

《特別寄稿》

教員養成学部教科専門担当者から見た奈良の探究授業

探究学習を支える教員に求められるもの

三重大学教育学部教授

松本 金矢

一、はじめに

私事ではあるが、奈良女子大学附属小学校を初めて訪れたのは、二〇〇六年のことである。国立大学が法人化を迎えた頃、三重大学が新たな教育目標に掲げた「感じる力の獲得」を実現する教育を模索するため教育学部の十人の研究者グループが発足した。教育という広い研究領域に跨がる感性というものを定義するために、それぞれが関わっている様々な優れた実践現場に足を運び、そこで起こっている事柄を身をもって感じ取ろうとする活動を行った。その現場の一つが、奈良女子大学附属小学校であった。

そこで実践されていた一年生の探究授業を参観し、驚か

された。一人の児童が自宅で進めている個人研究を発表する場面である。調理用ボウルに黒いゴミ袋を被せ、ピンと張った膜面に塩を振りかけて声を掛けると、音程によって様々な模様が浮かび上がるというのである。ご存じの方もあると思うが、これはドイツの科学者クラドニが一七八九年にラグランジュの理論を実証するために、振動モードを可視化する方法として考案したもので、奇しくも私が博士論文において、非対称積層複合材料板の振動モードを確認する方法として行った実験と同じものであった。このような探究学習を育む教育とは一体どのようなものであるのか、これが私の奈良の学習法との出会いであった。

この実践を行っていたのは、大学学部時代の同期であっ

た杉澤学教諭で、彼が大学院教育学研究科で学んでいるときに大学構内でばったり出会って以来の久しぶりの再会であった。それ以来十数年間、折に触れて彼の教室を訪問し、しごと、けいこ、なかよし、朝の会、専科の時間、学習研究会、フィールドワークなどを参観させてもらっている。

二、探究授業実践に必要な高度な専門性

前述した探究学習に代表される事例は、私の専門である機械工学の研究に通じるものがあり、中には大学生の取り組む卒業研究に直結するような高度な内容を含むものもあって、これを支援・指導する教員に求められる専門的知識や技術は、大変高度なものに違いないと感じた。

以下に、杉澤教諭の授業参観において実際に見られた、専門的知識が問われる場面の事例を紹介したい。

1、モーターカーグランプリゴ奈良

モーターを動力とする模型自動車を製作し、子どもたちが設定した条件の下、走行競争を行うという実践の場面である。子どもたちは家庭において各々独自学習を進め、最も速く走るモーターカーのギア比を探究している。

「平らな床を走らせた場合とカーペットの上を走らせた場

合とでは、最も速くなるギア比は異なった。」

モーターのトルクはある回転数まではほぼ一定で、ギア比により駆動輪に伝達されるトルクは変化する（仕事の原理）。駆動輪の直径から駆動力が決定され、それから転がり抵抗を減じた力とモーターカーの質量とで決定される加速度により、加速度運動を始める（運動の第二法則）。ギア比によるトルクと走行抵抗で決まるモーターカーの最高速度に達すると、等速運動でゴールまでを走りきる。

転がり抵抗が大きいカーペット上では、ギア比を大きくして駆動トルクを高める方が加速度が大きくなり、ゴールまで速く到達する。一方、平らな床の上では、ギア比が大きいほど加速度が大きくなるのは同じだが、走行抵抗が小さいために短距離で最高速度に達してしまい、高いギア比では最高速度が小さくなるため結果的に競争には勝てない。

2、油圧アクチュエータの原理

廃棄物処理工場の見学に訪れた際、そこに設置されたクレーンに興味を示した子どもたちに、クレーンの駆動に用いられている油圧アクチュエータの原理を探究させようと、注射器を利用した模型を使って実験を行う場面である。

「空気で動作させようとすると、クレーンの腕は動かなか

った。水を使うとピストンを押す力は小さいが、クレーンの腕は急な動きをする。油を使うと大きな力が必要だが、クレーンの腕はなめらかに動いた。」(図一)



図1 注射器を用いたクレーン

空気は圧縮性があるため、駆動に必要な圧力が高いと注射器のピストンのストローク分の圧力上昇では、クレーンの腕は動かずに空気が漏れてしまう。水と油は非圧縮性流体であるため、クレーンの腕はピストンのストロークと連動して動作を行う。その際、水は粘性が低いいため狭いパイプ内を流れる場合の抵抗は小さく、ピストンを押す力は小さくてすむが、油は狭い流路を通る際に速度に比例する大きな粘性抵抗が生じるため、ピストンを強く押す必要がある。また、注射器のシリンダとピストンとの間には摩擦が

あり、水の場合は静止状態から動作を始めると摩擦抵抗が低下して急な動きとなるが、油を使うと粘性抵抗により急な動作が押さえられる上に、油の潤滑作用によりピストンとシリンダ間の摩擦も低下してなめらかな動きとなる。

3、ストロー笛の音の源は

ストローの先端を切り開いて潰し、強く吹けばブーと鳴るストロー笛を題材に、探究学習が進められている。

「音はストローの先端で作られていると思うが、音の高さはストローの長さで変化する。」

リードとなるストロー先端が、通過する息の速度によって生じる圧力低下で押しつぶされることと(ベルヌーイの定理)、その結果息の流れが止まることによる圧力回復で再び開くことを繰り返して脈動が発生する(自励振動)。この脈動が連続する空気圧のパルス列を生み出す。パルス波には幅広い周波数成分が含まれており(スペクトル分析)、その成分の内ストローの長さで調和する波長の音だけが強められる(共振現象)。その結果、音の源はストロー先端でありながら、音の高さはストローの長さで決まる。

4、凍り豆腐に関するフィードバック

かつて奈良県で盛んであった凍り豆腐産業がどうして衰

退してしまったのか、フィールドワークで凍り豆腐づくり
に携わっていたお年寄りにインタビューを行う場面である。
「凍り豆腐づくりの職人は、遠くを走る電車の音が聞こえ
る夜は、豆腐がうまく凍らないことを知っていた。」

遠くを走る電車の音は、普通は建物等に邪魔されて聞こ
えない。しかし上空に暖かい空気が流れ込むと、空に向か
って発せられた電車の音が、気温に比例して大きくなる音
速の性質から屈折を起こし、地上に向かって曲がって届く。
つまり、遠くの電車の音が聞こえる夜は、上空の暖気によ
って冷え込みが見込めず、凍り豆腐がうまく作れない。

三、探究授業実践において教員に求められるもの

1、子どもとともに学ぶ姿勢

前章に示したのは、いずれも子どもたちの探究から導き
出された物理的な問題に関する問いであり、探究授業にお
けるこのような事例は枚挙に暇がない。探究授業から個人
学習を独自に進める子どもたちは、こうした高度な専門的
内容にまで踏み込んでいく。しかしこうした内容は、理学
や工学を専攻した者には理解できても、専門を異にする小
学校教員がこれらの事象を判断し説明することは、必ずし

も簡単とは言えないかも知れない。であるならば、このよ
うな探究授業は、専門的知識がなければ実践出来ないのだ
ろうか。もちろん杉澤教諭は、大学・大学院で理科教育を
専攻し理科の専科も担当してきたベテランである。しかし、
それだけの理由で探究授業の指導が可能であるのではない。

このような子どもたち一人ひとりの学びを保証するた
めに、教員は子どもとともに学ぶ共学者として教室にいな
ければならない。探究的授業の実践では、授業者の想定を
超える学びが展開されることである。教員はそのことを
受容して子どもたちを見守るとともに、それに応えられる
ように日々学び続ける必要がある。しかしながら、日頃指
導している教員養成学部の学生の多くは、自分の想定を超
える問題に取り組むことをためらう傾向にある。全てが予
測でき、予定調和的解決が図られる状態でなければ、極度
の不安を感じるのである。彼らはこれまでの教育の中で、
答えのある問題を解くことだけを求められ、それにうまく
適応できたが故の結果であろう。

子どもたちはやがて教員を超えて成長し、それぞれの道
を歩んでいく。授業の全てが教員の手の中にあるようでは、
子どもたちに教員を超えていく力が育つことは望めないの

ではないだろうか。そのような子どもたちの学びを支援するためにも、教員には常に子どもたちとともに学び続ける姿勢が求められる。教員は、知識や技能の獲得だけに囚われた技術的熟達者を目指すのではなく、常に学び続ける反省的実践家でなければならぬ（ショーン、二〇〇一）。

加えて、教員には生きた教材を掘り起こす努力が求められる（松本・守山・中西、二〇一九）。教員自身が生活の中から力のある材を見つけ出し、それを教材化するために探究し続ける姿勢を自ら示すことが重要であり、子どもたちはそのような姿に刺激を受けて、自分自身の探究活動の大切さを実感することができる。木下竹次による教育理念「生活即学習、学習即生活」に表わされているように、脈々と続く奈良の学習法では、このことが受け継がれている。

2、「あそび」と学び

教員自身がこのような常に学びに向き合う姿勢を身につけることは、容易なことではない。例えば、教員を目指す学生の多くが、遊びと学びの関係を二項対立的に捉えているという事実がある。すなわち、遊びとは価値あるもので遊びはそれよりも低価値のもの、あるいは学びや労働は遊びのために仕方なくやらざるを得ないものと考えられる傾向

が強い。ホイジンは遊びの定義を「遊びとは自発的な行為・活動であり、目的が行為そのものの中にある」としている（ホイジンガ、一九七三）。そのことからすると、前述したような遊びと学びの捉え方では、学びには別の目的がありその目的のためにやらざるを得ない行為ということになる。テストに出るから覚えなければならない、将来役に立つから勉強しなければならない、といった具合である。

しかし、子どもたちは将来の準備のために教室にいてはではなく、ましてやテストのために学んでいるのでもない。その日その時間を現実に生きている、すなわち教室で彼らの人生を紡いでいるのである。日々教室で新たな現実の問題に出会い、驚きを持って学んでいるはずである。その結果として、子どもたちに生きる力が育ち、やがて社会で活躍できるようになるのではないだろうか。

学生がこのような遊びと学びを対立させる発想に陥るのは、彼らが生活から切り離され自身との繋がりが感じられない抽象的な内容の教育を受けてきたことが原因の一つではないかと思われる。学習指導要領では主体的・対話的で深い学びが求められているのとは裏腹に、これまで受動的・一方的で浅い学びが繰り返されてきたのである。その

ことは算数教科書の応用問題を見れば明らかである。犬の生まれたときの体重を、わかるはずもない現在の体重との比率を与えて求めさせるなど現実とは因果関係が逆になつていたり、分数で表わされた時間を使って速さを比べるような現実にはあり得ない計算を求めたり、いかにも生活とはかけ離れた世界が展開されている。改めて見直してみると、これが検定を受けた教科書かと驚かされる問題が多い（松本・左右田・守山、二〇一六）。

このような教育の再生産を繰り返しては、子どもたちの探究心を育てることは出来ない。自発的で自己目的的な学びが成立してはじめて真の探究が展開できるのである。つまり、探究で独自学習を続ける子どもたちは、学びと生活が一体となり学びそのものが目的となっている。このように、学びにおいて「あそび」状態が発生するような探究学習を追求すべきであると考える（守山・松本、二〇一九）。

四、おわりに

ドイツの技術者であるマイスターが、あるインタビューで技術伝承において大切にしていることは何かと問われたとき、次のように答えていたことが強く印象に残っている。

「技術は時代とともに変化する。我々マイスターが伝えるべきは、技術ではなくマインドだ。」奈良女子大学附属小学校では、教員同士が同じマインドを共有し、それぞれの技術を磨き合って授業に臨んでいる。ここを訪れる教育関係者が、同じ気持ちで学び合えることを切に願うものである。

引用文献

ドナルド・ショーン（佐藤・秋田訳）「専門家の知恵」、ゆみる出版、二〇〇一年

松本・守山・中西「技術科教員養成における教材開発のためのPBL教育モデルの提案と実践」、日本産業技術教育学会誌、六一巻、一〇八頁、二〇一九年

ヨハン・ホイジンガ（高橋訳）「ホモ・ルーデンス」、中公文庫、一九七三年

松本・左右田・守山「教科書にみられる算数・数学と社会生活との関連性に関する研究」、三重大学教育学部研究紀要、六七巻、三五三〜三五八頁、二〇一六年

守山・松本「学びの本質と向き合う授業のデザイン」、三重大学教育学部研究紀要、七〇巻、二四七〜二五三頁、二〇一九年一、五、六年生での成長