

実践報告

パフォーマンス課題の開発とアクティブラーニング

井 中 宏 史

Performance Challenge Development and Active Learning

Hiroshi Inaka

はじめに

パフォーマンス課題とは、パフォーマンス評価のための課題であるが、評価を抜きにしてパフォーマンス課題に取り組ませることそのものに大きな効果があることは経験上分かってきている。たとえば、フィギュアスケートはパフォーマンス評価で採点する競技であるが、その課題はショートプログラムの場合2分40秒の間にジャンプ3種類、スピン、ステップ、キャメルなど（男女にやって規定が決まっている）を盛り込むことになっており、演技内容から使用する音楽、衣装まで自分で考えて行うものである。そこには創意工夫があり、自分のレベルや得意不得意に応じて内容校正を変えることができる。もしこれが、アクセルジャンプやコンビネーションジャンプの回転数、スピンやステップで回る軌道など、全て決められていてその通り演じなければならない課題であった場合、課題通りできるかできないかの○×式採点になるであろう。そして練習は、できない者はあきらめ、できる者は正確にできるための繰り返しになり、モチベーションは下がるのではないだろうか。

中学・高校で従来行われてきた理科の「実験」と言われるものも、たいていは詳細な手順がプリント等に示されていて、書いてある通りの薬品を加え、操作を間違えなければ必ず成功するもので、元来「実験」とは言えない、強いて言えば「実験の練習・作業」である。そうではなく、自分たちで工夫して実験の計画を立て、結果についても保証されないような実験を安全に行うことができれば、モチベーションも上がり、理科をより好きにさせることができる。

筆者のパフォーマンス課題開発の原点は、平成25年度から当時校長として勤めていた愛知県立一宮南高校で、物理の辻教諭がパフォーマンス課題を実施したところ、物理が苦手だったある生徒がその課題に熱心に取り組み、変容していく姿を目の当たりにした経験の共有にある。本学においても、高校や中学校でも可能な題材を用いて、学生が実験方法を工夫するなど考える余地の多いパフォーマンス課題を開発して取り組ませている。

I 重力加速度を求めるパフォーマンス課題

1 目的

重力加速度は、振り子を用いて求めるのが一般的で、1790年に考案されたボルダの振り子が教材としてよく用いられている。この方法は、振り子の周期に関する学習が選択の「物理」であり、「物理基礎」で登場する重力加速度を測定する実験には不向きである。しかも、用いる公式が「物理」で学習する $T=2\pi\sqrt{\ell/g}$ ではなく、高校物理でも扱わないさらに難解なものである。また、「物理」で振り子の公式を求める過程においてふり幅（角度）が十分に小さい場合という前提があり、その公式を用いて重力加速度を求めることに厳密さが懸念される。もっと言えば、正確に周期を求めるために100周期の時間を測定するなど、寝るための実験としか思えない。そこで重力加速度の測定をパフォーマンス課題として設定し、振り子とは異なる方法で測定したいと考えた。高校1年生の「物理基礎」で、重力加速度を $g=9.8\text{m/s}^2$ として覚えるのではなく、実際に測定させたい。高校時代に重力加速度の測定実験を行ったことのある学生は、私が担当した範囲ではいなかった。

次に、実験方法については、学生に考えさせる「パフォーマンス課題」としたい。重力加速度を測定したことのある学生はいなかったが、円周率を実際に測ってみたという経験は、約半数の学生にあった。しかし、この後の実験のために用意した円柱（ガムテープ）と巻き尺を使ってやらせてみたところ、多くの班で、小学校時代にやったことのある学生が中心となって、「紙の上で印をつけた円柱を1回転させて直線（線分）を作り、その長さを計って円周」としていた。巻き尺があるので、直接円周を計ればいいのだが、おそらく小学校の時にに行った「方法」が記憶に残っていたのだろう。これまで学校での実験が「方法を教える」ものになっていた表れてはいないか。実験方法は覚えるものではなく、自分で考えるものでありたい。そのためにも自分たちで方法を考える「パフォーマンス課題」にこだわりたいと考えた。

2 方法

(1) 実践の対象と方法

令和3年度から開講している教職課程の選択科目「学校課題演習」で実施している。特に今年度は、パフォーマンス課題として設定し、重力加速度の求め方を考えるところから実施した。

- ①課題として重力加速度を求める方法を次の時間までに各自考えてくる。
- ②グループに分かれて、自分たちが行う実験方法を検討する。
- ③実際に測定を行い、結果から重力加速度を求める。

(2) 測定実験の実施

重力加速度を求める方法としては、振り子を使った測定方法を調べてきた学生もいたが、自

由落下の速度から求めることができるという考えが多かった。そこで、速度を求める方法として学生から出た「距離を時間で割る」方法に、「速度計（ビースピ）」を用いる方法を提案し、この2つに関して測定実験を行った。

器具の設置、落下の高さ（距離）等学生たちが考えて決めることとしたが、ビースピで測定する際は球の先端とビースピの中心の距離であることを確認し、測定は10回行って最も大きな値と小さな値を除いた8回分を平均して用いることを指示した。

3 結 果

距離を時間で割る方法では、3つの班がそれぞれ1.56m, 1m, 2mの高さから鉄球を落下させ、ストップウォッチで時間を測定した。この方法は、ストップウォッチを手で押すタイミングのズレが大きく正確さを欠いた。ビースピを用いた実験では、測定値のばらつきも少なく、最も近い値を出した班では、 9.857m/s^2 という値を得ることができた。以下にその班の測定結果を示す。

	1m 落下したときのビースピの速度	
測定値	472.5 cm/s 最大	443.7 cm/s
	437.9 cm/s	447.2 cm/s
	458.3 cm/s	434.1 cm/s
	434.7 cm/s	432.0 cm/s 最小
	448.5 cm/s	445.8 cm/s
平均	444.025 cm/s (4.44 m/s)	
g の値	9.857 m/s^2	



4 考察とまとめ

「重力加速度が大きければ物体は早く落ちる」というわかりやすい考え方を基に、落下途中の速度をビースピを用いて測定した。また、 $v^2 - v_0^2 = 2as$ ($v^2 = 2gs$) という物理基礎で扱う公式から g を求めることができることから、高等学校の実験実習として適しているといえる。さらに、測定方法や計算式などを自分たちで考えさせる「パフォーマンス課題」とすることも容易で、有用な教材となりうるとされる。細かな測定方法の指示をしなかったことで、他の班はビースピの測定単位を m/s に設定したが、この班では cm/s としたことが高精度につながったと思われる。 m/s で測定するように教員側で指示したら得られなかった結果ではないだろうか。

写真は、ビースピをガムテープで壁に固定し、教室の壁の線を利用してまっすぐに落とし、落ちた鉄球が転がらないようにガムテープで受け止める工夫をしたものである。

現在重力加速度を求める方法としては、真空中で落下させその速度（到達時間）を測定して

いるようであるが、オリンピック競技のタイムのように機械的に正確に測定できるものであればよいのだが、ストップウォッチを手で押すでは十分正確な値を得ることができない。ビースピを用いることにより機械的に正確に測定できた。学校課題演習で実施した後、2年生の理工学部と農学部で行っている理科教育法でもビースピを用いた実験のみパフォーマンス課題として実施した。

実験方法だけでなく、計算によって重力加速度を求める方法も、理工学部ではすべてのグループで自分たちで公式を立てて求めていた。農学部の場合、生物選択者でも「物理基礎」は全員履修しているはずであるが、自分たちで公式から導き出せる班は少なかった。

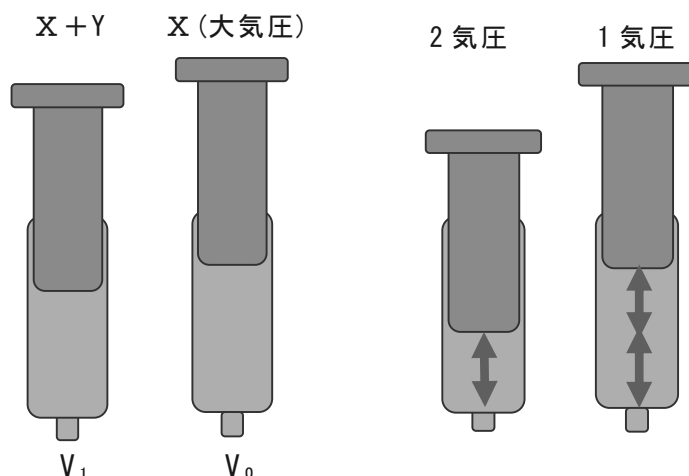
$v=at$, $s=v_0t+1/2at^2$ の公式はすぐに思い出せても、 $v^2-v_0^2=2as$ は定着していないことが伺われる。この意味でも、1年生の物理基礎で扱う課題として有効であると考えられる。

Ⅱ 大気圧を求めるパフォーマンス課題

1 実践の対象と方法

大気圧の測定は一般にトリチェリの実験と呼ばれるもので、水銀柱を用いて行われる。しかし実際に毒性の懸念される水銀を用いて実験を行うことは現実的ではない。水柱を用いる方法もあり、工夫して実践しているケースもあるが、10m に及ぶ装置が必要であり、これも現実的ではない。

そこで、ボイルの法則を用いて大気圧を求めることを提案し、重力加速度と同様に「学校課題演習」で実施した。その後簡便なプラスチック注射器を用いる方法に変更し、有志学生による実験を行い、その結果を基に2年生の理科教育法の授業に取り入れた。ここでは有志学生の実験結果を用いて説明する。



まず、考え方として「圧力が2倍になれば体積が1/2になる」ことから、注射器に力を加えて体積が1/2になったとしたら、大気圧と同じ大きさの力を加えた（大気圧と合わせて2気圧分）ことになることを説明した。そしてボイルの法則を使えば、ちょうど1/2になるまで力を加えなくても計算できるはずであることを理解させた。

2 測定実験の実施

空のプラスチック注射器を30mlの状態で口をパラフィルムで閉じ、ゴム版の上に載せ、1kgの重り（紙ねんどを使用）を載せて体積を測定した。なお測定は毎回30mlに戻してパラフィルムを巻きなおすところから行った。結果は右のようであり、平均は24.3mlとなった。また、断面積は、注射器の体積30mlを高さ（7.05cm）で割って 4.2cm^2 とした。

大気圧をXkg相当としボイルの法則を用いて、

$$X \times 30 = (X + 1) \times 24.3 \text{ より、} X = 4.26\text{kg}$$

$$4.26\text{kg} \div 4.2\text{cm}^2 = 1.014\text{kg/cm}^2 \approx 1.0\text{kg/cm}^2 \text{ と、とても良い値が得られた。}$$

	測定結果
1回目	24.2ml
2回目	24.1ml
3回目	24.1ml
4回目	24.5ml
5回目	24.5ml
平均	24.3ml

3 考察とまとめ

注射器による簡便な測定でも、かなり良い値を得ることができた。学校課題演習ではガラスの注射器を用いて行った。ガラス製のほうが精密で摩擦も少なく正確に求めることができると思ったが、プラスチック注射器でもよい値が得られたので、理科教育法ではプラスチック注射器のみを用いた。

ガラス製の場合、ピストンの重みも考慮に入れなければならない。実際に注射器を逆さにするとメモリの値がわずかに変化する場合がある。大気圧相当をXkg、ピストンの重さを別に測りxkgとすると、空の場合体積 V_0 より $(X+x) \times V_0 = \text{一定}$

載せた重りをykg、その時の体積を V_1 とすると $(X+x+y) \times V_1 = (X+x) \times V_0$ として求めることができる。しかし、プラスチック注射器の場合、逆さにしても注射器の体積が変化しなかったためピストンの重さを無視して計算した。

学校課題演習では、ボイルの法則のみ説明して実験方法はほとんど考えさせた。導入としてはトリチェリの実験を紹介し、注射器を用いてその体積が半分になるまで圧力を加えたとしたら、加えた圧力は大気圧と等しいことを理解させ、そのうえで、大気圧と同じだけの力を加えなくてもボイルの法則を用いれば求められることを示しただけで、あとはすべて考えさせた。図には示さなかったピストンの重さはある学生から言い出され、他の学生も気が付いたものである。載せる重りについてはビーカーに水を入れた班が多かったがとても不安定で、また1kgに及ぶ重さを載せることはできなかった。鉛板を重ねて乗せるなど工夫がみられ、結局紙ねんどが一番身近で重く、安定して載せられることが分かった。そこで紙ねんどを購入し、理科教

育法で用いることにした。

実験方法を考えることはパフォーマンス課題として重要であるが、計算処理もまた重要である。式を与えてではなく、考えて計算させる必要がある。そのため、理科教育法では実験に先立って、トリチェリの実験から「水銀の比重は13.6です。1 atm = 760mmHg が $1.013 \times 10^5 \text{Pa} (\text{N/m}^2)$ になることを計算でたしかめなさい。」という課題を与えた。 N/m^2 であることから重力加速度 $g=9.8$ をかける必要があること、 1m^2 あたりの水銀柱の質量を計算しなければならないことがわかるが、ヒントなしで正解にたどり着くグループは理工学部でも思いのほか少なかった。

実験では重力加速度は計算に入れず、 1.0kg/cm^2 に近い値となることを期待したが、実際に一番苦労したのは以外にも「断面積」であった。農学部でも理工学部でも、すべてのグループがシリンダー内径 = ピストンの直径を計り、円の面積の公式を使って求めようとしていた。そこで黒板

断面積の求め方

- ① $\times$ $\times$
- ② $\div$ 高さ

に右のようにヒントを書いたところ、いくつかの班が②の体積 $\div$ 高さに気づくことができたが、その割合も予想より少なかった。注射器の体積が30mlとなっていたことも影響しているようだった。 30cm^3 であれば高さ (cm) で割って面積 (cm^2) になることに気づいたかもしれないが、ml となると別物のように感じるようだ。

実験のプロセスも計算のプロセスも複数あり、どの部分をこちらで説明し、どの部分を考えさせ、どの部分をパフォーマンス課題として取り組ませるかについては、対象の学生・生徒に合わせて選択することが大切である。

プラスチック注射器と紙ねんどだけで簡単に行うことができるので、重力加速度同様、大気圧についても、授業で習う値を当たり前と思わず、実際に測定することを大切にしたい。

Ⅲ ヨウ素デンプン反応を用いたパフォーマンス課題

1 目的

ヨウ素デンプン反応は、小学校5年生で習うとても簡単な実験である。さまざまな植物や食品にデンプンが含まれているかどうかを容易に調べることができるのだが、理系の大学生でも実際に調べた経験はほぼない。大日本図書の小学校5年生「楽しい理科」には、種子（インゲン豆）と、発芽した後の子葉にヨウ素液を掛ける実験が載っており、発芽成長によって栄養分（デンプン）が使われて無くなったことを理解させている。そこで、さまざまな植物や食物について、デンプンの含有を調べる実験を、自分たちで考えて行う課題として実施し、結果について考察を行わせることとした。

2 方法と結果

(1) 実践の対象と方法

令和3年度から開講している教職課程の選択科目「学校課題演習」で実施している。主に農学部と理工学部の学生が履修しており、今回は必ず各班に農学部の学生が入るように分かれた。

①演示実験として、米粒にヨウ素液（市販の0.05mol/lヨウ素液を5倍に希釈したもの）をかけ、青紫色に濃く染まることを確認した。

②ダイコン、ニンジン、どんぐり、椿の実、バナナ、豆腐、ヒマワリの種を用意し、実験方法を考えさせた。

③各材料に対して、0-3の結果予想を立てさせ、黒板に書きだした。

④実際に実験を行い、予想と比較する。

(2) 実験の実施と結果

全班の予想が出そろったところで、実際にヨウ素液を掛け、結果を確認した。結果は以下の通りだった。どんぐりにデンプンが含まれていることは予想できたが、豆腐とバナナでは班による予想が大きく異なり、すべての班が正解を予想した項目はなかった。

レベル3	米のように濃い青紫
レベル2	レベル3ほどではないが、濃いめで青紫だとよくわかる
レベル1	薄い青紫色になったことが確認できる
レベル0	全くまたはほぼ色が付いていない

3 考察とまとめ

各班の予想は、多くが外れたことから、各植物等に含まれている成分を調べるなどして、結果について考察を行わせた。なお、実験前に予想を立てる段階で成分等を調べることは禁止とした。椿の実に関しては、中の実を指でつぶすよう指示した。指に油が付着するので、それが「椿油」であることを説明し成分の考察の一例とした。

	大根	ニンジン	どんぐり	椿の実	バナナ	豆腐	ヒマワリ
A班	1	1	3	2	3	0	2
B班	1	2	2	0	1	3	0
C班	1	1	3	2	0	2	3
正解	0	1	3	0	3	0	1

ある班では、ニンジンの青紫色に染まった部分が維管束であることに注目し、大根も輪切りにして同じ条件でヨウ素液を掛けるなど、追加の実験も行われた。

教職を目指す大学生にとっては簡単すぎる実験であるが、小・中学生に実施することを考えて行うことで活用できる教材であると考えられる。実験方法については、薄く切る、殻を割るなど単純な準備であるが、それぞれ考え行うパフォーマンス課題的に行うことができた。結果の予想に関してもいわゆる「仮説を立てる」に相当するものであり、小・中学校の実験などに適していると思われる。

各班に農学部の学生を入れており、食品の成分に関する知識があるため、予想することが簡単そうに思われるが、結構大きく外れていた。調べてみなければわからないと実感できたこと

と、豆腐の材料となる大豆で調べたらどうなるのかなど、発展的な学習への結びつけは小学生でも同様に起こるであろうと期待できる。やってみることの大切さと楽しさを、改めて考えさせるパフォーマンス課題となった。

IV 免疫の劇をつくる

1 実践の経緯

「はじめに」においてパフォーマンス課題の例として、フィギアスケートを挙げた。あれはまさに「演じる」パフォーマンスで、理科の授業においても演示させればよいのではないか。ということで、ある意味究極のパフォーマンス課題が「劇に仕立てる」である。分野としては生物基礎の「免疫」を選び、ストーリーを自分たちで考えさせて劇に仕立てるというパフォーマンス課題は、平成25年に愛知県立一宮南高校で「多様な学習成果の評価手法に関する調査研究」すなわちパフォーマンス評価の研究を始めたときに生物分野の実践として思いついたものである。試行的には実施したものの、実践報告として記録に残してはいない。翌年、同調査研究を国語科で担当した愛知県立日進西高等学校が、古典の源氏物語「若紫」で会話を想像して演じる活動を行っており、教科を超えて実践しうるものと考えている。

2 方法

本学では教員養成課程の理科教育法で、免疫を劇にするという授業を行っている。免疫全体は大変なので、班ごとに「体液性免疫」「細胞性免疫」「エイズ」「二次応答」「アレルギー」などのテーマに絞って行うこととした。劇と言っても実際に演じるのではなく、手袋などを使った人形劇とし、上演時間は5分程度の寸劇である。授業の進め方としては、

1 時限目

- ① 説明
- ② グループに分かれ、テーマを決める
- ③ 台本をつくる・・・残りは宿題、また、手袋以外の材料を相談し分担する。

2 時限目

- ④ 人形、その他小道具などを作る
- ⑤ 上演する（各班5分程度）

今の学生は手袋を人形にして遊ぶことなどないので、①の説明の際に手袋をたくさん用意して、手袋を使った人形の作り方を示した。また、膨らませることのできる薄手のゴム手袋が使えることも伝えた。④の作成の際には、手袋各種のほか、各色のガムテープを用意し、背景が必要な場合はホワイトボードに描くように、各班にホワイトボードとペンを渡した。それ以外に各班で色紙など用意してきたものもあった。

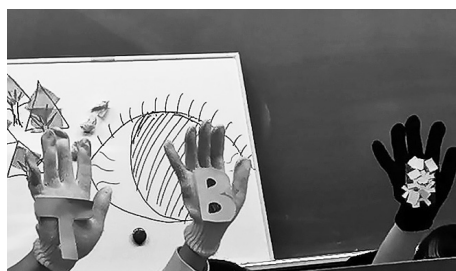
劇を演じるというのは結構恥ずかしいのだが、手袋人形劇であれば顔を出さなくてもいいので、ハードルが低くなる。5分という時間設定も適当であった。

3 結果と考察

作成過程、劇を演じている様子を写真で示す。

BGMまで用意してきた班もあり、楽しく演じることができた。この時間は、私の授業の中で最も印象に残っていると答えた学生が一番多く、結構大変だったけど、勉強になりおもしろかったと答えている。

実際にはテーマを決める時に一番よく話し合いがされ、学生にとって一番（免疫の内容に関して）勉強になったのは台本作りまでのようである。活動としては上演する前までのところが主体的・対話的で深い学びであり、上演は付け足しの感じがある。しかし、劇を目指すからには上演まで設定しないと完結しない。上演することが「表現力」の向上につながると期待できるが、短い時間での取り組みなので、表現力の高い班が上手に演じることがあったが、表現力を向上させるためにはもっと何度も取り組みをさせる必要がある。免疫の学習ということを考えると、演じ方（表現力）の優劣はあまり理意味がないと考えてよいだろう。



V 自由落下と斜面の運動

1 はじめに

高校の物理基礎や、中学校の第一分野「運動とエネルギー」においても、自由落下と斜面の運動が取り扱われるが、自由落下ではボール（鉄球等）が使われ、斜面では力学台車を用いら

れている。これらを当たり前のこととせず「なぜ」と考えさせる「課題」として、現在では理科指導法Bで実施している。

物理が専門の方はお分かりだと思うが、後で述べるように「回転のエネルギー」が関係していることが大きな理由である。しかし、それ以外にも様々な答えが考えられる課題であり、当たり前のことを当たり前としないで考えなおしてみることは、ESDで重視している能力の「批判的に考える力」にもつながる取り組みである。

2 方法

学生をグループに分け、いきなり以下の課題を提示する。

自由落下では球（鉄球など）が使われ、斜面の運動では力学台車が使われる。何故か、理由を説明せよ。

各班に鉄球と力学台車を渡し、斜面は机を持ち上げて斜めにして使うよう伝え、実際に落としたり転がしたりしながら考えて、答えをできるだけたくさん見つけるように指示した。ただグループワークとして考え、話し合いをさせるのではなく、実際に物がある状態で行うことにより、参加する姿勢が向上すると考えた。

20分経たところで着席させ、各班ごとに1つずつ順に考えた答えを発表させた。

3 結果と考察、発展

実際に球を落下させたり台車を走らせたりした班は多かったが、台車を落下させる班はなかった。それは大人の対応というか、落としたら壊れるとわかっているからであるが、思考がそこで止まることなく、様々な答えが考えられた。学生の考えた答えを以下に示す。同様の答えが複数出たため、表現は筆者でまとめ直した。

- 台車を（自由）落下させると壊れる、鉄球なら壊れない。
- 鉄球はまっすぐ落ちるが、台車は重心が不安定で、傾いたり回転したりすることが考えられる。
- 球なら質点としててらえることができる。
- 台車にはタイマー用のテープを取り付けることができるが、鉄球には取り付けられない。
- 自由落下の場合は、鉄球にタイマー用テープを取り付けることも可能である。
- 斜面の場合、鉄球と比べて台車のほうがまっすぐに滑る。
- 台車は重りを載せて質量を変えることができる。
- ◎斜面で台車と鉄球を同時に離したら、台車のほうが早かった。

最後の◎印の答えを出した班が、昨年度はあったが、本年度は学生からは出なかったので、改めて各班で台車と鉄球とどちらが早いかを確認させた。

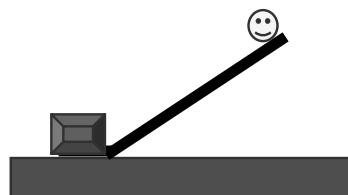
その上で各班に巻き尺とビースピ、プラスチック製のレールを追加で渡し、パフォーマンス

課題その2を与えた。

課題その2

斜面を作り、鉄球を転がしなさい。そして

- ① 高さ h を測り、位置エネルギー mgh を求める。
- ② 速度 v を測り、運動エネルギー $1/2mv^2$ を求める。
- ①と②が同じになったか。違った場合、その差は何%程度あるか。



学生は「エネルギー保存の法則」をよく理解しており、課題その2は速やかに実施することができた。多くの班で、30%前後のエネルギーの減少という結果を得ることができた。

形状	慣性モーメント	回転エネルギーの割合
球	$\frac{2}{5}Ma^2$	$\frac{2}{7} \approx 28.5\%$
円柱	$\frac{1}{2}Ma^2$	$\frac{1}{3} \approx 33.3\%$

なお、球の場合、回転エネルギーの割合は30%弱であり、かなり減速することがわかる。

VI 教師が楽をするアクティブラーニング

1 はじめに

学習指導要領が変わって、アクティブラーニングをやらなければならない?! と思っている先生方も多いと思う。同時に、学習指導要領が変わる前からアクティブラーニングに取り組んでいる先生方も多くいる。今まで国（文部科学省）が導入したことは、総合的な学習の時間だったり、脱ゆとりだったり、キャリア教育・インターンシップだったり、個別の特別支援計画の作成だったり、負担を増やすことばかりで、言われる前から取り組むということはほぼなかったと思うが、今回ばかりは正式にアクティブラーニングをやれと言われる前から多くの教員が取り組んでいる。それは、学習指導要領に書いてあるからではなく、アクティブラーニングはやっぱり生徒にとっても良いことだと経験上感じていることの表れではないだろうか。

さて、アクティブラーニングといえば「グループワーク、グループディスカッション」が思い浮かぶ。今までそんなことやってこなかった先生方にとっては、重荷であろう。しかし、アクティブラーニングは多様であり、いろいろな方法がありえる。アクティブラーニングを取り入れることによって教員の負担が増えるのではなく、生徒が自発的に、自ら進んで取り組むことによって、むしろ先生方が楽をして高い効果が得られることが望まれるというべきであろう。先生が楽をするということは、結果として生徒が一生懸命に取り組むということになる。先生が一生懸命にやっていると生徒は見ていだけになるのではないだろうか。アクティブラーニングで求められているのは、生徒に一生懸命に教えるのではなく、生徒が自分たちで考えて行うことだと考える。先生はじっと我慢して口出しをせず、見守ることであり、慣れてくればそのほうが楽で、効果が高い。

2 アクティブラーニングについての確認

アクティブラーニングについて、次の4点について確認したい。

①毎時間やる必要はない

すべての授業でアクティブラーニングをやれと言われているわけでもないし、それが良いわけでもない。授業の中の一部で取り入れるとか、アクティブラーニングを行う日が時々あればそれで充分で、大半の授業は今まで通りの講義形式でも全く問題ない。アクティブラーニングによって授業の進度が遅れるというのは、理科においては今まで実験を省略して授業を進めていたことの言い訳と同義である。

②「主体的学び」「対話的学び」「深い学び」のどれかで良い

学習指導要領「解説」にも 主体的・対話的で深い学びは、必ずしも1単位時間の授業の中で全てが実現されるものではない。と書いてある。

本時の展開は「主体的学び」だけ、あるいは「対話的学び」だけでいいのである。

③「知識・技能」を身に付けさせるものでなくてよい

学習指導要領の改定の基本方針(3)に ⑤ 基礎的・基本的な知識及び技能の習得に課題がある場合には、それを身に付けさせるために、生徒の学びを深めたり主体性を引き出したりといった工夫を重ねながら、確実な習得を図ることを重視すること とある。知識及び技能の習得は、今までやってきたことであり、それが課題だったわけではない。アクティブラーニングはそれにも有効ですよと読み取れるが、「知識・技能」の習得にアクティブラーニングがベストだと思う教員がどれだけいるだろうか？主にアクティブラーニングで「知識・技能の習得」をやろうと思うと無理がある。アクティブラーニングは、「思考力・判断力・表現力等」を身に付けるためのものと、割り切ったほうが良い。

④アクティブラーニングは、生徒が行うもの

はじめにでも述べたように、生徒が主体的に取り組むことが大切であり、教員がいっぱい手を出して教えるはだめなのである。だから、アクティブラーニングをやらせている間教員は「楽」しているはずなのであり、「アクティブラーニングは疲れる」と言う教員は、なにか指導法が間違っているのではないか。

3 教材を作り込みすぎない

パフォーマンス課題というのは、生徒が実験方法等を考えて行うものなので、詳細な手順を書いた実験プリントを作成する必要はない。むしろ作成してはいけないのである。教員はどうしても先回りして、生徒が失敗ないように指導をしがちであるが、パフォーマンス課題は失敗が前提である。今までの一般的な実験プリントは、ちゃんと書いてある通りに行えば失敗しないことが前提であり、失敗する班はちゃんと読んでいなかったという考え方で行ってきた。しかし、パフォーマンス課題は、実験プリント(指示書)を読んだだけでは「できない」こと

がスタートであり、実施するために何を考え何を準備しなければならないかを生徒自らが考えるものである。Iで述べた、重力加速度を求める実験の「実験プリント」は、以下のものである。(余白等省略)

ビースピを使って g の値を求めよう

用意したもの ビースピ 球 メジャー ガムテープ

【測定方法】

測定は、最低2回「練習」したのち、10回測定し、最大値と最小値を除いた8回分を平均して使うこと。

【測定値】

8回の平均値

g の計算

求めた g の値

理科指導法Bで行った化学実験の実験プリントを以下に示す。これは、科学の甲子園ジュニアの第1回全国大会の実験問題を参考にしたものである。科学の甲子園ジュニアでは、実験操作の技能も審査の対象となっているが、高校生用に化学反応式を加えてみた。

実験IのPart1は、科学の甲子園ジュニアの実施要項から、実験のてびきに書いてある実験操作をいくつか省いて作成した。元が科学の甲子園ジュニアの全国大会なので、すでにパフォーマンス課題であるが、どの時点で何の質量を測定しなければならないかを考えるところが重要となっている。実験IIはそのまま行くと失敗する実験である。クエン酸 0.05mol は 9.6g 、炭酸水素ナトリウム 0.05mol は 4.2g とかなりの量で、反応させて発生する二酸化炭素は1リットルを超える。かなりの量なので二又試験管で実験するには多すぎてあふれ出す。問題は 0.05mol を反応されるとどうなるかであるが、実験は 0.01mol 程度で行うべきであろう。大学生でもほとんどの班が反応であふれさせていた。計算してクエン酸 9.6g となった時に気が付くか、 9.6g を計り取るときに多すぎないかと気が付くべきであるが、失敗に誘導するような実験課題も、時には必要であろう。

実験Ⅰ 反応の最適条件を求める

発泡入浴剤は、炭酸水素ナトリウム（重曹）とクエン酸という物質を固めて作られている。これを水に溶かすと、水中で両者が反応して二酸化炭素が発生する。

Part1

炭酸水素ナトリウムとクエン酸をあわせて 10g になるように試料を 5 組用意し、発生する二酸化炭素の質量をそれぞれ求める。それをグラフにして、**二酸化炭素が最も多く発生する組成を調べる。**

【実験操作】

- ビーカーに水を半分程度入れ、**最初に炭酸水素ナトリウムを溶かし、そこにクエン酸を少しずつ加えていく。**約 1 分間かき混ぜ、透明な溶液になったら反応終了とみなす。
- 反応前後のビーカーの質量を電子天秤で測定する。※発生した二酸化炭素量がわかる。
- ◎炭酸水素ナトリウムとクエン酸の割合を変えて、上記の操作を行う。なお、時間の制約上、同じ条件で複数回実験して平均を取るのではなく、組成を変えて実験を進めること。
- ◎グラフを描いて、最も二酸化炭素の発生する条件を調べる。

実験結果

の質量 [g]					
の質量 [g]					
の質量 [g]					
の質量 [g]					
発生した二酸化炭素の質量 [g]					

グラフ（別紙）から求めた結果

Part2 反応式から正解を考えよう

クエン酸 炭酸水素ナトリウム クエン酸ナトリウム 二酸化炭素



分子量 分子量

実験結果から求めた最適な「クエン酸・炭酸水素ナトリウム・二酸化炭素」の重量からモル比を導き出し、各係数を考えて反応式を完成させる。

実験Ⅱ

クエン酸 0.05mol 炭酸水素ナトリウム 0.05mol を反応させたら、二酸化炭素は何ml 発生するか。

二又試験管を使って、水上置換で集めてみよう。

○実験方法(詳しくは自分で考えなさい)

二又試験管の片方には、クエン酸と炭酸水素ナトリウムを計り取って入れる。
もう片方には「水」を入れる。

実験計画

おわりに

アクティブラーニングは、やっていて楽しいものである。楽しいからこそ夢中になって取り組み、その結果理科が好きになる。理科好きになった生徒は放っておいても自ら勉強するようになり、理科を得意科目としてくれる。実験方法等を自分で考えて行うから楽しいのであり、先生が手取り足取り教えてはいけない。完璧な教材を用意して、教え込むのではなく、適当にどこか足りないような教材やプリントで、細かなところは生徒に任せる。授業中も生徒が勝手に相談しながら進めることが理想であり、先生は楽しみながら見ていけばいいのである。うまくできる場合も失敗する場合もあるが、失敗しそうな場合でも、危険でさえなければ口出しをせず、失敗させることが大切である。

慣れてしまえば、アクティブラーニングほど「楽(らく)」で「楽(たの)しい」授業はない、というのが、大学教授として二度目の定年を迎える私の結論である。高校の教員だったころにも、こんな授業をもっとやりたかったのであろうが、そんな時代ではなかった。今は、アクティブラーニングを進める環境が整ってきている。ぜひ多くの先生方に「教師が楽をする、そして生徒が楽しい思いをするアクティブラーニング」をたくさん実践していただきたい。

参考文献

名城大学教職センター研究紀要 第16巻

「教員養成課程におけるパフォーマンス課題の開発と活用」井中宏史，谷口正明，辻太一郎
名城大学教職センター研究紀要 第16巻

「育成すべき資質・能力の構造化とその指導法についての考察」井中宏史，嶋口裕基，浅井照正

名城大学教職センター研究紀要 第 17 巻

「これからの教育に求められる教員の指導力と，役割の在り方」井中宏史

ボルダの振り子 B P -40 型 取扱説明書 株式会社島津理化

改訂物理（高等学校教科書）東京書籍

改訂版化学（高等学校教科書）数研出版

「力学の基礎」学術図書出版社

科学の甲子園ジュニア全国大会について（HP）

<https://koushien.jst.go.jp/koushien-Jr/about/index.html>

中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 理科編 文部科学省