

1. 数学・理科における情報教育

前述のように、現行学習指導要領では、数学、理科でも情報化に対応した教育を行うことが必須となっている。しかし、とかく教師というものは、自分が受けてきた教育の影響を大きく引きずっているものである。もちろん、自分の習った先生の授業に感銘を受けて、それを踏襲しようとする場合もあれば、逆に、自分の習った先生の授業に不満だったので、自分の理想とする授業をやりたいといった場合もある。しかし、いずれにしても、全く経験の無い新しい授業をしようとなると、抛り所がなく、二の足を踏むのが一般的な傾向である。

情報化に対応した教育も、この「全く経験の無い新しい授業」と認識される場合が多い。教師は、教育の目標を達成することに責任があり、その意味で未経験の分野に手を出すのを恐れるのは一概に悪いこととは言えない。しかし、教育の目標を達成することに責任があるということは、目標の達成に向けてより効果のある手段を探し、実行することも求められているということも認識する必要がある。同じ、人を相手にする医者ならば、0157、エイズ、・・・などの新しい病気や新しい治療法を日々研究し、取り入れているのである。今、まさに、学校教育に新たな要求がつけつけられ、子ども達に、時代の変化に対応した「生きる力」の育成が求められている時、新たな授業に取り組み、成果をあげることでできない教師が、子ども達の教育に本当に責任を果たしていると言えるかどうかを問うべき時である。

それでは、具体的に、各教科で情報化に対応した教育をどのように実施したらよいか、その指針を提供することに、研究者も責任を負っていることは当然である。そこで、以下では、中学校、高等学校段階の数学、理科の授業に主に焦点を当てながら、情報化に対応した教育のための授業設計について提案する。なお、ここでは、情報化に対応した教育のうち、情報教育（＝情報活用能力の育成）に焦点を当てて説明する。なぜならば、中学校段階以降では、教師が情報手段を活用することよりも、子ども達に情報手段を活用させることの方が、各教科の目標を達成する上でも効果的であると考えられるからである。つまり、各教科の中での情報教育は、教え込む教育である必要はなく、生徒が主体的に学習していく場として機能することが重要である。そこでの教師の役割は、「なぜ情報手段を活用した方が良い（あるいはその必要は無い）と思ったのか」「情報手段を活用する際にどのような工夫や配慮をしたか」「情報手段を活用した結果、課題解決が効果的に行われたか」「次に同じような課題を解決する時にはどのようにすればよいか」を問いかけ、生徒と議論することである。そのような働きかけを教師が行えるかどうかは、教師が、「情報活用の実践力」育成を明確に意識しているかどうかにかかっているのである。このことも

含めて、以下に説明する。

(1) 各教科の目標と情報教育の目標との調和

各教科の中で情報教育を実施すると言った場合、まず主眼を置くべきは、その教科の目標を確実に達成することである。既に説明した通り、現行学習指導要領では、各教科の内容を基礎・基本に厳選し、その目標を全ての子ども達に着実に達成することを求めているからである。しかし、情報教育の目標は、これからの学校教育の目標である「生きる力」と密接に関連している。また、各教科の目標が「生きる力」の育成と関わりが無ければ、その教科を学校教育で扱う必要は無いはずであるから、各教科の目標も「生きる力」の育成と密接に関わっている。すると、各教科の目標と情報教育の目標も密接に関わっていると考えるのが自然である。つまり、各教科の目標を達成する際に、情報教育の目標達成を意識することで、より、その教科の目標が効果的に達成できる可能性があることになる。

以下は、現行学習指導要領に示された数学、理科の目標と内容の取扱い、及び、情報教育の協力者会議が各教科で取り組むことが望まれるとした情報教育の内容である。

中学校「数学」の学習指導要領から

目標：数量、図形などに関する基礎的な概念や原理・法則の理解を深め、数学的な表現や処理の仕方を習得し、事象を数理的に考察する能力を高めるとともに数学的活動の楽しさ、数学的な見方や考え方のよさを知り、それらを進んで活用する態度を育てる。

指導計画の作成と内容の取扱い(抜粋)：

生徒の主体的な学習を促し数学的な見方や考え方の育成を図るため、各領域の内容を総合したり日常の事象に関連づけたりした適切な課題を設け、作業、観察、実験、調査などの活動を重視して行う課題学習を各学年で指導計画に適切に位置付け実施する。

各領域の指導に当たっては、必要に応じ、そろばん、電卓、コンピュータや情報通信ネットワークなどを活用し、学習の効果を高めるよう配慮するものとする。特に、数値計算に関わる内容の指導や観察、操作、実験などにより指導を行う際にはこのことに配慮する。

中学校「理科」の学習指導要領から

目標：自然に対する関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う

指導計画の作成と内容の取扱い(抜粋)：

各分野の指導に当たっては、観察、実験の過程での情報の検索、実験、データの処理、実験の計測などにおいて、コンピュータや情報通信ネットワークなどを積極的に活用するよう配慮する。

情報教育の目標のうち「情報活用の実践力」については、各教科等のそれぞれの特性に応じて積極的に取り組む必要がある。ここでは、各教科等での指導例を示した。

【算数・数学科】

数量や図形の学習などで、結果を予測したり、それを実験して確かめたり、予想したことを修正したりする活動の中で、「情報活用の実践力」を育成することが考えられる。この際、電卓やコンピュータを思考を深めるための道具として適切に活用し、数学的に表現・処理したり、物事を判断したりする能力を育成することが考えられる

【理科】

自然現象を対象としたモデル化の方法、観察、実験データの処理、表現、解釈の方法を実践的に扱う学習活動の中で、コンピュータを観察・実験の道具として活用したり、動植物等のデータベースを作成、検索したり、天体の動きをモデルで表現し、シミュレーションしたり、科学技術情報を情報通信ネットワークで収集する、あるいは宇宙空間や人体の中に入るなどバーチャル・リアリティで仮想体験する学習活動、などが考えられる。

以上の資料から共通的に言えることは、次のことである。

まず、数学でも理科でも、事象を数理的に考察する能力や科学的に調べる能力を育成すること、数学的あるいは科学的な見方や考え方を活用できるようにすることが目標になっていることである。これらは、「生きる力」の育成と関連して、数学的あるいは科学的問題解決能力を育成することと関連している。したがって、情報教育の主たる目標から情報機器の操作についての指導を除外したのと同様に、数学では、数値計算に関わる内容の指導で計算技能を重視する従来の指導のあり方を見直したり、観察、操作、実験などにより指導を行う際にも、コンピュータのシミュレーション機能などを適切に活用することを求め、より数学教育として本質的な目標の達成に焦点化することを求めている。同様に、理科でも、観察、実験などで、記録を手作業でとったり、機器の操作に習熟するなど、コンピュータ等が発達する以前にはその分野で必要であった技能であっても、今日においては、専門家にさえ求められない技能は学校教育の目標からはずし、より、思考力や実践的な問題解決力の育成に結びつく活動に重点を置き、時間を配分できるような配慮を求めている。

したがって、各教科の中で情報教育を実施するための授業を設計する第1歩は、各教科の本来達成すべき目標を明確にし、何が本質で何が本質でないかを明確にすることである。そして、各教科の目標の中で、課題解決的な能力を育成する際には、課題解決に必要な情報の収集、処理、判断、発信等で、必然的に情報教育を取り入れることが必要になってくるということを意識することである。また、例えば、数学教育においては、数学的な考え方の良さを指導しようとするれば、数学的な考え方が「何に比較して良いのか」を示さな

れば、本当の意味での「良さ」を納得できるはずがない。その時、世の中では、従来、数学的な方法で解決されてきたものの一部が、情動的な方法によって解決される方向へと移行していることを踏まえ、どのような場合には数学的な方法が「良く」、どのようなものが数学的な方法から情動的な方法へと移行しているのかを子ども達に理解させることが必要である。そうでなければ、子ども達は、何でも情動的な方法に置き換えられるとか、数学など勉強しなくてもコンピュータが使えればよいとか、数学は単に受験のために勉強するだけだ、という勘違いをしてしまうに違いないであろう。そして、そのような子ども達の誤解を解くためには、数学を学ぶことが具体的な問題解決にどのように役立つのかという事例を明確に示すことであり、そのためにこと、課題解決的な活動を数学の授業に取り入れていくことが必要不可欠になってくるのである。

(2)各教科における情報教育実施のための目標分析

以上の議論をふまえて、数学、理科で情報教育を実施するための目標分析の手順を示す。

まず、はじめに述べた通り、各教科の教育を行うのであるから、先に行った教材研究および授業設計と同様の手順で目標分析を行う。すなわち、教科書等を参考に教材情報を分類し、学習内容を抽出する。そして、各教材情報の対応づけて、学習目標を行動目標の形で記述し、目標間の上位-下位関係を構造化する。

これで、一通り、教科の学習目標が抽出できる。しかし、現行学習指導要領に沿った教科書に基づいて学習目標を抽出しても、その際、自分が中学で受けてきた授業内容を想起しながらこの作業を行えば、「課題解決力」や「数学的・科学的思考力」の育成とは関わらない目標が多く含まれているかも知れない。また、現行学習指導要領以前は、情報手段を適切に活用した学習活動を実施することを想定していなかったため、現在では、情報手段を活用した活動を行った方が適切であると考えられる箇所においても、従来通り、全ての活動を手作業で行ったり、計算技能の育成などに重点を置いた内容になっている恐れもある。

そこで、抽出した学習目標を次の観点で見直し、これからの数学教育、理科教育で必要な目標に厳選する作業を行う必要がある。

【「生きる力」として、あるいはその教科の本質として必須にすべき目標】

- ・日常的な事象の解決に活用できる考え方
- ・他の(例えば情動的な)手段より優れていると説得できる教科特有の考え方・方法

【選択でよい目標】

- ・高度で、日常的な有用性は高くない事項
- ・一部の専門分野では必要だが、とりあえずの問題解決には別の方法もある事項

・より高度な教科内容（それ自身も選択的な内容であるもの）を学ぶための基礎

この厳選の作業を具体的に行うために、授業設計者は、少なくとも次の問に対する明確な答を用意し、さらに、その答に対応した学習活動を授業計画の中に用意することが必要である。

問：なぜ「 \sqrt{x} 」について学ぶ必要があるのか

「これを学ぶと日常的な問題解決で \sqrt{x} ができる」と言える

「これを学ぶと、 $x \times x$ ではできない \sqrt{x} ができるようになる」と言える

問：それを学ばないと具体的にどんな不都合があるのか

「これを知っていないと、日常的な問題解決でこのような不都合がある」と言える

「これを修得しないと、科学的思考をする時に、このような発想ができない」

問：なぜ数学・理科の授業で学習する必要があるか

「これを修得できなかったら、授業を受けなくても同じ」と言えるか

「それを修得することは、数学・理科以外ではできない」と言えるか

ここで具体例を通して目標分析について考えるが、それと並行して、これまで学習してきた教材研究と授業設計の作業を少しずつ拡張し、新しいタイプの授業を設計、実施、評価するための枠組みを従来の枠組みの延長で再構成してみよう。なお、以下、ここでは中学3年の数学「平方根」に関する単元を題材にして説明する。

まず、参考のために、学習指導要領におけるこの単元の目標と内容を確認しよう。

【前学習指導要領】

目標：数の平方根について理解し、数の概念についての理解を一層深める。また、目的に応じた式の変形や二次方程式について理解し、式についての理解を一層深めるとともに、それらを能率的に活用できるようにする。

内容：(上の目標の一部として)正の数の平方根の意味とその必要性を理解し、それを用いることができるようにする。

ア 数の平方根の意味

イ 数の平方根を含む簡単な式の計算

【現行学習指導要領】

目標：数の平方根について理解し、数の概念についての理解を一層深める。また、目的に応じて計算したり式を変形したりする能力を一層伸ばすとともに、二次方程式について理解し、式を能率的に活用できるようにする。

内容：(上の目標の一部として)正の数の平方根について理解し、それを用いることができるようにする。

ア 数の平方根の必要性と意味を理解すること。

イ 数の平方根を含む簡単な式の計算ができること。

以上で見る限り、現行学習指導要領は、前学習指導要領と大きな変化は無いように思われる。これは、既に前学習指導要領が、知識・理解よりも、興味・関心や思考力の育成を重視する学力観に立っているからだと考えられる。したがって、重要なのは、上の目標、内容の概略から具体的な授業の目標、内容をどのように設定するかである。

まず、前述した通り、従来の作業手順にしたがってこの範囲の学習目標を教科書に基づいて書き出してみよう。例えば、ある教科書に基づいて具体的に学習目標を抽出すると表3-1のようになる。ただし、前述した通り、これ等の中には、「課題解決力」や「数学的思考力」の育成とは関わらない目標が多く含まれているかも知れない。また、情報手段を活用した活動を行った方が適切であると考えられる箇所においても、全ての活動を手作業で行ったり、計算技能の育成などに重点を置いた内容になっている恐れもある。

そこで、表3-1の学習目標を学習指導要領の目標、内容と対応づけて考察してみよう。

学習指導要領の目標、内容には、大きく2つの目標とそれに関連する内容が示されている。第一は、「平方根について理解する」ということである。ただし、第2章でも述べた

表3-1. 教科書から抽出した「平方根」の単元の学習目標

$x^2=a(a>0)$ に当てはまる x を近似的に求める方法を列挙できる
 $x^2=a(a>0)$ に当てはまる x は、四則計算で求められないことを指摘できる
 平方根の定義を暗唱できる
 $x^2=a(a>0)$ なる x は、 a が整数、小数、分数に関わらず存在することを説明できる
 $x^2=a^2(a>0)$ なる場合について、平方根の定義を適用して解を求められる
 正の数には平方根が2つあり、絶対値が等しく符号が異なることを指摘できる
 0の平方根は0だけであることを指摘できる
 負の数には平方根が無いことを説明できる
 の記号を根号、 \bar{a} を「ルート a 」と読むことを暗唱できる
 根号をつかって平方根を書ける
 2つの平方根を合わせて $\pm \bar{a}$ と書き、「プラスマイナスルート a 」と読むことを具体的な数値例に適用できる
 $\{a^2\}$ や $-\{a^2\}$ の形の数値例に対しての記号の意味を適用して計算できる
 $a, b>0$ の時、 $(\bar{a})^2=(-\bar{a})^2=a$ を暗唱できるを数値例に適用して計算できる
 $a, b>0$ の時、 $a<b$ ならば $\bar{a}<\bar{b}$ を暗唱できるを(正方形の面積と辺の長さの関係から)説明できるを数値例に適用して大小関係を識別できる
 無理数の定義を暗唱できる
 平方根以外の無理数の例を挙げられる
 有理数の定義を暗唱できる
 与えられた数が無理数か有理数かを判定できる
 有理数、無理数、整数、分数、正の整数、0、負の整数の集合の包含関係を説明できる
 $a, b>0$ の時、 $\bar{a}\bar{b}=\overline{ab}$ 、 $\bar{a}/\bar{b}=\overline{a/b}$ を暗唱できるが成り立つことを説明できるを数値例に適用して変形できる
 平方根表を利用して近似値を計算できる
 分母の有理化の方法を数値例に適用して変形できる
 根号を含む値の加減算の仕方を説明できる
 根号を含む式に分配法則や乗法公式を適用して数値計算できる

通り、「理解する」という概念は便利ではあるが曖昧である。そこで、「必要性和意味」を理解する、平方根を「数の概念」の中に位置づけて理解するなど、理解の観点とレベルをより具体化して示している。第二は、「正の数の平方根を用いて表現したり、「平方根を含む簡単な式の計算ができる」ようになることである。ただし、これ等は、「目的に応じて計算したり式を変形したりする能力」の中に位置づけて考えることが必要であり、その「目的に応じて」には、平方根を使って表現したり計算した方が良い場合とそうでない場合を区別できる能力も含まれるべきであろう。

さらに、教科書の目標である「数学的な見方、考え方の習得」という観点から、この単元

で何を指導する必要があるか、何が指導できるかを考察することも必要である。このような観点からは、既に述べた通り、課題解決的な学習を取り入れ、例えば、「無理数」の発見の過程を追体験させるような指導方法が考えられる。実際、このような指導計画の例として、関茂夫(1994)「無理数の発見」(数学教育、435号、38-45、明治図書)がある。以下、この指導計画について概略を説明すると、以下のようになる。

単元のねらい

数学史上のドラマを再現し、数学の面白さ、美しさなどを追体験させる。無理数がどのように発見され、どのような意味をもったのかを考えさせる。

単元の指導計画(各1時限)

数の拡張を振り返って(対話もあるが説明中心)

- 自然数～狩猟採集の生活 数える(1対1対応)という行為 基数
- 分数～農業の発達 収穫物の計量と測定 マス
- 零と位取り記数法～インド・アラビア数字 十進法
- 小数～ルネッサンス以降の商業の発達 複利計算、割合計算
- 負の数～反対の性質を表す、四則計算の完結性
- 古代文明の発生と数学の発達、測量、数詞 古代ギリシアの世界観
ピタゴラス学派の世界観(無理数の発見)

ピタゴラスについて図書館で各自が調べる

分数と小数の関係について: 具体的課題と作業を行う(適宜電卓を活用)

- どんな小数でも分数として表現できるか
- どんな分数でも小数で表現できるか
- どんな循環小数でも分数に表現できるか
- どんな無限小数でも分数に表現できるか

与えられた正方形の2倍の面積の正方形の作図法と一辺の長さ

「昔、ある国の王女が、宮殿の庭の正方形の池の面積を2倍に広げたいと思い、池を作れる若者と結婚しようと考えました。」

その池の1辺の長さはどうなるか。(具体的に電卓を活用して求める)

- 有限小数だとすると、「 $1.412 \cdot a \times 1.412 \cdot a = 2$ より、 $a = 0$ 」となり矛盾
- 循環小数(=分数で表せる)だとすると、「既約分数 $(n/m)^2 = 2$ 」となり矛盾
- 正方形の一辺の長さはいくら精密に測っても測りきれない

無理数となる証明と平方根の定義

$x^2 = 2$ となる x を n/m (既約分数)と仮定 n^2 は偶数 n は偶数 n^2 は4の倍数
 $(n^2/m^2) = 2$ であるには m^2 も偶数(2で割れる) m も偶数 n/m は既約でない
 矛盾 x は分数ではない [理解できる生徒は3～4割程度との報告]

$x^2 = 2$ となる x を表す新しい表記法が必要

$a>0$ ならば $\bar{a}^2 = a$ 、負の数の平方根は存在しない、0の平方根は0、無理数、有理数という用語の紹介

平方根の大小比較

正方形の面積とその一辺の長さとの関係に着目させて考えさせる
 $a > 0, b > 0$ の時、 $a < b$ $\bar{a}^2 < \bar{b}^2$ から考えさせる

平方根を2乗して有理数にして大小比較させる
 平方根の近似値
 正方形の辺の長さを計測
 電卓を使って近似値を求める 近似値の2乗が元の数に戻らないことを確認
 平方根表の見方、近似値を使って数直線上に目盛る
 有理数と無理数(数の体系)
 有理数の定義、整数の比、分数
 無理数の例、平方根以外にも考えられる(立方根、 など)
 数直線上の点と数の対応、離散と連続、稠密
 まとめと練習問題

なお、実践報告によれば、

- ・ 背理法を使った理論的な追求に数学を苦手とする生徒がついてこれない、
- ・ 「2乗してaになる数」という間接的な表現による定義のため数として捉えにくい
- ・ aの平方根、「ルートa」(\sqrt{a})など、紛らわしい言葉で混乱する
- ・ 平方根を量として捉えさせるには、三平方の定理の後の方がよい
- ・ 近似値の計算にはコンピュータが有効である

などが指摘されている。

上の指導計画は、基本的に、学習指導要領の内容ア(平方根の必要性和意味の理解)に相当する部分であり、平方根を含む簡単な式の計算は含んでいない。以上のことを前提にしながら、まず、表3-1と比較して、上の指導計画に追加されている学習目標を考えると、表3-2のようなものがある。

表3-2. 実践事例における新たな学習目標

数の拡張が実用的な要求に対応して行われてきたこと を説明できる
 どんな有限小数も分数で表せること を説明できる
 分数を小数に直すと有限小数または循環小数になること を具体例で指摘できる
 循環小数を分数で表す方法 を具体例から類推できる
 どんな循環小数も分数で表せること を説明できる
 循環小数ではない数の例 を挙げられる
 平方根は有限小数でないこと を(背理法で)証明できる
 平方根は循環小数でないこと(分数で表せないこと) を(背理法で)証明できる
 は数を表すための表記法であること を指摘できる
 平方根の大小比較をする方法 を列挙できる
 平方根の近似値 を電卓を用いて 計算できる
 電卓で求まる平方根の値は正確な値ではないこと を確認する
 数直線上には分数と無理数とが混在していること を説明できる

なお、上に示した具体的な学習内容に依存した学習目標の他に、数学的な見方、考え方を育成するという観点から、次のような学習目標が暗黙のうちに含まれていることも認識する必要があるであろう。これ等は、教科書「を」教える授業をしていては意識化できない事項であるが、実際に教科書とは異なる指導事例を見ると少しは意識化されるであろう。

表3-3. 実践事例に暗黙に含まれている学習目標

「循環小数を分数で表す方法」を題材に帰納や類推の考え方を適用できる
 既存の概念や表記法で表せない量には新しい概念・表記法を導入することを知る
 既存の概念や表記法で表せないことには証明が必要であることを知る
 「 \sqrt{a} はx乗ではない」ことを証明する時に背理法が有効であることを知る
 ある数が有理数であることと既約分数の形でn/mと表現できることは同値であることを説明できる
 数の集合に対して演算を定義すると、その演算を成立させるための数の集合の拡張が必要になる場合があること を説明できる
 ある集合の範囲内で演算を成立させるには、演算の定義域に条件を設定しなければならない場合があること を指摘できる
 数を扱う時の良さの基準として、正確さ、分かり易さ(見積もりのし易さ)、計算のしやすさなどを列挙できる
 数学的には数の性質を明らかにするという観点から、実用性よりも正確さが重要であることを指摘できる
 実用的な計算にはコンピュータを活用することが有効であることを指摘できる

以上の分析を前提にしながら、目標の見直しの観点として挙げた以下の問について検討してみよう。

問1: なぜ「平方根」について学ぶ必要があるのか

問2: それを学ばないと具体的にどんな不都合があるのか

問3: なぜ数学の授業で学習する必要があるのか

問1に対して、実用的な必要性を指摘することはなかなか難しい。教科書でも、上の実践でも、正方形の辺の長さを求めるという課題で実用的な必要性を指摘しているように見えるが、本当の意味での実用性を考えれば、測量には精度の限界があるので、小数点以下何桁かの精度で値が求めれば十分である。もちろん、多くの測定値から複雑な計算を行う場合(例えば、精密機械の部品を設計するような場合)には、計算によって精度が落ちていくため、計算途中で近似値を使わない方がよいということはある。しかし、計算が複雑になれば、平方根を含んだ式の計算も複雑になり、一般の人が解決すべき問題とは言えなくなる。したがって、同じ実用性を挙げるのであれば、具体的な数値の計算ではなく、文字式のレベルで(つまり、一般化した形で)式操作をする必要のある場合を題材として扱

うことが必要であろう。また、その時に、具体的に式操作する能力を重視するのか、式を読みとる力や数値例を当てはめる力を養成するのかの検討も必要である。この観点からは、全ての生徒に求める能力のレベルと発展的な学習として一部の生徒が達成できればよいとするレベルとの区別をすることも重要である。例えば、表計算ソフトウェアなどを使う場合でも、根号を使った立式ができないと、表計算ソフトを使いこなすことはできない。このような観点からも設定すべき目標、内容、レベルを検討することが必要である。(例えば、根号を使った式を表計算ソフト等で間違いなく立式し解を求められる、など、根号を使った式への抵抗感を無くしたり、求まった解が間違いのないかどうかを検算する方法を考えられる、などの目標を設定するなどである。)

また、このことと関連して、なぜ根号を利用して表現した方が便利なのかを指摘できる

目的や条件に応じて、根号を利用して計算すべきか、近似値に変換して計算すべきかを識別できる

といった学習目標も設定し、意識的に指導する必要がある。

問2についての答は、既に、問1に対する答を検討する中でいくつか触れた。即ち、

- ・文字式レベルの式変形を行う際には、根号を使って表現するしかない
- ・根号を使った立式ができないと、表計算ソフトで近似値を求めることすらできない

などである。

そして、問3についての答であるが、例えば、上に挙げたような新しい観点の学習目標を高等学校の「情報」や技術・家庭科の「情報とコンピュータ」に関する分野で指導することと、数学で指導することとどちらが適切かを考えてみよう。もちろん、数学で指導するより他で指導する方が適切であるとする考えを否定はしないが、その時に、数学では何を学ばせるのか、その内容は、(少なくとも平方根は、義務教育段階の中学校で指導することを想定しているのであるから)本当に全ての子ども達に学ばせる価値があり、また実際に修得できのかに答える必要がある。

一方、表3-1~3で示した学習目標の中で、上で検討した観点から必ずしも全ての子ども達に対する目標としなくても良いものを検討する必要がある。

例えば、実践事例の中で、第2時限の指導内容となっている「ピタゴラスについて図書館で各自が調べる」は、後の指導においてあまり役立っているようには見えない。また、第4時限の「 $\sqrt{2}$ が循環小数でない」という説明と、第5時限の「 $\sqrt{2}$ が分数ではない」という説明とは、実質的に重複しているようにも見える。第3時限の「循環小数は分数で表せる」ことは、実際には証明しているのではなく、具体例から帰納的に納得させているにすぎない。子ども達に考えさせても、実際には、解決できない子ども達が少なくないの

で、時間をかけて考えさせるより、「多くの例」を示し、「確認させる」ことに重点を置き、興味のある生徒には一般化の方法を課題として提示すれば十分であろう。さらに、第4時限の「池の問題」と第7時限の「平方根の近似値」の問題は、もっと関連づけて効率的に扱った方がよい。その際、電卓を使うよりも、表計算ソフトウェアなどを使った方が、作業が効率的に行えだけでなく、より正確な計算も可能になる。

一方、表3-1で言えば、数値例について計算させることはできるだけ省略し、表計算ソフトを活用することが考えられる。例えば、 $\sqrt{1.96}$ が小数に直せるかどうかは、「表計算ソフトで $\sqrt{1.96}$ を求め、求まった値(1.4)を2乗した時に、1.96になるかどうかを確認すれば良い」ということを考えさせることの方が実用的である。また、その際、 $\sqrt{1.96}$ で求まるのは、正の平方根であり、負の平方根を求めるには、 $-\sqrt{1.96}$ と立式しなければならないこと、また、実際に-1.4の2乗が1.96になることなどを確認させることも重要である。このように、 $\sqrt{\quad}$ の記号を具体的に使いこなす活動を取り入れた方が、実践報告で課題となった点を克服し、平方根の概念を具体的、実用的に使いこなす上では有効であると予想される。また、分数の平方根については、 $a, b > 0$ の時、 $\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$ や、分母の有理化を学習することと関連づけて、 $\sqrt{a^2 + b^2}$ をはずす操作を扱えば十分である。結局、学習内容の大半は、紙の上で考えさせるより、具体的にさまざまな数値例に対し、表計算ソフト上で平方根を求める関数を使って計算させ、そこから、平方根を使いこなすためのルールを探させる方が効率的に学習が展開できるのではないか。その際、どのようにしてルールを探させるのか、そこに、「数の性質」を調べるための「数学的な見方、考え方」が存在するのであれば、それを指導することが重要ではないだろうか。また、この単元を題材に、背理法の考え方を指導するのであれば、あらゆる場面で背理法を活用させる工夫を取り入れてもよい。 $a, b > 0$ の時、 $(-a)^2 = a^2$ 、 $a < b$ ならば $\sqrt{a} < \sqrt{b}$ 、 $\sqrt{ab} = \sqrt{a} \sqrt{b}$ 、 $\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$ などの証明に、背理法を使わせてもよいはずである。

以上、「平方根」の指導を例に各教科における情報教育実施のための目標分析の考え方をみてきた。基本的には、従来の学習目標分析を行った上で、次のような観点で検討を行うことが重要であることを述べた。

徹底的に実用的な側面から単元の扱いを考えてみる

(その際、具体例からいかに一般化するか、対象の数学的性質をどのような観点で考察するかなどを指導する過程で、数学的思考力の育成を図る)

数学であれば、文字式レベルでの(一般化された)式操作、厳密さの要求される式操作、証明などを重視する(そのための基礎として、 $\sqrt{\quad}$ で扱う数値例などをよく検討し、式操作が正しいかどうかの検算の方法などを含めた思考に慣れさせる。また、

必要に応じて、数式処理ソフトを活用することも検討すべきである。)

一方、理科であれば、科学的思考力、実証主義的方法の修得という観点から、仮説の立て方(実験には時間とお金がかかるので、どんな情報が得られると仮説を検証できるか、また、どんな仮説が有望かなどをシミュレーションやデータベース検索などで事前に調べることも含まれる)、実験の方法(効率的に正確なデータを収集する方法として、共同で実験する~そのためにネットワークなどを活用してデータを交換する~、計測・制御機器を活用することなども含まれる)、データの分析方法(コンピュータによる統計的データ処理、グラフ作成やCGによる可視化、モデル構成とシミュレーションによる確認などを含む)、レポートの作成方法などを学習目標に取り込むことを検討する。

もちろん、この段階で、ある程度の授業展開や教材を想定することも必要になり、単なる目標分析だけでは済まない部分もでてくるが、あまり教材や展開の細部にこだわると発想が制約されるので、ここでは思いつきを大切にすることが重要である。実際的な学習目標は、上の観点から徹底的に今までと違う学習目標を設定したものと、従来の授業で想定される学習目標との中間的なものになると考えられる。その取捨選択は、次の授業展開の決定の段階で最終的に行えばよい。