

1 工程能力と工程能力管理

『ものづくり』における製造工程に限らず、人間の仕事は**4M**（人、設備・道具、材料・素材、方法）から構成されています。そこで、良い成果（アウトプット）を得るためにには、これら4つの構成要素を適切にコントロール（管理）することが不可欠です。本章で学習する

『工程能力管理とは、その工程の持っている能力を適切に管理すること』

です。『工程の持っている能力』が**工程能力**です。また、工程能力管理は、単に工程管理（Production Control）と呼ばれることもあります。

もちろん製造工程の工程能力は、そのアウトプット・製品の良さを表す**QDC**（品質、納期・工数、コスト）の3点で評価されます。工程能力とは**4M**を適切に（計画通りにあるいは定められた標準の通りに）コントロールしたときに得られる**QDC**のことです。

工程能力管理というと、生産量や進捗の管理のことを指すことが多いようですが、ここではプロセスの管理すべてを含む考え方としておきます。ただし、現在皆さんにはクオリティマネジメントについて学習されています。以下の学習では品質（Q）に関する管理が中心となりますが、工数やコストを同時に考慮しなければいけないことは当然のことでしょう。

品質（Q）に着目すると、

『工程能力とは、製造工程を安定状態（適切に管理された状態）に保ったときに、その工程が作り出す品質の達成能力』

ということができます。しかしながら、この工程能力は潜在的な（目に見えない）ものですので、外から知ることは困難です。そこで、現実的には次のように定めることが多いようです。

品質にバラツキを与える要因が正しく（適切に）管理され、管理図が安定的な状態になったときの品質のヒストグラムをつくり、その平均値と標準偏差を計算し、「平均値±3×標準偏差」で工程能力を表すことが多いようです。平均値が自由に設定できるときには「6×標準偏差」だけで表すこともあります。また、品質に規格値が与えられており、その値との比較を定量的に評価するときには、工

程能力指数が用いられています。

2 工程能力管理

2.1 工程能力管理と工程改善

工程能力管理は工程能力を管理することです。日常業務の中で管理することですので、『**日常管理**』と呼ぶこともあります。ただし、ここで言う「管理」には二つの考え方あります。ひとつ目は、「現状の工程能力を維持する」ことを目指した活動です。狭い意味での管理です。もうひとつは、「改善」です。「製造工程の問題を積極的に見つけて、これを解決（工程能力の向上など）する」ための活動です。この「改善」については、第9章『**工程問題改善**』で改めて学習します。本章では、狭い意味での「管理」を取上げます。

狭い意味での「管理」を「現状維持」といいましたが、厳密にはそうではありません。現状を維持していくためには、異常を発見し、再発を防止していくことが不可欠です。再発防止のためのアクションにより少しは改善されることが期待されます。また、根本的な解決が困難な場合には、応急措置で済ませ、後日より積極的な根本的な問題解決活動に望むこともあります。すなわち、「管理」がしっかりとできていると「改善」活動に不可欠な問題発見に大いに役立ちます。

また、品質に影響を与える影響には「気がつかないうちにジワジワ」やってくるものもあります。設備の劣化や作業者の習熟などの要因による影響は典型的な例です。これに対して、設備の変更、材料の変更など工程能力への大きな影響が一気にやってくることがあります。これらの影響をあらかじめ予見し、事前に適切なアクションを打っておくことはとても重要です。これに関しては第6章『**変化点管理**』で学習します。

2.2 工程能力管理と製品検査

「**工程能力管理**」の立場からは、工程が「正常」であるか、「異常」であるかを判断することが検査の役割です。決して検査対象の製品が「良品」であるか、「不良品」であるかどうかを判定しているだけではありません。これは「**製品検査**」の立場からの検査です。工程能力が正しく發揮されているかどうかを判断します。工程が「異常」とは本来の工程能力が發揮されていない状態にあることを表します。

各ロットからいくつかの標本（サンプル）を抽出し、それらを検査したとしても（抜き取り検査）、その結果からそのロットを製造した際の「工程」（または「工程能力」）を推測していることになります。通常は、検査結果が管理図の管理限界内にあれば「正常」、管理限界の外にあれば「異常」（またはその可能性が大）と判断します。そして、「異常」であれば、その原因となる要因を探し、再発防止のためのアクションをとることになります。

一方、「製品検査」の立場からは、判断するのは検査対象の製品ロットです。そこで、「異常」と判断されれば、検査対象のロットに対して「ロット全体を不合格」としたり、「全数検査」をすることになります。

いずれにしろ、これらの活動を管理サイクル P D C A に対応させれば、検査は C、その結果に応じたアクションは A です。事前に設定した「工程能力」が目標で、4 Mに対する各種の標準が P です。すなわち、目標とすべき「工程能力」とそれを発揮させるための 4 M の標準が定められていることが、「工程能力管理」の前提となります。

2.3 工程能力管理とアクション

繰り返しになりますが、検査をし、判断しているのは「工程能力」です。また、「工程能力」を決定しているのは 4 M（人、設備、方法、材料）です。すなわち、検査結果から「工程能力」が「異常」（標準的な「工程能力」が発揮されていない）と判断されたときには、その原因となる要因は 4 M が適切に管理されていなかったことになります。「4 M 管理」はすべての基本です。

多くの場合は、4 M が定められたように管理されていなかったことが原因です。後ほど触れますが、この原因は一つでないことが多いようです。思い込みは禁物です。冷静にさまざまな可能性を吟味すべきです。ただし、「日常管理」の立場からは再発防止が目的ですから、うまい対策が見つからない場合には応急措置だけで済ませ、「改善」対象の問題として別途取組むべきです。

それまでは気が付いていなかった要因が原因となることもあります。すなわり、4 M として管理していなかった要因が発見され、新たに管理対象とするようアクションをとることです。例えば、室温が影響していることがわかり、新たな管理対象とすることがあります。ただしこれは調整であり、根本的な影響の除去（「改善」を目指すこと）ではありません。「改善」では室温の変化が品質に影響を与えない設備や方法を開発することです。

【Coffee Break・煮え蛙】

「蛙は敏感なようで鈍感だ。熱い湯の中に投げ込むと飛んで逃げる。
ところが、じわじわと暖めると、煮えるまでじっとしている。」



もちろん、これは事実ではないでしょう。我々の人生のことに翻訳すると、「身の回りの変化は徐々に起こる。その小さな変化に気が付かないでいると、...。」大いに役立つ教訓となります。

本講で学習する工程能力管理に限らず管理活動は、忙しい通常業務に没頭するあまり、煮え蛙になることを避けるために不可欠な活動です。

3 品質設計と工程設計

3.1 品質標準と管理特性・管理水準

品質標準とは、顧客・消費者の要求（ニーズ）、工程能力や品質に対するコストやポリシーなどを考慮して、現実に工程を管理して工程能力を十分に発揮すれば実現できる（はずの）品質の水準です。本章「1 工程能力」で説明した工程能力そのものです。これは設計したもののはずです。しかしながら、現実には実際の工程能力を平均値と標準偏差、あるいは平均値と上下の幅で表されることもご紹介しました。

これに対して管理特性とは工程の結果を表す特性です。これが管理図、グラフにプロットされる特性です。また、管理水準は管理限界として、管理図中に表される値です。ある種バラツキの範囲を設定しています。これは、管理のために設けたものですから、厳しくも甘くも設定することができます。

厳しくすれば「異常」と判断されること（第1種の過誤と呼びます）が増え、製品検査に伴うアクションの回数が増え、工数やコストに跳ね返ります。一方、水準を甘く設定すれば「異常」は減少しますが、工程の異常（あるいはその兆し）を見逃す（第2種の過誤）可能性が高まります。

品質標準や管理水準の決定にあたっては、消費者や後工程が問題とする品質特性などを十分に吟味することが不可欠です。テーマからは少し離れますが、VA（Value analysis：価値分析という手法のある部分が必要になることがあります。しかも、これは時間が経過すると変化します。常に、合理的に改訂することが必要です。

品質標準や管理水準を改訂すべきときとは、

- ① 消費者や顧客の要求が変わったとき
- ② 経営者のポリシーが変わったとき
- ③ 工程能力が変わったとき（「改善」の後など）

などです。

3.2 工程設計とQC工程図

ここでいう工程設計とは、ある製品を生産していくための品質管理方法の計画のことです。品質管理・日常管理の方法（プロセス）をできるだけ明確にしておくことです。これに関する情報を表やチャートに整理したものが、QC工程図（品質管理工程図、QCフローチャートなどと呼ぶこともある）です。その製品の品質管理計画といつても良いでしょう。

これを明らかにするためには、製造工程（プロセス）にそって、以下のような項目についてまとめておくことが必要です。

- ① 作業内容
- ② 作業標準
- ③ 原材料・部品
- ④ 設備・機械・装置・治具
- ⑤ 管理項目

- ⑥ 品質標準
- ⑦ 管理図・管理限界
- ⑧ サンプリング方法
- ⑨ 測定方法
- ⑩ 測定結果の記録・表示方法
- ⑪ 管理担当者
- ⑫ 異常時の報告・処置の方法

これをまとめて整理するには、かなりの時間と労力を要します。しかしながら、工程設計時に工程能力管理計画として必要なだけでなく、このQC工程図を作成するだけでも工程の問題点がはっきりすることがあります（ほとんどそうです）。何かが起こってから、考えるのではなく、あらかじめ管理プロセスを明確にしておくことが肝要です。

ここで、管理図の利用法について三つの観点から注意事項を加えておきます。

a. 層別管理図

品質すなわち工程能力に影響する要因は4Mの中にあることは何度か説明してきました。それならば、管理図を描くときにもそれを十分に意識すべきです。例えば、設備について考えて見ましょう。皆さんもご存知のように、同機種の機械設備であっても機械ごとに個性があります。もしも、この影響が大きいのであれば、機械別に管理を描くべきです。それぞれの機械設備の状況を推測することができます。

作業者、材料・部品メーカーなどに関しても層別すると良いでしょう。特に過去の「異常」の原因が完全に克服できていないとき（応急処置的なアクションであった場合）には、その原因に関しては慎重に管理する必要があります。

b. 傾向分析

管理図では、時系列にそって（古いものから順に）プロットします。これは、ただ単に管理限界内にあるかどうかを判断するためではありません。時間の経過に沿って、何らかの傾向を持っている場合には発見しやすくなります。例えば、抜取り検査の場合に範囲（R）が管理限界内の変化であっても、大まかに観ると右上がり（増加傾向）であれば、近い将来管理限界を超えてしまう可能性がありそうです。事前にアクションが取れます。一つ一つの点の変化（増減）ではなく、全体の傾向を読み取るには、折れ線グラフは絶好です。煮え蛙にならないためには事前に予知することが肝要です。

c. 2段階サンプリング法

統計の大原則ですが（直感的にもわかりやすいことですが）、サンプル数が多いほうが工程（母集団）の状況をより正しく推測（推定）することができます。ところが、非破壊検査であってもサンプル数を増やせば、検査のための手間・工数は増大します。

そこで、管理限界を2段階に定め、通常は少し狭い（厳しい）方の管理限界で判断します。その結果、データが管理限界の外に出ていたときだけ、さらにサンプル数を増やし、本来の判定基準（管理限界）で判断します。要するに、少ないサンプルで大まかに網にかけ、危なそうなときだけ、サンプル数を増やしてきちんと検査をする方法です。

2段階サンプリング法と呼ぶ方法です。品質管理のテキストにはあまり紹介されていませんが、ある程度管理水準が高い工程では、有効な検査方法です。

3.3 アクション

管理図を用いて検査結果を整理して「異常」と判断し、アクションをとる際には、工程に対するアクションと製品に対するアクションがあることは5.2(3)で説明しました。通常とられているアクションについてこの2種分けて整理しよう。

① 工程に対するアクション

a. 工程に対して直ちに取るアクション：

異常の原因の調査と応急処置的なアクション・調整

b. 異常原因の再発防止のためのアクション：

異常原因の調査・除去、種々の標準の改訂、教育・訓練
改善テーマとしての登録

② 製品に対するアクション

c. 不良品のある場合：

全数検査によるこの製品の選別、ロット全体の廃棄など

d. 管理限界を外れているが不良品の無い場合：

ロットの合格・廃棄・選別あるいは値引きなど



図 2種類のアクション

これらに加えて、もっとも大切なことのひとつに、記録を残すことがあります。「工程異常報告書」などと呼ばれるものです。これは責任を追及し、個人やグループに懲罰を与えるためではありません。事実をできるだけ明確にし、他の個人やグループとも「情報の共有化」を図ることです。組織全体として、レベルアップするための第一歩です。もちろん、「改善」の際のデータにもなります。これが残っていないと、「改善」活動も的確に進めることができます。

「工程異常報告書」に記載すべき情報としては、

- i) 工程の状況：工程・製品名称、管理特性、管理図番号、ロット番号・状況、作業者など
- ii) 異常内容：発生年月日、時間、異常現象の状況、発見者など
- iii) 原因：明らかになった場合にはその内容、不明な場合にはチェックした事項
- iv) 処置：一時的対応、原因別に工程に対して直ちにとった処置内容、その結果

などが必要でしょう。

4 実施と導入

本章「3. 品質設計と工程設計」で説明したQC工程図（品質管理計画）を具体化し、「工程設計」が完了しても、実施するにあたって忘れてはいけないことがあります。それは、関係者全員に対する説明と教育です。関係者とは、作業者（製造担当者、検査担当者）、管理者、前後工程の管理者などは最低限必要でしょう。

説明すべき（理解しておいていただく）内容の第一は「目的」です。この管理がなぜ必要なのか、顧客・消費者のニーズとどのようにかかわっているのかに関する共通認識が不可欠です。できるならば、計画の初期の段階で完了しておくことが良いでしょう。企業により事情は異なるでしょうが、広い範囲に影響が及ぶ変更であるならば、経営者の方が全関係者に対して同時に説明すべきでしょう。

特に「異常」の発生ができるだけ早急に明らかにし、その原因を正しく把握することの目的とその重要性を理解していただくことは重要です。「懲罰」のためではなく、再発防止のためであること、工程全体の能力の向上のためであることなどです。企業にも文化があります。積極的に変化を取り込む文化を養成することは、経営者の一貫した方針に基づいたかなり長い期間が必要です。“Bad News Must Be Fast!（悪い知らせほど早く）”という格言の通りです。

作業標準が変更される場合にも慎重に説明すべきです。いうまでもありませんが、新たな作業方法の説明に加え、その変更がなぜ必要なのか、どんな効果が期待できるのかなどを説明することはとても重要性です。

もちろん、新たな作業方法を訓練しなければなりません。十分に習熟するまでにはかなりの訓練期間を要することも少なくありません。これを怠ると、計画した工程能力が発揮できなくなります。（工程能力への大きな影響要因です。）

人間に限らずどんな生き物も習慣になっていることの変更を嫌います。場合によっては、それだけでストレスになります。ストレスに弱い、小さな子供、高齢者（たとえば良くありませんが、犬や猫）は家の引越しによるストレスにより、病気になることすらあります。特に、新たな作業（しかも、間接的な各種報告書の作成など）の追加に対しては、消極的になりがちです。別な面でのメリット（作業のしやすさ、身体的・精神的負荷の軽減など）を用意しておくことが理想です。

【参考文献】

- [1] 石川馨 :『第3版・品質管理入門』、日科技連 (1989)
- [2] 久米均 :『品質経営入門』、日科技連 (2005)
- [3] W.E.デミング :『推計学によるデータのまとめ方』、岩波書店 (1950)
- [4] 森口繁一 :『品質管理講座・新編・統計的方法』、日本規格協会 (1976)
- [5] P.F.ドラッカー :『未来企業』、ダイヤモンド社 (1992)
- [6] P.F.ドラッカー :『イノベーションと企業家精神』、ダイヤモンド社 (1985)

[1]、[2]はQM（クオリティマネジメント）に関する入門書として好適。QMの本格的な導入に当たって、経営者・管理者として熟読しておくべき著作のひとつ。

[3]は統計的品質管理（SQC）の大家で、我国にSQCを紹介した著者の名著。[4]はデミングから直接教えを受けた故森口先生の著書。SQCへの入門書として好適。SQCへの入門書としては、1980年代の後半に岩波書店から刊行された『入門シリーズ・統計的方法』の各書を学習されることをお薦めします。

[5]、[6]は日本の経営を熟知する著者の著作であるが、日本の経営の根幹としてのQMの位置づけ・将来像を考える上で多くのヒントを提示している。

「工程能力管理」演習

1 事前

下記のレポートを作成し、発表の準備をしておいてください。

あなたの職場の製造工程を簡単に説明し、「QC工程図（または、品質管理工程図、QCフローチャート）」を作成してください。すでに、「QC工程図」がある場合には、その内容を整理し、説明できるよう準備しておいてください。

2 当日

多くの企業での「QC工程図」を見ると、製品規格による良品・不良品の検査を実施していますが、管理水準による「工程能力」検査を行っていません。皆さんの職場ではいかがでしょう。

グループ内メンバーの職場の中から「工程能力」検査を実施していない職場を選び、「工程能力」検査の方法、異常発見時のアクションについて検討し、あらたな「QC工程図」を作成してください。現状、検討内容、あらたな「QC工程図」を整理し、グループごとに発表していただきます。