

令和 6 年 6 月 23 日現在

機関番号：54502

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03087

研究課題名(和文)プラスチックを対象にしたものづくり教育教材の開発と授業への展開

研究課題名(英文)Development of educational materials for plastics and their use in classes

研究代表者

尾崎 純一(OZAKI, Jun-ichi)

神戸市立工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：70245976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ものづくりへの関心・興味を持たせるため身近な材料となったプラスチックに関する教材開発を行うとともにPBL授業へ展開することを目的とし、誰でも簡単に使用できる卓上射出成形機を製作するとともに、3DCADにより型の設計を行い、3DCADのCAM機能を利用してCNC加工機を用いて簡易型の製作を行った。型の製作は授業に展開できるようマニュアルを作成した。さらに、プラスチック成形機の製作をテーマとして本校機械工学科3年生のPBL授業への展開を図った。授業実施後のアンケート結果から、プラスチックについてより関心を持つとともに専門科目を学ぶ動機付けの効果も得られていることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、近年身近な材料として大量に使用されているプラスチック材料について、機械系エンジニアとして基本的な材料や成形の知識を得るためのものづくり教材として、卓上プラスチック成形機の製作を通じて、プラスチックに関する基本的な知識を学ぶことができる新たな教材として役立つことを確認できた。これらの成果は、機械系エンジニア育成のための有用な教材として活用できるものと考え、また、製作した卓上射出成形機は誰でも簡単に利用できることから、小中学生を対象としたものづくり体験などの有効なツールとして活用できるものと思われ、広くものづくりに関心を持ってもらうための普及活動に役立つものと考え。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to use plastic, which has become the most familiar material in recent years, in engineering education in mechanical engineering departments. Through this study, a tabletop injection molding machine that anyone can use easily was designed and manufactured. In addition, molds were designed using 3D CAD, and simple molds were manufactured using a CNC processing machine using the CAM function of 3D CAD. The mold manufacturing process was then established. Furthermore, classes using plastic as a teaching material were implemented in Project Based Learning classes for third-year students in the Department of Mechanical Engineering at our school, and in machine design and drawing classes for first-year students. As a result of these practices, it was confirmed that students' interest in plastics increased and their motivation to learn about manufacturing increased.

研究分野：材料加工

キーワード：ものづくり教育 プラスチック 射出成形 簡易型 PBL授業 設計製図

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

主要な工業材料の一つであるプラスチック材料は、身の回りの製品に多用されており、今や金属材料よりも身近であると言っても過言ではない。これだけ身近になった材料にも関わらず、機械系学科の授業カリキュラムでは金属材料が中心であり、プラスチックに関する学習は金属材料に比べて非常に少ないのが現状である。勤務校を含む近畿地区7つの高専におけるプラスチックおよびその成形法の学習時間を公表されているシラバスから調査したところ、いずれの高専でもプラスチック材料に関する授業はゼロから数回程度しか実施されていないことが分かった。

一方、最近では小中学校でもプラスチックに関して学習する機会が出てきているようであり、小中学生でも扱える教材の必要性も高まっているものと思われるが、プラスチックに関する適切なものづくり学習のための教材は見当たらない。

機械系エンジニアを育成している高専や大学が最近の学生に対して抱いている懸念の一つとして、幼少期のものづくり経験の不足から“手を動かす力”が年々低下していることが挙げられる。勤務校においても低学年で行われている実習授業において、これまで時間内で終えていた作業が時間内に終わらせることができなくなり、やむを得ず授業内容の削減を余儀なくされている。以上のような背景から、プラスチック材料およびその成形法について学習するための教材開発を行い、授業に活用することや、小中学生のものづくり教室などで活用することは、これからのものづくり教育において必要なことであり、今後のものづくり教育に対する動機付けのきっかけになるものと期待できるのではないかと考えた。

### 2. 研究の目的

プラスチック材料およびその成形法を対象にもものづくり体験ができ、ものづくりに対する興味関心を少しでも持つことにつながるようなプラスチックに関して学習できる教材開発を行うことを目的とする。また、開発した教材およびその手法を機械工学科3年で行っているPBL授業に展開することで、機械系エンジニアを育成するための教育にも活用することを目指した。

### 3. 研究の方法

まずは、ものづくり体験に活用することを目的として、小中学生でも使用可能な卓上プラスチック成形機(射出成形機)の開発および成形時に必要となる簡易型の製作を行った。2020年度(1年目)には、既存とは異なる構造の卓上射出成形機の検討をして、より軽量化と操作性を両立できる成形機的设计製作を行った。2021年度から2022年度にかけては、成形に必要な簡易型の製作方法について検討を行い、フリーウェアの3D CADの機能を利用しCNC加工機(オリジナルマインド社, KitMill CL420)により簡易型を製作した。

2022年度は機械工学科3年のPBL授業である創造設計製作(通年・4単位)において、試行的に1つのグループで卓上型射出成形機の製作に取り組んだ。本授業では成形機の構造など基本設計から検討し製作までを行った。2023年度には同じく3年創造設計製作の授業において、製作テーマの一つとして卓上射出成形機の製作を挙げ、2つのグループが製作テーマとして取り組んで、さらに授業への展開を図った。各グループとも7名で構成され、一つのグループはスライダ・クランク機構を用いたもので回転運動を直線運動に変えて樹脂を射出する構造を有する射出成形機を製作した。もう一つのグループは、ラック&ピニオン機構を利用してピストンを上下させる構造を持つタイプで、小型軽量の射出成形機の製作に取り組んだ。

なお、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、授業への展開は1年以上遅れての取り組みとなってしまったこともあり、授業への展開は授業の一部のみで取り組む形となった。

### 4. 研究成果

#### (1)卓上射出成形機の製作

2020年度は教材として活用するための卓上型のプラスチック成形機の試作を行った。まず以前製作した既存の卓上射出成形機の改良から行い、卓上射出成形機をより扱いやすく可搬性の高いものとするため、基本構造から見直しを行い材料を充填しやすくしたり、この原理を用いて小さな荷重の負荷でも高い射出圧力が得られるようにしたりするなどの改善を行った。図1に製作した卓上射出成形機を示す。その結果、これまでよりも扱いやすい卓上射出成形機を製作できたことで、成形がしやすくなった。ただし、構造的に複雑になった部分があるために、軽量化

は図れなかった。

既存の射出成形機として、ピストンの移動にラック&ピニオンを有するものがあることから、授業への展開については、これらの射出成形機を見本として活用した。

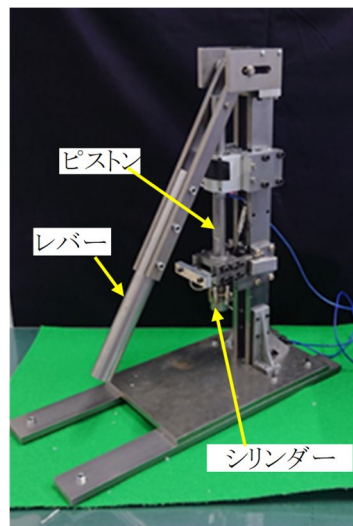
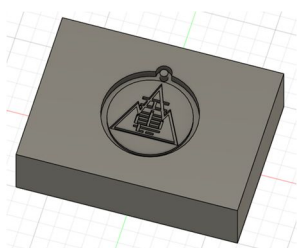


図1 2020年度に製作した卓上射出成形機

### (2)簡易型の製作プロセスの確立

プラスチックの射出成形で必要となる金型は実際には非常に複雑な構造を持つものもあるが、本研究では学生が授業で製作できるようにすることを想定して、簡易型として製作プロセスを検討した。フリーウェアのFreeCAD(Ver0.19,Ver0.20)やFusion360を使用して簡単な形状のモデリングを行い、そのモデルを基に射出成形型のモデリングを行った。そして、簡易型を切削加工により製作するための切削パスをCADソフトが有するCAM機能を用いて生成した。簡易型の切削には卓上CNC加工機(Kitmill CL-200)を使用した。また、切削工具には0.5mmのエンドミルを使用し小径のエンドミルでも加工時間が短くできるように簡易型の材料としてケミカルウッドを用いた。簡易型の製作手順およびCNC加工機による切削条件を明らかにし、簡易型の製作プロセスをマニュアル化を行った。図2に製作した3Dモデルとそれを基に製作した簡易型の一例を示す。



(a)3DCADモデル



(b)CNC加工による簡易型

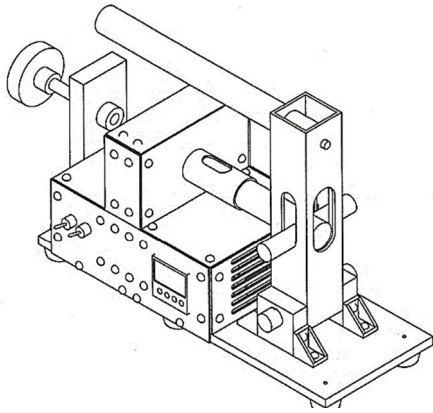


(c)簡易型を使った射出成型品

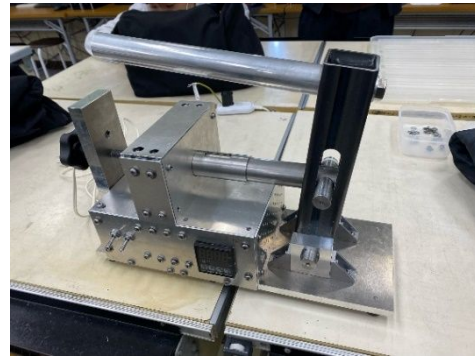
図2 簡易型と射出成形品例

### (3)授業への展開

2022年度からPBL授業として実施している3年創造設計製作(通年・4単位)において、卓上型射出成形機の製作をテーマにして取り組んだ。試行のため1グループ(6名)だけの取り組みではあるが、授業では成形機の構造など基本設計から検討し製作までを行った。考案した射出成形機は、これまでにない横方向に射出する構造とし、軽量コンパクトな成形機を作り上げることができた。このように、プラスチック成形機の製作がPBL授業に取り入れられることを確認した。ただし、3年生の大半の学生は、本授業を行う以前にもものづくりの経験がほとんどない状態であるため、成形機として形は出来上がったものの力学的な設計計算が十分ではなかったために実際にプラスチックの射出成形が出来るまでには至らなかった。2022年度に製作した射出成形機の3DCAD図面および製作した成形機を図3に示す。



(a)3DCAD 図面



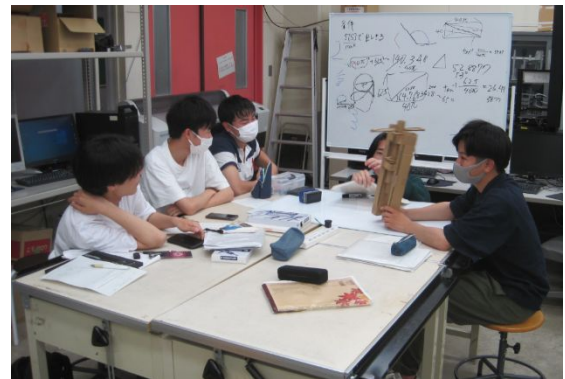
(b)製作した成形機

図3 3年創造設計製作で製作した卓上射出成形機(2022年度)

2023年度は2022年度と同じく3年創造設計製作(通年・4単位)において,製作するグループを2グループにして取り組んだ.1グループ(7名)はラック&ピニオンを利用した射出成形機を,もう1グループ(7名)はスライダ・クランク機構を利用した射出成形機を考案し製作に取り組んだ.図4にはグループで設計活動を行っている様子を,また,図5には考案した射出成形機の3DCAD図面および製作した射出成形機を示す.設計活動では段ボールを使用して試作を行いながら,詳細な寸法形状を決めていく様子であり,3年生にとっては初めての本格的な設計作業であることから,想定した以上に時間がかかる作業となった.

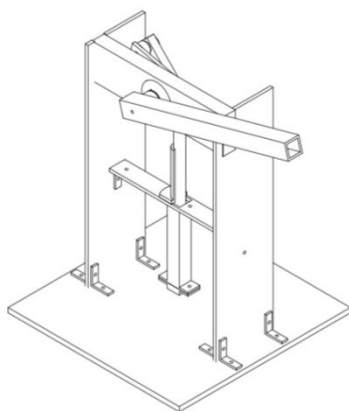


(a)グループ1

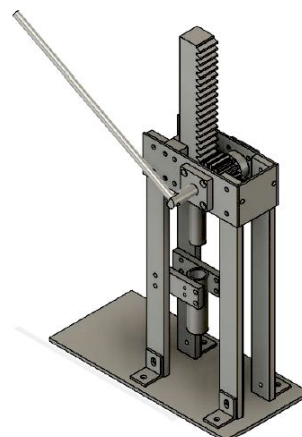


(b)グループ2

図4 設計活動中の様子



(a)スライダ・クランク機構を利用した射出成形機



(b)ラック&ピニオンを利用した成形機

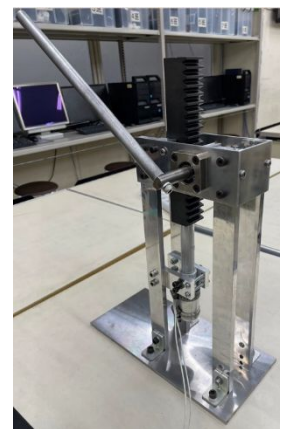


図5 3年創造設計製作で設計した卓上射出成形機(2023年度)

ラック & ピニオンを利用した成形機を製作したグループは簡易型の製作も行うことができ、実際に射出成形まで行った。図6に製作した簡易型と実際に成形した射出成形品を示す。

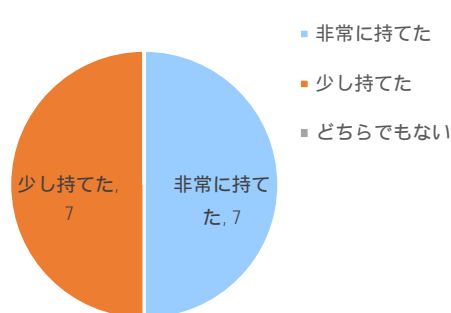


図6 製作した簡易型と射出成形品例（2023年度）

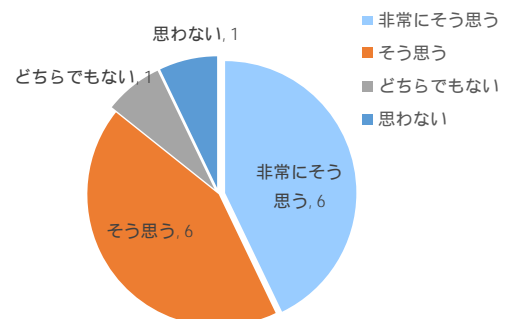
#### (4)授業実施後アンケート

2023年度の授業終了時には授業アンケートを実施し、本取り組みの教育効果について調査(サンプル数：14名)した。授業実施後の授業アンケートの結果の一部を図7に示す。本研究の授業への展開が一部にとどまってしまったことから、アンケートのサンプル数が少なくなりましたが、プラスチック成形機の製作に取り組んだ学生からの評価は概ね良好であったと思われる。これより、プラスチックに対する学習効果およびその後の専門科目の学習に対する動機付けとして少なからず効果があったものと考えている。

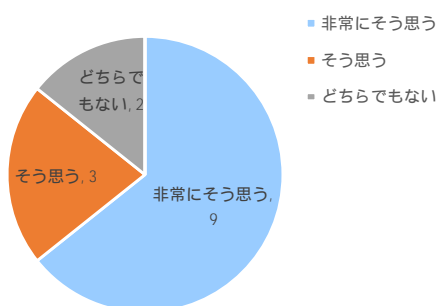
Q:製作テーマに関心が持てましたか？



Q:製作テーマは適切でしたか？



Q:プラスチックの成形法について理解が進みましたか？



Q:この授業は今後専門科目を勉強していく上で役に立つと思いますか？

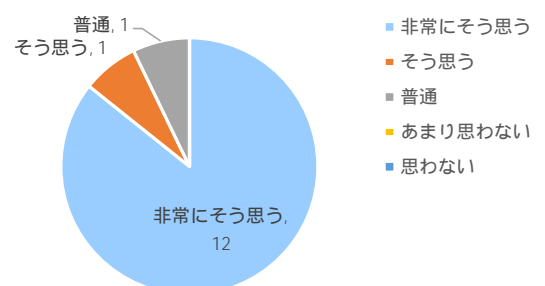


図7 授業実施後の授業アンケート結果（2023年度，サンプル数14）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------