

第4章 理科・技術科・数学科の統合カリキュラム開発

第1節 算数・数学教育の立場から

二宮裕之 (埼玉大学)
日野圭子 (宇都宮大学)
國宗 進 (静岡大学)

1. はじめに

(1) 本研究の目的

本研究は、理科、技術、数学の統合カリキュラム策定を目指している。本稿は、「技術的素養の育成」を目指した授業を対象にして、そこでの問題解決プロセスを算数・数学教育の視点から分析し、科学、技術、数学の総合カリキュラム開発に資することを目的とする。

この課題研究は、プロジェクト2061の取り組みの意義(AAAS,1989)をとらえ、日本の教育の現状を踏まえて、理科、技術、数学3者の統合カリキュラムの構成原理や方法を検討することを目指している。はじめに、3者それぞれの特徴や教育の現状等を共有するために、演繹的体系としての数学、算数・数学科における問題解決の過程等、算数・数学学習に固有な特徴を明らかにする。また、算数・数学教育の側から、統合カリキュラムの構想に向けた基本的な考え方を内容領域(数と式、図形、数量関係)ごとに述べ、続いて、小学校理科教科書を分析した結果とそこからの課題をまとめる。更に、技術的素養の育成を目指した授業を対象にして、そこでの問題解決プロセスを算数・数学教育の視点から分析する。そして、算数・数学の内容/方法の両側面から検討を行うことで、理科、技術、数学の統合カリキュラム開発への視座を見いだすことを目的とする。

(2) 算数・数学学習の特徴

理科、技術、数学の統合カリキュラム策定を目指す前提として、本小節では3者それぞれの特徴や教育の現状等を共有するために、算数・数学学習の特徴を述べる。

1) 演繹的体系、構造

現代数学の特徴は、公理とよばれるいくつかの命題を前提にして他の命題を証明し演繹的体系として構成するという点にある。この意味での数学の始まりは、古代ギリシャにおける幾何学である。それはエウクレイデス(B.C.300頃)の『原論』としてまとめられた。

20世紀には、数や図形が、より根源的で一般的な「構造」としてとらえられるようになる。例えば「実数」は、体という代数構造、線形順序構造をもち、ユークリッド的距離が入った位相構造をもつ、一次元ユークリッド空間として定義される。この「方法論的道具は古代ギリシャで生まれた公理論的方法であった」(佐々木, 2001)。演繹的体系は、位相構造や代数構造として現代数学における基礎になっている。

2) 対話や討論における前提

上述のような演繹的体系としての幾何学がギリシャで興ったのは、ギリシャ人が形成した都市国家ポリスにおける民主的な政治形態がその基にあったといわれている。民主主義を支える対話や

討論においては、自分の主張の根拠を明らかにしそれに基づいて論理的に結論を導かねばならず、これが「演繹的体系」を生む土壌であった。数学の特徴である「演繹的体系」は、民主主義社会を支えるものとして今から 2,300 年も前に幾何学として誕生したといえることができる。

ここに、現代の学校教育における算数・数学学習の意義を見ることが出来る。

3) 数学学習と算数学習との違い

「演繹的体系」の一つのモデルとして、中学校第 2 学年から始まる図形の論証に関する内容が挙げられる。そこでは、平行線の性質と条件、及び三角形の合同条件とが、「公理」に当たるものとして位置付けられている。それらを前提として、(直観的な扱いで通過せざるをえない部分もあるものの) 演繹的推論によって論を進めていく。

一方、算数学習において、「筋道立てて考える」ことは大変重視されているが、推論を進める上での前提は明示的に示されるのではなく、判断の根拠も具体的操作の結果であることが多い。例えば、「3 つの角の部分の部分を切って集めたら一直線に並んだ」ので「三角形の角の和は 180° である」と結論づける。

また算数科では、帰納的推論によって一般的な主張をする方法が中心である。中学校第 2 学年以降の学習指導では、文字式による証明や図形の論証によって、性質等が一般的にいえることを演繹的に示すことになる。

4) 算数・数学科における問題解決

算数・数学科における問題解決の授業については、数学者ポリア (邦訳 1954) が自らの思考行動を対象に考察して得た次の 4 つの過程が、そのモデルとしてよく使われる。

問題を理解すること / 計画をたてること / 計画を実行すること / ふり返ってみること

また我が国では、相馬 (1997) が、次の 5 つの過程からなる「問題解決の授業」の重要性を主張し、よく引用されている。;

問題を理解する / 予想する / 課題をつかむ / 課題を解決する / 問題を解決する

5) 算数・数学科における指導内容

イギリスの Cockcroft 報告; Mathematics Counts (1982) では、学校での数学学習は、全ての子どもにとって英語学習と共に、多くの人々によって本質的であると見なされていると断言し、その存在意義として、「数学は役に立つ」「数学はコミュニケーションの強力な手段である」という 2 点をあげている。そして、義務教育である中等教育終了段階において生徒が達成すべき数学基礎項目として、「数、お金、百分率、電卓の使用、時間、測定、グラフや絵による表現、空間概念、比と比例、統計的な考え」の 10 項目を挙げている。

イギリスではまた、2002 年 9 月から実施されている 1999 年版国家カリキュラム (DfEE) において、各領域の記述の冒頭に、「数学を利用し応用すること」が「問題解決 / コミュニケーション / 数学的推論」の 3 つの柱立てで共通に述べられている。

アメリカの NCTM のスタンダード 2000 では、「問題解決 / 推論と証明 / コミュニケーション / つながり / 表現」の 5 つの過程スタンダードが挙げられている。

プロジェクト 2061 報告書では、「特に実用性があり、全体としてほとんどすべての人間活動において重要な役割を果たす」基本的な数学的概念として、「数、記号の関係、形、不確実性、データの要約、標本抽出、推論」の 7 項目を挙げている。

一方、日本の教育課程に関する議論は、算数・数学の内容が中心になりがちであるが、数学的探究活動（長崎・国宗他, 1997）や、能力形成という点からの研究も行われている。

長崎他（2005）は、小中高校の算数・数学科の指導内容を「算数・数学の内容」「算数・数学の能力・技能」「算数・数学の姿勢・態度」の3つの面から検討し、育成すべき能力として、「帰納的・類比的に考える能力／演繹的に考える能力／多様に考える能力／数学的コミュニケーション能力」等々を挙げている。

なお、中原（1998）は、カリキュラム構成上の目的原理として、「人間主義、実用主義、文化主義」をあげている。

2. 数学的リテラシーに関する理論的考察

理科、技術、数学の総合カリキュラム開発を目指す本研究を進めるにあたって、数学的リテラシーに関する考察を行っておきたい。なぜなら、総合カリキュラムでは、数学が果たす役割を理解し、数学的根拠に基づいて思考し、判断を行っていく力の育成が求められるためである。このような力は、まさに、数学的リテラシーとして昨今盛んに議論がされている力でもある。ここでは、数学的リテラシーの中身に加え、リテラシー構築に向けての授業のあり方にも触れる。

(1) 数学的リテラシーに関する先行研究

ここでは、我が国の学習指導要領の位置づけに近い国家カリキュラムをもつイギリス、科学的リテラシーの策定で先んずるアメリカ、そして国内の、主な先行研究等を検討する。

なお、PISA 調査（2004）に関しては、定義と8つの能力を以下に記しておく。

・数学的リテラシーの定義

「数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在及び将来の個人の生活、職業生活、友人や家族や親族との社会生活、建設的で関心を持った思慮深い市民としての生活において確実な数学的根拠にもとづき判断を行い、数学に携わる能力」

・数学化の過程に関わる8つの能力

「思考と推論、論証、コミュニケーション、モデル化、問題設定と問題解決、表現、記号による式や公式を用いる演算を行うこと、テクノロジーを含む道具を用いること」

1) イギリスの国家カリキュラム

Cockcroft 報告: Mathematics Counts(1982)では、学校での数学学習の存在意義として、「数学は役に立つ」「数学はコミュニケーションの強力な手段である」の2点を挙げ、義務教育終了時の16歳までに生徒が達成すべき数学基礎項目として「数、お金、百分率、電卓の使用、時間、測定、グラフや絵による表現、空間概念、比と比例、統計的な考え」の10項目を挙げている。これは、読み書き・算に近い意味での数学的リテラシー（ニューメラシー）を示していると考えられる。

1999年版国家カリキュラム（DfEE）では、「数学を利用し応用すること」が次の3つの柱で共通に述べられている。

問題解決／コミュニケーション／数学的推論

2008年9月実施予定の第3、第4主段階に関する新カリキュラム(QCA,2007)では、以下の3つの柱とその下位項目が述べられている。

- ・主要な概念...能力, 創造性, 数学の応用と関連, 批判的理解
- ・主要な過程...表現, 解析 (数学的推論を使う, 適切な数学的手続きを使う), 解釈と評価, コミュニケーションと振り返り
- ・範囲と内容...数と代数, 幾何学と測定, 統計

2) アメリカのプロジェクト 2061

プロジェクト 2061 は, 米国科学振興協会が 1985 年に始めた壮大な科学教育改革プロジェクトであり, 報告書(AAAS,1989; 邦訳 2005) には, すべてのアメリカ人が持つべき科学的リテラシーが「科学, 数学, 技術に関係した知識, 技能, 思考の習慣」として述べられている。

数学に関しては, 「特に実用性があり, 全体としてほとんどすべての人間活動において重要な役割を果たす」という点での基本的な数学的概念として, 次の 7 項目が挙げられている。

数, 記号の関係, 形, 不確実性, データの要約, 標本抽出, 推論。

なお, NCTM のスタンダード 2000 では, 内容スタンダード (数と演算, 代数, 幾何, 測定, データ解析と確率) と過程スタンダード (問題解決, 推論と証明, コミュニケーション, つながり, 表現) とが挙げられている。

3) 我が国の場合

ここでは, 我が国の科学技術リテラシー像作成のための基盤整備として行われた「科学技術リテラシー構築のための調査研究」(平成 17 年度科学技術振興調整費)報告書に基づいてまとめられた長崎・阿部(2007), 重松・二宮(2007), 國宗(2007), 清水(2007) の論考については, 前提として議論を進めることにする。

①数学的探究活動

長崎・國宗・重松・関口・瀬沼・日野(1997)は, 学習の過程を重視した「数学的探究活動」を, 算数・数学指導の目標として位置付けることを提言している。それは, おおむね以下の内容が考えられるとしている。

- ア. さまざまな場面で自ら進んで課題を見いだすこと。
- イ. 見いだした課題を数学的に定式化すること。
- ウ. 帰納や類比などを使って, 一般化したり, 特殊化したりすること。
- エ. 演繹的に証明したり体系化したりすること。
- オ. 見積りや近似的な扱いをすること。
- カ. 電卓・グラフ電卓・コンピュータを活用すること。
- キ. 得られた結果をもとの場面に照らして検証すること。
- ク. 他の人とのコミュニケーション活動を課題の探究に積極的に生かすこと。

②指導内容の重要性に関する調査

長崎ほか(2006)は, 算数・数学科の指導内容の重要性を, 「内容」「能力・技能」「姿勢・態度」から検討し, すべての子どもたちが共通に学ぶ必要が高い内容として, 例えば「能力・技能」については以下の項目があげられることを, 質問紙調査から明らかにした。

計算をする/数や図形を使う/現実的な感覚を持つ/規則性やきまりを見出す/式やグラフなどをかく・読む・伝える/データに基づいて予測する/およそで考える/現実的な問題を解く

また, 将来の学問や職業にとって必要性が高い指導内容に関して, 工学と理学・農学にとっては,

現在の我が国の高校までのほとんどすべての数学が必要であるという結果を得ている。

③算数・数学で育成する能力

長崎らは「算数・数学で育成する能力」を「算数・数学の力」と呼んで、その全体像を以下の1)~4)のように構造化している。それらは「数学的な考え方」を包含している(長崎ほか, 2008; 長崎・滝井, 2007)。また、能力形成を目標や内容に位置付けることを主張している。

1) 算数・数学を生み出す力

- ①算数・数学できまりや方法などを見つける力
- ②算数・数学で前提をもとに確かめる力
- ③算数・数学で多様に考える力
- ④算数・数学で関係づけて考える力
- ⑤算数・数学で発展的に考える力

2) 算数・数学を使う力

- ①現実の問題を算数・数学の問題に直す力
- ②算数・数学のきまりに従って処理する力
- ③算数・数学で処理した結果を振り返る力
- ④算数・数学で予測・推測する力
- ⑤算数・数学で感覚的・概括的に判断する力

3) 算数・数学で表す力

- ①式・表・グラフ・図などに表す力
- ②式・表・グラフ・図などを使う力
- ③式・表・グラフ・図などを読む力

4) 算数・数学で考え合う力

- ①算数・数学で説明する力
- ②算数・数学で解釈する力
- ③算数・数学で話し合う力

④「科学技術の智」プロジェクト

プロジェクト 2061 を受けて、その日本版の作成を目指して行われたのが「科学技術の智」プロジェクト(2006~2008)である。そこでは、科学技術リテラシーに相当する「科学技術の智」を、「成人段階を念頭において、全ての人々に身に付けてほしい科学・数学・技術に関係した知識・技能・物の見方」と言い換えている。

このプロジェクトの数理科学専門部会報告書(2008)では、数学の世界を「数学の対象と主要概念」と「数学の方法」とで記述している。前者は「数量、図形、変化と関係、データと確からしさ」からなり、後者は「言語としての数学、問題解決・知識体系の構築としての数学の方法」からなっている。

(2) 数学的リテラシー構築に向けて

リテラシーの形成に関する議論では、学校教育を除いた場での方策が声高に語られている。その形成は広く社会で永いスパンでなされるので当然ではあろうが、すべての人々にとっての..., 成人としての..., を目指すのだから、学校教育を抜きにしては語れないであろう。以下、算数・数学の授業を中心にまとめる。

1) 構築に向けた基本的な考え方

算数・数学科の目標、内容を、数学的概念の理解と能力形成との両者から示すようにする。

これは、個々の状況を考えてみると、そう困難なことではない。例えば、中学校数学科での図形指導の目標は、次の2点にまとめられ、概念の理解と能力形成の両者から示されている。

ア 平面図形や空間図形についての基礎的な概念や性質についての理解を深め、それらを活用する能力を伸ばす。

イ 論理的思考力や直観力を伸ばす。

2) 数学的な内容

内容の柱として考えている項目を挙げる。

数学的推論／数学的コミュニケーション／探究、問題解決、批判的理解／演繹的体系、公理的方法／数とその体系／ユークリッド幾何／空間と図形／関数・写像、変数、変域／統計、確率

上記項目に関するリテラシーの立場からの内容とその記述の仕方については、項目ごとにチームを組んで詳細に検討する必要がある。能力形成に関しては、2.の(3)-3 で示した「算数・数学の力」に関する研究が活用できる。

3) 学習の過程

数学的概念の理解と能力形成とによって目標と内容を示したとしても、それをいかに教育の場で展開するかが問題になる。それなくして数学的リテラシーを身に付けることはできない。生徒が行うべき「数学的活動」を、学習の過程で育成される能力や意欲、態度の面から明らかにしておくことが重要である。

4) 数学的リテラシー形成を目指す授業

ここでは、中学校数学を例にして考える。

数と式の内容 戦後のカリキュラムの中で、数と式に関する学習指導は、大雑把に言えば安定している。

電卓・コンピュータやバーコードの時代に、適度な計算力を維持しつつ、演算決定の能力育成が望まれる。

図形の内容 「証明すること」の学習は、数学的推論が行われる適切な場を与える、その過程で学習者の主体的・探究的な活動が見られる等の理由から、重要である。証明の学習指導、特に初期指導は授業者に大きく依存している。

関数、統計・確率の内容 この内容に関する学習指導は、日常的で具体的な問題や数学の応用的な問題を取り上げやすく、科学的な探究の過程をたどりやすいものの、実践上の知見の累積や共有という点でまだまだの感がある。

関数指導に関しては、表やグラフ、式を使って変化や対応を調べることの重要性が繰り返し強調されているにもかかわらず、指導の基本的な枠組みに関する考え方が確定していない。「現実場面での問題提起、形式的な数学的処理、再び日常場面での問題解決（関数の利用）」という展開を意図的に行う必要がある。

統計に関しても、「目標にふさわしい資料を収集し、それを分析、考察し、それらを駆使して何らかの主張をする」という授業展開によって、豊かな統計学習を構想したい。

数学的リテラシー形成を目指す授業は、端緒についたばかりであり、まだ、その実践事例は蓄積されていない。数学的リテラシーが、個人・社会・市民としての生活を前提として考えられていることから、

数学的リテラシー形成にあたっては、生活、そして他教科との連携がポイントとなる。この意味で、総合カリキュラムに視点を当てている本研究が貢献できる面は大きい。

3. 総合カリキュラム構成上の基本的な考え方

本研究では、理科、技術、数学の総合カリキュラムの構成に向けて、2つの考え方を軸にしている。1つは、現在の算数・数学教育の目標と内容を前提とし、特に、内容面をより豊かにしていく方向でカリキュラムを構成していくという考え方である。これは、現在行われていることを足場としながらも、数学的リテラシーといった力が学習者に育っていくように、学習者に与える問題場面や、算数・数学の扱い方をよりいっそう工夫していくものである。以下の、(1)はこの考え方に基づいている。

もう1つは、現在の算数・数学教育の目標、内容にあまりに固執せずに考えていくものである。より挑戦的なカリキュラム構成と言えるかもしれない。しかしながら、あまりに自由に考えていくことには無理が伴う。そこで、本研究では、1つの拠り所として、理科と技術科の指導内容や授業を参照して考えていく。理科教科書、あるいは、技術科の授業をみる中から、そこに含まれる算数・数学の側面を取り出し、それらの側面に大きな価値を置いて考えていくものである。以下の(2)(3)、そして次の節での授業実践事例の考察は、こちらの考え方に基づいている。

(1) 算数・数学教育の側から考えられること

1) 数と計算、数と式の領域

数と計算、数と式に関しては、数や文字式に関する計算処理能力の獲得という点で、指導の順序性からくる制約が強く、それを崩して単元を構想することにはかなりの無理が伴う。これらについては、追究の道具を用意していると位置付け、算数・数学科での指導に任せる。

ただし、近似値、測定値、誤差等に関する内容は、理科や技術との関連をより重視したい。また、小数計算の利用場面として、理科や技術からの題材を位置付けたい。

2) 図形領域に関連して、「空間概念の育成」

現行の算数・数学科学習指導要領での空間図形の扱いは、その日常性にもかかわらず、大きく後退した。例えば、小4で扱っていた見取図や立方体・直方体は現行では小6の扱いであり、投影的な見方は小中学校から消えている。

それだけに、立体を作成しそれを手にして考察を進め、豊かな空間概念を育成することが期待される。この点に関して「もの造り」と関連付けて、1つの単元が構想できるとよい。

3) 数量関係領域、「具体的事象の考察」

関数指導については、小学校では主に比例について、また、中1で比例・反比例、中2で1次関数、中3では $y=ax^2$ を対象に、表、グラフ、式によって考察することになっていて、具体的事象を用意し、観察、操作、実験という過程を重視することが推奨されている。

例えば中3では、落体運動を取り上げて関数指導が展開されるが、それを理科の立場から眺めなおす。また、他の事例や公式等で興味深いものを挙げてみるのもおもしろい（これは数と式領域にも関係する）。形式的に行われがちな関数指導だけに、豊かな実際の事例を用意して、1つの単元が構想できるとよい。活用場面を例示するだけでも興味深いものになる。

統計に関しては、活用する具体的場面をより一層用意することができる。

(2) 理科教科書を算数・数学教育の側からみて

ここでは、小学校理科の教科書の内容を、算数・数学の視点から検討する。以下は理科教科書の記述を示し、*以下は算数科に関連する内容と指導学年を示している。

・小学校理科教科書3年

小さいものは、虫めがねで大きくして見よう：*拡大図(中3)の素地

めがねが出ました。ヒャクニチソウよりも大きいけれど、形はにています：*合同(小5, 中2), 相似(中3)の素地
よう虫のからだの形 横から見たようす, 下から見たようす：*投影図の素地

◎わたしのけんきゅう 1けんきゅうすることをきめよう。2しらべたり, つくったりしよう。3しらべたりわかったことをまとめよう。発表しよう。：*研究方法の明示

トンボのもけいをつくろう。巻末折り込み：*模型作成による空間概念育成(小6, 中1)

温度計のめもりの読みかた, 近いほうのめもりを読む。27度と読み, 27°Cとかく：*近似値

午前10時と正午の地面の温度の棒グラフ表示：*棒グラフ(小3)をよむ

かげのむきは, 時間がたつと, かわります：*依存関係(小4)の素地

すき間からさしこむ日光：*直線概念(小2, 中1)*平行線と比(中3)の実例

電気を通すものしらべ 予想と結果を表に○×で表す：*表で示す(小2で素地, 小3)

じしゃくにつくものしらべ 予想と結果を表に○×で表す：*表で示す(小2で素地, 小3)

ピカピカ電車 直方体状の電車をつくる：*箱の形(小3), 直方体(小6)の作製経験

あかりのつくおしろ 屋根が円錐状, 本体が円柱状：*曲面体(小6, 中1)の作製経験

・小学校理科教科書4年

空気, 水はおされると, かさが変わるのだろうか：*かさ(小3), 体積(小6)

水の温度の上がり方を, 折れ線グラフで表す：*折れ線グラフ表記(小4)

ぬれたタオルを乾かした時の重さの変化：*gとml(小3)

小学校理科教科書5年

植物の発芽や成長の条件を調べるときに, 調べる条件だけを変えて, それ以外の条件は同じにしなければいけないのはなぜか, 説明しよう：*変数の制御, 割合(小5), 単位量あたりの大きさ(小6)

ふりこの1往復する時間は, どうすると変わるか, 条件を変えて調べよう：*関数(小6, 中1)

当てるおもりの重さやはやさを変えて坂を転がし, 当てられたおもりの動くきよりを調べよう。：*変数の制御, *坂のかたむき(小6, 中1, 中2), *3回の実験値の平均(小6)

小学校理科教科書6年

気体検知管で酸素, 二酸化炭素の量を調べる, 0.5~8%用, 6~24%用：*%(小5) *近似値

ろうそくが燃えたあとのびんの中の空気にくまれる窒素, 酸素, 二酸化炭素とそのほかの気体の体積：*割合(小5), *帯グラフ(小5)

◎わたしの研究 研究テーマ→予想→調べ方を図や文で表す→自分なりのまとめ→分かったことなど→発表：*課題解決方法の明示

電磁石のはたらきを大きくするには, どのようにすればよいだろうか：*変数の制御

電流の強さ, 導線の巻き数を変える：*関数

リニアモーターカーは, 新幹線の2倍近くのはやさで走ります：*速さ(小6)

分析の結果として, 「幼虫の体の形を横からみたようす, 下からみたようす」や「立体模型の作製」が小3で, 「ある変数の変化を, 他の変数を一定にしてとらえる」ことが小5から扱われること, 4

究方法が明記されている等が、算数科での扱いより進んでいて目に付いた。

(2) 授業を算数・数学の側から分析する観点

統合的単元の授業における問題解決プロセスを算数・数学教育の立場から分析するにあたって、以下の2つの観点を見いだした。

- ① これらの授業における問題解決プロセスでは、算数に関するどのような既存の知識・技能や考え方が活用されているのか、また、これらの授業において(算数学習に先立って)獲得されたと考えられる知識・技能や考え方は何かを示すこと。 (算数との内容的関連)
- ② ①の算数に関連する内容を、いわゆる算数・数学そのものの内容の理解と、育成される算数・数学の能力との両面から示すこと。 (学習を通して獲得される理解・能力)

①の「内容的関連」については、理科・技術科・数学科のそれぞれの内容を精査することで、いくつかの繋がりを見いだすことができる。しかし、内容的関連性を指摘しただけでは、これらの教科間の有機的・力動的関係性を示すには不十分である。本稿では更に「②学習を通して獲得される理解・能力」に焦点を当て、子どもたちの「学習活動」を介しての教科間の有機的関係について言及したい。

3. 事例 ①「ソーラークッカーをつくろう (小学3年)」

(1) 実践の概要

本実践は、東京都大田区矢口小学校において平成 17 年度に実施されたものである。本単元における評価基準は表1のように設定されている。そして単元目標及び評価基準をもとに、15時間完了の学習計画案を表2のように作成している。

表1 第3学年「ソーラークッカーをつくろう」評価基準

観点	レベル2(3・4年の目標)	本単元の評価基準
社会と技術	自分たちでものを作ることにより、自分たちの遊びや生活をより豊かなものにする	<ul style="list-style-type: none"> ・自分たちでつくったソーラークッカーで楽しく調理できる ・ソーラークッカーが地球環境を考えた製品であることに気づく ・つくったものの価値を考え、大切にできる
デザイン	活動の過程や製作後の活用を見通し、作ることができる	<ul style="list-style-type: none"> ・完成させるまでにどのように進めていけば良いか作り方の見通しを持てる ・簡単な設計図を描ける ・友達と相談しながら協力して製作できる
材料加工	製作する目的に合わせて材料、加工方法を選び、工具を正しく使用し、安全かつ効率よく加工することができる	<ul style="list-style-type: none"> ・銀紙工作用紙、ダンボール板、スチレンボードなどの素材の特徴を知り、それらを生かして製作できる ・設計図を基に製作できる ・はさみやカッターを正しく使える ・太陽光を集める傾きを考えて製作できる ・安全に気をつけて作業環境を効率よく作業できる
エネルギー変換	エネルギーの使用・変換・保存について	<ul style="list-style-type: none"> ・傾きを考えて光を集め、太陽の動きに合わせて向きを変えることに気づき、作品に活かせる

	て理解し、エネルギー変換を利用した製作ができる	・太陽光エネルギーが熱エネルギーに変わることを理解できる
--	-------------------------	------------------------------

表2 「ソーラークッカーをつくろう」学習計画

授業時数	小単元名	内 容
①	「ソーラークッカー」を知る	理科で学習した光の特性を理解し、それを集めることで料理可能な温度に達することが可能だと理解できる。
②	「ソーラークッカー」で料理する様子を見る	調理法や機材を観察しメモをとる。
③～⑤	設計図をかく	「ソーラークッカー」をつくるにあたり、見通しをもって効率よく作業できる設計図をかく。
⑥～⑨	「熱箱型ソーラークッカー」をつくる	型を使って、順序良く部品を作り、組み立てていく。完成したら見本に従い正しい角度に設置をする。
⑩～⑬	「パネル型ソーラークッカー」を作る	型を使って、順序良く部品を作り、組み立てていく。完成したら見本に従い、反射板を設置する。
⑭	「ソーラークッカー」で料理をする	作ったソーラークッカーで料理を作ってみる。
⑮	活動を振り返る	社会にどんなプラスがあるかを考える。



写真1 完成した作品

(2) 算数との内容的関連性

上述の学習計画から、算数の内容に関する事柄を以下に抜粋する。(矢印以下は、現行の算数・数学科学習指導要領の内容である)

- ・光を集めることで料理をできる温度まで高める。
→ 伴って変わる二つの数量について、それらの関係を表したり調べたりする。(4年 数量関係)
- ・形や寸法のわかる簡単な設計図を描く。
→ 長さの単位(ミリメートル(mm)、センチメートル(cm)及びメートル(m))について知ること。(2年 量と測定)

- 図形を構成する要素に着目して、正方形、長方形、直角三角形について知り、それらをかいたり、作ったり、平面上で敷き詰めたりすること。(3年 図形)
- ・展開図を見ながら、部品を置き、組み立ての見通しを持つ。
 - 立方体及び直方体について理解すること。直方体に関連して、直線や平面の平行及び垂直の関係について理解すること。適宜簡単な見取図や展開図をかくことができるよう配慮する。(6年 図形)
- ・本体の傾きを確かめる。見本を見ながら、正しい傾きに調節する。太陽の光をきちんと集めるかたむきを考えてつくる。
 - 角の大きさを回転の大きさとしてとらえ、その単位と測定の意味について理解すること。(4年 量と測定)
 - 基本的な立体図形についての理解を深めるとともに、図形の構成要素及びそれらの位置関係に着目して考察ができるようにする。(6年 図形)
- ・正しい大きさに写し取る。完成図・展開図を拡大して掲示する。
 - 簡単な場合について、比の意味を理解できるようにする。(6年 数量関係)
 - 相似の考えを活用できること。(中学3年 図形)
- ・日光に垂直に当てる必要性を説明し、垂直に当てた場合の影の有無を理解させる。
 - 直線の平行や垂直の関係について理解すること。(5年 図形)
 - 直線や平面の平行及び垂直の関係について理解すること。(6年 図形)
- ・基盤に部品を置く位置を書き込む。設計図を基に製作することができる。
 - 前後、左右、上下などの方向や位置に関する言葉を正しく用いて、ものの位置を言い表すこと。(1年 図形)
 - 図形の構成要素及びそれらの位置関係に着目して考察できるようにする。(5年 図形、6年 図形)
 - 対称性に着目して平面図形についての直観的な見方や考え方を深めること。(中学1年 図形)

(3) 学習を通して獲得される理解・能力

1) 設計図の作成に関して

ソーラークッカーの授業では、「設計図の作成」が中心的な活動の一つになっている。子どもたちは作成された設計図をもとに部品を作製し、展開図を見ながら組み立ての見通しを立てる。これらの活動に対する算数科における既習事項には、「長さの単位(2年 量と測定)」、「ものの位置を言い表すこと。(1年 図形)」などがある。一方、これらの授業において、「正方形、長方形、直角三角形をかいたり、作ったりすること。(3年 図形)」「図形の構成要素及びそれらの位置関係に着目して考察する。(5年 図形、6年 図形)」などが未習である。

設計図の作成という一連の活動は、ソーラークッカーという具体的な「もの」を媒介させることで、これら未習の内容を、子どもたちの具体的活動を介して非形式的な形で習得させることを可能としている。「算数との内容的関連性」が算数科の枠組みから見た技術科の授業との関わりであるのに対して、このような非形式的な学習は「活動」を素地とした技術科の枠組みから見た算数科の内容との関わりである。

また、子どもたちのこのような経験は、その後に算数において学ぶこれら「未習事項」についての先行経験となるばかりでない。学習を通して獲得される理解・能力の側面から捉えるなら、例えば設計

図の作成に関わるこのような活動は、「図を表す力」「図を使う力」などの素地を育成していることにもなっていると考えることができる。

2) 全体の形を把握することに関して

ソーラークッカーの授業では、「組み立てに見通しをもつ」「日光に垂直に当てる必要性を説明し、垂直に当てた場合の影の有無を理解させる」「設計図を基に製作する」といった活動が促されている。これらの活動では、ソーラークッカー自体を立体図形として捉えた上で、直線や平面の平行及び垂直の関係についての理解や、対称性に着目した直観的な見方など、未習の内容に対する非形式的な活動が求められている。これらの活動もまた「未習事項」についての先行経験になるとともに、学習を通して獲得される理解・能力の側面から捉えると「算数で予測・推測する力」「算数で感覚的・概括的に判断する力」などの素地を育成していることにもなっていると考えることができよう。

4. 事例②「ザリガニロボットをつくろう（小学4年）」

(1) 実践の概要

本実践は、東京都大田区矢口小学校において平成18年度に実施されたものである。本単元における評価基準は表3のように設定されている。そして単元目標及び評価基準をもとに、12時間完了の学習計画案を表4のように作成している。

表3 第4学年「ザリガニロボットをつくろう」評価基準

観点	レベル2(3・4年の目標)	本単元の評価基準
社会と技術	自分たちでも物を作ることにより、自分たちの遊びや生活をより豊かなものにすることができる	<ul style="list-style-type: none"> ・作ったものの価値を考え大切にできる ・自分が作ったロボットで楽しく遊べる ・はんだがいろいろなところに使われ役立っていることに気づける
デザイン	活動の過程や製作後の活用を見通し、作ることができる	<ul style="list-style-type: none"> ・どのような遊び方ができるのか、考えられる ・教科書を見たり、話を聞いたりして完成させるまでにどのように進めていけばよいか、作り方の見通しを持つ ・改造する形の分かる簡単な設計図を描ける ・友達と相談しながら工夫して改造できる
材料加工	製作する目的に合わせて材料、加工方法を選び、工具を正しく使用し、安全かつ効率よく加工することができる	<ul style="list-style-type: none"> ・図をもとに製作できる ・作ろうとするロボットに適した材料を選び、それらを生かして製作できる ・はさみやカッターなどを安全に正しく使える ・安全に気をつけて作業環境を整え、効率よく作業し、後片付けできる ・モーターの取り付け方を考えて、製作できる ・回路を考え、動くように製作できる
エネルギー変換	エネルギーの使用・変換・保存について理解し、エネルギー変換を利用した製作ができる	<ul style="list-style-type: none"> ・電気エネルギーが動力に代わることに気づき、ものづくりに生かせる

表2 「ザリガニロボットをつくろう」学習計画

授業時数	小単元名	内 容
①	理科で学習したモーターを使ったおもちゃを作ることを知る	ザリガニロボットの見本を見て、作り方を考える。基本の作り方を提示し、はさみの部分で工夫できるところを考える。
②～④	ザリガニロボットの基本的な工作をする	工作用紙半分（一人分）を使って、基盤とザリガニ本体を作る。スイッチの製作をする。はんだごての使い方を知る。銅線を結ぶ。図を見ながら、回路のつながりを確認してスイッチを作る。
⑤～⑥	ザリガニロボットの本体を作る	スイッチと乾電池ボックス、モーターとの接続をする。動きを試しながら壊れないようにしっかりと作る。お互いの作品を見合い、遊ぶ中で、友達の工夫していることなどを見つける。
⑦	活動を振り返る	自分の作品を図に表す。お互いの作品を見合い、遊ぶ中で、友達の工夫していることなどを見つける。これまでの活動を振り返り、自分が進歩した点や改善点を考える。
⑧～⑩	チームを作り、コンテストに優勝するようなロボットを考えて、作ってみる。	ロボットコンテストのやり方を知り、多くのフィルムケースを取る方法を考える。チームから2体出場させ、場に30個あるフィルムケースをできるだけ多くゴールに運ぶ。2チーム、トーナメント方式で行う。4人一組でチームを作り、多く運べる工夫をする。改造に使うものは、教室にあるものにする。
⑩～⑪	ロボットコンテストを行う。	賞（ロボコン賞、アイデア賞、優秀賞など）を決める。
⑫	活動を振り返る	これまでの活動を振り返り、自分が進歩した点や改善点を考える。

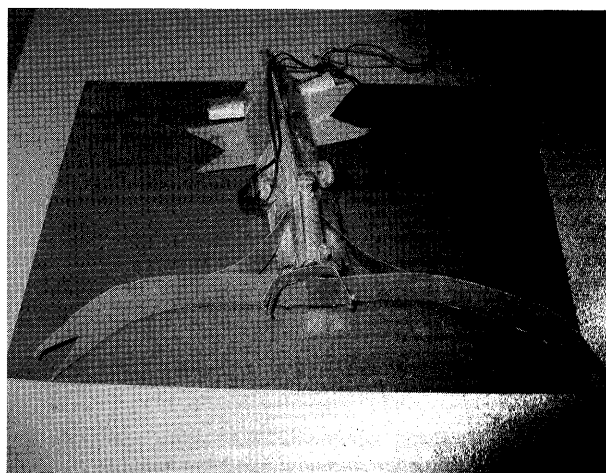


写真2 完成した作品

(2) 算数との内容的関連性

上述の学習計画から、算数の内容に関する事柄を以下に抜粋する。（矢印以下は、現行の算数・数科学習指導要領の内容である）

- ・一辺が 10 cm の正方形を工作用紙に、スイッチを入れる部分(1.5cm×2cm)をカッターで切り取る。

- 長さの単位 (ミリメートル(mm), センチメートル(cm)及びメートル(m)) について知ること。(2年 量と測定)
- 図形を構成する要素に着目して, 正方形, 長方形, 直角三角形について知り, それらをかいたり, 作ったり, 平面上で敷き詰めたりすること。(3年 図形)
- ・スイッチを作った工作用紙の残りを使って, 三角の筒を作る。
 - 三角柱, 四角柱などの角柱及び円柱について知ること。(6年 図形)
- ・自分の作品を図に表す。改造する形のわかる簡単な設計図を描くことができる。
 - 長さの単位 (ミリメートル(mm), センチメートル(cm)及びメートル(m)) について知ること。(2年 量と測定)
 - 図形を構成する要素に着目して, 正方形, 長方形, 直角三角形について知り, それらをかいたり, 作ったり, 平面上で敷き詰めたりすること。(3年 図形)
 - 基本的な立体図形についての理解を深めるとともに, 図形の構成要素及びそれらの位置関係に着目して考察ができるようにする。(6年 図形)
- ・はさみやカッターなどを安全に正しく使うことができる。
 - 図形を構成する要素に着目して, 正方形, 長方形, 直角三角形について知り, それらをかいたり, 作ったり, 平面上で敷き詰めたりすること。(3年 図形)
 - 二等辺三角形, 正三角形について知り, それらをかいたり, 作ったり, 平面上で敷き詰めたりすること。(4年 図形)
 - 平行四辺形, 台形, ひし形について知り, それらをかいたり, 作ったり, 平面上で敷き詰めたりすること。(5年 図形)
- ・トーナメント方式でコンテストを行う。
 - 起こり得る場合を順序よく整理することができること。(中学2年 数量関係)

(3) 学習を通して獲得される理解・能力

1) 設計図の作成に関して

ザリガニロボットの授業では, 基本設計から改造する形がわかる設計図を描いた上で, その図をもとに適した材料を選び, 材料の適性を生かしたロボット作りを進めていく。このような活動に対する算数科における既習事項には, 「長さの単位 (2年 量と測定)」、「ものの位置を言い表すこと。(1年 図形)」などがある。一方, これらの授業において「二等辺三角形, 正三角形/平行四辺形, 台形, ひし形をかいたり, 作ったりすること。(4年・5年 図形)」「図形の構成要素及びそれらの位置関係に着目して考察する。(5年 図形, 6年 図形)」などが未習である。

設計図の作成という一連の活動は, ソーラークッカーという具体的な「もの」を媒介させることで, これら未習の内容を, 子どもたちの具体的活動を介して非形式的な形で習得させることを可能としている。「算数との内容的関連性」が算数科の枠組みから見た技術科の授業との関わりであるのに対して, このような非形式的な学習は「活動」を素地とした技術科の枠組みから見た算数科の内容との関わりである。

また, 子どもたちのこのような経験は, その後に算数において学ぶこれら「未習事項」についての先行経験となるばかりでない。学習を通して獲得される理解・能力の側面から捉えるなら, 例えば設計図の作成に関わるこのような活動は, 「図に表す力」「図を使う力」などの素地を育成していることにもなっていると考えることができる。

5. 事例 ③「ガリレオ時計の作成(中学1年)」

中学校技術科の授業を対象にして、それを数学教員が参観し技術科教員とともに授業後に協議会をもち、技術科における学習指導と数学科における学習指導との関係を考察するというねらいをもって、以下のような授業研究会を計画し実施した。その概略を以下に示す。

(1) 概要

- 1 日時・場所 平成21年9月9日(水) 第2校時 技術室
- 2 学級 1年A組(男子18名 女子21名 合計39名)
- 3 題材名 ガリレオ¹式の振り子時計(材料加工, エネルギー変換)
- 4 題材感(どうしてガリレオ式の振り子時計を作るの?)

動くものを作ったことがある人なら、設計図を見て正確に作らなければしっかりと動かなかった経験があると思います。そして、完成してしっかりと動いたときには、うれしかったことでしょう。

さて、私たちの身の回りには、時計や扇風機、など機械的なしくみで動いているものがたくさんあります。しかし、これらのもののしくみについては、あまり関心を持っていないようです。「動いて当たり前、動かなくなったら新しく買い換える。」という意識が大多数でしょう。

本年度の技術科の研究テーマは、「エネルギー変換の技術から持続可能な社会を考える授業」です。技術が発展し、私たちの生活は便利になってきました。しかし、その技術によって地球の環境に対しては、かなりの負担をかけてきました。それらの負担を軽減し、子どもたちが大人になり、そしてまた子どもたちへと持続していく社会を作るのも技術の役割です。そのためには、技術を理解し有効に活用しようとする態度を育てることが必要です。そこで、この題材では、

- ・ 振り子に、少しだけ重りの力を与えることにより、ガンギ車を回し、回転を制御するしくみを理解し、その工夫に気づかせること。そして、私の身の回りで使われているエネルギー変換の技術に関心を持たせること。→技術を評価し活用する力を育てる。

を目的としています。また、この題材でつきたい能力は

- ・ 正確にものをつくる巧緻性
- ・ 動く部品を頭の中で想像し、それを形に表す(空間を認識する能力)

を育てたいと思います。

5 本時の目標

この授業では、振り子時計の設計を行います。昨年は、ジグ²を開発し、生徒が実際に実験を行い実物を動かしながらしくみを考える授業を行いました。しかし、本年度はあえて実物を使わず、見本となる機械式時計を見て、そのしくみを理解した上で設計図を書く作業を行います。いわゆる技術で言う言語活動を取り入れました。平面図形からしくみを考えるわけですが、動くものなので空間を認識する能力が必要となります。その能力を育てる授業です。しかし、ある程度しくみは、教えてしまいます。その動きを実現させる形を生徒が考えることに重点をおきます。

★本時の目標★重りが落ちる力を利用して、振り子を動かすための部品の形を考える。

◆これができると何か良いことがあるの？

- ・ しくみを理解することにより、自分で問題を解決できるようになります。

6 本時の指導過程

学習活動(教師の働きかけ・予想される生徒の活動)	●支援 ★評価	形態
<p>今、みんなが作っているものは、振り子時計ですね。 この振り子時計の動くしくみを考えよう。 「まず、振り子の動きに着目してみよう」</p> <ul style="list-style-type: none"> 振り子だけで動かす様子を観察 <ol style="list-style-type: none"> ガンギ車は重りの力で回ろうとしている。 ストッパーで一気に重りが落ちてしまうのを防いでいる。 振り子が右に振れて、ストッパーをはずす。 ストッパーがはずれたら、ガンギ車が回転し、ガンギ車のピンで振り子を左側に押す。 振り子が左側に振られると、ストッパーがかかりガンギ車の回転を止める。 あとは、重りが下につくまで、この繰り返し。 <ul style="list-style-type: none"> なるほど、なんとなくわかったよ。 	<ul style="list-style-type: none"> ●見本を提示して、観察させる。 ●黒板で、動きを分解し、どうなるか生徒に予測させていく。 	一斉
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-bottom: 10px;"> <p>では、今から設計図を書いてみよう。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> 各自でガンギ車の設計図を書き始める。 あれ～、実際に書いてみるとアングルの部品が大きさがわからないよ。 ストッパーを持ち上げる場所が、遠いとアングルの下の出っ張り とガンギ車のピンとの隙間を大きくしないといけない 	<ul style="list-style-type: none"> ●実物大で書いた設計図を配布する。 ●振り子の軸からコンパスで補助線を書く とわかりやすいことを教える。 (動きの軌跡をコンパスでかかせる) 	個別
<p>さて、みんなはどんな形にしたのか見てみましょう。 (何人かの生徒に、形を黒板に書いてもらい、説明してもらう)</p> <p>最後に、2点について気づかせたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> 自分が作るので、のこぎりで板を切ることができる形で設計しているか。 材料を無駄にしていないか？ 	<p>★評価基準</p> <p>ガンギ車と振り子の動きとアングルの動きを言葉で説明することができる… A 理解 設計図を書くことができる… A 技能</p>	個別

授業の視点

- 設計段階で、様々な問題に気づき、その解決にむけて取り組んでいたか？
- 動きを理解し、立体的な動きのイメージを持つことができたか？

7 年間指導計画

9

時数	学習内容
1	技術科のガイダンス ・技術と社会のかかわり 材料加工, エネルギー変換, 生物育成, 情報
1	ものづくりの材料 ・身のまわりの製品で使われている材料の特徴
1	木の種類や木材の性質 ・木材の各部の名称 ・木の種類やその特徴
1	丈夫な構造 ・木目の向きによる強度の違い ・製品を丈夫にする工夫
1	構想図の書き方 ・キャビネット図, 等角図
1	さしがねの使い方 ・丸目や角目 ・正方形から八角形の作り方
1	材料を切断する道具 ・両刃のこぎり ・鉄のこ
2	フレームの製作 ・2×4の切断 ・木ねじで接合

10

時数	学習内容
2	アングルの設計 ・振り子の利用 ・各部の役割 ・部品加工(切断と穴あけ)
2	ガンギ車の製作 ・12個のピンの設計 ・丸く切断, 穴あけ加工
2	ストッパーの製作 ・部品切断と穴あけ加工
2	振り子と糸巻き製作 ・部品の加工と穴あけ加工
2	各部の調整 ・部品の調整 ・評価

(2) 授業の実際

9:30~

(教卓上で全体に向けて、ガリレオ時計が動く様子を3回ほど繰り返してみせる。)

T: どうしてこれ(アングルのこと)が動いているのか考えてみよう。



考えるときには、振り子が左に行ったとき、右に行ったときをよく見て。

(この後、動く様子を2回観察させる。)

(生徒は検討開始。)

9:40～

T: (振り子時計と板書。続いて、図をフリーハンドで描き、アンクル、ガンギ車、ストッパーの語を図の中に書く。)

T: 「アンクルはどんな働きをしているのだろう」と板書。

(数人の生徒が前に出てきて、自ら試している。)

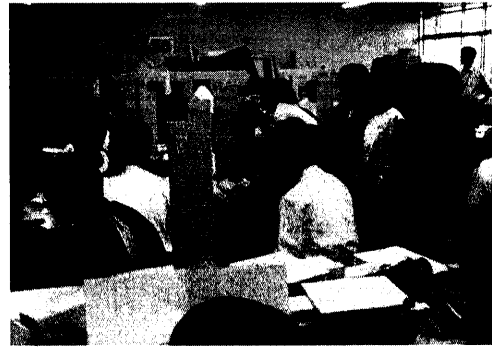
9:50～

(気付いたことを発表する。それをTが次のようにまとめて板書した。)

- ① 振り子が右に振れた時→ストッパーをはずす。
- ② ストッパーがはずれたら→ピンがアンクルにあたる。
- ③ 振り子が左に触れた時→ピンがストッパーに引っかかる (ストッパーがピンに引っかかるという言い方が発表されたが、修正意見によってこのように板書)。

9:57～

T: それじゃ材料を配りますよ。(板を配布) これでアンクルとストッパーをつくります。まず、アンクルの形を設計図にかきます。それを材料にかき写します。じゃあかいてください。



10:06～

T: 設計図だから細かく見ていこう。

(右図の板書のうちの左側の図をかく。)

S1: アンクルは、最初はガンギ車と離れた方がいい。

S2: そうしないと戻っちゃう。

T: すき間をあけるといいね。

T: (次に、右図の板書のうちの右側の図をかく。

アンクルの下側が長くなっている。)

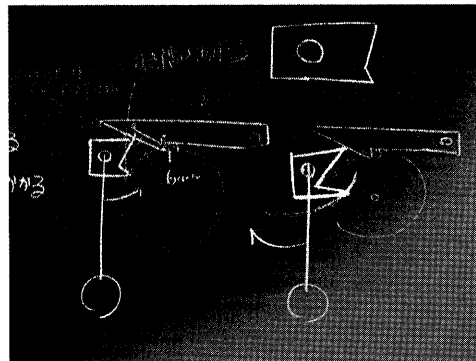
S3: 長すぎるとピンがストッパーに引っかかってしまう。

T: 持っているもので調べられますね。コンパスで動く軌跡を書いてください。

S: かいている。

T: ピンの太さは6mmです。離れるほど6mm以上あける。

当てる位置をできるだけ右側にもってくるということですよ。



10:20～

T: (実際に動きを見せながら) ストッパーは止めているだけでなく、勢いを与えているのです。

10:25 終了。

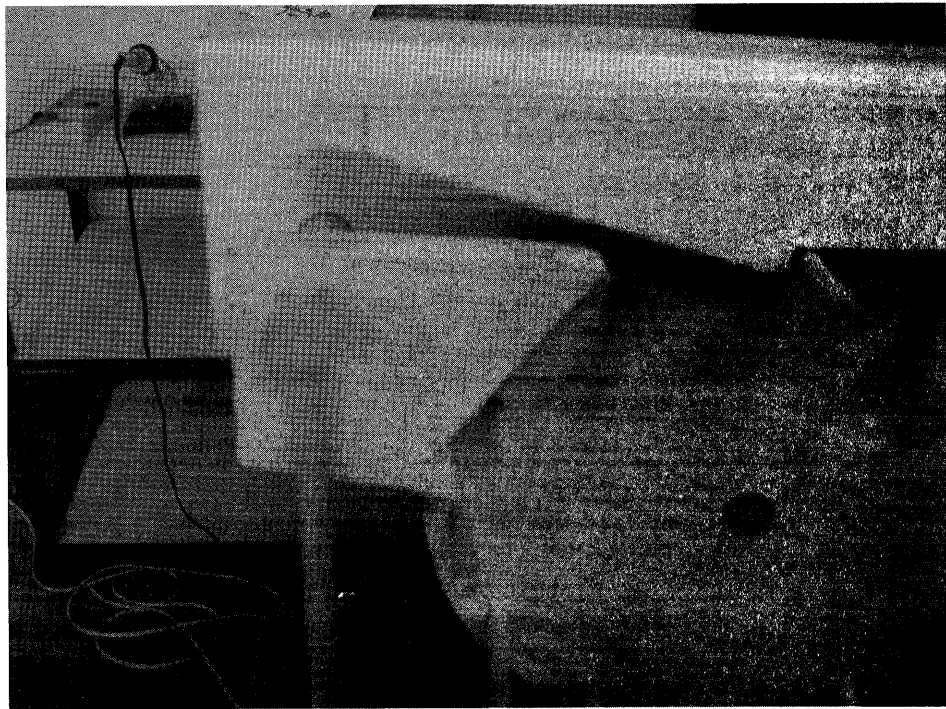
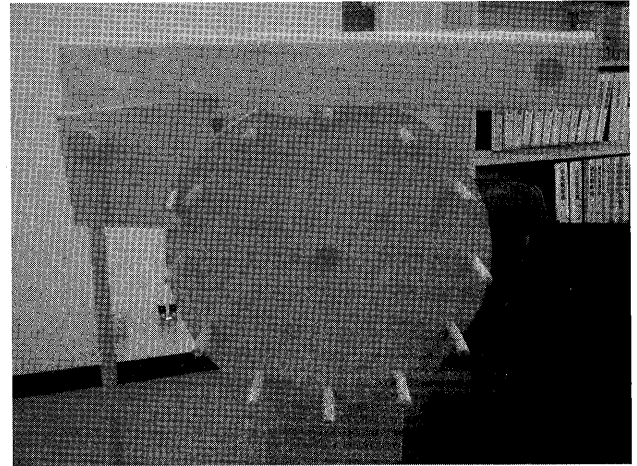
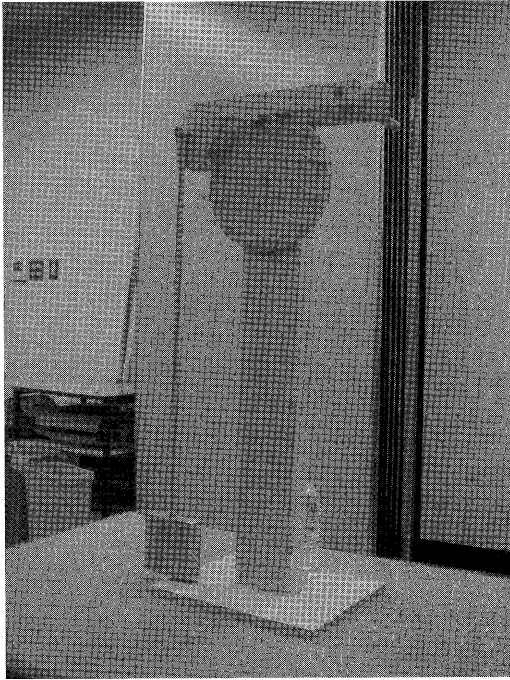


写真3 ガリレオ時計

(3) 授業後の検討

授業後、次のような授業者からの解説、及び意見交換があった。

授業者から

- ・今回の一連の授業では、ガリレオ時計の「しくみの理解」、そして「設計図をかく」、「作製し微調整をして完成させる」、という展開を考えている。

具体的な学習内容は、次の表の通りである。

時数	学 習 内 容	
2	アンクルの設計	<ul style="list-style-type: none"> ・振り子の利用 ・各部の役割 ・部品加工（切断と穴あけ）
2	ガンギ車の製作	<ul style="list-style-type: none"> ・12個のピンの設計 ・丸く切断、穴あけ加工
2	ストッパーの製作	<ul style="list-style-type: none"> ・部品切断と穴あけ加工
2	振り子と糸巻きの製作	<ul style="list-style-type: none"> ・部品の加工と穴あけ加工
2	各部の調整	<ul style="list-style-type: none"> ・部品の調整 ・評価

なお、本立ての作製の場合は、mm単位までびしっとやるようにしている。

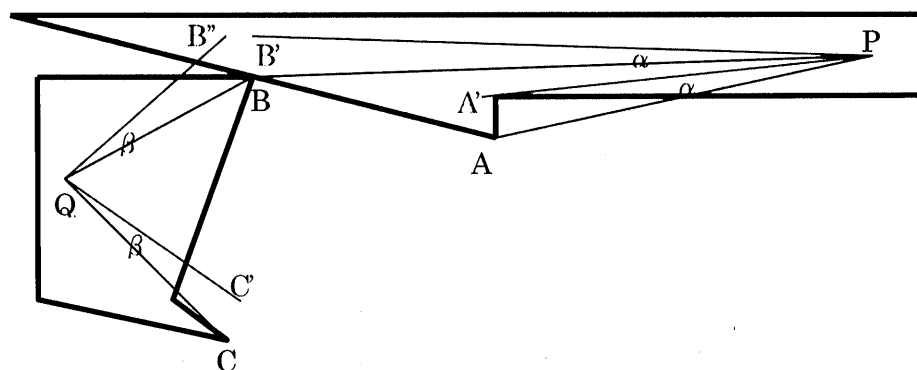
- ・今日の授業は、「しくみを考える」と、「設計図を考える」ことが2つの柱であった。つまり、しくみがわかり、うまく作ることができるのがねらいである。作ることについては、この課題はちょっと細かすぎるかもしれない。
- ・今回は3年目の実践であり、設計することを重視して展開している。去年は実物（現物合わせ）で考えている。
- ・技術科の内容は、現在「材料加工」「エネルギー変換」「生物育成」「情報」で構成している。

意見交換

- ・大変おもしろく、興味深かった。
- ・右振れ、静止、左振れ、それぞれの場合で考えるのは重要な思考法であろう。
- ・設計図をちゃんどつくるというねらいであるが、数学ならば「まず切ってしまえ」ということになる。
- ・各パーツで考えた方が、問題点が焦点化されたのではないか。

(4) 数学との内容関連性

ガンギ車の動きとストッパーの動きの関係を数学的に考察すると、次のようになる。



PAがPを中心に回転してPA'にくるとき、PB→PB', QB→QB'', QC→QC'に移動する。

PA=R₁, PB=R₂, QB=r₁, QC=r₂とする。

∠APA'=α (ラジアン) とすると、∠BPP'=α,

$$\overline{AA'} = R_1 \alpha \dots \textcircled{1}, \overline{BB'} = R_2 \alpha \dots \textcircled{2}$$

∠CQC'=β とすると、∠BQB''=β,

$$\overline{BB''} = r_1 \beta \dots \textcircled{3}, \overline{CC'} = r_2 \beta \dots \textcircled{4}$$

$$\textcircled{1} \text{より}, \alpha = \frac{1}{R_1} \overline{AA'} \dots \textcircled{5}$$

ここで、 $\overline{BB'} = \overline{BB''}$ と考えれば、 $\textcircled{2}$, $\textcircled{3}$ と $\textcircled{5}$ より,

$$\beta = \frac{R_2}{r_1} \alpha = \frac{R_2}{r_1 R_1} \overline{AA'} \dots \textcircled{6}$$

よって、 $\textcircled{4}$, $\textcircled{6}$ より、 $\overline{CC'} = r_2 \beta = \frac{r_2 R_2}{r_1 R_1} \overline{AA'}$

$$\overline{AA'} = 0.6 \text{cm} \text{ とすれば, } \overline{CC'} = \frac{r_2 R_2}{r_1 R_1} \times 0.6 (\text{cm})$$

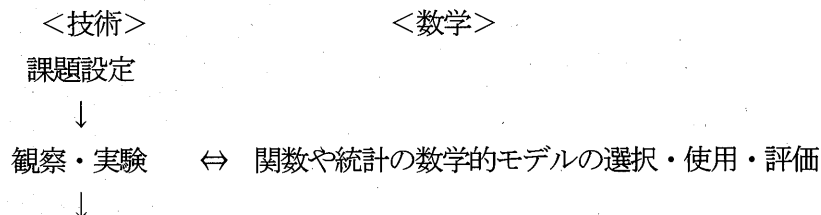
6. 考察

技術科の授業の考察を通して、本稿第3節において述べた第2の考え方（現在の算数・数学教育の目標、内容にあまりに固執せずに考えていくもの）に基づく総合カリキュラムの構成への視座として、幾つかを見いだすことが出来た。

第1は、「問題解決とデザイン」の資質・能力の育成を目指す上での、算数・数学の位置づけである。この課題研究は、理科・技術・数学に共通する資質・能力として次の6つを抽出している。

- ・ 問題解決とデザイン（探究プロセス・数学的プロセス・デザインプロセス）
- ・ 意思決定能力
- ・ コミュニケーション能力
- ・ 調和と制御に関わる知識・理解
- ・ 感性（自然の美・摂理・変化の特徴を感じる能力）
- ・ システムの調和と統制に関わる知識・理解

上述してきた技術科の3つの授業は、どれも、「問題解決とデザイン」に関わる資質・能力の育成がねらわれていた（実際には、「意思決定能力」「コミュニケーション能力」など複数の資質・能力が関わってくる）。とりわけ、授業では「デザインをし、製作する」場面が扱われており、前節で考察をしてきたように、そこには、算数・数学の内容、理解、能力が関わっていた。以下の図は、「数学的モデル」という言葉を使って、暫定的に技術科と数学科との関わりを示したものである。他の授業も考察することで、両者の関わり、また、理科との関わりをより深く探っていかななくてはならない。



構想・設計 ⇔ 図形の数学的モデルの選択・使用・評価

↓

製作

↓

試験・改良

↓

発信・交流

第2は、「算数・数学の力」として挙げられている能力・資質についての更なる知見である。3つの授業の考察からは、様々な算数・数学の内容、能力が使われていることが分かった。特に、「算数・数学を使う力」、「算数・数学で表す力」については、作品を構想、設計、製作する過程において重要な役割を果たしていた。このことは逆に、技術科でのものづくりの授業が、このような算数・数学の力を育てる上でも、大いに貢献できることを意味している。

その際、他教科の授業であることから、ややもすると数学教師が見逃しがちな点についても示唆が得られた。その1つは、現実の問題を算数・数学の問題に直すことに絡む複雑さの点である。教師は、生徒が直面している問題場面は、算数・数学を含む様々な教科の視点が絡む複雑な場面であることを認識しておくことが大切である。なぜなら、我々数学教師が注目する「数学的モデル化」(数学化)は、そうした場面では1つの手法に過ぎないともいえるからである。そのことは、逆に、我々が、数学化することの特徴やよさを、他教科と比較して捉えていくことが必要であることを示している。また、授業では、展開図といった図が、構想や設計の過程における要となっていた。そこでは、図で表し、使い、読む力が、予想を立てたり、実験したり、観察したりすることと併せたかたちで使われていた。このような力は、「式・表・グラフ・図などを探求する力」として更に強調することが必要かもしれない。また、それぞれの授業では、設計図を作るにしても、「実現されているモノを再現するための図」「実現されているものを人に説明するための図」「実現されていないが、実現を目指しての図」といったように、図の役割は異なっていた。算数・数学で表す力を考える上では、より詳しく力を分析していく必要があるかもしれない。算数・数学で表す力は、社会において非常に汎用性を持っているため、このような検討は意義があるだろう。

第3は、より実地的な運用についてである。総合カリキュラムを実施する上では、教科間の連携が不可欠となる。その際、教師の役割分担、教師が共通して念頭に置くべきねらい、また、評価の観点を十分に準備しておかなくてはならない。問題となりそうなことの1つは、上の考察でも度々述べてきたように、指導する内容と扱われる内容との教科間でのずれであろう。「理科では扱われているのに、算数ではまだ指導されていない」といったずれのある内容が、実は少なくないのである。これについては、少なくとも、そのずれを「善し」と捉える発想の転換が必要であろう。本稿でも繰り返し述べてきたように、そのずれを、「素地的な活動や内容」と考え、一度では理解まで至らなくても、何度も繰り返し、学び直す機会を持つ中で、徐々に理解を深めていくと考える必要がある。他教科との連携を行っていくためには、カリキュラムの系統性を、思考や資質といった面へとややシフトしていくことを考えていかななくてはならない。それは、今までよりも「曖昧になる」ことを許すことであるが、それは、他教科との比較を通して、逆に今までよりも「特徴が浮き彫りになる」ことでもある。

[引用・参考文献]

- 大田区立矢口小学校・安方中学校・蒲田中学校(2006)『小中一貫した Technology Education 教育課程の開発』, 文部科学省研究開発学校平成 17 年度研究紀要
- 北原和夫研究代表(2008) 平成 18,19 年度科学技術振興調整費研究報告書「21 世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト」『数理科学専門部会報告書』.
- 國宗進(2006)「科学・技術科・数学科の統合カリキュラムの構成に向けて：算数・数学教育の立場から」『日本科学教育学会第 30 回年会論文集』 pp.331-334
- 國宗進(2007)「イギリスにおけるニューメラシーと数学的リテラシー」『日本数学教育学会誌』第 89 巻第 9 号, pp.31-40.
- 國宗進(2008)「生涯学習社会における数学的リテラシー構築のための開発研究：概念理解と能力形成」『日本科学教育学会第 32 回年会論文集』 pp.137-140
- 国立教育政策研究所 (2004『PISA2003 調査 評価の枠組 OECD 生徒の学習到達度調査』, ぎょうせい.
- 佐々木力(2001), 二十世紀数学思想, みすず書房.
- 重松敬一・二宮裕之(2007)「アメリカの数学教育における科学技術リテラシー」『日本数学教育学会誌』第 89 巻第 9 号, pp.21-30.
- 清水美憲(2007)「国際機関が提起する「数学的リテラシー」概念の意味」『日本数学教育学会誌』第 89 巻第 9 号, pp.41-50.
- 相馬一彦(1997)『数学科「問題解決の授業」』明治図書.
- 中原忠男(1998) 21 世紀型の算数数学教育の方向と研究課題, 日本数学教育学会誌算数教育第 80 巻第 12 号.
- 長崎栄三・他(2007)『算数・数学において育成する諸能力とその系列に関する研究』, 科研報告書.
- 長崎栄三・阿部好貴(2007)「我が国の数学教育におけるリテラシーとその研究に関する動向」『日本数学教育学会誌』第 89 巻第 9 号, pp.11-20.
- 長崎栄三・國宗進・重松敬一・関口靖弘・瀬沼花子・日野圭子(1997)「算数・数学科カリキュラムの改善に関する研究」, 国立教育研究所.
- 長崎栄三・國宗進・太田伸也・長尾篤志・他 15 名(2006)「現在の学問や職業で使われている算数・数学－「数学教育に関する研究者調査」の結果の分析－」, 『日本数学教育学会誌数学教育』第 88 巻第 3 号, pp.38-43
- 長崎栄三・國宗進・太田伸也・五十嵐一博・滝井章・近藤裕・熊倉啓之ほか 17 名(2008)「算数・数学教育の目標としての「算数・数学の力」の構造化に関する研究」『日本数学教育学会誌』第 90 巻第 4 号, pp.11-21.
- 長崎栄三・滝井章編著(2007)『シリーズ・算数の力を育てる①, ②, ③』東洋館出版社
- 日米理数教育比較研究会訳(2005)『すべてのアメリカ人のための科学—科学, 数学, 技術におけるリテラシー目標に関するプロジェクト 2061 の報告書—』, 米国科学振興協会
- 二宮裕之・國宗進(2007)「技術的問題解決プロセスに算数・数学を位置づける」『日本科学教育学会第 31 回年会論文集』 pp.167-170
- 藤田太郎(2007), 「最近のイギリスの算数・数学教育」『日本数学教育学会誌』第 89 巻第 11 号, pp.32-39.
- ポリア・柿内賢信邦訳(1954)『いかにして問題をとくか』丸善.
- 三浦登他(2004) 新編新しい理科, 東京書籍.

- 山崎貞登・宮城徹也・山田徹也・谷口義昭(2007)「技術的素養を目指す小・中学校一貫した新教科の教育課程開発」『日本産業技術教育学会誌』 pp.84-93
- AAAS(1989), Science For All Americans, A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science Mathematics, and Technology.
- Cockcroft, W. H. (1982) Mathematics Counts; Report of the Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools, London, Her Majesty's Stationery Office.
- DfEE (1999) Mathematics, The National Curriculum for England.
- NCTM(2000) Principles and Standards for School Mathematics./筑波大数学教育学研究室監訳『学校数学のための原則とスタンダード』.
- QCA (2007) National Curriculum for Mathematics KS3, KS4.

第2節 技術科の立場から

一技術教育における材料と加工に関する学習の具体例一

大谷忠 (茨城大学)

1. はじめに

(1) 具体例を検討する目的

第1章では OECD から報告された「キー・コンピテンシー」の能力概念を挙げ、その概念の内容として、「自立的に行動する能力」、「社会的に異質な集団での交流」、「社会・文化的、技術的ツールを相互作用的に活用する能力」の3つのカテゴリーを取り上げた。このような OECD による報告の影響を受け、我が国では生徒の学習到達度調査 (PISA) 等の結果を通して、理数教育に関する問題点が指摘されている¹⁾。このような指摘を受け、実施された学習指導要領の改訂に伴い、昨今の理数教育への重視に繋がっている。

このような背景の中で、技術教育の内容に必要な科学の原理や法則は、理数教育の基礎の上に位置付けることができ、両者の教育内容は密接な関係にある。それ故、理数教育や技術教育を扱う既存の教科の中で、相互の関係を密接にし、既存の教科の延長線上にある内容を互いに補完することによって、OECD が掲げる「キー・コンピテンシー」の育成に繋げていくことができる可能性がある。

そこで、本論では、「キー・コンピテンシー」の能力概念のカテゴリーにある「社会・文化的、技術的ツールを相互作用的に活用する能力」に視点を当て、技術の学習の立場から、理数教育との接点を繋ぐ具体例の位置付けを明確にし、その内容について議論してみる。

(2) 本論で扱う具体例の位置付け

本論では「キー・コンピテンシー」における下位カテゴリーに位置付けられる「技術的ツールを相互作用的に活用する能力」に焦点をしばり、具体例を考えてみることにする。「技術を相互作用的に活用する力」においては、その力を育成するために目標とする能力として、第1章では「①技術と社会について考え合う力」「②技術を生み出し表す力」「③技術を使う力」を取り上げた。本論では、「②技術を生み出し表す力」の中に含まれる「設計をする力」を取り上げ、その力を育成するために必要な、技術と理科・算数・数学との接点の内容について考えてみる。

2. 材料と加工の学習における算数・数学・理科との接点の具体例

(1) 材料と加工の学習における具体例

技術教育における材料と加工の学習において、「設計をする力」を育成する場面では、つくりたい作品を製作する前に、作品を設計 (デザイン) する場面がある。このような場面では、本研究において育成したい知識・理解・能力の中で、「問題解決とデザイン (本研究でこの内容に対応する「技術デザインプロセス」をここでは「技術的な場面においてデザイン能力を発揮するプロセス」と捉える) の能力」と非常に関係する部分が多い。そこで、本論では「材料と加工」の学習において「設計をする力」を養う上で、その力を育成する段階を以下の3つに分けて考えることにする。

段階1：つくりたいものの機能と構造をデザインする

段階2：機能と構造の内容をもとに、つくりたいものの材料をデザインする

段階3：デザインしたものの製作図を仕上げる

上記の段階1～3において、段階2の内容を例に取り上げた場合には、つくりたいものの機能と構造について考え、最適な材料を選定するためのデザインする力を養うことが、この段階では重要になる。材料をデザインする学習は、表1に示すような、中学校の教科書に記載されている具体的な例²⁾を考えたとき、木材や金属、プラスチック等の材料の力学的な特徴等について学習する例を取り上げることができる³⁾。

表1には、いろいろな材料の力学的な特徴を知る内容として、「同じ力に対する曲がり方を比較してみよう」と記述された例や、木材の力学的な特徴を知る内容として「軽いが比較的じょうぶである」等の記述例が認められる。これらの材料の特徴を学習することによって、製作品に必要な材料の性質を理解することができ、そのような材料や材料同士が組み合わさった構造に関する知識を利用して、製作品に用いる材料をデザインすることができる。

表1 材料と加工の学習で取り扱う材料や構造の具体的な内容例²⁾

材料や構造の内容の記述例	抽出頁	抽出箇所	記述例に含まれる学習内容	学習内容に含まれる力学の種類
それぞれの材料で同じ大きさの板状の部品をつくり、一方のはじを万力などに固定して他方をばねばかりで引っ張り、同じ力に対する曲がり方を比較してみよう	26	チャレンジ	材料の特徴	材料の力学
幅のある板を接合すると変形しにくくなる	37	図	背板と側板の組み合わせ	構造の力学
板の幅が大きくなるとさらにじょうぶになる	37	図	背板と側板の組み合わせ	構造の力学
くぎ、木ねじ、リベット、ボルト、ナット、蝶ねじ	40	図	接合材料 材料同士の接合	材料の力学 構造の力学
くぎ、だぼつぎ、通しほぞつぎ、相がきつぎ、ノックダウン金具	41	参考	接合材料 木材と木材の接合	材料の力学 構造の力学
木ねじ、はめこみ	41	参考	接合材料 木材と金属・プラスチックの接合	材料の力学 構造の力学
ねじとナット、リベット、はんだづけ	41	参考	接合材料 金属と金属の接合	材料の力学 構造の力学
ねじとナット	41	参考	接合材料 金属とプラスチックの接合	材料の力学 構造の力学
接着剤と三角材、ねじとナット	41	参考	接合材料 プラスチックとプラスチックの接合	材料の力学 構造の力学
平板、折り曲げ、折り返し、ふちまき、波形	37	参考	金属の平板をじょうぶにするための加工	材料の力学
幅を2倍にすると強さは2倍になる。高さを2倍にすると強さは4倍になる	37	図	断面の形と曲げ強さ	材料の力学
角棒、丸棒、六角棒、厚板、管材、みぞ形材、山形材	38	参考	金属材料の形状	材料の力学
四角形の構造と三角形の構造	37	図	じょうぶな構造	構造の力学
三角形の構造の利用例（東京タワー）	37	図	じょうぶな構造	構造の力学
直角補強金具、すじかい補強金具	41	参考	接合材料 木材と木材の接合の補強	材料の力学 構造の力学
軽いと比較的じょうぶ	30	表	木材の特徴	材料の力学
異なる木目をしている木材片をつくり、それぞれに力を加えて、強さを比較してみよう	26	チャレンジ	木材の特徴	材料の力学
材料に力を加えて少し曲げても、力を除くともとに戻る性質がある。この性質を弾性という	29	図	金属の特徴	材料の力学
力を加えて大きく曲げると、もとに戻らなくなる性質がある。この性質を塑性という	29	図	金属の特徴	材料の力学
たたくと広がり、薄くなる（展性） 引っ張るとのびて、細く長くなる（延性）	29	図	金属の特徴	材料の力学
炭素鋼で、炭素が0.6～1.5%のものは熱処理をして工具などに使われる	31	表	金属の特徴	材料の力学

以上の材料をデザインする学習では、材料の力学的な性質等を理解する必要があり、このような材料の性質を知るための基礎の内容として、物質の性質を知っておく必要がある。また、材料には長さや重さがあり、このような内容の基礎には、算数・数学、理科における長さや重さの単位を知っておく必要がある。そこで、以下では、材料をデザインする学習内容に視点を当て、理数教育との関係から、その内容を詳細に分析してみることにする。

(2) 設計の内容に含まれる科学的な概念の特性

表2は、八並が「理科教育の原理と方法」で取り上げる科学の基本概念⁴⁾を用いて、基本概念別にその内容を整理した結果を示す。表2に示すような科学の基本概念には、(a)物質の概念や(b)空間の概念、(c)時間の概念、(d)量の概念、(e)数の概念、(f)エネルギーの概念、(g)力の概念、(h)仕事の概念、(i)平衡の概念、(j)生物の概念等を取り上げることができる。そこで、これらの科学の基本概念が含まれる内容を中学校学習指導要領解説技術・家庭編の技術分野⁵⁾から抽出し、基本概念の内容について詳細に分析した。

図1は学習指導要領解説における製作品の設計の項目内容に含まれる科学の基本概念の割合を調べた結果である。製作品の設計に関する内容は、物質の概念や空間の概念、量の概念、エネルギーの概念、力の概念等が含まれる内容によって構成されていることがわかる、また、製作品の設計の内容について学習する場合には、物質や空間の概念が含まれる内容が多い。

これらの分析結果からも、前節で取り上げた、「材料をデザインする力」の育成に必要な物質の性質を理解する内容は、技術の学習において重要な役割を担っていることが推測できる。そこで、表2に整理した科学の基本概念の分類に従って、さらに中学校学習指導要領解説技術・家庭編の技術分野の内容について詳細に分析した。

図2は製作品の設計の内容に含まれる科学の基本概念の構成割合について詳細に分析した結果を示す。図2の結果においては、上述した「設計をする力」を養う上で、その力を育成する段階1に相当する「製作品の機能と構造」に関する内容には、空間の概念や力の概念の内容が多く含まれている。

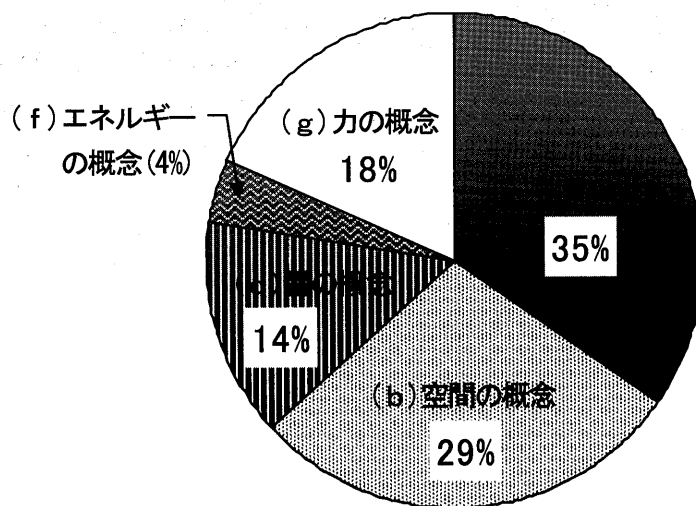


図1 製作品の設計の項目内容に含まれる科学の基本概念

表2 科学の基本概念の分類

科学の基本概念	概念の分類	
(a)物質の概念	(a)-1 巨視的(マクロ的)概念	(a)-1-1 多様性の概念
		(a)-1-2 保存性の概念
	(a)-2 微視的(ミクロ的)概念	(a)-1-2-1 質的な変化による保存性の概念
		(a)-1-2-2 形を変えた変化による保存性の概念
(a)-3 粒子概念		
(b)空間の概念	(b)-1 形の概念	(b)-1-1 二次元で構成されている平面の概念
		(b)-1-1-1 平面の形の概念
		(b)-1-1-2 平面の大きさの概念
	(b)-2 方向の概念	(b)-1-1-3 平面の合同性・相似性・対称性の概念
		(b)-1-2 三次元で構成されている立体の概念
		(b)-1-2-1 立方体や直方体・球・柱形・錐形・回転体などの概念
(b)-2-1 前後・左右・上下・東西南北の方位の概念		
(b)-2-2 回転方向の概念		
(b)-3 位置の概念	(b)-a 座標概念	
(b)-4 運動の概念		
(c)時間の概念		
(d)量の概念	(d)-1 長さなどの概念	
	(d)-2 面積・体積・速さなどの概念	
	(d)-3 質量や密度(比重)などの概念	
(e)数の概念		
(f)エネルギーの概念	(f)-1 運動エネルギーの概念	
	(f)-2 位置エネルギーの概念	

	(f)-3 弾性エネルギーの概念	
	(f)-4 熱エネルギーの概念	
	(f)-5 化学エネルギーの概念	
	(f)-6 電気エネルギーの概念	
	(f)-7 音エネルギーの概念	
	(f)-8 光エネルギーの概念	
	(f)-9 原子エネルギーの概念	
(g)力の概念		
(h)仕事の概念		
(i)平衡の概念	(i)-1 てこ・てんびんのつり合いの概念	(i)-a 力のモーメントの概念
	(i)-2 自然界におけるつり合いの概念	
(j)生物の概念	(j)-1 生物の多様性と同一性	
	(j)-2 生命の連続性	
	(j)-3 物質交代とエネルギー交代	
	(j)-4 生物と環境	

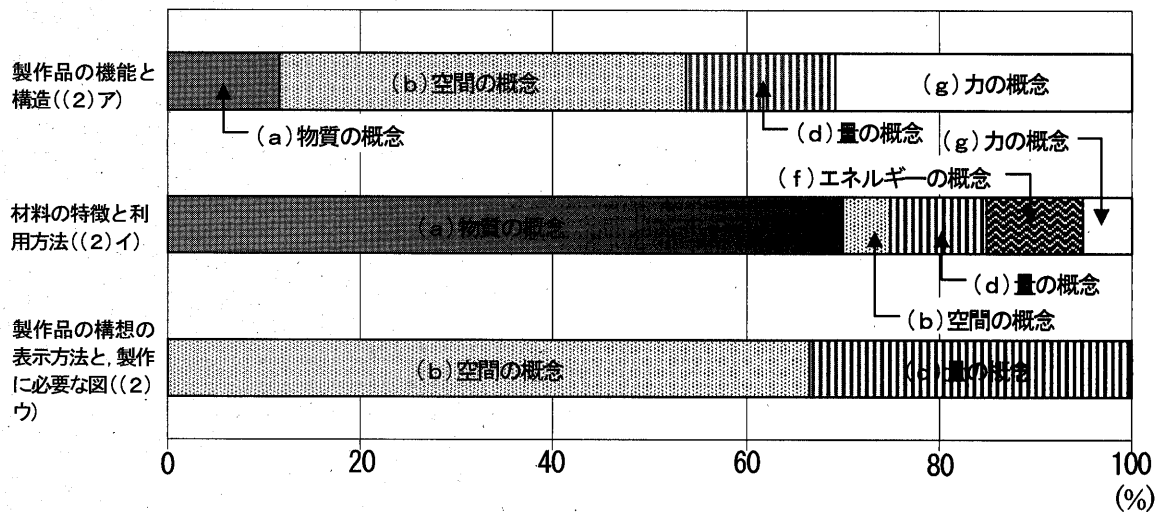


図2 製作品の設計の内容に含まれる科学の基本概念の構成割合

また、設計の段階2に相当する「材料の特徴とその利用方法」に関しては、約7割が物質の概念を含む内容で構成されており、段階3に相当する「製作品の構想の表示方法と製作に必要な図」に関しては、主に空間と量の概念の内容で構成されていることがわかる。

以上の結果から、材料をデザインする学習においては、材料の特徴とその利用方法を学ぶ内容が重要になり、このような学習においては、物質の概念に関する理解が重要であることがわかる。そこで、設計の段階において必要となる科学の基本概念について、さらに詳細に分析した。

図3は設計の内容に含まれる主要な科学の基本概念の構成割合について分析した結果を示す。設計の内容に含まれる基本概念に関しては、(a)物質の概念の内容は、表2の分類に示すような、物質の巨視的(マクロ的)概念に加え、微視的(ミクロ的)概念の内容で構成されていることがわかる。その他の概念に関しては、空間の概念の約9割は形の概念で構成されており、量の概念は長さや質量等の

概念、エネルギーの概念は弾性エネルギーや熱エネルギーの内容で構成されている。

以上の結果から、材料をデザインする学習においては、物質の概念の理解が重要であり、その概念は材料を巨視的な観点から理解する以外に、微視的な視点で材料の特徴やその利用方法を理解する内容が含まれていることを示している。

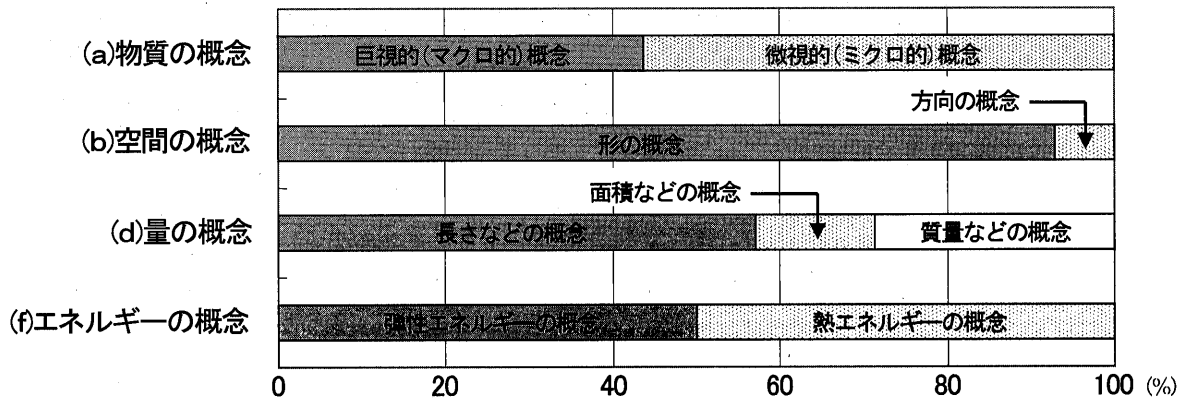


図3 製作品の設計の内容に含まれる科学の主要な基本概念の構成割合

3. 境界領域における算数・数学・理科の内容との互換性

(1) 教科の延長線上にある内容の同質性と異質性

前節では技術の学習に含まれる科学的な知識の内容に視点を当て、材料をデザインする学習における材料の特徴やその利用方法について理解する内容について検討した。その結果、材料の特徴や利用方法を理解するために物質の概念の理解が重要であり、その内容は巨視的な概念の理解だけでなく、微視的な視点で材料の知識を理解する必要があることがわかった。そこで、科学の基本概念における物質の概念に焦点を絞り、この概念が含まれる理科の内容について詳細に分析した。

表3は中学校学習指導要領解説理科編⁵⁾において取り扱われている内容を整理した結果を示す。中学校の理科の内容では、材料と加工の学習に関連する内容(表中のアンダーラインをひいた内容)は第1分野に多く、それらの内容には(1)イ「力と圧力」や(2)ア「物質のすがた」、(3)イ「電流の利用」、(4)ア「物質の成り立ち」、(5)ア運動の規則性、(7)イ「科学技術と人間」の内容等を取り上げることができる。これらの内容の中で、「材料をデザインする学習」に含まれる物質の概念を学ぶ内容には、(2)ア「物質のすがた」や(4)ア「物質の成り立ち」等を挙げることができる。そこで、物質の概念の内容が含まれる技術と理科の学習において、両者が対応する概念の内容を分類した。

表4は表2の科学の基本概念の分類をもとに、物質の概念が含まれる教科の内容について整理した結果を示す。(a)-1巨視的(マクロ的)概念の中で、多様性の概念が含まれる技術の内容には、「材料の知識」や「補強金具の知識」等の内容が含まれている。また、物質の概念を学習する理科の内容では、多様性の概念に相当する「密度の固有の性質」や「電気の通りやすさの固有の性質」等の内容を取り上げることができる。このように、巨視的な概念としての多様性の概念や保存性の概念に関しては、技術の学習と理科の学習の両者で対応する内容があることがわかる。

表3 中学校学習指導要領(平成10年)解説—理科編—における内容

第1分野(物理的領域及び化学的領域)	第2分野(生物的領域及び地学的領域)
(1)ア 音と光	(1)ア 生物の観察
(1)イ 力と圧力 _{(a)2, (a)3, (i)1}	(1)イ 植物の体のつくりと働き
(2)ア 物質のすがた _{(a)1-1, (a)3}	(1)ウ 植物の仲間
(2)イ 水溶液	(2)ア 地層と過去の様子
(3)ア 電流	(2)イ 火山と地震
(3)イ 電流の利用 _{(i)6}	(3)ア 動物の体のつくりと働き
(4)ア 物質の成り立ち _{(a)3, (e)}	(3)イ 動物の仲間
(4)イ 化学変化と物質の質量	(4)ア 気象観測
(5)ア 運動の規則性 _{(b)4, (d)2, (f)1, (f)2, (f)4, (f)6, (f)8, (g)}	(4)イ 天気の変化
(6)ア 物質と化学反応の利用	(5)ア 生物と細胞 _{(i)1}
(6)イ エネルギー資源	(5)イ 生物の殖え方
(7)イ 科学技術と人間 _{(a)1-1}	(6)ア 天体の動きと地球の自転・公転
	(6)イ 太陽系と惑星
	(7)ア 自然と環境
	(7)イ 自然と人間

表中の記号は表2-6の記号と対応する

表4 (a)物質の概念が含まれる教科の内容

基本概念の分類		概念が含まれる教科の内容	教科名	
(a)-1 巨視的(マクロ的)概念	(a)-1-1 多様性の概念	材料の使い方の知識 補強金具の知識 木質材料の特徴の理解 プラスチックの性質と使用方法の知識 材料の種類の知識 金属のさびの知識 使用する塗料の性質の知識 塗料溶剤の知識 木材は加工しやすい性質であること 炭素鋼、黄銅、アルミニウム合金の知識	技術	
		金属は熱せられた部分から順に温まること 水や空気は熱せられた部分が移動して全体が温まること	理科 (小4)	
		物質における密度の固有の性質 物質における電気の通りやすさの固有の性質 物質を加熱したときの変化の固有の性質 新素材	理科 (中)	
	(a)-1-2 保存性の概念	(a)-1-2-1 質的な変化による保存性の概念	金属、水及び空気は、温めたり冷やしたりするとかさが変わる	理科 (小4)
		(a)-1-2-2 形を変えた変化による保存性の概念	木材が吸湿や放湿によって寸法が変化する知識 金属の展性や延性などの知識	技術
(a)-2 微視的(ミクロ的)概念	木材は多孔質な構造であり、軽い割に丈夫であること 木材は寸法変化や強度が繊維方向によって異なること 炭素の含有量の違いによる性質や用途の違い 熱処理による硬さの調整	技術		
(a)-3 粒子概念	物質は原子や分子からできていること	理科 (中)		

これに対して、(a)-2 微視的 (ミクロ的) 概念は、「木材は多孔質な構造であり、軽い割に丈夫であること」等のような、材料の特徴を理解する内容が含まれており、理科の内容には、このような内容に対応する微視的概念が取り上げられていない。さらに、(a)-3 粒子概念に関しては、理科では「物質は原子や分子からできていること」等のような内容を学習するのに対して、技術の学習では原子や分子の粒子概念をもとに、材料の性質や利用方法を理解する内容が含まれていない。すなわち、技術と理科の学習に含まれる巨視的概念の内容に関しては、多様性や保存性の概念の理解を通じた同質性があり、微視的な概念や粒子概念においては、概念の理解に互換性がなく、内容に異質性があることがわかる。

(2) 内容の互換性

本論では「キー・コンピテンシー」のカテゴリーにある「②技術を生み出し表す力」の中に含まれる「設計をする力」を取り上げ、その力を育成するために必要な、技術と理科・算数・数学との接点の内容について議論した。ここでは、「設計する力」を育成するための段階2として、材料をデザインする学習を取り上げ、その具体的な内容を検討した。その結果、材料をデザインするために必要な材料の特徴や利用方法に関する知識を理解する上で、理科の学習における物質の概念の理解は重要であることを述べた。さらに、理科で学習する物質の概念と技術の学習に含まれる物質の概念のとらえ方に同質性があるものと異質性があるものが存在した。

以上の結果を踏まえ、異質性がある内容に関しては、理科と技術の学習における互換性を踏まえ、その概念を理科で補うことや、その概念を含む教材や題材等を技術の学習で補うことが考えられる。また、技術の学習に含まれる科学的な概念に同質性がある場合には、理科の学習に加え、ものつくりの実習的な技術の学習を通して、内容や方法の異なる学習を積み重ねることで、「キー・コンピテンシー」のカテゴリーに含まれる力をより確かな形に育成することが望まれる。

[引用・参考文献]

- 1) 清水一彦編著：最新教育データブック，時事通信社，pp.284-287（2008）
- 2) 間田泰弘：技術・家庭 [技術分野]，開隆堂，pp.26-51（2006）
- 3) 大谷忠・腰塚実穂：中学校の技術教育における材料や構造に関する力学的な教育内容の分析，日本産業技術教育学会誌，投稿中（2009）
- 4) 八並勝正：理科教育の原理と方法，pp.117-128（1978）
- 5) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成10年12月）解説 一技術・家庭編一，東京書籍，pp.16-30（2004）
- 6) 中学校学習指導要領（平成10年）解説一理科編一，東京書籍，pp.19-51，pp.58-97（2004）

第3節 理科の立場から

磯崎哲夫 (広島大学)

ここでは、理科で新しく開発した総合単元「私たちの生活と水との関わり」について記述していく。

対象 : 中学校3年生

単元 : 第7単元 (第1、2分野の統合型)

単元名 : 私たちの生活と水との関わり

単元の目標 : 水に関わる問題について多面的・総合的に認識させるとともに、探究活動および討議を通して、科学的な見方や考え方 (この場合は、技術科のものづくりの視点、算数・数学科で重視されている numeracy の活用を含む) による意思決定ができる能力を養う。

1 単元のねらい

(1) 単元観

近年、ミネラルウォーターの購買や水環境の著しい悪化により、水質について気にかける機会が増えてきた。一方、水道の蛇口から絶え間なく出てくる水を見て育ってきた私たちは、依然として水に対する関心が高いとはいえないのではないだろうか。しかし、世界に目を向けると、世界人口の7割以上が清浄な水を得られず、毎日2.5万人もの人が不十分な水管理により命を失っているという現状がある。このように現在、水不足は深刻な問題のひとつであり、無関心ではすまされないと考える。

このような背景から、本単元では「生活に利用できる水を得るために自分はどのように水と関わりながら暮らしていけばよいか」というメインエスチョンを掲げ、単元の始めから生徒に認識させておく。

また、水の循環に即して上記のメインエスチョンに関わる問題(サブエスチョン)を考えると、循環の様々な段階で、酸性雨や家庭排水など考慮すべき問題が山積していることが分かる。このように、「生活に利用できる水」を考える上では、1つの問題だけを考えれば解決するわけではない。

そこで本単元では、サブエスチョンに関して探究活動や討議を経て考察した「意思決定の手がかり」から、広い視点でメインエスチョンについて、科学的な見方や考え方をもとにした意思決定ができる能力を育成することを目的としている。

(2) 指導観

本単元は9つの小単元から成り、そのうち水の循環に即して6つの段階(小単元)を設けている。そこで、各小単元においては、以下のことを心掛けたい。

まず、生徒が「科学的な見方や考え方による」という意思決定の条件を意識できるようにすることである。次に、各サブエスチョンとメインエスチョンとのつながりに触れることである。最後に、意思決定能力の育成において重要と考える討議に関しては、討議ごとにポイントを絞ることである。

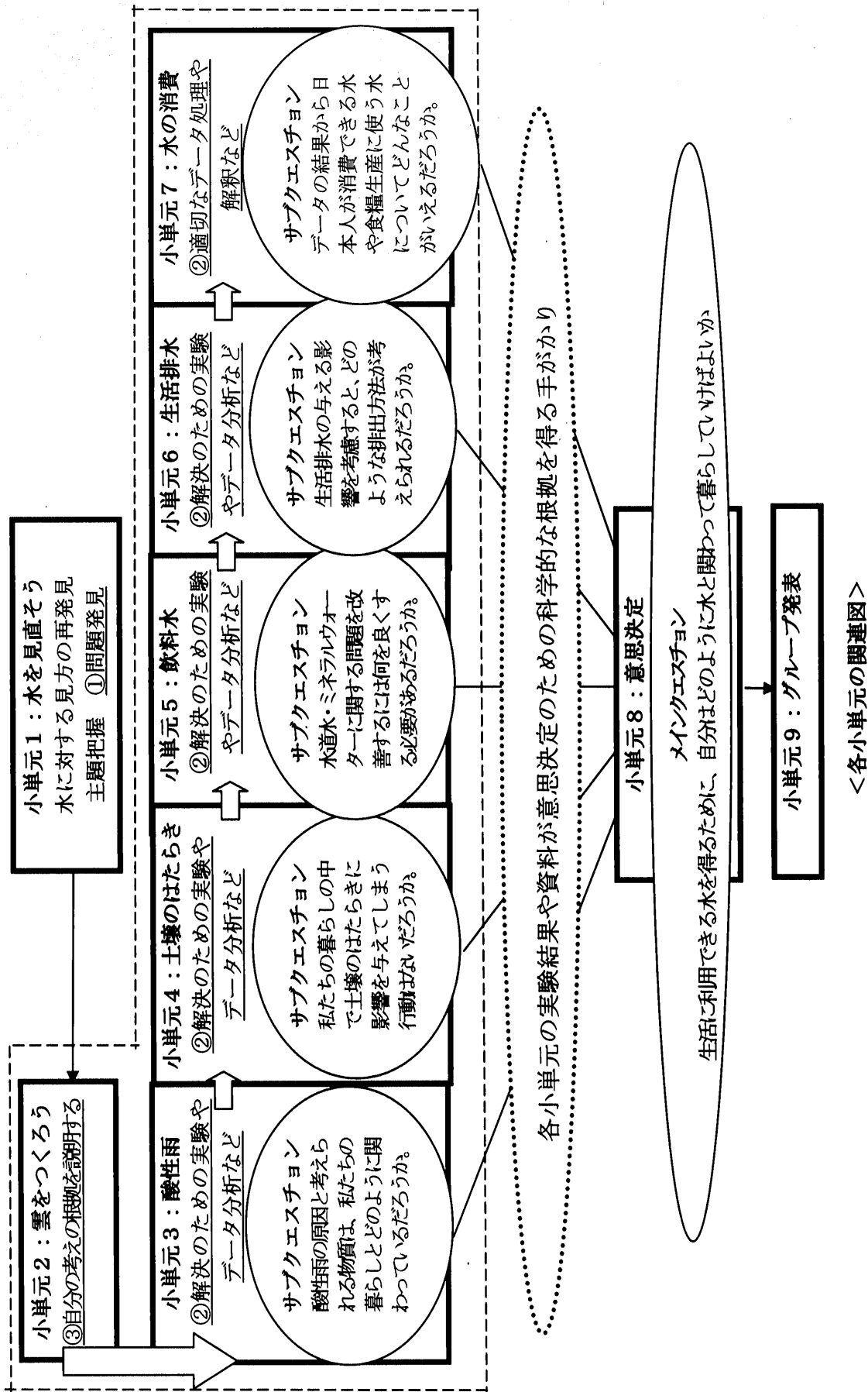
以上のような指導をするために、単元の導入では、効き水やコンセプトマップなどの活動を盛り込み、水について再認識させることで、メインエスチョンや単元自体の関心を高める。

次に、循環に即した各小单元では、実験や資料のデータから得た「科学的な根拠」を踏まえた意見が述べられているか、発表で出た意見を生徒とともに検討していくことで、科学的な根拠を意識付ける。また、各サブクエストを水の循環を図示した循環マップと照らし合わせたり、必要に応じてメインクエストを想起させたりすることで、单元全体のつながりを生徒に認識させやすくする。

小单元	題目	内容	小单元設定の意図
1	水を見直そう	効き水 コンセプトマップ	・水に対する関心を高める。生徒自身が水や水の循環に対する見方を再発見する機会となる。
2	雲を作ろう	モデル実験	・既知の内容を扱い、現象の説明を他人にする経験となる。
3	雨を酸性にする原因を調べよう	サブクエストに関する実験	・小单元8への手がかりとなる。 ・この循環の段階（雲→雨）での問題を考える機会となる。
4	土壌のはたらきを調べよう	サブクエストに関する実験	・小单元8への手がかりとなる。 ・この循環の段階（雨→山→川）での問題を考える機会となる。
5	飲料水について考えよう	サブクエストに関する実験 資料読み取り 意思決定	・小单元8への手がかりとなる。 ・この循環の段階（川→上水→家庭）での問題を考える機会となる。 ・小单元8での意思決定の練習の機会となる。
6	生活排水が及ぼす影響について考えてみよう	サブクエストに関する実験	・小单元8への手がかりとなる。 ・この循環の段階（家庭→下水→川など）での問題を考える機会となる。
7	水の使い道 ～水の消費について考えてみよう～	サブクエストに関する資料読み取り	・小单元8への手がかりとなる。 ・この循環の段階（上水の消費）での問題を考える機会となる。
8	生活に利用できる水を 得るために、自分と水の 関わりを考えてみよう	コンセプトマップ 意思決定 発表準備	・水に対する見方の変化を自身が知る機会となる。 ・科学的な見方を用いた（総合的な）意思決定をする機会となる。
9	みんなの考えを知ろう	発表 まとめ	・自分たちの考えを説明する機会となる。 ・他班の考えを聞くことで、科学的な根拠に基づく考え方について認識を深める機会となる。

<各章の目的と結論の関連図>

さらに、討議の際は、その討議の目標に沿って焦点化された討議が行われるように机間指導すれば、生徒の意思決定能力育成に役立つと考える。



小単元3～7における内容一覧および、小単元8との関連

小単元：題目	3：雨を酸性にする原因を調べよう	4：土壌のはたらきを調べよう	5：飲料水について考えよう	6：生活排水が及ぼす影響について考えてみよう	7：水の消費について考えてみよう
指導目標	各自で実験の結果を根拠としてサブクエスチョンとの関連をとらえることができるようにする。	実験や資料の読み取りを通して、とくに人間との関わりを意識して、サブクエスチョンについて考えることができるようにする。	それぞれの循環の段階における意見について「実現可能であるか」という観点から見直す能力を養う。	複数の根拠から多面的に考える能力を養う。	
探究活動	溶けると酸性を示す気体(酸性雨の原因の一部と考えられる)を発生させる物質を調べる。	土壌の緩衝作用を確かめる。	水道水の残留塩素を確かめる。水道水・ミネラルウォーターの特色を読み取る。	生活排水及び河川のCOD値を測定する。	食糧を生産するのに使用される水の量を資料から読み取る。
結果	硫黄、ビニルテープを燃やした気体、排気ガスは水溶すると酸性を示す。	土壌には酸やアルカリを中性に近づける作用がある。強い酸は土壌のはたらきの限界を超える。	水道水には、消毒・殺菌のため塩素が入っている。水にも様々な種類がある。	生活排水は河川の水質と比べて汚れの程度が大きい。	日本人はとくに間接的にも多くの水を消費している。
資料など補足	湖沼にあたえる影響など建造物以外に、水質にも着目させる。	川の自浄作用にも触れる。	水に関する問題(トリハロメタンなど)を扱う。	下水の高度処理(普及率など)や、試料以外の汚れについて扱う。	人口、降水量、自給率などのデータを扱う。
サブクエスチョン	酸性雨の原因と考えられる物質は、私たちの暮らしとどのような関係にあるだろうか。	私たちの暮らしの中で土壌のはたらきに影響を与えてしまう行動はないだろうか。	水道水・ミネラルウォーターに関する問題を改善するには何を良くする必要があるだろうか。	生活排水の与える影響を考慮すると、どのような排出方法が考えられるだろうか。	データの結果から日本人が消費できる水や食糧生産に使う水についてどんなことがいえるか。
共有事項	硫黄→硫酸酸化物：火山、工場。ビニルテープ→塩素。排気ガス→窒素酸化物：焼却炉	土壌に有害な物質：農薬、電池、蛍光灯、ガラス、顔料(絵の具、パステル)	原水の水質を良くすること(良い状態で保つ)ことが必要である。	生活排水も循環水の一部である。	日本は食糧生産に使う水の量などを考えると、決して水が豊富な国ではない。
考察：意思決定の手がかり(例)	酸性雨の原因となるような気体の発生を抑える。	土壌のはたらきに影響を与えようとする活動はしない。	原水の水質を良くすること(良い状態で保つ)ことが必要である。	米のとぎ汁を庭木にやるなど、排出方法の工夫をする。	水や食糧の無駄な消費をなくす。

小単元8：意思決定

メインクエスチョン：生活に利用できる水を得るために、自分はどうのように水と関わって暮らしていけばよいか。

<小単元1 / 第1時間目>

【指導目標】・水に対する関心を高める。

・生徒自身に水や水の循環に対して再発見させる。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【水を見直そう】</p> <p>導入</p> <p>利き水に挑戦</p> <p>メインクエスチョン</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・4種類の水*があることを知る。 ・見た目、飲み比べにより、どの水かを予想する。 ・答えを知る。 <ul style="list-style-type: none"> ・単元のメインクエスチョンを知る。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>生活に利用できる水を得るために、自分はどのように水と関わって暮らしていけばよいか。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・水の循環に着目しながら考えていくことを伝える。
<p>展開</p> <p>作業: コンセプトマップ作り^⑧</p> <p>グループでの話し合い</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプトマップを作成し、水に対する今の認識を生徒自身を知る。(多い、少ないも書く) ・自分のコンセプトマップについてグループに説明し、お互いの考えを知る。 ・以下のことを確認する。 ・2025年までに世界の3分の2の人が水不足に悩まされると言われており、今現在も3分の1の人が苦しんでいること。 ・湧水の減少や水の汚染により、安全な飲用水として使える水が減ってきていること。 <p>→生活に利用できる水という言葉について理解する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・生活に利用できる水について、飲み水など安全な水の確保が困難であることを伝える。 ・水全体の総量は変わらないことを確認する。 ・原因についてはあまりここでは触れないようにする。
<p>まとめ</p> <p>単元の趣旨説明</p> <p>SCIENCEの活用</p> <p>次時の予告</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・単元について知る。 <p>→この単元では、データ(結果)など事実に基づいた科学的な見方や考え方をした意思決定をすることに重点に置く。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・生活の水はどこからくるのか考える。 ・雨の源(雲)について考えることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・次回から行う実験などは、メインクエスチョンを考えるために行う。 ・生徒のコンセプトマップから雨や雲を取り挙げる。
<p>備考</p> <p><試料>*水道水、さ湯、市販のミネラルウォーター、湧水(全員分用意する)</p>		

<小単元2 / 第2時間目> 循環の段階：①海など→蒸発→雲

【指導目標】・既知の内容を使って、実験の現象を他人に説明する能力を養う。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【雲をつくろう】 導入</p>	<ul style="list-style-type: none"> 生活の水がどこからくるのか考える。 熱エネルギーによる水蒸気への状態変化を思い出し、蒸発と太陽の熱エネルギーを理解する。 雲ができる原理を再現実験の手順と照らしあわせて考える。 <p>モデル実験の手順は、実際の雲ができるまでの循環マップのどの部分のことだろうか。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 循環マップで段階を確認する。
<p>展開Ⅰ モデル実験 ：雲を作ろう⁹⁾</p> <p>自作の実験装置の製作 (ものづくり)</p> <p>展開Ⅱ モデル実験 ：彩雲を作ってみよう¹⁰⁾</p>	<p>実験の目的：既知の内容である実際の雲の発生原理と、再現実験を結びつけながら、水の状態変化や、これから取り扱う循環について関心をもつ。</p> <ol style="list-style-type: none"> ペットボトル*の中に水を少量入れ、全体に馴染ませる。 マッチに火をつけ、消し、煙を入れる。 ペットボトルにフィズキーパー**を取り付け、ポンプを押してペットボトルの中に空気を入れる。 ペットボトルを見ながら、フィズキーパーのロックをはずし、一気に空気を抜く。 ①②の後、暗くした部屋の中で懐中電灯をつけ、テープが貼ってある方を電灯に向け、光を遮りその周辺を見る。 ④と同様にして空気を抜く。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験の手順が、循環マップのどの部分になるのかを班で確認しながら実験を行うようにする。
<p>まとめ 考察</p>	<ul style="list-style-type: none"> ペットボトル内の減圧で下がった温度によって、水蒸気が雲 (小さな水滴) となって現れた。 <p>(・雲をつくる細かい粒は光を乱反射するため雲は白く見えるが、粒の大きさが比較的そろっていると、光が回折し、雲は色づいて見える¹¹⁾。)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 彩雲は原理の理解よりも、現象に関心を持つことに重点を置くので、細かい解説はしない。
<p>備考</p> <p><準備物> 炭酸飲料用ペットボトル 500ml 1本、フィズキーパー 1個、マッチ、黒画用紙 A4 1枚、懐中電灯、黒粘着テープ、セロテープ、カッター</p>		

- * 中央に直径 6.5cm の穴が空いた黒の画用紙を巻きつけ、さらにその穴の中央に直径 3.5cm の円を描いた黒の粘着テープを貼ったペットボトル。
- ** 炭酸が抜けるのを防ぐため容器内に空気を送り込む器具。



<小单元3 / 第3、4時間目>循環の段階：②雲→雨

【指導目標】・実験を通して、この循環の段階の問題について理解させる。

・各自で実験の結果を根拠としてサブクエストとの関連をとらえることができるようにする。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【雨を酸性にする原因を調べよう】 導入</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・雨が降っていたら事前に採取しておき、雨の酸性度を pH 試験紙で調べる。 ・降雨が手に入らない場合は、降雨は酸性を示すことを資料で確認する。 ・pH について簡単に知る。 ・酸性雨の定義を知る。 →人為起源の酸性物質の影響で降水の酸性度が強まった雨。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 生活の水の源である雨を酸性にする原因は何だろうか。 </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・前時を想起させる。 ・大気中に含まれる二酸化炭素や火山ガスの影響で、もともと酸性である。(狭義にはpH5.6以下) ・気体が関係することから、人間の活動によって排出されるものであることに着目させる。 ・水がすぐれた溶媒であることにも気付かせる。
<p>展開 I 実験： 酸性雨の成因を調べよう 15)</p>	<p>実験の目的: 雨に溶け込むと酸性を示す気体にはどのようなものがあるか確かめる。</p> <p>※班ごとに試料を分担して行う。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①乾燥した集気びんの中で、ガラス板でふたをしながら試料を燃焼させ気体をつめる。 ②ペットボトルに水蒸気を満たす。 ③ペットボトルにガラス管つきゴム栓をする。 ④ペットボトルを冷やししながら、①で集めた気体を吸引させ、水蒸気を凝結させる。 ⑤しばらく放置した後、底にたまった液体をビーカーに入れる。 ⑥pH 試験紙をピンセットで液につけ、pH を測る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水蒸気でやけどをしないように軍手をする。
<p>展開 II 結果 サブクエスト 資料など補足 共有事項 16)17) 討議 考察(意思決定の手がかり)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・結果を共有する。 ・硫黄、ビニルテープを燃焼した気体、排気ガスは水に溶けると酸性を示す。 →酸性雨の原因になる物質の一つである。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p style="text-align: center;">酸性雨の原因と考えられる物質は、私たちの暮らしとどのように関わっているだろうか。</p> </div> <p>→硫黄：硫酸化合物（火山、工場煙） ビニルテープ：塩素（卵パック、ビニル傘） 排気ガス：窒素酸化物（焼却炉）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・共有事項を受けて、どのような生活を送るかについて、各自で考えたのち、班で討議する。 ・発表によりクラスで意見を共有する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・銅像や森林への被害と併せて、湖沼への被害から、雨は次時に扱う土壌へとつながることを確認する。 ・今のところ日本では川・湖への酸性雨の影響は小さいといわれている。 ・北欧やカナダの湖沼の例 ・討議ポイント「実験結果を根拠にする」を確認する。 ・メインクエストとのつながりとなることを押さえる。
<p>まとめ 次時の予告</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水の源である雨が酸性であることから、川の水の性質を予想してみる。 ・次時は川の水について調べることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・循環マップを見ながら次の循環の段階を確認する。
<p>備考<試料> 硫黄、ビニルテープ、砂糖、ペットボトル、車の排気ガス <準備物> pH 試験紙、集気びん、ガラス板、燃焼さじ、ガラス管（2）、ゴム管、三角フラスコ、1つ穴ゴム栓、ビーカー、加熱器具、軍手</p>		

<小単元4/第5、6時間目>循環の段階：③雨→山（地下水など）→川

【指導目標】・実験を通して、この循環の段階の問題について理解させる。

・とくに人間との関わりを意識して、サブクエストについて考えることができるようにする。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【土壌のはたらきを調べよう】</p> <p>導入</p> <p>演示：河川の pH を測定する</p>	<p style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">酸性雨が降っているのに、河川の水が酸性でないのはなぜだろう。</p> <p>・河川の pH を知る。</p>	<p>・循環マップで河川に流れるまでの過程にも注目する。</p> <p>・河川の水は土を通ることを引き出す。</p>
<p>展開 I</p> <p>実験：土壌のはたらきを調べよう¹⁸⁾</p>	<p>実験の目的：土壌がもつ緩衝作用を調べることで、酸性雨の影響が土壌で弱められるメカニズムを理解する。</p> <p>※クラス内で3つのグループに分かれて行う。</p> <p>①pH を1および4に調製した硫酸、11に調製したNaOH 水溶液でそれぞれ以下の②～④の実験を行う。</p> <p>② 蒸留水を入れてビーカーを2つ用意し、一方だけに土壌を加え、それぞれの水溶液の pH を測定する。</p> <p>③ 調製した硫酸、または NaOH 水溶液を 5 ml ずつ滴下し、かき混ぜた後、それぞれの水溶液の pH を測定する。</p> <p>④ ③をさらに2回繰り返し、pH の変化をグラフに表す。</p>	<p>・pH メーターの使い方を示す。</p>
<p>結果</p>	<p>・土壌には酸性やアルカリ性を中性に近づける作用がある。</p> <p>・強い酸では土壌のはたらきの限界を越える。</p>	<p>・自浄作用や、温泉付近の川の中の中和の例も挙げる。</p>
<p>展開 II</p> <p>資料など補足</p> <p>サブクエスト</p> <p>討議：考察をもとに議論する</p> <p>意見の共有</p> <p>共有事項</p> <p>考察</p> <p>まとめ</p> <p>次時の予告</p>	<p>・川の水の自浄作用について知る。</p> <p>・班でサブクエストについて討議する。</p> <p style="text-align: center;">私たちの暮らしの中で、土壌のはたらきに影響を与えてしまう行動はないだろうか。</p> <p>・どのような意見が出たのか班ごとに挙げる。</p> <p>→土壌に有害とされている物質 農薬、蛍光灯、ガラス、顔料（絵の具、パステル）</p> <p>・共有事項を受けて、生活に利用できる水を得るためには、どのような生活が必要か各自考える。</p> <p>・土壌を経た水はどのように循環するか考える。</p> <p>・次時は飲料水について調べていくことを知る。</p>	<p>・根拠に基づいた意見がどのようなものか生徒の発言から確認する。</p> <p>・討議ポイント「人間との関わりを意識して考える」を確認する。</p> <p>・川だけでなく、地下水にも注目させる。</p>
<p>備考</p> <p><準備物>土（培養土は避ける）、ガラス棒、こまごめピペット、蒸留水、pH メーター 硫酸 ($5.0 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$、$5.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$)、水酸化ナトリウム水溶液 ($1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$)</p>		

<小単元5 / 第7～9時間目>循環の段階：④川→上水→家庭

【指導目標】・実験を通して、この循環の段階の問題について理解させる。

・討議を通して、他人の意見と比較することで、より良い案を選択する能力を養う。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【飲料水について考えよう】</p> <p>導入</p>	<p>水道水とミネラルウォーターはどのような違いがあるのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> それぞれの原水を考える。(水道水：主に川、ミネラルウォーター：地下水など) 	<ul style="list-style-type: none"> 循環マップで本時の循環段階を確認する。
<p>展開Ⅰ</p> <p>実験：水道水を調べよう</p> <p>結果</p>	<ul style="list-style-type: none"> それぞれの浄化(製造)過程を簡単に知る。 <p>実験の目的：実験を通して、水道水に含まれる物質を調べる。</p> <ol style="list-style-type: none"> NaCl水溶液、塩酸、水道水、ミネラルウォーターにそれぞれ硝酸銀水溶液を少量加え、様子を観察する。 変化が見られた溶液に共通している元素を調べる。 <ul style="list-style-type: none"> 水道水には消毒・殺菌のため塩素が入っている。 	<ul style="list-style-type: none"> ミネラルウォーターは商品によって製造過程も異なることを伝える。 日本の水道水では濃度処理は義務付けられていることを確認する。
<p>展開Ⅱ</p> <p>資料読み取り NUMERACYの活用 意思決定課題</p> <p>意思決定</p>	<ul style="list-style-type: none"> 次のような内容の資料から水道水、ミネラルウォーターの特色を各自で挙げる。 含まれる成分・水質基準の項目数・除菌の方法 トリハロメタン、カルキ臭など水道水に関して注目されている問題について知る。 トリハロメタンと加熱時間の関係など資料から知る。 <p>自分ならどの水を飲みたいか。</p> <ul style="list-style-type: none"> 土壌についての学習(土壌汚染)を思い出す。 資料を根拠に自分の意見を決める。(記述) 	<ul style="list-style-type: none"> 資料には10種類の飲用可能な水に関するデータを載せる。 実際には他に多くの判断材料があることを確認する。 前小単元の内容。 根拠に着目させる。
<p>展開Ⅲ</p> <p>討議：資料をもとに討議する</p> <p>まとめ サブクエスト</p> <p>共有事項(考察)</p> <p>次時の予告</p>	<ul style="list-style-type: none"> 課題について班で討議する。 発表により、班で出た意見をクラスで共有する。 水質と人間の活動のつながりを考えていく。 <p>→原水の水質を良くする(良い状態で保つ)ことが必要である。</p> <ul style="list-style-type: none"> 今回は飲料水に着目したが、水道水はあらゆる生活に利用できる水であることに気付く。 水道水の使用後の循環を考える。 次時は排水について考えることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 根拠に着目させる。 討議ポイント「他人の意見と比較し、より良い選択をする」を確認する。 メインクエストとのつながりがある。 各班で、次時に生活排水を持参することを伝える。
<p>備考</p> <p><準備物> NaCl水溶液、塩酸、水道水、ミネラルウォーター、硝酸銀水溶液、ビーカー、こまごめピペット、資料</p>		

<小単元6 / 第10, 11 時間目> 循環の段階: ⑤家庭 → (下水処理場) → 川など

【指導目標】・実験を通して、この循環の段階の問題について理解させる。

・意見について「実現可能であるか」という観点から見直す能力を養う

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【生活排水が及ぼす影響を調べよう】 導入</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>私たちが使用した水はどこへいくのだろうか。</p> </div> <p>・各班が用意した生活排水の中から、汚れの影響が大きいものを予想する。</p>	<p>・循環マップで本時の段階を確認する。</p>
<p>展開 I 実験：生活排水が及ぼす影響を調べよう²⁰⁾</p>	<p>実験の目的: 私たちが使用した水がどれくらい COD の値に影響を与えるか調べる。</p> <p>・COD について知る。</p> <p>①各班、持参した生活排水と、河川の水をそれぞれ 100ml の水に 0.5ml ずつ加えかき混ぜる。</p> <p>②パックテストを用いて COD の値を測定する。</p> <p>③河川の水の COD の値と比較し、同程度の値にするためにはどれくらいの水の量が必要であるか計算する。</p>	<p>・時間短縮のため COD パックテストを使用するが、通常、河川は BOD によって測定することを押さえる。</p>
<p>展開 II 結果・考察 資料など補足 討議 NUMERACY の活用 サブクエスト</p>	<p>・結果を共有する。</p> <p>・生活排水は、自然の河川の水質と比べて汚れの程度が大きい。</p> <p>・下水道の高度処理について知る。(普及率なども)</p> <p>・各自でサブクエストについて考えた後、班で討議する。</p>	<p>・この場合での汚れとは植物プランクトンのエサとなる(酸素を消費する原因となる)有機物や窒素(アンモニア、亜硝酸、硝酸)、リン(リン酸)などの栄養塩類のことである。</p> <p>・討議ポイント「意見を見直す」を確認する。</p>
<p>まとめ 考察 意見の共有 共有事項 次時の予告</p>	<p>・サブクエストについて考える。</p> <p>・発表により、クラスで意見を共有する。</p> <p>→生活排水も、地球表層の循環水の一部である。</p> <p>・前時の内容(水道水の原水地が川であることを思い出す。</p> <p>・次時は日本の水の消費について考えることを知る。</p>	<p>・汚水の汚染物質の濃度はうすめることができても、下水処理場や川に流れてしまう汚れの量自体は変わらない。</p>
<p>備考 <準備物> 河川の水、生活排水、COD パックテスト、ビーカー、こまごめピペット、ガラス棒</p>		

生活排水の与える影響を考慮すると、どのような排出方法が考えられるだろうか。

<小単元7/第12、13時間目>⑥水の消費について

【指導目標】・実験を通して、この循環の段階の問題について理解させる。

・複数の根拠から多面的に考える能力を養う。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【水の使い道 ～水の消費について 考えてみよう～】 導入</p>	<p>水道水はどのようなことに 使用しているだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水は直接飲む以外に食物を通して体に取り入れられていることに気付く。 ・水は生きていく上で欠かせない食物を作るのにも必要であることに気がつく。 	<ul style="list-style-type: none"> ・循環マップで本時の段階を確認する。 ・人間に1日に必要な水の量や致死量などにも触れる。
<p>展開Ⅰ データ解釈 NUMERACYの活用</p>	<p>ご飯1杯分のお米を育てるのに どれくらいの水が必要だと思いますか。</p> <p>目的：ある食物*を生産するのに、どれくらいの水が必要であるのかデータから読み取ること知る。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多くの食物は食べられるまでに多量の水を必要としていることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・予想をたててデータを解釈することで、(少なく予想した場合)量の多さから関心を集めることを意図している。 ・データ解釈は、1回の食事で食べる量などに換算する作業のこと。
<p>展開Ⅱ 資料など補足 読み取り NUMERACYの活用</p>	<p>目的：日本の年間降水量、1人あたりの水資源量の資料を読み取り、日本は水が豊富な国とは言えないことに気付く。</p> <p>なぜ1人あたりの水資源は世界平均より少なくなるのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・急勾配の川が多く、海まで一気に流下してしまうため確保が難しい。 ・人口密度が高いため必要な量も多い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒から意見を引き出す。
<p>考察</p>	<p>今のところ、日本が水不足にも食料不足にもならないのはどうしてだろう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・日本の食料自給率の資料と合わせて、日本は間接的に多くの水を輸入していることに気付く。 ・サブクエストについて班で討議する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒から意見を引き出す。
<p>展開Ⅲ 討議： サブクエスト</p> <p>共有事項</p> <p>まとめ 考察</p> <p>次時の予告</p>	<p>データの結果から日本人が消費できる水や食糧生産に使う水について、どんなことがいえるだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・発表によりクラスで意見を共有する。 →日本は食糧生産に使う水の量などを考えると、決して水が豊富な国とはいえない。 ・共有事項を受けて、生活に利用する水を得るために、どのような生活が必要か考える。 ・次時は今までの実験結果や資料、討議の経験を活かしてメインクエストについて意思決定をすることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・討議ポイント「複数の根拠から考える」を確認する。 ・メインクエストとのつながりを意識させる。
<p>備考 *米1合や、牛肉100gなど、考えやすい量のもの。</p>		

<小単元8 / 第14、15時間目>

【指導目標】・実験を通して、この循環の段階の問題について理解させる。

・科学的な根拠に基づいた（総合的な）意思決定を行う能力を養う。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【生活に利用できる水を得るために自分と水の関わりを考えてみよう】</p> <p>導入 コンセプトマップ作り</p> <p>復習</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・水を中心にしたコンセプトマップを作成する。 ・今までの13時間分の個人および班の活動記録や循環マップをもとに、次のことを簡単に復習する。 <ul style="list-style-type: none"> ・水の循環過程 ・それぞれの段階で人間との関わりによって起こっている問題 	<ul style="list-style-type: none"> ・水の循環やサブクエスションについてなど、それまでの活動を生徒に想起させる。
<p>展開</p> <p>意思決定する問題 ：メインクエスション</p> <p>討議 意思決定</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p>生活に利用できる水を得るために自分はどうのように水と関わりながら暮らしていけばよいだろうか。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・それまでの授業で得た考察や資料を参考にして、初めは個人で考え、その後、班での討議を経て、意思決定を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> ・意思決定は、様々な案から、よりよい考えを導き出すことである。 ・班での討議では自分の意見に根拠をもち、できるだけ自分の言葉で説明するように呼びかける。
<p>説明</p> <p>発表準備</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・発表について知る。 <ul style="list-style-type: none"> ・時間は1班3分以内にする。 ・決定した意見を先に述べる。 ・根拠を示しながら説明する。 ・意思決定ができた班から、発表準備にとりかかる。 ・3分以内で発表できる程度で、模造紙にまとめていく。 	
<p>備考</p> <p><準備物> それまでの授業で使ったワークシート（生徒）、模造紙、ペン</p>		

<小単元9 / 第16 時間目>

【指導目標】・他班の考えや自分の班の発表について、科学的な根拠に基づいた決定であったかを判断できる能力を養う。

題目・学習内容	学習活動・指導過程	指導上の留意点
<p>【みんなの考えを知ろう】 メインクエスチョン 導入</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・メインクエスチョンを確認する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>生活に利用できる水を得るために自分はどのように水と関わりながら暮らしていけばよいだろうか。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> ・発表の手順を確認する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・他の班へコメントを書くようにすることで、聞く意識を高めさせる。 ・他の班の考えを知ることでも新しい考えで、物事の見方が広がることを確認する。
<p>展開 発表</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・班ごとの発表（1班3分） ・他の班発表について一言コメントを書いていく。 ・科学的な根拠に基づいた意見であったかという点でコメントを書く。 	
<p>まとめ 振り返り</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・単元全体を通した自己の取り組みの反省や、この単元を通しての感想を記入する。 ・単元を通しての変化を知る。 ・単元のはじめと終わりのコンセプトマップを各自比べてみる。 ・次の点について確認する。 ・日常生活の中にありふれている水だが、現在、水を含めて様々な環境が人間との関わりによって変わってきていること。 ・今回の意思決定が全てではなく、別の考慮すべき問題の視点から生活を見直していくと、他にも自分にもできることがあるかもしれないこと。 ・これから出会う様々な問題について意思決定するためには、今回学習したように、事実に基づいた科学的な見方や考え方をしていかなければならないこと。 	<ul style="list-style-type: none"> ・時間があれば、他の班の発表を受けて、個人の意思決定をもう一度検討する。
<p>備考 <準備物> 発表用の模造紙</p>		

2 小単元設定の意図

本単元は9つの小単元から成り、そのうちの小単元2～7については水の循環の段階に即した内容となっている。この各段階で、メインエスチョン「生活に利用できる水を得るために自分はどのように水と関わって暮らしていけばよいか」に関連した私たち人間が見直すべき問題点（サブエスチョン）を考える単元構成となっている。これは小単元8で行う意思決定において、さまざまな解決策をもとに自分がどのように水と関わり暮らしていくかを考える際、根拠を得る手がかりとして、小単元3～7の実験や活動を位置づけているからである。

本単元開発では、本質的に理科を中心としているが、その目的とするところは科学的な探究活動を通して意思決定の能力を育成することである。この単元では、技術教育に関わるものづくりの視点を取り入れた活動や、算数・数学教育で重視されている数量的思考能力（numeracy）を資料の分析に際して用いることで、数学科と技術科との緩やかな連携を試みている。

また、このような新単元を作成するにあたり、次に述べるようなことが小単元ごとに期待されるため、本単元構成のような内容とした。以下に小単元設定の意図を述べる。

小単元1は、単元の導入であり、コンセプトマップや班での意見交換により、生徒自身が水や水の循環に対する見方を再発見する機会となる。また、利き水を取り入れることで、これから学習していく題材である水に対する関心を高めるとともに、メインエスチョンが生徒の印象に残りやすいと考える。ここでの資料の分析では、基本的な数量的思考を用いる。

小単元2は、実験を含む授業としては導入の位置づけである。既習事項を活かし、探究の技法を用いたモデル実験により、水蒸気から雲までの過程を扱っている。ここでは実際の雲ができる過程（既知の知識）をモデル実験で再現する機会を設けることで、他人に説明する経験ができ、意見を出し合う討議の練習として位置づけている。なお、本単元構成においては、実験を含むことで探究の技法を用いていると判断しているため、各小単元における探究の技法を用いた活動に関しては、意図の記述を以下、省略する。ここでの簡易実験装置の開発は、ものづくりと関連している。

小単元3では、サブエスチョンとして酸性雨の原因と考えられる気体を探る実験を通して、雲から降雨までの過程を扱う。このように、メインエスチョンに関連するサブエスチョンについて、原因の一部を実験で検証したことが、後の意思決定の手がかりとなるように設定している。なお、小単元3～7において扱うサブエスチョンは、すべてメインエスチョンと関連したものを扱う。このように、小単元8における意思決定の手がかりという位置づけは以下同様であるため、この点についても関連部分の記述を以下、省略する。

小単元4は、土壌のはたらきを調べる実験を通して、私たちの暮らしの生活の中で具体的に土壌のはたらきに影響を与えてしまう行動はないか考える。ここでは、水そのものを扱うわけではないが、メインエスチョンを考える際に、多面的な視野から考えることに繋がると考えている。

小単元5は、水道水に関する実験や飲料水の資料から、飲料水についての問題を多面的に扱う。また、塩素の量とメインエスチョンである水質の問題について考えることで、川など原水の水質が良好であることが必要であり、これは前章の自浄作用と繋がる部分があることから、生徒が問題を多面的に考える機会となる。また、単元の内容について半分を扱い終わったこの時点で、意思決定を行う機会を練習として設けている。ここでの資料の分析では、基本的な数量的思考を用いる。

小単元6は、生活排水の汚れをCODパケットテストで測る実験を行う。実験結果や補足資料から、サブエスチョンに対して、生活排水へも個人の配慮が必要であることに気が付くきっかけとなる。ここでの資料の分析では、基本的な数量的思考を用いる。

小単元7は、食糧を生産するまでに使用する水の量や、降水量などデータを解釈し、間接的に消費する水を考慮した上で、日本の水の豊かさについて考える機会となっている。必要なデータを読み取り、日本の水量を理解した上で、水の消費について自らの行動へ反映させて考える機会となっている。ここでの資料の分析では、基本的な数量的思考を用いる。

小単元8は、単元のはじめに確認したメインクエスチョンに対する討議や意思決定を行う。ここでは、それまでの各小単元で得た結果や考察、資料を考慮し、討議した後、最終的に班で意見をまとめる。この際に、科学的な見方や考え方により決定すること、つまり、科学的な根拠をもって決定することができれば、中学生の段階での意思決定を学ぶ機会として、本単元の目的は達成させるのではないかと考えられる。また、単元を通して、生徒自身が少なからず水に対する見識の拡大を実感できるように、コンセプトマップを再度作成する機会を設けている。

小単元9は、前時において班ごとに決定した意見を発表し、他班はどのような根拠に基づいているのか、自分たちの発表でも科学的な見方による決定ができているかなど、評価する機会となっている。また、単元全体を通して学んだことに対する反省やまとめの時間でもある。

以上のように、科学的な見方による意思決定を行う機会を単元内に設け、その決定段階までに、探究の技法を用いた問題解決的な学習を行うことで、単なるイデオロギーや他人の意見をうのみにした意思決定ではない、自分の意見に科学的な根拠（この場合は、技術科のものづくりの視点、算数・数学科で重視されている numeracy の活用を含む）をもった意思決定を行う力、すなわち科学的な見方や考え方による意思決定能力の育成を行うことができるといえる。

附記

本単元開発は、永松綾子氏の広島大学教育学部へ提出（2007年3月）した卒業論文『中学校理科における総合単元の開発—水を題材として—』（指導教員：磯崎哲夫）の一部を、氏の許可のもと加筆修正（技術科と算数・数学科との連携について）したものである。なお、この単元開発に当たっては、同氏を中心とする広島大学教育学部・同大学院教育学研究科科学教育学研究室学生、広島大学附属福山中・高等学校教諭、同附属中・高等学校教諭、元広島県立教育センター指導主事の学生及び教師による理科授業づくり研究会で討議した。