

工業科教育や職業指導に有効に繋がる機械実験実習の検討

引地 力男・西本 彰文

Improvement of experimenting and practice in mechanics to be effectively linked with engineering education and vocational education

Rikio Hikiji and Akifumi Nishimoto

(Received September 29, 2017)

"Education for Sustainable Development" should be carried out so that the next generation students can understand various kinds of problems and live sound and secure lives in their future to live through the knowledge-based society, sophisticated information society, global society and recycling society. As for technical high schools, engineering education and vocational education play very important roles in that they affect the development of the students' problem solving ability and design skills for their future. This study deals with the themes in which the students can work on the problems diligently, in order to aim at carrying out the effective experiment class for engineering education and vocational education from the viewpoint of the experiment and practice in mechanics of technical high schools.

Key words : experiment and practice in mechanics, engineering education, vocational education, technical high school

1. はじめに

アメリカのリーマンショックおよび東日本大震災以来我が国の経済は低迷していたが、最近、有効求人倍率も向上し、ようやく景気回復の兆しが見えつつある。しかしながら、中国や韓国をはじめとするアジアの経済の急成長と比較すると、我が国の場合は、堅実に成長しているとは言えない状況にある。現在の知識基盤社会、高度情報化社会、グローバル社会、循環型社会に適応できる若者を育てるうえで、技術大国の復活に向けて、一刻も早く、産業界のリーダーとなるべく創造力豊かな技術者の養成に尽力しなければならない。一方、ニートおよびフリーターの解決策として、文部科学省は生徒が自分自身で進路や職業を選択できるように発達段階に応じたキャリア教育の実践を推進しており¹⁾、これに基づき、キャリア教育に関する教育研究について報告されている^{2) 3)}。しかしながら、自分で進路を決定したり、職業の意義を理解できず、ニートおよびフリーターの課題は未だ解決していない状況にある⁴⁾。したがって、各教科で学習した知識や経験が進路選択に有効にリンクしていることが重要である⁵⁾。

工業高校においては、実験実習のテーマについて、

現在、社会が抱えている課題との繋がりを生徒自身がしっかり理解し、その解決策について座学で身に着けた知識と有機的にリンクさせて対応することで、生徒のキャリア発展に繋がっていく。本研究は、工業高校教員免許取得に必要な教職課程カリキュラムの機械工学系の実験実習を取り上げ、同課程の工業科教育や職業指導など教科横断型で有効に連携し、生徒のキャリア教育の実践に繋がるテーマについて検討した。

2. 実験実習のテーマのあり方

高等学校学習指導要領解説工業編⁶⁾では、第1章総説第2節工業科の目標において、「工業の各分野に関する基礎的・基本的な知識と技術を習得させ、現代社会における工業の意義や役割を理解させるとともに、環境及びエネルギーに配慮しつつ、工業技術の諸問題を主体的、合理的に、かつ倫理観をもって解決し、工業と社会の発展を図る創造的な能力と実践的な態度を育てる」とある。さらに、高等学校学習指導要領解説理科編⁷⁾では、第2章各教科第1節「科学と人間生活」の「(3) これからの科学と人間生活」の中で、「学習した内容を踏まえ、生徒の興味・関心等に応じて、自然や科学技術に関連した事例を課題として設定し考察させること」とある。したがって、高等学校では工業



図1 空き缶スターリングエンジン

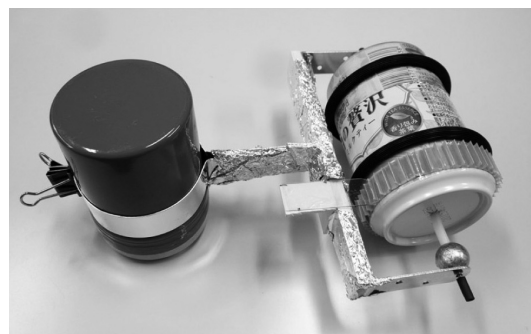


図2 スターリングエンジンカーの例

表1 空き缶スターリングエンジンの製作手順

	工程	手順
1	空き缶下準備	200ml スチール缶の内面を洗浄し、飲み口部のフタを取り除く。
2	空き缶内部の加工	ガスコンロでスチール缶底を中心に数分加熱して内部のコーティングを溶かし、乾燥させた後エメリーペーパーで磨く。
3	ディスプレイサーの製作	ディスプレイサーをスチールウールで作る。スチールウールは一度ほぐしてからサイズはスチール缶の内径より1~2mmほど小さめに丸め、空き缶に挿入してそれを45度傾けたときディスプレイサーが少し移動する。長さは、空き缶の長さの60%。
4	アシストバネの製作	ディスプレイサーの動きをアシストするために、直径20mmの丸棒にφ0.5mm程度のピアノ線を10回ほど巻き付けてバネを作る。巻き付けを解放したとき、バネ径が空き缶内径より小さくなること。
5	ディスプレイサーとバネの挿入	空き缶にディスプレイサーとバネを挿入し、これらの落下を防止するために割りばしで空き缶入り口をふさぐ。
6	ゴム風船の装着	30cm ゴム風船を3分の2ほどを切り取って、空き缶底に装着し、絶縁テープを3周ほど巻き付けて固定する。
7	ハンガーの装着	ゴム風船を装着した部分より1cmほど上部に針金ハンガーのひっかけ部をクラフトテープで固定する。

科のみならず、すべての学科において環境やエネルギー問題を通して、自然や科学技術に関する課題について生徒の問題解決能力を育まなければならない。

工業高校の生徒に対して、専門的知識と技能のみならず、職場の同僚や上司、顧客との人間関係形成能力も必要とされており、職業先から求められる職業能力

と学校の職業教育との関連性が明確に示されている⁸⁾。専門的知識と技能は実験実習を通して職業能力として育まれるが、人間関係形成能力は教師陣が生徒に対して工業科教育や職業指導も連携して指導を重ねることで育まれる。温室効果ガス削減、少子高齢化など21世紀の様々な課題を解決し、経済成長を牽引していきける力強くかつ創造性豊かな工業技術者の育成のためには、キャリア教育や職業教育に最も関係のある工業科教育と職業指導の教科が実験実習のテーマと有機的に結合していることが重要である。これまで、工業高校では、学習指導要領の改訂による工業基礎の導入により時間数変更などで実習等の内容が影響を受けてきた⁹⁾。工業高校の専門教育の重要な位置にある実験実習のテーマについて、科学技術の進展や地球が抱えている課題に即して、生徒が自主的に問題解決に携わっていき、将来の職業選択に繋がるような内容に常に改善していかなければならない。

3. 機械実験実習

生徒が環境やエネルギーに対して興味・関心を持つためには、近い将来、教員になる教育学部学生に対して、環境やエネルギーに興味・関心を持ち、自ら関わろうとする態度を育成する必要がある。そこで、教育学部技術教育科の3年生対象の機械実験実習（後期2単位）に、スターリングエンジンやウインドカーなどの自然エネルギーに関する教材作りや廃材を有効利用したごみ箱の製作など循環型社会に適応したものづくりをテーマにPBL方式で実施している。本科の機械工学の実験実習では、機械工作、熱力学、流体力学、材料力学の4つの分野で構成されている。スターリングエンジンは熱力学、ウインドカーは流体力学、リサイクルごみ箱は材料力学、そして、すべての製作を通して機械工作を学習する。

3.1 スターリングエンジン

スターリングエンジンは外燃機関であり、外部の熱

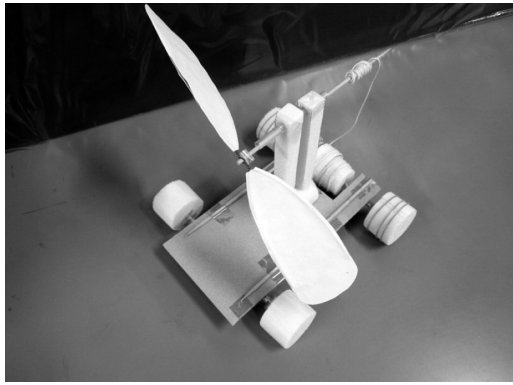


図3 プロペラ式ウインドカー

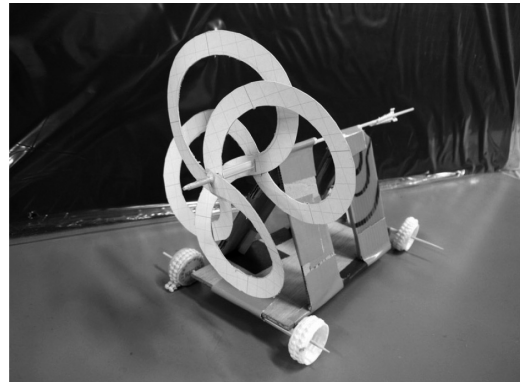


図5 ループウイング式ウインドカー

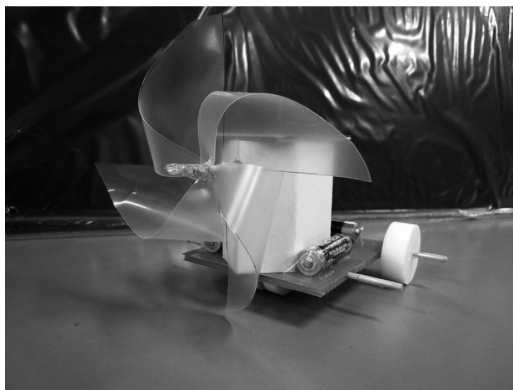


図4 前輪駆動式ウインドカー

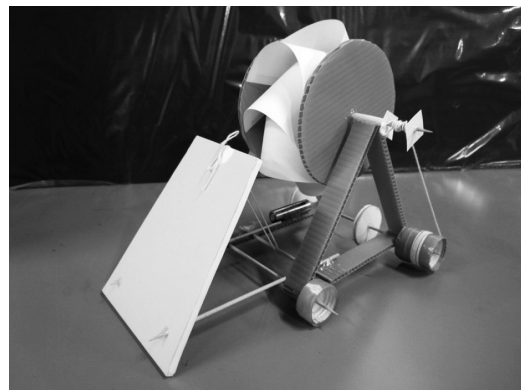


図6 変形パドル式ウインドカー

源を太陽光やバイオマスなどの再生可能エネルギーにすることにより、温室効果ガスを排出しない環境にやさしいエンジンである。現在、電気自動車が注目されているが、原料となるレアアースに乏しい我が国にとって、開発が期待されるエンジンである。本テーマに関しては、学生はすべて共通の教材を製作する。すなわち、図1に示すように、スチール缶と針金ハンガーを用いた空き缶スターリングエンジン¹⁰⁾である。表1に製作手順を示す。ここで準備する空き缶は、継ぎ目無し、エンボス加工無しのコーヒーや野菜ジュース用のスチール缶が有効である。学生らは、共通の材料で共通の作品を製作するので、完成の後、エンジンが始動しなかった場合、他者と比較することで考察が深まる。これまでの授業では、空き缶内面の磨き方とディスプレイサの大きさの違いがエンジン始動に大きな影響を及ぼすことに気付いていた。本テーマでは、①空き缶内部の磨くコツ（表面粗さ）、②ディスプレイサの丸め方（直径、長さ、スチールウールの硬さ）、③バネ径とピッチの3点を具体的に数値化することで、必ず始動するスターリングエンジンの製作が可能となる。最終的には、図2に示すように、車輪も空き缶を使用したスターリングエンジンカー¹¹⁾を製作する。



図7 プレゼンテーションのようす

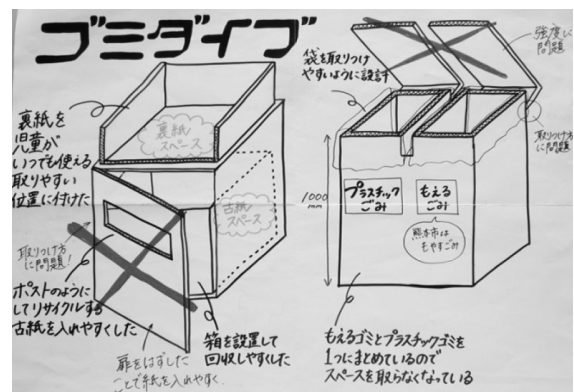


図8 カレンダー裏面を利用した説明書

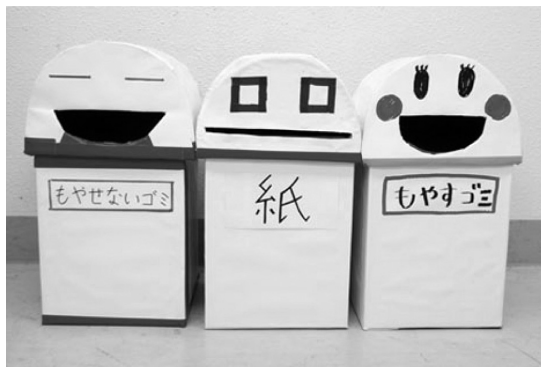


図9 デザイン重視ごみ箱



図11 機能重視ごみ箱, その2



図10 機能重視ごみ箱

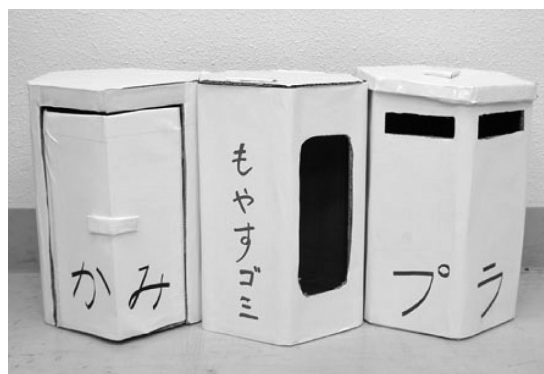


図12 デザインおよび機能重視ごみ箱

3.2 ウインドカー

再生可能エネルギーの一つである風力エネルギーを利用したウインドカーも環境にやさしい自動車の開発に繋がる。本テーマに関しては、学生は各自風車、車体の構造に関して、アイデアを駆使して製作する。通常車が風を受けると、空気抵抗を受けて風下へ押し戻される。風に逆らって風上に前進させるためには、床から車輪が受ける静止摩擦力と車輪の回転力（軸トルク）との釣り合いを考えなければならないことに学生らは気付く。したがって、風車の回転力が強く、車軸までの機械損失が少なく、車輪の回転力に十分伝わる構造であれば、静止摩擦力は大きくなり、ウインドカーは空気抵抗を克服して風上に前進する。図3から図6は学生の製作例を示す。図1は典型的なプロペラ式で揚力の向上を狙ってねじり角を工夫した作品である。図4は機械損失を少なくするために駆動軸を前輪にして、車輪のグリップ力を向上するために乾電池で車体の重さを調整した作品である。図5は弱風でも回転するループウイング式風車をういた作品である。図6はパドル式のカップを多く取り付け、垂直軸を水平軸に置き換えた作品である。その他、ゴムや糸など巻き付ける駆動軸の太さを大きくしたり、空気抵抗の少ない風車や車体の設計に取り組んだ作品も見られた。各作品、学生のアイデアが取り込まれており、実際に学校

現場で教材として用いた際に生徒の興味を引き出す効果が期待できる。

3.3 リサイクルごみ箱

循環型社会に適応するために、破棄された段ボールを用いて、小学生が乗っても容易に壊れない強度を持つごみ箱の製作を取り扱った¹²⁾。具体的には、まず、学生を3名ずつの班に分け、リーダー、企画長、設計・製作長の役割分担を行う。まず、1時間のコアタイムを3回設けて、アイデア、製作方法、使用方法についてグループディスカッションを行う。学生は2年、3年次の教育実習での体験を基に、色や形などデザインの方面と、ごみの入れやすさや回収しやすさなど機能の方面からアイデアを練る。最初は、既存のキャラクターを引用したものやごみの出し入れ口が1つのものなど単純なものだったが、回を重ねるごとに、教室で児童がふざけあってぶつかっても負傷せず、かつ耐久性のあるものなど実用的なアイデアに変化していった。その後、図7に示すように全員の前でプレゼンテーションを行う。質問に対して満足した回答が得られるまで改善を繰り返すピア・レスポンス技法を用いた。この時、図8に示すように、廃棄物の再利用として使用済みカレンダーを準備し、その裏面に設計図を含んだ特徴を記入したものを黒板に貼り付けて説明する。

学生は同年前期の製図実習で CAD を学習しているが、あえて手描きで表現することで、思考の積み重ねによって創造が膨らみアイデアが明確化できる。また、4 年次の教育実習や将来学生が小学校教諭となった場合でも、教室で黒板を使った通常授業において本手法は有効である。製作に取り掛かる判断はプレゼンテーションを聴講した学生らの判断に委ねられている。教員はあくまでもファシリテーターであり、学生を根気強く見守る役目である。作品例を図 9 から図 12 に示す。図 9 のようにオリジナルのキャラクターを使ってデザインを重視したものや、機能重視タイプとして図 10 のようにごみの大きさに応じて箱や投入口の大きさを検討したもの、図 11 のようにごみの出し入れが簡単なもの、図 12 のように収集時のごみの出し入れを容易にして、かつハニカム構造のため児童が乗り上げても壊れにくく、デザインと機能の双方を重視したものなどさまざまな工夫がなされている。また、どの作品も、箱コーナー部をごみ箱製作で余った段ボールの切れ端で作った三角補強柱で補強しており、児童がぶつかっても壊れにくいように工夫されている。さらに、ごみ箱表面のコーティング紙はカレンダーの裏面や包装紙を再利用するなど環境に配慮した作品となっている。これらの作品は、作品が完成するごとに熊本県内の小学校に逐次提供している。自分たちの製作したごみ箱が実際に小学校で使用されていることで、受講生の数名は、これまで、教育実習で自信を失いかけていたが回復し、教職へのモチベーションが向上したことがわかった。

4. おわりに

今回は、知識基盤社会、高度情報化社会、グローバル化社会、循環型社会を次世代を担う高校生が乗り越えるための専門的知識や技能を着実に身に着けるために、キャリア教育と密接に関係する工業科教育や職業指導と有機的に結合した実験実習のテーマについて検討した。教職課程のカリキュラムである機械実験実習で取り扱った結果、教職へのモチベーションが向上した受講生が見られた。しかしながら、最新の科学技術や環境およびエネルギーに関する専門的知識や技能のみならず、もう一つの忘れてはならない課題は、我が国のものづくり産業を支えてきた高度熟練技能者の大量退職に伴う、後継者への技能継承方法の不確実さと若者の製造業離れである^{13) 14)}。最近では、ものづくり産業の作業内容の伝達手法として、VR/AR/MR を用いて高度熟練技能者の五感を記録し、学習者の身体上

で再現する研究^{15) 16)}が進められているが、まずは持続可能な発展のために学校内外でのキャリア教育をさらに充実させ、ものづくり産業に就きたいという若者の増加に努めなければならない。

参考文献

- 1) 調査研究協力者会議：「キャリア教育の推進に関する総合的調査研究協力者会議報告書」, 文部科学省, pp. 1-34, 2004.
- 2) 松本浩司：高等学校におけるキャリア教育のさらなる展開に向けて－教授・学習開発論の視点から教科教育での取り組みを中心に－, 名古屋学院大学論集社会科学篇, 49-1, pp. 125-143, 2012.
- 3) 国立教育政策研究所生徒指導研究センター：キャリア教育体験活動事例集, 文部科学省, pp. 9-200, 2009.
- 4) 小杉礼子：若年無業者増加の実態と背景－学校から職業生活への移行の隘路としての無業の検討, 日本労働研究雑誌, 533, pp. 4-16, 2004.
- 5) 栗山直子, 上市秀雄, 齊藤貴浩, 楠見孝：大学進学における進路決定方略を支える多重制約充足と類推, 教育心理学研究, 49-4, pp. 409-416, 2001.
- 6) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説工業編, p. 7, 2010.
- 7) 文部科学省：高等学校学習指導要領解説理科編, pp. 15-24, 2009.
- 8) 石田正治：高等学校専門学科における職業能力形成－工業高等学校機械科の教育課程に即して, 職業とキャリアの教育学, 21, pp. 15-27, 2016.
- 9) 長谷川雅康：高等学校工業科の実験・実習内容の変遷に関する一考察－機械科・電気科の事例, 鹿児島大学教育学部研究紀要, 教育科学編, 56, pp. 43-61, 2004.
- 10) 栃木県総合教育センター：高等学校における教科指導の充実「理科」－思考力・表現力を高める授業を目指して「熱力学」, pp. 16-17, 2010.
- 11) 小林義行：はじめてのスターリングエンジン, 誠文堂新光社, pp. 18-36, 2007.
- 12) 引地力男, 岸本佳子：小学生のごみの分別意識の改善を目指したごみ箱の製作実習, 工学教育, 64-4, pp. 83-88, 2016.
- 13) 中村肇, 高野研一：高度熟練技能継承政策に関する一考察, 社会技術研究論文集, 11, pp. 82-95, 2014.
- 14) 海野邦昭：熟練技能者を活用した技能継承の支援・促進, 精密工学会誌, 81-1, pp. 30-33, 2015.
- 15) 星貴之, 檜山敦, 稲見昌彦：VR/AR/MR の産業分野への応用展開, 精密工学会誌, 83-6, pp. 485-488, 2017.
- 16) 篠田裕之：ものづくりにおける触覚フィードバックの活用, 精密工学会誌, 83-6, pp. 489-493, 2017.