

# 學習曲線의 活用に 관한 實證的 研究

郭 秀 一\* · 金 能 鎭\*\*

<目 次>	
I.	研究의 目的
II.	作業向上現象
III.	學習曲線과 作業向上要因
IV.	學習曲線의 實證的 分析
V.	結 論

## I. 研究의 目的

70年代의 後半에 들면서 國家經濟力의 爆發的인 膨脹과 함께 人力의 不足이 深刻한 企業의 問題로 擡頭되기 시작했다. 企業의 經營活動에 必要한 人材가 언제 어디서나 얼마든지 있던 時代에서 이제는 企業 스스로가 必要한 人力을 찾아나서야 하고, 또 養成해야 하는 時代로 접어든 것이다. 人力의 不足現象에 따라 離職率까지 높아져서 經營層에게 二重苦를 强要하고 있다. 따라서 要求되는 人力을 適時에 確保한다는 것은 企業의 經營에 있어서 무엇보다 重要한 課題가 아닐 수 없다.

工業力의 成長으로 우리나라의 產業構造에서 製造業이 차지하는 比重은 현저히 높아졌지만 앞으로 상당기간 우리의 產業은 技術集約的인 產業보다는 勞動集約的인 產業이 大種을 이룰 수 밖에 없는 實情이므로 人力의 需要에 效率的으로 對應할 수 있는 管理方案들이 科學的 根據 위에서 考察되어야 할 것이다.

여러 部分의 生産業體에서 새로운 工員들을 募集하여 그들을 熟練工으로 訓練시키는데 많은 時間과 努力, 費用 등을 消費하고 있다. 왜냐하면 製品의 生産에 있어서 工員의 勞動이 큰 比重을 차지하는 產業에서는 工員의 熟練度가 製品의 原價와 生産率에 絶對的인 影響을 미치게 되기 때문이다. 그러나 이들 企業에서 新入工員을 熟練工으로 訓練시키는데 所要되는 研修期間의 算定은 대부분 客觀的인 計算基礎를 갖지 못하고 막연한 經驗上의 判斷에 依存하게 되는 事例가 많다. 그러나 現代的 經驗을 하는 企業에 있어서 그러한 方法은

筆者 : \* 서울大學校 經營大學 經營研究所 研究員, 서울大學校 經營大學 副教授

\*\* 嶺南工業專門大學 專講

非能率의이다. 만약 研修期間이 必要 이상으로 길면 이미 熟練이 된 作業者를 일손이 不足한 生産現場에 投入시키지 못하고 訓練에 잡아 두고 있는데 따른 經營上의 機會損失이 클 것이고, 그 反對의 경우 아직 熟練이 안된 狀態의 作業者를 熟練工들과 같이 取扱했을 때 發生하게 될 管理上의 混亂과 함께 原材料의 浪費 등도 충분히 豫想할 수 있기 때문이다.

本 論文에서는 工員訓練期間의 設定에 學習理論(Learning Theory)을 適用하여 累積作業量의 增加에 따른 正確한 學習率을 抽出해 넘으로써 訓練期間을 가장 科學적이고 合理的인 方法으로 設定해 보고자 한다. 이러한 試圖은 經營者에게 客觀的인 意思決定 根據를 提供함으로써 生産計劃, 雇傭計劃 또는 經營計劃의 樹立에 많은 도움을 줄 수 있으리라 믿는다.

## II. 作業向上現象

作業工程을 設計하는 設計者는 必須的으로 各 基本作業要素들을 遂行하는데 所要되는 時間을 豫想하고 測定하게 된다.

그들이 測定値를 얻는 方法을 分類해 보면<sup>(1)</sup>

- ① 管理者의 判斷이나 過去의 經驗을 利用하는 方法
- ② 歷史的인 資料 속에서 새로 設計된 作業과 內容이 類似한 作業을 찾아내어 相互比較하는 方法
- ③ 새로운 作業에 對한 時間研究(Time Study) 등이 있다.

이들 方法 中에서 실제로 作業者가 몇 번에 걸쳐 作業遂行을 해서 그 時間을 測定하는 時間研究가 가장 確實한 方法이라고 할 수도 있을 것이다. 그러나 이러한 節次를 거쳐서 이루어진 工程에서도 얼마의 生産이 進行된 다음에는 必然的으로 처음의 時間測定値에 큰 誤差가 發生되고 있음이 發見된다. 誤差發生의 理由는 原材料의 지연, 豫想하지 못했던 技術的인 어려움, 雇傭問題 등 여러 가지를 생각할 수 있다.

그렇지만 가장 큰 理由 중의 하나는 計劃의 作成者가 作業遂行의 反復에서 오는 能率向上의 크기와 重要性을 認識하지 못했다는 것일 것이다.

人間은 機械와 달라서 꼭 같은 作業을 反復하면 처음보다는 좀더 잘 할 수 있다. 또 계속 反復하면 作業의 遂行을 能率的으로 훨씬 더 發展시킬 수 있다.

특히 工業의 生産에 關與하고 있는 많은 사람들은 效果的인 生産作業이 進行될 때, 시간

(1) R.A. Johnson, W.T. Newell, and R.C. Vergin, Operations Management, Boston, Houghton Mifflin Co., 1972, pp. 388-389.

이 흐르고 製造가 계속 進行, 反復됨에 따라 作業遂行에 어떤 進歩가 온다는 事實을 오래 前부터 理解하고 觀察해 왔었다. (2) 그리고 多數의 實證的 研究에 의해서 그 向上의 形態가 매우 規則的이고 一定한 法則性을 갖고 있으며 따라서 充分히 豫見될 수도 있다는 事實이 밝혀졌다. (3)

經營을 하는 사람에게 이러한 發見은 매우 重要한 意義를 갖고 있다. 왜냐하면 企業이 販賣價格이나 製品引渡價格을 策定하기 위해 혹은 所要勞動時間과 製品單位當原價를 豫想測定하려고 努力을 하고는 있었지만 未來에 發生할 狀況에 대한 豫想測定이라고 하는 것이 그때까지는 매우 어렵고 時間이 많이 消耗되는 일이었다. 따라서 所要勞動時間의 豫測을 훨씬 쉽고 빠르게 또 正確하게 할 수 있는 學習形態에 대한 法則性的 發見으로 企業은 이러한 어려운 일을 훨씬 쉽게 할 수 있게 되었다.

「作業의 能率을 向上시킬 수 있다」 혹은, 「習熟된다(Learning)」는 것은 모든 生命 있는 有機體가 가지고 있는 特性的의 하나이다. (4) 同一하거나 類似한 作業을 反復적으로 遂行하게 될 때 크기의 差異는 있겠으나 반드시 그 結果로써 能率의 向上을 이루게 된다.

또한 反復에 의한 能率의 向上은 作業者 個人에서와 마찬가지로 組織全體에서도 일어난다. (5) 人間이 構成한 組織으로서의 集團도 하나의 살아 있는 有機體이기 때문이다. 이러한 組織의 成就에 대한 客觀的 指標를 마련하기 위해서 能率의 向上을 計量的으로 測定하게 된다. 즉, 보다 나은 計劃과 統制를 可能하게 하기 위해서 量的 變化의 形態를 定義내리고자 하는 것이다.

學習에 의한 向上程度를 測定하는 또 하나의 目的은 評價, 決定, 計劃, 統制 등의 目的을 위해 未來의 向上을 豫測하고자 하는 慾求를 充足시키기 위함이다. 새로운 製品에 대한 評價, 既存製品의 變化, 生産方法의 變動 등 모든 것이 向上(學習)의 測定을 통해 더욱 確實하게 될 수 있다.

결국 學習에 의한 向上을 量的으로 測定한다는 것은 (6)

- ① 보다 나은 意思決定
- ② 間接的인 生産統制의 手段

(2) R.W. Conway and A. Schultz, Jr., "The Manufacturing Progress Function," in G.K. Groff and J.F. Muth(ed.), Operations Management, Homewood, Illinois, R.D. Irwin Inc., 1969, p. 355.

(3) Frank J. Andress' "The Learning Curve As a Production Tool," Harvard Business Review, January-February, 1954, p. 87.

(4) Winfred B. Hirschmann, "Profit From the Learning Curve", Harvard Business Review, January-February, 1964, p. 139.

(5) R.A. Johnson, W.T. Newell and R.C. Vergin, op. cit., p. 389.

(6) R.W. Conway and Andrew Schultz, Jr., op. cit., p. 356.

③ 豫測評價에 있어서의 보다 큰 確實性 등을 위한 것이다.

### III. 學習曲線과 作業向上要因

위에서 說明한 바와 같이 人間이 關係되는 作業에서는 作業이 反復됨에 따라 熟練과 慣行이 생기게 되어 所要作業時間이 短縮되게 되는데, 이를 縱軸에 製品 1個當 生産時間, 橫軸에 生産數量을 單位로 하여 圖示해 보면 指數曲線의 形態로 나타난다. 이러한 事實의 發見은 作業의 向上現象이 過去에서부터 늘 存在해 왔었다고 하는, 그 當時까지 미처 定量化되지는 못했던 平凡한 觀察을 많은 企業을 위해서 더욱 廣範하고 實用的인 概念으로 만들게 되는 契機가 되었다.

學習曲線(Learning Curve)은 本論文에서 使用될 用語이지만 이 曲線은 이외에도 많은 名稱들을 갖고 있는데 向上曲線(Improvement Curve)<sup>(1)</sup>, 産業進步曲線(Industrial Progress Curve)<sup>(2)</sup>, 費用曲線(Cost Curve), 經驗曲線(Experience Curve), 費用生産關係(Cost-Production Relationship), 效率曲線(Efficiency Curve), 生産加速曲線(Production Acceleration Curve), 作業遂行曲線(Performance Curve), 動的評價(Dynamic Evaluation)<sup>(3)</sup>, 工數遞減曲線, 工數低減曲線 등으로 쓰이는 用語들이 모두 學習曲線 내지는 作業向上現象을 가리키는 말이다.

이 曲線의 理論은 航空機産業에서 가장 먼저 쓰여졌다. 飛行機 1대당 소요되는 直接勞動時間이 生産된 飛行機의 累積臺數에 따라 注目할만한 規則性을 가지고 減少한다는 事實이 管理者들에 의해서 感知되었던 것이다. 飛行機는 臺當原價가 매우 비싼 製品이므로 다른 産業에서 보다는 航空機産業에서 自然的으로 이런 現象이 두드러지게 나타나게 되었다.

특히 그 當時는 二次大戰 中으로서 戰時에 있어서의 向上現象은 製品의 單位原價가 漸次로 줄어든다는 것 뿐만 아니라 같은 勞動力과 같은 設備를 가지고서도 훨씬 더 많은 비행기를 生産해 낼 수 있게 된다는 絶실한 意味를 가지고 있었다.

가장 중요한 점은 學習의 程度, 혹은 익숙해지는 形態(Learning Pattern)가 注目할 만한 規則性을 가지고 있다는 點이다. 일정한 規則이 있다면 그 規則에 따라 豫測이 可能해지기 때문이다.

(1) R.A. Johnson, W.T. Newell. and R.C. Vergin, op. cit., p. 389.

(2) Ibid.

(3) John G. Carlson, "How Management Can Use the Improvement Phenomenon," in Elwood S. Buffa(ed.) Readings in Production and Operations Management, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1966, p. 566.

비록 이러한 研究가 항공기 産業에서 처음으로 出發되긴 했지만 다른 어떤 産業에서도 모두 適用이 可能하다. 人間의 反復作業이 介在되는 어떤 部門의 管理에서든지 學習現象은 항상 分析에 應用될 수 있고 또 實際에 있어서도 오늘날엔 生産, 調達, 原價의 問題 등의 分析에 多樣하게 應用되고 있다. 學習의 形態가 처음으로 觀察되어 報告된 것은 1925년이었고 美國 Ohio州 Wright-Patterson 空軍基地의 사령관에 의해 이루어졌다.

그러나 學習에 관한 맨처음의 實證的 研究는 T.P. Wright에서 기원된다.<sup>(4)</sup>

그는 航空機産業의 學習曲線으로 製造에 있어서의 向上幅을 測定하려는 試圖를 보여주었다. 그는 經驗을 통해 特定機種注文量의 平均原價가 注文이 累積됨에 따라 減少하는 것을 추적했다.

Wright가 提示한 Model은

$$y_i = a \cdot i^{-b} \quad (1)$$

$i$ ; 生産數量( $i \geq 1$ )

$y_i$ ;  $i$ 번째 單位의 所要勞動時間

$a$ ; 첫번째 單位의 所要勞動時間

$b$ ; 測定되어진 所要勞動時間 減少率(學習率)

$a = y_1$ 이므로 식 (1)에 대치하면

$$y_i = y_1 \cdot i^{-b}$$

이것은 一定한 減少率을 나타내는 特性을 가져서 累積生産量이 增加할 때마다 單位當 所要勞動時間은 一定한 率로 減少하게 된다.

단약  $i_2/i_1 = c$ 라면

$$\frac{y_{i_2}}{y_{i_1}} = \frac{y_1 \cdot i_2^{-b}}{y_1 \cdot i_1^{-b}} = c^{-b}$$

따라서 減少率은  $i_1, i_2, y_1$  등과는 아무 關聯이 없고  $c$ 와  $b$ 에만 關係된다. 대부분의 경우 生産이 2배로 增加할 때의 減少率을 나타내게 되므로  $c=2$ 가 된다.

이때  $b = -\log r / \log 2$ 의 값으로 定義된다.

여기서의  $r$ 은 作業의 學習率이며 소수로 表示한다.

이 모델을 대수적으로 變形하면

$$\log(y_i) = \log(y_1) - b \log(i) \quad (2)$$

(2)式은 全對數座標(log-log scale)에 圖示될 때 기울기가  $(-b)$ 인 直線의 方程式이다.

(4) R.W. Conway and Andrew Schultz, Jr., op. cit., pp. 356-357. quoted in T.P. Wright, "Factors Affecting the Cost of Airplanes," Journal of Aeronautical Sciences, Vol. 3, No. 4 (February, 1936), pp. 122-128.

따라서 이런 形態의 資料는 傳統的인 算數座標 平面上에 對數值로 圖示되거나, 혹은 직접 對數座標 平面 위에 圖示될 때 直線의 形態를 나타내게 되어 매우 편리하다. 왜냐하면 直線關係는 作圖하기에 用易하고 장래의 豫測을 위한 目的에 쉽게 使用될 수 있기 때문이다.

더 나아가서,

$$T_i = \sum_{j=1}^i (y_j) \quad (3)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum_{j=1}^i (y_j)}{i}$$

$$\bar{Y}_i = \frac{Y_1}{i} \sum_{j=1}^i i^{-b} \quad (4)$$

$i$ 의 값은 보통 매우 커서 이를 計算하기 힘들므로 略算할 수 있는 式 (5)를 利用한다. (5)

$$\bar{Y}_i = \frac{Y_1}{i(1-b)} \left[ \left(1 + \frac{1}{2}\right)^{1-b} - \left(\frac{1}{2}\right)^{1-b} \right] \quad (5)$$

$\bar{Y}_i$ ; 첫 단위부터  $i$ 번째 단위까지 모든 단위에서의 單位當 平均所要時間

$T_i$ ; 첫 단위부터  $i$ 번째 단위까지 모든 단위에서의 全體所要時間

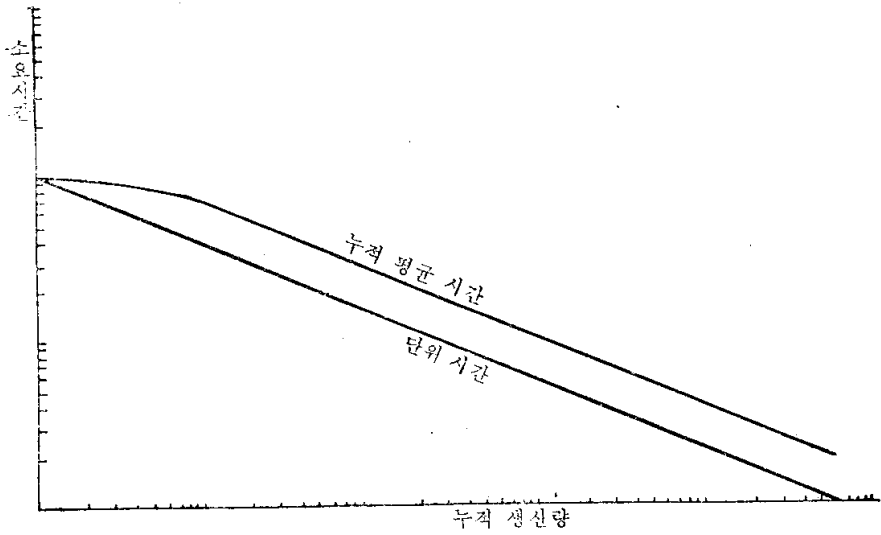
식 (5)는  $i > 100$ 의 범위 즉  $i$ 가 어느 程度 큰 값에서 다음의 더욱 간단해진 略式으로 表示될 수 있다.

$$\bar{Y}_i = \frac{Y_1 \cdot i^{-b}}{1-b} \quad (6)$$

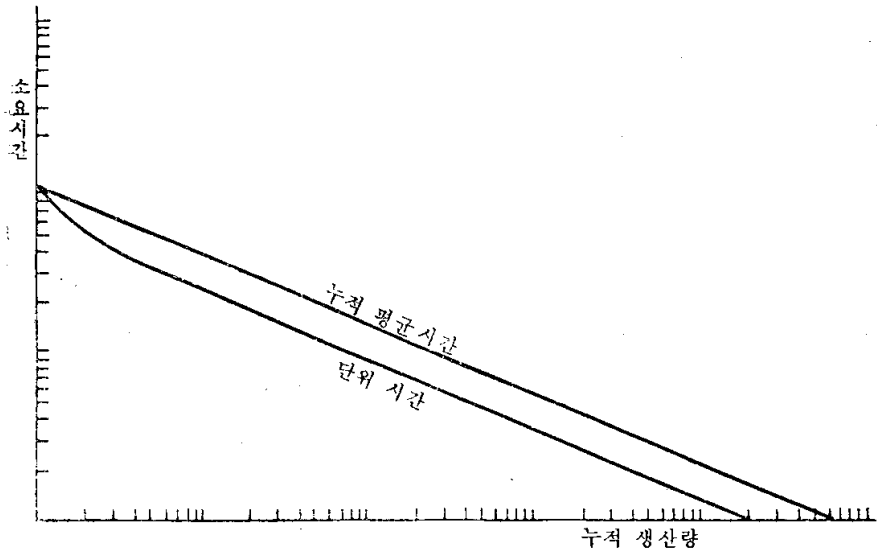
따라서 위의 범위내에서는 對數累積平均時間曲線과 對數單位時間曲線은 거의 平行을 이루게 된다. <그림 1>은 對數座標에 이 曲線을 表示한 것이다. <그림 1>은 <그림 2>와 같이 表示될 수도 있다. 즉 단위시간곡선과 누적평균시간곡선의 형태는 어느 한쪽으로 確定되어 있는 것이 아니고 狀況에 따라서 可變的이라는 것이다. <그림 1>과 <그림 2>의 두 모델의 提案者들이 모두 論理的으로 妥當한 자기의 主張을 세울 수 있는 反面, 實證的인 證據가 빈약하여 서로 相對 모델에 대한 優越性은 내세울 수 없기 때문에 實際로 使用할 때는 境遇와 必要에 따라서 便利한 모델을 選擇해서 쓰고 있다. (6) 어쨌든 累積平均時間曲線과 單位時間曲線의 두 曲線中 어느 한쪽은 항상 直線의 형태로 나타나므로 單位時間曲線이 主로 쓰일 때는 單位時間曲線이 直線으로 나타나는 <그림 1>을, 累積平均時間曲線이 主로 使用될 때는 <그림 2>의 모델을 사용한다. 累積生産量이 커지면 兩曲線이 平行을 이루게

(5) Ibid., p. 357. cf. Richard A Johnson, William T. Newell and Roger C. Vergin, op. cit., p. 389.

(6) R.W. Conway and Andrew Schultz, Jr., op. cit., pp. 357-358.



<그림 1> 75% 學習曲線 (I)



<그림 2> 75% 學習曲線 (II)

되기 때문에 <그림 1>과 <그림 2>의 差異는 生産이 처음 始作되는 段階에서만 重要하게 考慮될 뿐 그 外의 경우는 應用面에서 볼 때 어느 그림을 使用하든지 別로 差異가 없다.

學習曲線은 첫번째 生産單位에 所要되는 作業時間과 作業의 學習率에 의해서 曲線의 形

태가 決定된다. 效率的인 生産을 한다는 것은 單位當 所要生産時間을 줄이는 것과 밀접한 關聯이 있는 것으로 學習曲線에서는 作業向上要因을 면밀히 分析하여 學習率의 操作을 企圖하는 것이 效果的이다. 學習率은 뚜렷한 몇 가지의 要因에 의해 決定이 되는데 作業이 始作되기 前에 모든 要因을 把握해서 作業의 向上을 增大시킬 수 있는 方向으로 可變의 要因을 잘 操作한다면 보다 더 效率的인 生産을 이룰 수 있다.

學習率이란 累積生産量의 어떤 一定單位에서 그 單位의 生産에 所要된 作業時間에 대해 累積生産량이 2倍로 증가했을 때의 生産單位에 所要된 作業時間을 百分率로 나타낸 것이다. 따라서 學習率은 百分率이 減少하여 작은 값을 나타낼수록 向上이 많이 일어나는 狀態를 나타내게 된다. 그러므로 向上을 增進시킬 수 있는 方向은 百分率을 減少시키는 方向을 말한다.

學習率을 決定하는 主要한 要因들은<sup>(7)</sup>

① 作業의 難易度: 一般的으로 쉬운 作業일수록 學習率이 커져서 期待되는 向上의 幅은 작아진다. 反面 作業이 힘들수록 向上이나 進歩의 機會가 많아지게 되므로 學習率은 낮은 百分率을 보인다.

② 作業量에서 勞働이 차지하는 比率: 이것은 用役의 範圍에 관계되는 문제이다. 作業의 內容은 사람이 하는 作業(labor-paced)과 機械가 하는 作業(machine-paced)으로 構成된다. 機械의 性能은 항상 一定하므로 同一한 作業을 反復하더라도 機械自體의 作業向上은 期待할 수 없다.

따라서 作業에서 機械가 하는 일에 비해 사람의 勞働量이 많아질수록 學習率은 낮아져서 더 많은 向上을 期待할 수 있게 된다. 일반적인 例로 學習率 80%인 航空機産業은 作業構成이 機械作業  $\frac{1}{4}$ , 人間의 勞働(組立作業)  $\frac{3}{4}$ 의 比率로 量的 分布가 되어 있는 反面, 거꾸로 機械作業  $\frac{3}{4}$ , 人間勞働  $\frac{1}{4}$ 의 比率로 構成된 作業을 하는 企業에서는 學習率이 90%程度까지 上昇하고 있다. 作業量의 構成에서 人間勞働과 機械作業의 比率가 類似한 企業들은 學習率까지 類似하게 되는 傾向이 있다.

③ 作業의 흐름이나 原料의 利用度を 增加시키기 위한 組織과 節次의 改良

④ 生産品의 設計나 工學的 技術水準의 發展的 變化

⑤ 生産에 使用되는 機械工具의 改善

⑥ 作業者 自身과 經營管理의 兩面에 의한 作業能率向上에의 期待

이상과 같은 여러 要因들이 作業의 學習率을 決定하고 있다. 여러 要因들은 때로는 몇개

(7) R.A. Johnson, W.T. Newell and R.C. Vergin, op. cit., p. 394.



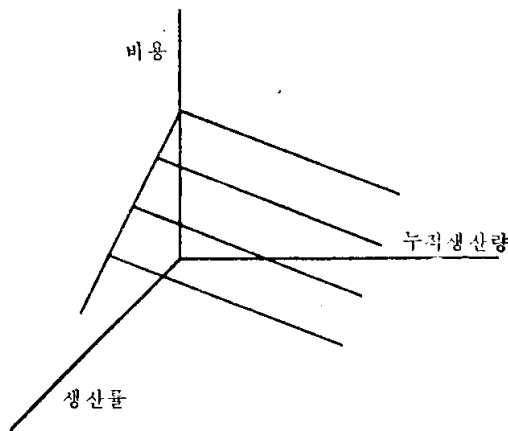
가 調合되어 같은 方向으로, 또 때로는 각각 서로 相反되는 方向으로 作用하기도 한다. 이러한 觀點에서 볼 때 學習曲線은 엄밀한 意味에서 科學的인 裝置라기 보다는 各 生産單位 當 所要作業時間에 作用하는 多樣한 모든 힘들을 圖表 위에 그려나가는 하나의 實證的인 方法으로 그 概念을 規定지을 수 있다. (8) 重要한 事實은 여러 種類의 要因들이 各各 散漫하게 엉뚱한 方向으로 作用할 수 있음에도 불구하고 全般的인 曲線의 趨勢는 항상 一貫된 減少의 모습을 보이고 있다는 點이다.

위에 列擧된 要因들과는 약간 觀點을 달리하면서 조금 더 一般化시킨 要因들의 分類가 있다. (9)

즉, 作業의 學習現象을 單純히 反復熟達에 의한 結果로만 보지 않고 反復作業 도중에 일어날 수 있는 作業方法의 改善까지를 포함한다고 보는 見解이다. 作業의 向上을 工學技術과 生産環境의 結果로 보아서 要因들을 生産이 始作되는 時間을 基準으로, 生産이 始作되기 前에 수행되는 活動들과 生産과 동시에 發生하여 所要勞動時間(또는 生産原價)에 영향을 미치는 原因의 두 가지로 大分하여 본 것이다.

學習理論에 의하면 所要勞動時間은 첫 單位에 所要되는 勞動時間과 이에 따른 學習率의 두가지에 의해 決定지워지고 만다. 이 때 첫 單位에 所要되는 勞動時間은 生産始作 以前에 存在하는 活動要因들에 의해서 낮아질 수 있을 것이고 마찬가지로 向上率, 즉 生産이 進行되는 동안 勞動時間 節減率은 生産중에 存在하는 要素들에 의해서 左右될 것이다.

<그림 3>은 生産原價(혹은 勞動時間)의 減少가 대체로 累積生産量이라는 하나의 變數에



<그림 3> 學習函數의 一般化

(8) Frank J. Andress, op. cit., p. 89.

(9) R.W. Conway and Andrew Schultz, Jr., op. cit., pp. 359-361.

의한 平面的인 函數가 아니라 立體的인 減少를 보이는 函數라는 것을 說明해 준다. 즉, 累積生産量의 增加에 의해서와 동시에 生産率의 增加에 의해서도 單位當 所要되는 勞動時間은 減少한다는 것이다. 또 하나 生産期間도 3번째의 變數로써 添加될 수 있다. 學習函數는 그들 중에서 단지 하나, 累積生産量에 對한 作業時間의 減少만을 나타내게 되므로 이들 간의 關係의 特性을 決定하는데는 나머지 둘, 生産率과 生産期間이란 變數가 相當히 重要하게 考慮되어야 하고 이러한 理由로 해서 要因을 生産前要因과 生産期間中의 要因들로 分類하게 된 것으로 생각된다.

#### 가. 重要한 生産前 要因

- ① 工具：使用될 道具의 形態와 그들이 生産始作前에 完成 혹은 開發된 程度
- ② 裝備와 工具의 選定：計劃된 生産에 必要한 量
- ③ 製品設計：製造可能性의 考慮限度와 代替的으로 交換될 수 있는 範圍 또 製品의 設計와 그 生産技術이 융합된 程度
- ④ 作業方法：細部的인 作業方法의 設計와 工程의 分析에 소비될 努力의 크기
- ⑤ 技術狀態：作業上의 難點을 打開해 나가는 組織의 能力
- ⑥ 設計를 爲한 努力：제조설계, 명세, 試驗調查 등 문제점에 기울이는 時間과 努力
- ⑦ 工場組織：訓練, 技術, 生産計劃 등을 포함

上記 7가지는 모두 첫 單位 生産에 必要한 勞動時間 혹은 原價에 關係되는 것이다.

#### 나. 代表的인 生産期間 中 要因

- ① 工具：需要의 增加에 대한 容量增加의 方法, 製造方法의 踏襲 또는 再設計
- ② 作業方法：作業의 單純化 또는 이와 類似한 것으로 作業者에서 비롯되는 變化
- ③ 設計變更：얻어진 經驗을 參酌한 設計變化의 程度
- ④ 經營：改善된 計劃과 감독으로 學習을 助長해서 效率을 증가시키고 遊休時間과 遲延時間을 減少시킴
- ⑤ 生産量의 變化：生産率이나 生産期間의 變化. 다른 要因들과 意思決定에 영향을 끼침
- ⑥ 品質向上：再作業, 修繕, 補償, 流失 등의 漸進的인 減少
- ⑦ 刺戟的 賃金計劃
- ⑧ 作業者의 習熟(學習)

이렇게 열거된 諸要因들을 考察해 볼 때, 單純한 作業者의 習熟에 의한 作業의 向上에 대해 새로운 一面을 느끼지 않을 수 없다. 그것은 지금까지는 作業者의 學習現象이 너무 強調되어 왔거나 가장 重要한 要因으로 잘못 指適되어 오지 않았나 하는 點이다. 眞正한

意味에 있어서의 固定된 作業遂行의 作業者 習熟이란 大部分의 作業向上에 대해 거의 대수롭지 않은 作用밖에 할 수 없다고 結論지은 報告도 있다.<sup>(10)</sup>

여하간 많은 要因들은 결코 理解하기에 쉽거나 간단히 數量化될 수 있는 것은 못된다. 學習에 도움되는 要因들을 糾明, 그 各 要因들의 寄與度를 찾아내기 위해서는 해야 할 많은 研究가 아직도 쌓여 있다. 作業의 向上을 可能하게 해주는 學習要因을 찾아내어 能率的인 生産을 할 수 있게 하는 것이 여기서 가장 重要한 일이다.

#### IV. 學習曲線의 實證的 分析

위의 學習曲線에 관한 理論的 背景을 가지고 이를 實際의 計劃·管理機能에 實證的으로 活用해 보고자 한다.

##### 1. 現 況

H電子工業株式會社は 電子部品인 半導體를 生産하는 會社이다. 生産을 開始한지 4年 가량에 約 700名의 종업원을 雇傭하고 있으며 大部分이 女子工員들이다. 新入工員의 募集은 每月 하순에 20名 單位로 하고 있다. 新入工員이 採用되면 얼흘간 會社와 作業에 대한 教育을 받고 現場實習으로 들어간다. 이 工場에서는 訓練期間을 3개월로 設定하고 3개월의 訓練期間이 끝나면 다른 숙련공들과 같이 編成해서 作業을 시키고 있다.

이 會社의 工程은 핀꽂이工程, mount工程, bonding工程으로 크게 나눌 수 있다. 作業上 特別한 難點은 별로 없으며 큰 어려움 없이 比較的 손쉽게 익힐 수 있는 作業이다. 工程中에서는 맨마지막의 bonding工程이 가장 힘들며 사람의 손이 많이 거치게 되는 부분이다.

##### 2. 學習曲線과 學習率의 決定

<表 1>은 4月 23日 入社한 未熟練工들이 5月, 6月, 7月의 3달에 걸친 訓練期間동안 이룩한 作業實績이며 <表 2>는 거의 同期間인 6月, 7月의 2달동안 同一工場 熟練工들의 作業實績을 記錄한 것이다.

1日生産量은 作業者들이 하루동안 生産한 全生産量을 作業者의 數로 나눈 平均生産量이다.<sup>(11)</sup>

總生産時間(total sec.)은 作業者들이 生産에 임한 全時間을 秒(second)로 換算한 것이다. 單位生産時間(unit time)은 1日生産量으로 하루의 생산시간(60×60×8=28,800sec.)을 나눈

(10) Ibid., p 361.

(11) 1人/1日 生産量 =  $\frac{\text{全體作業者의 1日 生産量}}{\text{作業者數}}$

〈丑 1〉 新入工員の 生産現況

月	日	生産日數	1人/1日 生産量	1人 累積生産量	總生産時間 (sec)	累積平均 生産時間	單位生産時間
5.	2	1	35	35	60×60×8=28800	822.9	822.9
	3	2	38	73	57600	789.0	757.9
	4	3	56	129	86400	669.8	514.3
	5	4	43	172	115200	669.8	669.8
	7	5	60	232	144000	620.7	480.0
	8	6	68	300	172800	576.0	423.5
	9	7	81	381	201600	529.1	355.6
	10	8	86	467	230400	493.4	334.9
	11	9	94	561	259200	462.0	306.4
	12	10	113	674	288000	427.3	254.9
	14	11	125	799	316800	396.5	230.4
	15	12	124	923	345600	374.4	232.3
	16	13	133	1056	374400	354.5	216.5
	17	14	138	1194	403200	337.7	208.7
	18	15	159	1353	432000	319.3	181.1
	19	16	138	1491	460800	309.1	308.7
	21	17	137	1628	489600	300.7	210.2
	22	18	127	1755	518400	295.4	226.8
	23	19	146	1901	547200	286.5	197.3
	24	20	163	2064	576000	279.1	176.7
	25	21	152	2216	604800	272.9	189.5
	26	22	123	2339	633600	270.9	234.1
	28	23	165	2504	662400	264.5	174.5
	29	24	135	2639	691200	261.9	213.3
	30	25	176	2815	720000	255.8	163.6
	31	26	135	2950	748800	253.8	213.3
6.	1	27	237	3187	777600	244.0	121.5
	2	28	196	3383	806400	238.4	146.9
	4	29	202	3585	835200	233.0	142.6
	5	30	218	3903	864000	227.2	132.1
	6	31	228	4031	892800	221.5	126.3
	7	32	231	4262	921600	216.2	124.7
	8	33	240	4502	950400	211.1	120.0
	9	34	236	4738	979200	206.7	122.0
	11	35	231	4969	1008000	202.9	124.7
	12	36	232	5201	1036800	199.3	124.1
	13	37	259	5460	1065600	195.2	111.2
	14	38	267	5727	1094400	191.1	107.9
	15	39	272	5999	1123200	187.2	105.9
	16	40	268	6267	1152000	183.8	107.5
	18	41	283	6550	1180800	180.3	101.8

月 日	生産日數	1人/1日 生産量	1人 累積生産量	總生産時間 (sec)	累積平均 生産時間	單位生産時間
6. 19	42	276	6826	1209600	177.2	104.3
20	43	246	7072	1238400	175.1	117.1
21	44	250	7322	1267200	173.1	115.2
22	45	277	7599	1296000	170.5	104.0
23	46	271	7870	1324800	168.3	106.3
25	47	275	8145	1353600	166.2	104.7
26	48	303	8448	1382400	163.6	95.0
27	49	310	8758	1411200	161.1	92.9
28	50	316	9074	1440000	158.7	91.1
29	51	299	9373	1468800	156.7	96.3
30	52	217	9590	1497600	156.2	132.7
7. 2	53	386	9976	1526400	153.0	74.6
3	54	311	10287	1555200	152.0	92.6
4	55	315	10602	1584000	149.7	91.4
5	56	111	10713	1612800	150.5	259.5
6	57	281	10994	1641600	149.3	102.5
7	58	293	11287	1670400	148.0	98.3
9	59	304	11591	1699200	146.6	94.7
10	60	276	11867	1728000	145.6	104.3
11	61	274	12141	1756800	144.7	105.1
12	62	309	12450	1785600	143.4	93.2
13	63	306	12756	1814400	142.2	94.1
14	64	302	13058	1843200	141.2	95.4
16	65	282	13340	1872000	140.3	102.1
17	66	289	13629	1900800	139.5	99.7
18	67	317	13946	1929600	138.4	90.9
19	68	327	14273	1958400	137.2	88.1
20	69	353	14626	1987200	135.9	81.6
21	70	338	14964	2016000	134.7	85.2
23	71	309	15273	2044800	133.9	93.2
24	72	302	15575	2073600	133.1	95.4
25	73	313	15888	2102400	132.3	92.0
26	74	319	16207	2131200	131.5	90.3
27	75	321	16528	2160000	130.7	89.7
28	76	333	16861	2188800	129.8	86.5
30	77	303	17164	2217600	129.2	95.0
31	78	234	17398	2246400	129.1	123.1

것으로 해당되는 生産日에 製品 1單位當 所要된 生産時間을 秒로 表示한 것이다. <sup>(12)</sup>

累積平均時間은 總生産時間을 累積生産量으로 나눈 것으로 해당되는 生産日까지의 累積

$$(12) \text{ 單位生産時間 (Unit Time)} = \frac{\text{1日生産時間 (28,800 sec.)}}{\text{1人/1日生産量}}$$

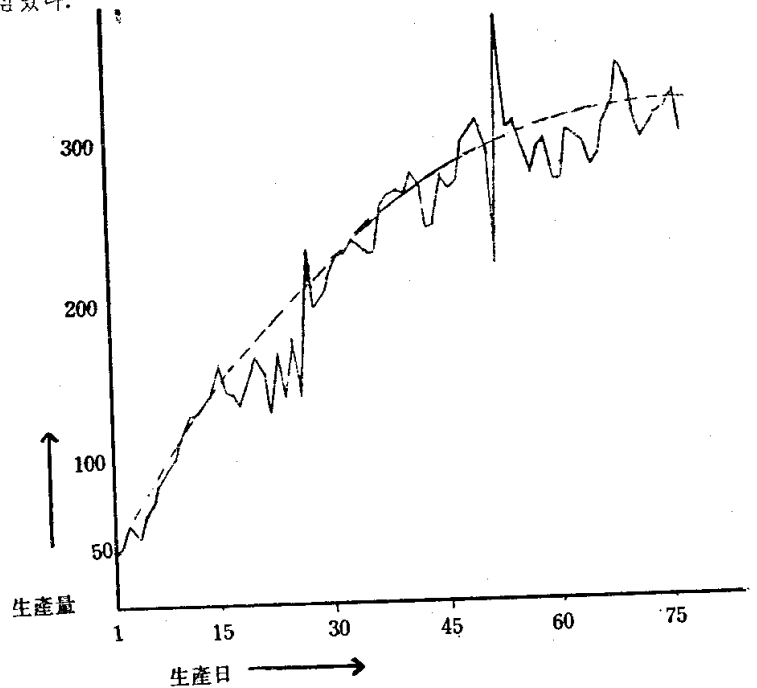
〈丑 2〉 熟練工の 生産現況

月	日	生産日數	1日生産量	累積生産量	總生産時間 (sec)	累積平均時間	單位生産時間
6.	1	1	469	469	28800	61.4	61.4
	2	2	389	858	57600	67.1	74.0
	4	3	393	1251	86400	69.1	73.3
	5	4	412	1663	115200	69.3	69.9
	6	5	414	2077	144000	69.3	69.6
	6	6	433	2510	172800	68.8	66.5
	8	7	403	2913	201600	69.2	71.5
	9	8	414	3327	230400	69.3	69.6
	11	9	417	3744	259200	69.2	69.1
	12	10	422	4166	288000	69.1	68.2
	13	11	403	4569	316800	69.3	71.5
	14	12	376	4945	345600	69.0	76.6
	15	13	376	5321	374400	70.4	76.6
	16	14	376	5697	403200	70.8	76.6
	18	15	376	6073	432000	71.1	76.6
	19	16	381	6454	460800	71.4	75.6
	20	17	355	6809	489600	71.9	81.1
	21	18	387	7196	518400	72.0	74.4
	22	19	400	7596	547200	72.0	72.0
	23	20	372	7968	576000	72.3	77.4
	25	21	365	8333	604800	72.6	78.9
	26	22	367	8700	633600	72.8	78.5
	27	23	403	9103	662400	72.8	71.5
	28	24	406	9509	691200	72.7	70.9
	29	25	422	9931	720000	72.5	68.2
	30	26	276	10207	748800	73.4	10.3
7.	2	27	468	10675	777600	76.8	61.5
	3	28	394	11069	806400	72.9	73.1
	4	29	378	11447	835200	73.0	76.2
	5	30	392	11839	864000	73.0	73.5
	6	31	376	12215	892800	73.1	76.6
	7	32	411	12626	921600	73.0	70.1
	9	33	365	12991	950400	73.2	78.9
	10	34	370	13361	979200	73.3	77.8
	11	35	345	13706	1008000	73.5	83.5
	12	36	376	14082	1036800	73.6	76.6
	13	37	389	14471	1065600	73.6	74.0
	14	38	385	14856	1094400	73.7	74.8
	16	39	356	15212	1123200	73.8	80.9
	17	40	378	15590	1152000	73.9	76.2
	18	41	377	15967	1180800	74.0	76.4

月 日	生産日數	1日生産量	累積生産量	總生産時間 (sec)	累積平均時間	單位・時間
19	42	401	16368	1209600	73.9	71.8
20	43	418	16786	1238400	73.8	68.9
21	44	414	17200	1267200	73.7	69.6
23	45	377	17577	1296000	73.7	76.4
24	46	362	17939	1324800	73.9	79.6
25	47	374	18313	1353600	73.9	77.0
26	48	386	18699	1382400	73.9	74.6
27	49	403	19102	1411200	73.9	71.5
28	50	394	19496	1440000	73.9	73.1
30	51	373	19869	1468800	73.9	77.2
31	52	268	20137	1497600	74.4	107.5

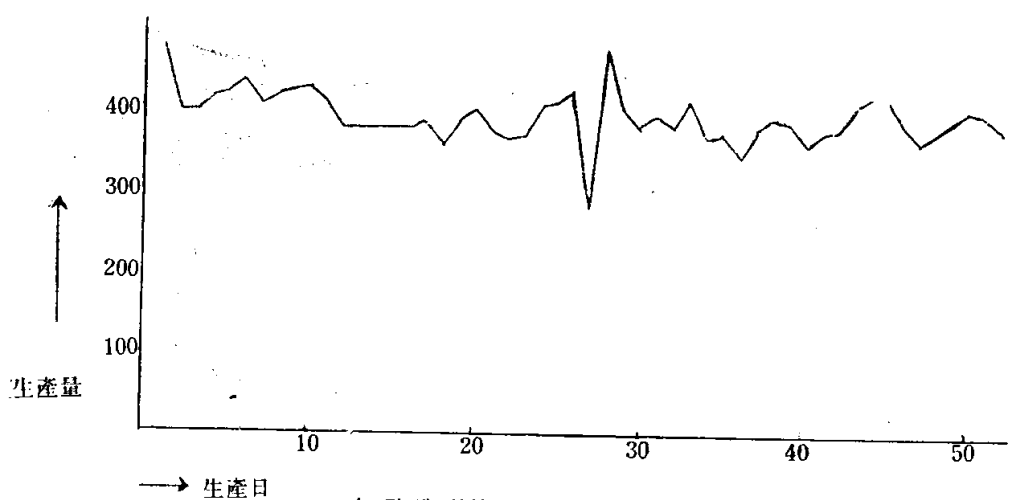
生産量에 대해 그 1單位當 所要된 生産時間을 나타낸 것이다. <sup>(13)</sup>

원래 學習曲線의 概念은 製品 1單位當 所要生産時間의 減少를 測定하는 것이지만 當企業의 製品은 生産數量이 커서 單位當 生産所要時間의 測定이 不可能하기 때문에 하루의 生産量을 基準으로 삼았다.



<그림 4> 新入工들의 作業趨勢

(13) 累積平均時間(Cumulative Average Time) =  $\frac{\text{總生産時間}}{\text{累積生産量}}$

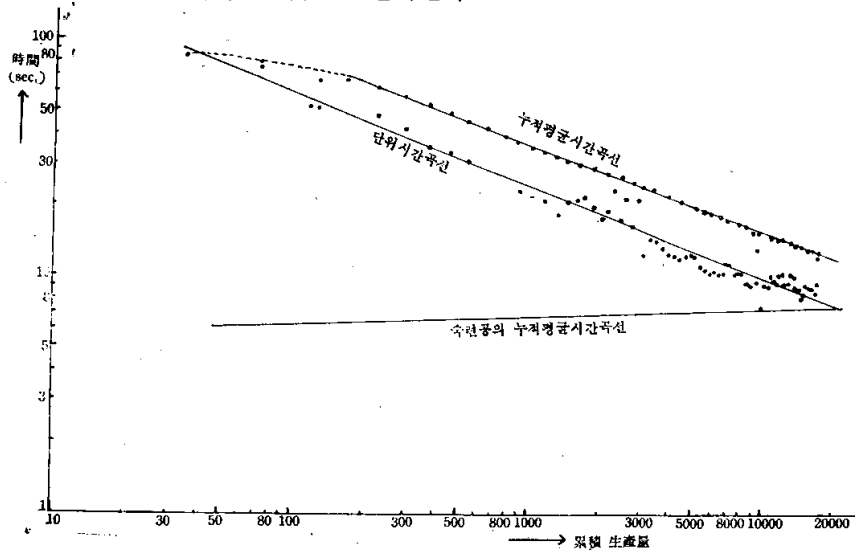


〈그림 5〉 熟練工員들의 作業趨勢

〈그림 4〉는 新入工員들의 1日平均生産量を 時間의 흐름에 따라 表示한 것이다. 굴곡이 매우 심한 곡선이지만 대개 점선과 같은 曲線을 상상해 볼 수도 있다.

〈그림 5〉는 〈그림 4〉와 같은 도표를 숙련공들에 대해 그려 본 것이다.

〈그림 5〉를 살펴보고 〈그림 4〉와 比較를 해보면 熟練工들의 하루 生産量은 擔保상태에 있거나 오히려 全體적으로 減少추세에 있는 것을 알 수 있다. 이것은 製品의 生産이 氣候條件에 상당히 민감한 反應을 보이는 경향이 있어서 季節이 무더운 여름으로 옮겨짐에 따라 生産이 조금씩 減少하게 된 것으로 풀이된다.



〈그림 6〉 電子工業의 學習曲線



〈그림 4〉와 〈그림 5〉를 〈表 1〉과 〈表 2〉에서 행해진 計算에 의해서 學習曲線의 形態로 全대수좌표(log-log scale)에 옮긴 것이 〈그림 6〉이다.

單位時間曲線에는 약간 變異가 存在하지만 累積平均時間曲線은 거의 完全한 直線의 形態를 보여주고 있다. 단위시간 곡선의 數式은 統計的 回歸分析을 통해 얻어질 수 있으며 누적평균시간곡선은 그 自體가 이미 直線으로 나타나 있으므로 도표에 의해서 간단히 얻어질 수 있다.

熟練工의 累積平均時間曲線도 거의 直線의 形態를 보여준다.

앞서도 말한바와 같이 季節이 7월로 접어들어 무더위가 계속되므로 生産效率이 떨어져 回歸曲線의 기울기는 약간 양(+의 값을 띄고 있다. 그러나 이러한 季節的 環境의 要因이 사라지고 또 좀더 長期間의 資料를 놓고 본다면 숙련공들의 累積平均時間曲線도 틀림없이 줄어드는 趨勢를 보이게 될 것으로 생각된다.

컴퓨터에 의해 回歸分析의 方法으로 計算된 新入工員單位時間曲線의 式은 다음과 같다.<sup>(14)</sup>

$$\log y = -0.385 \log x + 2.54$$

Ⅲ章의 式(1)의 形態로 고치면

$$y_i = a \cdot i^{-b} = y_1 \cdot i^{-b} = 10^{2.54} \cdot x^{-0.385}$$

$b=0.385$ 인데  $b = \log x / \log 2$ 이므로  $\log r = -0.11589$ 가 되어  $r=0.7658$ 이다.

即 H企業 마지막 工程의 學習率은 76.58%이란 結論이 나온다. 또 첫단위의 生産에 所 要되는 時間은  $y_1 = 10^{2.54} = 347 \text{sec}$ 가 된다.

한편 新入工員의 누적평균시간곡선의 式은

$$\log y = -0.37 \log x + 2.68$$

그런데 그림에서 누적평균시간곡선은 生産單位가 200일때부터 그 後로는 거의 直線의 形態를 가지게 되지만 그 以前의 初期段階에선 그렇지 못하므로 〈그림 6〉에서 점선으로 表示된 部分처럼 作圖되는 것이 正當하다고 생각된다. 이것은 〈그림 1〉과 〈그림 2〉의 두가지 경우 中에서 單位時間曲線은 全體가 直線으로, 累積平均曲線은 始作部分에서 약간 曲線의 形態를 갖게 되는 〈그림 1〉의 경우에 해당한다.

두개의 曲線이 거의 平行을 이루고 있는 點에서도 曲線의 理論과 一致하고 있다.

### 3. 訓練計劃의 樹立

구해진 學習曲線을 整理하면  $y_1 = 347 \text{sec}$ 이고 學習率은 2배의 生産量에 대해 76.58%이다. 이런 상태로 新入工員들의 作業能力은 주어진 3개월의 訓練期間동안 계속 向上해 온 것이다.

(14) 〈表 1〉에서 7월 5일의 生産量은 全體資料를 歪曲시킨 우려가 있으므로 回歸分析에서 除外했다.

다시 <그림 6>으로 돌아가서 살펴보면 숙련공의 누적평균시간곡선과 新入工員들의 두가지 곡線사이에는 상당한 差異가 이미 訓練이 끝난 상태에서도 存在하고 있음을 알 수 있다. 숙련공의 경우는 短期間에 많은 向上을 期待할 수 없으므로 累積平均時間曲線과 單位時間曲線사이에는 별로 차이가 없다. 그래서 資料의 變異가 적은 累積平均時間曲線을 택한 것이다. 여기서 訓練計劃을 세우는데 있어서 熟練工의 곡線과의 比較에 新入工員의 두 곡線중 어느 곡선을 選擇할 것이냐 하는 문제가 惹起된다. 그러나 訓練의 過程보다는 訓練이 끝난 상태의 作業能力이 重要視되어야 할 것이므로 두 곡線中에서는 單位時間曲線이 訓練計劃樹立에 선택되어야 할 것이다. 또 新入工員이 訓練을 마치고 숙련공으로 편성되는 時期는 그들의 作業能力이 숙련공들과 대등해졌다고 判斷될 때이어야 한다.

新入工員의 單位時間曲線과 숙련공의 곡線의 延長이 만나는 곳은 누적 생산량이 약 21,000 개에 到達했을 때도 推定된다.

新入工員은 3개월의 訓練期間이 끝났을 때 17,400個의 總生産量(1人當)을 記錄했으므로 그 差異는 3,600個에 達한다.

따라서 그들의 하루 生産能力을 약 300個로 概算하면 이들은 最少限 10餘日의 訓練期間을 더 가질 必要가 있는 것이다. 訓練期間을 延長하는데 있어서 그 延長으로 인한 經營上의 損失보다는 管理上의 利益이 더 커야함은 勿論이다.

## V. 結 論

本稿에서는 學習理論을 應用하여 未熟練工들이 熟練工이 되기까지의 特別한 管理를 받아야 할 訓練期間을 合理的으로 設定해 보려고 試圖하였다. 그러나 訓練期間을 設定했다는 事實보다는 可能한 方法을 動員하여 作業者の 學習率을 測定하고 製品 첫 단위에 所要되는 勞動時間을 計算할 수 있었다는데 意義를 發見하고 싶다. 일단 學習曲線이 決定되기만 하면 간단한 操作만을 통해서도 여러가지 用途에의 利用이 可能하게 되기 때문이다. 이 곡線과 理論의 用途는 매우 廣範하고 多樣하다. 一般的으로는 飛行機나 선박, 住宅工事 등을 비롯해서 生産單位當 勞動力이 많이 所要되는 生産品에 效果的으로 適用되는 것으로 알려져 있고 電氣製品 등 組立部品の 數가 比較的 많은 產品에도 應用이 되고 있으나 本稿의 事例에서와 같이 單位當 所要勞動時間이 극히 짧은 製品의 生産에도 얼마든지 活用될 수 있다.

學習曲線의 適用은 組織에 學習現象이 存在한다는 前提下에 成立될 수 있다. 그러나 學

習現象은 經營者와 組織을 爲해서 자연적으로 그냥 發生해 주는 것은 아니다. 效率的인 學習의 結果를 획득하기 위해서는 繼續的인 探究와 根源的인 追求가 必要하다.

中斷없는 競爭은 企業에게 새롭고 더 훌륭한 方法을 찾기 위한 繼續的인 刺戟을 提供해 오고 있다. 學習이란, 어떤 일이라도 努力에 의해서 恒常 더욱 效果적으로 遂行될 수 있다는 平凡한 經驗과 항상 一貫性이 있게 展開된다.

學習現象은 組織된 行動의 自然的인 特性이 될 수 있다. 學習現象이 어디서든 發見되어야 하겠다는 確信을 助長하고 모든 作業들을 다 吟味해 보아서 그 學習에 대한 潜在力을 假定해 보고 또 그것을 實現시킬 수 있는 方法을 考察해 보도록 해야한다. 그래서 學習의 潜在力을 計劃과 豫測에 反映시키는 것이 賢명한 일이다.

學習曲線의 實用에 있어서 가장 重要한 要素는 洞察力(vision)과 리더십(leadership)이다. (15) 그것은 能率的인 學習이 언제나 可能하다는 確信을 가지게 되는 것을 뜻한다.

그것은 向上할 수 있는 環境을 創造하고 學習을 促進시키는 作業을 繼續 維持하는 것을 말한다.

또 그것은 이미 設定된 모든 것들도 약간의 더 效果的인 것을 爲해서는 선뜻 바꿀 수 있는 融通性 혹은 適應性을 말한다.

이 모든 것이 갖춰졌을때 비로소 繼續的인 向上(學習)이 可能해 지는 것이다.

### 參 考 文 獻

- A. Andress, E.J., "The Learning Curve As a Production Tool," Harvard Business Review, January-February, 1954, pp. 87-97.
- B. Carlson, J.G., "How Management Can Use The Improvement Phenomenon," in Buffa, E.S. (ed.), Readings in Production and Operations Management, New York John Wiley & Sons Inc., 1966, pp. 566-580.
- C. Conway, R.W. & Schultz, A.Jr., "The Manufacturing Progress Function," in Groff, G.K. & Muth, J.F. (ed.), Operations Management; selected readings, Homewood, Illinois, R.D. Irwin Inc., 1969, pp. 355-380.
- D. Hirshmann, W.B., "Profit From the Learning Curve," Harvard Business Review, January-February, 1964, pp. 125-139.
- F. Johnson, Richard A. & Newell, William T. & Vergin, Roger C., Operations Management, Boston, Houghton Mifflin Co., 1972.

(15) Winfred B Hirschmann, op. cit., p. 139.