

<특별기고>

産業工學의 進路
— 品質管理分野를 중심으로 —

裴道善*

1. 序 論

國境없는 開放經濟時代에 접어들면서 企業間的 競爭이 對內·外的으로 더욱 치열해지고 있다. 最近 우리 經濟를 보던 高賃金 등의 要因으로 인해 價格에 의한 競爭力이 漸次 國際市場에서 약해지고 있다. 따라서 良質의 製品生産과 持續的인 品質改善은 國內·外 市場에서 企業의 競爭力 強化를 위해서 뿐아니라 企業이 살아남기 위해서 반드시 解決해야 할 매우 重要한 課題라 할 수 있다.

國內에 品質管理의 概念과 技法이 導入되기 시작한 時機는 韓國規格協會(現 韓國工業標準協會)가 創立되고 國家標準化 事業이 始作된 1960年代 初라고 볼 수 있다. 이후 政府次元에서 産業全般에 品質管理의 概念과 技法의 普及를 擴散시키기 위해 1973년 工業振興廳이 發足되었고, 이로부터 本格的인 品質管理 活動이 일어나게 되었다. 이같은 政府主導의 品質管理 運動의 推進 및 定着化 事業은 짧은 기간에 많은 企業들로 하여금 品質管理의 必要性和 重要性을 認識하게 하고, 品質管理 組織의 構成, 分任組 活動 등을 全國的으로 擴散시키는 등의 外形의인 發展에 크게 寄與하였다. 그러나 이와 같은 外形의인 發展에 비해 內的인 發展은 微弱한게 事實이다. TQC의 理論의 基盤이라 할 수 있는 SQC를 제대로 理解하지 못하고 있는 企業들이 의외로 많으며, 아직까지 檢査中心의 受動的

인 管理活動을 벗어나지 못하고 있는 企業들도 많다. 本稿에서는 良質의 製品生産과 持續的인 品質改善을 이루기 위해 産業工學徒들이 해야 할 役割들에 대해 論하고자 한다.

2. 持續的인 品質改善의 必要性

現代人들은 品質에 대한 認識이 높아져서 汽車 및 高速버스 旅行, 病院 또는 百貨店에서 滿足스럽지 못한 서어비스를 받았을 때 커다란 不快感을 느낀다. 따라서 企業이 生存하기 위해서는 良質의 製品과 서어비스의 改善에 滿전을 기하여야 한다. 表 1과 2에 良質의 製品生産과 持續的인 品質改善을 이루기 위한 一般的 및 技術的 課題들을 整理하였다.

統計的 技法을 배운 産業工學徒들은 技術的 課題에 보다 많은 관심을 가져왔으나 持續的인 品質改善을 이루기 위해서는 一般的 課題가 매우 重要하다고 認識되어지고 있다.

3. 一般的 課題

本節에서는 持續的인 品質改善을 이루기 위해 産業工學徒가 해결해야 할 一般的 課題들에 대해 論하고자 한다.

첫째, 經營者層의 參與를 誘導하자. 大企業 및

* 한국과학기술원

表 1. 一般的 課題

	傳統的인 品質管理	새로운 觀點
主力點分野	缺點을 除去하기 위한 檢査	나쁜 品質의 製品 豫防을 爲한 先行的 品質 管理
責任 所在	品質管理 業務 擔當者	最高經營者를 包含한 모든 사람
管理 對象	最終製品	工程全體를 連續的으로 管理
管理 技術	比較的 單純함	매우 複雜함
管理 分野	製 品	製品 및 서어비스

表 2. 技術的 課題

	傳統的인 品質 管理	새로운 觀點
目 的	적은 量의 데이터로부터 最大 情報의 產出	自動化 및 連續的으로 測定되는 龐大한 데이터로부터 情報의 抽出
技 法	手作業: 計算時 簡便性 必要	컴퓨터에 依함: 解釋時 簡便性 必要
成 果	統計的 效率性에 關心	包括性과 鈍感性에 關心

中小企業의 最高 經營者들에게 品質改善에 대한 重要性를 認識시켜야 한다. 또한 이에 대한 實踐 意志를 誘導하여야 한다. 특히 品質에 對한 認識이 낮은 中小企業에 이의 弘報를 強化해야 할 것이다.

둘째, 創意力을 갖추고 새로운 일을 實行에 옮길 수 있는 사람이 必要하다. 이들은 品質에 대한 問題點을 正確히 把握하여 問題의 解決에 도움을 줄 수 있어야 할 것이며, 問題의 解決方案을 實行에 옮길 수 있도록 會社內에서 影響力을 갖추고 있어야 한다.

셋째, 問題의 解決에 積極的으로 參與하자. 이를 위해서는 實際 問題를 깊이 理解해야 한다. 따라서 工場에 直接 가서 그 問題點을 直接 찾아내려는 意志가 必要하다. 品質에 대한 모든 問題가 消費者의 不滿에 의해 밝혀지는 것은 아니다. 그러므로 實際 問題를 正確히 把握하기 위해서는 經營者를 包含한 많은 사람들의 直接的인 參與가 必要하다.

넷째, 統計的 工程管理 教育은 品質問題 解決을 위한 出發點이자 窮極的인 目的이 아니라는 것을

認識하자. 統計的 工程管理 教育은 品質管理 初歩者들에게 問題解決에 必要한 理論的 背景을 提供하는 것이고, 그 窮極的 目的은 이들 技法을 現場 適用하여 解決하는 것이다.

다섯째, 傳統的인 統計的 推論의 限界를 認識하자. 一般的으로 모든 條件이 同一한 工程은 存在하지 않으며, 統計的인 技法을 使用하여 工程間의 差里를 區分할 수 있는나의 與否는 普通 標本의 크기에 달려 있다. 또한 다음의 두가지 상황을 明確히 區分하여 分析技法들을 適用하여야 한다.

1) 한 로트로부터 標本을 뽑아 이 特定 로트에 대한 結論을 導出하고자 하는 경우.

2) 工程에서 生産되는 여러 로트들 중 任意의 로트로부터 標本을 뽑아 그로부터 工程 자체에 대한 結論을 導出하고자 하는 경우.

後者의 경우 標本抽出하는 로트는 單純히 工程에서 生産되는 많은 로트들 중 하나의 標準 로트이고, 이 로트 自體는 重要하지 않다. 實際 원하는 것은 앞으로 生産될 로트에 대한 結論을 이 標本 로트

로부터 導出하고자 하는 것이다. 그러나 生産條件은 時間에 따라 變하게 되므로 이 標準 로트는 결코 앞으로 生産되는 로트들을 代表한다고 볼 수 없다. 따라서 現 工程이 關心의 對象이 되는 工程과 同一하다는 前提하에서만 그 分析結果들이 意味가 있는 것이다.

여섯째, 品質管理 業務에 從事하는 사람들이 들는 基礎統計課程을 改善하자. 理論의으로만 說明하면 統計學은 따분한 것이라 느낄 가능성이 있다. 그러므로 實際 應用例를 보여줌으로써 統計의 知識은 眞情으로 問題를 解決하는 重要한 方法이라는 것을 認識시켜야 한다. 어렵고 딱딱한 方法論을 가급적 피하고 基本的인 概念을 強調하며, 視覺의으로 情報를 提供할 수 있는 그래픽 方法들을 使用하여야 한다.

일곱째, 品質管理 業務를 擔當하는 사람들이 統計의 概念들을 손쉽게 應用할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서 實際 現場에서 作業者들이 쉽게 使用할 수 있는 한글용 소프트웨어를 開發하자. 또한 이들 소프트웨어의 올바른 使用方法을 教育시켜야 한다.

4. 技術的 課題

本 節에서는 理論과 實際와의 差異를 克服하고 持續的인 品質改善을, 이루어나가기 위한 技術的 課題들에 대해 論하고자 한다.

4.1. 다구찌 品質工學의 導入

다구찌는 生産된 製品의 品質檢査나 工程管理 活動만으로는 製品 固有의 品質水準을 向上시키기 어려우므로, 製品設計나 工程設計 段階에서의 品質管理 活動의 重要性을 主張하였다. 一般的으로 製品設計나 工程設計 段階에서의 品質管理 活動을 오프라인(off-line) 品質管理 活動이라 하며, 이에 反해 生産過程中的 活動을 온라인(on-line) 品質管理 活動이라 한다.

品質特性值에는 目標값이 存在한다. 例를 들어

트랜지스터의 壽命은 길수록 좋고 時計의 경우는 現在時間을 正確히 나타내야 한다. 그러나 品質特性值은 內部 및 外部의 여러 要人들에 의해 目標值를 一定하게 維持하지 못하고 變動하게 된다. 따라서 이러한 變動을 最少로 줄일 수 있는 生産條件下에서 製品을 生産해야 함은 當然하다. 다구찌는 이러한 生産條件을 찾기 위한 基準으로 品質特性值과 目標值의 偏差의 供給을 最少化하는 것을 使用하였다.

最適 生産條件을 찾기 위해 所謂 직교배열이라 불리는 部分 要人計劃法을 利用하여 데이터를 수집하고, 그 데이터로부터 誘導된 이른바 SN比(signal-to-noise ratio)를 分析함으로 製品 및 工程의 最適條件을 구하고 있다. 물론 다구찌의 직교배열을 利用한 實驗計劃과 SN比를 利用한 分析方法은 많은 批判을 받는 등 理論的으로는 完備하지 않다. 그러나 그동안 많은 實際問題에의 適用을 통해 品質改善을 위한 有用한 方法으로 認定받고 있는 만큼 우리도 오프라인 品質管理 活動에 대한 많은 關心을 기울여야 할 것이다.

4.2. 統計的 工程管理의 올바른 理解

産業現場에서 統計的 工程管理 시스템의 올바른 導入 및 實踐은 가장 重要한 問題이다. 어느 生産 工程에 있어서나 여러가지 原因에 의해 그 工程에서 生産되는 製品의 品質에는 差異가 있다. 아무리 잘 設計되고 管理되는 工程이라 할지라도 極常 同一한 品質을 生産하는 것은 現實的으로 不可能하다. 왜냐하면 作業員들간의 多少의 熟練度 差異, 原資材의 品質差異, 그날의 作業環境 등 生産工程에서 管理가 不可能한 여러 要因들에 의해 製品品質이 影響을 받기 때문이다.

管理圖는 이와같은 不可避한 原因에 의한 品質變動과 工程이 實際로 正常狀態를 벗어남으로 인해 發生하는 異常原因에 의한 品質變動을 區分하기 위해 使用된다. 그런데 工程의 管理狀態를 判定하는 것은 工程 그 自體에도 依存하지만, 使用되는

管理圖의 種類, 部分群의 크기, 標本抽出間隔, 그리고 品質變動의 不可避한 原因과 異常原因 사이의 差異는 實際問題에 있어서는 大部分의 教科書에서 기술하고 있는 것처럼 明確하지는 않다.

化學工程 및 裝置産業에 統計的 工程管理을 適用할 때에는 특별한 關心을 기울여야 한다. 이런 産業에의 適用은 Shewhart 管理圖 技法이 처음 適用된 部品産業과는 여러 면에서 다르다. 이들 差異點들 中 代表的인 것은 自動相關으로 이는 自動化된 工程測定의 結果이다. 이러한 自動相關은 連續的인 工程에는 恆常 存在하는 것으로 데이터의 測定間隔이 매우 짧다면 自動相關을 반드시 考慮해야 한다. 또한 化學工程에 있어서는 生産로트 사이의 品質變動은 恆常 存在한다. 그러므로 이러한 工程에서의 로트간 品質變動은 不可避한 原因에 의한 品質變動의 一部를 차지하게 된다.

위의 이야기들은 管理圖의 重要性을 過小評價하기 위한 것은 아니다. 實際로 管理圖는 品質分析者들에게 가장 重要한 分析的 道具中의 하나이다. 다만 管理圖의 選擇 및 이의 使用에 있어서 注意를 기울여야 한다는 것이다. Shewhart 管理圖上의 데이터 打點은 觀測된 데이터의 順序에 따라 行하게 된다. 따라서 管理限界線을 벗어나는 데이터의 觀測도 重要하지만 時間에 따라 工程이 어떠한 形態로 變하고 있는가를 正確히 把握하는 것은 보다 重要한 問題이다.

4.3. 變動에 對한 根本原因의 調査

品質特性值의 變動을 줄이는 가장 좋은 方法은 變動의 根本原因이 되는 要因들을 찾아 除去하는 것이다. 이를 위해서는 우선 올바른 데이터가 蒐集되어야 한다. 즉 適切한 時機에 適切한 量의 데이터를 뽑아 工程을 觀測하여야 한다. 이를 위해서는 製品의 製造工程에 對한 철저한 研究가 先行되어야 한다. 또한 工程에 對한 情報가 恆常 貯藏 및 記憶되어 있어야 한다. 一般의 으로 한주 및 한 달전의 工程에 對한 情報는 갖고 있는 것이 普通

이나 일년전 또는 몇 달 前에 수행한 일에 대한 情報는 찾기 힘들다. 그러나 그러한 工程情報는 要約된 形態로 恆常 保管하고 있어야 한다. 可能하다면 資材와 製品에 對한 標本들도 나중의 評價를 위해서 保存되어야 한다. 만일 製品性能에 어떠한 變化가 있다면 그에 對한 原因은 반드시 규명되어야 할 것이다. 예를 들어 製品性能의 變化가 原資材 또는 工程들에 起因한 것인가, 아니면 單純한 測定誤差 때문인가 혹은 이 두가지의 複合인가? 와 같은 質問에 答하기 위해서는 現 製品과 比較할 수 있도록 資材 및 기존 製品에 關한 過去의 데이터를 갖고 있어야 한다.

4.4. 工場 自動化에의 對處

現代의 많은 企業들은 컴퓨터를 이용한 工場自動化를 推進하여 工場을 監視 및 統制하고 있다. 이는 品質管理 觀點에서 매우 重要한 意味를 갖는다. 컴퓨터에 依한 製造의 境遇, 製品性能 및 工程狀態에 대한 데이터가 自動으로 大量 蒐集된다. 이렇게 蒐集된 데이터는 工程에 對한 重要한 情報들을 提供하고 이에 根據하여 工程改善 또는 豫防措置 等の 行動을 取할 수 있다.

多量의 데이터를 얻게 되는 경우 적은 量의 데이터만 存在할 때 開發된 既存의 方法들을 그대로 適用하는 것은 不合理하다. 自動化된 工程의 경우 데이터를 時間에 따라 連續적으로 얻을 수 있으므로 이들 데이터에 대한 시계열 分析方法을 適用하여 生産時間에 따른 工程의 變化를 監視하는 것이 한 方法이 될 것이다. 또한 데이터의 量이 많으므로 이들 데이터로부터 有益한 情報들을 빠른 時間에 要約하기 위해서는 이를 視覺적으로 表現할 수 있는 그래픽 方法論들도 開發되어야 한다.

自動化된 工程의 경우 짧은 時間에 많은 量의 製品을 生産할 수 있는 反面 必要한 從業員 數는 줄어들게 된다. 따라서 工程이 正常狀態를 벗어나게 되면 짧은 時間에도 많은 量의 不良品이 發生하게 되며, 工程의 異常原因을 把握하는 것 역시

어려워진다. 그러므로 工程에 問題가 發生하기 前에 미리 豫測하여 豫防措置를 취하는 것이 매우 重要해진다. 이를 위해 現場 作業者로부터 工場責任者에 이르기까지 모든 職員이 工程을 監視할 수 있도록 設計된 컴퓨터에 의한 自動警報體制의 導入이 必要하다. 또한 이러한 自動警報體制의 工程狀態에 대한 좋은 判斷力 역시 必須的이라 할 수 있다.

4.5. 統計的 工程管理와 自動工程 制御의 統合

統計的 工程管理의 重要目的은 現 工程이 過去의 工程에 비해 變化가 있는나와 與否를 監視하는 것이기 때문에 統計的 工程管理라는 用語보다는 統計的 工程監視라는 用語가 보다 適切한 表現일 것이다. 反面 自動工程 制御는 工程이 設定한 目標值에 될 수 있는 限 近接하도록 工程을 調整하는 것이 主目的이다.

管理圖를 使用하여 工程을 管理하는 境遇는 一定한 間隔으로 데이터를 뽑아 管理圖上에 打點한 후, 工程이 管理狀態를 벗어났다고 判明될 때만 工程에 대한 調査 및 改善措置를 취한다. 그러나 이러한 工程에 대한 制御는 많은 化學工程에서 처럼 工程의 調整에 直接 費用이 所要되지 않을 때는 좋은 制御方式이 될 수 없다. 이러한 境遇는 工程 데이터에 基礎해서 自動으로 工程을 制御할 수 있는 시스템을 사용하여야 한다. 傳統的인 統計的 工程管理(監視)는 自動工程體制와 統合되어 使用될 때 製品의 品質改善에 보다 큰 寄與를 할 수 있을 것이다. 統計的 工程監視와 自動工程制御의 適切한 統合方式은 工程 自體의 特性 및 工程調整에 必要한 費用 등을 考慮하여 決定되어야 한다.

4.6. 製品壽命 및 信賴度 分析

製品壽命과 製品이 規定된 使用條件下에서 제 機能을 遂行할 確率인 信賴도는 重要한 品質特性值

中的 하나이다. 製品의 壽命分析은 다른 分野와는 若干 다른 特徵을 갖는다. 먼저 製品의 壽命을 測定하는 데는 많은 時間이 所要된다. 따라서 製品을 通常의 使用條件에서 試驗하는 것은 時間이나 費用面에서 非現實的이므로 보다 劣惡한 (加速) 條件下 - 높은 溫度, 높은 電壓 등 - 에서 試驗이 行해진다. 이러한 加速條件下의 試驗인 加速壽命 試驗은

- 1) 加速條件에서의 製品의 性能과 使用條件에서의 性能을 關係지을 수 있는 適切한 物理的 模型,
- 2) 適切한 試驗計劃,
- 3) 加速壽命試驗 데이터의 分析을 爲한 適切한 方法 等

을 必要로 한다. 또한 加速壽命試驗 데이터를 包含한 製品壽命 데이터 分析은

- 1) 正規分布보다는 와이블 또는 代數 正規分布 같은 比較的 덜 親熟한 分布가 適切하고,
- 2) 時間에 對한 制約으로 試驗이 途中에 中斷되므로 既存의 完全한 데이터의 分析方法과는 다른 分析方法이 要求되며,
- 3) 製品壽命分布에 對한 母數推定보다는 製品의 100P%가 故障나는 時點인 100P% 百分位數 또는 製品의 信賴度 等を 推定해야 하므로 分析方法이 複雜하다.

製品의 壽命 및 信賴度 分析은 分析 自體에 그 쳐서는 안되고, 高信賴性 및 긴 壽命을 갖는 製品의 開發로 이어져야 할 것이다. 이를 위해서는 製品의 故障物理 模型에 對해 理解하고, 그것을 製品의 設計에까지 反映할 수 있는 方法論들이 開發되어야 할 것이다. 製品이 高信賴性 및 긴 壽命을 갖도록 設計하기 위한 方法의 하나로는 確率模型 데이터 베이스와 設計者의 設計知識을 갖춘 "製品設計 專門家 시스템"의 構築이 될수 있을 것이다.

5. 結 論

이제 "品質"이라는 말은 製品을 生産하는 産業體 뿐만이 아니라 우리 生活의 重要한 部分이 되었다.

表 3. 統計의 技法을 익힌 産業工學徒가 寄與할 수 있는 分野

- 1) 品質變動의 理解와 分析
- 2) 問題의 正確한 正義
- 3) 統計的인 模型을 통한 問題의 概念化
- 4) 科學的 方法을 使用한 情報獲得
- 5) 그래픽 等を 使用한 데이터 解析
- 6) 現實把握 및 分析
- 7) 變化에 對한 能動的 對處

消費者에게 滿足스런 品質의 製品을 供給하기 위해서는 持續的인 品質改善이 必要하다. 本 稿에서는 이 目的을 達成하기 爲한 一般的 및 技術的 課題들에 대하여 알아보았다. 技術的 課題들도 重要하나 우리의 關心을 여기에 局限해서는 안될 것이며, 一般的 課題에 대한 努力도 기울여야 할 것이다. 統計的 技法을 익힌 産業工學徒가 많은 寄與를 할 수 있는 分野를 表 3에 整理해 보았다.