

R8 年度 食品企業生産性向上フォーラム 生産技術人材育成講習会 第 4 回

モノの流れで読み解く現場改善

～真の全体最適が実現する三方良しの現場づくり～

講師：大阪工業大学 教授 / 皆川 健多郎

【目次】

1.モノは流れながら姿を変える

- ・ インダストリアル・エンジニアリング
- ・ 着眼大局、着手小局（鳥の目、虫の目）
- ・ ECRS の原則（改善の着眼点・順序）

2.モノの流し方

- ・ ロット生産と 1 個流し生産
- ・ ラインバランス分析
- ・ 連合作業分析
- ・ 設備総合効率(OEE)
- ・ セル生産

3.「つながり」と「ばらつき」のあるシステム

- ・ 真の全体最適
- ・ 「継続的カイゼン」のための 5 つの集中ステップ

4.まとめ

■

モノの流れで読み解く現場改善
～真の全体最適が実現する三方良しの現場づくり～

食品企業生産性向上フォーラム 第4回生産技術人材育成講習会
2026年8月25日(火)

■

大阪工業大学 情報科学部 データサイエンス学科・ものづくりマネジメントセンター
皆川 健多郎
kentaro.minagawa@oit.ac.jp



本講義は、全4回の講習会の最終回です。前回は、山口先生から「安全」を切り口とした講義がありました。安全は何事にも代え難いものです。今回は、その安全を前提に、「より良い流れをつくる」という視点から現場改善を考えます。

先日、訪日研修で指導した企業へのヒアリング調査のためベトナムを訪ねました。訪問した企業の中に食品加工企業もありました。現地では、さまざまな分野で技術や生産の水準が高まっている一方、高齢化も進み、今後は人材の確保が難しくなると伺いました。現在は第一次産業に従事する人が多いものの、今後、製造業をはじめとする第二次産業への人材移動が進めば、第一次産業においても、限られた人員で生産を維持するための生産性向上が重要な課題になります。これは、日本の食品企業が直面している問題とも重なります。必要な人材や経営資源を簡単には増やせない状況の中で、今ある人材、設備、技術をどのように生かし、より大きな価値を生み出すかが問われています。

皆さんが現場で進めている取り組みは、国内の課題解決にとどまらず、将来は海外企業にとっても参考となる可能性があります。問題解決の方法は一つではありません。本日は、ものや仕事の「流れ」に着目し、働く人、企業、取引先や社会にとって望ましい「三方良し」の現場づくりについて考えます。

自己紹介: 皆川 健多郎

- 大阪工業大学 情報科学部 データサイエンス学科・教授
 - 工業経営論、マーケティング論、投資意思決定論、生産マネジメント、ものづくりのためのデータサイエンス実践特論の科目を担当
- 学内役職
 - ものづくりマネジメントセンター・センター長
 - イノベーションデザイン教育研究センター(CIDRe)・副センター長
 - 体育会剣道部・国際友好部・顧問
- 学外兼職
 - 大阪中小企業顕彰事業・審査委員
 - 3S活動推進協会・事務局
 - 門真市ものづくり産業振興懇話会・会長
 - 農林水産省・食品企業生産性向上フォーラム
- 所属学会・協会
 - (公社)日本経営工学会・第38期副会長・関西支部長
 - (一社)日本設備管理学会・関西支部長
 - (公財)関西生産性本部・理事
 - 関西インダストリアル・エンジニアリング協会・幹事・運営委員
 - IEレビュー編集委員など



Eightオンライン名刺交換

2

私は大阪工業大学情報科学部データサイエンス学科に所属し、大学で教育・研究に携わる一方、製造業をはじめとする企業の現場改善や生産性向上にも取り組んでいます。活動において特に重視しているのは、実際に現場へ足を運ぶことです。昨日も午前、午後と2社を訪問し、現場の状況を確認しながら、それぞれの企業が抱える課題と解決方法について議論しました。

現場には、資料や数値だけでは把握できないことが数多くあります。ものがどのような経路で流れているのか、作業者がどこを移動しているのか、どの工程に仕掛品がたまっているのか、設備がなぜ停止しているのかといった状況は、現場を直接確認することで明らかになります。

そのため、現場へ行き、現物を見て、現実を確認する「三現主義」を大切にしています。データによる客観的な分析は重要ですが、データだけで判断するのではなく、実際の現場で起きていることと結び付けて考える必要があります。本講義では、こうした現場での経験と問題意識を踏まえ、作業や設備が本来持っている能力を十分に発揮できる仕事の流れと環境について考えます。

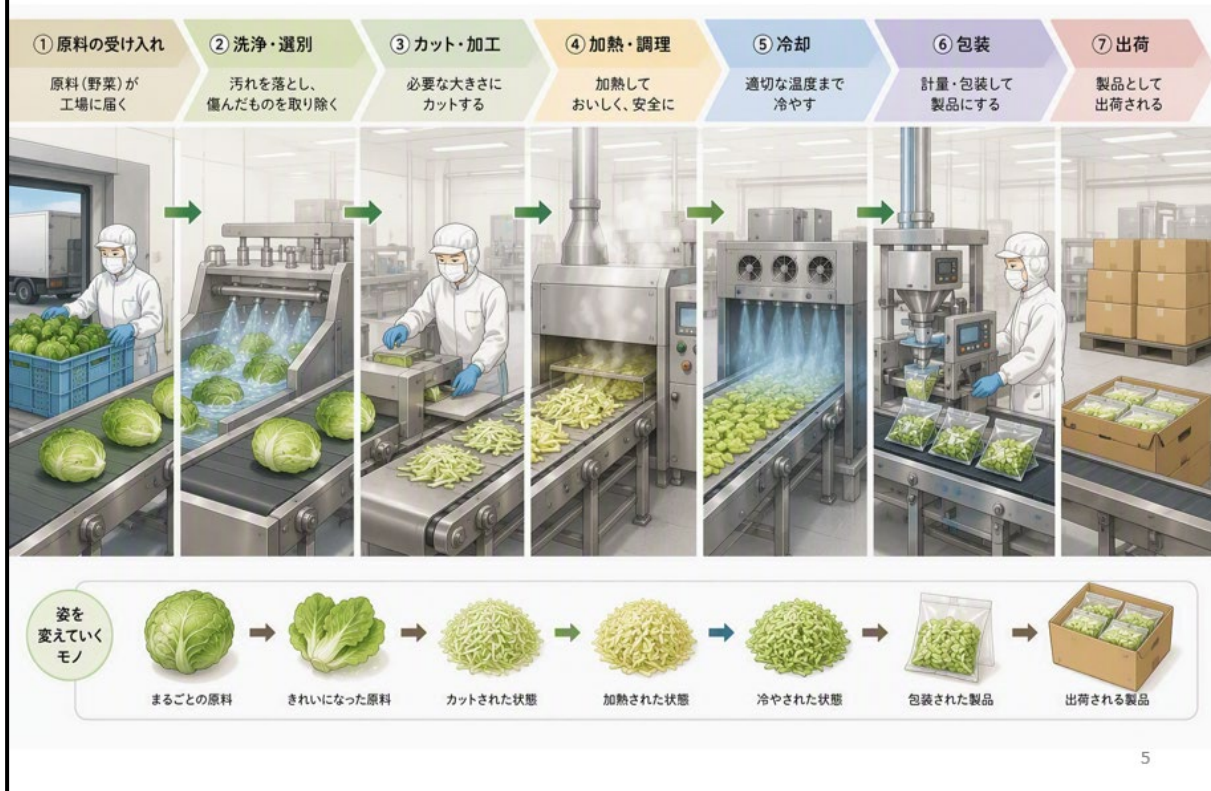
- モノは流れながら姿を変える
 - インダストリアル・エンジニアリング
 - 着眼大局、着手小局(鳥の目、虫の目)
 - ECRSの原則(改善の着眼点・順序)
- モノの流し方
 - ロット生産と1個流し生産
 - ラインバランス分析
 - 連合作業分析
 - 設備総合効率(OEE)
 - セル生産
- 「つながり」と「ばらつき」のあるシステム
 - 真の全体最適
 - 「継続的カイゼン」のための5つの集中ステップ
- まとめ

本講義は、3つのテーマに沿って進めます。最初のテーマは、「モノは流れながら姿を変える」です。インダストリアル・エンジニアリング、すなわち IE の基本的な考え方を取り上げ、モノづくりの工程において価値を生んでいる部分と、価値を生んでいない部分を明らかにします。また、工程全体を広く捉える「鳥の目」と、特定の作業を細かく見る「虫の目」を使い分け、ECRS の原則に沿って改善する方法を紹介します。

2 つ目のテーマは、「モノの流し方」です。一定数量をまとめて流すロット生産と、1 個ずつ流す 1 個流し生産について説明します。さらに、各工程の作業時間のばらつきに注目したラインバランス分析、人と設備の組み合わせを捉える連合作業分析、設備の状態を時間稼働率・性能稼働率・良品率に分けて評価する設備総合効率 (OEE)、複数の工程を 1 人もしくは数人の作業者で自己完結させるセル生産について説明します。

3 つ目のテーマは、「つながりとばらつきのあるシステム」です。工程能力にばらつきがあると、最も処理能力の低い工程がボトルネックとなり、システム全体の成果を左右します。そこで、真の全体最適とは何かを考え、制約へ改善活動を集中させる「5 つの集中ステップ」を取り上げます。

カット野菜の工程



食品加工の工程は、原材料の受け入れから始まり、洗浄・選別、カット、加熱、冷却、包装、梱包を経て、製品の出荷へと進みます。これらの工程では、ものが移動するだけでなく、流れながら姿や性質を変えていきます。洗浄工程では原材料の汚れが取り除かれ、選別工程では使用するものと取り除くものが分けられます。カット工程では形状が変わり、加熱・冷却工程では温度や性質が変化します。包装工程では、製品が容器や袋に収められ、商品として扱える状態になります。このように、ものの姿や性質を変化させる工程では、製品に価値が加えられています。

一方、工程全体を詳しく見ると、ものが常に流れているわけではありません。工程間で一時的に置かれる、前工程の処理を待つ、次工程に空きがなく仕掛品として滞留する、一定数量がまとまるまで待つといった状態も存在します。現場を見る際には、ものが単に動いているか、止まっているかだけでなく、その時間にもものの姿や性質が変化し、価値が加えられているかを確認することが重要です。

工程図記号(JIS Z 8296)

番号	要素工程	記号の名称	記号	意味
1	加工	加工	○	原料、材料、部品又は製品の形状、性質に変化を与える過程を表す
2	運搬	運搬	○ → または	原料、材料、部品又は製品の位置に変化を与える過程を表す
3	停滞	貯蔵	▽	原料、材料、部品又は製品を計画により貯えている過程を表す
4		滞留	D	原料、材料、部品、または製品が計画に反して滞っている状態を表す
5	検査	数量検査	□	原料、材料、部品又は製品の量又は個数を測って、その結果を基準と比較して差異を知る過程を表す
6		品質検査	◇	原料、材料、部品又は製品の品質特性を試験し、その結果を基準と比較してロットの合格、不合格又は製品の良、不良を判定する過程を表す

価値を生むものは、加工○だけ！
検査□、◇は、価値は生まない

6

一見すると連続しているように工程はみえるかもしれませんが、IE の工程分析では、加工、運搬、停滞、の4つの要素作業に分類をして工程図記号で流れを見える化することができます。工程図記号を用いることで、原材料が製品へ変化する過程と、各工程が果たす役割を明確にできます。加工は、原材料や仕掛品の形状、性質に変化を与える工程です。運搬は、ものを別の場所へ移動させる工程であり、停滞や貯蔵は、ものが次工程へ進まず、その場にとどまっている状態です。検査には、数量の確認と品質の確認があります。

このうち、製品へ直接的な価値を加えているのは、基本的には加工のみです。運搬によってものの場所は変わりますが、製品の形状や性質が良くなるわけではありません。停滞や貯蔵も、時間が経過するだけでは製品の価値を高まりません。検査は品質を確保するうえで重要ですが、検査によって製品の形状や性質が良くなる、つまり不良品が良品に変わるわけでもありません。検査は、製品の状態を確認し、基準を満たさないものを見つける工程だとすると製品への価値を高めるものではなく、できればやめたい工程です。

理想は、各工程で品質をつくり込み、検査しなくても、良品を次工程へ流せる状態です。検査を増やすだけでなく、検査が必要となる原因を確認し、工程内で不良の発生を防ぐことが重要です。工程図記号によって工程を整理すると、価値を生んでいる部分と、直接的には価値を生んでいない部分が見えるようになり、改善すべき対象を明確にできます。

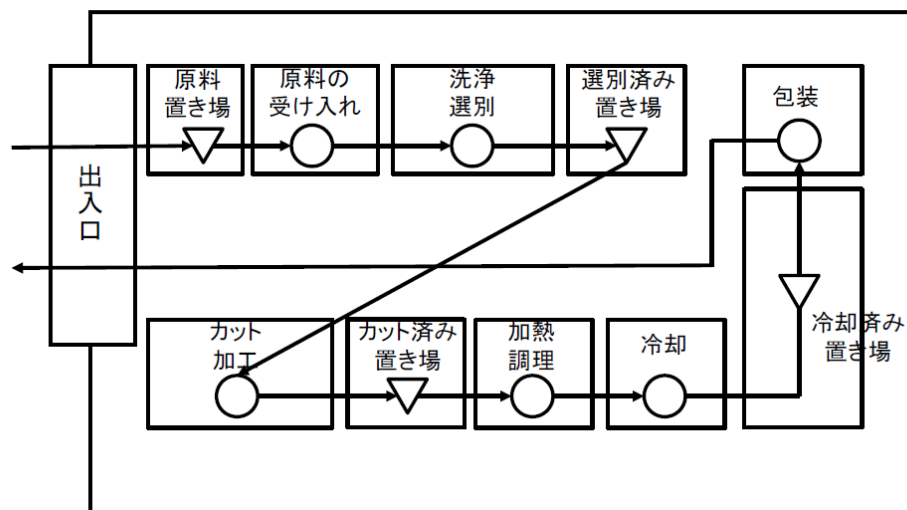


カット工程を詳しく見ると、ものが連続して流れているように見える中にも、価値を生んでいる部分と、直接的には価値を生んでいない部分があります。丸ごとのキャベツがコンベヤーに載せられ、カット装置まで移動する間は、形状や性質が変化していないため、工程分析では「運搬」に当たります。カット装置でキャベツが裁断されると、丸ごとの状態から、消費者や後工程が求める大きさや形状へ変化します。この部分は製品に価値を加える「加工」です。

一方、カットされた野菜がコンベヤーで次工程へ移動する間も、形状や性質は変化していないため、運搬に当たります。ものが動いていると、仕事が進み、効率的に生産されているように見えます。しかし、ものが動いていることと、価値が生まれていることは同じではありません。また、現在の工程に必要な作業であっても、それが製品へ直接的な価値を加えているとは限りません。

運搬が必要であれば、距離を短くできないか、回数を減らせないか、前後の工程を近づけられないかを検討します。カットの前後にある運搬や待ち時間を減らし、価値を生む加工工程をできるだけ連続させることが、良い流れをつくるうえで重要なポイントです。

工場レイアウト(流れ線図)



8

流れ線図は、工場内の工程配置に、ものが実際に移動する経路を線で示したものです。この例では、原材料を受け入れた後、洗浄・選別、カット、加熱調理、冷却、包装を経て、製品を出荷します。しかし、各工程の間では、次工程へすぐに流れず、仮置きや運搬が繰り返されています。

実際の移動経路をレイアウト上に線で描くと、折り返し、交差、蛇行、同じ場所の反復通過、長距離の運搬などが明らかになります。仮置きされたものは、次工程へ進まずに停滞しています。仮置きには保管スペースが必要となるほか、数量、置き場所、先入れ先出し、次に流す製品などを管理する作業も発生します。さらに、置き場から次工程へ運ぶ人員や搬送手段も必要です。

個々の工程が問題なく稼働していても、工場全体で見ると、工程間に多くの運搬や停滞が存在する場合があります。流れ線図の目的は、図を作成することによりものの流れを可視化し、不要な移動、仮置き、交差、迂回などを発見して、改善につなげることにあります。



目的は、単に人を減らすことではありません。運ぶ、置く、探す、数える、積み替えるといった非価値作業を減らし、人が価値作業に集中できる環境をつくることです。機械化などにより個々の工程を速くすることに目が行きがちですが、それだけが改善ではありません。工程同士のつながりを見直し、ものが止まらず、戻らず、迷わず流れる状態をつくることで、限られたヒト、モノ、カネを有効に活用し、より大きな価値を生み出せます。

IEとは？

IE (Industrial Engineering: インダストリアル・エンジニアリング)

「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・考え方であり、それを実現する技術。仕事のやり方や時間の使い方を工夫して豊かで実りある社会を築くことを狙いとし、製造業だけでなくサービス業や農業、公共団体や家庭生活の中でも活用されている。」

日本インダストリアル・エンジニアリング協会(2008年)

「人・モノ・設備の総合されたシステムの設計・改善・確立に関するもので、そのシステムから得られる結果を明確にし、予測し、かつ評価するために、工学的解析・設計の原理や方法とともに、数学・物理学・社会科学の専門知識と技術を利用する」

米国IE協会(AIIE(現:IISE))(1955年)

「ムダ」を最小限にして「価値」を最大限にする
「見方」「考え方」「方法論」

10

IE とは、Industrial Engineering (インダストリアル・エンジニアリング) の略です。価値と無駄に見える化し、資源を最小化することで、より大きな価値を生み出すための見方、考え方であり、それを実現する技術を指します。

工程図や流れ線図を用いると、製品の形状や性質が変化している加工だけでなく、工程間の運搬、仕掛品の停滞、人や設備の手待ちなども明らかになります。価値を生んでいる部分と、直接的には価値を生んでいない部分を区別することが、改善の出発点です。問題が起きると、人員や設備を増やす、勤務時間を延ばすといった方法で対応しがちです。しかし、これらは新たな資源を追加する解決方法です。資源を増やす前に、現在の人材や設備が十分に活用されているかに注目する必要があります。

例えば、不要な移動や運搬がないか、設備が材料や作業者を待っていないか、必要以上の仕掛品が置かれていないか、同じ検査や記録を繰り返していないかを確認します。ロボット、AI、画像処理などの導入も有効な選択肢ですが、最新で高価な技術が常に最適とは限りません。既存設備の使い方やレイアウト、作業順序を見直すことで、より少ない投資で同じ成果を得られる場合があります。IE では、資源を追加する前に無駄を減らし、現在保有している人材、設備、時間、情報を最大限に活用する方法を考えます。限られた資源で必要な成果を実現することが、IE の基本的な考え方です。

こちら増やす？

作業 = 価値作業 + 非価値作業

こちらを減らす？

非価値作業を減らすために、作業環境を改善する
変えるのは現場の“ヒト”ではなく、“環境”

作業は、製品に価値を加える「価値作業」と、製品には価値を加えない「非価値作業」で構成されています。生産量を増やそうとすると、人員、作業時間、設備を追加したり、作業者へ一層の努力を求めたりしがちです。しかし、このような足し算による対応は、現場に無理や負担を強いることになります。

重要なのは、価値作業を無理に速めることなく、その前後にある運搬、停滞、手待ち、探索などの非価値作業を減らすことです。例えば、必要な材料が離れていれば取りに行く作業が発生し、工程同士が離れていれば運搬が必要になります。道具の置き場所や仕事の優先順位が決まっていなければ、探す、考える、確認するといった作業も生じます。これらは作業者の意識や努力の問題ではなく、レイアウト、作業方法、仕事の流れといった計画や環境によって生じています。そのため、作業者に「無駄をなくしてください」と求めるだけでは解決しません。

必要なものを作業場所の近くへ置く、置き場所を明確にする、工程間の距離を縮める、工程能力を整える、仕事の順序や判断基準を明確にするなど、非価値作業が発生しにくい環境を整えることが必要です。現場改善では、人、時間、設備を追加する前に、現在の仕事から何を取り除けるかを考えます。価値作業を追加しようと足し算で考えるのではなく、価値を生まない非価値作業を取り除く引き算で考える。この考え方により、人が本来持つ能力を発揮できる現場をつくることが重要です。

経営成果

$$= \text{管理技術} \times (\text{ヒト} + \text{モノ} + \text{カネ} + \text{情報})$$

経営資源

方法: Method 人材: Man、設備: Machine、原材料: Material

管理技術: 経営工学、カイゼン、IE、5S

経営資源の徹底活用を進めるのは、管理技術。

現有の経営資源にもっと管理技術を効かせる(かける)！

※ 管理技術が0になると、経営成果も0になる。

経営資源の限られる今日こそ、その活用を考えるべき

12

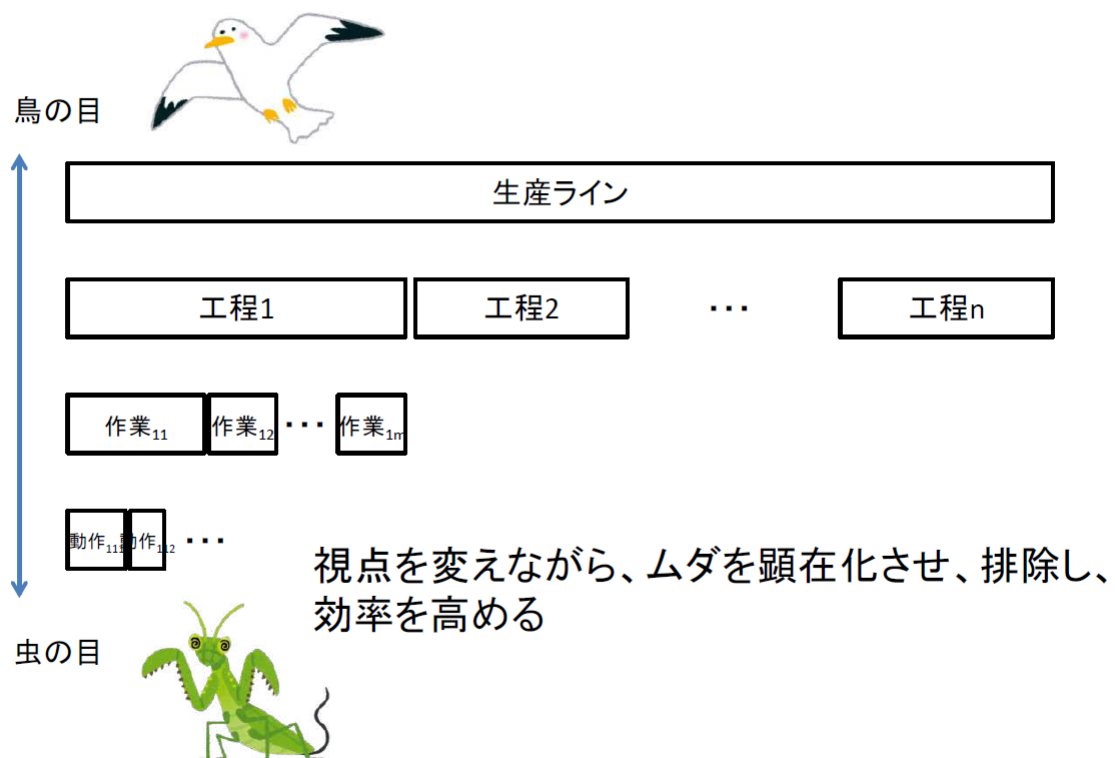
改善の最終的な目的は、経営成果を高めることです。経営成果は、人材、設備、資金、情報などの「経営資源」と、IE、品質管理、5Sなどの「管理技術」を掛け合わせることで生み出されます。

優れた人材や高性能な設備を保有していても、それらが十分に活用されていなければ、本来の成果にはつながりません。設備が材料や作業者を待って停止している、人が運搬や手待ち、探すという作業に時間を使っている、収集したデータが改善や意思決定に使われていないといった状態では、経営資源が持つ能力を十分に引き出せていません。

問題が起きると、人や時間、そして設備を増やすことで解決しようと考えてしまいます。しかし、新たな人材を採用しても、教育や習熟には時間がかかり、指導を担う熟練者の負担も増えます。人を追加したからといって、直ちに生産能力が向上するわけではないことをみなさんをご存知だと思います。まずは、現在のレイアウト、作業方法、工程編成、作業標準を見直し、今いる人材と既存設備が能力を発揮できる環境を整えることが重要です。

人材の確保が難しく、原材料やエネルギー価格が変動し、設備投資にも費用や納期の制約がある現在、簡単に増やすことができないものが経営資源です。だからこそ、資源を追加する前に管理技術を活用し、現在保有している経営資源を徹底的に生かすことが重要です。

「虫の目」と「鳥の目」



13

IE では、現場を分析する視点を「鳥の目」と「虫の目」といいます。鳥の目は、生産ラインや工場全体を高い視点から 1 つのシステムとして広く捉える視点です。原材料の投入から製品の出荷までを見渡し、ものの移動経路、工程間の仕掛品、作業者や設備の手待ちなどを確認します。工程分析や流れ線図を用いることで、長距離の運搬、経路の折り返しや重複、仕掛品が滞留している工程など、流れ全体の問題を把握できます。

虫の目は、問題のある工程や作業へ近い視点から、その内容を細かく捉える視点です。作業者の手の動きや姿勢、材料や道具の配置、歩行距離、持ち替えの回数、時間のかかる動作などを確認します。動作分析では 1 つの作業を複数の動作に分け、微動作分析では、手を伸ばす、つかむ、運ぶ、位置を合わせる、離すといった単位まで細分化します。ただし、すべての工程を最初から細かく分析すると、多くの時間と労力が必要です。また、ライン全体の成果に影響しない工程を改善しても、十分な効果が得られない場合があります。

まず鳥の目で全体を見渡し、仕掛品、手待ち、長い移動、流れの停滞が生じている場所を特定します。その後、問題のある場所へ急降下をし、虫の目で原因や無駄を詳しく分析します。そして問題が解消される場、再び高度を上げて鳥の目で観察をする。全体から問題箇所を絞り込み、必要な部分を深く見ることが、効果的な現場改善につながります。

着眼大局 着手小局

着眼大局・着手小局とは、全体を広く捉えたうえで、改善対象を具体的な範囲に絞り込む考え方です。着眼大局では、個別の工程だけでなく、原材料の受け入れから製品の出荷まで、全体の流れを見渡します。1 人の作業速度だけを評価するのではなく、その作業が前後の工程やライン全体の生産量、納期に及ぼす影響まで確認します。

着手小局では、全体を一気に変えようとせず、最も重要な問題から改善を始めます。例えば、特定の工程の前に仕掛品がたまっている場合は、その工程に対象を絞り、処理が遅れる原因を詳しく調べます。材料の取り方、作業手順、段取り替え、設備停止、品質不良による手直しなどを確認し、具体的な対策を講じます。

すべての工程へ同時に着手すると、多くの部署や関係者との調整が必要となり、改善活動が複雑になります。また、どの対策が成果につながったのかも分かりにくくなります。一方、対象を絞れば、課題と対策が明確になり、改善前後の比較や効果の確認もしやすくなります。まずは広く問題を見渡し（着眼大局）、そして急所となる箇所に集中をして対策をおこなう（着手小局）。このようにみてはいかがでしょうか。

省略 Eliminate	省略できるムダな作業はないか？ (やめられないか)
統合 Combine	ほかの作業と統合できる作業はないか？ (一緒にできないか)
変更 Rearrange	作業の順序, 場所, 人を変更できないか？ (入れ替えられないか)
単純 Simplify	作業をもっと単純にできないか？ (簡単にできないか)

ECRS は、改善の着眼点と検討する順番を示す原則です。目についた作業をすぐに変更するのではなく、次の順番で改善をすすめます。最初の「Eliminate (排除)」では、その作業をやめられないかを考えます。過去から続いているだけの作業、重複した記録、活用されていない帳票、不要な運搬や検査がないかを確認します。不要な作業は、効率化や自動化を検討する前に、作業自体をなくすることが基本です。

次の「Combine (結合)」では、別々に行っている作業を一緒にできないかを考えます。複数工程で行っている検査をまとめる、加工と検査を同時に行うなど、作業を統合することで工程や手順を減らします。「Rearrange (変更)」では、作業の順序、場所、人、方向、方法などを入れ替えま。設備や材料の配置を変えて運搬距離を短くする、作業を前後の工程へ移して負荷を整えるなど、作業内容を大きく変えずに流れを改善します。

最後の「Simplify (簡素化)」では、作業を簡単で分かりやすい方法へ変えます。手順を減らす、判断基準を明確にする、治具で位置決めを容易にするなどの対策を行い、必要に応じて設備化や自動化を検討します。

現在の作業をそのまま自動化すると、複雑で高価な設備になる可能性があります。まず排除、次に結合と変更を行い、残った作業を簡素化することが重要です。この順番で検討すれば、全自動機ではなく半自動機や簡単な治具で、必要な成果を得られる場合もあります。

ものの流し方とは？

ロット生産

ロット生産とは、1つの品種を一定数量(ロット)でまとめ、そのロット単位で生産を行う生産手法のこと。

1個流し生産

1個流し生産とは、1つの品種を一定数量(ロット)でまとめるのではなく、1個単位で生産を行う生産手法のこと。



16

ものの流し方は、大きく「ロット生産」と「1個流し生産」に分けられます。ロット生産は、同じ品種を一定数量にまとめ、ロット単位で工程間を流す方法です。例えば、4個を1つのロットとする場合、第1工程で4個すべてを加工した後、その4個をまとめて次工程へ送ります。次工程でも、ロット単位で順番に処理します。

1個流し生産は、1個の加工が終わるたびに、その1個を次工程へ送る方法です。一定数量がそろうまで待たず、1個ずつ次の工程へ流していきます。ロット生産には、同じ品種をまとめて処理することで、段取り替えの回数を減らせる利点があります。一方、1個流し生産には、工程間の待ち時間や仕掛品を減らし、生産リードタイムを短縮しやすいという特徴があります。

ただし、どちらか一方が常に優れているわけではありません。製品の特性、設備の条件、段取り替えに必要な時間、生産数量、品種数、品質管理、衛生管理などによって、適切な流し方は異なります。それぞれの特徴とメリット・デメリットを理解し、自社の製品や工程に適した流し方を選択することが重要です。

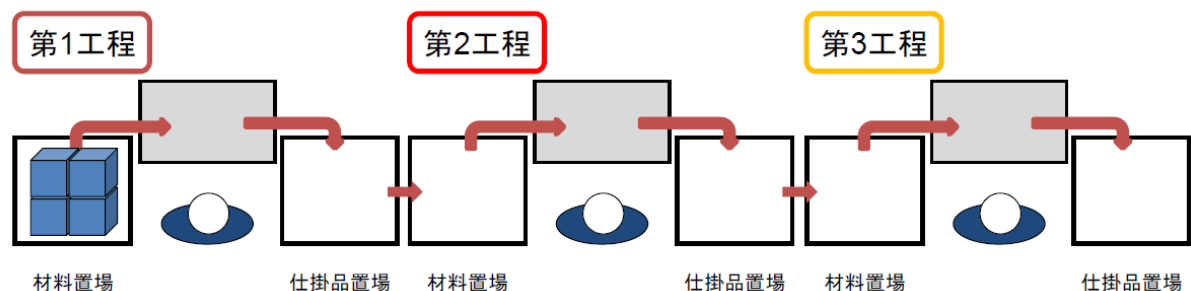
ロット生産(バッチ生産、ダンゴ生産)

■ メリット

まとめて生産ができるため、段取り回数が減少
工程間に仕掛りがあるため、全体への影響を吸収

■ デメリット

仕掛かり在庫が多くなる
工程の切り替えに時間がかかる



17

ロット生産は、バッチ生産やダンゴ生産とも呼ばれ、同じ製品を一定数量にまとめて工程間を流す方法です。例えば、4個を1つのロットとする場合、第1工程で4個すべてを加工した後、まとめて第2工程へ運びます。第2工程でも4個を順番に処理し、すべての加工が終わってから次工程へ流します。ロット生産の利点は、段取り替えの回数を減らせることです。製品の種類が変わるたびに、設備条件の設定、刃物や型の交換、材料の変更、設備の洗浄などが必要な場合、同じ製品をまとめて生産することで、段取り替えの頻度を抑えられます。

また、工程間に仕掛品があれば、前工程が一時的に停止しても、後工程は仕掛品を使って生産を継続できます。仕掛品には、工程の停止や能力のばらつきがライン全体へ及ぼす影響を、一時的に吸収する役割があります。一方、仕掛品は工程内の在庫であり、そこには資金が投入されています。数量や先入れ先出しを管理する手間、保管スペース、次工程へ運ぶ作業も必要です。

さらに、各工程ではロット全体の処理が終わるまでワークは次工程へ進めないため、加工に対して停滞、搬送の時間が長くなり、生産リードタイムが長くなります。急ぎの製品を第1工程へ優先的に投入しても、前に投入されたロットが流れなければ、急ぎの製品は流れません。ロット生産には、段取り替えを減らし、工程間の変動を吸収できる利点がある一方、仕掛品の増加、資金効率の低下、生産リードタイムの長期化という欠点があります。

1個流し生産

■ メリット

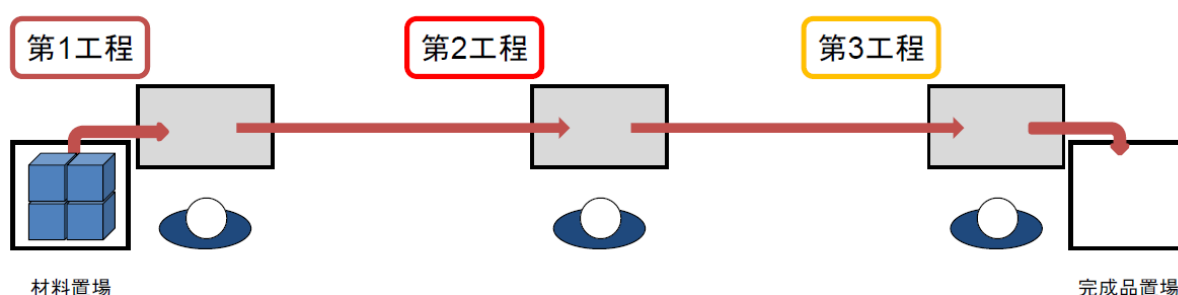
生産リードタイムを短縮できる

仕掛品置場がなくなり、スペースが有効活用できる

■ デメリット

段取替えが頻繁に発生する

仕掛りがないため、1つの工程が全体に影響を与える



18

1 個流し生産は、1 個の製品を加工するたびに、その製品を次工程へ流す方法です。加工ののちの停滞が少なくなるため、生産リードタイムを短縮できます。

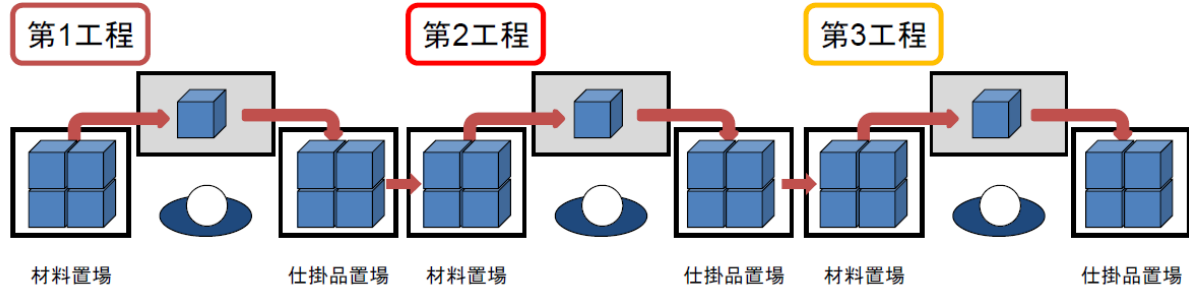
ただし、1 個流しによって、作業者の動きや設備の加工速度が速くなるわけではありません。工程間でロットがそろうまでの停滞や、仕掛品をまとめて運搬する作業が減ることで、加工や組立を中心とした流れに変わり、結果として全体の時間が短くなります。工程同士を近づけて 1 個ずつ受け渡すようにすれば、仕掛品の保管スペースが縮小され、省スペースでの生産ができます。このように工程間の距離を縮めることを、製造現場では「間を締める」（間締め（マジメ））と表現することがあります。

一方、1 個流し生産では、異なる品種を流すたびに、設備条件や材料、治具などの段取り替えが発生する可能性があります。また、工程間の仕掛品がないため、設備故障、作業の遅れ、品質異常などが発生すると、その影響が後の工程へ直ちに広がります。

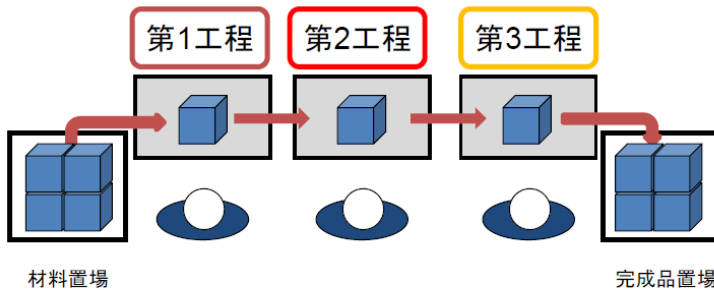
したがって、1 個流し生産を安定して運用するためには、段取り替え時間の短縮、設備故障の防止、工程内での品質のつくり込み、作業時間や工程能力のばらつき低減に取り組む必要があります。

ロット生産と1個流し生産

ロット生産



1個流し生産



- それぞれのやり方にメリット、デメリットはある
- 多品種少量生産への対応には、1個流し生産に利点が多い
- そのデメリットの克服にカイゼンの課題はある

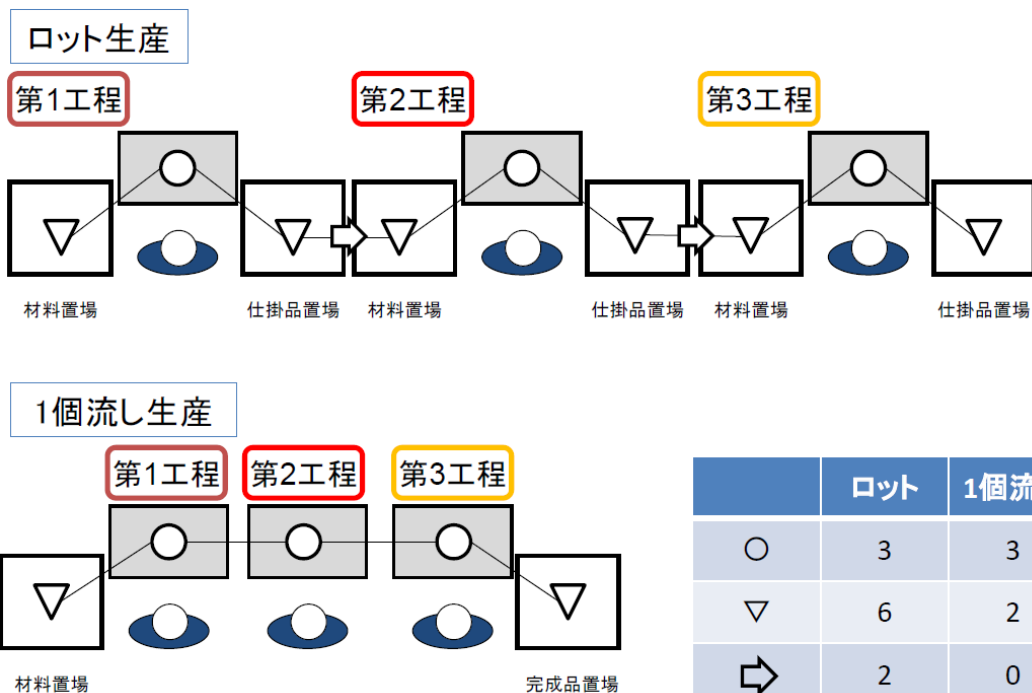
19

ロット生産では、一定数量の加工がすべて終わってから、まとめて次工程へ送ります。そのため、各工程の間には仕掛品置き場が設けられ、ロットがそろそろまでの停滞や、まとめて運ぶための搬送作業が発生します。1個流し生産では、1個の加工が終わるたびに、その製品を次工程へ渡します。工程同士を近接させて直接受け渡すため、仕掛品を置く必要がなく、工程間の停滞や運搬を減らせます。1個流しによって、各工程の加工速度そのものが上がるわけではありません。ロットが揃うまでの待ち時間と、仕掛品を搬送する時間が減ることで、製品を投入してから完成するまでの生産リードタイムが短くなります。

一方、ロット生産の仕掛品には、工程間の変動を吸収する役割があります。前工程が一時的に停止しても、後工程は手元の仕掛品を使って生産を継続できます。1個流し生産では仕掛品が少ないため、設備停止や作業遅れが発生すると、その影響が前後の工程へ直ちに広がります。

したがって、ロット生産と1個流し生産のどちらかが、優れているわけではありません。それぞれのメリットとデメリットを理解し、製品特性や工程条件に適した流し方を選択したうえで、選択した方式に伴う課題を改善していくことが重要です。

ロット生産と1個流し生産の比較



20

ロット生産と1個流し生産では、製品が通過する加工工程の数は変わりません。異なるのは、加工工程の間に発生する運搬、停滞です。ロット生産では、一定数量の加工が終わるまで次工程へ流さないため、ロットが揃うまでの待ち時間と、まとめて運ぶための搬送作業が発生します。その結果、生産リードタイムが長くなり、仕掛品の保管スペースや数量管理も必要になります。仕掛品には資金が投入されているため、量が増えるほど資金効率にも影響します。また、不良が発見された場合、同じ条件で生産した多くの仕掛品を確認しなければならない可能性があります。

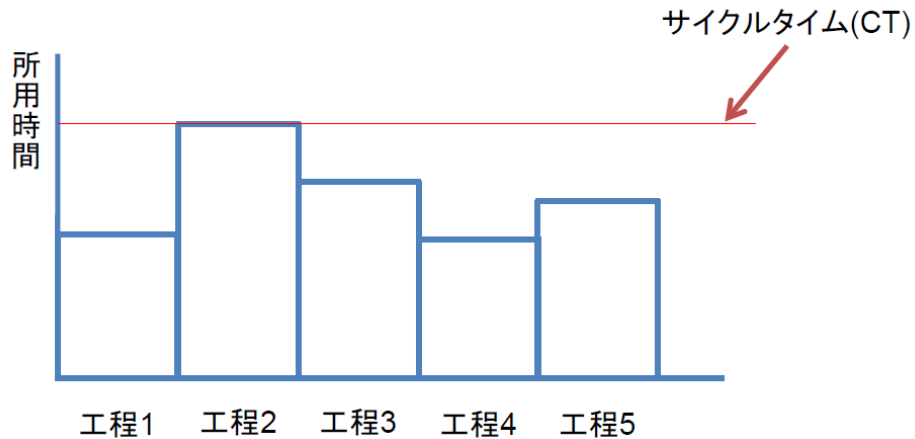
1個流し生産では、1個の加工が終わるたびに次工程へ流すため、工程間の停滞、運搬といった仕掛品を減らせます。加工時間そのものが短くなるわけではありませんが、加工の間にある非価値時間が削減され、その分、生産リードタイムが短くなります。最初から1個流しへ変更することが難しい場合は、ロットサイズを4個から3個、3個から2個へと段階的に小さくする小ロット化という方法があります。ただし、小ロット化によって段取り替えの回数が増え、仕掛品による変動の吸収も難しくなります。

そのため、ロットサイズの縮小とあわせて、段取り替え時間の短縮、設備故障の防止、品質のつくり込み、作業時間や工程能力のばらつき低減に取り組む必要があります。価値を生む加工を速くするだけでなく、その間にある運搬や停滞を減らすことが、流れ全体の改善につながります。

ラインバランス分析とは？

生産ラインの各工程の所要時間の相違の状態を解消し、スムーズな生産の流れを設計すること。

現状



21

一連の作業を複数の工程に分割すると、工程ごとの作業時間の違いが、ライン全体の流れに影響します。ライン全体の生産スピードを決めるのは、最も速い工程ではなく、過去工程の平均値でもなく、作業時間が最も遅い工程です。この工程を「ボトルネック」または「ネック工程」と呼びます。

スライドの例では、第2工程の作業時間が最も遅いため、第2工程がネック工程です。第1工程が第2工程より速く処理すると、第2工程の前には仕掛品がたまります。一方、第3工程以降の処理が速ければ、第2工程から製品が流れてくるまで手待ちが発生します。このように、一般にネック工程の前には仕掛品がたまり、後ろには手待ちが生じます。ラインバランス分析は、各工程の作業時間を測定し、工程間の負荷の偏りを明らかにする手法です。特定の工程に仕事が集中していないか、反対に余力や手待ちの多い工程がないかを確認し、仕事の割り振りを見直します。

各工程の作業時間が同様になると、工程間の仕掛けや工程の手待ちという現象が解消されます。

$$\text{バランス効率} = \frac{\text{各工程の正味作業時間の総和}}{\text{サイクルタイム} \times \text{工程数}} \times 100$$

$$\text{バランスロス} = 100 - \text{バランス効率}$$

※ サイクルタイムは、各工程の中でもっとも時間を要している工程(ネック工程)の作業時間となる。

22

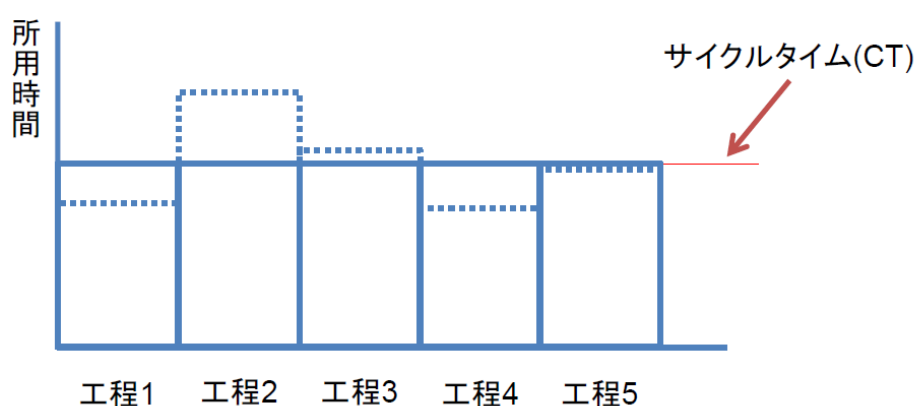
各工程の作業時間が、どの程度均等に配分されているかを評価する指標が「バランス効率」です。バランス効率は、各工程の正味作業時間の合計を、「サイクルタイムと工程数の積」で割り、100を掛けて求めます。ここでのサイクルタイムは、最も作業時間が長いネック工程の時間です。図では、サイクルタイムを高さ、工程数を横幅とする長方形に対して、各工程の作業時間がどれだけ占めているかを示しています。各工程の時間が均等で、長方形内の隙間が少ないほど、バランス効率は高くなります。反対に、工程間の作業時間に大きな差があり、隙間が多いほど、バランス効率は低くなります。

この隙間は、各工程の余力や手待ちに相当します。例えば、サイクルタイムが15秒で、ある工程の作業時間が10秒であれば、その工程には1サイクル当たり5秒の余力があります。ただし、余力のある作業者が怠けているわけではありません。工程編成や仕事の割り振りによって、前工程からものが流れてくるのを待つ、または次工程へ渡せる状態になるまで待つ必要が生じています。したがって、手待ちは個人の問題ではなく、工程設計の問題（計画の悪さ）として捉えます。

また、100%からバランス効率を引いた値を「バランスロス」と呼びます。バランス効率が80%であれば、バランスロスは20%です。ラインバランス分析では、仕事を再配分して工程間の差を縮め、バランス効率を高めることで、仕掛けや手待ちの少ない滑らかな流れをつくります。

改善案1: 出来高の向上

バランス効率を向上して、所要時間当たりの出来高(生産性)を向上する



23

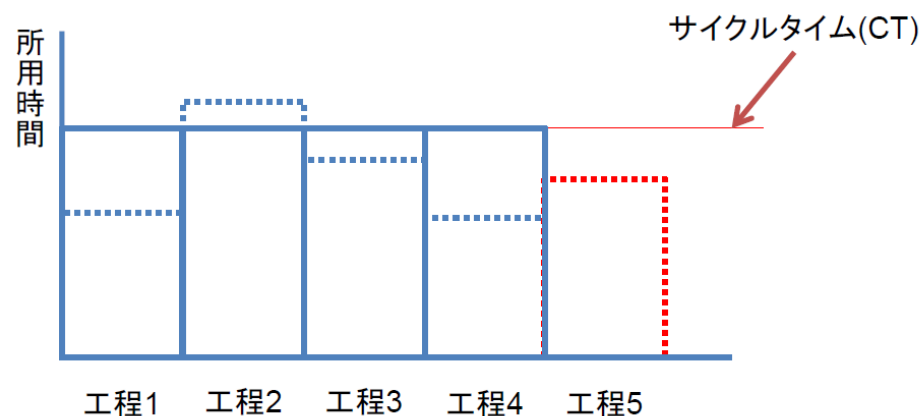
ラインバランス改善の1つ目の方向は、ネック工程の作業時間を短縮し、生産スピードを向上し、結果としてライン全体の出来高を向上させることです。改善前は、第2工程の作業時間が最も長く、第2工程がネック工程となっています。ライン全体のサイクルタイムは、このネック工程の作業時間によって決まります。

そこで、まずは各工程を詳しく観察します。不要な動作、材料や道具を探す作業、無理な作業姿勢、長い段取りや準備、他工程へ移せる作業などがないかを調べます。

ここでは、ECRSの原則を活用します。不要な作業をなくす、複数の作業をまとめる、作業の順序や配置を変える、治具を使って位置決めを簡単にするなどの方法を検討します。また、第2工程の材料準備を第1工程へ、完成品の整理を第3工程へ移すなど、ネック工程の仕事を余力のある前後工程へ再配分することも有効です。ネック工程の作業時間が短くなると、製品が完成する間隔も短くなり、同じ稼働時間でより多くの製品を生産できます。ただし、第2工程の改善後に第3工程が最も遅くなれば、第3工程が新たなネックになります。

特定の工程だけに着目をするのではなく、広く工程全体を見渡し、工程間で仕事を再配分しながら、各工程の作業時間のバラつきを解消します。その結果、バランス効率が高まり、ライン全体の出来高が向上します。

工程数を減少させて少人化を図る



24

ラインバランス改善のもうひとつの方向は、仕事を再編成し、より少ない人数で必要な生産量を確保する「少人化」です。現状の工程数を前提とするのではなく、より少ない工程数で編成をすれば、少ない人数での生産が可能となります。各工程にある手待ちや余力を活用し、同じ仕事をより少ない工程数、人数で行えないかを検討します。

例えば、5工程で行っている仕事について、第1工程に余力があれば、第2工程の作業の一部を移します。第3工程に余力があれば、後工程の作業を取り込みます。このように仕事を前詰めで再配分し、非価値作業も減らすことで、5人で行っていた仕事を4人で運営できる可能性があります。少人化は、単純に人数を減らし、残った作業員へ負担を集中させることではありません。手待ちや非価値作業を減らし、工程間の仕事を適切に配分した結果として、より少ない人数で同じ生産量を実現することです。

工数が5人分から4.5人分へ減っても、工程編成を見直さなければ、実際の運営には5人が必要な場合があります。「少人化」では、仕事を再編成し、実際に4人で運営できる状態をつくります。また、生産量の変動に応じて必要人数を柔軟に変えられる工程づくりも含まれます。

目標サイクルタイムとは

目標サイクルタイム (TCT)

製品を1つ造るのに必要となる時間のこと

$$\text{1日当りの必要数} = \frac{\text{1ヶ月の必要量}}{\text{稼働日数}}$$

$$\text{目標サイクルタイム} = \frac{\text{1日の稼働時間}^{\ast}}{\text{1日当りの必要数}}$$

$$\ast \text{稼働時間} = \text{拘束時間} - (\text{朝礼} + \text{休憩時間等})$$

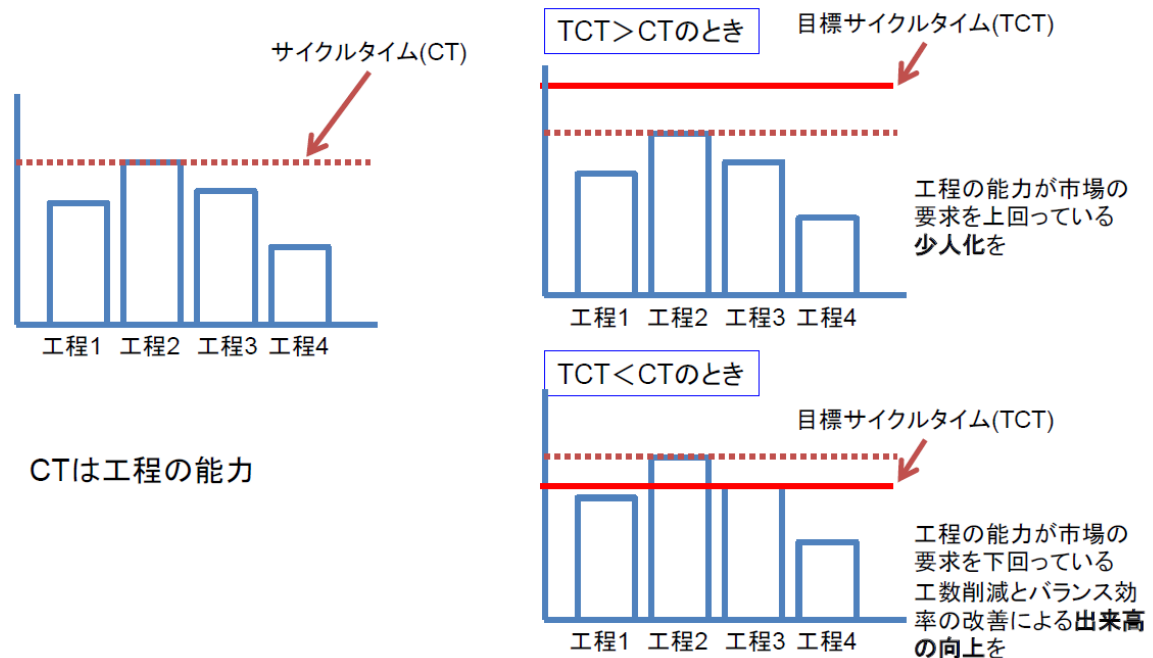
25

ラインバランスを考えるには、製品をどの程度の速さで生産する必要があるのか、その基準を明確にする必要があります。この基準が目標サイクルタイムです。

目標サイクルタイムとは、必要な生産量を達成するために、製品を1個完成させる間隔を示したものです。まず、1か月の必要生産量を稼働日数で割り、1日当たりの必要生産数を求めます。次に、1日の実稼働時間を必要生産数で割ることで、目標サイクルタイムを算出します。計算に使用する実稼働時間は、勤務時間全体ではありません。朝礼、休憩、清掃、終礼など、生産に使用できない時間を除く必要があります。例えば、勤務時間が8時間でも、そのすべてを生産に充てられるわけではないため、実際に生産できる時間を用いて計算します。

目標サイクルタイムは、顧客が求める数量と納期によって決まります。注文量が増えれば、製品をより短い間隔で完成させる必要があります。反対に、注文量が少なければ、必要な生産速度は緩やかになります。必要以上に速く生産すると、売れない製品や次工程で処理できない仕掛品を増やす可能性があります。重要なのは、顧客が必要とする数量を、必要なタイミングで生産することです。目標サイクルタイムと各工程の作業時間を比較することで、現状の工程能力が十分かを判断できます。能力が不足していれば出来高向上を図り、余力があれば工程編成を見直して少人化を検討します。

TCTとCTの関係



26

目標サイクルタイム (TCT : Target Cycle Time) は、顧客が求める数量を生産するために必要なサイクルタイムです。これに対してサイクルタイム (CT : Cycle Time) は、現状の製品を1個処理するために必要な作業時間を表します。

ライン全体の生産速度は、最も作業時間が長いネック工程によって決まります。これがCTです。CTがTCTを上回っている場合、顧客が求める速度で生産できないため、必要な数量や納期を満たせません。この場合は、作業方法の改善、他工程への作業移管、段取り時間の短縮、治具や設備の活用などにより、CTをTCT以下にする必要があります。

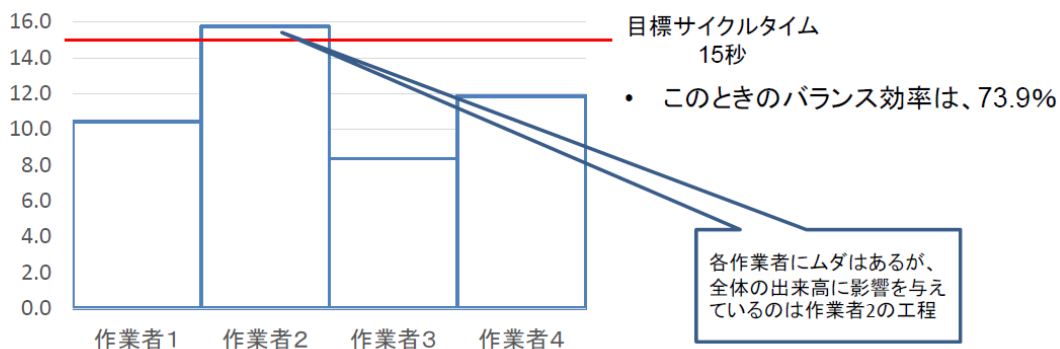
一方、工程間のバランスが悪くても、CTがTCTを下回っていれば、必要な生産量は確保できています。この状態で、すべての工程をさらに速くしても、必要以上の製品や仕掛品を生み出す可能性があります。この場合は、各工程にある余力を活用し、仕事を再配分することで、工程数や人数を減らせないかを検討します。

つまり、TCTを満たしていなければ、CTを改善して出来高を向上させます。すでにTCTを満たしていれば、余力を集約して少人化を目指します。TCTとCTを比較することで、ライン改善の目的と方向を明確にできます。

作業・動作の影は時間

	作業者 1	作業者 2	作業者 3	作業者 4
平均	10.4	15.7	8.4	11.9
最大	11.7	17.5	9.2	13.5
最小	9.1	14	7	11
差異	2.6	3.5	2.2	2.5

全ての作業者の所要時間の合計は46.4秒となっている。これを目標サイクルタイムで割ると、3.1人となっている



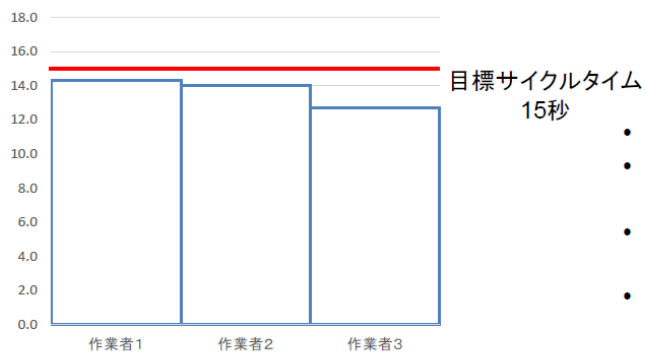
レゴブロックを用いた組立演習において、4 人の作業者が工程を分担しているとします。平均作業時間は、作業者 1 が 10.4 秒、作業者 2 が 15.7 秒、作業者 3 が 8.4 秒、作業者 4 が 11.9 秒です。目標サイクルタイムを 15 秒とすると、作業者 2 だけが 15.7 秒と目標サイクルタイムを上回っています。そのため、作業者 2 の担当工程がネック工程となり、ライン全体のサイクルタイムは 15.7 秒で 15 秒に 1 個という生産速度を安定して達成できません。

前工程の作業者 1 は、作業者 2 より早く作業を終えるため、作業者 2 の前には処理しきれない仕掛品がたまります。一方、後工程の作業者 3 と作業者 4 は、作業者 2 から製品が流れてくるまで作業を始められないため、手待ちが発生します。工程能力を評価する際は、平均作業時間だけでなく、最大値や最小値、作業ごとのばらつきも確認する必要があります。平均作業時間が目標以内でも、ばらつきが大きければ、作業時間が一時的に目標サイクルタイムを超え、流れを停滞させることがあります。

ネック工程は、時間計測だけでなく、現場観察からも推測できます。仕掛品が目立ってたまる工程、前工程から届くものを処理しきれない工程、その後ろで手待ちが発生している工程を確認します。まず現場の状態からネック工程を想定し、その後、作業時間を測定して確かめる方法が有効です。

カイゼンをする と・・・

	作業 者 1	作業 者 2	作業 者 3
平均	14.3	14.0	12.7
最大	16.0	15.0	14.0
最小	13.0	13.0	12.0
差異	3.0	2.0	2.0



- 目標数を組立可能な編成。
- バランス効率95.6%。バランス効率の高い工程編成。
- 合計の所要時間は、 $14.3+14.0+12.7=41.0$ 秒となっている。
- あと11秒以上の削減ができ、かつバランス効率を向上すれば2人でも可。

改善前の4人によるラインでは、作業 者 2 がネック工程となる一方、そのほかの作業 者 1、3、4 には余力や手待ちがありました。そこで、非価値作業を減らすとともに、ネック工程へ集中していた仕事を余力のある工程へ再配分します。

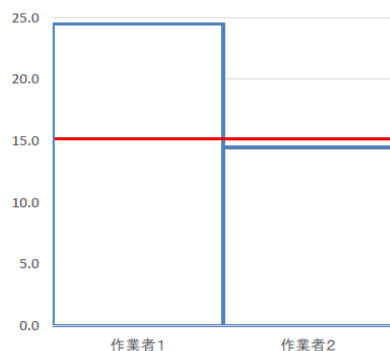
改善前の正味作業時間は合計 46.4 秒です。目標サイクルタイムは 15 秒であるため、3 人で使える時間は 15 秒×3 人の 45 秒となり、そのままでは 1.4 秒不足します。しかし、作業方法を見直して 1.4 秒以上を削減できれば、3 人で担当することが可能です。

改善後は仕事の割り振りを変更し、作業 者 1 が 14.3 秒、作業 者 2 が 14.0 秒、作業 者 3 が 12.7 秒となりました。すべての工程が目標サイクルタイムの 15 秒以内に収まり、各工程の作業時間もばらつきが減少しています。これにより、特定の工程の前に仕掛品がたまることや、後工程で大きな手待ちが発生することが減り、製品が滑らかに流れるようになります。その結果、従来は 4 人でも目標を達成できなかった仕事を、3 人で行えるようになりました。

これは、単純に 1 人を減らし、残った作業 者へ負担を移したものではありません。非価値作業の削減、余力の活用、仕事の再配分によって、ライン全体の流れを改善した結果です。

カイゼンをする と・・・

	作業 者 1	作業 者 2
平均	24.5	14.5
最大	26.0	15.0
最小	23.0	14.0
差異	3.0	1.0



目標サイクルタイム
15秒

- ・ バランス効率は79.6%で、バランス効率はよくないけれど、カイゼンの課題が顕在化した。
- ・ 2工程での実現には、10秒以上の時間短縮が必要。治具化などの検討もおこなう。
- ・ バランスを崩し、カイゼンをすすめる。
- ・ またセルを2つ作って対応をする可能性も。バランス効率は100%。

3人で目標サイクルタイムを達成できた後も、さらに2人で生産できないかを検討します。2人で作業すると、1人が担当する部品や作業の種類が増えます。部品配置や工程編成が十分に整っていない場合、特定の作業 者へ負荷が集中します。この例では、作業 者2は14.5秒となり15秒以内にできていますが、作業 者1が24.5秒となり、15秒を超過しています。作業 者1の作業時間がこの工程のサイクルタイムとなるため、目標サイクルタイムでの生産はできません。

しかし、2人で作業したことによって、改善すべき問題が明確になったともいえます。2人で生産するためには、作業 者1の作業時間を15秒以内へ近づける必要があります。そこで、作業 者1の作業を動作経済の原則に従い、部品配置を変えて手の移動を短くできないか、探す、持ち替えるといった動作を減らせないかを検討します。さらに、作業の同時化、治具による位置決め の簡素化、半自動化、必要に応じた自動機の導入も候補になります。

一時的にラインバランスを崩すことで、それまで隠れていた問題を顕在化できます。現在のバランスに満足して改善を止めるのではなく、さらに少ない人数でできないかを試し、そこで明らかになった問題を次の改善課題とすることが重要です。

連合作業分析

連合作業とは、人や機械のさまざまな組み合わせの作業のことをいう。1人の作業者と1つの機械、1人の作業者と複数の機械、複数の作業者と複数の機械など、実際の作業は複雑に絡み合っている。このような組み合わせ作業は、生産現場だけでなく、事務所、工事現場、交通機関、そして病院などの領域にもみられる。このよう連合状態の作業をより効率よくおこなうために、個々の関連を時間的な経過の面から分析して、より効果的方法へと組み替える分析を“連合作業分析”という。

連合作業分析の適用の場面

以下の場面において、適用が可能である。

- | | |
|--------------|--------------|
| ① 省人化を図る | ⑤ 工程を設計する |
| ② 作業能率を向上する | ⑥ 段取り作業を改善する |
| ③ 作業標準を設定する | ⑦ 原価を低減する |
| ④ ムダを発見・排除する | |

30

連合作業分析は、人と設備、または複数の作業者の動きを共通の時間軸上に表し、それぞれの稼働状態や組み合わせを分析する手法です。1人で複数の機械を受け持つ場合や、複数人で1つの作業を行う場合などに適用されます。

連合作業分析により、人の手待ち時間、機械の停止時間、人と機械が共同で作業する時間を明らかにできます。これらの結果を基に、作業方法や人員・設備の配置の改善を検討します。

改善では、人と設備の組み合わせ、作業標準、工程連結、段取り方法などを見直し、手待ちや停止、必要工数、原価を減らします。ただし、人の手待ちを埋めるために、単に仕事を追加することが目的ではありません。人と設備の動きを客観的な時間値で捉え、全体として効率のよい組み合わせをつくることが重要です。

連合作業分析の種類と対象

人と機械の作業の組み合わせ

- ① 単独作業—単数機械
- ② 単独作業—複数機械
- ③ 複数作業—単数機械
- ④ 複数作業—複数機械
- ⑤ 作業—作業（組作業）

作業者			機械		
記号	作業名	内容	記号	作業名	内容
	単独	機械や他の作業者とは時間的に無関係な作業		自動	作業者と関係なく自動による機械作業
	連合	機械や他の作業者と一緒に作業し、どちらかが時間を制約している作業		手扱い	段取り、取り付け、取り外し、手動などの作業者によって、時間の制約を受ける作業
	手待ち	機械や他の作業者が作業しているために生じる手待ち		停止	作業者が作業していることにより生じる機械の停止、空転

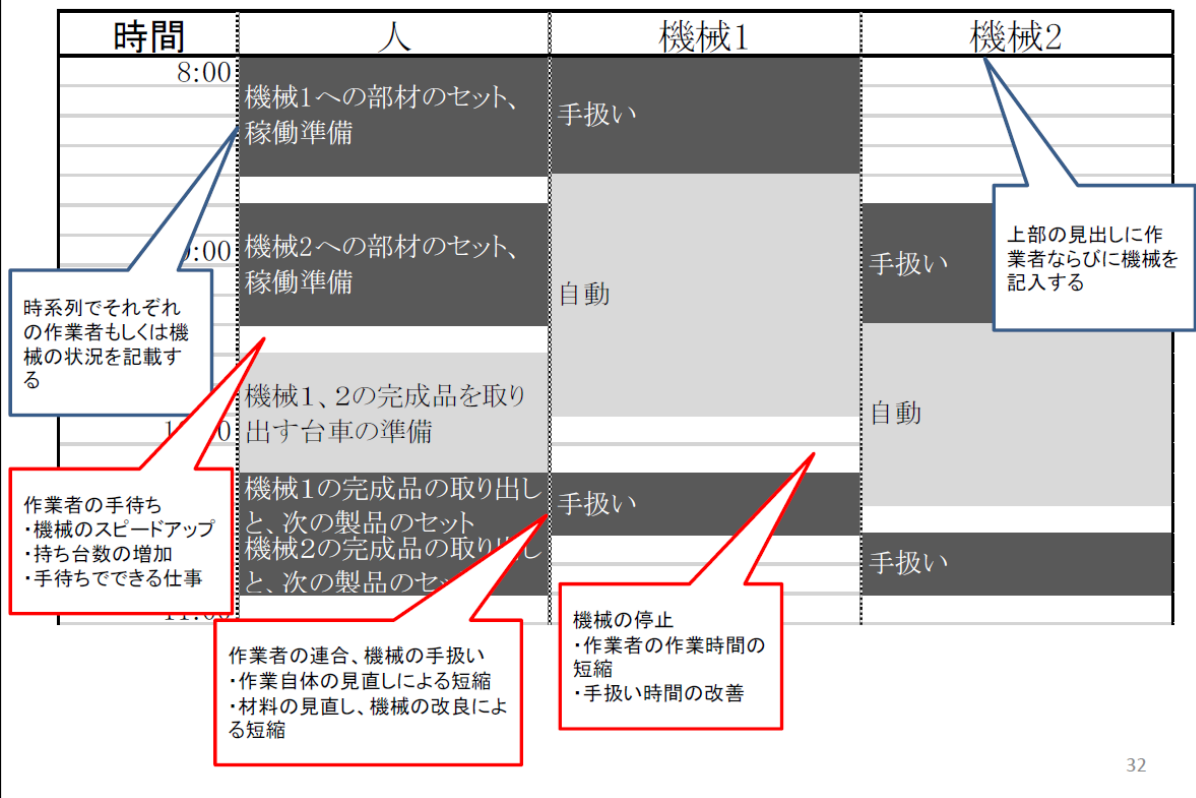
31

連合作業分析では、人と機械、または作業者同士の動きを共通の時間軸上に並べ、それぞれの作業状態や組み合わせを確認します。主な対象には、1人の作業者が1台の機械を担当する形、1人で複数の機械を担当する形、複数の作業者が1台または複数の機械を運用する形、複数の作業者が共同で作業する形があります。人の状態は、「単独」「連合」「手待ち」に分類します。単独は1人で行う作業、連合は機械や他の作業者と関わりながら行う作業、手待ちは処理する仕事がなく待っている状態です。

機械の状態は、「自動」「手扱い」「停止」に分類します。自動は機械が自動運転している状態、手扱いは作業者が材料のセット、段取り、完成品の取り出しなどを行っている状態です。停止は作業者による操作がなく、機械も動いていない状態を指します。これらを同じ時間軸上に表すことで、人の手待ちや機械の停止が発生している場所と時間を明らかにできます。そのうえで、機械の自動運転中に別の機械を担当できないか、共同作業の分担やタイミングを変更できないかを検討します。

連合作業分析の目的は、人や機械を常に動かすことではありません。人と設備の組み合わせを見直し、双方が価値を生む仕事へ効率的に時間を使える状態をつくることです。

M・Mチャートの書き方



M・Mチャートは、Man（人）とMachine（機械）の動きを共通の時間軸上に表し、人と機械の作業の重なりや待ちや停止時間を分析する手法です。この例では、1人の作業者が機械1と機械2の2台を担当しています。作業者は、最初に機械1へ材料をセットし、稼働準備を行います。この間は、人にとっては機械との連合、機械にとっては作業者が直接操作する手扱いの時間です。機械1が自動運転を始めると、作業者は機械2へ移動し、同様に材料のセットと稼働準備を行います。2台の機械が自動運転している間、作業者は次の材料や完成品の取り出しの準備をおこないます。しかし、その時間がかかり、機械の加工が終了しても作業者がすぐに取り出しの作業ができないため、完成品を取り出すまで機械は停止します。

チャートを作成すると、作業者が各時間帯に何をしているか、2台の機械が手扱い、自動運転、停止のどの状態にあるかを確認できます。この結果から、作業者の手待ちや機械の停止を回避する方法を考えます。機械の加工終了時に作業者が対応できるようにすれば、機械の停止を減らせます。人員を追加する前に、現在の人と機械の組み合わせ、作業順序、運転時間を見直すことが重要です。

総括表にまとめる

作業者	1		機械	1		2	
作業割合	時間(分)	%	作業割合	時間(分)	%	時間(分)	%
単独	40	22.2	手扱い	60	33.3	60	33.3
連合	120	66.6	自動	90	50.0	60	33.3
手待ち	20	11.2	停止	30	16.7	60	33.4
合計	180	100.0	合計	180	100.0	200	100.0

手待ち時間の割合が明確になるため、これをどのように低減するか検討をする

設備が停止している時間は、お金を生んでいない。ここを低減する。

段取替え、チョコ停、設備保全などの時間を短縮し、手扱いの時間を削減する。

設備間の差についても検証をおこなう

33

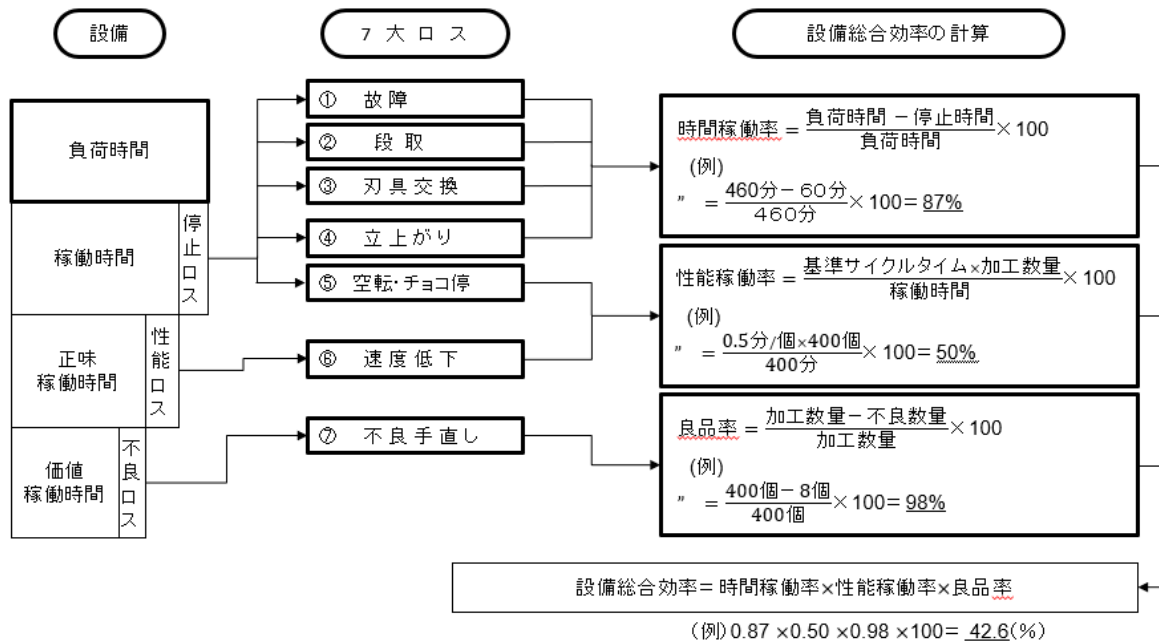
M・M チャートの作成後は、人と機械の状態を総括表にまとめることにより、さらに客観的に現状を把握できます。時系列のチャートは全体像を視覚的に捉えるには有効ですが、人については単独、連合、手待ち、機械については自動運転、手扱い、停止の時間を集計し、それぞれの割合を算出することにより定量的に把握できます。

作業者の手待ちが長い場合は、機械の自動運転中に別の作業を担当できないかを検討します。機械の停止が長い場合は、材料の準備不足、完成品の取り出し待ち、段取り替え、設備故障、調整など、停止の原因を特定します。原因によって必要な対策は異なります。

ただし、人と機械の稼働率をともに 100%へ近づけることが、必ずしも最適とは限りません。作業者を常に動かすと、完成品の取り出しや異常への対応が遅れる可能性があります。また、機械を動かし続けるために、必要以上の製品を生産しても、全体の成果にはつながりません。重要なのは個別の稼働率ではなく、必要な生産量をシステム全体で効率よく確保することです。

機械の稼働・停止信号は設備から取得できる場合がありますが、人の動きを継続的に測定することは容易ではありません。そこで、場所や設備に設置するタグと、作業者が携帯するタグを組み合わせたセンサーを活用すると、作業者の位置、移動、滞在時間を把握しやすくなります。連合作業分析のためのデータを効率的に収集するためにセンサーを活用するといいいでしょう。

設備総合効率(OEE:Overall Equipment Effectiveness)



34

食品加工の現場では、多くの設備が使用されています。設備の活用状況を正しく把握するには、単純な稼働率だけでなく、設備総合効率（OEE：Overall Equipment Effectiveness）で評価することが有効です。

設備総合効率は、「時間稼働率」「性能稼働率」「良品率」の3つの要素で構成されます。時間稼働率は、設備を動かせる時間に対して、実際に稼働した時間の割合です。設備故障、段取り替え、材料待ち、作業待ちなどによる停止が増えると低下します。性能稼働率は、設備本来の処理速度に対して、実際にどの程度の速度で生産できたかを表します。設備が動いていても、速度を落として運転している場合や、短時間の停止を繰り返している場合には低下します。

良品率は、生産した総数量に対する良品数量の割合です。設備を稼働させても不良品が多ければ、時間、原材料、エネルギーを使用したにもかかわらず、最終的な価値にはつながりません。設備稼働率という1つの結果だけでは、改善すべき問題を特定できません。設備総合効率を3つの要素に分解することで、長時間の停止が問題なのか、処理速度の低下や短時間停止が問題なのか、不良品の発生が問題なのか問題を切り分けられます。設備の状態を要素別に捉え、損失の発生原因を明らかにすることで、改善の着眼点と優先順位を具体化できます。

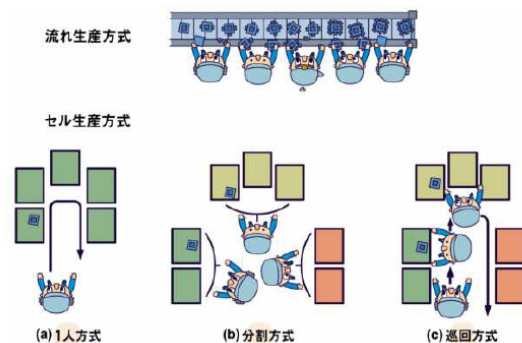
セル生産の定義

- ラインをいくつかの小単位に分割して、多能工化した作業者が単位ごとに市場需要の微小な変動に対応した小ロット生産
- 1人ないし数人の作業者がひとつの製品をつくり上げる自己完結性の高い生産方式

キーワードは、**多能工、自己完結**

セル生産の特徴

- コンベヤラインを利用しない
- 設備をU字形にレイアウト
- 小ロットあるいは1個流し
- 1人の作業者が複数の工程を担当



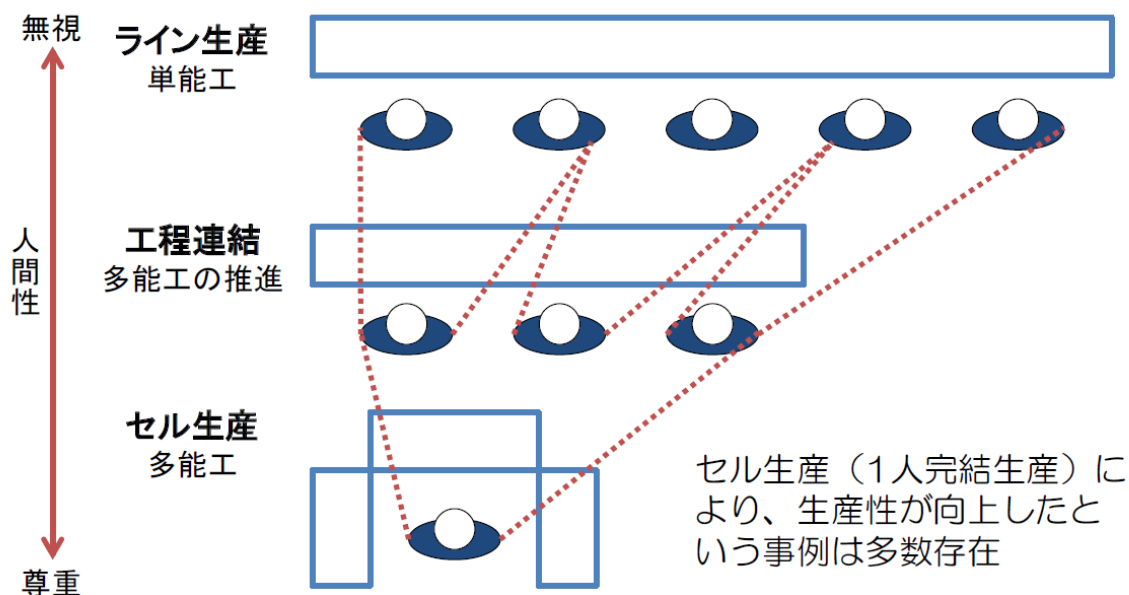
35

セル生産は、複数の工程を多能工化した作業者が、1人または少人数の作業で、小ロットで自己完結する生産方式です。セル生産を理解するうえでは、「多能工化」「自己完結」の2つが重要です。多能工化とは、1人の作業者が複数の工程を担当できるようにすることです。自己完結とは、1人または1つのセルの中で、製品を完成させるまでの一連の作業を完結することです。

セル生産には、さまざまな形があります。U字型に配置された工程を1人の作業者が移動しながら生産する1人方式、複数の作業者が分割して担当する分割方式、そして複数の作業者が工程内を一方向に移動し、1つの製品をウサギ追いのように作業する巡回方式があります。作業者の技能や製品特性に応じて、複数人で1つのセルを構成することも可能です。

セル生産は、単に1人へ多くの作業を任せる方式ではありません。多能工化を計画的に進め、工程間の運搬や仕掛品を減らし、製品を1個ずつ完成させることで、仕事の流れを改善する生産方式です。

工程連結からセル化へ



参考: 関伸一「デジタルセル生産のススメ」最終回これからの日本のものづくり, pp.148-153、日経ものづくり(2012.9)

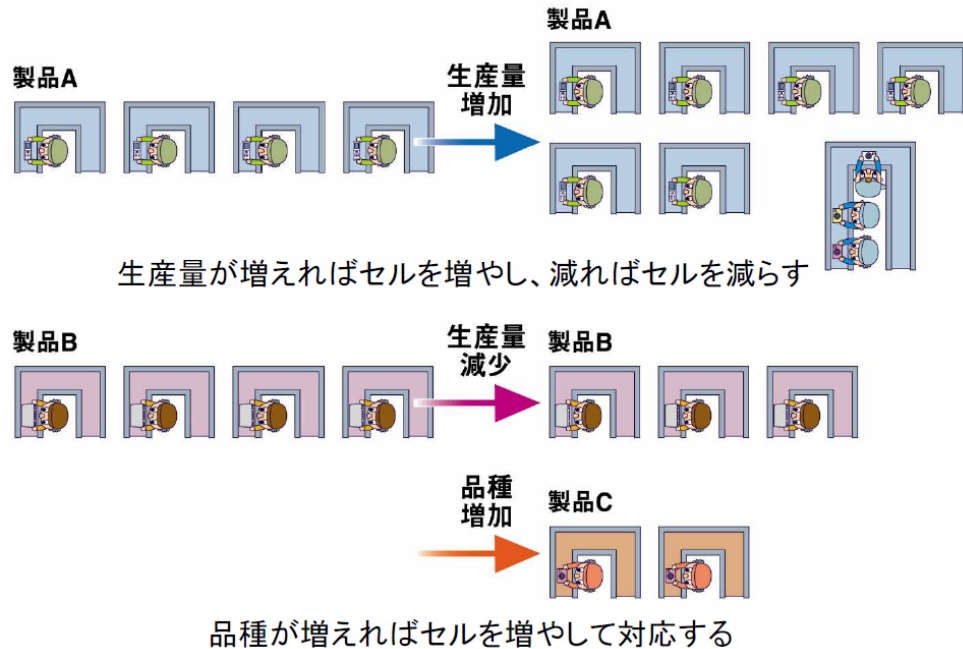
36

ライン生産は、一連の仕事を細かく分割し、1人の作業者が1つの工程を繰り返し担当する方式です。ヘンリー・フォードによるベルトコンベヤ方式の生産ラインに代表されるように、作業を単純化、標準化、専門化することで短期間に習熟しやすく、同じ製品を大量に生産する場合に高い効果を発揮します。

一方、1人が1つの工程しか担当できない状態では、生産量や品種が変化した際に、柔軟な人員配置が難しくなります。そこで、隣り合う工程を連結し、作業者が担当できる範囲を段階的に広げていきます。1工程を担当する単能工から複数工程を担当する多能工へ人材育成を進めることで、より少ない人数で一連の仕事を完結できるようになります。その先にあるのが、1人の作業者が製品の完成までを担当する「1人完結型」のセル生産です。

セル生産では複数の作業を習得する必要があるため、人材育成に時間がかかります。しかし、1つの単純作業だけを繰り返す働き方では、仕事の全体像や、自分の作業が完成品へどのようなつながるのかを把握しにくくなります。担当範囲を広げ、製品を最初から最後までつくることであれば、作業者は仕事の全体像と成果を直接確認できます。完成品に対する責任感や改善への気づきも生まれやすくなります。工程連結と多能工化は、生産性や柔軟性を高めるだけでなく、人間性の尊重や仕事のやりがいにもつながる取り組みです。

- 品種と生産量変動に対応するための条件



37

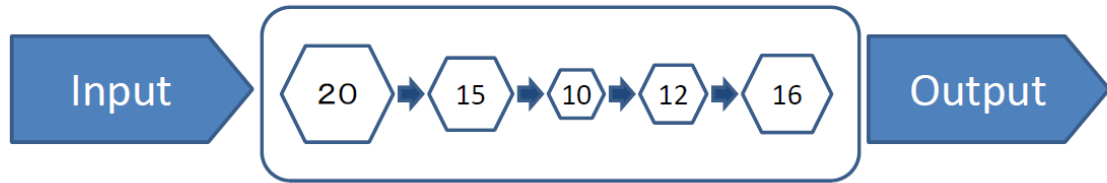
セル生産は、生産量や品種の変化に応じて、稼働するセルの数や作業者の配置を柔軟に調整できる生産方式です。

例えば生産量が増えた場合は、セル生産では既存のセルへ人を追加するのではなく、必要に応じてセルそのものを増やすことで生産能力を拡大できます。作業者の多能工化が十分に進んでいない場合は、技能や習熟度に合わせて工程を分担し、複数人で1つのセルを構成することも可能です。

反対に生産量が減った場合は、稼働するセルの数を減らし、必要な数量を生産します。余力となった作業者は、別の製品やライン、工程へ配置や応援ができます。

また、品種が増えた場合には、セルごとに異なる品種を担当させる方法もあります。作業者の多能工化が進んでいれば、需要の変化に応じて他品種の生産や他工程の応援にも対応しやすくなります。セル生産は、生産量に応じて人数やセル数を調整し、多品種化にも対応できる柔軟な生産体制をつくるうえで有効です。

「つながり」と「バラツキ」のあるシステム



- ボトルネックの1か所に取り組むのと、全部に取り組むのとでは、どちらが結果は早く出ますか？
- ボトルネックの1か所に取り組むのと、全部に取り組むのとでは、どちらが労力は少なくて済みますか？
- ボトルネックの1か所に取り組むのと、全部に取り組むのとでは、どちらがラクですか？
- ボトルネックの1か所に取り組むのと、全部に取り組むのとでは、どちらが全体最適ですか？

出所：岸良裕司、きしらまゆこ著「考える力をつける3つの道具」, ダイヤモンド社(2014)

複数の工程がつながり、そしてばらついている場合、工程ごとの処理能力の違いが、システム全体の流れに影響します。工程がつながっていない、工程はつながっているが能力がばらついてなければ流れには影響しません。この例では、5つの工程がつながり、それぞれ1時間当たり20個、15個、10個、12個、16個の処理能力を持っています。つまり、つながりとばらつきのあるシステムとなっています。

第1工程は20個を処理できますが、第2工程は15個しか処理できないため、工程間に5個の仕掛品がたまります。同様に、第2工程と第3工程の間にも5個の仕掛品が発生します。一方、第4工程には12個の処理能力がありますが、第3工程からは10個しか流れてきません。そのため、実際の処理量は10個となり、2個分の能力が手待ちになります。第5工程も16個の処理能力を持っていますが、前工程から10個しか流れてこないため、6個分の能力を活用できません。このシステム全体の処理能力は、最も高い20個でも、各工程の平均値でもありません。最も能力の低い第3工程の10個によって決まります。

このように、つながりとばらつきのあるシステムでは、最も処理能力の低い工程が全体の成果を決定します。この工程が、システム全体のボトルネック、すなわち「制約」となっています。

ステップ1：制約を見つける

ステップ2：制約をどう徹底活用するか決める

ステップ3：他のすべてをステップ2の決定に従わせる

ステップ4：制約の能力を高める

ステップ5：ここまでのステップで制約が解消したら

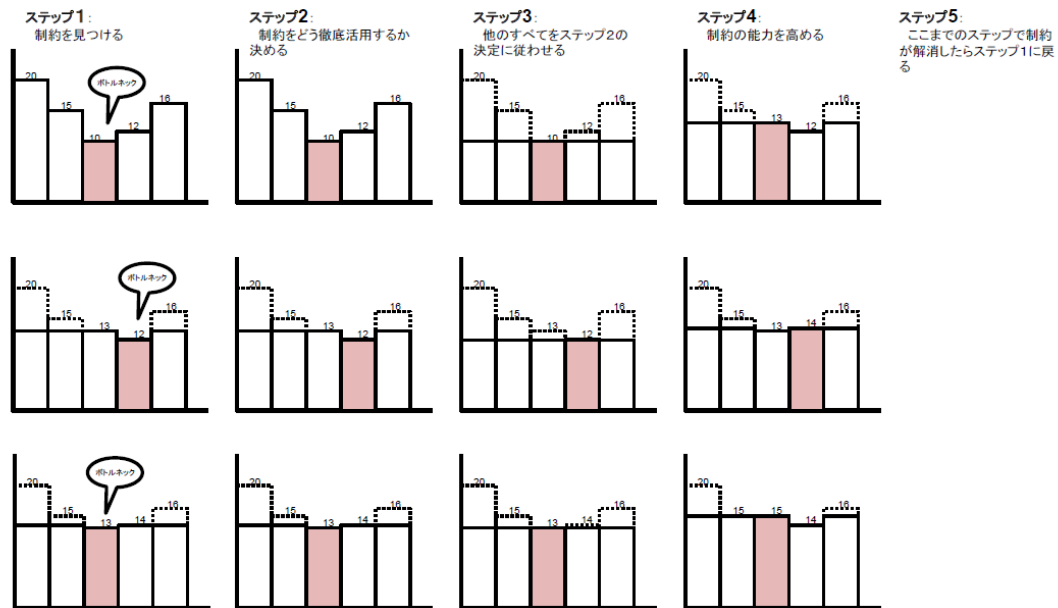
ステップ1に戻る

39

工程がつながり、それぞれの処理能力にばらつきがある場合、ボトルネックがシステム全体のアウトプットを決めます。ボトルネック以外の工程を改善しても、全体の生産量は増えません。例えば、1時間当たり20個を処理できる工程の能力を25個へ高めても、ボトルネックが10個のままであれば、仕掛品が増えるだけです。一方、ボトルネックの能力を10個から11個へ高めれば、システム全体のアウトプットも1割向上します。この考え方を「制約理論（TOC：Theory of Constraints）」と呼びます。制約理論では、継続的改善を次の5つの集中ステップで進めます。

- 1.制約を見つける：システム全体のボトルネックとなっている工程や要因を特定します。
- 2.制約を徹底活用する：ボトルネックの能力をすぐにあげるのではなく、まずはこの工程の徹底活用を考えます。
この工程の停止や手待ち時間を見直し、この工程の徹底活用の方法を考えます。
- 3.その他を制約に従わせる：ボトルネック工程が徹底活用されれば、システムからはこの量でしかモノが流れないため、投入量を制約に併せて投入する。このことにより、制約以外の工程には余裕が生じる。
- 4.制約の能力を高める：ここまできて初めてボトルネックの能力を高める。
- 5.制約が解消されたら最初に戻る：これまでの取り組みの結果、ボトルネックが解消されれば、ステップ1へ戻る。そして、新しい制約を見つけ、同じ手順を繰り返します。

すべての工程へ同時に着手するのではなく、現在の制約へ改善資源を集中させることにより、早く、少ない労力で楽に、システム全体の全体最適を実現することができます。



制約理論では、現在のボトルネックを改善すると、別の工程が新たな制約になります。この制約の移動に合わせて、5つの集中ステップを繰り返すことで、システム全体の能力を段階的に高めます。最初は、1時間当たり10個しか処理できない第3工程が制約です。まずは設備や人を追加するのではなく、第3工程が本来の能力を確実に発揮できる環境を整えます。制約工程に仕掛品、問い合わせ、優先順位の変更が集中すると、作業の中断や段取り替えが増えます。その結果、本来は10個を処理できる工程でも、実際の処理量が低下する可能性があります。そこで、処理順序を明確にし、過剰な仕掛品を持ち込まないようにします。また、材料の準備や完成品の移動など、制約工程の作業でなくてもできる仕事は、余力のある前後工程が支援します。

次に、ラインへの投入量を制約工程の能力に合わせます。前工程に20個の能力があっても、第3工程が10個しか処理できなければ、余分な投入は仕掛品を増やすだけです。投入量を10個に抑えることで、他工程の余力を制約工程の支援や改善へ活用できます。そのうえで、第3工程の能力を11個、12個、13個へ高めます。第3工程の能力が13個になると第4工程の12個を上回り、今度は第4工程が新しい制約になります。そこで、同じ手順を第4工程へ適用します。このステップを繰り返すことにより、ラインの能力が上がり続けるのがこの手中ステップです。

- 働くひと(現場)・・・誰でも楽に働ける
- お客さん・・・品質向上、価格低下はうれしい
- 経営者・・・生産性向上により収益向上
- サプライヤー・・・計画的な納品、注文増は○

良い現場は、“三方良し”となる。

42

複数の仕事を同時に抱え、頻繁に切り替えながら進める現場では、さまざまなロスが発生します。作業を切り替えるたびに、何を行うのか、どこまで進んでいたのか、次に何をすべきかを確認しなければなりません。資料や道具の準備、作業場所の移動、設備条件の変更などが必要になることもあります。こうした切り替え作業は、顧客が求める価値を直接生み出しません。また、作業の中断や再開が繰り返されると、確認漏れ、作業の重複、手順の間違いなどが生じやすくなり、生産性だけでなく品質にも影響します。多くの仕事に着手していても、完成する仕事が増えなければ、納期の短縮にはつながりません。

一方、優先順位を明確にし、1つの仕事を完成させてから次へ進む現場では、切り替えに伴うロスを減らせます。作業者は目の前の仕事に集中でき、確認や判断に要する負担も小さくなります。その結果、仕事の完了が早まり、仕掛品やミスの減少、品質の安定につながります。企業にとっては、同じ人員と時間でより多くの成果を生み出せるようになり、生産性と納期対応力が向上します。生産計画や作業順序が安定すれば、サプライヤーも材料や部品を計画的に供給でき、顧客にも良い品質の製品を約束した納期に届けやすくなります。

さらに、企業経営の安定は、雇用の維持や創出、地域企業との取引、増益となれば納税を通じ、地域社会にも良い影響をもたらします。働く人、企業、顧客や取引先、地域社会のそれぞれに価値をもたらす現場づくりが、売り手よし、買い手よし、世間よしという三方よしにつながります。

経験・勘・度胸のKKDから 計画・管理・データのKKDへ

43

現場では、長年にわって蓄積された経験と、経験に基づく勘、問題が発生した際に対応する度胸が重要な役割を果たしてきました。これらは「経験・勘・度胸」の頭文字を取って、KKD と呼ばれます。熟練者が状況を素早く判断し、経験を生かして問題へ対応する能力は、現場にとって大切な財産です。

一方で、特定の熟練者に依存した状態では、その人が休む、異動する、退職するといった場合に、同じ判断や対応ができなくなる可能性があります。また、経験や勘は、判断の根拠や作業の要点を他の人へ説明しにくく、仕事を再現性のある形で引き継ぐことが難しいという課題もあります。そこで、「経験・勘・度胸」から「計画・管理・データ」という新たなKKD へ移行します。良い計画や管理は従来の経験や勘への依存から脱却ができます。また、データを活雄することにより、現場の度胸を試す必要も不要となります。

現場には、まだまだ経験や勘や度胸に依存しなければならない部分も多くあります。一方で、熟練者が持つ知識や判断のポイントを、作業標準、判断基準、工程条件、データなどの形で見える化し、他の作業者也活用できる状態をつくることも重要です。そしてそのことは、熟練者がより熟練者でなければできないことに集中できる状況を生みます。

どうすれば現場の能力を発揮できるか？



- 働きやすい作業環境
- 良い生産計画
- わかりやすい作業標準
- 価値作業

- 働きにくい作業環境
- 悪い生産計画
- わかりにくい作業標準
- 非価値作業



変わるのは現場ではない 変わるのはマネジメントである

現場には、まだ十分に発揮されていない能力が残っています。そして、その発揮を阻害しているのは従業員のヤル気や根性という精神論ではありません。

作業者が何度も移動している場合は、レイアウトや材料配置に問題がないかを確認します。仕掛品がたまっている場合は、工程能力や仕事の流し方を見直します。手待ちが発生している場合も、仕事を追加する前に、前工程からものが流れてこない原因を明らかにする必要があります。

働く人が能力を発揮するためには、必要なものを使いやすい場所へ置き、作業の順序や優先順位を明確にする必要があります。また、作業途中の安易な割り込み、設備や材料の待ち時間、無理な姿勢、不要な移動を減らし、異常が発生した際にはすぐに把握できる仕組みを整えます。良い作業方法を標準化して共有し、多能工化や改善活動に必要な教育を進めることも大切です。

作業者へ一層の努力を求めるだけでは、根本的な解決にはなりません。現場の能力を引き出すためには、仕事の流れや環境を設計するマネジメント側が変わる必要があります。働く人が価値を生む作業へ集中できる環境を整え、現場が継続的に改善できるよう支援することが、マネジメントの重要な役割です。

- 日本のかつての品質は「安かろう、悪かろう」
 - 米国より統計的品質管理を習い、短期間にその印象を劇的に変化した
 - 工程で良品をつくりこむ、“自動化”から“自働化”へ
- 低い労働生産性からの脱却
 - 人口減少は先進国の共通課題。人手に依存しない、生産性の向上は喫緊の課題
 - 手段として自動化、ロボット、デジタル技術の活用に目が行きがちだが、現場を救うためのカイゼン活動が重要
- 目で見えてわかるものはすぐにカイゼン
 - 優れた企業の取り組み事例も重要だけれど、より良い現場の妄想を拡げることも重要。カイゼンを止めない！

There is always a better way.

能力が発揮できる現場をつくりましょう！

45

日本は、統計的品質管理などの管理手法を現場へ取り入れ、製品品質を大きく向上させてきました。品質を守るうえで重要なのは、完成後の検査で不良品を見つけるだけでなく、工程内で良品をつくり込むことです。そのためには、異常が発生した際に設備が検知・停止し、不良品をつくり続けない仕組みが必要です。このように、異常が発生したら機械が自ら停止し、不良を後工程へ流さない仕組みを「ニンベンの付いた自働化」と呼びます。

人口減少は日本だけの話ではなく、今後人材の確保はさらに困難になると考えられます。高い品質を維持しながら、限られた人材や設備で、より大きな価値を生み出すことが求められます。生産性向上では、自動化、ロボット、AIなどの導入を考える前に、現場をよくみることが重要です。不要な移動、無理な作業姿勢、滞留する仕掛品、道具を探す作業など、目で見えて分かる問題は、データがすべてそろったのを待たずに改善できます。不要な作業をそのまま自動化せず、まず作業の省略、統合、順序や配置の変更を検討します。

「There is always a better way.」という言葉のとおり、常により良い方法があります。最初から完璧(best)を目指すのではなく、現状より良い方法(better)を試し、結果を確認しながら更新します。改善で生まれた時間を次の改善や人材育成へ活用し、「楽しく、正しく、早く、そして安全に」働ける現場をつくることが重要です。


 関西大学
 京都市 北区 上田町 1-1-1
 TEL 075-823-5111

1 改善活動で作業時間が短くなった!

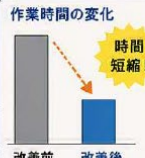
改善前
ムリ・ムダ・ムラが多く、作業に追われて時間に余裕がない...

改善活動!

- ✓ 作業手順の見直し
- ✓ ムダの削減
- ✓ レイアウトの改善
- ✓ 道具の定位置化 など

改善後
作業時間が短縮! 余裕ができた!

作業時間の変化



2 空いた時間を活用してカイゼンの勉強を開始!

今までできなかったカイゼンの勉強をこの時間でやってみよう!

カイゼンの勉強 (例: 自動化について)

- ・ 自動化の基本と考え方
- ・ センサー・PLCの基礎
- ・ 自動搬送・ロボットの活用事例
- ・ 異物検出・計量の自動化
- ・ 設備の保全と信頼性向上 など

学んだことを、現場に活かそう!

3 学んだことを活かして自動化を実現!

現場の課題を整理して...

人手が かかる	ミス・ バラつき	異物混入 のリスク
量産機 の稼働 率が低い	清掃に 時間がか かる	トレーサビ リティが 不十分

アイデアを出し合い、小さく試して、工夫して... カタチに!

導入前 (手作業)

- ・ 人手が多い
- ・ バラつきがある
- ・ 時間がかかる
- ・ 品質にムラがある

導入後 (自動化ライン)

- ✓ 自動で安定生産!
- ✓ 品質が安定!
- ✓ 作業がラクに!
- ✓ 清掃も簡単に!
- ✓ 記録も自動化!

4 さらに改善が進み、より良い現場に!

カイゼンの効果で、現場がさらに進化!

- ✓ 生産性アップ!
- ✓ 品質が安定!
- ✓ 安全性も向上!
- ✓ 作業がラクになり、やりがいアップ!
- ✓ みんなのやる気もアップ!

改善は続くよ!

私たちの目標

安全・安心で、おいしい商品を生産効率よく、みんなでつくり続ける!

改善のサイクルを回そう!



現場改善では、作業手順の見直し、無駄な動作の削減、レイアウトの変更、道具の定位置化などによって、作業時間を短縮します。重要なのは、改善によって生まれた時間を、単なる余裕として終わらせないことです。

生まれた時間を活用し、これまで取り組めなかった改善、自動化に関する学習、人材育成などを進めます。自動化では、設備を導入することだけを目的とせず、センサーや PLC の基礎、異常検知、ロボットの活用、設備保全などを学び、現場の課題に適した方法を検討します。学んだ内容は、現場の課題と結び付けて実践します。人手が多い、作業時間にばらつきがある、品質が安定しない、負担の大きい作業があるといった問題を整理し、小さな設備や治具、半自動化なども含め、実行可能な方法から形にします。

改善や自動化の導入後は、生産性、品質、安全性、作業負担などの変化を確認します。期待した成果が得られなければ原因を振り返り、再び改善します。成果が得られた場合も、そこで終わりではありません。改善によって生まれた次の時間を、さらに学習と改善へ使います。この循環を継続することで、現場の能力と改善力が高まり、より安全で、安心して働ける環境へ進化します。目指すのは、働く人が知恵を出し合い、安全・安心でおいしい商品を、効率よく、継続的につくり続けられる現場です。

新人IErと学ぶ 実践 IEの強化書

日本インダストリアル・エンジニアリング協会 編
A5判 並製 208 ページ 定価 2,200 円(本体2,000 円+税 10%)

ムダを見つけて本当の働き方改革へ！
IEをトコトンやり切るためのバイブル

コロナ不況と仕事変容、デジタル改革の波が押し寄せ、生産現場の混乱は相変わらず続いています。コスト競争力を求めた海外への生産シフトも、多様なリスクとの見合いから国内回帰の動きも目立ってきました。そうした中、顧客に対してはモノやサービスを安定かつ安価に提供でき、自社にも確実に収益をもたらす生産システムの再構築が迫られ、従来よりも高度なIEの実践が不可欠になっています。本書は、IEの基本的な考え方や周辺知識とともに、自動車工場を舞台に新人IErをどう育成するかという観点から、実践の勘どころを対話形式で解説。企業や社会で役に立つ「最適解に早く正しくたどり着く」方法を授けます。設計開発・品質管理・設備保全・生産管理など各部門でIEを展開する具体的なシチュエーションを提示します。



◇目次 第1章 IEとは

第2章 新人IErが身につけたい実践の勘どころ

- 2-1 動作・作業 対象：作業者 場面：自動車電装部品の組立 着眼点：動作のムダ
- 2-2 工程 対象：人・モノ・設備 場面：自動車溶接課サブ工程 着眼点：手持ちのムダ／運搬のムダ
- 2-3 ライン 対象：ライン 場面：自動車組立ライン 着眼点：つくりすぎのムダ
- 2-4 施設全体 対象：レイアウト・物流 場面：自動車工場全体 着眼点：運搬のムダ／在庫のムダ
- 2-5 経営 対象：サプライチェーン 場面：部品調達から顧客への納品に至る物流全般 着眼点：経営資源のムダ

第3章 IEを実践するために知っておくべき基礎知識

47

本講義では、IEの基本的な考え方として、価値と無駄の見える化、工程分析、E CRS、ラインバランス、連合作業分析、設備総合効率、セル生産、制約理論などを取り上げました。これらを実際の現場で活用するには、考え方を理解するだけでなく、現場の問題へ当てはめ、試行と検証を繰り返すことが必要です。

『新人IErと学ぶ 実践 IEの強化書』では、IEの基本から実践までを、現場で起こり得る具体的な状況に沿って学ぶことができます。対象は、動作・作業、工程、ライン、施設全体、サプライチェーンまで幅広く、動作の無駄、運搬の無駄、在庫の無駄、経営資源の無駄などを、どのように発見し、改善するかが整理されています。

現場改善では、目に見える問題だけに対処するのではなく、なぜその問題が発生しているのかを考えることが重要です。人の動き、ものの流れ、設備の状態、情報の伝わり方を客観的に捉え、価値を生んでいない部分を明らかにします。そのうえで、排除、結合、変更、簡素化の順に改善を検討します。

IEは、製造部門だけの技術ではありません。設計開発、品質管理、設備保全、生産管理、物流、サプライチェーンなど、さまざまな部門で活用できます。本講義を出発点として、関連書籍も参考にしながら理解を深め、身近な現場の小さな問題から実践してください。学びと改善を積み重ねることが、現場の能力を引き出し、より良い流れをつくる力になります。