

射出成形金型製作の流れを体系的に習得するための訓練課題の提案

東海職業能力開発大学校 石川 豊

Proposal of training subjects for systematically mastering the flow of injection mold manufacturing
ISHIKAWA Yutaka

要約 東海職業能力開発大学校が所在する岐阜県は、金型産業が盛んなため、地域産業ニーズに即した金型製作からプラスチック製品成形までの一連の流れを学べる教材が必要である。特に、射出成形機は多くの職業能力開発大学校に整備されているため、射出成形金型を題材としたものが教材として適している。しかし、金型製作からプラスチック製品成形までの一連の流れを学べる短期訓練に適した教材がないため、本報では応用課程の標準課題での実施を想定した訓練課題の開発内容を報告する。

I はじめに

東海職業能力開発大学校が所在する岐阜県は、愛知県に隣接していることもあり、金型産業が非常に盛んである。その中でも産業中分類別でプラスチック製品の出荷額割合を見ると、全国の製造業では 3.8% で第 13 位、岐阜県製造業における出荷額割合においては 8.4% で、生産用機械器具製造業に次いで第 3 位である⁽¹⁾ (図 1)。

このように、岐阜県は金型産業が盛んなため、地域産業ニーズに即した金型製作からプラスチック製品成形までの一連の流れを学べる教材が必要である。射出成形機は多くの職業能力開発大学校に整備されているため、射出成形金型を題材としたものが教材に適していると考えられる。

1 射出成形金型の生産工程

射出成形金型（以降、金型）は、注文を受けてからの製作となることから、納期に余裕がなく、最短の生産期間が求められる。また、数十個の複数部品で構成されるため、それらの生産工程には、様々な部品を設計・製作するための多様な技能・技術および、設備を使用する生産工程⁽²⁾ (図 2) が必要とされる。

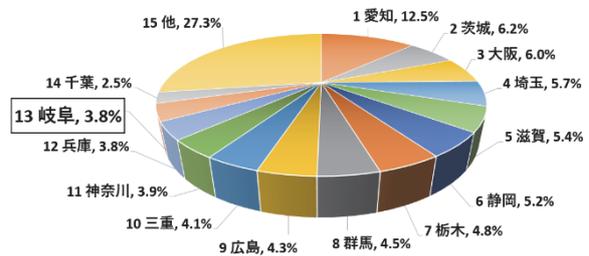


図1 プラスチック製品の出荷額割合

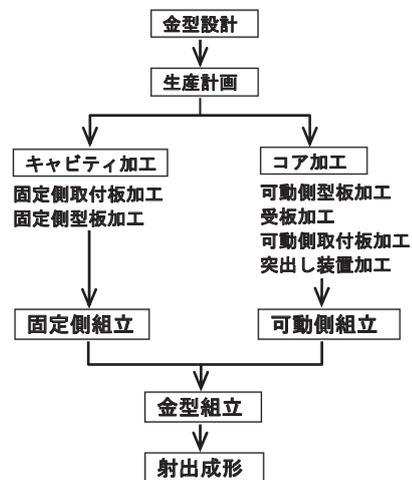


図2 射出成形金型製作の生産工程

2 金型設計製作、成形作業の職務分解

応用課程標準課題での活用を前提とし、金型設計製作および成形作業における職務分解を表1に示す。一般的な2プレート金型であれば、当校の生産設備で製作可能である。

表1 金型設計製作、成形作業における職務分解

作業内容	構成要素	職務
設計作業	製品部設計	2次元・3次元 CAD/CAM
	金型設計	2次元・3次元 CAD/CAM
製作作業 (加工・組立)	固定側取付板	汎用・NCフライス盤
	可動側取付板	汎用・NCフライス盤
	固定側型板	汎用・NCフライス盤
	可動側型板	汎用・NCフライス盤
	キャビティ コア	汎用・NCフライス盤 マシニングセンター ワイヤー放電加工機
	受板	汎用・NCフライス盤
成形作業	突出装置	ボール盤、旋盤 汎用・NCフライス盤 精密切断機 仕上げ
	仕上げ、組立	仕上げ、組立
成形作業	射出成形	射出成形機

II 事前アンケート

金型設計製作および成形に関する知識および技能の習得状況を確認するため、応用課程1年生14名に対して、入学半年後の9月にアンケートを実施した。

前述の職務分解および、過去に金型設計製作・成形を行う企業に対して行った新入社員教育セミナー内容からアンケートを作成した。内容は多岐にわたるため、金型設計・製作・成形作業の3つに分けたものとし、評価は、5段階評価とした。なお、学生は専門課程において金型の専門的な授業は受けておらず、CADの課題図や材料の授業において関連知識を少し学んだ程度である。事前アンケート表の一部を表2に示す。

また、各作業の習得度を100点とした場合の習得度割合を求め、それを製作作業と設計および成形作業の対比で表したものを図3(図中のアルファベットは学

表2 事前アンケート(設計作業)

	用語	5	4	3	2	1
		良く知っている	知っている	多少は知っている	聞いたことはある	知らない
設計作業	キャビティコア					
	パーティングライン					
	抜き勾配					
	アンダーカット					
	ゲート方式					
	エジェクタ方式					
	製品取り数(多数個取り)					
	ゲート形状					
	ランナー形状					
	成形品肉厚					
	リブ肉厚					
樹脂流動解析						

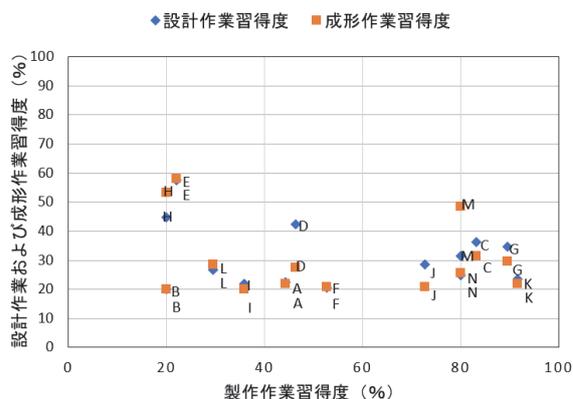


図3 製作作業習得度と設計・成形作業習得度対比

生識別記号)に示す。

図3から、金型製作作業について60%以上習得している学生でも、設計作業および成形作業については30%から40%程度の習得度しかないことがわかる。金型を製作したことがなくても、各種工作機械を使用した実習は経験しているため、製作に必要な加工・組立関係の知識・技能はある程度有している。しかし、製作に関する知識・技能に対し、設計および成形に関する知識・技能がほとんど習得できていないことがわかる。このような結果となったのは、金型に関する要素の一部は学んでいるものの、設計、製作、評価までの一連の流れを学べていないことが原因であり、課題であるといえる。

III 訓練課題の開発

アビリティ訓練や専門課程の訓練課題において、射出成形金型製作の要素を一部切り取り、機械製図、CAD/CAMの課題としているものや、金型製作に関するある程度の知識があれば非常に役立つeラーニング教材⁹⁾は存在している。しかし、応用課程の標準課題

などへの活用を考えると、製品設計、金型設計、加工、組み立て調整、射出成形による製品の製作および評価までの一連の流れを、短期間で実践的に学べる訓練課題が存在していない。この問題を解決するため、金型を小型化、製品を単純化することで、標準課題にて実施可能な訓練課題を開発し、本課題により、製品完成までに必要な基礎知識と技能・技術を習得する。

1 カリキュラム上の位置付け

射出成形金型を題材とすることで、専門課程で習得した、製図、機械加工（汎用加工・NC加工）、測定およびCAD技術の知識・技能の活用だけでなく、プラスチック材料や成形設備に関する知識、技能の向上が図れる。また、製品形状や各種要素をグループで検討することで、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの向上も期待できる。

2 課題の仕様

標準課題の時間内で製作するために、整備台数の多いNCフライス盤にて主要部品が製作可能な仕様とした。また、射出成形金型は大きく分けて2プレート金型、3プレート金型に分けられるが、金型設計・製作の基本を学ぶことおよび設計・製作時間から、2プレート金型とした。課題の仕様を以下に示す。

1. 固定側および可動側型板サイズは100mm×100mm×30mmとする。
2. 製品部は複雑な形状とせず、NCフライス盤による2.5軸加工で加工可能な形状とする。
3. 金型部品の寸法精度評価ができるものとする。
4. 成形品の寸法精度評価ができるものとする。

3 金型部品の共通化

金型設計の中でも最重要項目である、製品部および製品部分を構成する固定側・可動側型板の設計には多くの時間が必要となる。そこに十分な時間を確保しつつ、加工時間、成形時間を確保するため、2枚の型板以外は共通部品（図4）とした。



図4 共通部品

4 課題の流れ

金型設計・製作から成形までの一連の流れを学ぶため、以下の流れで課題を行うこととした。図5に課題実施フローを示す。標準課題（10単位180H）での実施を想定し、時間を配分した。（ ）内の数字は作業内容の予定時間を示す。製品部の設計に時間を多く割り、共通部品を多く使用するため、金型全体の設計は短時間としている。なお、1グループは最大5名を想定し、加工部品点数は20点程度（エジェクタピンの数はグループにより異なる）の課題である。

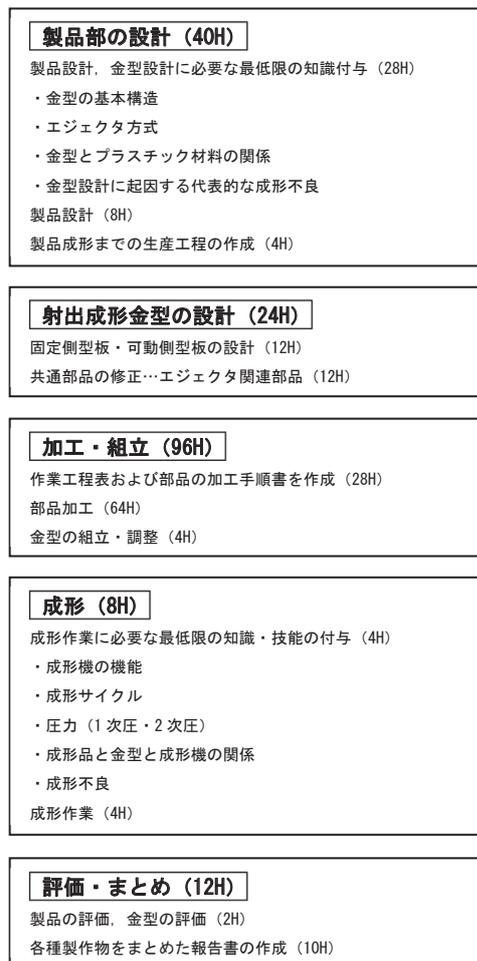


図5 課題実施フロー

5 製品部の設計

成形機の仕様を満たす製品部分をグループで検討し、設計する。製品の例として、図6に第58回技能五輪全国大会プラスチック金型職種「課題図」を示す。こちらの課題は、実際に汎用フライス盤で製作されており、CAMやマシニングセンターを使用しなくても、仕様に挙げた、「複雑な形状とせず、NCフライス盤に

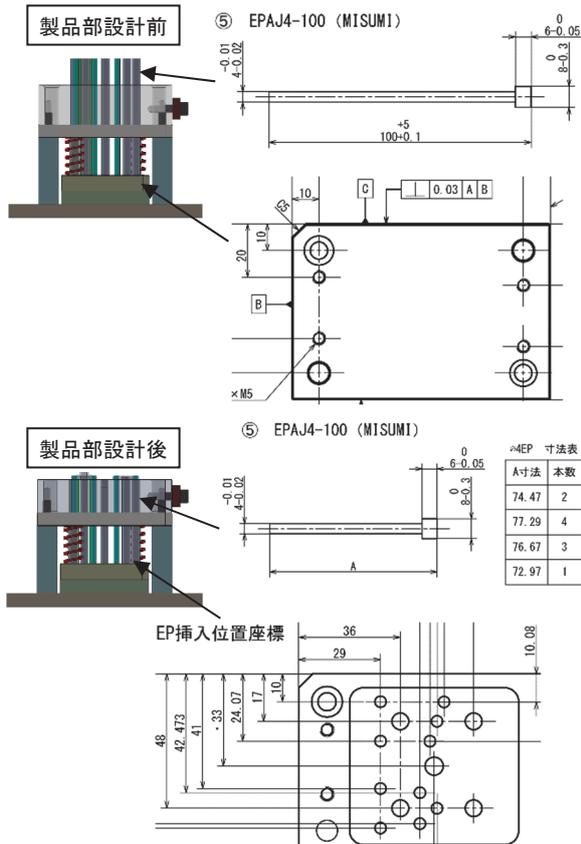


図10 共通部品の修正図(一部抜粋)

8 加工・組立

図面完成後は、加工手順書を作成し、標準部品の追加加工を含めて部品を製作する。図11に加工素材を示す。図内の太枠で囲んだキャビティプレートおよびコアプレートに関しては、各グループで検討した製品部を製作する。その他の部品は共通部品となり、加工内容もほぼ共通となるが、前述のⅢ. 7節に示すエジェクタピンに関連する共通部品の修正内容は穴位置やピン長さ等が各グループで異なる。

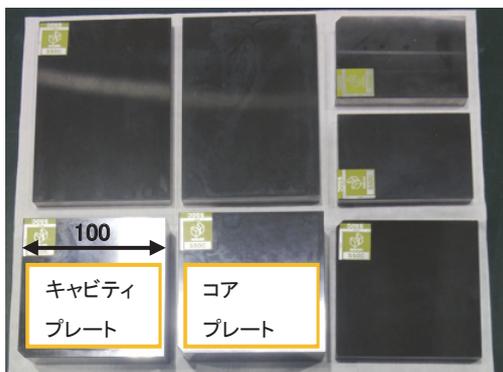


図11 加工素材

9 成形

加工・組立完了後は、成形作業に必要な最低限の知識・技能の付与を行い、成形する。成形作業の習熟度は他の加工作業と比較すると低いと想定されるため、成形作業に入る前に各種の事前確認が重要となる。そのため、成形機への取り付け可否および成形の可否を確認するチェックシートを作成した。図12に成形前チェックシートを示す。

射出成形機的能力	製品・金型のサイズ等
1 チェーンブロックの最大積載量 <input type="text"/>	金型の重さ (比重 g/cm ³) <input type="text"/>
2 成形機側 ロケットリング穴径 <input type="text"/>	金型側 ロケットリング径 <input type="text"/>
3-1 タイバー間隔 <input type="text"/>	金型の幅 (または厚さ) <input type="text"/>
3-2 ダイブレードの寸法 <input type="text"/>	金型の高さ <input type="text"/>
3-2 最小金型厚み <input type="text"/>	金型の厚さ <input type="text"/>
4-1 エジェクターロッドの押出量 <input type="text"/>	製品の厚さ <input type="text"/>
4-2 エジェクターロッド径 <input type="text"/>	金型の穴径 <input type="text"/>
5 型締めストローク (最大型開き距離) <input type="text"/>	製品取り出しに必要な距離 <input type="text"/>
6 射出容量 <input type="text"/>	製品の重量 <input type="text"/>
7 成形機の型締め力 <input type="text"/>	型開き力 (型内圧力 × 成形品投影面積) <input type="text"/>

図12 成形前チェックシート

チェックシートにより取り付け可能を確認したのち、金型を成形機に取り付ける。その後、金型に適した成形条件になるまで試打ちを行い、成形条件が整った後、実際の製造現場を意識して、半自動または全自動サイクルによる連続成形を行う。成形不良がわかりやすいように、材質は透明なポリスチレンを使用した。図13に成形後の製品例を示す。

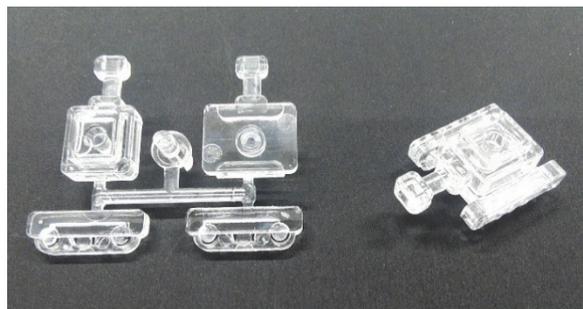


図13 成形後の製品例

10 成形品の評価

金型は製品を作るための道具であり、単体では意味を成さない。成形したものが製品となり市場に出ていくこととなる。そのため、図面と相違がないか、組立可能かどうかを確認するための加工部品の検査は行うが、本課題では成形したものの評価を重視すべきと考え、成形品評価表を作成した。表3に成形品評価表を示す。図中の網掛け部は設計した製品の寸法により変わる。

表3 成形品評価表

項目	詳細	減点	減点数	減点小計
生産可否 (10個連続生産)	製品の自動生産 全自動モードにて成形し、金型や成形機に触れることなく製品を自重落下させることができる。 できなかったものに付き各2点減点	2.0		0.0
製品外観	・目視で明らかな形状違い (窓穴のふさがり、位置ずれなど)	10.0		0.0
製品1 寸法 ±0.05を外れた場合減点	製品寸法 a	2.0		0.0
	製品寸法 b	2.0		
	製品寸法 c	2.0		
	製品寸法 e	2.0		
	製品寸法 f	2.0		
	製品寸法 g	2.0		
製品2 寸法 ±0.05を外れた場合減点	製品寸法 h	2.0		0.0
	製品寸法 i	2.0		
	製品寸法 j	2.0		
	製品寸法 k	2.0		
	製品寸法 l	2.0		
	製品寸法 m	2.0		
製品の組み立て状態	各部品を手を持った状態で部品の落下がある。 (嵌め合わせ部が著しく緩い)	2.0		0.0
	嵌めあい部分に割れなどの破損が生じている。 (嵌め合わせ部が著しく固い)	2.0		
製品の的外観	① 金型でできばえによるもの ・離型キズ ・エジェクタ部の段差など 総合的に見て、上(2点)中(1点)下(0点)を判断	2・1・0 のいずれか		0.0
	② 成形条件によるもの ・フローマーク ・ジェットニング ・離型剤の付着など 総合的に見て、上(2点)中(1点)下(0点)を判断	2・1・0 のいずれか		
	③ 充填状態 ・ショートショット ・ひけ ・クラック ・ウェルド など 総合的に見て、上(2点)中(1点)下(0点)を判断	2・1・0 のいずれか		
得点				100.0

図14に製作した試作金型を示す。総重量は約9kgと非常に軽く、運搬や組み立ても容易に行えるものとなっている。

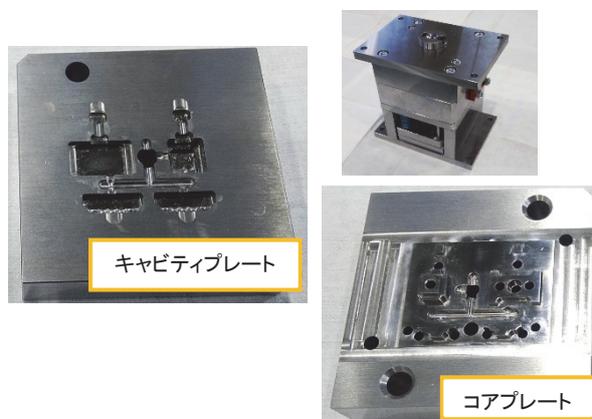


図14 試作金型

V おわりに

標準課題を想定した訓練課題として、射出成形金型製作、成形、評価の流れを体系的に習得するための訓練課題を検討した。学生へのアンケートから、射出成形金型が身近にあり、知識・技能を得られる環境でありながら、それらを身に付けることができていることが確認できた。その問題を解決するため、金型を小型化、製品を単純化することで、短期間で実施可能な課題の開発および試作金型を製作した。その結果、標準課題のカリキュラム時間で十分製作可能であることがわかった。

今後の課題として、授業として実施していないため、課題の有効性の確認ができていないことがあげられる。また、標準課題に限らず、精密加工応用実習、CAD/CAM 応用実習、CAE 実習など、複数科目の組み合わせによる実施方法の検討も必要である。

IV 金型の試作

金型を試作し、標準課題で実施可能かを検証した。「Ⅲ. 4 節 課題の流れ」で述べた時間に対し、加工手順書の作成時間は約36時間となり想定した28時間より長くなった。これは一人で行ったためであり、グループで分担して行えば減らすことができる。逆に加工時間は想定した64時間より短く、約40時間となった。これは、加工手順書の作り込みの違いや、学生と教員との経験差を考慮すれば、妥当な時間であると判断する。本課題では熟練を要する磨き工程は省略しているが、製作時間に余裕ができるのであれば、磨き工程も追加可能である。

【参考文献】

- (1) 公益財団法人 岐阜県産業経済振興センター発行、主任研究員 丹羽俊二、「プラスチック製品製造業 令和2年度」。
- (2) 星野実、藤田紀勝、古賀俊彦、太田和良、新家寿健、岡部眞幸、「射出成形金型製作における技能の技術化」実践教育、Vol. 33、No.3、2018年、pp.15-20。
- (3) 職業能力開発総合大学校 基盤整備センター、「プラスチック射出成形金型の設計・製作に関する eラーニング教材」。