

合流工程のある模擬生産ラインを活用した改善実習の有効性

Effectiveness of Production Improvement Practicum Using a Simulated Production Line with Merging Processes

山口 俊憲

Toshinori Yamaguchi

On the front lines of manufacturing, production engineers and key on-site leaders need to acquire not only specialized technical skills such as mechanical and electrical engineering, but also management skills such as production planning and quality control that contribute to improving productivity. However, for students at higher education institutions, such as universities or polytechnic colleges, who lack practical experience, it is difficult to envision the concrete application of these skills. Therefore, a production improvement practicum using a simulated production line that includes merging processes was developed and implemented. This practicum provides students with opportunities to acquire management skills through experiential learning. Evaluation of the learning outcomes showed that participants developed a deeper understanding of management skills. These results indicate that the production improvement practicum presented in this report is effective in helping students acquire management skills.

Keywords: Simulated Production Line, Experiential Learning, Management Skills, Productivity Improvement, Higher Education Students

1. はじめに

少子高齢化の進行により、日本の生産年齢人口は1995年をピークに減少している。生産年齢人口の減少により、労働力不足、国内需要の減少による経済規模の縮小など様々な社会的・経済的課題の深刻化が懸念されている^[1]。ものづくり現場においても約11万人の人手不足があると言われており^[2]、人員の確保だけでなく、少ない人員で生産性を向上させていくことが求められている。効率的な生産を行うためには、機械や電気などの固有技術だけでなく、それらを生かす生産管理や品質管理などの管理技術も必要となる。2018年版ものづくり白書^[3]においても、生産改善を行える人材が必要であるとの回答割合が高くなっている。生産改善には、デジタル技術の活用も含め、価値とムダを顕在化させ、資源を最小化することでその価値を最大限に引き出そうとする見方・考え方であるIE (Industrial Engineering) ^[4]に基づく効率化が必要と考えられる。

このIE手法を生産現場で活用するためには、講義を中心とした知識獲得だけでは不十分で、生産の流れをイメージできる実習などの体験的な人材育成が効果的と考えられる。しかし、大学等の高等教育機関で学ぶ就労経験のない学生が生産の流れをイメージしながらIEの考え方や手法を理解することは難しい。そのため、模擬生産

ラインを構築し、その改善を通して生産の流れと改善手法を学ぶ実習カリキュラムの導入が求められる。皆川らは、社会人や学生を対象にIE手法の理解と活用を目的としたブロックや掃除機のパーツを用いた生産改善実習を一人生産^[5]、直線的に配列された6人^[6]や5人^[7]の流れ作業による生産ラインで行っている。ここで使われている模擬生産ラインで動作分析、ボトルネック工程の明確化、ラインバランスの改善などを体験的に学ぶことができる。しかし、精密板金加工工場や縫製工場など多くの生産ラインの合流工程では、複数の前工程を持ち、その一つでも遅れが生じると全体が停止してしまう。さらに、現場の合流工程は必ずしも隣接しておらず、一つの工程の遅れがライン全体に及ぼす影響を直感的に把握するのは容易でない場面も見られる。このような遅れはその日の目標売上が達成できないだけでなく、配送予定の変更、納期遅延など大きな影響を及ぼすことになる。したがって、合流工程のない生産ラインを用いた実習だけでは現場の実態を十分に反映できず、複数の合流工程のある模擬生産ラインを用いた実習プログラムを構築する意義がある。また、合流工程のある生産改善に関する実習が紹介されているが、その効果までは十分に言及されていない^{[8][9][10]}。

本研究では、IEの考え方や手法の理解を体験的に学ぶことを目的とした複数の前工程を持つ合流工程のある模

擬生産ラインを活用した改善実習プログラムを提示し、その実習による学びの効果を生産改善の結果、受講者が提出した報告書および確認テストを用いて評価する。この結果に基づき、本研究で示した生産改善実習プログラムによる管理技術の習得の必要性について、職業能力開発施設における生産技術者育成の観点から考察する。

2. 模擬生産ラインを用いた実習

2.1. 実習の狙い

2.1.1. 実習の狙いの検討

模擬生産ラインを活用した実習における学びの狙いを以下に示す。

(1) IE の考え方と手法への理解

流れ作業方式の生産効率を考える際、各工程の工数を平準化するラインバランスングが重要となる。この平準化には作業の標準化が求められる。標準化とは単純化と統一化の二つの要素から構成される^[11]。作業を統一化するだけでなく、ムダ・ムリ・ムラの排除を図る単純化が求められる。IE 手法では、単純化をする際の考え方として動作経済の原則（表 1 参照）^[12]や ECRS（E：Eliminate（排除）、C：Combine（結合）、R：Rearrange（再配置）、S：Simplify（簡素化））^[13]があり、これらの理解が必要となる。また、生産改善を行う際、前後の工程への影響や効率化だけでなく、品質や作業者の失敗防止への配慮も求められる。

(2) 生産計画の立案の必要性

著者は地域企業から、『生産計画通りに生産ができないがどうしたらいいか』との相談を受けることがある。生産現場では、作業が標準化されることで工数が明確になり、計画的な生産が可能となる。しかし、計画通り生産できていない企業の多くは標準工数が定まっておらず、受注額や顧客が望む納期などに応じた計画となっている。そのため、生産計画を立案するには標準時間を把握する必要性の理解が求められる。

(3) 流れ作業とセル生産の比較

多くの種類の製品を少ない量で生産するためには、流れ作業ではなく、セル方式による生産が行われる場合も

多い。そこで、流れ作業とセル方式の生産のメリット・デメリットへの理解も必要となる。本実習では、セル生産を行った際の多能工化による影響に焦点を当てており、多品種生産の特徴を理解する上では十分とはいえない構成となっている。

(4) 生産現場における作業者と管理者の視点の違い

地域の中小企業の生産改善に取り組む中で、経営層から『現場の作業者からの提案が少ない』、また、『常に自分の作業の改善に取り組み、全体を俯瞰する視点が欠けている』との指摘があった。しかし、自身の作業に追われる作業者が全体を俯瞰的に見ることは難しい。そこで、作業者と管理者の視点の違いがわかるように構成された実習課題が求められる。

2.1.2. 実習の狙いの整理

改善実習では「①ラインバランスング」、「②動作経済の原則・ECRS」、「③前後の工程への影響」、「④品質・失敗防止」、「⑤標準工数に基づく生産計画の立案」、「⑥流れ作業とセル生産の比較」、「⑦作業者と管理者の視点の違い」を体験的に理解することを目指す。

2.2. 模擬生産ライン

2.2.1. 生産方式の検討

製品を製造する際、所定の位置についた作業者が流れてきた製品の作業を行う流れ作業方式と一人または少数の作業者で製品を製造するセル生産方式がある。

組み立てなどを行う流れ作業方式では、各作業者の作業時間が異なると仕掛かりや手待ちが発生する。特に、組立工程への部品供給が滞ると組み立てライン全体が停止することになる。

そこで、改善実習で用いる生産ライン（以下、模擬生産ライン）は、組み立てラインに部品の供給が行われる合流のある生産ライン（図 1 参照）とする。多能工化による作業負荷の影響に焦点を当てて流れ作業とセル生産の比較を行うため、一人でも組み立てが可能な生産対象とし、部品の点数と種類に配慮した。

2.2.2. 模擬生産ライン

(1) 生産対象

模擬生産ラインは 5 人の作業者からなる流れ作業に 10 個前後の製品を流す。そのため、部品置場のスペースを考え、一つのブロックサイズが最大でも 10mm 程度と比較的小さいパズルブロック^[14]を用いた。このパズルブロックは、基本パーツにジョイントパーツをつなげることで立体的な形状のものを作ることができる（図 2 参照）。基本パーツの表面には表と裏があり、特に四角のパーツでは表と裏の違いが視認しやすいため、組み立て時に表と裏を指定することで、品質不良を発生させやすくすることができる。今回の実習では、2 種類の基本パーツと 3 種類のジョイントパーツを使って図 3 に示す形状の完成品を組み立てる。

表 1 動作経済の原則

身体使用の原則	作業配置の原則	機械器具用具の原則
1. 両手同時開始・同時終了	1. 材料・治工具の3定	1. 治具でワークや器具を保持
2. 両手動作は反対・対象	2. 材料・治工具の手元化	2. 使いやすい専用工具
3. 身体の動作を最小に	3. 材料・治工具は取りやすく	3. 2つの治工具を1つに
4. 安定した姿勢の作業	4. モノの移動は水平移動	4. 治工具は使いやすく・疲れにくく
5. 円滑な連続動作	5. モノの移動は重力利用	5. 機械の安定姿勢と操作手順の流れ化
6. モノの力（慣性）を利用	6. 動作のしやすい作業レベル	6. 作業手順に合った操作位置
7. 注意力の少ない動作	7. 作業に適した照明	
8. 動作に自然リズムをつくる		

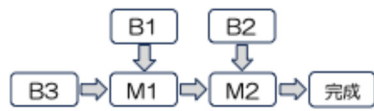
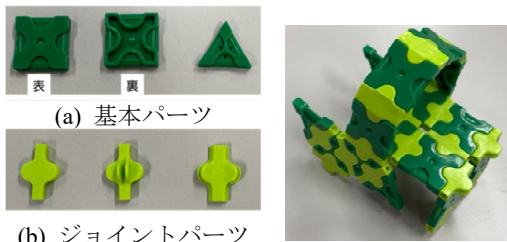


図1 合流工程のある生産ライン



(a) 基本パーツ

(b) ジョイントパーツ

図2 パズルブロック

図3 完成品

(2)改善対象となる模擬生産ライン

実習で改善を行う模擬生産ラインは、図1に示したように作業員5人で図3に示したパズルブロックの組み立てを行う。図1中のB1, B2, B3はパーツを組み立てた後に次の工程に流し、M1, M2工程は自工程のパーツの組立を含む合流工程とした。各工程の作業員の左側に各工程に必要な部品はあらかじめ1製品ごとまとめて置いておく。作業員はその部品を作業場に移動し、組み立てを行う。改善対象となる生産ラインのため、あえてM1工程がボトルネックになるように設定し、改善の余地を残した。しかし、作業員によってはM2工程がボトルネックとなる場合もある。以下に、各工程の作業内容を示す(図4参照)。

B3工程は、図4に示すように4つの基本パーツと4つのジョイントパーツを組み立てる。工数が正しく把握されていない製造現場において、工数が少ない工程では後工程の進み具合によって作業時間を調整していることが

あり、実測値では正しい工数の把握ができないことがあった。そこで、この工程は他と比べ作業量を少なく設定し、担当する作業員は自分のペースで組み立てを行うこともできるようにした。

M1工程は、図4に示すようにB3工程とB1工程から流れてくる部品に加え、基本パーツ2つとジョイントパーツ6つを組み立てる。

M2工程は、図4に示すようにM1工程とB2工程から流れてくる部品に加え、基本パーツ4つとジョイントパーツ3つから完成品を組み立てる。

M1工程とM2工程は、手待ちが起きていることがわかるようにするため、前工程から流れる部品が揃わないとあらかじめ置かれた部品の組み立てを含む作業を開始できないこととした。そのため、作業員は手待ちの間に自工程に置かれた部品を組み立て、仕掛かりとして持つことができない。

B1とB2工程は、図4に示すように基本パーツ4つとジョイントパーツ4つを組み立てる。B1とB2工程は、全く同じ作業内容としたが、作業員によって作業時間に差が生じる可能性がある。また、この工程もB3工程と同様に作業量を少なく設定したため、作業員は自分のペースで作業を行うことができる。

2.3. 実習内容

2.3.1. 実習概要

(1)実習の人数

実習を行う際の1つのグループの人数は、生産全体を俯瞰的に見る人員を置くため5人より1人あるいは2人多い、6~7人とする。

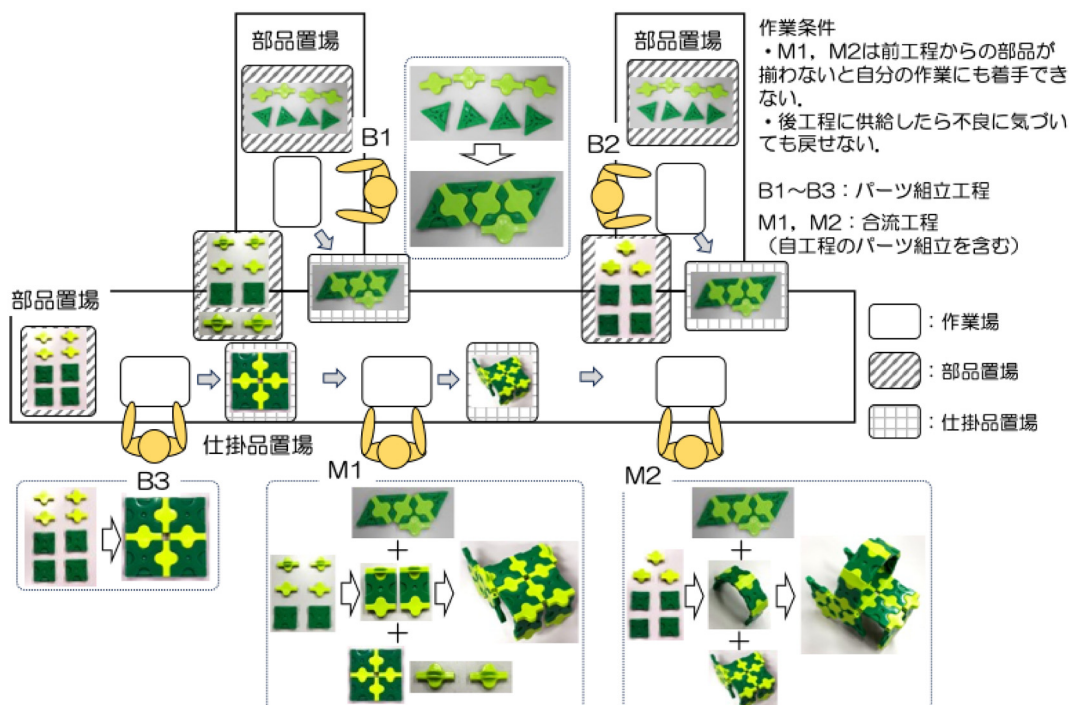


図4 模擬生産ラインの詳細 (改善前)

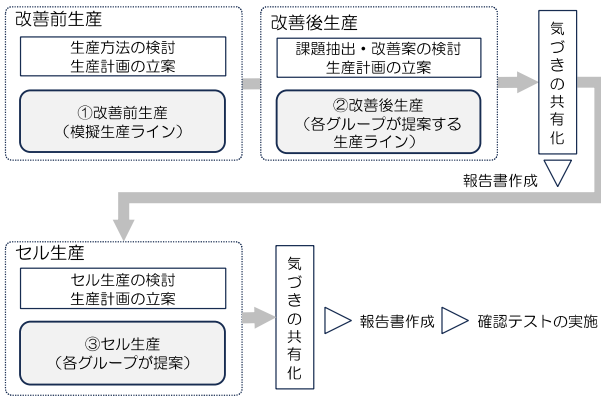


図5 実習の流れ

(2)実習の流れ

模擬生産ラインを活用した実習の流れを図5に、また、実習時に検討すべき内容の概略を図6に示す。

まず、改善前の生産では、ムダが多く残された非効率な模擬生産ラインでの生産を行う。次に、模擬生産ラインでの生産の結果を受けて、グループごとに改善策を考えてもらい、改善後の生産を行う。最後に、セル生産での組み立てを検討してもらい、実際に行う。生産を行う際に不良品が発生した場合はペナルティとして不良品1個あたり一定の秒数を加算する。実習では10個程度の生産を行ってもらうが、検討段階では4~5個程度分の部品を提供する。2つ以上のグループで行う場合、どちらがより短時間で生産できるかを競ってもらう。

改善後の生産とセル生産を終えた後、実習での気づきなどについて共有し、各自で報告書を作成する。

2.3.2. 改善前生産

教員からレイアウト、人数、各作業者の作業内容などが示された模擬生産ラインでの生産を行う。その際、グループごとに誰がどの工程を担当するかを決め、測定した工数から10個を組み立てるのに要する時間を予測し、それに基づいて生産計画を立てる。前述したように検討段階では実際に作る生産個数より少ない数の部品しか提供されていないため、各工程の作業時間から10個組み立てるのに要する時間を予測する必要がある。これにより、把握した各工程の工数から実際に求められる生産個数に要する時間の予測、すなわち生産計画を立てることにつながる。

2.3.3. 改善後生産

改善前の生産結果から改善の方針を示し、それを達成するための改善策として具体的な作業方法を考え、その改善策で生産を行って

もらう。ただし、改善する際、人数は5人のままとし、改善前生産と同様に自身の作業終了後に他の工程の手伝いができないこと、また、各作業者の作業を途中で変更できないこととした。

2.3.4. セル生産

流れ作業とセル生産のメリット・デメリットを体験的に考えてもらうため、同じグループ内で作業の統一化を図り、組み立てを行ってもらう。この生産でも、段取りに要する時間は考慮しないこととした。

2.3.5. 気づきの共有化と報告書作成

改善した内容や気づきの共有化を図るため、教員を司会として改善した内容の振り返りを行う。また、体験的に習得した事柄を知識に変換するため、報告書としてまとめる。特に、改善を進めるリーダーになるためには、感覚的に得た事柄を説明する必要があるため、報告書のような形式で文章や図として表すことが大切と考えられる。

3. 実習の有効性評価

県立職業能力開発施設の機械系専門課程2年生14名に対して12月末に行った改善実習の結果を示す。この14名はこれまでの講義・実習において工程分析や動作分析の基礎について学んでいる。

本報告で示す実習は2つのグループで行ったため、それぞれのグループの改善前と改善後の生産結果の比較、提出された報告書、確認テストの結果に基づき実習の有効性を評価する。

3.1. 改善結果

3.1.1. 生産レイアウトの比較

(1)流れ作業の改善前後

図7に改善後の生産ラインのレイアウトを示す。図7に示したように、どちらのグループも部品置場と作業場を近づけて、移動距離が短くなる工夫を行っている。ま

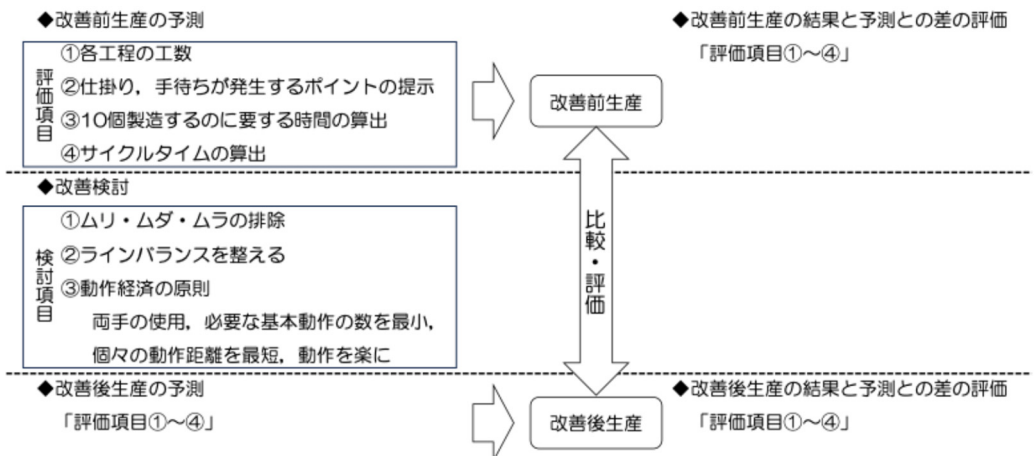


図6 実習時に検討する内容

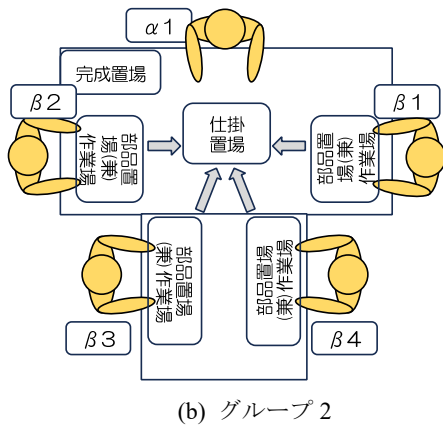
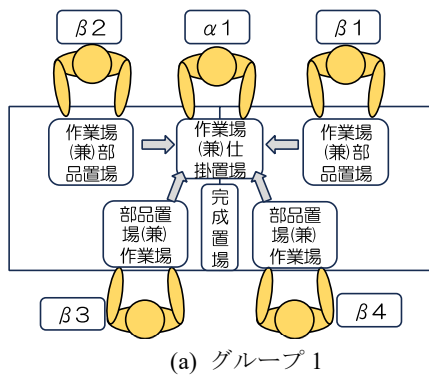


図 7 改善後の生産ラインのレイアウト

た, 前工程から流れてくる仕掛品も次工程の近くに置くようなレイアウトに変更し, 運搬距離を短くする工夫がなされている. このことから, 動作経済の原則でも示される「動作範囲を最小限」にする改善や, 工程間の作業者の距離を短くする「間締め」の必要性を体験的に理解できていると考えられる.

(2)セル生産

図 8 にセル生産を行った際の各グループの部品の配置図を示す. 二つのグループ双方, 部品の移動や取り置き動作ができるだけ少なくなるように 1 セットずつ配置している. このことから「動作範囲を最小限」にすることを意識していることが分かる. しかし, 段取りに要する時間を考慮しなくてもいいとしたため, 部品を並べる時間がかかる配置となっている. そのため, 実際の生産においては前工程との連携を考える必要がある.

3.1.2. 生産に要した時間の比較

(1)流れ作業の改善前後

図 9 にグループ 1 と 2 における改善前後の各工程の平均作業時間を示す. 不良品の発生は, グループ 1, 2 ともになかった. 後述するボトルネック工程を含む各工程の作業時間の変化は作業者の習熟による影響も考えられる. そのため, この実習の結果から改善によって何%の生産性向上が見られたかを判断することは難しい. したがって, ライン編成効率の変化に焦点を当てて評価を行った.

改善前の各グループの各工程の作業時間に差があり,

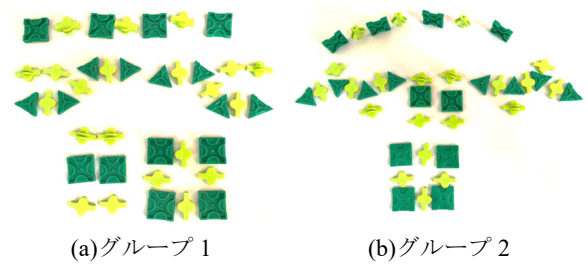


図 8 セル生産時の部品配置

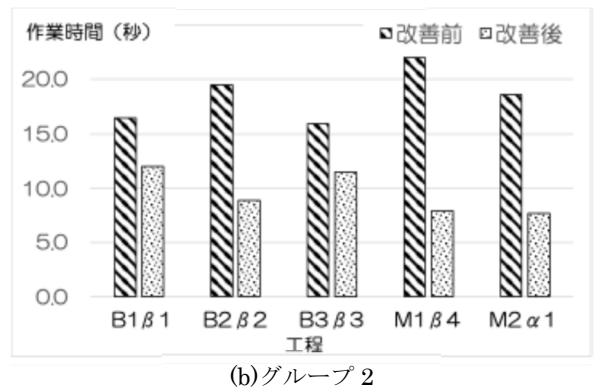
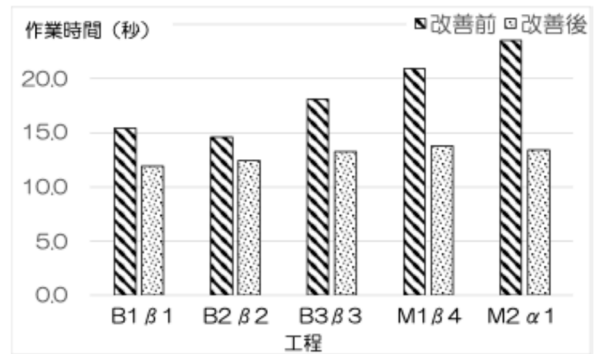


図 9 改善前後の各工程の作業時間

また, ライン編成効率も 78.6%と 84.1%と異なっている. 改善前の M1 や M2 工程は立体形状にする作業で器用さなど, 作業者の特性に起因すると考えられる. その一方で, B1, B2, B3 工程は後工程の進捗状況などによって作業速度を調整していることが考えられる. このような差が製造現場の生産性等に影響を及ぼすような場合, 工程設計の工夫や教育訓練などによって, 縮減を図る必要がある. しかし, 本実習では, グループ内の改善の取り組みが主たる目的であるため, グループ間の差の原因分析や是正まで行わないこととした.

グループ 1 では, ライン編成効率が 78.6%から 94.2%と約 16%向上し, ボトルネック工程の平均作業時間も 23.5 秒から 13.8 秒へと約 10 秒短縮された. 一方, グループ 2 では, ボトルネック工程の平均作業時間は 22.0 秒から 12.0 秒と約 10 秒短縮されたものの, ライン編成効率が 84.1%から 79.9%と約 4%低下した. ただし, ボトルネック工程と最も平均作業時間の短い工程の差は, 改善前の 6.1 秒から改善後の 4.3 秒へ短縮されており, ライン編成効率の向上を意識した改善が行われたと考えられる.

グループ2においてライン編成効率が低下した要因として、偶然原因による影響も考えられるが、大きな要因として改善前の工程 B2 における作業時間のばらつきが考えられる。具体的には、10 個の組立を行った際の最短時間（1 個目の 12.2 秒）と最長時間（8 個目の 26.1 秒）の差が約 14 秒と大きく、また、前半と後半の 5 個の平均組立時間は 16.5 秒と 22.5 秒とゆっくり作業をしたと考えられる。これは、グループ間の同一工程の作業時間の差においても示したように、作業者が後工程に仕掛品が滞留していることから意図的に作業速度を調整した結果と推察される。実際の工場の編成効率を分析した際に、午後は高く、始業したばかりの早い時間は低いことがあり、後工程の仕掛かり数に応じて作業者が丁寧な作業を行うなど、作業速度を調整している例が見られた。

(2)セル生産

表 2 にセル生産の場合の 1 個当たりの組み立て時間を示す。セル生産では 1 人が 1 個組み立てるのに要する時間が約 50 秒となった。5 人の作業員で作業を均等に分割した場合、理論上は 1 人当たり約 10 秒となる。これは改善後の流れ作業のボトルネック工程の約 20 秒と比べ、約半分の時間となる。このことから流れ作業では、置き動作、移動、ラインバランスが生産時間に大きく影響を与えていたことを改めて認識できる結果となった。

表 2 セル生産の場合の組み立て時

	グループ1	グループ2
1人目	47	59
2人目	46	72
3人目	57	48
平均	50.0	59.3

3.2. 学生の報告書と確認テストの結果

3.2.1. 学生の報告書

(1)実習課題に対する理解について

グループ1・2の計14名の報告書において、組み立て作業におけるモノの移動に関するムダ、各工程の工数の違いが生産性に影響を及ぼすことが記載されていた。また、仕掛かりや手待ちに関する課題についての言及がなされていた。

(2)ラインバランスについて

グループ1・2の計14名の報告書において、13人がラインバランスを整えることの必要性について明確に言及していた。これにより、工程間の負荷分散の重要性に対する理解が進んでいることが示唆された。

(3)残された課題や新たに発生する課題について

14人全員の報告書において、残された課題や新たに発生する課題について複数の記述が見られ、改善しても必ずしもすべてが望ましい方向に進むわけではなく、継続的な改善の必要性についての理解が進んだと期待される。

表 3 確認テストの結果

設問		正解	不正解	正解率
流れ作業	ボトルネック工程のペースで生産	12	2	85.7
	組立て部品の供給が遅れると生産が止まる	14	0	100.0
	一つの工程の結果が全体の生産性に影響を及ぼす	14	0	100.0
	ボトルネック工程の前に仕掛かりが溜まる	11	3	78.6
	ボトルネック工程に合わせて作業を調整している場合あり	10	3	71.4
移動や取り置き動作はムダで避けるべき		13	1	92.9
作業は極力両手で行うべき		13	1	92.9
生産計画の立案に工数は必要		14	0	100.0
動作分析の考え方は自動機製作で活用可能		13	1	92.9
セル生産	部品点数が多くても導入すべき	13	1	92.9
	個人の責任が重くなる	13	1	92.9
	多能工化など教育・訓練が必要	14	0	100.0
	各自の改善効果が反映されやすい	14	0	100.0
	標準化の必要性	13	1	92.9

(4) 各生産方式のメリット・デメリットについて

14人分の報告書より、セル生産は柔軟性・品質重視、流れ作業方式は大量生産・効率重視と示す傾向が見られた。また、セル生産では、多能工化を図る必要があり、教育にかかるコストや作業員にかかる負担が大きいという視点も見られた。

以上より、各生産方式の特徴についての理解が進んだと期待される。

3.2.2. 確認テストの結果

表 3 に確認テストで出題された「流れ作業の生産改善」と「セル生産方式」に直接関連する設問と、その回答結果を示す。

流れ作業では、ボトルネック工程のペースで生産されることや部品供給の遅れにより生産全体が止まるなどの設問で正解率が8割を超えており、流れ作業の特徴、特に合流工程がある場合についての理解が進んだことが確認された。また、「生産計画の立案に工数が必要であること」と「動作のムダ」に関する設問では正答率がいずれも9割を超えており、生産改善を進める上で必要な基本的な考え方が広く浸透したことを確認できた。

加えて、「どのような改善を行ったか」という自由記述において、14人中12人の学生がラインバランスに関する内容を記述しており、多くの学生がラインバランスを整えることが生産性向上に寄与することを理解していたことがわかる。また、管理的視点を問う目的で設けた「作業員と管理者の違い」についての自由記述では、14人中9人の学生が「全体を見る管理者の必要性」に言及しており、改善活動において生産ライン全体を俯瞰的に見る視点が必要であるとの認識が一定程度形成されたと考えられる。

セル生産についても、多能工化の難しさや改善効果の

反映されやすさといったメリット・デメリットに対して 9 割を超える正答率となっており, 生産方式の違いに関する理解も進んでいると考えられる。

さらに, 「動作のムダ」に関する考え方が単なる作業改善だけでなく, 自動機的设计・製作に应用可能であるというイメージを持つことができたのは, ファクトリーオートメーション (FA) 機器的设计・製作を将来行う機械系の学生にとって, 大きなメリットになったと考えられる。

3.3. 考察

3.3.1. 実習の狙い

2.1.2 節で示した 7 つの改善実習の狙いに基づく理解がなされたかを模擬生産ラインの改善, 学生の報告書, 確認テストの結果の 3 つから考察する。

①ラインバランスング

3 つの結果から, ライン編成効率を高める必要性についての理解は進んだと考えられる。また, 一見ライン編成効率が高く見えても, 作業者がボトルネック工程に合わせて作業を行っていることもあることへの理解が高まったと考えられる。

しかし, 模擬生産ラインの改善では, ライン編成効率が下がったグループもあり, 改善の際の目標値を設定するなど実習の進め方の改善が必要となる。また, ライン編成効率が上がらなかった要因の分析を促すなどの報告書作成指導の工夫が必要となる。

②動作経済の原則・ECRS

3 つの結果から動作経済の原則・ECRS の必要性が認識され, その考え方にに基づく改善が行われたと考えられる。しかし, どの動作改善がどの項目に対応するのか, 各項目についてどのように考えられたのかといった詳細な理解は不十分である。そのため, 報告書において対応表などを作成させ, 理解を深める工夫が必要と考えられる。

また, 本実習では作業習熟の影響を十分に考慮していないため, 主にレイアウトの視点やライン編成効率の変化などから改善の評価を行っている。本来, 習熟による改善効果を排除するためには, 十分な練習を行い, 作業が習熟した段階で試行する必要がある。しかし, 実習時間には限りがあるため, この手続きを完全に取り入れることは難しい。そこで, 今後は, 動作改善を重視する実習の中で, 使用するブロック組立に事前に慣れてもらい, 習熟に要する時間の短縮と習熟による収斂の過程について理解を深めてもらうことで, 改善効果についてより妥当性の高い評価が可能になると考えられる。

③前後の工程への影響

3 つの結果から後工程への部品提供が遅れると生産ライン全体に影響を与えることへの理解は進んだと考えられる。特に, 二つの前工程を持つ合流工程では, 一つの工程からの部品が供給されても, もう一つの工程からの部

品が揃わないと生産ライン全体が停止してしまうことが体験できたと考えられる。また, ボトルネック工程の前工程では, 作業者が後工程に合わせて作業を遅く行うなどの影響があることもわかる実習プログラムとなった。

④品質・失敗防止

模擬生産ライン実習において, 品質不良などの発生はなく, 作業を決める上で品質への考慮が必要であるとの理解はあったと考えられる。

⑤標準工数に基づく生産計画の立案

3 つの結果から生産計画の立案に際して標準工数の必要性について理解が進んだと考えられる。特に, 模擬生産ラインの改善において, 実際に作る個数より少ない部品しか渡されていないため, 求められる個数の製品を組み立てることなく, 各工程の工数から予測を行うことができている。

⑥流れ作業とセル生産の比較

3 つの結果から流れ作業とセル生産における一つの製品を組み立てる際の多能工化による影響についての理解は深められたと考えられる。しかし, セル生産の特徴の一つである多品種少量生産や変種変量生産の特性についての理解が進む実習課題となっていない。そのため, 新たにそれぞれの生産において複数の種類の製品を作ることができる状態を設定し, 製造する製品が変わったときにリードタイムや仕掛かりにどのような影響が出るかなどがわかる実習などを行う必要がある。

⑦作業者と管理者の視点の違い

3 つの結果から作業者は自分が担当する工程とその前後の工程についての把握はできるが全体を見通すことは難しく, 生産ライン全体を俯瞰的に把握する管理者の必要性への理解が進んだものと考えられる。しかし, 管理者がどのようなところに注意してみる必要があるかについての具体的な言及はなされていない。実習後に管理者視点についてディスカッションを行い, 更なる理解を深めるなど, 実習プログラムの改善が必要と考えられる。

以上の結果から, 本実習で行った合流工程のある模擬生産ラインの実習を通じて, 学生は生産管理の基本的な概念であるラインバランスング, 動作改善, 工程間の連携, 標準工数, 生産方式の特徴, 管理者の役割について, 体験的に理解する効果を得られたと考えられる。その一方で, 改善目標の設定やより深い分析, セル生産や管理者視点の具体的な理解といった課題も明らかとなった。今後, 実習設計や報告書指導, ディスカッション内容の検討など, 実習プログラムの改善の余地がある。

さらに, 学びの目的に合わせた模擬生産ラインを設計し, これを活用した実習プログラムを構築することで, 学生は知識の習得だけでなく, 実際の作業を通じた改善活動に取り組む体験的な学習を行うことができる。これに

より、実務経験の乏しい学生であっても、生産現場で起こりうる課題に気づき、その解決に向けた改善策を立案・試行し、その成果を評価する経験を得ることが可能となり、現場に即した実践的な学びを深められると考えられる。

3.3.2. 生産技術者育成における管理技術教育の必要性

本実習を通して得られた知見は、生産技術者の教育・能力開発に有効に活用できると考えられる。特に、動作経済の原則に基づく改善を体験することで、作業者のムダな動作を削減する視点を養うだけでなく、生産技術者が設計する装置や治具の機構設計においても不要な駆動や複雑な機構を減らすことが可能となる。

さらに、ラインバランシングや工程間の影響把握を組み合わせることで、装置の配置や部品供給を行う際に効率的な設計を行うことも可能となる。セル生産と流れ作業の比較から得られる多能工化や今回の実習では課題となっている柔軟な生産の理解も、変種変量生産に対応する装置の変設計に適用可能となる。加えて、作業者と管理者の違いを体験的学ぶことは、工程全体を俯瞰した装置設計やライン調整の判断力を養う上で有効と考えられる。

以上より、本実習は、現場での生産性向上だけでなく、生産技術者が設計する装置の効率的な機構や稼働率向上に寄与するプログラムと考えられる。

4. おわりに

本報告では、IE の考え方や手法を体験的に学ぶことを目的に合流工程のある模擬生産ラインを活用した実習プログラムを構築し、実習の改善結果、報告書の内容、確認テストの結果からその有効性を考察した。

実習を通して、学生はラインバランスの重要性や動作のムダなど IE の基本的な考え方を理解した。また、実務経験がほとんどない学生にとって理解することが難しい生産現場における作業者と管理者の違いや、一つでも部品が欠けると生産ライン全体が停止することに対する体験的な理解を進めることができた。さらに、模擬的な生産改善を経験することで、改善によっても新たな課題が生じることや、残された課題があることを体験的に理解し、継続的な改善が不可欠であるとの認識を深める機会となった。

報告書や確認テストの結果からも実習を通じた知識の定着や応用力の向上が見られた。特に卒業後に FA 機器の設計・製作を行う機械系の学生にとって、自動機設計や生産設備の開発にもつながる有益な学びとなった。これは、IE の考え方が生産現場の改善だけでなく、自動機などを含む生産設備全体の設計にも適用可能であることを示している。

本研究の意義は、体験的な改善実習が管理技術の習得に有効であることを示しただけでなく、学びの目的を明確に定め、それに適した模擬生産ラインを設計・活用す

ることで、有効性の高い改善実習プログラムを構築できることを具体的に示した点にある。今後、模擬生産ラインの生産状況をリアルタイムで可視化・分析できるデジタルツールの活用を進め、実習の DX 化を図ることで、情報系や電子系など他分野の学生が協働する学びへの展開が求められる。本実習プログラムは、実践的な IE 教育の一つとして、現場の最前線で活躍する生産技術者を育成する職業訓練施設における IE 教育としてさらなる展開が期待される。

参考文献

- [1] 総務省:令和 4 年版 情報通信白書 情報通信白書刊行から 50 年～ICT とデジタル経済の変遷～(2022).
- [2] 経済産業省, 厚生労働省: 文部科学省:令和 4 年度 ものづくり白書(2022) .
- [3] 経済産業省, 厚生労働省: 文部科学省:平成 30 年度 ものづくり白書(2018) .
- [4] IE 協会:「IE とは」, https://www.j-ie.com/about_ie/, (参照 2025-08-12)
- [5] 本位田光重, 皆川健多郎:「ものづくり中核人材育成における産学連携事業の取り組み」, IE レビュー, Vol. 49, No. 1, pp. 45-50 (2008)
- [6] 皆川健多郎:「カイゼン人材の育成のための教材開発」, IE レビュー, Vol. 57, No. 5, pp. 53-58 (2016)
- [7] 皆川健多郎:「ものづくり人材育成のための教材開発とその検証」, <https://www.research.oit.ac.jp/oitid/archive/2020/seeds/seeds-4918/>, (参照 2025-10-25)
- [8] 山口俊憲:「デジタル技術を活用した IE の考え方に基づく生産改善実習」, PTR フォーラム 2023, 第 31 回職業能力開発研究発表会公演論文 (2023)
- [9] 山口俊憲:「変動社会の生産改善は学びの変革」, IE レビュー, Vol. 65, No. 3, pp.6-12 (2024)
- [10] 山口俊憲:「経営工学スキルを持つ製造業の最前線で活躍する人材の育成」, 経営システム誌, Vol. 35, No. 1, p29-37 (2025)
- [11] 並木 高矣, 遠藤 健児 (編著):「生産工学用語辞典」, 日刊工業新聞社 (1981)
- [12] 平野裕之:「新作業研究」, 日刊工業新聞社 (2001)
- [13] 中村茂弘:「現場力を高める簡単 IE 実践マニュアル」, 日刊工業新聞社 (2011)
- [14] Laq :「Laq とは」, https://www.laq.co.jp/about_laq/, (参照 2025-08-12)

(原稿受付 2025/08/19, 受理 2026/11/21)

*山口 俊憲, 博士 (工学)
山形県立産業技術短期大学校, メカトロニクス科 (兼) 産業技術専攻科, 〒990-2473 山形県山形市松栄 2-2-1
Toshinori Yamaguchi, Yamagata College of Industry and Technology,
2-2-1 Matsuei, Yamagata, Yamagata 990-2473.
Email: yamaguch@yamagata-cit.ac.jp