べよう             | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 103 | 粒子    | 赤よう液をリトマス紙につけて色の変化を調べよう      | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 104 | 粒子    | 金属にうすい塩酸を注ぐとどうなるか調べよう        | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 105 | 粒子    | 塩酸にとけた物をとり出そう                | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 106 | 粒子    | 液を蒸発させて出てきた固体の性質を調べよう        | C  |                  |                   |                         |                       | ○                             |            |
| 107 | エネルギー | 手回し発電機で電気をつくらう               | A  |                  |                   |                         |                       |                               | ○          |
| 108 | エネルギー | コンデンサーに電気をためて使おう             | D  | ためた電気の量          | 手回し発電機            | 手回し発電機を回す速さ・<br>回転数を調べる | LEDの発光時間を<br>測定する     |                               |            |
| 109 | エネルギー | 太さのちがう電熱線に電流を流して発熱のちがいを調べよう  | D  | 発熱のしかた           | 電熱線の太さ            | 電熱線の太さを調べる              | 水の温度を温度計で<br>測定する     |                               |            |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-1に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。さらに, 4QSの適用が可能であると判断した実験については, その適用の仕方を具体的に示す。

### 3-2. 中学校の観察・実験等における4QSの適用の可能性

#### 3-2-1. 中学校第1学年について

第1学年では、教科書に掲載されている30の観察・実験等のうち、観察が9、実験が21であった(表2-9)。21の実験のうち、表2-4に示したAクラスターに分類される実験が5、Cクラスターに分類される実験が1、Eクラスターに分類される定量的な実験が2、Fクラスターに分類される条件制御を伴う実験が13であった。

そこで、まず、Eクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「力の大きさとばねののびの関係」では、表2-9に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「赤ワインを熱して出てくる物質」については、教授された実験の要因や条件に従って所定の手順で実験を行い、得られた結果(従属変数)を記録することに主眼を置いていることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

次に、Fクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「光合成と二酸化炭素の関係」、「蒸散と吸い上げられる水の量の関係」、「水圧の大きさやはたらく向き」、「浮力の大きさを決めるもの」では、表2-9に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「水にとける物質のようす」、「水にとけた物質をとり出す」、「ロウが状態変化するときの体積変化や質量の変化」、「エタノールが沸騰するときの温度」、「鏡に当たった光の進む道筋」、「透明な物体に出入りする光の道筋」、「凸レンズによってできる像」、「音の大小

## 第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

や高低と物体の振動との関係」, 「地震のゆれの広がり」については, 教授された実験の要因や条件に従って所定の手順で実験を行い, 得られた結果(従属変数)を記録することに主眼を置いていることから, 4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のことから, 第1学年では, 30の観察・実験等のうち, 5つの実験において4QSの適用は可能であると考えられる。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-9 X社の中学校第1学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号 | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル             | 類型 | 因果関係がありそう      |           |           |              | 4QSを用いないで<br>説明段階・作業<br>仮説を設定 | 観察なし |
|----|-------|-------------------------|----|----------------|-----------|-----------|--------------|-------------------------------|------|
|    |       |                         |    | 4QSを用いて作業仮説を設定 |           |           |              |                               |      |
|    |       |                         |    | STEP 1         | STEP 2    | STEP 3    | STEP 4       |                               |      |
| 1  | 生命    | 校庭や学校周辺の生物              | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 2  | 生命    | 水中の小さな生物                | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 3  | 生命    | いろいろな植物の花のつくり           | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 4  | 生命    | 葉のつくり                   | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 5  | 生命    | 光合成が行われている場所            | C  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 6  | 生命    | 光合成と二酸化炭素の関係            | F  | 二酸化炭素の量        | 光         | 光の有無      | 石灰水の反応を調べる   |                               |      |
| 7  | 生命    | 葉遣と根い上げられる水の量の関係        | F  | 根い上げられる水の量     | ワセリンをぬった葉 | ワセリンのぬり方  | メスシリンダーで測定する |                               |      |
| 8  | 生命    | 根と茎のつくり                 | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 9  | 生命    | シダ植物のからだのつくりと働き         | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 10 | 粒子    | 金属と金属でない物質の区別           | A  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 11 | 粒子    | 白い粉末の区別                 | A  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 12 | 粒子    | プラスチックの区別               | A  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 13 | 粒子    | 二酸化炭素と酸素の区別             | A  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 14 | 粒子    | 水にとける物質のようす             | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 15 | 粒子    | 水にとけた物質をとり出す            | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 16 | 粒子    | ろうが状物質をはずすときの体積変化や質量の変化 | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 17 | 粒子    | エタノールが揮発するときの温度         | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 18 | 粒子    | 赤ワインを熱して出てくる物質          | E  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 19 | エネルギー | 鏡に当たった光の進む道筋            | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 20 | エネルギー | 透明な物体に出入りする光の道筋         | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 21 | エネルギー | 凸レンズによってできる像            | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 22 | エネルギー | 音の大小や音程と物体の振動との関係       | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 23 | エネルギー | 力の大きさとばねののびの関係          | E  | ばねののび          | 力の大きさ     | おもりの数を変える | ばねののびを測定する   |                               |      |
| 24 | エネルギー | 水圧の大きさやはたらく向き           | F  | 水圧の大きさ         | 水深        | 水深を変える    | ゴム膜のへこみ方を調べる |                               |      |
| 25 | エネルギー | 浮力の大きさを決めるもの            | F  | 浮力の大きさ         | 物体の質量・体積  | 質量・体積を変える | ばねばかりで測定する   |                               |      |
| 26 | 地球    | 火山口の観察                  | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 27 | 地球    | 火成岩のつくり                 | B  |                |           |           |              |                               | ○    |
| 28 | 地球    | 地層のゆれの正がり               | F  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 29 | 地球    | 堆積岩のつくり                 | A  |                |           |           |              | ○                             |      |
| 30 | 地球    | 地層の観察                   | D  |                |           |           |              |                               | ○    |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-2に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。さらに, 4QSの適用が可能であると判断した実験については, その適用の仕方を具体的に示す。

### 3-2-2. 中学校第2学年について

第2学年では、教科書に掲載されている25の観察・実験等のうち、観察が4、実験が21であった（表2-10）。21の実験のうち、表2-4に示したAクラスターに分類される実験が6、Cクラスターに分類される実験が2、Dクラスターに分類される実験が3、Eクラスターに分類される定量的な実験が3、Fクラスターに分類される条件制御を伴う実験が7であった。

そこで、まず、Eクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「電圧を変化させたときの電流の大きさ」、「電熱線の発熱量を決めるもの」では、表2-10に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「金属を熱したときの物質の変化」については、独立変数としての「金属の質量」を所定の手順で変化させる実験であることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

次に、Fクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「コイルと磁界で電流をつくりだす条件」、「雲のでき方」では、表2-10に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「物質が化学変化する前と後の質量を比べる」、「いろいろな化学変化による温度変化」、「直列回路と並列回路を流れる電流」、「直列回路と並列回路に加わる電圧」については、因果関係を有する自然事象であり、従属変数が定量的なデータであるものの、教授された実験の要因や条件に従って所定の手順で実験を行い、得られた結果（従属変数）を記録することに主眼を置いていることから、4QS



## 第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

の適用は適切でないと判断した。また、「湿度が100%になる温度」については、自然事象の性質を操作的に定義し、検証的に実験を行わせることに主眼を置いていることから、4QSの適用は適切でないと判断した。

なお、Dクラスターに分類された「だ液によるデンプン溶液の変化」の実験は、小学校第6学年「だ液がでんぷんを変化させるか調べよう」(Eクラスター)における解釈や条件の制御をより具体化・高度化させたものであることから、4QSの適用は可能であると判断した。

以上のことから、第2学年では、25の観察・実験等のうち、5つの実験において4QSの適用は可能であると考えられる。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-10 X社の中学校第2学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号 | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル         | 類型 | 因果関係がありそう      |           |                      |                       | 観察<br>反応なし |                               |
|----|-------|---------------------|----|----------------|-----------|----------------------|-----------------------|------------|-------------------------------|
|    |       |                     |    | 4QSを用いて作業仮説を設定 |           |                      |                       |            | 4QSを用いないで<br>獨特な観・作業<br>仮説を設定 |
|    |       |                     |    | STEP 1         | STEP 2    | STEP 3               | STEP 4                |            |                               |
| 31 | 粒子    | 硫酸水素ナトリウムを熱したときの変化  | A  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 32 | 粒子    | 水に電流を流したときの変化       | A  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 33 | 粒子    | 鉄と納鉄の結びつき           | A  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 34 | 粒子    | 化学変化を原子・分子のモデルで表す   | D  |                |           |                      |                       |            | ○                             |
| 35 | 粒子    | 鉄を熱やしたときの変化         | A  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 36 | 粒子    | 酸化銅から銅を取り出す         | A  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 37 | 粒子    | 物質が化学変化する前後の質量を比べる  | F  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 38 | 粒子    | 金属を熱したときの物質の変化      | E  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 39 | 粒子    | いろいろな化学変化による密度変化    | F  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 40 | 生命    | 植物と動物の細胞のつくり        | B  |                |           |                      |                       |            | ○                             |
| 41 | 生命    | だ液によるゼンブン液の変化       | D  | ゼンブン液の変化       | だ液        | だ液の有無                | ヨウ素液・ペニンクト液<br>の反応を観る |            |                               |
| 42 | 生命    | 菌糸の成長               | D  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 43 | 生命    | 刺激に対する反応            | D  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 44 | 生命    | 無セオツイ動物のからだのつくりや働き方 | B  |                |           |                      |                       |            | ○                             |
| 45 | エネルギー | 直列回路と並列回路を通れる電流     | F  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 46 | エネルギー | 直列回路と並列回路に加わる電圧     | F  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 47 | エネルギー | 電圧を変化させたときの電流の大きさ   | E  | 電流の大きさ         | 電熱線に加わる電圧 | 電圧を変える               | 電流計で測定する              |            |                               |
| 48 | エネルギー | 電熱線の発熱量を決めるもの       | E  | 水の温度の上昇        | 電力の大きさ    | 電流を流す時間を変える          | 温度計で測定する              |            |                               |
| 49 | エネルギー | コイルを通れる電流がつくる磁界     | C  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 50 | エネルギー | 磁界の中に置いた導線に電流を流す    | C  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 51 | エネルギー | コイルと磁界で電流をつくり出す条件   | F  | 電流の発生          | コイルの中の導線石 | 導線石を動かす向きと<br>向きを変える | 検流計で測定する              |            |                               |
| 52 | エネルギー | 静電気が生じる条件とそのはたらき    | A  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 53 | 地球    | 学校内の気象観測            | F  |                |           |                      |                       |            | ○                             |
| 54 | 地球    | 湿度が100%になる湿度        | F  |                |           |                      |                       | ○          |                               |
| 55 | 地球    | 雲のでき方               | F  | 空気温度           | 気圧        | 気圧を変える               | 湿度計で測定する              |            |                               |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-2に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。さらに, 4QSの適用が可能であると判断した実験については, その適用の仕方を具体的に示す。

### 3-2-3. 中学校第3学年について

第3学年では、教科書に掲載されている25の観察・実験等のうち、観察が12、実験が13であった(表2-11)。13の実験のうち、表2-4に示したAクラスターに分類される実験が4、Cクラスターに分類される実験が1、Eクラスターに分類される定量的な実験が2、Fクラスターに分類される条件制御を伴う実験が6であった。

そこで、まず、Eクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「斜面を下る台車の運動」、「小球のもつエネルギーと木片に衝突したときにする仕事」では、表2-11に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。

次に、Fクラスターに分類された実験について「再検討」を加えた。その結果、「物体のもつエネルギーの変化」では、表2-11に示したように、4QSの適用は可能であると判断した。その一方で、「電解質の水溶液と金属板で電流が取り出せるか調べよう」、「台車のいろいろな運動の記録」、「向きが異なる2つの力の合力」、「滑車やてこを使ったときの仕事の大きさ」、「エネルギーの移り変わり」については、得られる結果(従属変数)が明確であり、独立変数を制御しながら仮説を検証する科学的な探究活動は可能であるものの、教授された実験の要因や条件に従って所定の手順で実験を行うため、4QSの適用は適切でないと判断した。

以上のことから、第3学年では、25の観察・実験等のうち、3つの実験において4QSの適用は可能であると考えられる。

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

表2-11 X社の中学校第3学年の理科教科書に掲載されている全ての観察・実験等における4QSの適用の可能性

| 番号 | 概念の柱  | 観察・実験等のタイトル               | 類型 | 因果関係がありそう      |                   |                    |                    | 4QSを用いないで説明板説・作業板説を改良 | 観察<br>板説なし |
|----|-------|---------------------------|----|----------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|------------|
|    |       |                           |    | 4QSを用いて作業板説を設定 |                   |                    |                    |                       |            |
|    |       |                           |    | STEP 1         | STEP 2            | STEP 3             | STEP 4             |                       |            |
| 56 | 粒子    | 物質を水にとかしたときに電流が流れるか       | A  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 57 | 粒子    | 塩化銅水溶液の電気分解               | A  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 58 | 粒子    | 蓄電池の水溶液と金属板で電流が取り出せるか調べよう | F  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 59 | 粒子    | 酸性、アルカリ性の水溶液の性質           | A  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 60 | 粒子    | イオンの移動                    | A  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 61 | 粒子    | 酸とアルカリの水溶液を混ぜ合わせる         | C  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 62 | 生命    | 細胞分裂のようす                  | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 63 | 生命    | 花粉管のびるようす                 | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 64 | 生命    | 遺伝子の組み合わせ                 | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 66 | エネルギー | 台車のいろいろな運動の記録             | F  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 68 | エネルギー | 斜面を下る台車の運動                | E  | 台車にはたらく力       | 斜面の傾き             | 斜面の傾きを変える          | ばねばかりと記録タイマーで測定する  |                       |            |
| 67 | エネルギー | 向きが異なる2つの力の合力             | F  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 69 | エネルギー | 物体のもつエネルギーの変化             | F  | 物体のもつエネルギーの大きさ | 物体の質量・速さ          | 物体の質量・速さを変える       | 熱いた物体の数・機見速度計で測定する |                       |            |
| 69 | エネルギー | 小球のもつエネルギーと木片に衝突したときにする仕事 | E  | 力学的エネルギーの大きさ   | 小球の高さ・質量<br>斜面の傾き | 小球の高さ・質量・斜面の傾きを変える | 木片の移動距離を測定する       |                       |            |
| 70 | エネルギー | 斜面をてこを使ったときの仕事の大きさ        | F  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 71 | 地球    | 太陽の表面のようす                 | B  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 72 | 地球    | 太陽の1日の動き                  | C  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 72 | 地球    | 星の1日の動き                   | C  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 74 | 地球    | 地球の公転と見える星座の関係            | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 75 | 地球    | 季節による昼と夜の長さの変化            | C  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 76 | 地球    | 月の形と位置                    | C  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 77 | エネルギー | エネルギーの移り変わり               | F  |                |                   |                    |                    | ○                     |            |
| 78 | 生命    | 身近な自然環境の調査                | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 79 | 生命    | 身近な自然の恵みと自然災害             | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |
| 80 | 生命    | 自然環境の保全と科学技術の利便           | D  |                |                   |                    |                    |                       | ○          |

注) 番号, 観察・実験等のタイトル, 類型は表2-2に対応する。概念の柱は, 「エネルギー」, 「粒子」, 「生命」, 「地球」を柱とした内容の構成に基づいて分類した。表中の「○」は, 図2-1に即した検討の結果を示す。さらに, 4QSの適用が可能であると判断した実験については, その適用の仕方を具体的に示す。

#### 4. 本章のまとめ

本章では、長谷川らの観察・実験等の類型に基づいて、小・中学校の理科教科書（X社）に掲載されている全ての観察・実験等について、因果関係の有無の観点から検討を行い、4QSの適用が可能かどうかを明確にするとともに、適用の仕方を具体的に示すことを目的とした。

その結果、長谷川らの観察・実験等の類型は、4QSへの適用という観点から見ると、いずれの校種においても「4QSを用いて作業仮説を設定」、「4QSを用いないで説明仮説・作業仮説を設定」、「仮説なし」という3つのカテゴリーに集約することができた。そして、4QSの適用は、第5学年以降における条件の制御を伴う実験において、最も効果が期待できることが明確になった。また、因果関係を有する事象であっても、条件の制御を伴わない実験や、因果関係を想定していない事物の観察においては、4QSの適用は適切でないことも明確になった。

本章で得られた知見は、問題解決の能力や科学的な探究の能力を育成する理科授業を構想する際の基礎資料となることが期待される。

以上のことから、本章では、自然事象から同定した変数を因果関係として認識させ、仮説を文章で表現させる指導方略である4QSの適用の可能性について検討することができた。次章では、4QSの適用が可能であると判断された実験において、授業実践及び質問紙調査を試み、認知的側面（現象を科学的に説明する能力、及び科学的な知識の理解）に与える効果を検証する。

## 注

ここでは、本研究で分析の対象としたX社の小・中学校の理科教科書には、観察・実験の他に調査や実習も含まれるため、観察・実験等と表記した。

## 引用文献

- 1) 文部省 (1999) 「小学校学習指導要領」.
- 2) 文部科学省 (2008) 「小学校学習指導要領」.
- 3) Commission on Science Education of American Association for the Advancement of Science (1963). Science-A Process Approach commentary for teachers, AAAS/XEROX Corporation, pp.122-131.
- 4) 国立教育政策研究所 (2013) 「社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則」『平成24年度プロジェクト研究調査研究報告書 教育課程の編成に関する基礎的研究報告書5』 pp.26-30.  
( <http://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/Houkokusho-5.pdf> )  

【最終アクセス：2014年12月24日】
- 5) 後藤顕一 (2014) 「理科における問題解決の資質・能力, 科学的な探究の能力とは何か」『理科の教育』63(11), 東洋館出版社, pp.723-726.
- 6) 吉山泰樹・小林辰至 (2011) 「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化ー中学校理科教

科書に掲載されている観察・実験等について－』『理科教育学研究』第52巻，第1号，pp.107-119.

- 7) 吉山泰樹・小松武史・稲田結美・小林辰至(2012)「プロセス・スキルズの観点からみた観察・実験等の類型化(2)－小学校理科教科書に掲載されている観察・実験等について－』『理科教育学研究』第52巻，第3号，pp.179-190.

- 8) 長谷川直紀・吉田裕・関根幸子・田代直幸・五島政一・稲田結美・小林辰至(2013)「小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化とその探究的特徴－プロセス・スキルズを精選・統合して開発した『探究の技能』に基づいて－』『理科教育学研究』第54巻，第2号，pp.225-247.

- 9) 国立教育政策研究所(2012)「平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】報告書」pp.18-19.

([http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou\\_houkokusho.htm](http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/03shou_houkokusho.htm))

【最終アクセス：2014年12月19日】

- 10) 国立教育政策研究所(2012)「平成24年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書」pp.18-21.

([http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/04chuu\\_houkokusho.htm](http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/04chuu_houkokusho.htm))

【最終アクセス：2014年12月19日】

- 11) R. Martin, S. Colleen & J. Gerlovich(2005). Teaching Science for All Children 3rd ed, Pearson/ Allyn & Bacon, pp.16-21.

第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

- 12) Cothron, J. H., Giese, R. N., & Rezba, R. J. (2000). Science Experiments and Projects for Students, Kendall/Hunt Publishing Company, pp. 21-35.
- 13) 小林辰至・永益泰彦 (2006) 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望－小学校教員指導学生の子ども頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価－」『科学教育研究』第30巻, 第3号, pp. 185-193.
- 14) 山田貴之・寺田光宏・長谷川敦司・稲田結美・小林辰至 (2014) 「児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果－第6学年『ものの燃え方と空気』を事例として－」『理科教育学研究』第55巻, 第2号, pp. 219-229.
- 15) 金子健治・小林辰至 (2010) 「The Four Question Strategy (4QS) を用いた仮説設定の指導が素朴概念の転換に与える効果－質量の異なる台車の斜面上の運動の実験を例として－」『理科教育学研究』第50巻, 第3号, pp. 67-76.
- 16) 金子健治・小林辰至 (2011) 「The Four Question Strategy (4QS) に基づいた仮説設定の指導がグラフ作成能力の習得に与える効果に関する研究」『理科教育学研究』第51巻, 第3号, pp. 75-83.
- 17) 前掲書 8)
- 18) 前掲書 9)
- 19) 前掲書 10)
- 20) 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, p. 23.



第2章 小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における4QSの適用の可能性

21) 同書, p. 22.

### 参考文献

- ・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.