

科学読み物教材の開発

法政大学中学高等学校
川島 健治

1. はじめに

本校は法政大学の附属校で、約9割の学生が法政大学へ進学する。法政大学の理系学部に進む人数は高校1学年240名中20名程度と約1割程度となる。本校の理科教育の特徴は、文系学部進学者・理系学部進学者問わず、すべての生徒が「市民として必要な科学リテラシーの獲得」を目指している。そのため、文系理系のコース選択制をとらない。文系理系問わず、すべての生徒に物理4単位、化学4単位、生物4単位、地学1単位を必修にしている。地学の単位数は少ないが、物理、化学、生物の中で地学の内容も扱っている。例えば、物理では太陽系を含めた宇宙を学ぶことになっている。

本校では、すべての生徒が、環境問題や地震などの自然災害などが起こる世界で、自然災害や環境問題、科学的知識が必要とされる事柄にたいして、非専門家として判断できるだけの科学リテラシーを身につける必要があると考え、すべての生徒が物理・化学・生物・地学を学ぶようなカリキュラムになっている。

私は、科学リテラシーを身につけるために、学校教育だけでは不十分であり、自分自身で科学を学ぶ習慣を身につけてほしいと考えている。具体的には、大人になっても科学の新聞記事や本を読むことができる能力・習慣である。そのために、「本を読んで内容が理解できるだけの基礎的な科学概念の獲得」と「本を読もうとする科学への興味関心」の2つが必要になってくる。

この2つを身につけるためには、私は学

校の科学教育の中で、すべての生徒が、科学の基礎を理解し、科学の楽しさを感じてほしいと思っている。科学を良く理解し、科学を楽しいと感じてくれることが、将来大人になった時、科学の新聞記事や本を読み、非専門家として環境問題や自然災害などの自然現象に対する自分の判断を持つことができると思う。

2. 生徒の実情と研究動機

どんなに多くの生徒が楽しいといってくる実験であっても、物理に興味を持っていない生徒もいるのが実情で、自分では実験を行わず、ただ見ているだけの生徒もいる。そのような物理に興味のない生徒をいかに興味がわかせるかを考えて、授業を作っていく必要性を日々感じている。

すべての生徒に科学の基礎を理解し、科学の楽しさを感じてもらいたいのであるが、まだまだ「すべて」の生徒が科学を良く理解し、楽しさを感じてもらえていないのが実情である。すべての生徒に楽しさを感じてもらうには、多様な実践が必要だと感じている。

3. 読み物を利用した実践

夏休みや冬休みの長期休みに、家正則著「ハッブル宇宙を広げた男」¹⁾ (岩波ジュニア新書) や、板倉聖宣著「ぼくらはガリレオ」²⁾ (岩波現代文庫) など、「科学読み物」を課題本にした感想文を宿題にした。実験をただ見ているだけの生徒でも、「面白かった」と言ってくれることもあり、「科学

読み物」をうまく利用すれば生徒も科学が楽しく理解できて、科学が好きになってくれるのではないかと考えた。また、科学の本を読む習慣も身につけてくれるのではないかと考えた。

中高生向けの良質な科学読み物もあるが、対象年齢が低いものが多く、中高生向けの読み物は少なく、生徒の実情にあってないものも多い。授業内容ともあまりかけ離れていると生徒の興味もわからない。また、本として市販されているので、ページ数も多く、読書に慣れていなかったり、本が好きでなかったりと、敬遠される可能性もある。

生徒の実情にあっており、授業の内容ともあまり離れておらず、かつ読みやすいよう分量が短い読み物が必要になってくる。

そこで、ないのだったら私自身で作るしかないと考え、自分の授業に合う形の科学読み物を作成した。作成したものを生徒に配り、評判を聞くと、「大変わかりやすかった」と多くの生徒に言われ、さらに1年間をとおして定期的に発行していると、「早く先生が作った読み物ください」と言われたりもする。余談になるが、「この読み物、先生が作っているのですか？」と疑いの目を向けられ、「授業もこの読み物のようにやってください」と続けられると冷や汗がでる。

研究目的：読み物を使って、すべての生徒に、科学の基礎をよく理解し、科学の楽しさを感じてもらう。

具体的な内容・方法：

教員が生徒の実情や授業内容に合わせて、わかりやすく楽しい科学読み物を作成する。

4. 科学読み物の作成について

(1) 教員によるわかりやすく楽しい科学読み物の作成方法

科学読み物の作り方はとても簡単で、誰でも作れる方法がある。それは、自分の授業の記録をそのまま読み物に変えてしまう方法である。生徒の議論を中心に授業を組んでいるので、生徒がどんな反応をしたか記録し、その記録から読み物を作るのである。具体的には、ファシリテーター役の科学を良く理解した「博士」と実験を一緒にする「ちえ」「けんじ」の3人の会話形式の読み物を作る。「博士」はもちろん授業における教師であり、登場人物の「ちえ」と「けんじ」は私の授業を受けた生徒に対応する。私が言ったことに対して生徒がどのような反応をするかを実際の授業で確認し、その生徒の反応を物語では登場人物の「ちえ」と「けんじ」に発言させている。このように、会話形式の読み物を作れば、授業を記録するだけで簡単に読み物が作れる。つまり、物語を読むように授業の流れを楽しめるように心がけるだけで、後は授業の文字おこしをすれば簡単に物語が作れるのである。ただし、説明中心の授業をしては、生徒の反応がわからず、どこでつまづいているか分からないので、わかりやすい読み物は作れない。わかりやすく楽しい授業をすることが、わかりやすく楽しい科学読み物の作成につながるのである。このような対話調の読み物を作った科学者としてガリレオ・ガリレイ(1564~1642)が有名である。ガリレオはガリレオの思想を語る人物、アリストテレスの自然観を持つ人物、市民による対話調の読み物を作成した³⁾。

(2) 具体的な授業の方法

元東北大学の教育心理学者の細谷純氏

は、子どもの頭は真っ白なキャンパスではなく、すでに生活する中で自分なりの誤ルールを形成していると述べ、誤ルールをくつがえす必要性を主張している⁴⁾。

誤ルールの例

- ・「あざやかな花びらをもっているものが、花である」
- ・「体重計の上で、姿勢をかえると、体重が変化する」
- ・「さとうが水に溶けて見えなくなれば重さもなくなる」
- ・「物体に同じ向きと大きさの力が加わり続ければ、物体は等速運動する」
- ・「赤道の上でも、夜昼の長さが同じなのは、春分と秋分の日だけだ」
- ・「夏に暑いのは、太陽と地球との距離が小さいからだ」
- ・「空気には重さがない」「空気には軽さがある」
- ・「モノを手からはなして落とすと、重いほど早く落ちる」

故板倉聖宣氏（元国立教育研究所）は、誤ルールをくつがえすために、課題を出し、みんなで議論し、実験を行い、誤ルールを修正していくことが正しい自然観を身につけるために必要であると主張している。板倉氏は課題を出し、議論をし、実験を行うという仮説実験授業という授業スタイルを提唱している⁵⁾。

この誤ルールが存在するという考えは、物理が発展してきた歴史を見ると明らかである。

上條隆志氏（東京都立小石川中等教育学校）は「量子論や相対論、ニュートン力学、物理の重要な理論はそれまでの科学や常識や先入観を否定し、それまでの方法を根本的に見直しが迫られることによって形成されてきました。ですので、私たちも自分の

考え・日常経験を洗い出し、正しいと思う理論を徹底的に主張し、誤りの危険を常に冒しながら、実験によって成功と失敗を明らかにし、正しい自然観を獲得していかなければならない。ここでさまざまな個性のぶつかり合いの素晴らしさを知ることができる。私たちはこの考え、討論する授業を目指している」⁶⁾と書いている。

正しい自然観を獲得するために、誤ルールを打ち破る必要がある。

私は故玉田泰太郎氏（元東京都小学校教員）が仮説実験授業から学び、発展させた「到達目標・課題方式授業」と呼ばれる授業スタイルで授業を行っている。玉田氏は「初歩的であっても、自然科学の基礎的な事実、概念・法則を、科学の方法にしたがって、子どもたちが集団のちからで獲得する」⁷⁾と表現している。次に玉田氏の授業スタイルを紹介する。

具体的な授業の流れ

1. 課題をだす。
2. 自分の考えを書かせ、教員が生徒の考えを板書し、人数を確認する。
3. 生徒の考えを発表させる。
4. 議論になるときは議論をし、もう一度議論した後、人の意見を聞いて、どう思うかを書かせる。
5. 再度、課題の解答に対する人数を確認する。
6. 課題を実験で確認し、実験して分かったことを書かせる。
7. 実験をして分かったことを発表する。
8. 最後に課題に関して補足をする。

4の生徒同士で議論する際、グループで話し合わせることもある。そして、この生徒同士の議論を中心にするという点においては、到達目標・課題方式授業は仮説実験

授業と同じであるが、しっかり理由を書かせるという点に大きな違いがある。石井登志夫氏（埼玉県立与野高等学校）は、「書くことで自分の考えを整理できる。」「書いたものを読みあげれば良いので、だれでも発言が容易になる。」「教師が予め生徒の認識を把握できる。」⁸⁾と述べているように、書かせることで、生徒自身の思考の整理になること、生徒の認識を教員側が理解できるというような利点がある。

このように生徒同士がお互いに学び合う中で、科学の初歩的概念を獲得できるような授業を行っており、生徒の発言を記録し、それをもとに科学読み物を作れば、分かりやすく楽しい科学読み物が作れるのではないかと考えた。

(3) 具体的な科学読み物

ここで、今回、具体的にどのような科学読み物を作ったか、そのもくじを紹介したい。

すべての項目において、B5判の片面ないし両面1枚程度の短いものになっている。

短くまとまっている方が、生徒は読みやすいと考えている。

具体的に作成した科学読み物を次ペー

力学分野のもくじ (15種類)

- ・力の原理 (資料1 参照)
- ・弾性・弾性力・フックの法則
- ・作用反作用の法則
- ・力のつりあい・力の合成
- ・ $x-t$ グラフと平均の速度
- ・ $x-t$ グラフと瞬間の速度
- ・ $v-t$ グラフと加速度
- ・ $v-t$ グラフと移動距離
- ・等加速度直線運動・自由落下
- ・慣性の法則・運動方程式

ジ・資料1として示す。静力学という止まっている物体の自然法則を学ぶ分野の一番初めに学ぶ事柄を科学読み物にした。

資料1の「力の原理」とは板倉氏が考えた静力学の原理である⁹⁾。

力の原理

- ① 静止している物体が力を受けると、その力の方に動きだす。
- ② 静止している物体が反対向きの2つの力を同時に受けた時は、どちらか一方の力が大きければ、大きな力の方向に動きだす。
- ③ 静止している物体が受ける2つの力が反対向きで大きさが等しければ、その物体は動き出さない。

ニュートンの運動方程式は、質量 m の物体に合力 F が加わるときの物体の加速度 a で運動する。式で表すと、

$$F = ma$$

と書ける。

運動方程式により、 $F = 0$ の場合、 $a = 0$ となり、物体の速度変化は 0 になる。つまり、止まっている物体に働く合力 F が 0 の場合、物体の加速度 a が 0 、つまり動かないことを表わす。また、物体に働く合力 F が 0 ではないとき、物体は加速度 a を持つ、つまり動き始めるということになる。このように物体が動かない場合は合力は 0 、動きだすときは合力 0 ではないというニュートンの運動方程式による結論を板倉氏は「力の原理」としてまとめた。

この力の原理を使って、目に見えない物体に働く力を予想していこうと言うことを板倉氏は提唱している⁹⁾。

その考えに基づいて、授業を行い、科学読み物としてまとめたのが資料1である。

力学分野では、資料1のような科学読み物を15編作成した。

資料1 科学読み物：力の原理

幼馴染みのけんじとちえは、研究所に来て「力」の実験をした。教えてくれるのは博士と呼ばれる研究員である。



博士



けんじ



ちえ

博士：けんじ、ちえ、はじめまして。これから、色々実験をしながら、物理のこと楽しく学んでいきましょう。

けんじ：よろしく！

博士：では、ここで質問！クリップがここにあります。手を離すと地面に落ちますが、これは何の力によるものかな？

けんじ：重力！

博士：そう、重力が働いて、落下する。では、クリップにヒモをつけて、ヒモの端を手を持つ。図のように磁石を使って、クリップを宙吊り状態にできるかどうか、考えてみてください。



けんじ：ヒモを手で握った状態で、クリップを宙吊りにするっていうのは、クリップを宙に浮いた状態にするということですか？

博士：そうだよ。

けんじ：なら、できないと思います。下向きの重力のほうが、上向きの磁力よりも強いから、すぐ落ちちゃう。

ちえ：私はけんじと違って、上向きの磁力のほうが大きいと思うので、宙吊りにできると思う。

けんじ：それだと、クリップは磁石にくっついちゃうじゃん。

ちえ：クリップが磁石にくっつこうと

するのを、手でおさえることによってできると思うよ。

けんじ：上向きの磁力を打ち消すように、人間の手が力を加えることなんてできないかな？そんな繊細なことできるかな？

博士：では、やってみよう！

けんじ：えええー、クリップを宙吊りにできちゃいました。なんで？

博士：じゃあ、クリップを宙吊りにした状態で、手を離すとどうなる。

けんじ：あっ、磁石にひきつけられました。

ちえ：ということは、やっぱり磁力 > 重力だ。

博士：宙吊りになっているときは、 $\text{磁力（上向き）} = \text{重力（下）} + \text{手で引く力（下）}$ となっているんだ。

博士：力の性質として、

- ① 静止している物体が力を受けると、その力の方に動きだす。
 - ② 静止している物体が反対向きの2つの力を同時に受けた時は、どちらか一方の力が大きければ、大きな力の方向に動きだす。
 - ③ 静止している物体が受ける2つの力が反対向きで大きさが等しければ、その物体は動き出さない。
- という性質があるんだ。

5. 科学読み物の生徒評価

読み物を作って配る良さは、授業で分からないところを家でじっくり考える教材になるということである。授業中に口頭で説明されると、家に帰って授業の記録のようになっている科学読み物を腰を据えてじっくり考えながら読むのでは、同じ説明を口頭で聞くより、文章で読んだ方が分かりやすい部分もある。その証拠に、生徒から「この科学読み物は先生が作ったのですか？この読み物のような授業してください」と言われることがよくある。私はただ自分の授業を科学読み物として作り、配っているだけなのにもかかわらず、生徒はそれを読んだとき、授業よりも分かりやすいと感じるのは、授業を一度受け、実験もした後で、家に帰ってじっくり腰を据えて復習として科学読み物を読んだときに、「分かりやすい」と感じるのではないかと思う。物理を理解するには、生徒同士の議論や実験を経て、自分のなかで思考することで「分かった」と感じることが多い。この自分で思考するときの手助けに科学読み物になっている。

「テスト前に科学読み物をちょっと読んだら、授業の復習ができて物理が良く分かりました」と言ってくれる生徒もいる。も

っと極端な意見だと、「テスト前に科学読み物さえ読んでいればテストの点数がとれる」と言う生徒もいる。

資料1のような会話調の科学読み物を生徒に配った2016年度の学期末の最後の授業で、

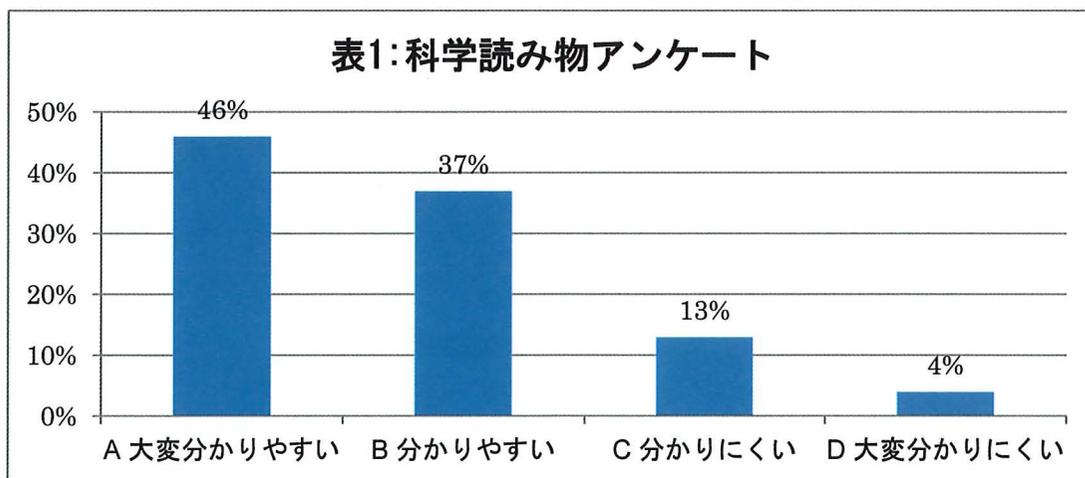
科学読み物は分かりやすかったか？

- A. 大変分かりやすい
- B. 分かりやすい
- C. 分かりにくい
- D. 大変分かりにくい

という質問のアンケートに答えてもらった。

高校2年生の5クラス分の生徒178名より回答があり、その結果、表1のような結果になった。Aは46%、Bは37%、Cは13%、Dは4%である。Aの「大変分かりやすい」とBの「分かりやすい」を足すと83%の生徒が科学読み物に対して好意的な回答を示している。

表1: 科学読み物アンケート



【参考文献】

- 1) 家正則「ハッブル宇宙を広げた男」(岩波ジュニア新書) 2016年
- 2) 板倉聖宣「ぼくらはガリレオ」(岩波現代文庫) 2011年
- 3) ガリレオ・ガリレイ 今野武雄訳「新科学対話」(岩波書店) 1995年
- 4) 細谷純「教科学習の心理学」(東北大学出版会) 2001年
- 5) 板倉聖宣「仮説実験授業のABC 第5版」(仮説社) 2011年
- 6) 東京物理サークル「たのしくわかる物理100時間 上 新装版」(日本評論社) 2009年
- 7) 玉田泰太郎「新・理科授業の創造」(新生出版) 1997年
- 8) 石井登志夫「書かせることで発言を引き出す授業の記録<落下中の重力>」(物理教育2008年4号) 2008年
- 9) 板倉聖宣「仮説実験授業―授業書くばねと力>による具現化―」(仮説社) 1974年



川島 健治先生
(かわしま けんじ)

<略歴>

- 1983年 石川県生まれ
2011年9月 金沢大学自然科学研究科数物科学専攻 修了
2012年8月～現在
法政大学中学高等学校理科(物理)教員

<研究歴>

- ・「高校熱力学の授業」 理科教室 No693 2012年9月
- ・「回路の授業―キルヒホッフを教える―」 理科教室 No705 2013年9月
- ・「原発問題の今を生徒とともに学び合う」 歴史地理教育 No816 2014年3月
- ・「高校 音の学習―波の速度―」 理科教室 No713 2014年7月
- ・「高校 音の学習―波の重ね合わせ―」 理科教室 No731 2015年11月
- ・「仕事とエネルギーの授業」 理科教室 No757 2018年1月号
- ・「高校における<音の学習>」 理科教室 No765 2018年9月

<勤務校>

法政大学中学高等学校
〒181-0002 東京都三鷹市牟礼4-3-1
電話 0422-79-6230