

製品의 品質向上을 위한 設備管理의 效率的運用에 관한 考察

A Study on some Effective Applications of Project Control for Product Quality Improvement

河 正 鎭*
李 永 正**

ABSTRACT

There are several productive maintenance problems that are closely concerned with product quality. In these problems, we have process capability, out-worn equipment problems, plant layout planning, maintenance cost, investment decisions and so on. These problems are analyzed, and some conceptual and applicable systems are developed in this paper.

The purpose of this paper is to define that in productive maintenance problems awaiting solution is a necessary condition for improvement on product quality, quality assurance and product liability prevention at this time, and to find an applicable total system.

I. 序 論

企業이 健全한 經營을 保全하려면 먼저 生産 製品이 언제나 安定된 市場을 확보하는 것이 根本的 條件이다.

1960年代 우리나라 經濟發展 初期段階부터 大部分 企業은 사전 市場調査나 販賣戰略 또는 事業經濟性 檢討를 專門的 方法으로 하지 않고 先工場建設 및 製品生産을, 後輸出 및 販賣戰略 이란 Unbalancing Activity 로서, 生産活動과 관련된 Plant, Machine, 및 Technical-Cooperation

등의 Hardware side 에는 앞다투어 投資를 하였으나 그 Hardware 投資資產의 效率的運用 Activity인 Software side (Management나 專門經營에 관련된 人力資源開發)에는 投資觀念이 거의 없었던 기형적 經濟成長을 하였던 것이다.

더구나 1970年代의 經濟不況持續과 金融緊縮 以後부터 企業의 投資餘力마저 弱화되어 老化施設이나 Energy多消費型施設에 대한 改替不振 등의 成長潛在力培養 및 競爭力強化에 의한 品質向上의 問題가 重要的 比重으로 提起되고

* 東亞大學校工科大學産業工學科助教授

** 東亞大學校工科大學産業工學科 講師

있는 實情이다.

따라서 本 研究에서는 既投資設備의 合理的 運用을 위한 老化設備管理 및 新投資計劃과 시스템의 設備管理 등의 問題에 대한 對策을 通하여 經營意識에 있어서 供給과 市場의 二重性이란 잘못된 意思決定方法을 排除하고 品質을 全體的으로 向上시켜 市場에서 商品의 競爭力 強化에 일익이 될 수 있는 既投資設備의 合理的 運用方法을 考察하였다.

II. 設備管理와 品質

1. 設備管理에 의한 品質解析

製品品質은 大部分이 設備나, 設備와 相互作用하는 作業者에 의하여 만들어진다. 또한 生産 工程改善이나 品質向上을 위한 作業方法研究, 作業測定, 工程 Balancing 및 品質不良의 解析에 있어서 設備나 治工工具를 作業者와 同時에 考慮하는 것은 Process Capability (Fig-1)에 의하여 이루어지고 있다는 것이다.

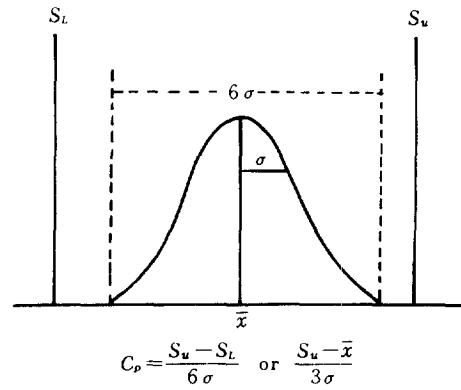


Fig. 1 Process Capability Index

Process Capability란 規格公差에 合致하는 製造品質을 얻기 위하여 生産하고자 하는 製品에 使用될 設備, 機械, 材料, 部品, 作業者 및 作業方法 등에 대해서 행하여진 操業條件의 設定結果로서 생겨나는 品質特性值의 分布로 表示되는 工程의 實力을 말하며 이의 算出方法을 Table-1에 나타내었다.

Table 1. 工程能力의 算出方法

種類	項目	表示法	使用하는 Data
計 量 值	工程 能力	品質의 分布를 計量的으로 表示한다. 散布의 幅 $6\sigma_p$ (平均值 \bar{X}_p)*	4M의 變動을 包含하는 Data 1. Histogram 2. \bar{x} 管理圖의 個個의 값의 Histogram(또는 \bar{R} 에서의 추정값으로 σ_p 를 종합) 3. 工程能力圖 → Histogram
	機械 能力	機械에 原因이 있는 分布* 散布의 幅 $6\sigma_m$ (平均值 \bar{X}_m)	機械以外的 要因을 包含하지 않는 Data 1. 연속하여 취한 管理圖 $\sigma_m = \bar{R} / D_2$ 2. 工程能力圖 → Histogram 3. 위에서 傾向變化가 있을 때 $\sigma_m = \bar{R}_s / D_2$ (\bar{R}_s : 平均移動範圍)
計 數 值	工 程 能 力	平均不良率 : \bar{P} 平均缺點數 : \bar{C} 單位當缺點數 : \bar{U} 平均不良個數 : \bar{P}_n	通常은 1個月 以上の 管理圖 P 管理圖 C 管理圖 U 管理圖 P_n 管理圖

* 平均值의 調節이 쉬운 경우가 많기 때문에, 보통은 工程能力 = $6\sigma_p$, 機械能力 = $6\sigma_m$ 으로 表示된다.

그러나 Process Capability는 現設備下에서의 管理不能要因과 技術的으로 管理可能하나 技術不足으로 要因을 알지 못하여 人爲的對策이 강구되지 못한 要因의 영향을 받는다. 따라서 Process Capability를 주어진 規格과 比較하여 品質이 規格限界線에 대하여 滿足스럽지 못하거나 測定値의 分布曲線이 正規分布曲線 또는 이와 類似한 것이 아니면 測定器具, Data 集計方法 또는 作業方法 잘못으로 作業標準과 그 結

果를 再檢討하여야 한다. 또 Process Capability가 正規分布曲線形態 또는 이와 類似하고 測定值全體가 規格內的 값이면 그 工程은 安定된 狀態로 管理되고 있다고 解析하지만 製品規格을 滿足시키고 있다는 保證이 되지 않으며, 品質保證이나 製品責任豫防이 되지 않으므로 Table-2에 따라 算出되는 工程能力指數(Process Capability Index: C_p)와 規格과의 合致度を 보아야 한다.

Table 2. Process Capability Index의 算出과 評價

規格範圍	計 算 式	評 價	
兩側規格	1. 平均値의 調節이 쉽고 散布만이 問題인 경우 $C_p = \frac{S}{6\sigma_p}$ (또는 $C_m = \frac{S}{8\sigma_m}$) ①	$C_p > 1.33$	工程能力은 滿足
	2. 平均値의 調節이 困難하고 散布, 平均値가 問題인 경우 $C_{pk} = (1-K) \frac{S}{6\sigma_p}$ $\left[\begin{array}{l} K \geq 1 \text{ 일때 } C_{pk} = 0 \\ \text{단 } K = \text{規格中心} - \bar{x} / (S/2) \end{array} \right]$	$1.33 \geq C_p > 1$ $1 \geq C_p$	工程能力은 있으나 管理에 注意가 必要 工程能力이 不充分
上側規格	$C_p = \frac{S_u - \bar{x}}{3\sigma_p}$	S : 規格의 幅, 公差 S _u : 規格의 上限 S _L : 規格의 下限 σ : 標準偏差	
下側規格	$C_p = \frac{\bar{x} - S_L}{3\sigma_p}$		

註) ① $C_m = \frac{S}{8\sigma_m}$ 를 편의상 機械能力指數라 부른다.

② C_{pk} 의 값만으로는 $C_{pk} \leq 1$ 인 경우 平均値의 치우침인지 散布가 큰지 알 수 없으므로 C_p 와 併用이 바람직함.

Table-2의 C_p 에 의한 判定과 같은 三段階分類外에 四段階分類方法도 있으며 代表的인 工程能力指數를 Table-3에 나타내었다. 그러나 σ 가 커지면 C_p 가 減少되므로 아무리 作業訓練을 한다고 해도 C_p 의 向上에 限度가 있으며, 특히 重要工程에 대해서는 C_p 값을 고려한 다음 設備更新 또는 그를 위한 投資가 品質保證(Quality Assurance, QA) 目的으로 행하여 져야 한다.

Table 3. 代表的인 工程能力指數

工程區分	양쪽公差限界線	한쪽公差限界線
既存工程	1.33	1.14
新工程	1.49	1.20

(工程能力比 %를 工程能力指數로 筆者가 換算)

2. 設備로 인한 品質不良 發生要因

工程中的 品質에 영향을 미치는 要因들은 作

業者 設備 原材料와 이들을 綜合하는 附加的要素로서 方法과 測定들이며 이들은 各各 固有의 散布를 갖고 있으므로 이들을 合成한 工程도 固有의 散布를 갖게 된다. 따라서 工程能力은 이들 諸M의 能力으로 分解할 수 있으며 機械能力은 機械에만 局限하지 않고 裝置, 기타 一般의 諸設備나 冶工具들을 包含한 것을 意味한다. 이러한 要素들의 使用은 本質的인 것이기 때문에 工程에 대한 기여는 다른 要因에 比하여 極히 크며 때로는 工程能力을 機械能力으로 代用하는 경우가 많다. 設備管理不注意로 因하여 發生하는 品質不良의 要因을 들면 다음과 같다.

1. Machine, Equipment, Utility, Jig, Tool and Fixture 등의 종류
2. 定期補修後의 經過日數
3. 偶發故障이나 修理後의 經過日數
4. 計測器의 調整
5. 制御狀態下의 溫度變化
6. 日常點檢 또는 注油狀態
7. 設備安全
8. 採光, 照明, 騒音 등 作業環境

III. 設備管理下에서의 品質上의 問題

1. 設備의 老化

製品의 生産計劃 또는 品質設計는 保有設備가 正常狀態에서 完全稼働한다는 假定下에서 수립된다. 그러므로 設備의 故障이나 誤作動으로 인한 一時停止는 生産量의 減少 및 製品의 品質不均·내지 品質低下를 招來한다.

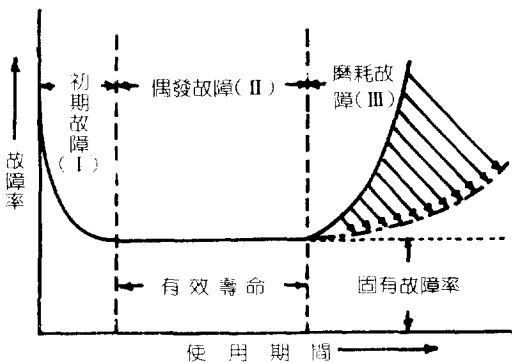
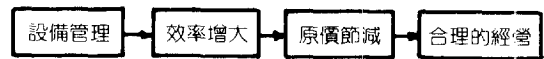
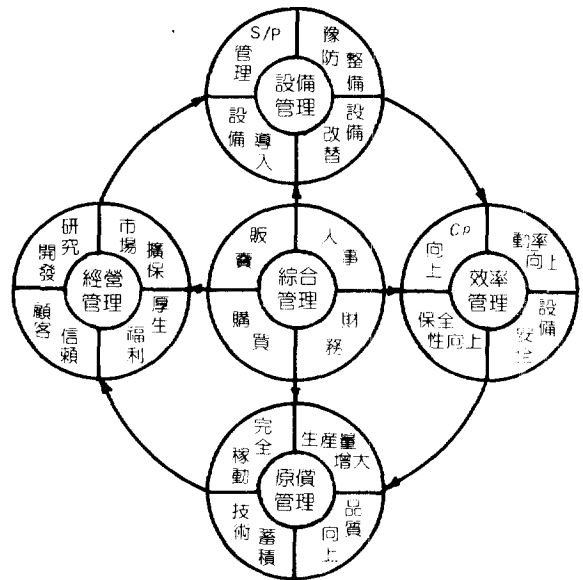


Fig. 2 設備故障時의 推移

Fig. 2의 (II)期(偶發故障)에서는 設備의 各部品이 耐久度에 達하기 이전의 期間이지만 設計強度 以上의 負荷가 蓄積되면 故障이 빈번하게 되며, (II)期 중에서도 設備의 老化 程度에 따른 休止率은 各各 相異하게 나타난다. 또 前述한 바와같이 우리나라 企業의 保有設備 大部分은 (II)期末이나 (III)期初의 有效壽命을 다한 즉 耐用年數에 近接 또는 超過하는 狀態이므로 休止率이 著히 效率은 낮다. 設備의 效率을 向上시키기 위하여서나, 이러한 設備의 持續的인 稼働을 위해서는 組織的인 保全을 實施하여 缺點을 最小化하여야 하며, 또 舊設備의 改替나 新設備의 導入까지도 考慮하여야 한다. 따라서 Fig. 3과 같은 設備效率向上 Cycle System을 導入하여 設備로 인한 品質低下問題가 發生하



(a) Open Loop System



(b) Closed Loop System

Fig. 3 設備效率向上 Cycle System

지 않게 함이 必要하다. 設備의 效率向上은 곧 C_p 가 上昇됨을 意味하며 Fig. 2의 (Ⅲ)期 曲線을 凸狀표 斜線과 같이 낮추게 되어 品質의 安定도 早期에 達成할 수 있다. 또한 Fig. 3(b)와 같이 各 段階를 固有하게 또한 有用하게 結合, 또는 配置하여 各部分이 수행하는 저마다 다른 活動의 結果가 單純히 合하여진 것보다 全體로서의 이러한 活動의 結果가 보다 크게 하여 주는 協同活動 즉 Synergism의 效果도 기대할 수 있다.

2. 設備配置分析

設備配置는 一般的으로 工場內 또는 Service 事業內에 必要한 設備, 機械 등을 場所的(Spatial)으로 또는 時間的으로 配列하는 意思決定 機能이다. 즉 生産工程을 構成하는 作業場 또는 設備와 같은 物質的 因子의 場所의 얼금세를 決定함으로써 生産活動의 最適흐름을 實現하려는 機能을 말한다. 따라서 設備配置의 궁극적 目的은 다음과 같다.

- 1) 設備投資의 最小化
- 2) 生産所要時間의 最小化
- 3) 既存面積의 效果의 利用
- 4) 作業者의 安全, 便宜의 提供
- 5) 作業 및 配置의 伸縮性 維持
- 6) 作業物 運搬費用의 最小化
- 7) 運搬設備의 單純化
- 8) 生産工程의 均衡의 促進
- 9) 組織構造의 效率의 維持

또 工程의 흐름은 항상 完製品의 方向으로 向하게 하고 逆方向으로 向하지 않는 前進的인 것을 意味한다. 特히 材料가 크거나 무겁거나 量的으로 많거나, 또는 輸送費, 取扱費用이 加工費, 貯藏費 檢査費用과 比較하여 높을 경우에는 工程의 흐름은 設備配置의 核心이 된다. 따라서 設備配置는 Fig. 4의 P-Q分析圖의 各段階別工程에 따라 달라진다. 設備配置方法은 製品別, 工程別 및 機能別 配置 등으로 分類하나 製品의 種類나 生産量의 多少에 따라 영향이 크며 또 各現場의 特徵이 있으므로 實情에 알맞는 方式을 適合하게 綜合한 配置方式을 考慮하여

야 한다. Table 4는 P-Q分析에 의한 設備의 基本配置型을 나타낸 것이다.

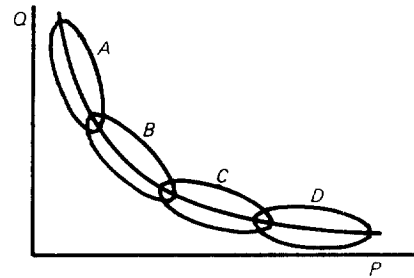


Fig. 4 P-Q 分析圖

Table 4. 設備의 基本配置型

區分	品種 (P)	生産量 (Q)	設備配置型
A	少	多	製品別配置
B	↕	↕	混合配置
C			
D	多	少	機能別配置

基本配置型을 決定한 後 SLP Pattern節次에 따라 實際上的 問題까지 分析하므로써 設備 配置目的에 適合한 配置를 할 수 있다.

製品別 配置에서는 工程內作業(場)別로 所要 時間이나 配定時間이 均衡을 이루어 作業物이 生産되어 나오는 時間的間隔(또는 週期)을 基準으로 遊休時間이 最小化됨으로써 原價節減을 實現할 수 있으며, 다음 式에 의하여 工程效率을 向上할 수 있다.

$$E = 1 - \frac{I}{n \cdot C}$$

여기서

E : 工程效率

I : 유희시간으로서 作業別 時間과 週期時間의 差를 合한 값 [$I = \sum_i^n (C - t_i)$]

n : 作業(場)數

C : 週期時間(단, $t_{max} \leq C \leq \sum_i^n t_i$)

t_i : i 번째 作業(場)의 標準時間

機能別配置에서는 運搬費用을 最小化 하여야 하며 다음 式에 의하여 運搬費用을 最小化할 수 있다.

$$TC = \sum_i^n \sum_j^n W_{ij} \cdot D_{ij} \cdot C_{ij}$$

여기서

TC : 運搬費用

W_{ij} : 一定期間에 걸쳐 作業場 i 에서 j 까지 運搬된 作業物重量

D_{ij} : 作業場 i 에서 j 까지의 거리

C_{ij} : 作業場 i 에서 j 까지 單位重量의 單位 거리 移動費用

通常 材料가 工場에 들어와서 製品으로써 出荷까지의 作業時間은 約 20%에 지나지 않고,

나머지 80%는 停滯와 運搬의 時間이다. 또 全 人力의 約 22%가 運搬에 使用되고 全生産費의 40% 以上이 運搬費에 達하는 것은 드물지 않으며 業種에 의해 相違는 하나 60%에 達하는 일도 간간히 있다. 따라서 設備配置 計劃에 있어서는 運搬을 調査·檢査하고 運搬에서의 無理, 不均衡, 浪費를 排除하는 方向으로 나가지 않으면 適切한 設備配置를 行한다는 것은 不可能하므로 여기에 運搬의 重要性이 있다. 그리고 이를 위해서는 可能限度에서 運搬의 機械化 내지 自動化方向으로 나아가야 한다.

3. 設備가 品質에 미치는 其他 영향

設備自體外에 設備管理運用上의 誤謬가 品質에 미치는 영향은 Fig. 5와 같다.

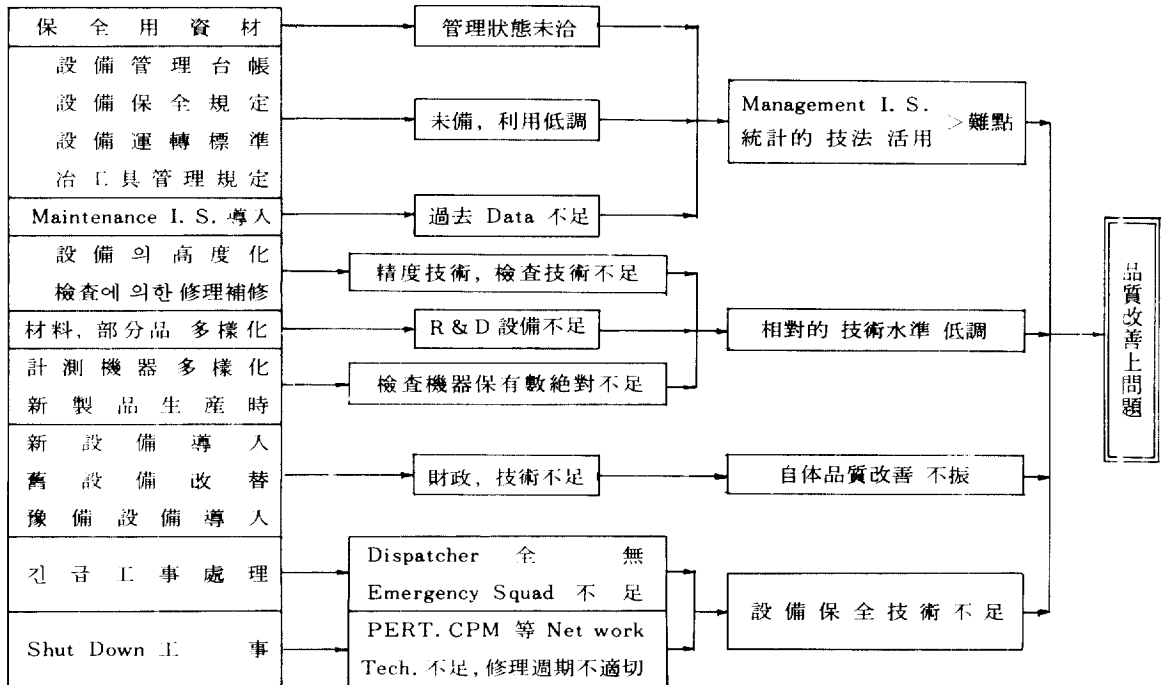


Fig. 5 設備管理運用上의 誤謬가 品質에 미치는 영향 要因圖

IV. 設備管理의 合理化 方案

1. 新設備投資의 合理的 對策

大部分의 企業體는 新設備投資時에 合理的의 分析過程을 거치지 않고 他工場에서 新設備를 確保하였다는 理由나 新設備의 導入權유를 接하였을 때, 適當하고 資金의 餘有가 있다는 理由로 投資에 관한 意思決定을 쉽게 하는 경우가 허다하다. 이러한 경우에는 設備에 의한 品質向上이나 生産性극대화에 있어서 滿足스러운 기대를 할 수 없다. 따라서 新設備投資時에는 Fig.6

과 같이 第一段階는 品質과 生産性 目標達成에 必要한 設備要素를 決定하고, 第二段階로 投資規模의 決定, 最終段階로 現施設의 改替와 新規投資와의 資本 Cost와 品質向上으로 인한 原價節減을 比較하여 意思決定을 내리는 方法에 따라야 하며 이들 段階의 評價에 있어서는 長期對策에 適應可能한 生産 System, 可能한 改替補完 및 自動化 推進에 重點을 두고 評價分析하여야 하며 將來 Maintenance Information System 및 Management I.S.의 導入도 考慮하여야 한다.

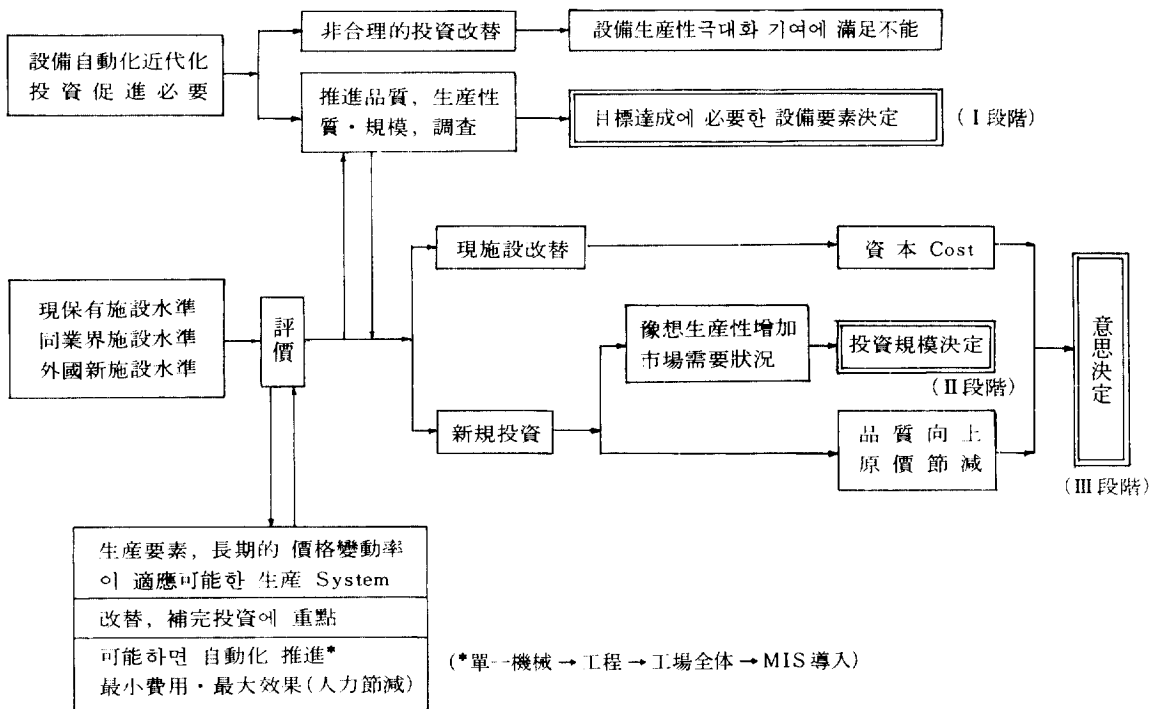


Fig. 6 新設備 投資意思決定의 三段階

2. Systematic Plant Engineering

機械能力(工程能力)이나, 品質의 精度에 영향을 미치는 設備, 計測器, 試驗裝置 또는 檢査設備들은 絶對的으로 保有하여야 한다. 大部分의 工場들은 이들중 設備에 대해서는 어느 程

度 保有水準에 達한다할 수 있으나 計測器, 檢査設備에 대한 保有度는 20% 程度에 그치고 있다. 이는 品質의 生産과 販賣, 販賣와 消費에 대하여 illian의 製造業者의 責任이 아니라 意識이 아직 殘在하고 있다는 것이다. 또 品質을 向上

시키고 生産性を 適切히 維持하기 위하여 品質特性에 要因이 될 수 있는 設備, 計測器, 檢査設備는 Fig. 7 과 같이 定期的인 點檢과 補修를 하여 豫防保全은 물론 精度管理를 徹底히 하여야 한다.

이러한 活動은 全從業員이 能動的으로 推進할 수 있는 社內的 여러가지 既存組織을 活用하는

것이 보다 바람직하다고 할 수 있다.

그러나 定期的 點檢이나 補修에 대한 狀況과 結果에 대한 記錄을 維持시켜 次後 MIS 導入에 대한 관심을 管理者나 從業員이 同時에 갖도록 하고 이들의 標準도 함께 準備하여 모든 業務가 組織的으로 수행되어 짐으로서 品質向上과 品質保證을 앞당길 수 있다고 하겠다.

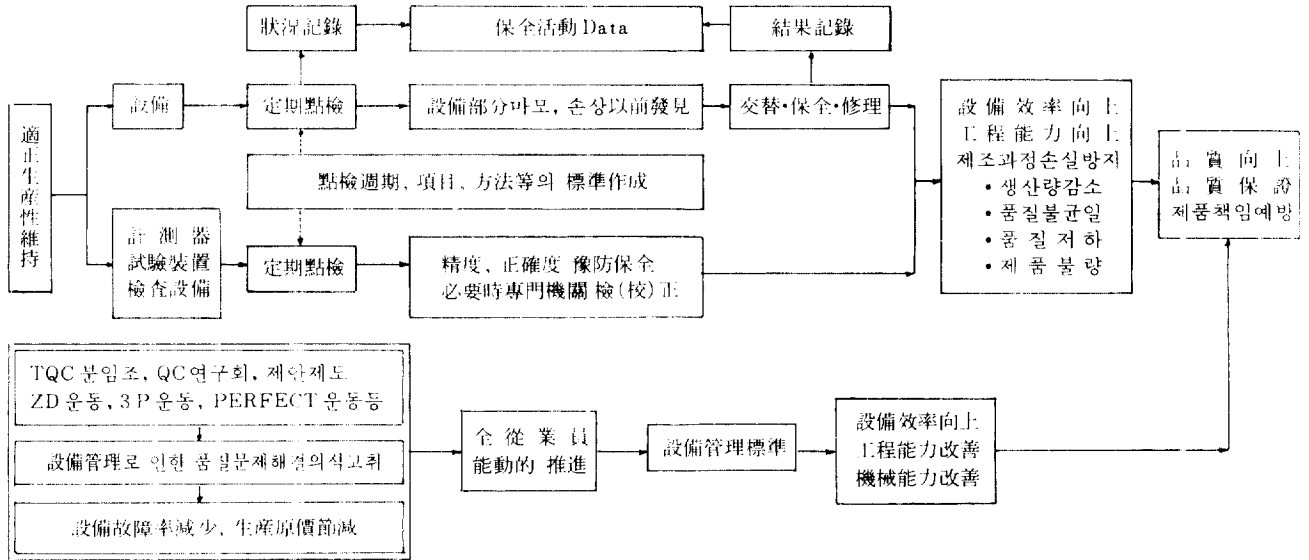


Fig. 7 組織的 設備管理를 위한 業務体系圖

3. Maintenance System

1) Maintenance Cost에 미치는 영향

아무리 훌륭한 業務를 수행할 수 있는 組織이라 하더라도 必要以上の 費用發生은 全社的인 면에서는 계속유지가 不可能한 것이다. 따라서 設備의 效率的인 管理에 있어서 무엇보다도 經濟的인 面을 考慮하지 않으면 設備管理業務도 維持가 不可能 하게 된다. 그러므로 設備管理 補修에 있어서 費用을 發生시키거나 費用發生에 영향을 주는 要因을 分析하여 이들 費用이 最小가 될수 있도록 한다.

Maintenance Cost에 영향을 미치는 要因은 다음과 같다.

- ① 工作室와 工場의 Overhaul 方法
- ② 使用裝置, 檢査設備의 檢査
- ③ Overhaul과 設備檢査週期
- ④ Spare Parts 在庫의 過多 또는 品切
- ⑤ 工具, Pipe, Pump, Valves, Gaskets 및 Fittings의 標準未備
- ⑥ 消耗品の 過多使用.
- ⑦ 補修人件費 및 OT 手當
- ⑧ Emergency 處理.

2) Maintenance System

앞서 언급한 Maintenance Cost를節約하기 위한 System을 갖기 위해서는 保全에 대한 效果를 測定(對象, 評價要素의 制度化)하고 이에 따라 改善點과 次期の 方向設定(個別的, 綜合的)하므로서 体系的으로 費用節減과 保全活動效率를 向上시킬 수 있다. Fig. 8은 保全活動을 效率的으로 하므로서 費用을 節減할 수 있는 方案에 대한 要約圖이다.

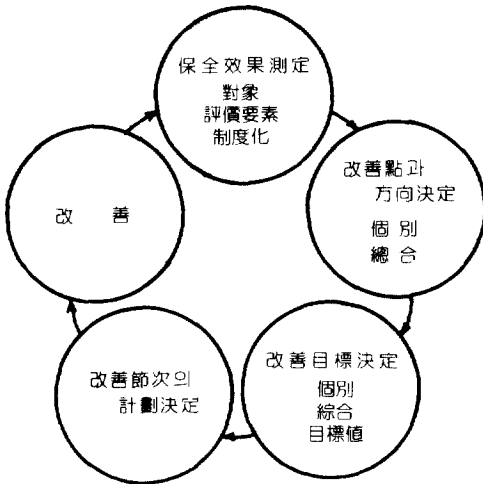


Fig. 8 效率的 保全活動圖

3) Maintenance Degree Cost

Fig. 9와 같이 Total Cost(=Maintenance Degree Cost)는 P. M. Cost와 Repair Cost의 合으로 된다.

따라서 E. M. C(=Economical Maintenance Cost)는 Total Cost의 最低費用인 點이다. 그러나 E. M. C를 낮추기 위해서는 앞서서의 保全活動과 組織的인 保全 System에 의하여 낮출 수 있으나 各工場에서의 綜合的 條件 影響에 의하여 Repair Cost의 一定水準은 特色있게 不變의 費用으로 認定하고 있다. 그러나 이러한

費用은 主로 運轉環境, 臨時修繕, 運轉狀態, 設備構造 등의 複合的인 要因으로 分析하여 봄으로써 Repair Cost를 낮출 수 있으며 따라서 E. M. C를 最小化 할 수 있다고 본다.

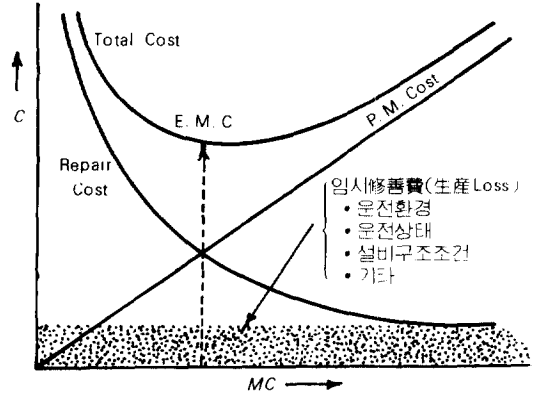


Fig. 9 E. M. C 圖

V. 結 論

우리나라 商品이 國際市場에서나 國內消費者들로부터 品質에 대한 保證을 받고 商品의 質의 優위를 擴保한다함은 國家經濟發展의 發판이 되는 것이다. 따라서 品質向上에 대해서는 물론 原價節減, 納期遵守를 함은 물론 外的 經營活動과 內的管理를 徹低히 하여야 한다. 特히 Machine에 의한 品質向上을 위한 點을 強調함은 1960年代의 單純擴張, 1970年代의 投資餘力 弱화가 오늘날의 商品品質에 問題가 되고 있는 것이다.

Fig. 10은 設備에 의한 製品品質을 向上시킬 수 있는 綜合的對策을 나타내었다.

Fig. 10에서와 같이 製品品質과 保證 및 製品責任豫防을 위한 活動은 設備運轉技士나 生産全line에서 活動하는 全從業員이 能動的으로 움직일 때 또 生産手段全般에서 이루어질 때 앞서

考慮한 合理的 設備管理가 成就되고 이를 통하여 工程能力指數의 向上과 더불어 品質保證이 이루어질 수 있다.

앞으로도 계속 品質, 生産性を 考慮한 合理

的 設備管理가 研究되어져야 하며, 品質管理를 위한 品質週邊研究에 보다 깊은 研究가 이루어져야 할 것이다.

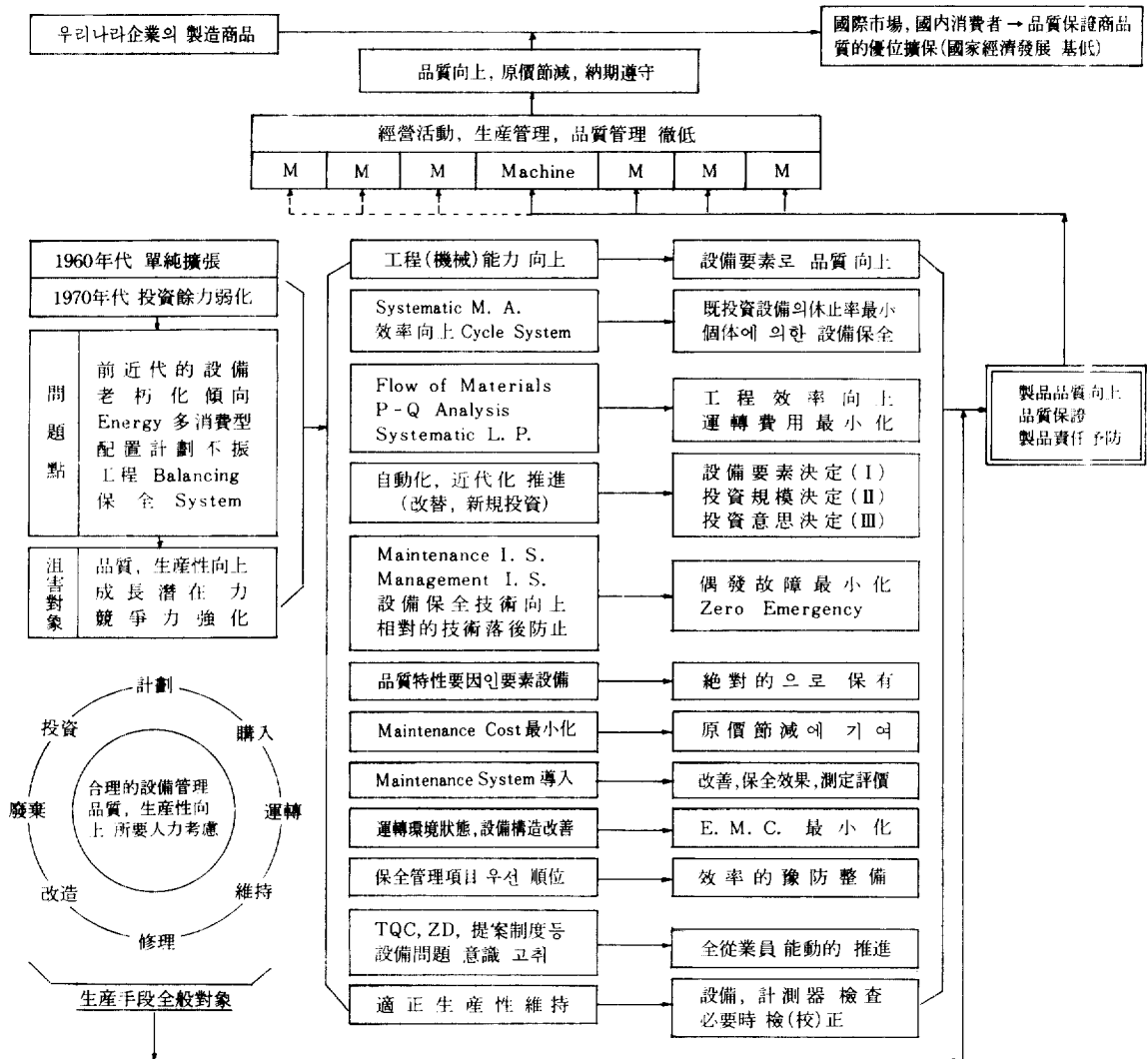


Fig. 10 品質保證을 위한 設備管理 綜合對策

參 考 文 獻

1. 姜錫昊, “生產管理論”, 經世院, 1984
2. 金基永, “生產管理”, 法文社, 1984
3. 金永輝, “品質管理”, 清文閣, 1979
4. 金元銖, “經營學概論”, 經文社, 1979
5. 金弘在, 金鉉九 編著, “工場計劃”, 大光書林, 1983
6. 朴景洙, “工場計劃 및 設備管理”, 英志文化社, 1982
7. 成煥泰, “工業經營學概論”, 三星實業, 1982
8. 辛承憲, 徐承錄 共譯, “作業管理”, 螢雪出版社, 1983
9. 宋瑞日, “現代品質管理”, 學文社, 1978
10. 李圭聖, “品質管理”, 螢雪出版社, 1983
11. 李根熙, “現代設備管理”, 創知社, 1982
12. 李根熙, “增補 安全管理學”, 創知社, 1982
13. 李根熙, “原典品質管理”, 創知社, 1982
14. 李舜堯, “作業管理”, 博英社, 1979
15. 李舜堯, “生產管理”, 博英社, 1979
16. 李舜堯, “新設備管理論”, 博英社, 1983
17. 李相道, “生產管理論”, 螢雪出版社, 1978
18. 黃義澈, “設備及 工具管理”, 韓國理工學會, 1977
19. 黃義澈, “最新品質管理”, 博英社, 1984
20. 朝香鉄一著, 韓國工業標準協會譯, “品質管理”, 韓國工業標準協會, 1982
21. 上田武人, “工場管理 12講”, 日刊工業新聞社, 1967
22. 日本規格協會 品質管理偏覽編集委員會 編著, 品質管理便覽 翻譯委員會 譯, “新版品質管理 便覽”, 技多利, 1983
23. Everett E. Adam, Jr., Ronald J. Ebert, “*Production and Operations Management*”, Prentice-Hall, 1978.
24. L. M. Rose, “*Engineering Investment Decisions*”, Elsevier Scientific Publishing Co., 1976.
25. Richard B. Chase & Nicholas J. Aquilano, “*Production and Operations Management*”, Richard D. Irwin, 1977.
26. Richard L. Francis and John A. White, “*Facility Layout and Location*”, Prentice-Hall, 1974.
27. R. Muther, “*Systematic Layout Planning*”, Industrial Education Institute, 1966.