

항공기 부품 산업의 학습 곡선에 대한 실증적 연구

-D중공업 항공기 사업 본부 사례를 중심으로-

김 선 근*

〈 목 차 〉

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| I. 서론 | III. D중공업의 항공기 부품
제조에 대한 분석 |
| II. 학습곡선의 사적 및 이론적
고찰 결론 | IV. 요약 및 결론 |

I. 서론

학습곡선은 기업이 제품을 생산함에 있어 경험을 축적함에 따라 실질 비용은 미리 예측할 수 있는 비율로 감소한다는 것을 시사해 준다. 즉 기업이 작업을 반복 수행함에 따라 작업이 더욱 향상된다는 전제를 기초로 한 것이다. 대규모 기업은 소규모의 경쟁업체에 비하여 더 빨리 경험을 축적하기 때문에 지속적 비용우위의 잇점을 갖는다는 것을 시사해 준다.

학습곡선은 전략경영에서 매우 중요한 개념이다. 전략개발에 사용한 몇개의 실증적으로 검증한 것 가운데 하나는 모든 경쟁자에게 이용할 수 없으나 몇몇 기업에 이용하여 지속적으로 경쟁적 우위의 기초를 제공할 수 있게 하였다. 학습곡선을 이용할 때 기업의 원가구조와 경쟁력은 상당한 영향을 받게 된다. 산업의 원가구조나 혹은 기업의 산업내의 상대적 원가의 위치를 분석하는 경우 학습곡선의 가정, 논리 및 모형과 그것이 어떠한 조건하에 응용되는가를 이해하는 것이 중요하다.

* 세종대학교 경영대학 경영학과 교수

서구 선진국에서 경험한 학습곡선과 항공산업에 있어서의 학습곡선 현상에 대한 이해를 통하여 초기단계에 있는 한국의 항공산업에 적절히 활용함으로써 관련기업의 생산성 향상에도 도움을 줄 것이다.

본고에서는 제Ⅱ장에서 학습곡선의 사적 및 이론적 고찰을 하고 제Ⅲ장에서는 D사의 항공기 날개 부품제조의 사례를 분석한 후 제Ⅳ장에서 요약 및 결론을 맺었다.

Ⅱ. 학습곡선의 사적 및 이론적 고찰

가. 학습곡선의 사적개관

1930년대 항공기의 단위 당 제작비용은 누적된 생산량과 관계가 있다는 사실이 관찰되었다.¹⁾ 실제로 조사한 결과 항공기 동체의 생산량이 2배로 누적됨에 따라 20%의 노무비가 절감된다는 것이 밝혀졌다. 이렇게 제조과정과 관련된 노무비의 초점을 둔 생산비용의 절감현상을 학습곡선(Learning Curve)이라고 한다. 이후 여건을 달리한 여러 연구에서도 이러한 현상이 확인되었고 내용의 타당성도 높은 것으로 밝혀졌다. 결국 직무를 여러 번 수행하다 보면 그 일을 보다 능숙하게 할 수 있을 뿐만 아니라 보다 효율적으로 수행하게 되는 방법을 발견하게 된다는 것이다.

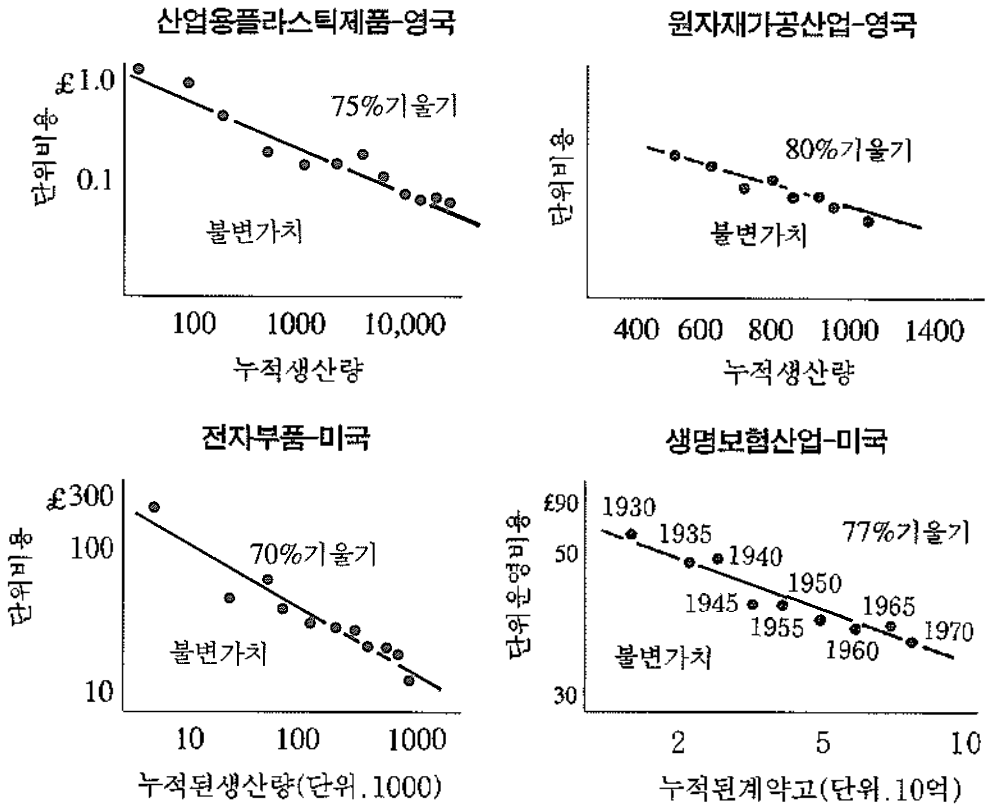
1960년대 중반에 시작된 원가에 관한 BCG(Boston Consulting Group)의 연구와 그의 수많은 연구에서 부가가치 창조에 소요되는 전체비용은 경험이 누적됨에 따라 감소한다는 결론에 도달하게 되었다.²⁾

학습곡선을 실질적으로 매우 구체적이며 예측가능한 함수(Function)이다. 누적 생산량이 배가 될 때마다 부가가치비용은 일정한 비율로 감소하는데 그 비율은 상황에 따라 다르다. 예컨대 80% 학습곡선은 전체 누적생산량이 배가 됨에 따라 비용은 20% 감소하여 이전의 80%에 이르게 됨을 뜻한다. 기업과 제품이 상이하면 학습곡선의 모양도 상이하게 된다. 학습곡선의 변화비율은 경영관리의 질과 생산공정 및 제품의 잠재성에 의존한다. 생산공정, 제품 및 작업자에 어떠

1) T.P.Wright, "Factors Affecting the Cost of Airplane", *Journal of the Aeronautical Sciences*, 1936, pp.16-24.

2) Bruce, D.Handerson, "The Experience Curve Revisited", *The Boston Consulting Group Perspectives*, No.229, 1980.

<그림 1> BCG사 연구에서 본 학습곡선의 몇 가지 예



자료 : Barry Hedley, "A Fundamental Approach to Strategy Development," Long Range Planning, December 1976, p.4

한 변화가 일어나면 학습곡선에 영향을 미친다. 학습곡선은 지속적이라는 가정 하에서 신중하게 사용되어야 한다.

<그림 1>는 BCG가 실시한 몇 가지 사례연구를 보여주고 있다. 산업용 플라스틱 제품의 학습곡선 기울기는 75%이다. 따라서 누적생산량이 배가됨에 따라 단위비용이 25% 감소하게 될 것이다. BCG사나 다른 연구자들이 행한 연구에 따르면 감소율은 대체적으로 20~30% 정도이며 학습곡선의 효과는 여러 산업에서 유효하다고 한다.³⁾ 다만 학습곡선을 그리는 데 있어 유의해야 할 것은

3) Barry Hedley, "A Fundamental Approach to Strategy Development", Long-Range Planning, Dec. 1976, p.3.

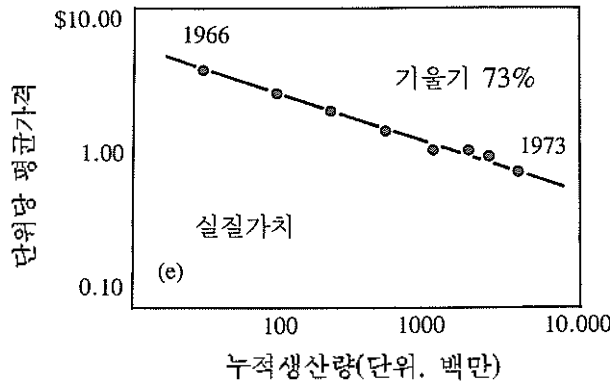
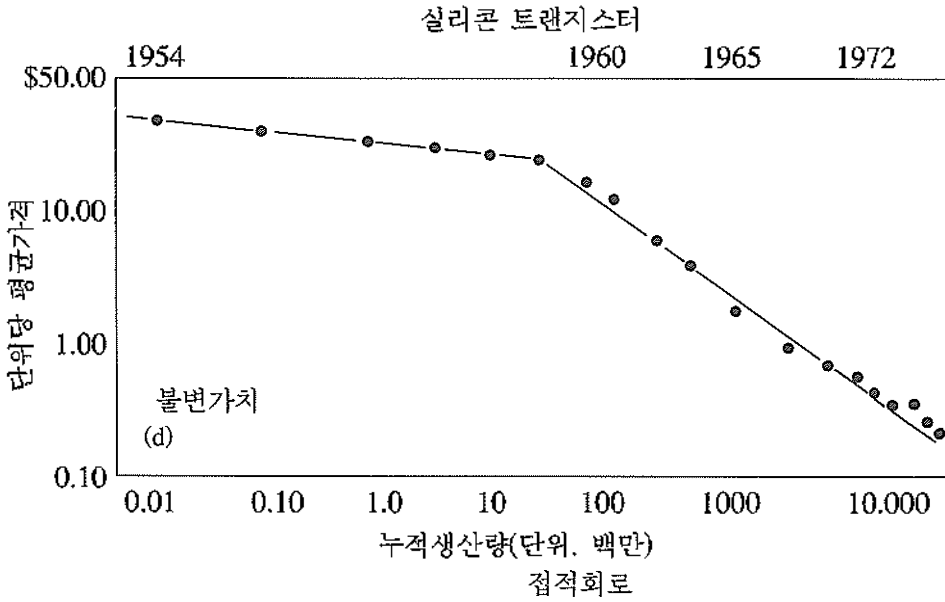
〈표 1〉 미국 산업의 학습곡선 효과

Example	Improving Parameter	Cumulative Parameter	Learning Curve Slope, Percent	Time Frame
1. Moedl-T Ford production	Price	Units produced	86	1910-1926
2. Aircraft assembly	Direct man-hours per unit	Units produced	80	1925-1957
3. Catalytic cracking units for petroleum	Days required per 100 million barrels	Million barrels run	90	1946-1958
4. Cost of fluid cracking units	Cost per barrel of capacity	Installed design capacity of plants	94	1942-1958
5. Equipment	Average time to replace a group of parts during a shutdown	Number of replacements	80*	
			76	Around 1957
6. Man-hours per barrel in the petroleum industry	Average direct man-hours per barrel refined	Millions of barrels refined in the U.S.	84	1860-1962
7. Electric power generation	Mils per kW-hour	Millions of kW-hours	95*	1910-1955
8. Steel production	Production worker man-hours per unit produced	Units produced	79	1920-1955
9. Integrated circuit prices	Average price per unit	Units produced	72*	1964-1972
10. MOS/LSI prices	Average price per unit	Units produced	80	1970-1976
11. Electronic digital watch prices	Average factory selling price	Units produced	74	1975-1978
12. Hand-held calculator prices	Average factory selling price	Units produced	74	1975-1978
13. MOS dynamic RAM prices	Average factory selling price per bit	Number of bits	68	1973-1978
14. Disk memory dives	Average price per bit	Number of bits	76	1975-1978
15. Price of minimum active electronic function in semiconductor products	Price of minimum semiconductor function	Number of functions produced by semiconductor industry	60	Early products in 1960s through 1977

*Constant dollars

자료 : James A. Cunningham, "Using the Learning Curve as a Management Tool." IEEE spectrum, June 1980, p.46. (c)1980

<그림 2> 반도체에 대한 학습곡선



자료 : Barry Hedley, "A Fundamental Approach to Strategy Development" Long Range Planning December 1976, p.6.

자료를 불변가치로 바꾸어 인플레이션의 효과를 제거해야 한다는 것이다.

그리고 커닝햄에 의하면 <표 1>에 나타난대로 업간의 차이가 60%에서 94%(학습곡선기율기, %)로 되어 있음을 알 수 있다.⁴⁾ 안정되고 표준적이며 노동집약적인 제품과 생산공정은 그렇지 않은 것에 비하여 더 급격한 비용하락을 나타내고 있

4) James, A.Cunningham, "Using the Learning Curve as a Management Tool" *IEEE Spectrum*, June, 1980, p.46.

다. 1920년과 1955년 사이에 미국의 철강산업은 누적생산이 두배로 될 때마다 단위 당 노동시간을 79%로 감소시킬 수 있었으며, 1960년과 1962년 사이에 원유산업의 배럴 당 노동시간은 총생산량이 두배로 될 때마다 84%로 감소하였다.

가격분석을 통하여서도 학습곡선의 존재를 확인할 수 있는 경우가 있다. 학습곡선과 비슷한 현태를 가격-생산량의 관계에서도 발견할 수 있다. 예를 들어 <그림 2>에서와 같이 집적회로(Integrated Circuits)에서 볼 수 있다. 그러나 실리콘 트랜지스터(Silicon Transistors)에서의 학습곡선은 그렇지 않다. 실리콘 트랜지스터와 같은 모양은 일본에서는 좀처럼 보기 드물지만 미국에서는 흔한 것이다.⁵⁾ 제품수명주기의 초기 단계에서는 수요가 공급을 초과하여 비용이 감소하더라도 가격을 낮추려는 압력이 적기 때문이다. 그러나 이윤동기로 말미암아 새로운 경쟁업자를 유인하게 되며, 혹은 기존의 경쟁업자들끼리 시장점유율을 유지하거나 높이기 위해서, 공격적인 가격인하를 단행하게 되어 가격이 낮아지게 된다. 결과적으로 실리콘 트랜지스터 자료에서 보는 것처럼 가격은 급속히 떨어진다. 폭락 단계 이후 경쟁이 안정됨에 따라 결국에는 기본적인 학습곡선과 같은 기울기를 갖게 된다.

나. 학습곡선의 이론적 고찰

1. 학습곡선의 수학적 분석

학습곡선은 다음과 같은 세 개의 가정에 기초를 두고 있다.⁶⁾

- ① 어떤 하나의 과업 혹은 제품 한 단위를 완성하는 데 소요되는 시간은 현재 수행하고 있는 과업의 시간보다 적게 든다.
- ② 시간단위는 체감적으로 감소한다.
- ③ 시간의 단축은 지수함수와 같은 특수하며 예측가능한 양상으로 나타난다.

이러한 가정들은 항공기동체 제조 산업에 학습곡선이 처음 적용되었을 때 검증된 것이다. 학습곡선은 이용할 수 있는 자료의 양과 형태에 따라서 수리적 도표나 로그리즘으로 전개될 수 있다.

5) Handerson, op. cit., p.1.

6) W.J.Fabrycky and P.E.Torgenson, Operation Economy: Industrial Applications of Operations Research, Prentice Hall, 1966, p.100.

전통적으로 학습곡선은 생산량의 배가에 기초를 두고 있다. 즉, 생산의 두 배가 될 때, 단위 당 시간 감소는 학습곡선의 비율이 된다. 그래서, 만일 학습곡선이 80%비율을 가진다면 두번째 단위는 첫번째 단위시간의 80%가 소요되고, 네번째 단위는 두번째 단위시간의 80%, 여덟번째 단위는 네번째 단위의 80%가 소요된다. 이것은 아래와 같다.

$$Y \times L^n = n\text{번째 단위에 필요한 시간}$$

여기서

Y=단위비용 또는 단위시간

L=학습곡선비율

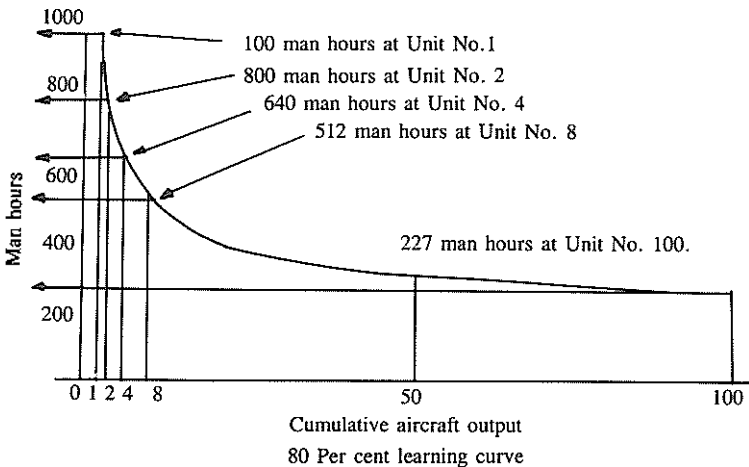
n=Y가 두배가 되는 횟수

따라서 만일 특정한 제품의 첫번째 단위의 생산에 직접노동시간이 10시간 소요되고 80%의 학습곡선이 제시되었다면, 네번째 단위의 시간은 1에서 2로, 또 4로 두배가 두번된 시간이 소요될 것이다. 이는 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$4\text{번째 단위에 소요된 시간} : 10 \times 0.8^3 = 6.4\text{시간}$$

이것은 생산량의 누계가 두배로 증가할 때마다 한 단위 당 소요되는 직접 노동시간은 20%씩 감소함을 뜻한다. 따라서 80% 학습곡선의 학습비율은 일정시

〈그림 3〉 80%학습곡선



점에서 단위생산에 소요되는 직접노동시간에 대비하여 생산량의 누계가 두배로 증가될 때 단위 생산에 소요되는 직접노동시간의 비율이 80%임을 의미한다. 일반적으로 항공기 동체제조업에는 80%학습곡선이 적용되었으며, 이를 그래프로 표시하면 <그림 3>과 같다.⁷⁾

그러나 학습곡선을 대수적으로 분석하면 계속 생산에 필요한 시간을 전부 나열하지 않아도 되기 때문에 보다 효율적으로 이용할 수 있다. 더욱이 이러한 자료를 얻을 수 없을 경우 로그리즘을 이용한 분석 방법은 산출량을 추정하는 데 매우 편리하다.

만약 학습요인과 첫번째 단위를 생산하는 데 소요되는 시간을 알 수 있다면 log를 사용해서 아래의 공식으로 다음 단위를 생산하는 데 노동시간이 얼마나 걸리는를 계산할 수 있다. 즉, 직접노동시간과 생산 단위의 관계를 수식으로 표시하면 아래와 같다.

$$Y_N = Y_1 N^X \dots\dots\dots (1)$$

여기서

Y_N = N번째 단위 생산에 소요되는 노동시간

Y_1 = 첫번째 단위 생산에 소요되는 노동시간

N = 단위수

$X = \log L / \log 2$

L = 학습요인

학습요인이 80%이고, 첫번째 단위를 완성하는 데 1,000시간이 소요되었다면 8번째를 완성하는 데 소요되는 시간은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} Y_N &= Y_1 N^X \\ Y_8 &= (1,000 \text{시간})(8)^{\log 0.8 / \log 2} \\ &= (1,000 \text{시간})(8)^{-0.3219} \\ &= \frac{1,000 \text{시간}}{8^{0.3219}} = \frac{1,000 \text{시간}}{1.95} \end{aligned}$$

7) K.Hartley, "The Learning Curve and Its Application to Aircraft Industry", *Journal of Industrial Economics*, March, 1965, p.122.

$$=512\text{시간}$$

그리고 9번째와 10번째를 완성하는 데의 소요시간은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Y_9 &= (1,000\text{시간})(9)^{\log 0.8 / \log 2} \\ &= (1,000\text{시간})(9)^{-0.3219} \\ &= \frac{1,000\text{시간}}{9^{0.3219}} = \frac{1,000\text{시간}}{2.03} \\ &= 493\text{시간} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{10} &= (1,000\text{시간})(10)^{\log 0.8 / \log 2} \\ &= (1,000\text{시간})(10)^{-0.3219} \\ &= \frac{1,000\text{시간}}{9^{0.3219}} = \frac{1,000\text{시간}}{2.03} \\ &= 477.8\text{시간} \end{aligned}$$

결과적으로 첫째, 각각의 추가적인 단위를 완성하는 데는 더 적은 시간이 소요됨을 알 수 있다. 둘째로, 생산단위를 추가함에 따라 소요되는 시간은 체감적으로 감소된다는 것을 지적할 수 있다. 이러한 두 가지 점이 학습곡선의 주된 의미이다.

이를 log-log 그래프로 표시한 것이 <그림 4>와 같이 직선으로 나타난다.

log의 사용이 번거로울 때 학습곡선기법을 유용하게 실용화할 수 있는 간단한 방법이 있다. 이 방법은 <표 2>와 다음의 공식을 이용하면 되며, 소요비용도 간단히 계산할 수 있다.

$$Y_N = Y_B C \dots\dots\dots (2)$$

여기서

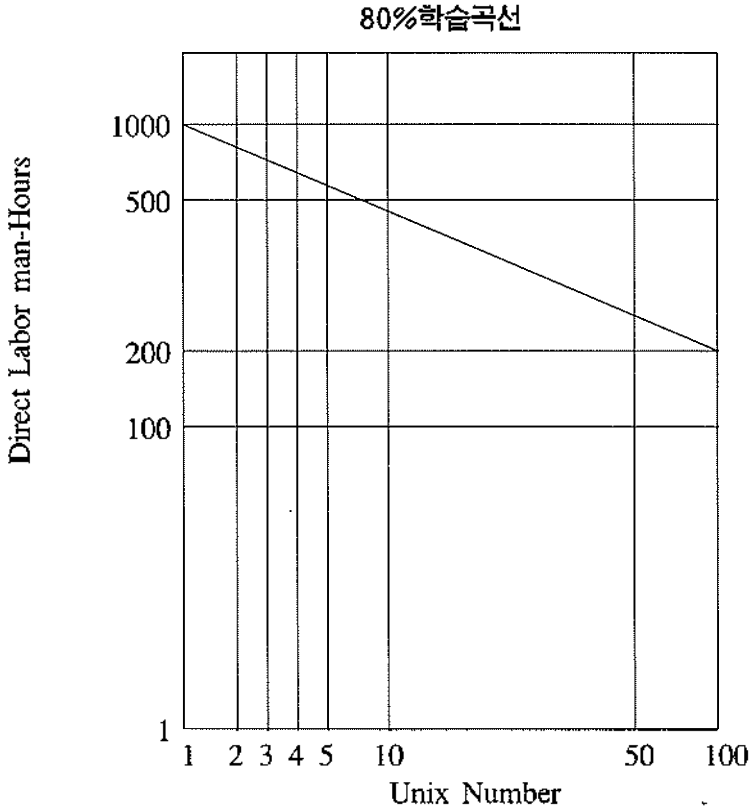
Y_N = N번째 단위 생산에 소요되는 노동시간

Y_B = 기초단위(B) 생산에 소요되는 노동시간

C = 학습곡선 계수

학습곡선계수인 C는 N번째 단위를 기초단위로 나눈 비용의 함수이다. 이 기

〈그림 4〉



법을 사용하기 위해서는 학습요인인 L을 알아야 한다. 다음의 예가 학습곡선효과를 계산하기 위하여 상기의 공식과 <표 2>를 사용한 것이다.

첫번째 단위를 생산하는 데 125,000시간이 걸린다. 두번째와 세번째 단위를 생산하는 학습요인은 86%이다. 시간 당 노무비가 \$40일때 4번째 단위에 지불해야 할 금액을 계산하려면 먼저, 기초비율로 희망하는 단위의 비율을 계산한다.

$$\% \text{ base} = \frac{\text{Unit4}}{\text{Unit1}} = 400\%$$

다음으로, <표 2>에서 400%기초비율과 학습요인 86%를 찾는다. 학습곡선계수인 C는 0.7396이다. 4번째 단위를 생산하는 때는,

$$Y_N = Y_B C$$

$$\begin{aligned}
 Y_4 &= (125,000 \text{시간})(0.7396) \\
 &= 92,450 \text{시간} \\
 &\$40 \text{를 곱하여 비용을 구하면,} \\
 92,450 \times \$40 (\text{시간당}) &= \$3,698,000
 \end{aligned}$$

이 된다.

학습현상은 백분율로 표현된 학습비율로 나타나기 때문에 이를 유도하면 다음과 같다.

먼저 일정 시점에서 단위생산에 소요되는 노동시간과 생산량의 누계가 두 배로 되었을 때의 단위생산에 소요되는 비율을 L_p 라고 하면, 공식(1)로부터

$$L_p = \frac{Y_{2N}}{Y_N} = \frac{Y_1(2N)}{Y_1(N)} = 2^X$$

양변에 \log 를 취하면

$$\log L_p = X \log 2$$

따라서

$$X = \frac{\log L_p}{\log 2} \dots\dots\dots(3)$$

다음 백분율로 나타낸 학습비율을 L 이라 하면

$$L = 100L_p$$

이다.

이를 식(3)에 대입하면

$$X = \frac{\log(L/100)}{\log 2} = \frac{\log L - 2}{\log 2}$$

X 는 음수이므로 이를 양수로 하기 위하여 양변에 $-$ 를 곱하면

$$-X = \frac{2 - \log L}{\log 2} \dots\dots\dots(4)$$

이 된다.

특정단위들의 생산에 소요된 노동시간을 알면, 위의 공식(4)를 이용하여 학습비율을 간단히 계산할 수 있다.

〈表 2〉 학습곡선 계수

%Base	70%	74%	78%	80%	82%	84%	86%	88%	90%	94%	98%
2	7.486	5.469	4.065	3.523	3.065	2.675	2.343	2.058	1.812	1.418	1.121
5	4.672	3.674	2.927	2.623	2.358	2.125	1.919	1.738	1.577	1.307	1.091
10	3.270	2.718	2.283	2.098	1.933	1.785	1.651	1.529	1.419	1.228	1.069
20	2.290	2.012	1.781	1.674	1.585	1.499	1.420	1.346	1.277	1.155	1.048
30	1.858	1.687	1.540	1.473	1.412	1.354	1.300	1.249	1.201	1.113	1.036
40	1.602	1.489	1.389	1.343	1.300	1.359	1.221	1.184	1.149	1.085	1.027
50	1.429	1.351	1.282	1.250	1.220	1.190	1.163	1.136	1.111	1.064	1.020
60	1.300	1.248	1.201	1.178	1.158	1.137	1.118	1.099	1.081	1.047	1.015
70	1.201	1.167	1.137	1.121	1.108	1.094	1.081	1.088	1.056	1.032	1.010
80	1.122	1.101	1.083	1.074	1.066	1.058	1.050	1.042	1.034	1.020	1.007
90	1.056	1.047	1.039	1.034	1.031	1.027	1.023	1.020	1.016	1.010	0.003
100	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
110	0.9521	0.9593	0.9665	0.9696	0.9731	0.9764	0.9796	0.9827	0.9855	0.9916	0.9973
120	0.9105	0.9239	0.9369	0.9428	0.9492	0.9551	0.9610	0.9670	0.9726	0.9839	0.9947
125	0.8915	0.9076	0.9231	0.9307	0.9381	0.9454	0.9526	0.9552	0.9667	0.9803	0.9935
130	0.8737	0.8921	0.9104	0.9200	0.9279	0.9359	0.9447	0.9528	0.9609	0.9769	0.9923
140	0.8410	0.8640	0.8864	0.8974	0.9084	0.9188	0.9294	0.9399	0.9501	0.9704	0.9903
150	0.8117	0.8381	0.8645	0.8776	0.8905	0.9029	0.9156	0.9280	0.9402	0.9645	0.9882
160	0.7852	0.8152	0.8452	0.8595	0.8744	0.8885	0.9028	0.9170	0.9309	0.9590	0.9864
170	0.7611	0.7938	0.8270	0.8428	0.8591	0.8752	0.8910	0.9067	0.9225	0.9538	0.9847
175	0.7498	0.7842	0.8183	0.8352	0.8520	0.8687	0.8854	0.9020	0.9185	0.9513	0.9838
180	0.7390	0.7746	0.8103	0.8274	0.8452	0.8624	0.8798	0.8974	0.9144	0.9489	0.9830
190	0.7187	0.7568	0.7947	0.8133	0.8322	0.8510	0.8698	0.8885	0.9070	0.9443	0.9815
200	0.7000	0.7400	0.7800	0.8000	0.8200	0.8400	0.8600	0.8800	0.9000	0.9400	0.9800
220	0.6665	0.7098	0.7540	0.7759	0.7981	0.8201	0.8423	0.8646	0.8870	0.9321	0.9772
240	0.6373	0.6835	0.7306	0.7543	0.7783	0.8022	0.8265	0.8508	0.8754	0.9249	0.9748
260	0.6116	0.6602	0.7103	0.7349	0.7607	0.7863	0.8123	0.8384	0.8649	0.9182	0.9726
280	0.5887	0.6392	0.6915	0.7177	0.7447	0.7717	0.7992	0.8270	0.8550	0.9122	0.9704
300	0.5682	0.6203	0.6743	0.7019	0.7301	0.7586	0.7875	0.8161	0.8492	0.9066	0.9684
400	0.4900	0.5476	0.6084	0.6400	0.6724	0.7056	0.7396	0.7744	0.8100	0.8836	0.9604
500	0.4368	0.4970	0.5616	0.5956	0.6308	0.6671	0.7045	0.7432	0.7830	0.8662	0.9542
600	0.3977	0.4592	0.5261	0.5617	0.5987	0.6372	0.6771	0.7187	0.7616	0.8522	0.9491
700	0.3674	0.4294	0.4978	0.5345	0.5729	0.6129	0.6548	0.6985	0.7440	0.8406	0.9449
800	0.3430	0.4052	0.4746	0.5120	0.5514	0.5927	0.6361	0.6315	0.7290	0.8306	0.9412
900	0.3228	0.3850	0.4549	0.4929	0.5331	0.5754	0.6200	0.6668	0.7161	0.8219	0.9380
1000	0.3058	0.3678	0.4381	0.4765	0.5172	0.5604	0.6059	0.6540	0.7047	0.8142	0.9351

자료 : R.W.Conway and Andrew Schultz, Jr., "The Manufacturing Progress Function," *Journal of Industrial Engineering*, Vol 10, No 1 January-February 1959, pp.39-54. (C) Institute of Industrial Engineers, 25 Technology Park/Atlanta, Norcross, Georgia, 30092 and Thomas E. Vollman, *Operantions, Management*, Reading Mass: Addison-Wesley Publishing Co., 1973, pp. 381-384. Reproduced by permission of the AIIE and Addison-Wesley.

2. 학습곡선의 발생요인

학습곡선을 적용하기 위해서는 이를 발생케하는 기본적인 원인을 이해하는 것이 필요하다.

주요 원인으로서 학습, 기술진보, 제품재설계, 규모의 경제 등이 있다.⁸⁾

가) 학습

학습곡선에서는 작업자가 작업을 단지 반복함으로써 보다 효율적으로 일을 처리하게 된다는 것이 주요한 논리적 근거가 된다. 물론 이러한 학습효과가 생산 근로자에게 적용된다. 그리고 이러한 원칙은 사무직, 판매직과 같은 다른 근로자에게도 적용된다. 어떤 직무이든지 이의 수행을 위한 방법과 절차를 향상시킬 수 있는 잠재력은 존재한다. 그러한 노력은 공식적인 프로그램에 의하여 지원될 때 매우 효과적이다. 이러한 원가절감 노력은 1900년대 초 테일러(F. Taylor)에 의해서 처음으로 시작되었다. 소위 말하는 "과학적 관리법"이라고 하는 것이 바로 그것이다. 초기에는 시간연구나 동작연구와 같은 영역에서만 적용되었다. 최근에 와서는 기업의 모든 영역에 적용되어져 작업단순화나 품질관리서클이라는 이름으로 널리 사용되고 있다.

나) 생산기술의 진보

생산과정을 현대화하고 생산능력을 증대시키기 위해서 새로운 기계설비를 도입하는 것은 자본집약적인 산업에 매우 중요한 영향을 끼칠 수 있다. 반도체 산업에서는 기술기가 가파른 학습곡선의 효과를 볼 수 있는데, 생산과정에 있어서의 기술향상으로 인해 계속적인 비용의 절감이 이루어져 왔기 때문이다. 자동차 산업과 같은 몇몇 산업에서는 로봇을 사용하여 상당한 원가절감을 달성하고 있다.

다) 제품재설계

제품의 재설계를 통해서도 학습곡선의 효과를 발생하게 하여 비용을 절감시킬 수 있다. 예를 들어 제품이 단순화되면 부품의 구입과 조립을 줄일 수 있다. 금

8) D.A.Aaker, Strategic Market Management, 2nd Ed., John Wiley & Sons, 1988, pp. 162-163.

속(Fabricated Metal)에서 플라스틱(Modeled Plastic)으로 바뀔 때 따라 원가구조가 급격히 바뀔 수 있다. 제품재설계가 비용절감에 미치는 영향에 대한 가장 뚜렷한 예는 계속적으로 소형화시킴으로 인해 부품의 크기와 수가 줄어들게 된 컴퓨터 산업을 들 수 있다.

라) 규모의 경제

규모의 경제는 규모와 관련된 자연적인 효율성(Natural Efficiency)을 반영하는 것이다. 규모가 작은 공장보다는 큰 공장이, 판매원의 수가 적은 것보다는 많은 것이, 일반적으로 소기업보다는 대기업이 효율적이라는 것이다. 왜냐하면 관리비, 기계설비비, 연구개발비, 스태프를 고용하는 비용 등과 같은 고정비용이 보다 많은 생산단위에 분산되기 때문이다. 더구나 대규모 운영은 전문화된 자산과 활동을 할 수 있도록 해준다. 예를 들어 대기업은 시장조사기관, 법률전문가, 기업의 필요에 딱맞는 생산 및 엔지니어링 시설을 자체적으로 가질 수 있다. 소기업은 이들을 외부에서 고용하거나 그러한 서비스를 받지 못하고 일을 한다.

마) 학습곡선의 분할

실제로 학습곡선의 각 요소가 관찰된 원가감소에 상대적으로 어느 정도 공헌했는지를 판단하는 것은 매우 어렵지만 학습곡선 개념에서 가정하고 있는 여러 가지의 내용을 이해하게 되면 전략수립에 도움이 될 수도 있다. 예를 들어 제품 개선이 규모의 경제보다 중요하다면 전략을 수립할 때 이를 확실히 반영하는 것이 필요할 것이다.

3. 학습곡선의 실현노력

학습곡선의 효과는 저절로 실현되는 것이 아니다. 이것이 실현되도록 하는 데는 적절한 경영계획이 수립되어야 하고 효과적으로 실시되어야 한다. 특히 학습곡선은 다음의 사항과 관계가 있다.

- 작업자의 작업능률향상 목표
- 품질관리 분임조의 같은 프로그램
- 비용절감을 위한 연구개발과 재설계노력
- 시장점유율을 높이기 위해 계획된 마케팅 프로그램
- 시설 현대화를 위한 투자

실제로 텍사스 인스트루먼트사에서 목표를 설정하는 데 학습곡선을 이용하고 있다. 이 회사에서는 원가가 학습곡선의 하강 곡면을 타도록 하기 위해서 주요 원가절감 단계를 계획하고 실시하도록 관리자에게 요구한다.⁹⁾

학습곡선이 가치부여(commitment), 자원, 재능 등이 없어도 실현되리라는 생각은 잘못된 것이다. 학습곡선의 효과가 실현되는 데는 협동적 노력이 필요하다. 더구나 학습곡선의 효과를 달성할 수 있는 경쟁업자의 능력을 분석하기 위해서는 이를 발생시키는 데 필요한 노력이 명백히 고려되어야만 한다.

다. 전략적 의미

학습곡선이라는 개념에서 다음과 같은 여러 가지 전략적인 의미를 찾을 수 있다.

첫째, 가장 기본적인 것은, 지속적인 원가우위를 점하기 위해서는 경쟁업자보다 많은 경험을 쌓음으로써 성취될 수 있다는 것이다. 이렇게 하여 얻어진 이익을 마케팅, 생산, 제품향상, 재무구조 개선 등에 투자할 수 있고, 시장점유율을 높이고 경쟁업자에게 타격을 주는 가격인하로 대응할 수도 있다.

둘째, 학습곡선에 근거한 원가우위전략을 추구하기 위해서는 성장기에 특히 시장점유율을 높이는 것이 필수적이다. 성장기에 점유율을 높여야 하는 이유는 새로 시장에 진입하는 고객을 끌어들이는 것이 이미 특정 상표에 충실한 고객을 끌어들이는 것보다 쉽기 때문이다. 더구나 경쟁업자의 고객을 끌어오면, 경쟁업자는 위협을 받는다고 생각하기 때문에 가만히 있지 않고 반격을 가한다.

셋째, 추정된 학습곡선은 원가를 예측하는 데 이용될 수도 있다는 것이다. 이러한 예측은 원가절감 목표를 정하는 데 이용될 수도 있고, 가격을 설정하는 데 이용될 수도 있다. 현재의 원가보다는 학습곡선을 고려하여 설정한 가격을 “학습곡선가격설정”(Experience-curve Pricing)이라고 부른다.

끝으로 자사분석이나 경쟁업자분석에서 학습곡선의 적용이 가능한지를 검토해야 한다는 것이다. 만약 적당하다면 학습곡선모형에 근거하여 비용분석을 하는 것이 필요한데 이러한 경우 경쟁업자의 상대적인 생산량을 상세히 검토할 필요가 있다.

9) W.Kiechel III, "Playing by Rules of the Corporate Strategy Game", *Fortune*, Sept.24, 1979, p.114.

Ⅲ. D중공업의 항공기 부품제조에 대한 분석

가. 항공기 기체 제조공정의 일반적 특성

항공기 기체 제조공정은 대체적으로 기계공작(machining), 프레스싱(Pressing), 조립(assembly)의 세 단계로 구성된다. 한편 종사원의 60% 정도가 이 세 공정에 종사하여 직접 노동을 제공하고 있는데, 이를 공정별로 보면 기계공작과 프레스싱공정에 각각 15%, 조립공정에 30%의 비율로 투입되고 있으며, 나머지 40%정도는 일반 관리 및 연구개발 부문에 종사하고 있다. 따라서 항공기 기체 제조업에 있어서는 전체 종사원 중 60%에 해당하는 직접노동 종사원에 대해서 학습현상이 주로 적용된다.¹⁰⁾

그런데 공정에 따라서는 보다 높은 학습비율을 나타내는 공정과 비교적 낮은 학습비율을 나타내는 공정으로 분류될 수 있다. 일반적으로 기계공작과 프레스싱공정은 기계화 내지 자동화율이 높으나 조립공정은 그 정도가 낮아서 학습효과는 주로 조립공정에서 발생하게 된다. 직접 노동인원만을 대상으로 세 단계 공정에서의 직접노동 종사율을 보면 전체 직접노동인원의 45% 이상이 조립공정에 투입되어 작업을 하며, 기계공작과 프레스싱공정에 각각 25%를 약간 상회하는 인원이 종사하고 있다. 이와 같은 종사원의 구성비를 감안할 때 항공산업에 있어서의 학습효과는 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

나. D중공업의 사례분석

D중공업은 1980년대 중반에 미국 제네럴 다이내믹스(General Dynamics)항공사와 최신 전투기 F-XX의 동체 조립 생산에 대한 계약을 체결하고 45대분의 동체를 조립 생산하여 납품하였다. 그리고 보잉(Boing)항공사와는 여객기 B-700 시리즈 중에 하나의 기종에 대한 날개 부품 Inboard Front Spar¹¹⁾를 750개 제작하여 납품한 바 있다. 부분품 제작에 관련된 자료는 각 생산량에 대한 노동 시간에 한정되어 있어 이를 기초로 2개의 사례를 분석하고자 한다.

1. F-XX 전투기 동체 제작 조립

10) Hatley, op.cit., p.124.

11) 항공기 날개 부분의 앞부분을 형성하고 있는 골격임.

F-XX 전투기 동체 중앙 부분(Center Section)의 부분품을 제작, 장착하는 과정은 다음과 같은 3개의 공정으로 구성되어 있다.

첫째 공정 : 기계 공작 과정(Machining)

알루미늄 원자재를 절삭하여 부분품의 원형으로 가공하는 과정

둘째 공정 : 화학 및 열처리 공정(Chemical & Heat Treating)

크롬산으로 화학처리한 후 열처리하는 과정

셋째 공정 : 마무리 과정(Deburring & Finishing)

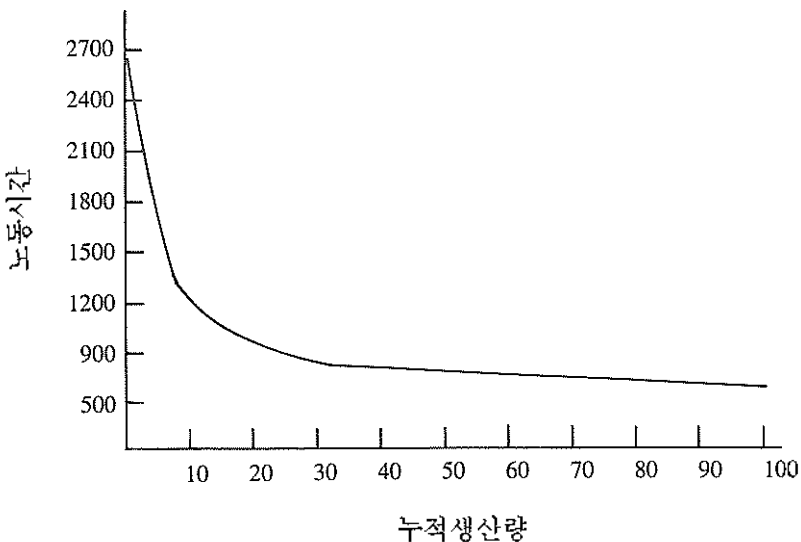
위 세 공정에 소요된 노동시간은 <부표 1>(Code No. : GACS)과 같다.

부표의 자료에서 TARGET는 제네럴 다이내믹스사가 100개의 동체제작 작업에 소요된 노동시간이며, REAL은 D중공업에서 45개를 장착하는 데 실제로 소요된 시간이다. D중공업에서는 제네럴 다이내믹스사에서 소요된 시간을 목표로 작업에 임하였다.

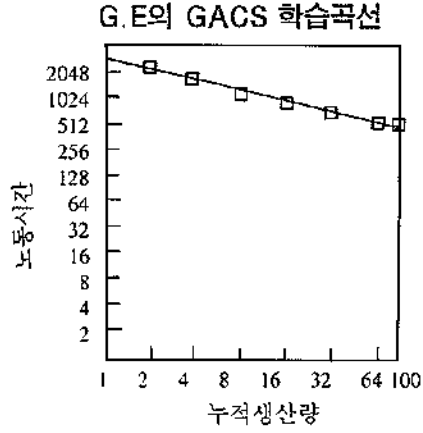
이들 자료에 의하여 제네럴 다이내믹스사의 학습곡선을 그래프로 나타낸 것이 <그림 5-a>이며, 이를 log-log 스케일로 나타낸 것이 <그림 5-b>이며, 학습비율은 80%이다.

D중공업의 학습곡선은 각각 <그림 6-a>와 <그림 6-b>와 같이 나타나고 있다.

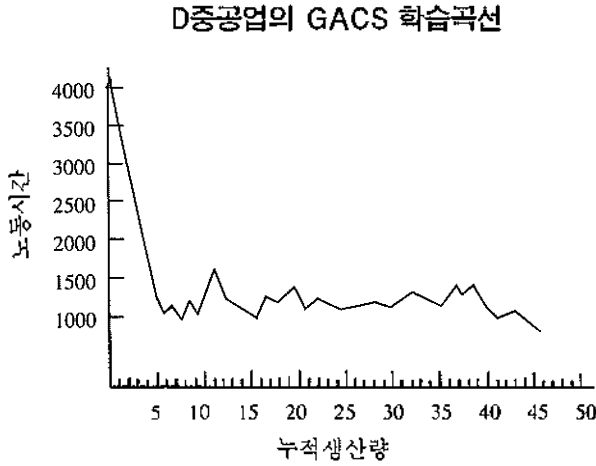
<그림 5-a> G.E의 GACS 학습곡선



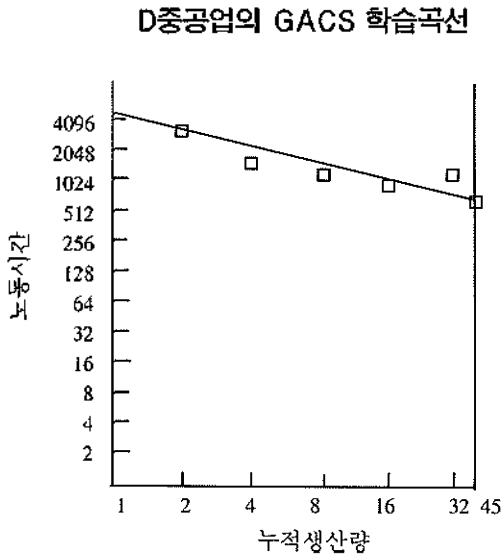
<그림 5-b>



<그림 6-a>



<그림 6-b>



<그림 6-a>를 보면, D중공업에 있어서 F-XX 전투기 동동체 조립공정의 경우, 노동시간이 8번째 생산단위까지 급격하게 감소하는 반면 그 이후의 생산단위에서는 전반적인 노동시간은 감소하거나 계속되는 제품단위에 따라 일정치 않게 변화하고 있어 정확한 학습비율을 산출할 수 없다. 그러나 전체적으로 감소 추세인 것만은 확실하다. 사실상 항공기 동체의 장착 공정은 어느 정도 대규모의 조립에 속하며 그 속성상 정밀성을 요하기 때문에 know-how나 과거의 경험 없이 초기 생산 단계에 있는 상태에서는 이와 같은 현상이 발생할 수 있는 것으로 추측된다.

학습곡선을 이용함에 있어서는 경영관리상 다음과 같은 요인에 주의를 기울여야 할 것이다.

가) 개인 학습과 요인

그로버슨(Globerson)의 연구에 의하면 통제된 여건하에서 작업을 수행하는 경우 유인이 적용될 때만 상당한 개선이 있었고, 그렇지 않은 경우 학습효과는 급격히 사라진다는 것이다.¹²⁾

나) 새로운 작업과 구작업에 대한 학습

작업이 새로울수록 노동시간과 비용에 대한 절감이 크게 이루어진다.

다) 무리없는 작업

산출물에 있어서 개선의 대부분은 보다 좋은 작업방법과 효과적인 자원 시스템이 있을 때 이루어지며, 단순히 작업에 대한 노력을 더하여 이루어지는 것은 아니다.

라) 목표설정을 통한 생산편차의 수정

먼저 달성하고자 하는 학습비율을 목표로 정하고 생산과정에서 편차가 발생할 때 생산통제를 한다.

12) S.Globerson, "The Influence of Job-Related Variables on the Predictability Power of Three Learning Curve Models", *AIIE Transactions* 12, No.1., 1980, pp.64-89.

마) 사전생산 대 사후생산 조정

사전생산계획, 실험 및 조정을 많이 하는 경우 생산 초기단계에 대한 개선이 빨리 이루어진다.

바) 간접노동 및 감독상의 변화

학습곡선은 직접노동산출을 표시한다. 그런데 간접노동과 감독상에 있어서 변화가 발생하면 직접노동의 생산성도 변화한다.

위 요인들에 대한 상당한 조정이 이루어지면 생산성에 영향을 미치고자 학습곡선을 변화시킨다. 사전예방정비, 품질관리 분임조, 기타 효율 혹은 제품 품질을 향상시키기 위한 계획 등이 학습현상에 영향을 주게 된다.

따라서 D중공업의 경우는 위와 같은 요인들에 대한 고려를 어느 정도 하였는지가 관건이 될 것이다.

2. Boing 700시리즈의 Inboard Front Spar 제작

Inboard Front Spar의 제작 과정은 크게 다음과 같은 세 가지 공정으로 구성되어 있다.

첫째 공정 : 기계 공작(5axis/3axis Skin Mill & Bead Peening)

알루미늄 원자재로 축 두개를 제작하여 표면에 대한 밀딩(Milling) 작업 및 유리 구슬의 삽입과정

둘째 공정 : 화학 처리 및 도장(Chromic Acid & Priming Painting)

크롬산 처리, 초벌 도장 및 마무리 도장 작업을 하는 공정

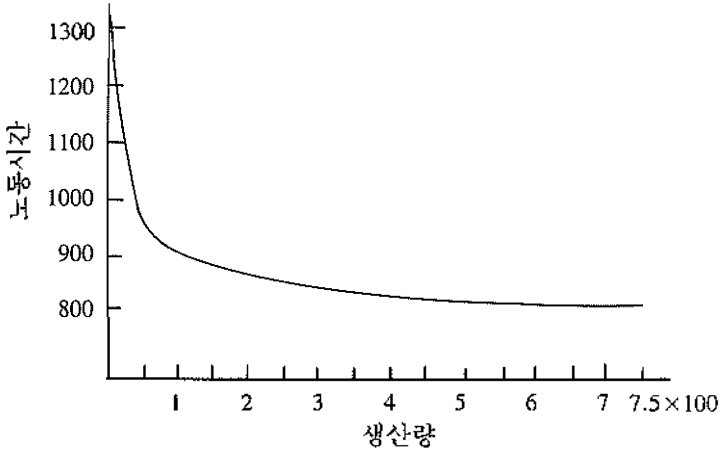
셋째 공정 : 완료 및 검사 공정(Deburring, Penetrant Insp. & General Insp.)

마무리 작업과 검사로 이루어지며, 마무리 작업은 고르지 못한 표면을 매끄럽게 처리하는 작업이고, 검사는 침투검사와 일반검사로 구분된다.

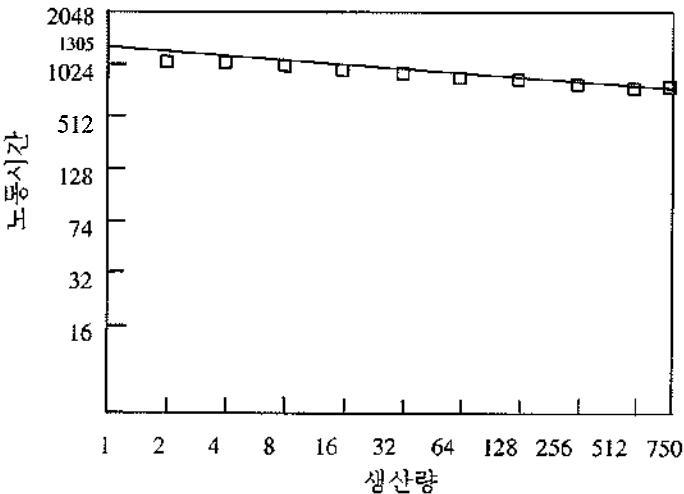
위의 세 공정 중 첫째 공정의 처리시간이 가장 길게 소요되며 그 다음이 셋째 공정이며 둘째 공정이 가장 짧게 소요된다. 이 공정에 소요된 총 노동시간은 <부표 2>와 같다.

이들 자료에 의하여 D중공업의 학습곡선을 그래프로 나타낸 것이 <그림 7-a>이며, 이를 log-log스케일로 나타낸 것이 <그림 7-b>의 그래프이다.

<그림 7-a> Inboard Front Spar 학습곡선



<그림 7-b> Inboard Front Spar 학습곡선



Inboard Front Spar의 경우에는 항공기 기체 산업에서 나타났던 80%의 학습곡선과는 달리 생산초기단계에서는 학습비율이 93%이며, 생산량이 누적됨에 따라 96.9%로서 직접노동시간의 감소비율이 매우 낮아짐을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 이 부품이 비교적 간단한 것으로 가공하기에 용이하고, 과거보다 생산공정이 기계화 또는 자동화가 되어서 직접 노동투입의 비율이 감소하였고

한편 생산공정의 개선여지가 별로 없거나 학습비율이 낮은 부분에서 인간의 학습효과가 뚜렷하지 않기 때문이다.

IV. 요약 및 결론

학습곡선은 일선 작업 관리자에게 매우 중요한 가치가 있는 것이다. 학습곡선은 사내에서 제작하는 품목뿐만 아니라 구입하는 품목에 대해서 표준비용을 예측, 결정하는 데 실질적이며 우수한 도구이다.

수많은 연구에서 밝혀진 학습곡선은 누적된 경험이 배가됨에 따라 노동시간 및 비용이 일정비율로 감소한다는 사실을 제시한다. 이러한 노동시간 및 원가절감이 일정한 모양으로 감소하는 것은 보다 효율적으로 직무를 수행하는 방법을 학습하거나, 기술향상, 제품의 재설계, 규모의 경제 등에 의해서 발생된다.

학습곡선이 함축하고 있는 의미는 경쟁업자보다 빨리 경험을 누적함으로써 지속적 경쟁우위를 가질 수 있다는 것이다. 미래의 학습곡선에 근거 비용을 예측하여 제품가격을 낮추면 시장점유율을 높이는 데 도움이 될 수 있고 경쟁을 미연에 방지할 수 있게 된다.

학습곡선은 높은 성장률, 고부가가치, 연속제조공정 등을 특징으로 하는 산업에 성공적으로 적용될 수 있다. 광업과 같은 추출산업이나 서비스 산업에서는 유용하지 못하다. 지속적 경쟁우위가 별로 없지만 만약 있다면, 아주 결정적인 강점이 되는 산업, 즉 SCG에서 규모산업이라고 부르는 산업에서 학습곡선이 가장 잘 적용될 수 있다.

본 연구에서는 자료 수집상의 어려움으로 인하여 학습곡선의 이론적 개요와 기초적인 응용방법을 고찰한 것에 불과하다. 앞으로의 학습곡선의 실용성을 재고하기 위해서는 관련기업에서 나타나는 자료의 철저한 기록과 이의 분석 및 연구를 통하여 경영의 합리화를 기하고, 국내 기업간의 경쟁뿐만 아니라 날로 더해가는 국제 경쟁에 대처해 나아가야 할 것이다.

〈부표 1〉

GACS Installation Actual Man-hours

NO.	TARGET	ACC.	REAL	ACC.
1	26390	2639.0	4304.1	4304.1
2	2105.1	4744.1	3258.9	7563.0
3	1844.4	6588.5	1579.0	9683.8
4	1679.3	8267.8	1206.6	11262.8
5	1561.4	9829.2	1206.6	12469.4
6	1471.3	11300.5	939.9	13409.4
7	1399.2	12699.7	1111.1	14520.4
8	1339.5	14039.2	1064.6	15585.0
9	1289.1	15328.3	1184.5	16769.5
10	1245.5	16573.8	1381.8	18151.3
11	1207.4	17781.3	1828.1	19979.4
12	1173.6	18954.9	1590.9	21570.3
13	1143.4	20098.3	1399.4	22969.7
14	1116.1	21214.4	1178.7	24148.4
15	1091.3	22305.7	1160.0	25308.4
16	1068.6	23374.3	1005.3	26313.7
17	1047.6	24421.9	1189.6	27503.3
18	1028.3	25450.2	1167.8	28671.1
19	1010.3	26460.5	1073.1	29744.2
20	993.6	27454.1	1156.3	30900.5
21	977.9	28432.0	1218.8	32119.3
22	963.2	29395.2	1104.4	33223.7
23	949.3	30344.5	1051.6	34275.3
24	936.2	31280.7	1199.7	34575.0
25	923.8	32204.5	1092.5	36567.5
26	912.1	33116.6	1132.5	37700.0
27	900.9	34017.6	1215.8	38915.8
28	890.3	34907.9	1120.5	40036.3
29	880.2	35788.1	1068.1	41104.4
30	870.5	36658.6	1120.8	42225.2
31	861.3	37519.8	1145.3	43370.5
32	852.4	38372.2	1209.3	44579.8
33	843.9	39216.1	1211.9	45791.7
34	835.7	40051.8	1179.2	46970.9
35	827.8	40879.7	1187.7	48158.6
36	820.3	41699.9	1139.7	49298.3
37	813.0	42512.9	1355.1	50653.4
38	805.9	43318.8	1109.6	51763.0
39	799.1	44118.0	996.8	52759.8
40	792.6	44910.5	973.1	53732.9
41	786.2	45696.8	1081.8	54814.7
42	780.1	46476.8	723.5	55538.2
43	774.1	47250.9	737.3	57189.3
44	768.3	48019.2	702.6	57891.8
45	762.7	48781.9	689.9	58581.8
46	757.3	49539.2		
47	752.0	50291.2		
48	746.8	51038.0		
49	741.8	51779.8		

NO.	TARGET	ACC.	REAL	ACC.
50	736.9	52516.7		
51	732.2	53249.0		
52	727.6	53976.5		
53	723.1	54699.6		
54	718.7	55418.3		
55	714.4	56132.7		
56	710.2	56842.9		
57	706.1	57549.0		
58	702.1	58251.2		
59	698.2	58949.4		
60	694.4	59643.8		
61	690.7	60334.5		
62	687.0	61021.5		
63	683.5	61704.9		
64	679.9	62384.9		
65	676.5	63061.4		
66	673.2	63734.6		
67	669.9	64404.4		
68	666.6	65071.1		
69	663.5	65734.6		
70	660.4	66394.9		
71	657.3	67052.3		
72	654.3	67706.6		
73	651.4	68358.0		
74	648.5	69006.5		
75	645.7	69652.2		
76	642.9	70295.1		
77	640.2	70935.2		
78	637.5	71572.7		
79	634.8	72207.5		
80	632.2	72839.8		
81	629.7	73469.4		
82	627.2	74096.6		
83	624.7	74721.3		
84	622.3	75343.5		
85	619.9	75963.4		
86	617.5	76580.9		
87	615.2	77196.1		
88	612.9	77808.9		
89	610.6	78419.6		
90	608.4	79028.0		
91	606.2	79634.2		
92	604.1	80238.6		
93	601.9	80840.2		
94	599.8	81440.1		
95	597.8	82037.8		
96	595.7	82633.6		
97	593.7	83227.3		
98	591.7	83819.1		
99	589.8	84408.8		
100	587.9	84996.7		

(부표 2) Mfg. Labor Hours Per Shipset(Inboard Front Spar)

S/S No.	Hours		S/S No.	Hours		S/S No.	Hours	
	S/S	ACC.		S.S	ACC.		S/S	ACC.
1	1,305.5	1,305.5	42	940.2	42,250.8	83	911.0	80,114.2
2	1,218.4	2,523.9	43	939.2	43,190.0	84	910.5	81,024.6
3	1,170.6	3,694.5	44	938.2	44,128.2	85	910.0	81,934.6
4	1,137.9	4,832.3	45	937.2	45,085.4	86	909.5	82,844.1
5	1,113.3	5,945.6	46	936.2	46,011.6	87	909.0	83,753.0
6	1,093.6	7,039.3	47	935.3	46,936.9	88	908.5	84,661.5
7	1,077.3	8,116.6	48	934.4	47,871.3	89	908.0	85,569.6
8	1,063.4	9,180.0	49	933.5	48,804.8	90	907.6	86,477.1
9	1,051.3	10,231.3	50	932.6	49,737.5	91	907.1	87,384.2
10	1,040.6	11,271.9	51	931.8	50,669.2	92	906.6	88,290.9
11	1,031.1	12,303.0	52	930.9	51,600.1	93	906.2	89,197.0
12	1,022.4	13,325.4	53	930.1	52,530.3	94	905.7	90,102.8
13	1,014.5	14,339.9	54	929.3	53,459.5	95	905.3	91,008.1
14	1,007.3	15,347.3	55	928.5	54,338.1	96	904.9	91,912.9
15	1,000.6	16,347.9	56	927.7	55,315.8	97	904.4	92,817.3
16	994.4	17,342.3	57	927.0	56,242.7	98	904.0	93,721.3
17	988.7	18,331.0	58	926.2	57,169.0	99	903.6	94,624.9
18	983.2	19,314.2	59	925.5	58,094.4	100	903.1	95,523.1
19	978.1	20,292.4	60	924.8	59,019.2	101	902.7	96,430.8
20	973.3	21,265.7	61	924.1	59,943.3	102	902.3	97,333.1
21	971.1	22,236.8	62	923.4	60,866.6	103	901.9	98,235.0
22	969.0	23,205.7	63	922.7	61,789.3	104	901.5	99,136.5
23	967.0	24,172.7	64	922.0	62,711.3	105	901.1	100,037.6
24	965.0	25,137.8	65	921.3	63,632.6	106	900.7	100,938.4
25	963.2	26,101.0	66	920.7	64,553.3	107	900.3	101,838.7
26	961.4	27,062.4	67	920.0	65,473.4	108	899.9	102,738.6
27	959.8	28,022.2	68	919.4	66,392.8	109	899.6	103,638.2
28	953.1	28,980.3	69	918.8	67,311.6	110	899.2	104,537.4
29	956.6	29,936.9	70	918.2	68,299.7	111	898.8	105,436.2
30	955.1	30,891.9	71	917.6	69,147.3	112	898.4	106,334.6
31	953.6	31,845.5	72	917.0	70,064.3	113	898.1	107,232.7
32	952.2	32,797.7	73	916.4	70,980.7	114	897.7	108,130.4
33	950.8	33,748.5	74	915.8	71,896.5	115	897.3	109,027.7
34	949.5	34,698.0	75	915.2	72,811.8	116	897.0	109,924.7
35	948.2	35,646.2	76	914.7	73,726.5	117	896.6	110,821.3
36	947.0	36,593.2	77	914.1	74,640.6	118	896.3	111,717.6
37	945.8	37,539.0	78	913.6	75,554.2	119	895.9	112,613.5
38	944.6	-38,483.6	79	913.0	76,467.2	120	895.6	113,509.1
39	943.5	39,427.0	80	912.5	77,379.7	121	895.2	114,404.3
40	942.3	40,369.4	81	912.0	78,291.7	122	894.9	115,299.2
41	941.3	41,310.6	82	911.5	79,203.2	123	894.6	116,193.7

S/S No.	Hours		S/S No.	Hours		S/S No.	Hours	
	S/S	ACC.		S.S	ACC.		S/S	ACC.
124	894.2	117,088.0	166	882.3	154,375.6	208	873.2	191,227.7
125	893.9	117,931.9	167	882.0	155,257.6	209	873.0	192,100.7
126	893.6	118,875.4	168	881.8	156,139.4	210	872.8	192,973.5
127	893.2	119,768.7	169	881.5	157,020.9	211	872.6	193,846.0
128	892.9	120,661.6	170	881.3	157,902.3	212	872.4	194,718.4
129	892.6	121,554.2	171	881.1	158,783.3	213	872.2	195,590.7
130	892.3	122,446.4	172	880.8	159,664.2	214	872.0	196,462.7
131	892.0	123,338.4	173	880.6	160,544.8	215	871.8	197,334.5
132	891.6	124,230.0	174	880.4	161,425.1	216	871.7	198,206.2
133	891.3	125,121.4	175	880.1	162,305.3	217	871.5	199,077.6
134	891.0	126,012.4	176	879.9	163,185.2	218	871.3	199,948.9
135	890.7	126,903.1	177	879.7	164,064.8	219	871.1	200,820.0
136	890.4	127,793.5	178	879.4	164,944.3	220	870.9	201,690.9
137	890.1	128,683.6	179	879.2	165,823.5	221	870.7	202,561.7
138	889.8	129,573.5	180	879.0	166,702.5	222	870.6	203,432.2
139	889.5	130,463.0	181	878.8	167,581.2	223	870.4	204,302.6
140	889.2	131,352.2	182	878.5	168,459.8	224	870.2	205,172.8
141	888.9	132,241.1	183	878.3	169,338.1	225	870.0	206,042.8
142	888.6	133,129.8	184	878.1	170,216.2	226	869.8	206,912.6
143	888.4	134,018.2	185	877.9	171,094.1	227	869.7	207,782.3
144	888.1	134,906.2	186	877.7	171,971.8	228	869.5	208,651.8
145	887.8	135,794.0	187	877.5	172,849.2	229	869.3	209,521.1
146	887.5	136,681.5	188	877.2	173,726.5	230	869.1	210,390.3
147	887.0	138,455.7	189	877.0	174,603.5	231	869.0	211,259.2
148	887.0	138,455.7	190	876.8	175,480.3	232	868.8	212,128.0
149	886.7	139,342.4	191	876.7	176,356.9	233	868.6	212,996.6
150	886.4	140,228.8	192	876.4	177,233.3	234	868.5	213,865.1
151	886.1	141,114.9	193	876.2	178,109.7	235	868.3	214,733.4
152	885.9	142,000.8	194	876.0	178,985.4	236	868.1	215,601.5
153	885.6	142,886.4	195	875.8	179,861.2	237	867.9	216,469.4
154	885.3	143,771.7	196	875.6	180,736.7	238	867.8	217,337.2
155	885.1	144,656.8	197	875.3	181,612.1	239	867.6	218,204.8
156	884.8	145,541.6	198	875.1	182,487.2	240	867.4	219,072.2
157	884.5	146,426.1	199	874.9	183,362.2	241	867.3	219,939.5
158	884.3	147,310.4	200	874.7	184,236.9	242	867.1	220,806.6
159	884.0	148,194.4	201	874.5	185,111.4	243	866.9	221,673.6
160	883.8	149,078.2	202	874.3	185,985.8	244	866.8	222,540.4
161	883.5	149,961.7	203	874.1	186,859.9	245	866.6	223,407.0
162	883.3	150,845.0	204	873.9	187,733.9	246	866.5	224,273.4
163	883.0	151,728.0	205	873.7	188,607.6	247	866.3	225,139.7
164	882.8	152,610.8	206	873.6	189,481.2	248	866.1	226,005.9
165	882.5	153,493.3	207	873.4	190,354.5	249	866.0	226,871.8

S/S No.	Hours		S/S No.	Hours		S/S No.	Hours	
	S/S	ACC.		S.S	ACC.		S/S	ACC.
250	865.8	227,737.7	292	859.7	263,966.2	334	854.4	299,956.1
251	865.7	228,603.3	293	859.5	264,825.8	335	854.3	300,810.4
252	865.5	229,468.8	294	859.4	265,685.2	336	854.2	301,664.5
253	865.3	230,334.2	295	859.3	266,544.4	337	854.0	302,519.6
254	865.2	231,199.3	296	859.1	267,403.6	338	853.9	303,372.5
255	865.0	232,064.4	297	859.0	263,262.6	339	853.8	304,226.3
256	864.9	232,929.2	298	858.9	269,121.4	340	853.7	305,080.0
257	864.7	233,794.0	299	858.7	269,980.2	341	853.6	305,933.5
258	864.6	234,658.5	300	858.7	270,838.8	342	853.5	306,787.0
259	864.4	235,522.9	301	858.5	271,697.2	343	853.3	307,640.4
260	864.3	236,387.2	302	858.3	272,555.6	344	853.2	308,493.6
261	864.1	237,251.3	303	858.2	273,413.8	345	853.1	309,346.7
262	864.0	238,115.3	304	858.1	274,271.9	346	853.0	310,199.7
263	863.8	238,979.1	305	858.0	275,129.8	347	852.9	311,052.6
264	863.7	239,842.7	306	857.8	275,937.6	348	852.8	311,905.4
265	863.5	240,706.2	307	857.7	276,845.3	349	852.7	312,758.1
266	863.4	241,569.6	308	857.6	277,702.9	350	852.6	313,610.6
267	863.2	242,432.8	309	857.4	278,560.3	351	852.4	314,463.1
268	863.1	243,295.8	310	857.3	279,417.6	352	852.3	315,315.4
269	862.9	244,158.8	311	857.2	280,274.8	353	852.2	316,167.6
270	862.8	245,021.5	312	957.1	281,131.9	354	852.1	317,019.7
271	862.6	245,884.1	313	856.9	281,988.8	355	852.0	317,871.7
272	862.5	246,746.6	314	856.8	282,845.6	356	851.9	318,723.6
273	862.3	247,608.9	315	856.7	283,702.3	357	851.8	319,575.4
274	862.2	248,471.1	316	856.6	284,558.9	358	851.7	320,427.1
275	862.0	249,333.1	317	856.4	285,415.3	359	851.6	321,278.6
276	861.9	250,195.0	318	856.3	286,271.6	360	851.5	322,130.1
277	861.7	251,056.8	319	856.2	287,127.8	361	851.3	322,981.4
278	681.6	251,918.4	320	856.1	287,983.9	362	851.2	323,832.7
279	861.5	252,779.9	321	855.9	288,839.8	363	851.1	324,683.8
280	861.3	253,641.2	322	855.8	289,695.6	364	851.0	325,534.8
281	861.2	254,502.4	323	855.7	290,551.3	365	850.9	326,385.8
282	861.0	255,363.4	324	855.6	291,406.9	366	850.8	327,236.6
283	860.9	256,224.3	325	855.5	292,262.4	367	850.7	328,087.3
284	860.8	257,085.1	326	855.3	293,117.7	368	850.6	328,937.9
285	860.6	257,945.7	327	855.2	293,972.9	269	850.5	329,788.4
286	860.5	258,806.2	328	855.1	294,828.0	370	850.4	330,638.8
287	860.3	259,666.5	329	855.0	295,683.0	371	850.3	331,489.1
288	860.2	260,526.7	330	854.9	296,537.8	372	850.2	332,339.2
289	860.1	261,386.8	331	854.7	297,392.6	373	850.1	333,189.3
290	859.9	262,246.8	332	854.6	298,247.2	374	850.0	334,039.3
291	859.8	263,106.6	333	854.5	299,101.7	375	849.9	334,889.1

S/S No.	Hours		S/S No.	Hours		S/S No.	Hours	
	S/S	ACC.		S.S	ACC.		S/S	ACC.
376	849.8	335,738.9	418	845.7	371,339.0	460	842.0	406,775.7
377	849.7	336,588.6	419	845.6	372,184.6	461	841.9	407,617.6
378	849.6	337,438.1	420	845.5	373,030.0	462	841.8	408,459.4
379	849.5	338,287.6	421	845.4	373,875.4	463	841.7	409,301.1
380	849.4	339,136.9	422	845.3	374,720.7	464	841.6	410,142.7
381	849.2	339,986.2	423	845.2	375,565.9	465	841.5	410,984.3
382	849.1	340,835.3	424	845.1	376,411.0	466	841.5	411,825.7
383	849.0	341,684.4	425	845.0	377,256.0	467	841.4	412,667.1
384	848.9	342,533.3	426	844.9	378,100.9	468	841.3	413,508.4
385	848.8	343,382.2	427	844.8	378,945.8	469	841.2	414,349.6
386	848.7	344,230.9	428	844.7	379,790.5	470	841.1	415,190.7
387	848.6	345,079.5	429	844.6	380,635.1	471	841.0	416,031.8
388	848.5	345,928.1	430	844.6	381,479.7	472	841.0	416,872.7
389	848.4	346,776.5	431	844.5	382,324.2	473	840.9	417,713.6
390	848.3	347,624.9	432	844.4	383,168.6	474	840.8	418,554.4
391	848.2	348,473.1	433	844.3	384,012.8	475	840.7	419,395.2
392	848.1	349,321.3	434	844.2	384,857.0	476	840.6	420,235.8
393	848.0	350,169.3	435	844.1	385,701.2	477	840.6	421,076.4
394	847.9	351,017.2	436	844.0	386,545.2	478	840.5	421,916.8
395	847.8	351,865.1	437	843.9	387,389.1	479	840.4	422,757.2
396	847.7	352,712.8	438	843.8	388,233.0	480	840.3	423,597.6
397	847.7	353,560.5	439	843.8	389,076.7	481	840.2	424,437.8
398	847.6	354,408.0	440	843.7	389,920.4	482	840.2	425,278.0
399	847.5	355,255.5	441	843.6	390,764.0	483	840.1	426,118.1
400	847.4	356,102.9	442	843.5	391,607.5	484	840.0	426,958.1
401	847.3	356,950.1	443	843.4	392,450.9	485	839.9	427,798.0
402	847.2	357,797.3	444	843.3	393,294.2	486	839.8	428,637.8
403	847.1	358,644.4	445	843.2	394,137.4	487	839.8	429,477.6
404	847.0	359,491.3	446	843.1	394,930.6	488	839.7	430,317.3
405	846.9	360,338.2	447	843.1	395,823.7	489	839.6	431,156.9
406	846.8	361,185.0	448	843.0	396,666.6	490	839.5	431,996.4
407	846.7	362,031.7	449	842.9	397,509.5	491	839.5	432,835.9
408	846.6	362,878.3	450	842.8	398,352.3	492	839.5	432,835.9
409	846.5	363,724.8	451	842.7	399,195.1	493	839.3	434,514.5
410	846.4	364,571.2	452	842.6	400,037.7	494	839.2	435,353.8
411	846.3	335,417.5	453	842.5	400,800.2	495	839.1	436,192.9
412	846.2	386,263.7	454	842.5	401,722.7	496	839.1	437,032.0
413	846.1	367,109.8	455	842.4	402,565.1	497	839.0	437,870.9
414	846.0	367,955.8	456	842.3	403,407.4	498	838.9	438,709.9
415	845.9	368,801.8	457	842.2	404,249.6	499	838	439,548.7
416	845.8	369,647.6	458	842.1	405,091.7	500	838.8	440,387.4
417	845.7	370,493.4	459	842.0	405,933.8	501	838.7	441,226.1

S/S No.	Hours		S/S No.	Hours		S/S No.	Hours	
	S/S	ACC.		S.S	ACC.		S/S	ACC.
502	838.6	442,064.7	544	835.5	477,219.0	586	832.7	512,249.6
503	838.5	442,903.2	545	835.5	478,054.5	587	832.6	513,082.2
504	838.4	443,741.7	546	835.4	478,889.9	588	832.6	513,914.8
505	838.4	444,580.1	547	835.3	479,725.2	589	832.5	514,747.3
506	838.3	445,418.4	548	835.2	480,560.5	590	832.4	515,579.7
507	838.2	446,256.6	549	835.2	481,395.6	591	832.4	516,412.1
508	838.1	447,094.7	550	835.1	482,230.7	591	832.4	516,412.1
509	838.1	447,932.8	551	835.0	483,065.8	593	832.2	518,076.7
510	838.0	448,770.8	552	835.0	483,900.8	594	832.2	518,908.8
511	837.9	449,608.7	553	834.9	484,735.7	595	832.1	519,741.0
512	837.8	450,446.6	554	834.8	485,570.5	596	832.1	520,573.0
513	837.8	451,284.3	555	834.8	486,405.3	597	832.0	521,405.0
514	837.7	452,122.0	556	834.7	487,240.0	598	831.9	522,236.9
515	837.6	452,959.7	557	834.6	488,074.6	599	831.9	523,068.8
516	827.5	453,797.2	558	834.6	488,909.1	600	831.8	523,900.6
517	837.5	454,634.7	559	834.5	489,743.6	601	831.7	524,732.3
518	837.4	455,472.1	560	834.4	490,578.1	602	831.7	525,564.0
519	837.3	456,309.4	561	834.4	491,412.4	603	831.6	526,395.6
520	837.3	457,146.7	562	834.3	492,246.7	604	831.5	527,227.2
521	837.2	457,983.8	563	834.2	493,080.9	605	831.5	528,058.6
522	837.1	458,821.0	564	834.2	493,915.1	606	831.4	528,890.1
523	837.0	459,658.0	565	834.1	494,749.2	607	831.4	529,721.4
524	827.0	460,494.9	566	834.0	495,583.2	608	831.3	530,552.7
525	836.9	461,331.8	567	834.0	496,417.1	609	831.2	531,384.0
526	836.8	462,168.7	568	833.9	497,251.0	610	831.2	532,215.1
527	836.7	463,005.4	569	833.8	498,084.8	611	831.1	533,046.2
528	836.7	463,842.1	570	833.7	498,918.6	612	831.0	533,877.3
529	836.6	464,678.7	571	833.7	499,752.3	613	831.0	534,708.3
530	836.5	465,515.2	572	833.6	500,585.9	614	830.9	535,539.2
531	836.5	466,351.6	573	833.6	501,419.4	615	830.9	536,370.1
532	836.4	467,188.0	574	833.5	502,252.9	616	830.8	537,200.9
533	836.3	468,024.3	575	833.4	503,086.3	617	830.7	538,031.6
534	836.2	468,860.6	576	833.4	503,919.7	618	830.7	538,862.3
535	836.2	469,696.7	577	833.3	504,753.0	619	830.6	539,692.9
536	836.1	470,532.8	578	833.2	505,586.2	620	830.6	540,523.5
537	836.0	471,368.9	579	833.2	506,419.3	621	830.5	541,354.0
538	836.0	472,204.8	580	833.1	507,252.4	622	830.4	542,184.4
539	835.9	473,040.7	581	833.0	508,085.5	623	830.4	543,014.8
540	835.8	473,876.5	582	833.0	508,918.4	624	830.3	543,845.1
541	835.7	474,712.2	583	832.9	509,751.3	625	830.3	544,675.3
542	835.7	474,712.2	584	832.8	510,584.1	626	830.2	545,505.5
543	835.6	476,383.5	585	832.8	511,416.9	627	830.1	546,335.6

S/S No.	Hours		S/S No.	Hours		S/S No.	Hours	
	S/S	ACC.		S.S	ACC.		S/S	ACC.
628	830.1	547,165.7	669	827.7	581,147.8	710	825.4	615,035.1
629	830.0	547,995.7	670	827.6	581,975.5	711	825.4	615,860.5
630	829.9	548,825.7	671	827.6	582,803.0	712	825.3	616,685.8
631	829.9	549,655.6	672	827.5	583,630.5	713	825.3	617,511.1
632	829.8	550,485.4	673	827.5	584,458.0	714	825.2	618,336.3
633	829.8	551,315.2	674	827.4	585,285.4	715	825.2	619,161.5
634	829.7	552,144.9	675	827.3	586,112.7	716	825.1	619,986.6
635	928.6	553,804.1	676	827.3	586,940.0	717	825.1	620,811.7
636	829.6	553,804.1	677	827.2	587,767.2	718	825.0	621,636.7
637	829.5	554,633.6	678	827.2	588,594.4	719	825.0	622,461.7
638	829.5	555,463.1	679	827.1	589,421.5	720	824.9	623,286.6
639	829.4	556,292.5	680	827.1	590,248.6	721	842.9	624,111.4
640	829.4	557,121.9	681	827.0	591,075.6	722	824.8	624,936.2
641	829.4	557,121.9	682	827.0	591,902.6	723	824.8	625,761.0
642	829.2	558,780.4	683	826.9	592,729.5	724	824.7	626,585.7
643	829.2	559,609.6	684	826.8	593,556.3	725	824.7	627,410.3
644	829.1	560,438.7	686	826.7	595,209.8	726	824.6	628,234.9
645	829.1	561,267.8	686	826.7	595,209.8	727	824.5	629,059.5
646	829.0	562,096.8	687	826.7	596,036.5	728	824.5	629,884.0
647	828.9	562,925.7	688	826.6	596,863.1	729	824.4	630,708.4
648	828.9	563,754.6	689	826.6	597,689.7	730	824.4	631,532.8
649	828.8	564,583.4	690	826.5	598,516.2	731	824.3	632,357.2
650	828.8	565,412.2	690	826.5	598,516.2	732	824.3	633,181.5
651	828.7	566,240.9	692	826.4	600,169.1	733	824.2	634,005.7
652	828.7	567,069.5	683	826.3	600,995.4	734	824.2	634,829.9
653	828.6	567,898.1	694	826.3	601,821.7	736	824.1	636,478.1
654	828.5	568,726.7	695	826.2	602,647.9	736	824.1	636,478.1
655	828.5	569,555.2	696	826.2	604,300.3	737	824.0	637,302.1
656	828.4	570,383.6	697	826.1	604,300.3	738	824.0	638,126.1
657	828.4	571,211.9	98	826.1	605,126.3	739	823.9	638,950.1
658	828.3	572,040.2	699	826.0	605,952.4	740	823.9	639,773.9
659	828.2	572,868.5	700	826.0	606,778.3	740	823.9	639,773.9
660	828.2	573,696.7	701	825.9	607,604.3	742	823.8	641,421.5
661	828.1	574,524.8	702	825.9	608,430.1	743	823.7	642,245.3
662	828.1	575,352.9	703	825.8	609,255.9	744	823.7	643,069.0
663	828.0	576,180.9	704	825.8	610,081.7	745	823.6	643,892.6
664	828.0	577,008.9	705	825.7	610,907.4	747	823.5	645,639.7
665	827.9	577,836.8	706	825.6	611,733.0	747	823.5	645,539.7
666	827.8	578,664.6	707	825.6	612,558.6	748	823.5	646,363.2
667	827.8	579,492.4	708	825.5	613,384.2	749	823.4	647,186.6
668	827.7	580,320.2	709	825.5	614,209.7	750	823.4	648,010.0

[참고문헌]

- T.P.Wright, "Factors Affecting the Cost of Airplanes", *Journal of the Aeronautical Science*, 1936, pp.16-24.
- Bruce, D.Handerson, "The Experience Curve Revisited", *The Boston Consulting Group Perspectives*, No. 229, 1980.
- Barry Hedley, "A Fundamental Approach to Strategy Development", *Long-Range Planning*, Dec. 1976.
- James, A.Cunningham, "Using the Learning Curve as a Management Tool" *IEEE Spectrum*, June, 1980.
- W.J.Fabrycky and P.E.Torgenson, *Operation Economy: Industrial Applications of Operations Research*, Prentice Hall, 1966.
- K.Hartley, "The Learning Curve and Its Application to Aircraft Industry", *Journal of Industrial Economics*, March, 1965, p.122.
- D.A.Asker, *Strategic Market Management*, 2nd Ed., John Wiley & Sons, 1988.
- W.Kiechel III, "Playing by Rules of the Corporate Strategy Game", *Fortune*, Sept. 24, 1979.
- S.Globerson, "The Influence of Job-Related Variables on the Predictability Power of Three Learning Curve Models", *AIIE Transactions* 12, No.1., 1980.