

サークル活動によるプロジェクト型生産システム Project Type Production System through Club Activities

星野 実 加藤 朗人 長谷川 育哉 長谷川 遼平 松本 和重 坪田 光平
(職業能力開発総合大学校)

Minoru Hoshino, Akito Katou, Ikuya Hasegawa, Ryouhei Hasegawa
Kazushige Matsumoto and Kohei Tsubota

学生のサークルである「金型クラブ」は、生産技術者の素養を身につけるため、治工具の設計製作などについての研究を実施するために設立された。授業で学んだ知識や技能を実際の設計製作に結び付けることを目指している。その過程において、教材開発や教材コンクールへの応募、研究発表や日中韓学生金型グランプリなどの学外活動への参加をした。その結果、職業訓練教材コンクールでは、教材開発をシステム化できたことにより厚生労働大臣賞を受賞した。また、集大成とした日中韓学生金型グランプリでは、多種多様な工程による金型の設計製作システムに取組んだ。その結果、学生たちは、プロジェクト型生産システムを構築することができた。本論文は、サークル活動の一つのあり方を示すとともに教育訓練でのプロジェクト型生産システムを提案する。

キーワード：サークル活動、金型クラブ、プロセス・イノベータ、プロジェクト型生産システム、教材開発、工程分解

1. はじめに

職業能力開発総合大学校（以下職業大）は、職業訓練指導員の養成・研修および職業能力開発の向上に関する調査・研究を行う、厚生労働省が所管する省庁大学校である。当校は、製品を実際に作り込み、改善・革新・指導のできる職業訓練指導員および生産技術者の育成を目的としている。

職業大のサークルである「金型クラブ」は、生産技術者の素養を身に付けることを目的にして、学生らによって設立された。金型の設計製作や精密加工、CAD/CAMシステムの活用方法などの研究をおこなっている。金型クラブでは、授業で学んだ知識や技能を活かして金型の教材を作成することにし、その教材を厚生労働省が主催する職業訓練教材コンクール¹⁾へ応募した。また、企業見学や研究発表、技術者や工科系学生および地域との交流をした。そして、1年間の集大成として、社団法人日本金型工業会の主催する日中韓大学金型グランプリ²⁾（以下金型グランプリ）に参加した。

本論文は、以上の活動を通じて2章では金型クラブの活動方針と活動内容について、3章ではプロジェクト方式訓練での教材開発手法、4章では日中韓大学金型グランプリ（以下金型グランプリ）の紹介、5章では金型グランプリを活用して構築したプロジェクト型生産システムについて、6章で上記をまとめる。

2. 金型クラブ

2.1. 金型クラブの設立

機械専攻の学生らは、機械工学についての広範な知識を学んでいるが、授業で学んだ知識や習得した機械加工などの技能を使って、すぐにでも、設計・製作・評価・フィードバックまでを試したい。生産技術者本来の取り組み方ができないか。その研究会を設立できないか。それらを筆者ら教員は、学生から相談された。

そこで、学生5人と機械系教員5人で、プロセス・イノベータを目指すためのサークルを設立することにした。当校では、製品を実際に作り込み、改善・革新のできる者をプロセス・イノベータと呼んで教育訓練目標としている。

2012年4月に機械専攻の3年生5名（応用課程1年）により発足し、すぐに同じく機械専攻の1年生5名（総合課程）が入部した。3年生は、技能検定機械加工2級程度の5人で、その中の3人は授業で金型製作の経験をしている。1年生は、機械製図や機械加工を始めたばかりの5人である。

研究活動は、放課後を利用して、毎週3日程度実施する。その過程で3年生が1年生に金型関連の基礎知識を教示する。授業により得られた知識や習得技能を活用して、できるだけ早く実際の設計製作に結び付けることにした。表1に金型クラブのメンバー構成を示す。

表 1 金型クラブのメンバー構成

専攻	学年	人数	レベル
機械専攻	3	5	技能検定 2 級程度 (内金型製作経験者 3 人)
	1	5	機械関連の初心者

サークル名は、「金型クラブ」とし、金型の設計製作の研究を行なう。金型の設計製作では、広範な履修科目から得られた知識や技能を必要とする。それらの知識や技能は、設計・製作・評価という生産工程で活かされ、プロセス・イノベータを目指せると考えた。専攻学科で学んだ知識を、専攻実習で習得した技能を活用して、生産工程での設計・製作・評価に結び付ける。図 1 でその一部を示し、以下で説明する。

機械製図・機構学・材料力学等で学んだ知識を、2 次元 CAD・3 次元 CAD・CAE 実習等で習得した技能を活用して、金型設計の工程に結び付ける。機械工作・数値制御工学・精密測定等で学んだ知識を、機械加工、CAD/CAM・NC 加工実習等で習得した技能を活用して、金型製作の工程に結び付ける。そして、工業材料・流体力学・熱力学等で学んだ知識を、射出成形・3 次元測定・自動化機器実習等で習得した技能を活用して、評価の工程に結び付ける。

2.2 金型クラブの活動内容

プロセス・イノベータを目指すため、学生と教員で活

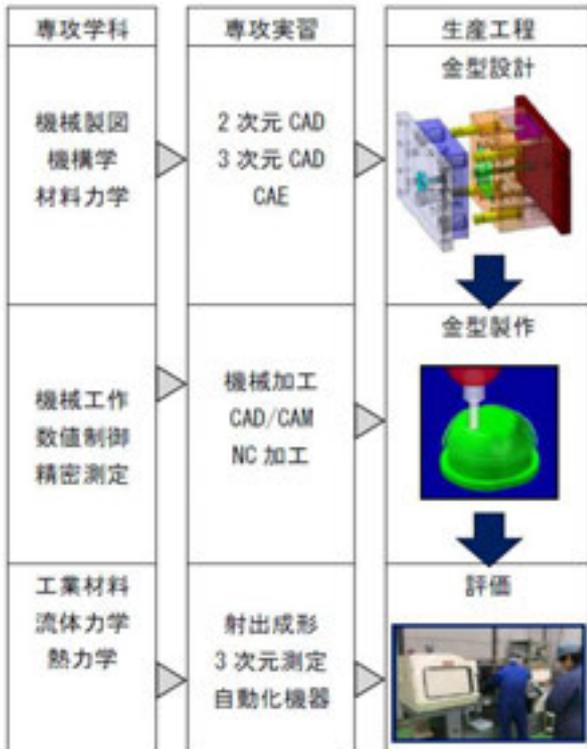


図 1 履修科目と金型設計製作の関係

動計画を立案し、表 2 で示す活動内容を実施した。①では、金型の教材開発をしながら金型製作の知識・技能を習得した。その開発教材の評価を職業能力開発教材コンクールで、評価して頂いた。②では、企業見学会により、技術者や生産現場の技能者の生の声を聴いた。③では、研究発表をすることにより、専門家の意見を聴いた。④では、日本国際工作機械見本市(JIMTOF2012)³⁾の学生セミナーや懇親会に参加した。日本を代表する企業の技術者や全国の工科系学生との交流を経験し、情報交換をした。⑤では、金型や成形品の出展をし、地元企業の経営者や技術者たちと情報交換した。⑥では、研究での成果物である金型の設計図面や成形品の準備をしておいて提供した。最後に、1 年間の集大成として、⑦に示す日中韓大学金型グランプリに参加し、研究成果物の展示・発表をした。

表 2 活動計画と活動内容

活動計画	活動内容	時期
① 教材開発	金型製作の教材開発・職業訓練教材コンクールへ応募	2012/ 4~7
② 企業見学会	自動車関連企業への訪問 (金型・射出成形関連)	2012/ 8
③ 研究発表	実践教育研究発表会 ⁴⁾ 職業能力開発研究発表講演会 ⁵⁾	2012/ 9 2013/ 2
④ 技術者・学生との交流	JIMTOF での学生セミナーや懇親会の参加	2012/11
⑤ 展示・説明	小平産業まつり ⁶⁾ たま工業交流展 ⁷⁾	2012/11 / 2
⑥ 成果物の提供	学園祭・学校見学	通年
⑦ 成果物の展示・発表	日中韓大学金型グランプリ	2013/ 4

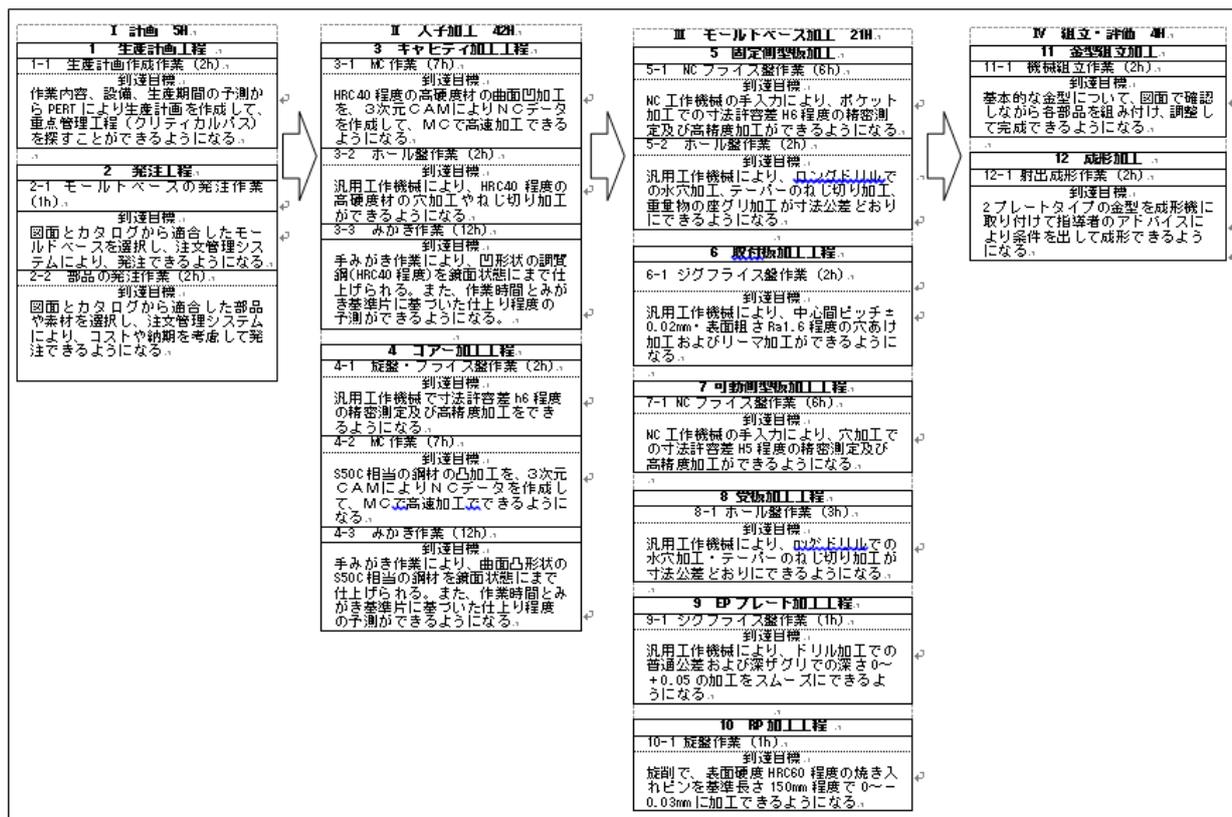
3. プロジェクト方式の教材開発

金型などの複数部品を製作して完成させるためのプロジェクト方式訓練での教材は、複数工程や多種多様な要素作業が混在して複雑となるため、管見の限り見当たらない。そこで、金型クラブでは、その萌芽的な教材開発⁸⁾を実施することにした。

3.1. 教材開発の手順

教材開発では、教材の作成方法を体系的に捉えて構造化するために訓練開発と教材設計として整理した。訓練開発により訓練の全体像を掴み、それに基づいて教材設計をしてから、教材の作成をする。

表 3 実技課題分析図



(1) 訓練開発

図 2 に示す手順で訓練開発をする。受講対象者により、訓練の入口である受講要件 (技能レベル等) を決める。訓練の出口である最終目標を決める。ここで、訓練の範囲が決まったので、それに対応する実技課題を選定する。次に、その実技課題の分析をする。ここでは、各工程 (製作部品などで分ける) を決めて、それぞれの工程の各作業 (加工機械などで分ける) の到達目標を決め、大凡の作業時間を割り振り、実技課題分析図にまとめる。最後に、訓練開発で決められたことを教材作成企画書にまとめてメンバーで共有し、教材設計に進む。

表 3 に機械加工の基本技能を習得した学生や 6 カ月程度の離職者訓練での修了課題を想定した、実技課題分析図を示す。

(2) 教材設計

図 3 に示す手順で、教材設計をする。まず、各作業に必要な前提知識 (必要な技能など) を決める。訓練開発ですでに決まっている到達目標から作業の範囲が決まるため、作業分解により作業の内容を明らかにする。その作業分解を参考にして、作成する教材を決定する。そして、実技テキスト等の教材を作成して、試行実技を経て、改善・見直をする。最後にすべての教材が完成したら、総括的評価をし、完成となる。表 4 に作業分解を整理した作業分解票の抜粋、図 4 に実技テキストの抜粋を示す。

3.2. 教材コンクールの応募

教材コンクールには、「実習教材設計マニュアル」~初

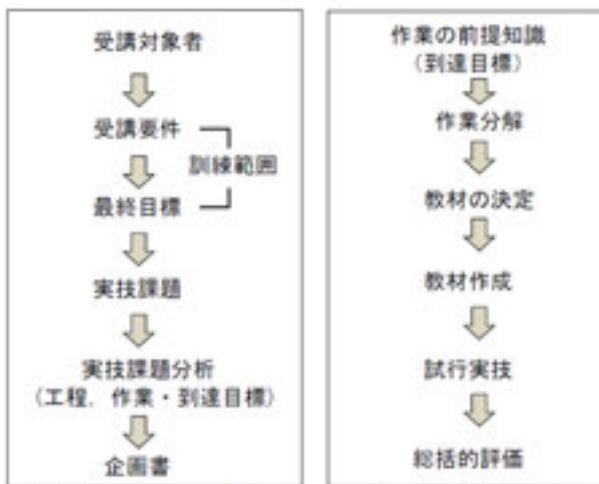


図 2 訓練開発の手順 図 3 教材設計の手順
表 4 作業分解票の抜粋

作業名	3-3 みがき作業	
到達目標	手みがき作業により、曲面形状の調整鋼を鏡面状態にまで仕上げられる。また、作業時間とみがき基準片に基づいた仕上り程度の予測ができるようになる。	12
作業分解	1. フラットで締める 2. 砥石でみがく 3. 加工実質層の除去 4. 砥石の番手を上げる 5. ダイヤモンドペーストでみがく 6. 鏡面状態に仕上げる	2 2 2 2 2 2



図 4 実技テキスト

学者による金型製作～として、2012 年 7 月に応募した。表 5 に応募した教材の一覧を示す。図 5 に試行実技により完成した金型、図 6 にその成形品を示す。

2012 年 11 月の結果発表では、教材開発の体系化や実技課題分析などが評価され、厚生労働大臣賞（入選）を受



図 5 完成した金型



図 6 成形品

表 5 応募した教材の一覧

作成教材	使用目的
教材設計マニュアル	教材開発の手順書
実技課題分析図	訓練工程の全体図
教材作成企画書	教材作成の方針を共有
作業分解表	各作業の内容を把握
前提知識チェックシート	必要知識の確認
前提知識習得テキスト	前提知識の習得
実技作業票	技能習得の方法を明示
実技テキスト	模範実技を明示
確認テスト・応用テスト	習得度・応用力の確認
見本金型	分解して構造の理解
みがき見本	みがきの基準
成形品	設計製作金型の評価

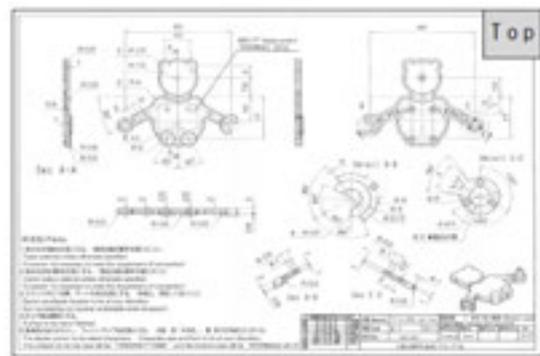


図 7 提示図面

表 6 工程別日程計画

日程	稼働月							
	月別稼働日数 (合計 72 日)	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
金型設計	初期 検 計	12	→					
	設 計	15	→					
金型製作	生 産 計 画	7	→					
	入 子 加 工	14		→				
	モールドベース加工	5			→			
	組 立	4				→		
	評 価	5					→	
予稿集・展示・発表準備		10						→

賞した。

4. 日中韓大学金型グランプリ

4.1. 概要と日程

第 5 回日中韓大学金型グランプリに参加した。日本・中国・韓国の大学 11 校において、金型を学ぶ学生が同じテーマ（製品）で金型の設計製作を行い、東京ビッグサイトで開催される「INTERMOLD2013」⁹⁾で完成した金型とその成形品の展示や説明および発表を行う。2012 年 9 月中旬に製品図面と仕様が提示され、金型の設計製作を行い、その後成形品 500 セットを 2013 年 4 月 17 日～20 日の開催日までに提出する。表 6 は、工程別の日程計画である。

4.2. 提示課題

提示課題は、Top と Bottom からなる「手をつなぐ動物」である。図 7 に Top の図面を示す。

提示された仕様は、図 8 のように、Top と Bottom をボスと穴で嵌合させる。それを手の部分同士で平面的に嵌合し 3 つ繋げると図 9 のような 6 角形になり、さらに上下に立体的にスタッキングさせると図 10 のようになる。次の 5 章では、本課題を活用したプロジェクト型の生産システムについて説明する。

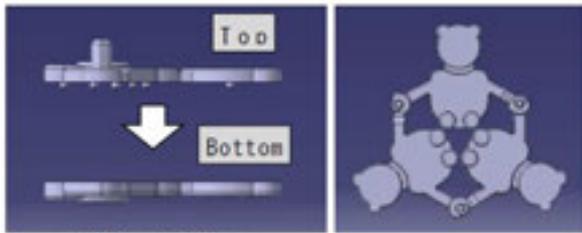


図 8 Top と Bottom

図 9 平面的な嵌合



図 10 重ね合わせた状態

5. プロジェクト型生産システム

金型は、プラスチック射出成形品を生産する上で重要な治具である。金型は、一般に、数十個の要素部品で構成される。各要素部品は順序をもった複数の工程の後、数個の要素部品のサブ組立を経て、それらを組立てて金型として完成する。このとき、ムダのない金型生産を行うには、多種多様な工程の完了時刻を把握する。前の工程での仕掛品を次の工程が始まるまでに渡さなければならない。そのためには、緻密なスケジュールを立てる必

要性にせまられる。学生らは、ものづくりの経験が浅く、実際にスケジューリングをしたことがない。

そのため、完成に向けて段階的に工程分解をすることにする（表 7・表 8 に示す）。その工程分解をベースにスケジューリングをおこなう（図 11・図 12・図 13・図 14 に示す）。

3 章の教材開発で実施した実技課題分析やその金型製作の試行実技の過程を参考にして、工程分解やスケジューリングを学生主体で教員のアドバイスによりおこなう。

5.1. 金型設計

金型は、一般に注文を得てから金型設計、その後に金型製作となる。金型設計を初期検討と設計として、1 段階ずつ工程分解をする。表 7 のエリアで示す初期検討は、①成形品設計工程、②光造形工程、③流動解析工程とした。その初期検討を受けて、設計は、④構想設計工程、⑤構造設計工程、⑥部品設計工程、⑦部品表作成工程とした。

また、表 7 では、作業部門、工程の先行関係、作業内容を示した。本課題（手をつなぐ動物）を具体的に示すために初期検討・金型設計の結果の一部を参考として記入した。投入人数は、工程分解での作業量やスケジュールから、10 人の学生を分けて、その工程に投入する人数を示した。

(1) 初期検討

初期検討では、ユーザーから提供される製品図や仕様を金型設計に結び付ける。

表 7 金型設計の工程分解

エリア	工程	作業部門	先行関係	作業	初期検討・金型設計の結果	投入人数 ×日数
初期 検 討	①成形品設計工程	図面の作成 3D モデリング		製品形状の検討とア レンジ	顔のデザイン、アクセサリ 一機能の追加、 成形品図面・3D モデル	10 人 ×10 日
	②光造形工程	成形品モデルの 作成	①	成形品細部の検討 はめ合い状態の確認	嵌合寸法 0.01~0.2 見栄えの確認	5 人 ×2 日
	③流動解析工程	樹脂流動解析	①	ランナーレイアウト ランナ・ゲート方式 の検討	ファミリーモールド、サイ ドゲート・長方形ゲート 6 個（1 セット）	5 人 ×2 日
設 計	④構想設計工程	3D モデリング 構想図面の作成 メカニズム検討	②③	金型機構 突出し方式 冷却方式の検討	構想図面・3D モデル 丸ピン突出し（φ2~8） 冷却用入子	10 人 ×5 日
	⑤構造設計工程	構造解析 金型モデル修正 図面作成	④	金型強度の確認 金型材の選択	サポートビラーの追加 金型組立図、金型組立モデ ル	10 人 ×5 日
	⑥部品設計工程	図面作成 3D モデリング	⑤	入子・型板等の図面 作成、CAD/CAM モデ ルの作成	部品図 キャビティ・コアモデル	8 人 ×5 日
	⑦部品表作成工程	製作部品・購入 部品の検討	⑤	コスト確認 購入部品の納期把握	加工範囲、購入先の選択	2 人 ×2 日

（注意： 1 日の作業時間は 2 時間）

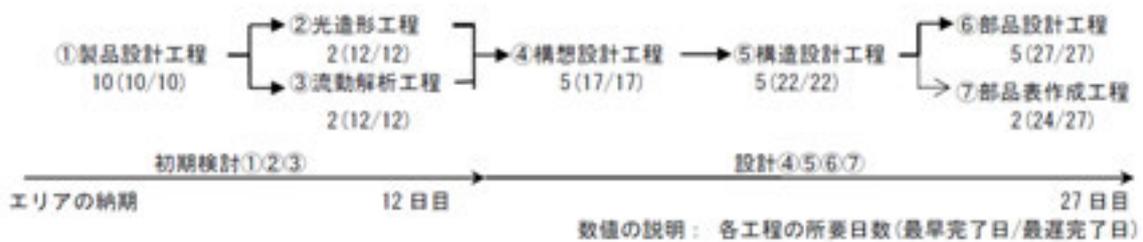


図 11 金型設計の工程スケジュール

- ① 成形品設計工程では、与えられた製品図から形状の検討をおこなう。仕様の範囲で製品図をアレンジし、成形品図面を作成する。また、同時に 3 次元 CAD によるモデリングをする。
- ② 光造形工程では、3 次元 CAD によるモデルデータ（以下モデルデータ）により、光造形機で成形品を作成する。その成形品で、細部の検討やはめ合い状態の確認をする。
- ③ 流動解析工程は、②の光造形工程と同時期におこなえる。図 11 の②③に示す。モデルデータによる樹脂流動解析により、ランナーレイアウト、ランナ・ゲート方式を決める。
- (2) 金型設計
金型設計では、初期検討を盛り込んで、シンプルで加工容易な設計をし、金型製作に結び付ける。
- ④ 構想設計工程では、3 次元 CAD による金型のモデリングをして、メカニズムの検討をする。成形品に合った金型の機構、効果的な突出し方式や成形サイクルを考慮した冷却方式とする。
- ⑤ 構造設計工程は、構想設計工程を受けて、金型のモデルデータにより構造解析をした後に、金型構造を確定して、金型組立図を完成させる。金型強度の確認や金型材を決める。強度不足の場合は、金型の大きさや厚みの変更、補強材の追加などをする。
- ⑥ 部品設計工程は、⑤の構造設計工程により金型構造が決まったので、金型モデルデータの分解、金型組立図の分解をして、すべての部品図を作成する。また、後におこなう CAD/CAM システムで使用するキャビティやコアのモデリングをする。
- ⑦ 部品表作成工程では、⑥の部品設計工程と同時期におこなえる。図 11 の⑥⑦に示す。⑥工程に必要な日数は 5 日で、⑦工程は 2 日なので⑦に 3 日の余裕が生まれる。⑤の構造設計工程により金型組立図が完成したので、それに基づいて製作部品や購入部品を決めて、部品表を作成する。また、製作に要するコストや購入部品の納期を確認しておく。

5.2. 金型製作・成形

金型設計の後、金型製作および射出成形（以下成形と

する）をおこなう。表 8 に示す金型製作・成形の工程分解では、生産計画・入子加工・モールドベース加工・組立・評価に分けて、段階的に工程分解をする。生産計画は、⑧生産計画作成工程、⑤金型部品発注工程とした。生産計画を受けて、入子加工は、⑩キャビティ入子加工工程、⑪コア入子加工工程とした。モールドベース加工は、⑫取付板加工工程、⑬固定側型板加工工程、⑭可動側型板加工工程、⑮突出し装置加工工程、⑯ピン加工工程とした。組立は、⑰固定側組立工程、⑱可動側組立工程、⑲金型組立工程とした。評価は、本課題の完成となる⑳射出成形工程になる。

(1) 生産計画

金型製作の生産計画では、金型設計とちがいで、多種多様な工程から複雑となる。ジョブ（仕事量）と能力（設備や人員）から、多段合流工程・多段分岐工程・多段複合工程になるため、プロジェクトスケジューリング¹⁰⁾になる。そのスケジュールから、各工程に間に合うように金型部品の発注をおこなう。

- ⑧ 生産計画作成工程では、金型設計を受け、工程分解をするとともに設備や人員を把握し、図 12 に示すスケジューリングをおこなう。PERT¹⁰⁾ (Program Evaluation and Review Technique・プロジェクトスケジューリングに用いられるネットワーク手法) や Gant Chart¹¹⁾ (棒グラフ状に表したスケジューリング手法) により、工程の完了日やクリティカルパス¹²⁾ (納期を左右する重点管理工程) を把握する。
- ⑨ 金型部品発注工程では、フリーウェアである Mold Base 発注システム・部品発注システムで学生が発注作業のシミュレートをし、そのデータを教員に渡して、実際の発注は教員がする。

(2) 入子加工

入子加工の作業順は、六面体加工してから、加工傷が残しやすいネジや冷却関連の穴あけを先にし、成形品の形状部分の加工をする。その後に形状部分の鏡面みがきをする。

- ⑩ キャビティ（一般に凹形状）入子加工工程は、フライス盤と研削盤により六面体加工、ボール盤とジグフライスにより穴あけ、マシニングセンタにより形

状加工等をして、スティック砥石とダイヤモンドペーストのみがく。マシニングセンタに供給するプログラムは、CAD/CAM システムで作成し、NC シミュレータでチェックする。

- ⑩ コア（一般に凸形状）入子加工は、⑩とほぼ同じ作業となる。⑩のキャビティ加工工程と同時期におこなう。図 12 の⑩⑩に示す。当校では、ここで使用する工作機械は複数台あるので同時並行の工程が可能となる。一般の教育訓練機関では、1 台しかない場合が多く、工程をずらさなければならず、納期が遅れてしまうことがある。

(3) モールドベース加工

モールドベース（型板などの各種プレート類と金型機構部品が組み込まれた規格金型）加工は、入子加工（⑩⑩）の後におこなう。一般には、成形品に直結する入子加工を最優先する。ミスなどを考慮して、納期に余裕がある時期に加工してしまう。また、後でミスが発覚した場合、モールドベースは成形品にあまり影響を与えないため設計変更も容易となる。入子と型板の現物合せ（一方を他方に合わせる）になることも多く、軽く扱いやすい入子を先に完成させることにより、調整が容易となる。

表 8 金型製作・成形の工程分解

エリア	工程	作業部門	先行関係	作業	投入人数 ×日数
生産計画	⑦生産計画作成工程	生産計画作成作業	⑦	プロジェクトスケジューリングによる、生産期間・部品納期・重点管理工程の把握をおこなう。 (結果: PERT・Gant chart)	10人 ×5日
	⑧金型部品発注工程	モールドベース発注作業 部品の発注作業	⑧	Mold Base発注システム、部品発注システムでシミュレーション	10人 ×2日
入子加工	⑩キャビティ入子加工工程	フライス盤作業、研削盤作業、ボール盤作業、ジグフライス盤作業、NC作業、みがき作業、CAD/CAM、NCシミュレータ	⑨	六面体⇒研削⇒冷却穴⇒ねじ⇒コアーピン穴⇒ランナ・ゲート⇒形状加工⇒寸法測定⇒鏡面みがき、 NCプログラム作成⇒プログラムチェック (結果: キャビティ入子の完成)	5人 ×14日
	⑪コアー入子加工工程	フライス盤作業、研削盤作業、ボール盤作業、ジグフライス盤作業、NC作業、みがき作業、CAD/CAM、NCシミュレータ	⑨	六面体⇒研削⇒冷却穴⇒ねじ⇒突出穴⇒コアーピン穴⇒ランナ⇒形状加工⇒寸法測定⇒鏡面みがき、 NCプログラム作成⇒プログラムチェック (結果: コアー入子の完成)	5人 ×14日
モールドベース加工	⑫取付け板加工工程	NCフライス盤作業	⑨	スプルプッシュ・ロケット穴⇒ネジ切り加工 (結果: 固定・可動側取付け板の完成)	2人 ×2日
	⑬固定側型板加工工程	ボール盤作業 NCフライス盤作業 研削盤作業	⑩	冷却穴⇒ポケット⇒ネジ⇒研削加工⇒寸法測定 (結果: 固定側型板の完成)	2人 ×5日
	⑭可動側型板加工工程	ボール盤作業 NCフライス盤作業 研削盤作業	⑩	冷却穴⇒ポケット⇒突出し穴⇒ネジ⇒研削加工⇒寸法測定 (結果: 可動側型板の完成)	2人 ×5日
	⑮突出し装置加工工程	NCフライス盤作業 ボール盤作業	⑨	突出し穴⇒ザグリ⇒パネ用穴加工 (結果: エジェクター板の完成)	2人 ×3日
	⑯ピン加工工程	旋盤作業 研削作業	⑨	リターンピン、サポートピラー加工⇒寸法測定 (結果: RP・SP・EPの完成)	2人 ×3日
組立	⑰固定側組立工程	仕上げ作業 サブ組立作業	⑩⑭	押切部仕上げ⇒はめ合い調整⇒コアーピン調整⇒組立寸法測定⇒組立 (結果: 固定側金型の完成)	5人 ×1日
	⑱可動側組立工程	仕上げ作業 サブ組立作業	⑩⑮ ⑯	押切部仕上げ⇒はめ合い調整⇒コアーピン調整⇒組立寸法測定⇒組立 (結果: 可動側金型の完成)	5人 ×2日
	⑲金型組立工程	組立準備作業 組立作業	⑩⑰	組立調整⇒当たり面調整⇒組立寸法測定⇒組立 (結果: 金型の完成)	10人 ×2日
評価	⑳射出成形工程	射出成形作業	⑰	金型取付け⇒成形条件設定⇒成形品評価⇒製品組立⇒金型修正⇒量産成形 (結果: 製品の勘合・組立評価)	10人 ×5日

また、図 12 に示す、⑫⑬⑭⑮⑯は、同時期におこなう。ここでも使用する工作機械は複数台あるので同時並行の工程が可能となる。1 台しかない場合は、工程をずらさなければならない。⑬⑭工程に必要な日数は 5 日で、⑫

工程は 2 日なので 3 日、⑮⑯工程は 3 日なので 2 日、それぞれ余裕が生まれる。

⑫ 取付板加工工程は、穴やネジ加工を NC フライス盤でおこなう。成形機の固定側と可動側にそれぞれ取

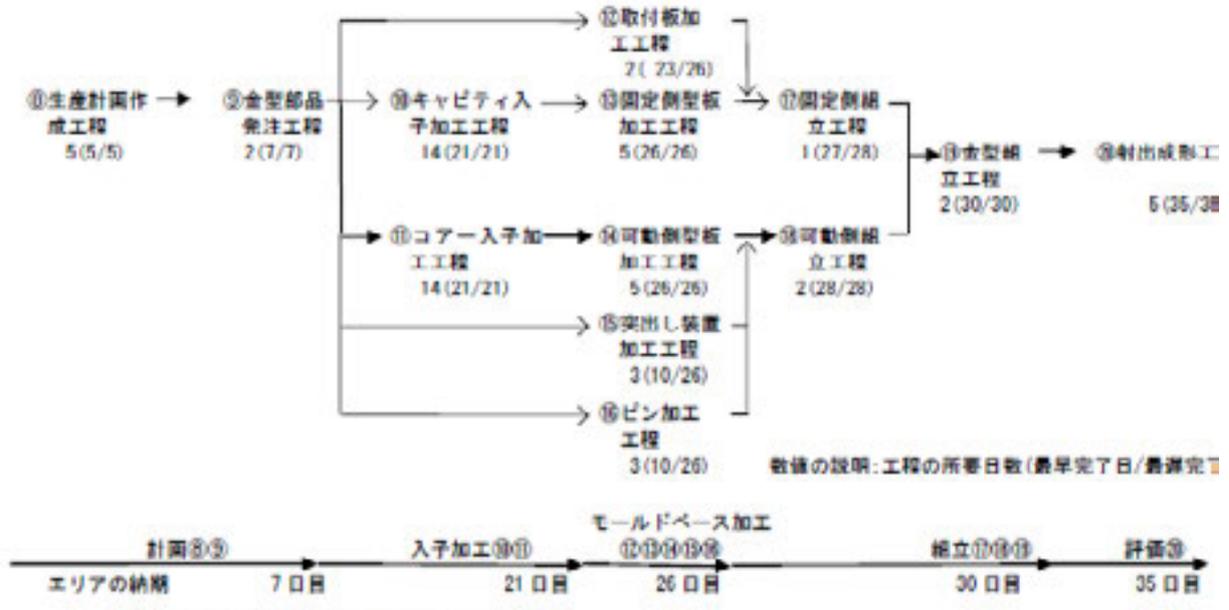


図 12 金型製作・成形のスケジュール

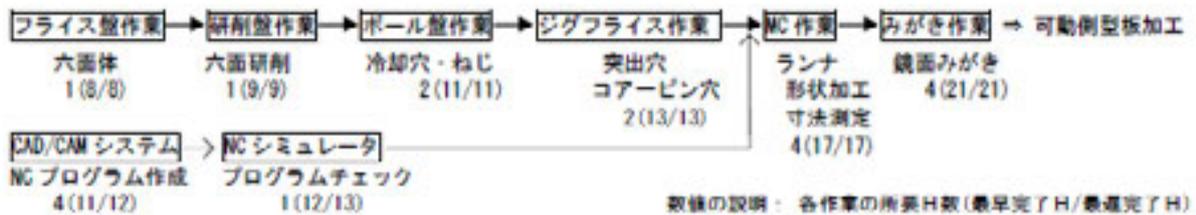


図 13 コア入子加工工程のスケジューリング

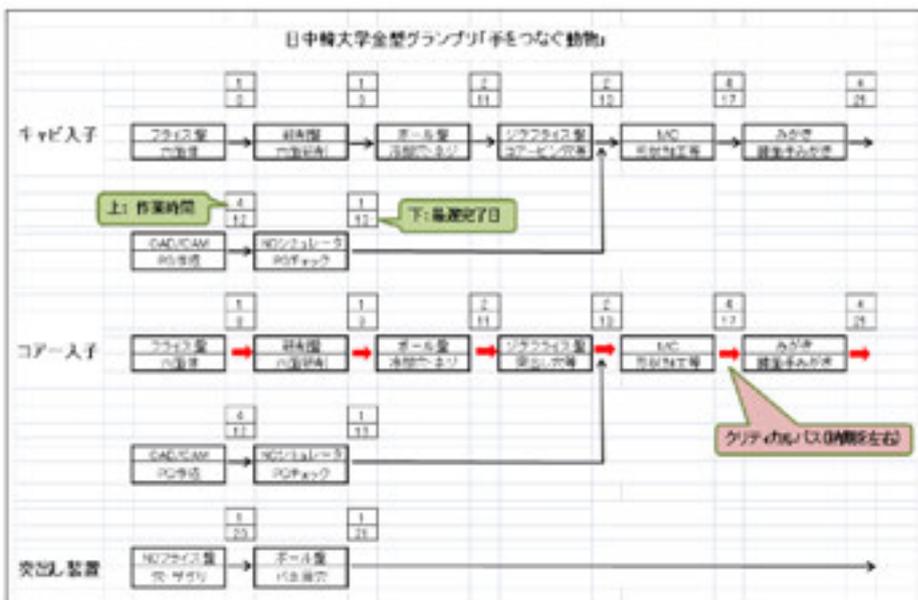


図 14 各工程の作業スケジュール (抜粋)



図 15 完成した金型



図 16 スタッキングした成形品

り付けられるため2種類ある。

- ⑬ 固定側型板加工工程は、冷却穴をボール盤で、ポケット加工（キャビティ入子が入る凹部）とネジ加工をNCフライス盤で、パーティング面（成形品を取出すために金型が開く面）を研削盤で仕上げる。
- ⑭ 可動側型板加工工程は、冷却穴をボール盤で、ポケットと突出し穴・ネジ加工をNCフライス盤で、パーティング面を研削盤で仕上げる。
- ⑮ 突出し装置加工工程は、突出しピンを挿入する突出し穴とザグリをNCフライス盤で、バネ用穴をボール盤で加工する。
- ⑯ ピン加工工程は、リターンピンとサポートピラーを旋盤で、突出しピン長さの微調整が必要な場合は研削盤でおこなう。

(4) 組立

組立は、サブ組立となる固定側組立工程と可動側組立工程を同時並行（⑰⑱）におこない、どちらも終了したら両方を合わせて金型組立工程となり、金型の完成となる。

- ⑰ 固定側組立工程は、押切部を精密やすりなどで仕上げる。また、ピン類のはめ合い調整をする。すべての固定側部品を組み込み、組立寸法を測定し、固定側金型の完成となる（サブ組立）。
- ⑱ 可動側組立工程は、⑰と同様に押切部を精密やすりなどで仕上げて、ピン類のはめ合い調整をする。すべての可動側部品を組み込み、組立寸法を測定し、可動側金型の完成となる（サブ組立）。
- ⑲ 金型組立工程は、押切部に光明丹を塗り、固定側金型と可動側金型を合わせる。パーティング面が閉まったのを確認できたら開いて押切面の当たりを見て、精密やすりなどで調整する。それを何度か繰り返し、均一な当たり面になったら、組立寸法を確認して金型の完成となる。

(5) 評価

- ⑳ 評価では、射出成形機に金型を取付け、成形条件を設定して成形品が安定したら、成形品の見栄えや寸法確認、組立状態を評価する。良品が成形できない場合は、金型の設計変更や金型修正となる。

5.3. 作業分解

⑧生産計画作成工程から始まる各工程は、表8の作業の欄で示すようにさらに分解される。たとえば、⑪コア入子加工工程は、六面体⇒研削⇒冷却穴・ねじ〜（以下省略）に示されるように工程をさらに分解される。その分解後に要素作業を把握して、図13に示すスケジューリングをする。紙面の都合で表記できないが、⑧～⑳工程は、上記のように分解される。つまり、図13は、図

12に含まれて一体化されており、多段複合工程となっている。その一部を図14に示す。

以上から、プロジェクト型生産システムのスケジューリングは、複雑となることを明らかにした。経験の浅い学生らがおこなう場合は、エリアを分けて段階的に、一步步工程分解や作業分解を進めていく必要がある。

5.4. プロジェクト型生産システムの取組み結果

10月から設計をスタートさせたが、4章の表6に示すように改修工事で中断が計画されていた。6ヵ月を想定した課題であるが、3ヵ月で実施しなければならず、そのために当初から緻密な計画を組んだ。PERTを参考にして表計算ソフトと連動させて、クリティカル・オペレーションを重点管理した（図14）。途中で、工作機械の故障や加工ミスも発生したが、表計算ソフトを活用して、スケジュールの見直しの繰り返しとなった。

実際には、計画どおりとはならず、3月中に量産成形はできず、4月の第1週までずれ込んだ。残りの5日間で、成形品の配布や発表の準備をおこなった。

しかし、授業で学んだ知識や技能、各種の設備を使って、実際のものづくりに結びつけることができた。図15が完成した金型、図16が立体的にスタッキングされた成形品を示す。

6. おわりに

金型倶楽部の設立から教材開発に始まり、金型グランプリまでの1年間の活動について述べた。本研究によって得られた結論は、サークル活動と生産システムにかかわるものに大別できる。

- (1) 金型クラブの目的は、プロセス・イノベータを目指すことである。これは、教材コンクールでの受賞や金型グランプリなどの取り組みを通して十分達成されたと考えられる。
- (2) 学生が履修する専攻学科・専攻実習を基礎に、サークル活動として金型の設計・製作・評価をおこなうことで、授業で学ぶ内容を生産工程へと直接結びつけることができた。また金型の教材作成や設計製作により、分断しているとみられる履修科目の必要性や相互のつながりを意識させることもできた。
- (3) サークル活動の研究成果を様々なイベントで発表するという目標を立てることで、日々のサークル活動に緊張感や動機づけをもたらした。様々なジャンルの方たちと学生が交流できるようにも促した。
- (4) 作成した金型の教材は、新入部員の教育訓練や指導員研修（わかるを支援する教材設計の進め方と教材作成「射出成型金型設計編」・射出成型金型設計に関する指導技法開発等）に使用している。また、金型製作の指導法を学んでいる全国の指導員にも配布している。
- (5) 金型の設計製作などのプロジェクト型の生産シス

テムのスケジューリングは、多種多様で複雑となる。しかし、経験の浅い学生でも、エリアを分けて段階的に工程分解や作業分解をすることにより円滑なスケジューリングが可能になる。

(6) 教材開発は、教員と学生とで 3 章の 3.1 教材開発で述べたようにシステム化をして実施した。金型の生産工程は、多種多様なので複雑となる。しかし、実技課題の分析を行い生産工程の構造化ができた(表 3 実技課題分析図に示す)。これによって、金型グランプリにおいて、生産工程全体を把握できたため、突発的な変更でも 5 章の 5.4、図 14 に示す PERT と表計算ソフトを連動することにより柔軟な対応をとることができた。この方法は、今後、プロジェクト型の教育訓練に活用できるものである。

参考文献

1. 職業訓練教材コンクール、Web ページ
URL:<http://www.tetras.uitec.jeed.or.jp/center/shokugyuu/031/index.html>, 参照日:2015-1-20
2. 第 5 回日中韓大学金型グランプリ, Web ページ
URL:http://www.uitec.jeed.or.jp/images/news/20130521_kanagata.pdf, 参照日:2015-1-20
3. 日本工作機械見本市, Web ページ
URL:<http://www.jimtof.org/jap/>, 参照日:2015-1-20
4. (社)実践教育訓練研究協会, Web ページ
URL:<http://www.jissen.or.jp/>, 参照日:2015-1-20
5. 第 20 回職業能力開発研究発表講演会, Web ページ
URL:<http://www.tetras.uitec.jeed.or.jp/center/fukyuu/032/>, 参照日:2015-1-20
6. 東京都小平市公式ホームページ
URL:<http://www.city.kodaira.tokyo.jp/>, 参照日:2015-1-20
7. たま工業交流展, Web ページ
URL:<http://www.tama-kogyo-koryuten.jp/>, 参照日:2015-1-20
8. 星野実, 櫻井光広, 海原崇人, 古賀俊彦, 太田和良, 松本和重: プロジェクト方式訓練での実技教材開発「金型製作」, 工学教育, Vol.62 no.1 pp.20-25(2014-1)
9. INTERMOLD2013, Web ページ URL:<http://www.intermold.jp/>, 参照日:2015-1-20
10. 村松林太郎: 新版生産管理の基礎, 株式会社国本書房, pp.316-324, 1998
11. 村松林太郎: 新版生産管理の基礎, 株式会社国本書房,

pp.78-82, 1998

12. 村松林太郎: 新版生産管理の基礎, 株式会社国本書房, pp.322-324, 1998

(原稿受付 2015/3/18、受理 2015/4/28)

*星野 実, 学士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:hoshino@uitec.ac.jp

Minoru Hoshino, Polytechnic University, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

*加藤 朗人

職業能力開発総合大学校 総合課程機械専攻, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Akito Katou, Polytechnic University, 2-32-1

Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

*長谷川 育哉

職業能力開発総合大学校 総合課程機械専攻, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Ikuya Hasegawa, Polytechnic University, 2-32-1

Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

*長谷川 遼平

職業能力開発総合大学校 総合課程機械専攻, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1

Ryouhei Asegawa, Polytechnic University, 2-32-1

Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

*松本 和重, 学士 (工学)

職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:k-matsu@uitec.ac.jp

Kazushige Matsumoto, Polytechnic University, 2-32-1

Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035

*坪田 光平, 修士 (教育学)

職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:tsubota@uitec.ac.jp

Kohei Tsubota, Polytechnic University, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi,

Kodaira, Tokyo 187-0035