

トヨタの「7つのムダ」と その順序に関する考察

岐阜大学

市来 寄 治

要旨 本論文では、いわゆるトヨタの「7つのムダ」について、生産管理の観点から統合的に考察している。具体的には、大野耐一氏の著書である「トヨタ生産方式―脱規模の経営をめざして」で提示されている「7つのムダ」とその順序について、それぞれのムダの意味することやムダの排除に対する考え方、さらに大野氏が提示している順序の意味について考察、整理している。その結果、「7つのムダ」には、原価低減をめざした生産体制の構築過程に対する考え方も含まれている可能性を提示している。最後に、考察した結果を、同著に掲載されている「トヨタ生産方式の歩み」と比較し、その妥当性を検証している。

1 はじめに

トヨタの「7つのムダ」は、トヨタ生産方式(以下「TPS」)の生みの親である大野耐一氏の著書[1]でも言及されているように、TPSを考える上で重要な概念の1つであり、こうしたムダの徹底した排除がTPSの基本思想であると述べられている。一方、「7つのムダ」の詳細については、同著書の中であまり言及されていないこともあり、生産管理の観点から十分な考察がされていない状況であると感じている。

具体的に、「7つのムダ」とは次に示すものであり、大野氏は著書[1]の中でこの順序で提示している。

- ① つくりすぎのムダ
- ② 手待ちのムダ
- ③ 運搬のムダ
- ④ 加工そのもののムダ

⑤ 在庫のムダ

⑥ 動作のムダ

⑦ 不良をつくるムダ

これらのムダについて一般には、徹底して排除すべきムダの種類を示していると捉えられており[2][3]、それぞれのムダについて個別に論じられることが多い。しかし、例えば「つくりすぎのムダ」と「在庫のムダ」のように、一見すると同じムダであるように思われるものの違いについて、明確にされていないこともある。異なるムダとして提示されている以上、その意味するところも異なるはずである。

あるいは、この「つくりすぎのムダ」と「在庫のムダ」のように、一見すると関連していそうなムダであっても、大野氏は1番目と5番目のように離れた順で提示している。ムダの順序の意味については、「つくりすぎのムダ」が最重要(1番目)であるということを除き、言及しているものは見当たらない。むしろ、大野氏とは異なる順序で、語呂合わせのように覚えることが示されている場合もある。大野氏が示している「ムダ」の順序にも意味があるはずである。

生産の現場でも「7つのムダ」について語られることがあるが、それぞれのムダや、その順序に対する考え方が明確でないことで、改善がうまく進まないことがあるように感じている。例えば、作業者の「動作のムダ」の排除に注目しすぎて、機械加工にひそむムダを見落とししたり、仕掛「在庫のムダ」の削減を進めた結果、生産ラインの流れが不安定になったりするなどである。あらためて、大野氏の

提示している「7つのムダ」の意味について考察、整理することは意義があると考え。

本論文はこうした問題意識にもとづき、「7つのムダ」について生産管理の観点から統合的に考察する。そして、前述した2つの疑問を含め、TPSにおける「7つのムダ」の生産管理における1つの解釈を提示することを目的とする。具体的には、各「ムダ」のTPSとの関連や、それらの「ムダ」が示されている順序の意味について、大野氏のものを含めた著書の内容を中心に考察し、統合的な捉え方を提示する。そして、大野氏の著書[1]に掲載されている「トヨタ生産方式の歩み」と対比させながら、その捉え方の妥当性を検証する。

2 TPSの目的

本題に入る前に、TPSの目的について述べる。大野氏によればTPSの目的は「徹底的な原価低減」であり、これを示すものとして次の式が示されている[1]。

$$\text{売価} - \text{原価} = \text{利益}$$

売価は売る側が決められるものではなく、顧客が決めるものである。どんなに手間をかけてつくったものであっても、顧客がそれに価値を認めなければ0円でも売れない。この前提において企業が利益を得るためには、売価より低い原価でものをつくるしかない。

さらに、企業が持続的に利益を獲得し続けるためには、原価を低減し続けるしかない。なぜならば、ものの価値(売価)は基本的には徐々に低下するためである。

TPSには「かんぱん」や「ジャスト・イン・タイム(以下「JIT」)」など、注目を集める手法や概念があり、その導入こそがTPSの目的のように語られることもあるが、少なくとも大野氏は「徹底的な原価低減」(「もうかるIE」)が目的であると主張している。

3 「7つのムダ」の考察

その上で以降では、「7つのムダ」のそれぞれについて考察する。各「ムダ」の意味や、その「ムダ」の排除のためにとられる施策や考え方を整理する。さらに、大野氏によって示されている「7つのムダ」の順序の意味についても考察する。

3-1 つくりすぎのムダ

(1) 市場の必要数が起点

つくりすぎとは、市場の必要数より多く、あるいは早くつくることである。売れないものをつくることになるのでムダになる。つまり、つくりすぎのムダを排除するために

は、いわゆるJITで生産すること、すなわち必要数と生産数をタイミングも含めて一致させることである。

市場の必要数だけをつくるには、今後の必要数を見積もることが重要だが、その一方で、大野氏は「計画は変更されるためにある」とも述べている。したがって、いわゆる需要予測の精度を上げるということだけでなく、見積もった必要数に応じた生産体制を構築し、生産計画変更に対処する仕組みを考えることも重視していると考え。

(2) タクトタイムが基準

市場の必要数に応じた生産体制の構築において重要なものはタクトタイムである。タクトタイムとは、ある製品の1日の必要数を満たすための1個当たりの産出時間であり、「稼働時間÷1日の必要数」で計算される。このタクトタイムよりも、各工程の1個当たりの生産時間(サイクルタイム)が長い場合、必要数に応じた生産をできているか否かを判断することになる。

理想はタクトタイムとサイクルタイムが一致することである。タクトタイムよりサイクルタイムが長い場合は、必要数を満たす製品を生産できないことになる。一方、タクトタイムよりサイクルタイムが短い場合、タクトタイムを無視してサイクルタイムで生産すれば「早く」生産することになり、「ムダ」になる。

(3) タクトタイム通りにつくるには標準作業が必要

タクトタイムが決まっても、その時間に合わせて生産するためには標準作業が必要になる。1つの製品をつくるために用いる機械や作業手順、そして、それぞれの時間が分からなければ、タクトタイムに合わせた工程編成ができないからである。必要な機械、作業手順、時間を定めた標準作業を定め、作業員全員が標準作業通りに作業できるようにすることではじめて、タクトタイムにしたがった生産体制を構築することができる。また、余談ではあるが、標準作業があるから作業改善を検討できる。

(4) 平準化も必要

別の視点として「平準化」がある。例えばA、B、Cという3製品を生産している工場があり、それぞれの月の必要数がAは300個、Bは100個、Cは20個であるとする。月の稼働日を20日とした場合、各製品の1日当たりの必要数はAは15個、Bは5個、Cは1個になる。前述した通り「市場の必要数だけをつくる」ということは毎日、3製品についてこの数をつくることになる(実際にはさらに、日内の生産順序にまで落とし込む必要があるが、ここでは割愛する)。

もし、この通りに生産せず、月初からはAを300個生

産し、その後に B を 100 個、最後に C を 20 個のように生産した場合、1 日当たりの必要数に対して A は「早く」つくることになるので、一時的に在庫ができてしまう。一方、B や C は「遅く」つくることになるので、月のはじめには 1 日当たりの必要数を満たせない（顧客を待たせることになる）。それを防ぐにはあらかじめ在庫を保有する、すなわち、それ以前に「早く」つくる必要がある。このような「早く」つくること（＝「つくりすぎ」）を防ぐためには平準化を前提とする必要がある。

(5) かんぱんの意味①：生産を統制する

これまで述べたことを実施し、必要数に応じた生産体制を構築できた場合に、はじめて「かんぱん」を使うことができる。大野氏もかんぱんは「トヨタ生産方式をスムーズに動かす手段」[1]と述べている。

また、かんぱんは生産計画変更への対処の機能も持つ。ある程度の増減幅という前提はあるが、必要数が当初の見込みより少ない場合はかんぱんが振られる頻度が下がる。一方、必要数が当初見込みより多い場合はかんぱんが振られる頻度が上がる。これらにより生産数が必要数に追従できるので、かんぱんは「つくりすぎのムダ」を防ぐための仕掛けの 1 つといえる。

(6) まとめ

以上のことをまとめると、「つくりすぎのムダ」とは市場の必要数と生産体制のアンマッチのことといえる。このムダを排除するためには必要数に一致した生産体制の構築が必要であり、タクトタイム、標準作業、平準化、かんぱんなどは、その構築のための考え方や手段であると位置付けられる。この「つくりすぎのムダ」が最初のムダとして位置付けられているのは、市場の必要数が起点であり、必要数に一致した生産体制の構築が何よりも重要であることを示していると理解できる。

3-2 手待ちのムダ

(1) 作業者の稼働率と原価低減

手待ちとは、作業者が何もせずにいる状態である。こうした作業者の稼働率が低い状態は、高い状態に比べてムダである。

稼働率には機械に着目したものと作業者に着目したものがあり、どちらを優先すべきかということがよく議論になるように思う。「7 つのムダ」の観点では作業者の稼働率に着目し、その改善に優先的に着手する。なお、主には機械加工などをとまなう生産ラインを想定していると思われるが、人作業中心の組立ラインにおいても共通であると考ええる。

それではなぜ、作業者の稼働率を優先するかというと、より原価低減につながるためである。作業者の人件費は時間に対して支払うものであり、仕事があってもなくても、今後にわたって発生する。一方、機械に対する費用は、基本的には使用に対して発生するものであり、仕事があれば支払う必要がない（なお、減価償却費は過去に支払った不変費用[4]であり、実質的な原価の議論には含めない）。このため、場合によっては機械の稼働率が低くても、作業者の稼働率を高める（このムダを排除する）ことの重要性を示していると考ええる[注 1]。

(2) 手待ちが生じる理由

作業者に手待ちが発生する理由は、基本的には仕事量に対して作業者が多いからである。この原因は「必要数とタクトタイムの不一致」と、「タクトタイム内のロス」の 2 つに分けられる。

1 つ目の「必要数とタクトタイムの不一致」とは例えば、1 日 7 時間勤務に対して、生産 6 時間分の必要数しかない状態である。これについては前述した通り、必要数にタクトタイムを合わせ、それに応じた作業者の人数にすることで解消をめざす[注 2]。ただし、その解消には後述する「非定員化」なども関係する。

2 つ目の「タクトタイム内のロス」とは、各作業者がサイクルの中でする作業の割り振りが悪く、「待つ」時間のようなロスがある状態である。これについては、作業の割り振りや作業改善などによって解消をめざす。「手待ちのムダ」では、この「タクトタイム内のロス」に主に着目していると考えるので、次から詳細に議論する。

(3) 多台持ち（自働化）

作業者がサイクルの中で待つ主な理由として、大野氏は機械の「監視」を指摘している[1]。機械を自動化しても、機械が作りすぎないか、あるいは正常に加工できているかを作業者が「監視」する必要がある場合、作業者は結局、その機械から離れられない。これに対して、豊田佐吉氏が開発した自動織機から着想を得て生まれたのが「自“働”化」である。「自働化」とは「機械に人間の知恵を付与すること」と述べられており[1]、必要な生産数に達したり、不良が発生したりしたら機械が自動的に止まるようにすることである[注 3]。

「自働化」により作業者は機械を監視する必要がなくなるので、1 人の作業者が複数の機械を操作できるようになる。これが「多台持ち」であり、サイクルの中で「作業」だけを行うことが可能になってくる。L 字型やコの字型などのレイアウトもこの一環で検討される[注 4]。

(4) 非定員化（離れ小島をつくらない）

その上で、前述した必要数の変化へ応じること求められる。そのための手段の1つに「非定員化」がある。まず「定員化」とは言い換えれば、固定的な人数で作業することを前提に工程を設計することである。これに対して、「非定員化」は人数の変更を想定して工程を設計することといえる。

図表1は、生産数の増加にともなう作業員人数の増加に応じた例を示している。この現場では図の上に示すように、工程Aと工程Bの2つがあり、それぞれ1名の作業員が担当している。工程Aと工程Bでは機械の種類が異なるが、各工程には同じ機械が3台ずつあり、各作業員は多台持ちで作業している。この時、各工程1名で作業することを前提に設計した場合は「定員化」になるが、人数変更を想定した場合は「非定員化」になる。

図表1の下に示すのは「非定員化」の例であり、生産数が1.5倍になったため、合計3名の作業員を投入している。各作業員が2台の機械を担当しており、特に中心にいる

作業員は2種類の機械にまたがり担当している。大野氏は著書で「離れ小島をつくらない」ということを述べている[1]。この例のように、異なる機械の工程Aと工程Bを近づけておくことで工程間をまたいで作業することが可能になり、「非定員化」の実現を支えている。

「非定員化」の実現にはその他にも、多能工化、各機械の作業に要する時間の統一、標準仕掛などの工夫も求められる。

(5) まとめ

以上のことをまとめると、「手待ちのムダ」とは作業員の稼働率が低いことである。作業員の人件費は時間に対して支払うので、原価への影響が大きいためである。このムダを排除するためには、まずは「監視」などの作業員が何もしない時間をなくすことが必要である。そのためにいわゆる「自働化」による「多台持ち」などが手段の1つとして位置付けられる。

また、生産数の変化に対する柔軟性も求められるので、「離れ小島をつくらない」などの工夫による「非定員化」も必要である。

前の「つくりすぎのムダ」で述べたように、はじめに必要な数に応じた生産体制を構築する。しかしそうした生産体制ができて、その運用が効率的でなければ原価低減にはつながらない。「手待ちのムダ」が「つくりすぎのムダ」の次にあるのは、こうしたことを示していると理解できる。

3-3 運搬のムダ

(1) 「流れ」をつくる

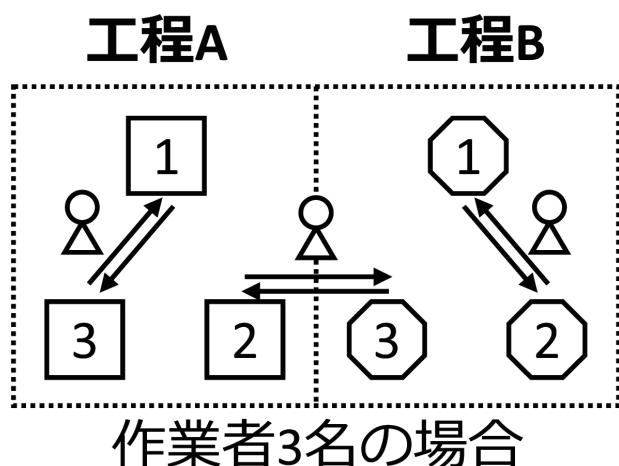
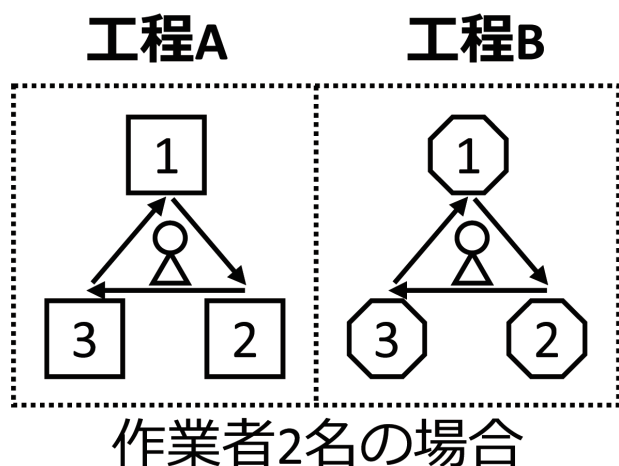
運搬とは、例えば工程間（あるいは工場間、拠点間）で部品や半製品などを移動させることである。運搬がムダであることは、IEの様々な分析手法の中で指摘されている[5]。この「運搬のムダ」では、運搬の排除の必要性だけでなく、「流れ」をつくることの必要性を示していると考ええる。

「流れ」をつくるには、主に2つの視点がある。1つ目はレイアウトの視点であり、例えば同じ機械ごとにまとめてレイアウトするのではなく、処理順序にそったレイアウトにすることである。2つ目は生産ロットの視点であり、できるだけまとめるのではなく小ロット化し、基本的には1個にするということである。そして、これらをとおして生産リードタイム（生産LT[注5]）の短縮を実現できる。

これらについて、次から議論する。

(2) 処理順序でレイアウトする（多台持ちから多工程持ちへ）

前述した「多台持ち」によって、1人の作業員が操作で



図表1 非定員化の例

きる機械の数を増やすことができて、同じ機械をまとめたレイアウトでは、次の工程までの運搬が必要になりやすい。また、この場合は基本的にロット生産になるので、工程間には生産ロットに応じた「もの」が滞留することになる。図表 2 の上に「多台持ち」の例を示す。この製品は素材から 2 種類の機械加工を経て完成品になる。工程 A と工程 B ではそれぞれ、1 人の作業者が 2 台の同じ機械を「多台持ち」している。しかし、別工程になっているので、工程間には仕掛品としての「もの」が滞留している。

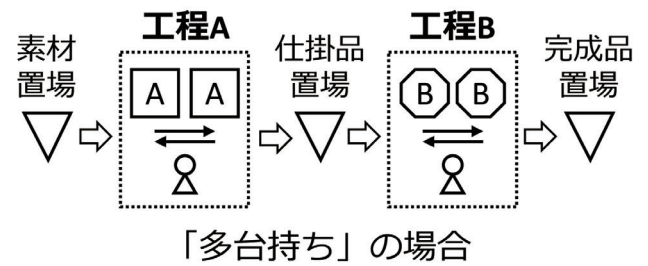
1 人の作業者が操作する機械の台数は同じでも、図表 2 の下のように、各作業者が 2 種類の機械を順に操作できるように配置すると、前の機械で処理されたものがただちに次の処理をする機械へ運ばれることになるので、工程間の「もの」の滞留を排除することができる。また、これにより生産 LT の短縮にもつながる。

このように処理順序にそったレイアウトにすることで、「多工程持ち」が実現できる。「多工程持ち」とは 1 人の作業者が複数の異なる機械を処理順序にしたがって操作することである。「多台持ち」とは異なり、作業者が処理順序にしたがって操作することになるので、自然に「流れ」ができ、機械間の滞留も生じにくい。また、副次的な効果として、日常的に多能工化の訓練ができることもあげられる。これは、「手持ちのムダ」で述べた「非定員化」を実現しやすくなる効果がある。

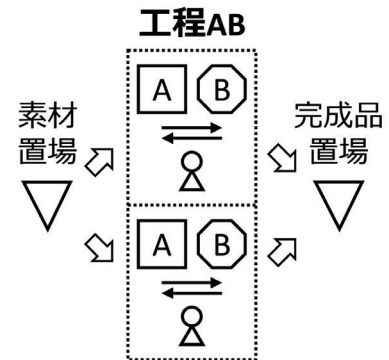
(3) 1 個流し（段取り改善）

小ロット化をすることも重要であり、基本的には 1 個をめざす。ここで注意が必要なのは、生産ロットと運搬ロットを区別することである。まとめた数のロットで生産しても、運搬ロットが 1 個であれば生産 LT は短縮できる。すなわち、前述したような処理順序にそったレイアウトにすることは、運搬ロットを 1 個にすることと言い換えることができる。

その上で、なぜ生産ロットについても 1 個をめざすかといえば、「つくりすぎのムダ」で議論した通り、TPS は「平準化」を前提としているためである（その理由は前述した通りである）。「平準化」の実現において障害になるものの 1 つが「段取り」であり、段取りの時間短縮のための改善は TPS の主要な課題である。具体的なことは文献 [2] [3] に譲るが、段取り時間を 10 分未満にする「シングル段取り」を目標に、段取り作業の改善や、内段取りの外段取り化 [注 6] などが実践されている。800 トンプレス機械の段取り時間を 8 年間で、3 時間から 3 分へ短縮



「多台持ち」の場合



「多工程持ち」の場合

図表 2 「多台持ち」と「多工程持ち」の例

した事例もある [3]

(4) まとめ

以上のことをまとめると、「運搬のムダ」とは、運搬が工程間の在庫や生産 LT の増加の原因になるのでムダであることを示しているといえる。このムダを排除するためには、ラインの流れ化や、生産・運搬ロットの削減（1 個）が必要である。

「運搬のムダ」が 3 番目である理由としては、処理順序にそったレイアウト変更や「多工程持ち」を実現するためには、「手持ちのムダ」で議論した「非定員化」を実現できている方がやりやすいことや、「つくりすぎない」という前提で人件費と在庫費用を比べると、在庫費用が原価に与える影響の方が小さいと捉えられていることなどがあげられる。

3-4 加工そのもののムダ

(1) 付加価値を生む工程の必要性を問う

加工とは、基本的には付加価値を生むものであり、生産にとって必要な工程である。例えば、工程分析 [5] では、製造工程を「加工」「検査」「運搬」「停滞」「保管」の 5 種類に分類している。この中で「加工」のみが付加価値を生む工程であり、その他についてはできるだけ排除することが求められる。「加工そのもののムダ」は、付加価値を生む「加工」についても、ムダなものがないかを問うことの必要性を示していると考えられる。

これは、IE の原則の 1 つである「ECRS の原則」[5][注 7]の「Eliminate : 排除」と同じ考え方と思われる。付加価値を生む加工であっても、時間や資源を投入しており、当然に原価がかかる。前述した通り TPS の目的が「徹底的な原価低減」である以上、加工についても必要性を問うことが求められる。

(2) 加工方法の見直し

そのためのアプローチの 1 つは加工方法の見直しである。具体例として、例えば文献[2]では、ダイカスト鑄造の例が示されている。ダイカスト鑄造をするとバリが出るので、その後に「バリ取り工程」が必要になっていた。しかし、バリ取りというのは言い換えれば、金属を図面通りの形状にできなかった部分を取り除いて修正する工程であり、基本的にはムダである。そこで、低圧鑄造法に変えることで、バリが発生しないようになった。すなわち、「バリ取り工程」を排除することができた。

(2) 製品・部品設計の見直し

もう 1 つのアプローチは製品や部品設計の見直しである。例えば、同じ機能を満たすのであれば、部品点数を少なくした方が加工を減らすことができる。近年に着目されているギガプレスなどもその一例である。プレス機械で個別に成形した複数の部品を組み合わせるのではなく、大きなプレス機械で 1 つの部品として一度に成形してしまうということも、加工を減らすという意味では効果があるだろう。このように、単に加工そのものに着目するだけでなく、加工により生み出すものの設計を見直すことも、「加工そのもののムダ」の排除には有効である。

(3) まとめ

以上のことをまとめると、「加工そのもののムダ」とは、基本的には付加価値を生む「加工」であっても、その必要性を問うべきであることを示しているといえる。このムダの排除のためには「ECRS の原則」の適用が分かりやすく、「加工方法の見直し」や「製品・部品設計の見直し」などを検討する必要がある。

「加工そのもののムダ」が 4 番目である理由は、生産体制の大枠を固め、付加価値を生まないムダの排除を進めた後でないと、付加価値を生む「加工」のムダの排除に取り組みづらいという考えが示されていると考える。付加価値を生まないムダの排除は、どちらかといえば、現状を前提に、運用やレイアウトなどを変更することである程度、対処可能である（もちろん例外はある）。一方、付加価値を生む「加工」の排除は、加工技術や製品・部品設計の変更など、現状を変える必要がある。このため、時間や資金面

などのハードルが比較的高いので、この段階で取り組む活動として示されていると理解できる。

なお以下は余談である。この「加工そのもののムダ」は、どちらかといえば機械加工を想定しているように感じるが、組立作業でも同様であると考える。特に「製品・部品設計の見直し」は組立作業においても重要であり、例えばネジで固定していた部品を、はめ込むだけで組み付くように設計変更するなどの実施例もある。こうした取り組みにより組立作業も単純化でき、人による組立作業を機械に置き換えることも視野に入ってくる。

3-5 在庫のムダ

(1) TPS = 在庫 0 ではない

在庫がムダであり、在庫削減の重要性については論をまたないと思われる。注目すべきは「在庫のムダ」が 5 番目に位置づけられていることである。

TPS でも当然に在庫削減をめざしているが、ただちに 0 にすることは求めてはいないと理解している。トヨタ生産方式をスムーズに動かす手段である「かんばん」も工程間在庫であり、「かんばん」制度を導入した時点で、ある程度の「在庫」を認めることになるからである。

(2) 必要なバッファをつくり、それを減らしていく

基本的には、TPS ではバッファとしての「在庫」保有は認めているが、その根拠が明確であることと、バッファとしての「在庫」がきちんと管理されていることを求めていると考える。「平準化」や「段取り改善」などで、必要数に追従した生産をめざしていても、段取りがほとんど必要ない組立ラインと、どうしても段取りが必要な機械加工ラインでは状況が異なる。このため（最終的な達成をめざすとしても）完全に同期化することには限界がある。それぞれのラインを止めないために、バッファとしてある程度の「在庫」を保有することは必要である。

ただし、そうして根拠を持って定めた「在庫」であっても、ムダであることには変わらないので、生産の仕組みを改善していくことで削減することは必要である。前の例でいえば、機械加工ラインの段取り時間をさらに短縮し、組立ラインとの同期を取りやすくすることで、バッファである「在庫」のレベルを下げしていく（0 にする）といったことである。

(3) かんばんの意味②：「在庫」を統制する

こうして定めた「在庫」をきちんと統制するための仕組みも TPS では示されている。「かんばん」もその 1 つであり、工程間の在庫数とその供給タイミングを規制することで、定めた以上の在庫数にならないようにするとともに、

それが管理されたもとの在庫であることが誰の目にも分かるようにしている。いわゆる「目で見える管理」の一形態であると考えることができる。

こうした仕組みに落とし込むことで、根拠を持って定めた「在庫」のみが存在する状態を維持するとともに、「かんばん」を減らすという目標を示すことで、「在庫」を減らすアクションにもつながりやすくなる。

(4) まとめ

以上のことをまとめると、「在庫のムダ」はそのまま、ムダである「在庫」を排除することを示している。ただしその裏では、生産ライン全体の流れを止めないために、根拠を持って定めた「在庫」をバッファとして保有することを認めていると考える。

この「在庫のムダ」が5番目である理由は、必要数を生産し続けるには、ライン全体の流れを止めないため、根拠に基づいた適切なバッファを持つことの必要性を認めているからであると考ええる。そうして生産ライン全体の流れを整えた後に、徐々に「在庫」を削減し、最終的に0をめざすという考え方（優先順序）を示していると理解できる。なお前述した、「流れ」をつくった1個流しのラインは、工程間の「在庫」を0にした1つの形態であると考ええる。

3-6 動作のムダ

(1) 「動く」と「働く」

動作もムダであり、排除すべきである。大野氏の著書[1]の中に、「いくらよく動いても、働いたことにはならない。『働く』とは工程が進み、仕事ができ上がることで、ムダが少なく効率の高いことである」との記述があり、まさにこのことを示していると考ええる。

作業改善についてはIEの主要課題であり、あらゆる企業で多くの実践がされているので、本論文ではこれらの詳細については割愛する。

(2) 工程設計と作業設計

一方、別の観点から重要なポイントもある。それは工程設計と作業設計を区別するということである。文献[2]では、工程とは「材料から製品に至る流れが、時間、空間とともに変化する過程」であるのに対して、作業とは「人およびその補助者としての機械などが、時間、空間とともに変化する過程」と述べられている。言い換えれば、工程はものの変化の流れであり、作業はその変化を与える手段の動きの流れということになるだろう。「7つのムダ」でも、これらを区別していることには注目すべきと考える。

(3) まとめ

以上のことをまとめると、「動作のムダ」もそのまま、

例) ある機械が動かなくなった

- ①「なぜ機械は止まったか」
→「オーバーロードがかかって、ヒューズが切れたからだ」
- ②「なぜオーバーロードがかかったのか」
→「軸受部の潤滑が十分でないからだ」
- ③「なぜ十分に潤滑しないのか」
→「潤滑ポンプが十分くみ上げていないからだ」
- ④「なぜ十分くみ上げないのか」
→「ポンプの軸が摩耗してガタガタになっているからだ」
- ⑤「なぜ摩耗したのか」
→「ストレーナー（濾過器）がついていないので、切粉が入ったからだ」

対策：ストレーナーを取りつける

図表3 「真因」にたどり着いた例[1]

ムダである「動作」を排除することを示している。「動き」を「働き」にかえることを通して作業の効率を高めることが必要である。

この「動作のムダ」が6番目である理由は、前述した「工程設計」と「作業設計」の位置付けを示していると考ええる。作業はあくまで工程を実現する手段であるので、ものがきちんとムダなく流れる状態をつくった（工程設計）後に、それを実現する手段の効率化（作業設計）に取り組むという順序を示していると理解できる。

3-7 不良をつくるムダ

(1) 品質を作り込む

不良がムダであることは言うまでもなく、排除すべきである。ここで注目すべきことは「不良」のムダではなく「不良をつくる」ムダであるということである。すなわち、そもそも不良をつくらないような方法を構築し、工程内で良品を100%つくれるようにする必要性を示していると考ええる。原価低減のためには当然、避けて通れないことであり、こうした方法を構築することは企業の競争力にもつながる。

なお、「不良」については、前述した「自動化」のところで述べている。ただし、「自動化」で（当面）めざしているのは、万が一「不良」が発生した場合にただちに生産を止めることで、その「不良」の後工程への流出を防ぐことである。「不良」の流出を防ぐか、「不良」そのものの発生を防ぐかという違いがある。

(2) 「原因」より「真因」

そもそも「不良」をつくらないようにするには、その不良が発生する「真因」をつかむ必要がある。「真因」には「原因」を掘り下げることではたどり着くことができるとされ、そのための考え方として「5W1H」や、「なぜ」を5回反復することなどが示されている[1]。

この「真因」にたどり着く過程の例が文献 [1] に示されている。この例は製品の品質に直結するものではないが、「真因」に対する理解を深めるために引用する（図表 3）。

なお、自動化やアンドンなどの「不良」の流出を防ぐ仕組みも、「真因」にたどり着くために必要なものであると考える。なぜなら、「不良」が生じた直後の状況が保たれるので、少なくとも「原因」を見つけやすくなるためである。

(3) 「ポカヨケ」

「不良」をつくらないようにするための対策の 1 つとして、「ポカヨケ [注 8]」の重要性も指摘されている。「ポカヨケ」とは、工程内で良品を 100% つくれるように工夫した治具や取付具のことである [1]。例として、「①作業ミスがあれば、品物が治具に取りつかない仕組み」、「②品物に不具合があれば、機械が加工を始めない仕組み」、「③作業ミスがあれば、機械が加工を始めない仕組み」、「④作業ミス、動作ミスを自然に修正して、加工を進める仕組み」、「⑤前工程の不具合を後工程で調べて、不良を止める仕組み」、「⑥作業忘れがあれば、次の工程が始まらない仕組み」、などが示されている [1]。これらの中で、②と⑤はどちらかといえば「不良」の後工程への流出を防止するものであるが、その他は「不良をつくるムダ」の排除につながる「ポカヨケ」である。

(4) まとめ

以上のことをまとめると、「不良をつくるムダ」は、後

工程への「不良」の流出を防止する仕組みを構築した上で、その「不良」をつくらないように方法を構築する必要性を示していると考ええる。こうすることで、ムダである「不良」の発生を根本的に排除することが必要である。

この「不良をつくるムダ」が最後に位置づけられているのも、対策を講じる際の難度を考慮しているのだと考える。前述した通り、TPS では「不良」が発生した場合の後工程への流出を防ぐ体制が前提になっている。まずはその生産体制を実現した後に、「不良」そのものが発生しないつくり方の構築に挑むという順序を示していると理解できる。もちろん、「不良」の発生頻度や、影響度合いなどによっては、はじめから「不良をつくるムダ」の排除に着手すべきであろう。

3-8 考察全体の要約とまとめ

これまでの考察の概要を整理したものを図表 4 に示す。この表は「7 つのムダ」のそれぞれについて、考察の概要とキーワード、それから QCD (Quality, Cost, Delivery) との対応をまとめたものである。

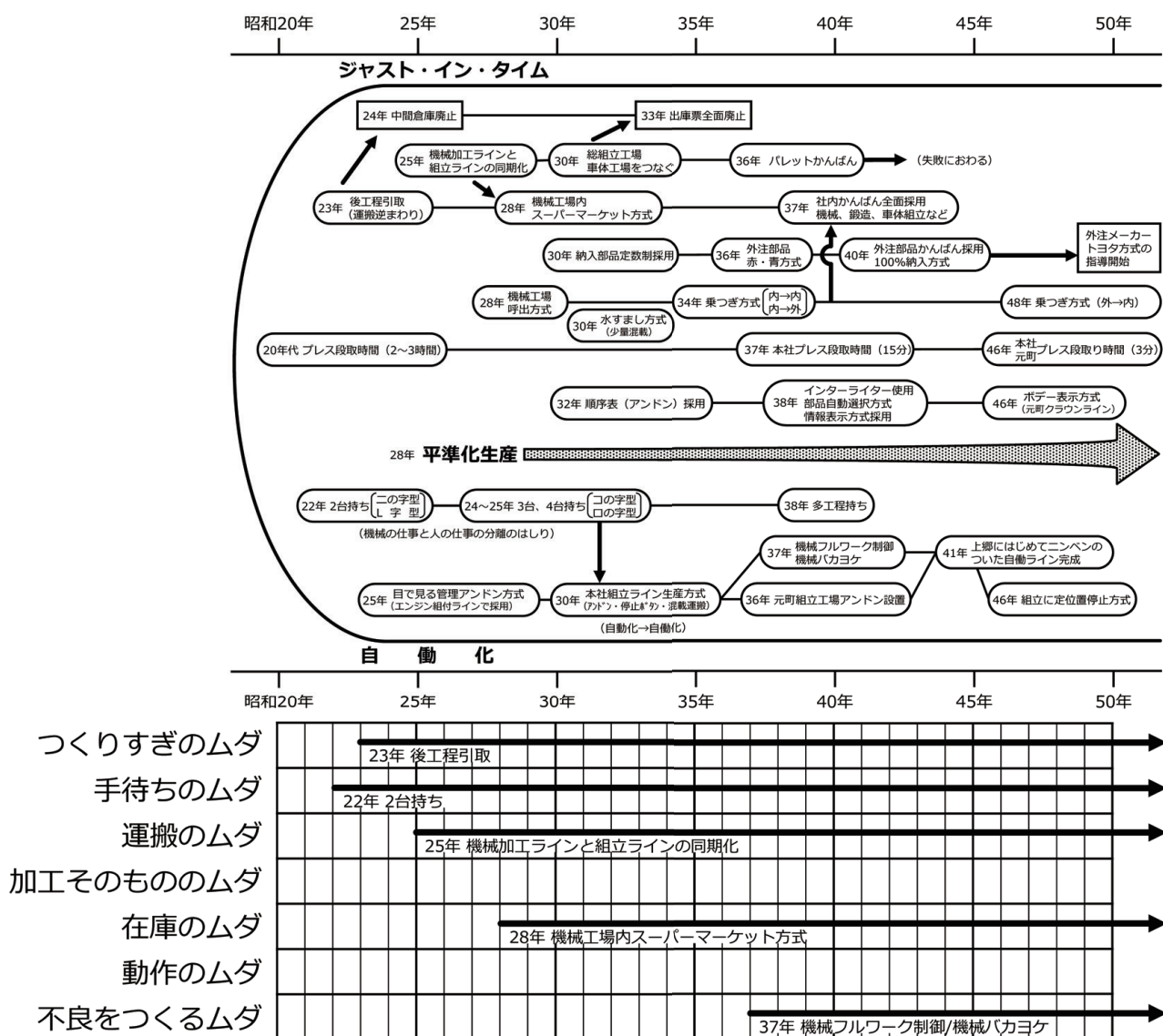
(1) 考察全体の要約

大野氏の提示している「7 つのムダ」の順序は、市場の必要数から生産数を決めることを起点とし（図表 4 の 1）、その必要数をムダなく生産する体制の構築を順に進める流れになっていると理解できる。

具体的にはその次に、継続的に原価に影響する作業者の稼働率に着目し、生産計画変更の柔軟性を考慮しながら、

	ムダ	概要	キーワード	Q	C	D
1	つくりすぎのムダ	必要量 = 生産量となるような生産体制をつくる	- タクトタイム - 標準作業 - 平準化 - かんばん			◎
2	手待ちのムダ	作業者の稼働率を上げるとともに生産量変更への柔軟性を高める	- 自動化（アンドン） - 多台持ち - 非定員化（多能工化）	○	◎	
3	運搬のムダ	ものの「流れ」をつくる	- 多工程持ち 1個流し - 段取り改善		◎	○
4	加工そのもののムダ	付加価値を生む工程の必要性を疑いつづける	- 加工方法の見直し - 製品・部品設計の見直し		◎	
5	在庫のムダ	必要であれば根拠に基づいてバッファをつくるがしっかり統制し、削減しつつづける	- かんばん - 目で見える管理		◎	
6	動作のムダ	「動き」を「働き」にする	工程設計→作業設計		◎	
7	不良をつくるムダ	不良をつくらない方法を考える	「原因」→「真因」 - ポカヨケ	◎		

図表 4 考察のまとめ



図表 5 TPSの導入過程との対比

作業者の稼働率の向上を図る（図表 4 の 2）。そして、ものの「流れ」をつくることで、ものの滞留の排除や生産 LT の短縮を図る（図表 4 の 3）。その上で、「加工方法の見直し」や「製品・部品設計の見直し」を進めることで、不要な加工を排除する（図表 4 の 4）。そうした活動をする中で、流れを整えるために根拠を持って定めた工程間の在庫（バッファ）を削減し続ける（図表 4 の 5）。ここまではどちらかというと「工程設計」の側面が強いが、次は「作業設計」の側面が強く、「動き」を「働き」に変えることで、さらなる原価低減を図る（図表 4 の 6）。そして、そもそも「不良」をつくらない方法に変えていく（図表 4 の 7）。

(2) QCD との対比

図表 4 の右列に、各「ムダ」に対して、QCD のどの観点点が主に当てはまるかを「◎」で示した。基本的にはすべての「ムダ」が QCD に関係するが、今回の考察で特に関

係が強いと述べたものを「◎」にした。ただし、考察の中でも補足的に述べたものについては「○」で示した。

はじめの「つくりすぎのムダ」は「必要数」と「生産数」を一致させるということであり、主に「D」に関係すると考える。

それに対して、2 番目から 6 番目のムダは主に「C」に関係すると考える。「手待ち」、「運搬」、「加工そのもの」、「在庫」、「動作」といったことに関する「ムダ」の排除であり、これは主に「C」の観点であると考えられる。ただし、「手待ちのムダ」の「キーワード」にある「自動化」や「アンドン」は、つくってしまった不良の後工程への流出を防ぐ意味もあるので「Q」にも関連すると考える。また、「運搬のムダ」については「流れ」をつくり生産 LT を短縮するという意味もあり、これは「D」にも関連すると考える。

最後の「不良をつくるムダ」については、その名の通り

主に「Q」に関連すると考える。

著者はこのQCDについて、「品質の悪いものを安くつくっても仕方がない」、「安くないものをタイミングよく供給しても仕方がない」ということから、「Q」、「C」、「D」の順で進めるべきという原則であると認識していた。しかし、今回の考察を前提にすると「D」、「C」、「Q」と逆順になっているように受け止められることは興味深い。もちろん、前述した通り、「C」であっても「D」や「Q」に関連するものもあるので、完全に逆順ではない。また「Q」については、粗悪品ではそもそも売れないので、歩留まりのような意味でとらえる必要はある。しかし、多少、原価が高くても、歩留まりが100%でなくても、顧客が求める数(＝必要数)をタイミングよく供給できる体制をまずは構築し、その後にコストの削減や歩留まりの向上に取り組むという考え方は、「秀吉の墨俣一夜城」のようでもあり、興味深い。

(3) 考察全体のまとめ

以上のように整理すると、「7つのムダ」は単に7種類の「ムダ」を列挙しているのではなく、TPS(原価低減をめざした生産体制)の構築過程、あるいはTPS導入する際の優先順序に対する考え方を示していると解釈できる。

4 考察の検証(TPS導入の歴史との対比)

本論文の「7つのムダ」に対する考察の妥当性を検証するため、大野氏の著書[1]で示されている「トヨタ生産方式の歩み」と題する図と比較した。その結果を図表5に示す。図表5の上部は同図を引用したものであり、下部は「7つのムダ」のそれぞれに関係するキーワードが同図において初出した時点(とその後の継続)を示している。

「つくりすぎのムダ」については昭和23年の「後工程引取」が該当すると考えた。必要数だけを生産するという考え方の起点であると判断できるからである。

「手待ちのムダ」については昭和22年の「2台持ち」が多台持ちの起点であり、該当すると考えた。

「運搬のムダ」については昭和25年の「機械加工ラインと組立ラインの同期化」が該当すると考えた。それまで、異なる順序やロットサイズで生産されていた両工程間に流れをつくり、その後にある昭和30年の「総組立工場・車体工場をつなぐ」取り組みの端緒であると判断できるからである。

「加工そのもののムダ」については、該当するキーワードを見いだせなかった。生産方式というよりも生産技術の側面が強く、対外的にキーワードとして示しづらかったこ

となどが理由であると想定できる。

「在庫のムダ」については昭和28年の「機械工場内スーパーマーケット方式」が該当すると考えた。昭和24年の「中間倉庫廃止」や、前述した昭和23年の「後工程引取」なども該当し得る。しかし、前者の「中間倉庫廃止」はどちらかという在庫削減の結果であり、後者の「後工程引取」は生産体制の考え方の転換であるとそれぞれ判断できる。本論文では「在庫のムダ」のポイントを、根拠の明確である在庫(バッファ)に基づいた統制の仕組みの構築と、その後の継続的な在庫削減(0をめざす)と捉えている。そうした仕組みに該当するキーワードが入っている「機械工場内スーパーマーケット方式」を本論文では起点とした。

「動作のムダ」については、「加工そのもののムダ」と同じく、該当するキーワードを見いだせなかった。理由も同じであると考えられる。

「不良をつくるムダ」については昭和37年の「機械フルワーク制御・機械バカヨケ」が該当すると考えた。その前にある「アンドン」などは発生した不良の後工程への流出を防止する仕組みであるのに対して、「ポカヨケ(バカヨケ)」は不良が発生しないようにするための仕組みであることがその理由である。

以上のようにキーワードを拾っていくと、「トヨタ生産方式の歩み」と、「7つのムダ」の順序はおおむね一致していることが分かった。このことから、「7つのムダ」がTPSの導入過程や手順を示していると断言することはできないが、少なくとも「7つのムダ」は7種類のムダを同等のものとして示しているのではなく、その順序にも意味があるということの1つの根拠になると考える。

5 おわりに

本論文では「7つのムダ」を生産管理の観点から統合的に考察した。それぞれの「ムダ」やその排除に対する考え方を整理した。さらに「7つのムダ」は「ムダ」を同列に示しているのではなく、その順序にも意味があることを示した。

TPSの導入ステップについて論じられているものはあるが、「7つのムダ」にもそうした導入ステップの概念が入っている可能性を指摘できたことには意義があると考えられる。

読者の方にとって少しでも参考になれば幸いである。

【脚注】

[注1] もちろん、機械の稼働率を無視してよいといって

いるわけではないが、すでに購入済みの機械については、稼働率にこだわる必要はないということだと理解できる。新規に購入する機械については、その必要性を十分に検討した上で導入する必要があると考える。

[注2] 「必要数とタクトタイムの不一致」が原因で作業者の稼働率が低い場合、必要数以上にものをつくることで作業者の稼働率を上げることができる。しかし、それは「つくりすぎのムダ」を生み出すことになるので、本論文では「手持ちのムダ」を排除する手段とは位置づけない。

[注3] 「アンドン」も「自動化」の1つの形態であると考え。「アンドン」とは「生産現場に掲げられた『ライン・ストップ』表示板」[1]である。例えば著書[1]では、通常運転中は緑色が点灯しているが、作業者がラインの遅れからの復帰のために応援を呼ぶときなどは黄色の点灯に変える、さらに、異常を直すためにラインを停止する場合は赤色の点灯に変える、という運用が示されている。「アンドン」は、「自動化」が終わっていない機械加工ラインや、組立ラインなどへの導入が容易であり、そうしたラインでも不良が発生したらラインを止めるようにすることが可能になる。

[注4] いわゆる「少人化」は、こうした「自動化」などの工夫をしながら、1人の作業者が複数の機械を操作できるように、はじめから工程設計することをめざす、という考え方であるといえる。

[注5] JISでは、生産リードタイムを「生産の着手時期から完了時期に至るまでの期間」と定義している。各工程の作業（加工・組立）時間だけでなく、段取り時間や、工程間の運搬・停滞時間なども含む。

[注6] 段取りとは、例えば加工するものに応じて機械の設定を変えることであり、プレス機械の金型をつくるものにあっては交換することなどがあげられる。段取りには「内段取り」と「外段取り」という分類がある。文献[2]では、内段取りを「機械をどうしても止めなければならない段取り」、外段取りを「機械の回転中に前もってできる段取りと、後でもできる段取り」のようにそれぞれ定義している。内段取りの外段取り化とは、例えば、金型交換作業において、これまでは金型を機械にセットしてから温めていた（内段取り）のを、機械が別の仕事のために稼働している間に金型をあらかじめ温めておき（外段取り）、金型をセットした直後から稼働できるようにすることなどである。

[注7] ECRSの原則は、「Eliminate:排除」「Combine:結合」「Rearrange:交換」「Simplify:簡素化」の頭文字から名づけられている[5]。すべての工程や作業につい

て、はじめに「排除」を検討する。それが難しければ複数の工程・作業を「結合」していくつかを排除する。次に順序を「交換」することで、ある工程・作業の必要性をなくして排除する。それでも排除できない場合は、工程・作業の「簡素化」を検討する。こうした流れで改善を進めるという原則である。

[注8] 英語では「fool-proof」であり、著書[1]などではそれを直訳した形の「バカヨケ」と表現している。しかし、近年では「ポカヨケ」と表現されることが多いので、本論文でも「ポカヨケ」を用いる。

【参考文献】

- [1] 大野耐一、『トヨタ生産方式——脱規模の経営をめざして』、ダイヤモンド社、(1978年)
- [2] 新郷重夫、『復刻版 トヨタ生産方式のIE的考察 ノン・ストック生産への展開』、日刊工業新聞社、(2023年)
- [3] 日本能率協会（編集）、門田安弘（著）、『トヨタの現場管理：「かんばん方式」の正しい進め方』、日本能率協会マネジメントセンター、(1986年)
- [4] 千住鎮雄、伏見多美雄、『経済性工学の基礎：意思決定のための経済性分析』、日本能率協会マネジメントセンター、(1994年)
- [5] 藤田彰久、『IEの基礎』、建帛社、(1997年)

原稿受付日：2024年11月14日

原稿受理日：2025年2月20日



市来 治 (いちきざき おさむ)

岐阜大学

社会システム経営学環

准教授

ichikizaki.osamu.r9@f.gifu-u.ac.jp

略歴 慶應義塾大学理工学部

卒業。同大学院理工学研究科

修了。同後期博士課程単位取得退学。博士（工学）。成蹊大学理工学部助教、慶應義塾大学大学院経営管理研究科専任講師などを経て現職。

筆者より一言 ご意見などがありましたら、ぜひ、ご連絡ください。