



内燃機関学習における燃焼に関する中学生の認識

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2012-11-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上里, 正男, 有川, 誠, 佐分利, 正美 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.32150/00004117

内燃機関学習における燃焼に関する中学生の認識

上里正男・有川 誠*・佐分利 正美**

北海道教育大学釧路分校技術科教育研究室

*福岡市立原北中学校技術科

**東京学芸大学技術科学科

Junior High School Student Understanding of the Combustion in Learning about Internal Combustion Engines

Masao UESATO, Makoto ARIKAWA * and Masami SABURI **

Technology Education, Kusiro College,

Hokkaido University of Education, Kusiro 085

* Harakita Junior High School, Fukuoka 814

** Technology Education, Tokyo Gakugei University, Koganei 184

abstract

The purpose of this study was to learn whether junior high school students understood the relation between combustion in a cylinder and work in learning about internal combustion engines.

The students were shown combustion by an experimental instrument and were asked about combustion from the (1) pressure rise produced by the combustion process, and (2) pressure rise transforming heat into work.

As a result, the following conclusions were made.

- 1) The students did not understand the relation between the combustion and the change of state in gas.
- 2) The students did not understand the relation between heat, pressure rise, and work.

1. 緒 言

中学校技術科教育の機械領域における内燃機関学習では、燃料を燃焼させ、熱を仕事に変える「エネルギー変換」の過程で、仕事はどのように取り出されるかが中心的課題である。この部分では、中学生に「シリンダ内の燃料が燃焼する過程で、熱が圧力上昇を引き起こしピストンを押し下げる仕事に変わる」というとらえ方によって、機関内の燃焼という瞬間的な状態変化を正しく学習させる必要がある。このような学習を効果的に行うために、最近では「透明アクリルパイプの中で燃料を燃焼させ、ふた(多くはコルク栓やピンポン玉)が飛び上がる様子を観察する実験」である「燃焼実験」(「爆発実験」と呼ばれる場合もあるが、現象的に爆発ではないので「燃焼実験」と呼ぶのが

適当)が考案され、実験装置とその取り扱いや実験に対する生徒の反応について報告¹⁾²⁾³⁾がなされてきており、教科書⁴⁾などにも取り上げられている。

しかし、熱を仕事に変える過程の学習では、「エネルギー変換」の過程である熱、圧力上昇、及び仕事の関連性の認識が要求され、筆者らの認識調査⁵⁾⁶⁾では中学生がこのような認識を十分に持っていないことがわかっている。そのため前述の「燃焼実験」を、多くの授業で行なわれている単なる実験の観察や教科書を用いた簡単な説明のみで終わらせることは、中学生が「エネルギー変換」の過程である燃焼、圧力上昇、及び仕事の関連性を「燃焼実験」と結び付けてどの程度理解し得るかという点で疑問を残すことになる。したがって「燃焼実験」では、中学生の生活経験や認識過程を考慮した「エネルギー変換」の過程の学習が理科教育とも関連づけられながら位置づけられる必要がある。

ところで筆者らは前報²⁾で、内燃機関学習の「エネルギー変換」学習と関連が深い理科教育の「圧力」や「熱」の内容を学習していない中学生を対象に、試作装置による「燃焼実験」によって、中学生の直感、生活経験レベルでの燃焼と仕事との関係の認識を明らかにしてきた。今回の研究では、エネルギー変換を学習させる手段として教科書等で扱われている「燃焼実験」において、理科教育の「圧力」や「熱」の内容を学習済みの中学生が、燃焼と仕事との関係をどのように認識するかを明らかにすることを目的とするものである。これは燃焼を、熱を仕事に変える「エネルギー変換」の学習内容としての的確に位置づける方法改善の一環として行われるものである。

2. 研究対象, 方法

(1) 被験者

被験者は福岡市内公立中学校3年生男女生徒187名(6クラス)で、実験・認識調査は1991年11月にクラス単位で行った。なお、内燃機関学習の「エネルギー変換」学習と関連が深い理科教育の「圧力」や「熱」に関する学習としての「エネルギー」⁷⁾(第1分野下:熱による仕事の応用として蒸気タービンなどが紹介されている)と「天気の変化」⁸⁾(第2分野下:大気中で風や雲が発生する理由を気圧の変化などから説明している)については、実験・認識調査を実施した時点で、被験者はいずれも学習済みであった。

(2) 実験装置

「燃焼実験」に用いた実験装置を図1に示す。本体は透明アクリル円筒で、底が取り付けられており、上部は開放され、内径はピンポン玉が「ふた」としてはまるサイズ($\phi 37\text{mm}$)である。実験中は内部の様子が観察しやすく、短時間の円筒内燃焼にも耐え、内部の圧力上昇に対する強度も十分である。点火は自動車用点火装置を使用したが、これは12Vのバッテリーを電源として強力な誘導火花を発生させることができる。実験装置では円筒下部に取り付けた木ネジの間(約10mm)に火花を発生させた。放電間隔がこの程度であると火花も強烈で、静粛な状況であれば発生時の音を聞くことが可能で、燃料への点火も確実である。

(3) 実験・認識調査の内容

実験・認識調査の内容を図2に示す。この図2「実験用紙」は、実験・認識調査を行う際に生徒に配布したものである。実験は教師による示範実験で、次の4つからなる。

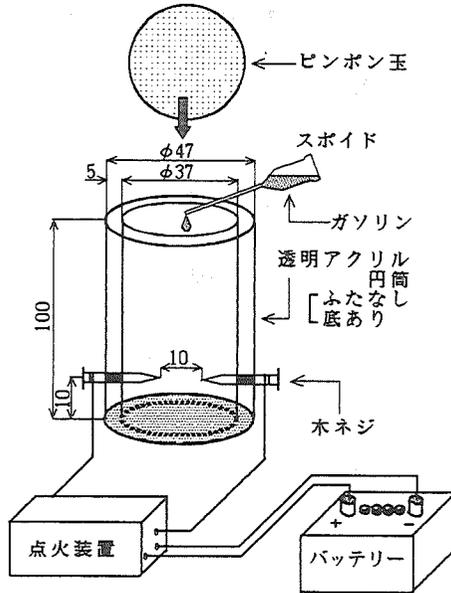


図1 実験装置

結果の予想

上の4つの実験の結果について、下の表の中で自分の考えに合うものに○をつけよ。
(ただし、実験を観察した後も○をつけかえないこと)

	実験 1	実験 2	実験 3	実験 4
円筒内の状態	①特に変化はない	①特に変化はない	①特に変化はない	①特に変化はない
	②炎が発生する	②炎が発生する	②炎が発生する	②炎が発生する
	③その他 ()	③その他 ()	③その他 ()	③その他 ()
	④その他 ()	④その他 ()	④その他 ()	④その他 ()

実験を観察した結果をまとめてみよう！

→

このような結果になったのはなぜだろう？
下のわく内に記入せよ。

ピンポン玉の状態

①特に変化はない	①特に変化はない
②焼けてとける	②焼けてとける
③飛び出す	③飛び出す
④その他 ()	④その他 ()

図2 実験用紙

に配布したものである。実験は教師による示範実験で、次の4つからなる。

○実験1：円筒内には空気以外何も入れず、ピンポン玉ものせず、火花を発生させる。

○実験2：円筒内の底にガソリンを2滴落とし、ピンポン玉はのせず、火花を発生させる。

○実験3：円筒内には空気以外何も入れず、ピンポン玉をのせ、火花を発生させる。

○実験4：円筒内の底にガソリンを2滴落とし、ピンポン玉をのせ、火花を発生させる。

認識調査は以上の4つの実験の結果を予想させる部分と、実験観察後の結果を考察させる部分からなる。

結果の予想は「円筒内の状態」と「ピンポン玉の状態」に分けて問い、それぞれ自分の考えに合う選択肢に○を記入させる。「円筒内の状態」の選択肢は、「燃料・点火・燃焼」の関係を、炎の発生の有無から問うもので、①特に変化はない ②炎が発生する ③その他（具体的に記入）の3つである。一方「ピンポン玉の状態」の選択肢は、ピンポン玉の受ける影響について問うもので、①特に変化はない ②焼けてとける ③飛び出す ④その他（具体的に記入）の4つである。

認識調査では、まず実験結果として「実験2、実験4で火炎が発生し、実験4ではピンポン玉が飛び上がった」ことを確認し記入させる。次に「実験4でピンポン玉が飛び上がったのはなぜか」を考えさせ、わかる範囲で回答欄に記入させる。

(4) 実験・認識調査の方法

実験・認識調査は次のような方法・順序で実施した。

- 1) 図2「実験用紙」を生徒に配布し、実験の用具や手順について説明する。
- 2) 「実験用紙」の結果の予想欄に○を記入させる。（この際、実験を観察した後も、記入した予想を書き換えることがないように指示する。）
- 3) 教師による示範実験（実験1～実験4）を観察させる。
- 4) 実験の結果を確認・記入し、「実験4でピンポン玉が飛び上がった理由」に対する回答を記入させる。

3. 研究結果と考察

表1に実験前の生徒の「回答結果」を示す。まず「円筒内の状態」の予想については、いずれの

表1 認識調査の結果

実験の 予想欄	円筒内の状態				ピンポン玉の状態	
	実験1	実験2	実験3	実験4	実験3	実験4
正答番号	①	②	①	②	①	③
回答①の数	175	5	159	12	108	4
回答②の数	7	180	12	164	7	42
回答③の数	5	2	11	4	66	136
回答④の数					2	1
無回答の数	0	0	5	7	4	4
正答率(%)	94	96	85	88	58	73

対象生徒数：187名

実験も85%以上の高い正答率を示しており、特に実験2は96%でほぼ全員に近い生徒が「炎が発生する」と回答している。また実験3～4は実験1～2に比べ正答率が低くなっているが、ピンポン玉の存在と関連して回答に迷う生徒が幾分増えているようである。なお実験3は「③その他」の回答が11名と他の実験より幾分多いが、内訳では「ピンポン玉が飛び出す」と予想欄を間違えて回答したものが2名、「温度が上がる・膨張する」と回答したものが2名であり、この分が他の実験より多くなっている。ただ「円筒内の状態」については全体的にはよくできており、大部分の生徒は「燃料・点火・燃焼」の関係を正しく予想できると言ってもよい。

次に「ピンポン玉の状態」の予想では、正答率で実験3が58%、実験4が73%と「円筒内の状態」に比べかなり低くなっている。これについては、生徒が具体的にどれを選択をしたのか詳しく分析する必要があるので、それぞれの実験で選んだ回答の割合（内訳：無回答は除く）を図3に円グラフで示す。

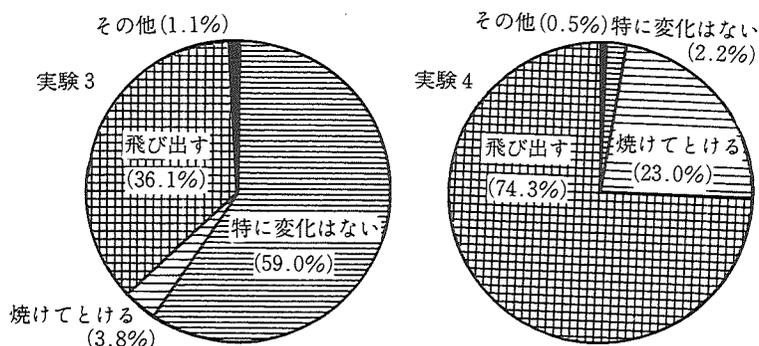


図3 「ピンポン玉の状態」の回答の割合

これを見てまず注目されるのが、実験3を「飛び出す」と予想した生徒が36.1%、実験4を「焼けてとける」と予想した生徒が23.0%もいることである。個々の生徒の回答を分析すると、実験4を「焼けてとける」と予想した生徒のほぼ全員が、実験3を「飛び出す」と予想している。これらの生徒は、実験3で「点火（火花の発生）」をピンポン玉に対する「衝撃」としてとらえ、「飛び出す」と予想しているようである。また実験4では、「燃料の燃焼」を予想しながら「燃焼による熱が気体の温度を上昇させ、圧力が上昇しピンポン玉が飛び出す」ことを予測できていない。つまりこれらの生徒は「燃焼」が引き起こす気体の状態変化についてほとんど理解できていないと考えられる。一方、それ以外の生徒で実験3を「飛び出す」と予想した生徒は、ほぼ全員が実験4も「飛び出す」と予想した。これらの生徒は、「点火（火花の発生）」が圧力上昇を生じる程の温度上昇を引き起こす」と考えたか、「燃焼の有無に関わらず、点火の衝撃でピンポン玉が飛び出す」と考えたかのどちらかであろう。いずれにせよ「燃焼」と「円筒内の気体の状態変化」の関連が正しく理解されていないことは明らかである。

最後に「実験4」でピンポン玉が飛び上がった理由については、実験結果に対する回答例を表2に示す。表2によると最も多いのは「円筒内の気体が膨張したため」で66名（全体の35%）、次に多いのは「円筒内の気体が圧力上昇（膨張）したため」で58名（全体の31%）であった。これ以外の回答はごく少数で、前述の2例が回答の大部分を占めている。これら（2例）の生徒は、「燃焼実験」を観察した段階で「燃焼による熱で気体が膨張する」ことに考えが及んでいるわけだが、

表2 実験結果に対する回答例

回 答	回答例
円筒内の気体が膨張したため	66
円筒内の気体が圧力上昇（膨張し）たため	58
熱気（熱・熱風）で飛び上がった	5
ピンポン玉は炎に押された	4
空気（燃料）が窮屈な状態になって飛び上がった	3
燃料が燃え、蒸発し、外に出ようとピンポン玉をpushした	2
真空な状態に圧力上昇が加わったから	1
空気が破裂してピンポン玉をpushしたから	1
空気が軽くなってピンポン玉をpushし上げた	1
ピンポン玉が軽くなったから	1
円筒内の二酸化炭素がピンポン玉をpushした	1
引力が逆になったため	1
炎の勢いでピンポン玉が何かに引きつけられた	1
有効回答数	145

「燃焼実験」を通して学習させたいのは「円筒内の気体の圧力上昇」であるから、結局、58名（全体の31%）の生徒のみが期待する段階まで達していると言える。これは筆者らが先行研究⁶⁾の結果から予期していた割合とほぼ同じで、理科教育で「圧力」や「熱」をすでに学習した生徒でも、単なる実験の観察という手段では、生徒に「熱を仕事に変える過程」、すなわち「エネルギー変換」である燃焼、圧力上昇、及び仕事との関連性を的確に学習させることは難しいようである。これからは、熱による圧力上昇についての事前学習と燃焼における圧力上昇の学習を結び付けることが必要である。また「気体の膨張」まで言及しているかなりの生徒の「熱による気体の膨張と、その際の仕事についての認識」に含まれるであろう問題点、すなわち「気体は加熱するといつでも膨張する」⁶⁾という単純なとらえ方を、内燃機関学習に必要な「燃焼による定容加熱での圧力上昇」の考え方まで導く事前学習が必要になると考えられる。

4. 結 論

本研究により以下のことがわかった。

- 1) 一般に中学生は、「燃焼実験」を実際に観察しなくても、「燃料・点火・燃焼」の関係について正しく予測できる。しかし「燃焼」と「気体の状態変化」についてはあまり的確に予測できない。
- 2) 中学生は「燃焼実験」の観察だけでは、熱を仕事に変える「エネルギー変換」の過程を的確に学習することは難しい。

引用文献

- 1) 坂井公一・佐分利正美・阿久津勝利, 内燃機関授業に関連した爆発実験, 日本産業技術教育学会誌, 第22巻1号, (1980) p 161~166
- 2) 佐分利正美・有川誠・上里正男, 内燃機関学習に関する研究——機関内の燃焼を中心として——, 日本産業技術教育学会誌, 第26巻3号, (1984) p 99~103
- 3) 浜昭一・西村竜明・三輪恵, ピンポン玉発射装置を用いたエネルギー変換教材について, 日本産業技術教育学会誌, 第29巻3号, (1987) p 85~92
- 4) 馬場信雄他, 新訂・新しい技術・家庭(下)東京書籍, (1990) p 27
- 5) 有川誠・上里正男・佐分利正美, 内燃機関学習に関する研究(2)——圧力に関する生徒の認識について——, 日本産業技術教育学会誌, 第29巻4号, (1987) p 89~92
- 6) 上里正男・有川誠, 内燃機関学習に関する研究——圧力と熱に関する生徒の認識について——, 技術教育研究, 通巻第35号, (1990) p 52~56
- 7) 近角聡信他, 新訂・新しい科学(1分野下), 東京書籍, (1990) p 164~165
- 8) 近角聡信他, 新訂・新しい科学(2分野下), 東京書籍, (1990) p 6~11