

Signal 간판시스템의 도입에 관한 연구 - A Study on the Introduction of Signal Kanban System -

김태호 *

Kim, Tae-Ho

송수정 **

Song, Soo-Jeong

강경식 ***

Kang, Kyong-Sik

Abstract

The operation of the traditional pull Kanban system in Domestic is limited because the production circumstance of the Domestic industries have the characteristics of dynamic production circumstance such as high variability of demand, frequent machine breakdown or defect, high absence or separation rates of the employees. The purpose of this study is to find the optimal Kanban system for the production circumstance of the Domestic industry. By using the computer simulation, selected models are tested for the susceptibility to the production factors and with the analysis of the data from the simulations.

1. 서론

전통적인 JIT 간판은 많은 전제조건을 필요로 하므로 여러 가지 생산요인에 의하여 생산시스템이 영향을 받는 동적인 기업환경에서는 적합하지 않다[8]. 동적인 기업환경이란 기업의 내외적인 변화가 심하여 생산시스템이 안정이 되지 않을 때를 말한다. 동적인 환경에서는 생산시스템을 다소 수정하여 Pull 시스템에 의한 잇점을 받아 들여야 한다. 따라서 외부적인 요인인 수요에 의해 변동이 심하거나 생산시스템이 안정되어 있지 않을 때에는 이러한 변동요인을 생산시스템에서 흡수할 수 있는 수정된 간판방식이 운영되어야 한다. 우리나라의 대다수 기업에서 Push생산에 의해 후공정의 능력에 관계없이 생산을 하고 있어 원가상승과 과잉생산으로 인해 불필요한 작업의 낭비를 초래하고 있다. 따라서 본 논문에서는 국내기업의 생산요인의 변화를 컴퓨터 Simulation을 이용·분석하여 동적인 기업환경에서 경영활동을 전개하는 기업에 적용할 수 있는 간판시스템을 찾는데 있다.

* 명지전문대학 공업경영과

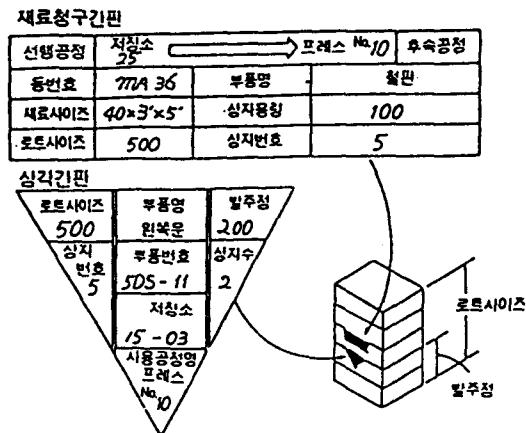
** 명지대학교 대학원 산업공학과

*** 명지대학교 산업공학과

2. Signal 간판시스템

2.1 Signal 간판시스템의 운영

일본에서는 엄격한 JIT기법을 요구하는 간판시스템에서 변동을 흡수할 수 있는 간판시스템인 Signal 간판시스템을 개발하였다. 로트생산을 주로 하는ダイ캐스팅, 프레스, 단조공정에서는 생산을 지시하기 위해 Signal 간판을 이용한다. Signal 간판은 한 로트나 한 컨테이너에 부착되어 있어 이 간판이 부착된 위치까지 부품이 인수되면 생산지시가 자동적으로 이루어진다[6]. Signal 간판의 종류에는 삼각간판과 재료의 준비시기를 알리는 재료청구간판(재료간판) 2가지가 있다[그림 2-1]. 삼각간판은 모양이 역삼각형으로 되어 있는데 부착된 위치가 발주시기가 된다. 재료청구간판은 발주점에 이르기 전에 재료나 공구를 미리 준비하여 준비작업을 줄이기 위한 목적으로 사용하며, 삼각간판이 부착된 지점 앞에 놓인다. Signal 간판은 생산지시 간판의 한 종류로서 삼각간판은 모간판이며, 각 상자에는 자간판인 생산지시간판이 한데 붙어 있다[2].



[그림 2-1] Signal 간판

[출처] : 門田安弘, 新トヨタシステム(New Toyota System), 講談社, 1991.

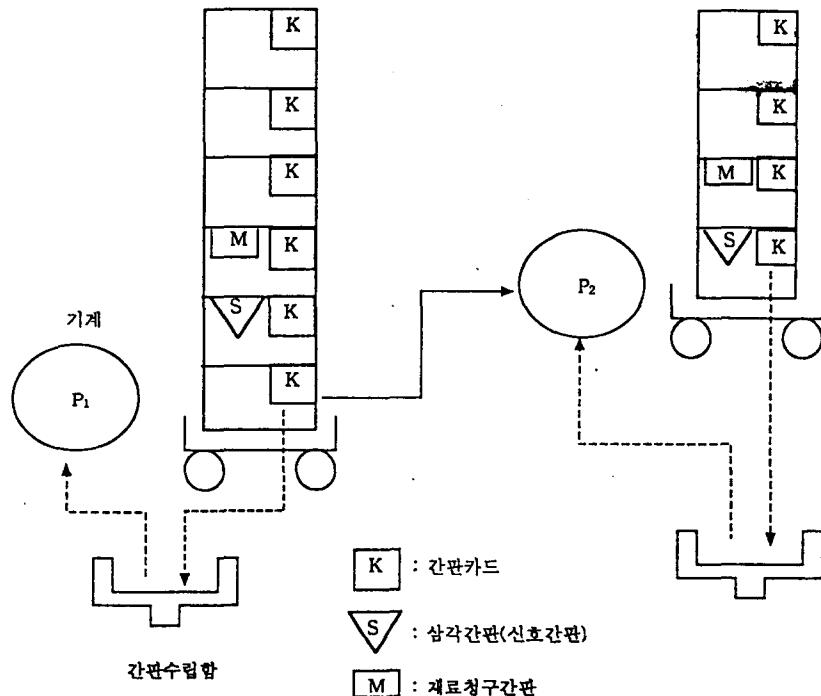
Signal 간판은 필요로 할 때 생산하도록 하기 위한 효과적인 방법으로 신호(Signal)를 알려주고, 비어 있는 용기가 보다 많은 것은 수요가 많아 생산이 필요하다는 것을 나타내는 신호이다. 간판시스템은 수요에 따라 필요한 양을 필요한 시기에 생산하는 생산시스템을 만드는데 가장 유효한 수단이다[7]. 생산을 요구하는 시점에서 시작적으로 즉시 알 수 있는 체계를 만들기 때문에 Signal 간판은 생산이 필요한 시점을 쉽게 알 수 있어 공정간의 재공품 저장소(Store)에서 Signal 간판이 붙여진 곳까지 사용하게 되면 생산을 자동적으로 지시한다. 용기에 의한 Signal 간판시스템은 비어 있는 상자를 철저하게 통제하는데 있다. 정해진 것 이외의 빈 상자는 현장에 들 수 없으며, 누군가에 의해 채워져야 한다[그림 2-2].

Signal 간판시스템은 준비시간이 상당히 길어 로트의 크기가 큰 경우에는 다음 식에 의하여 간판의 총매수를 결정하게 된다. 신호간판에서는 다음과 같은 공식에 의하여 간판매수를 결정한다[2].

$$\text{간판의 총매수} = \frac{\text{경제적로트크기} + (1\text{일수요량} \times \text{안전계수})}{\text{컨테이너용량}}$$

$$EOQ = \frac{\text{월간수요}}{\text{월간준비작업횟수}}$$

Signal 간판의 위치는 다음작업을 준비하기에 필요한 금형이나 공구교환시간 등에 걸리는 작업준비시간과 재공재고 저장장소에 다시 재고를 최대재고로 생산하는 시간동안의 사용되는 재고의 양을 계산하여 다음과 같은 공식에 의하여 결정한다[5].



삼각간판이 발주점(∇)에 내려오면 생산공정에 이 간판을 보내 생산을 지시한다.

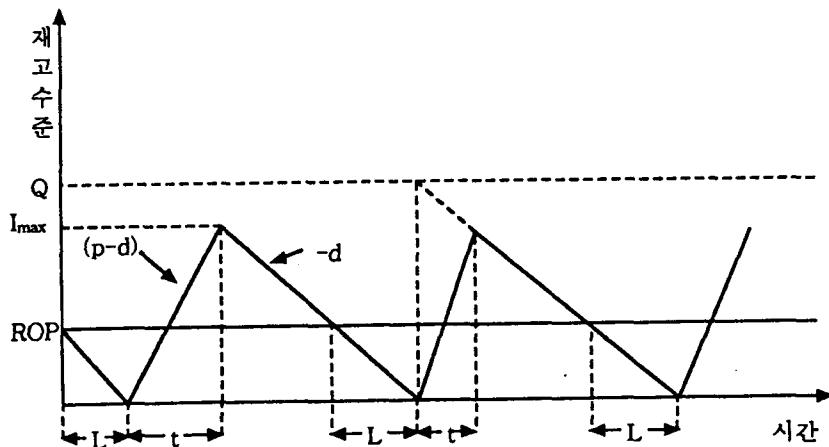
[그림 2-2] Signal 간판의 운영

Signal 간판의 위치

$$\begin{aligned}
 &= \text{준비시간} + \text{가공시간}/\text{개} \times \text{수요율} + \text{안전계수} \\
 &= \{1\text{일 평균 수요량} \times \text{리드타임} \times (1+\text{안전계수})\} / \text{컨테이너용량}
 \end{aligned}$$

2.2 Signal 간판 모델

JIT 주문시스템은 고정주문량 시스템과 고정주문주기 시스템을 함께 합친 (s, S)시스템으로 주문기간동안 실제수요와 주문량을 일치시키고자 한다[3]. 그러므로 Signal 간판시스템도 재주문점에 의한 (s, S) 생산시스템으로 설명된다. 재주문점 s에 이르면 생산을 지시하고 이 때 최대재고 수준은 S이다. Signal간판에서 공정간에 스토아의 최대재고 수준이 S가 되고, 신호간판이 위치하는 곳이 s가 된다. EPQ 모델에서는 생산과 수요율을 고려하여 1회 경제적 생산량을 결정하므로 EPQ 모델로서 Signal 간판을 나타낼 수 있다[그림 2-3].



[그림 2-3] EPQ 모델

경제적 생산량은 1회 생산준비비와 재고유지비, 수요율과 생산율을 고려하여 결정되며, 총비용 (TC)은 재고유지비와 생산준비비로 다음과 같이 구성된다[4][9].

$$\begin{aligned} TC &= \frac{D}{Q} \cdot S + (p-d) \cdot \frac{QH}{2p} \\ &= \frac{D}{Q} \cdot S + \frac{QH}{2} \left(1 - \frac{d}{p}\right) \end{aligned}$$

여기서 D : 수요(일정기간 동안 수요)

Q : 로트 크기

S : 생산준비비

p : 1회 생산량

d : 1일 수요량

H : 재고유지비

j : 품목

TC 를 편미분하여 $TC=0$ 으로 하여 Q 를 구한다.

j 품목에 대하여 Q_j 는 다음과 같다.

$$Q_j = \sqrt{\frac{2D_j S_j}{H_j}} \sqrt{\frac{p_j}{p_j - d_j}}$$

따라서 Signal 간판시스템에서의 1회 경제적 생산량 Q 를 구할 수 있다.

3. Signal 간판시스템에 대한 Simulation

3.1 생산요인 수준설정

Pull 시스템에 영향을 미치는 생산요인에 대해 국내 기업들의 실제 수준을 등급별로 분류하여 설정하였다. 국내기업에 대한 생산관리 수준은 관점에 따라 수준을 달리 할 수 있으나

JIT 생산시스템의 이상적인 수준을 1수준으로 하여 국내기업과 같이 생산환경에서 변동이 많은 요인을 나타내기 위하여 이보다 낮은 수준으로 기업설정을 감안하여 정량화하였다. 따라서 생산요인을 여러 가지로 분류 및 설정할 수 있으나 Pull System의 전제조건에 해당하는 준비시간 수준, 설비배치에 따른 운반시간으로 분류 및 설정하여 Simulation 분석시 입력자료로 이용하였다.

3.1.1 준비시간 수준

품종변경시 준비작업에 걸리는 시간은 생산하는 제품의 종류와 금형 등에 따라 차이가 있다. 준비시간이 단축되어야 소로트 생산이 가능하므로 준비시간의 수준에 따라 수준을 설정하면 [표 3-1]와 같다. 한국기업의 준비시간 수준은 업체별, 업종별, 제품에 따른 공구의 종류에 따라 차이가 많지만 준비시간이 30분정도 소요되므로 3수준으로 설정한다[1].

[표 3-1] 준비시간 수준

준비시간의 수준	1	2	3	4	5
준비시간(분)	3	10	30	60	120

3.1.2 운반시간에 따른 설비배치 수준

설비배치는 설비배치유형, 배치방법, 공정레이아웃 길이 등으로 수준을 평가할 수 있는데 이들 요인들은 운반시간에 영향을 미치게 된다. 설비배치의 개선에 의해 흐름생산이 되기 위해서는 소로트 생산이 되어야 한다. 공정별 레이아웃에 의해 소로트씩 운반되면 제품생산의 흐름에 따라 배치되므로 운반시간이 감소하게 된다. 운반시간에 의해 설비배치의 수준을 정하면 다음의 [표 3-2]와 같다. 이 때 운반시간은 일양분포로 가정하였다. 국내기업의 설비배치 수준은 공정별 배치에 의해 로트생산하는 업체와 제품별 배치에 의해 1개 흐름생산을 하는 업체에 따라 차이가 있으므로 운반시간을 기준으로 3수준으로 가정한다.

[표 3-2] 운반시간에 따른 설비배치 수준

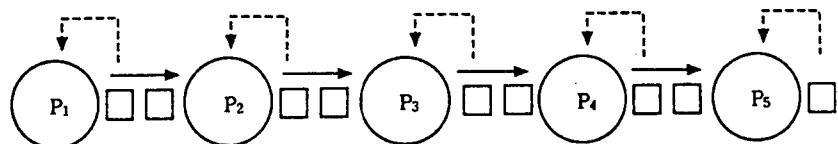
설비배치의 수준	1	2	3	4	5
운반시간(초)	U(2, 3)	U(15, 20)	U(60, 70)	U(300, 330)	U(540, 600)

3.2 Simulation 절차

국내기업에 적합한 JIT 간판시스템을 설정하기 위해 본 연구에서는 IBM PC환경에서 운영되는 생산시스템 분석 전용 Simulation인어인 ARENA를 이용하였다. Simulation 절차는 먼저 생산시스템 모델을 설정하고 Signal간판에 의한 JIT, Push, CONWIP 모델을 구축하고, 구축된 모델에 대해 모델검증(Verification)과 유효성 확인(Validation)을 하였다. 그리고 생산요인을 변화시키면서 시스템간에 성능을 평가하기 위해 실험적인 조건을 설정하고 설정한 자료를 토대로하여 Simulation을 실시한 후 결과를 분석하였다. 또한 생산요인의 수준을 변화시키면서 생산요인들이 JIT 생산시스템에서 어떻게 변화하는가를 분석하였다.

3.3 모델화

설명된 동적인 환경에서 적용할 수 있는 생산시스템을 설정하고자 가상의 JIT 생산시스템을 모델화하였다. 본 연구에서 분석하고자 하는 JIT 생산시스템은 공정 1에서 시작하여 공정 5에서 작업이 종료되고, 5공정 이후는 사용자에 의한 수요로서 수요에 의하여 정보가 5공정에 전달되면서 생산을 시작하는 Pull 시스템이다. 이를 나타내면 다음의 [그림 3-1]과 같다.



[그림 3-1] JIT 생산공정 모델

각 공정간은 작업후의 Store로부터 생산지시 정보를 받아 생산을 시작하고, Store에서 허용하는 재고수준이 하가 되면 다시 생산을 지시한다. 본 모델은 단일간판에 의한 Signal 간판을 대상으로 하여 신호간판이 위치한 발주점에 수요가 도달하게 되면 전공정에 자동으로 생산을 지시하여 생산한다. 검사는 자주검사에 의하여 실시하며, 불량발생시에는 제작업과 스크랩으로 처리된다. 작업시간은 Triangular 분포를 주었으며, 준비작업시간의 영향을 분석하고자 A, B 두가지 품목에 대한 시간치를 주었다. 국내기업의 생산환경을 분석하고자 준비시간, 설비배치에 따른 운반시간의 수준을 정량화하여 싸이클 타임 및 재고수준을 분석할 수 있도록 생산시스템을 설계하였다.

3.4 Simulation 분석

생산요인의 수준변화에 따른 JIT 생산시스템의 성능을 분석한다. JIT 생산시스템의 수준과 Push, CONWIP를 비교하기 위하여 각 생산요인의 수준을 변화시키면서 생산시스템의 성능을 비교 및 분석하였다.

3.4.1 준비시간의 변동

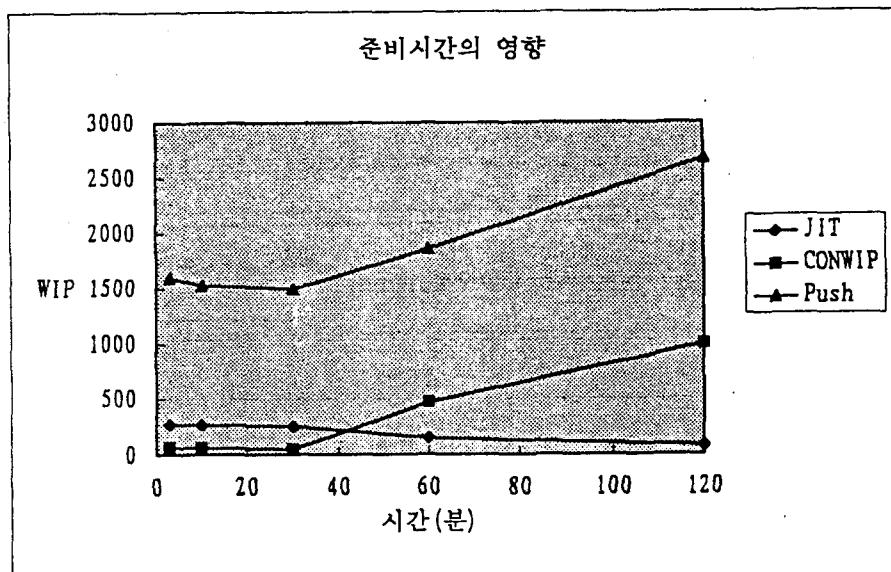
준비시간의 수준을 3분에서 120분까지 수준을 변화시키면서 각 시스템의 성능을 분석하면 다음의 [표 3-3]과 같다. 준비시간이 3분인 경우는 수요변동이 $\pm 10\%$ 인 경우와 같다. 준비시간이 30분에서 60분, 120분으로 증가하는 경우 CONWIP의 WIP는 [그림 3-2]에서와 같이 급속하게 증가하지만 Signal 간판에 의한 JIT의 WIP는 오히려 감소한다. 준비시간이 60분 이상되는 경우에 있어서는 JIT나 CONWIP, Push 모두 수요율을 만족하지 못한다. CONWIP의 경우 수요달성을 53.81%, 120분인 경우에는 54.18%로 떨어지게 된다.

그러나 WIP만을 두고 볼 때에는 앞에서 설명한 것과 같이 준비시간이 긴 로트생산에서는 Signal 간판이 우수함을 알 수 있다. 그리고 생산량을 만족하고 생산리드타임을 단축하기 위해서는 무엇보다도 준비작업시간을 줄여 싱글교환을 이루고 나아가 원터치 교환을 달성해야 함을 알 수 있다. 준비시간 단축만이 입가공위주의 생산을 실시하는 제조업체에서 생존을 위한 필수 조건임을 알 수 있다.

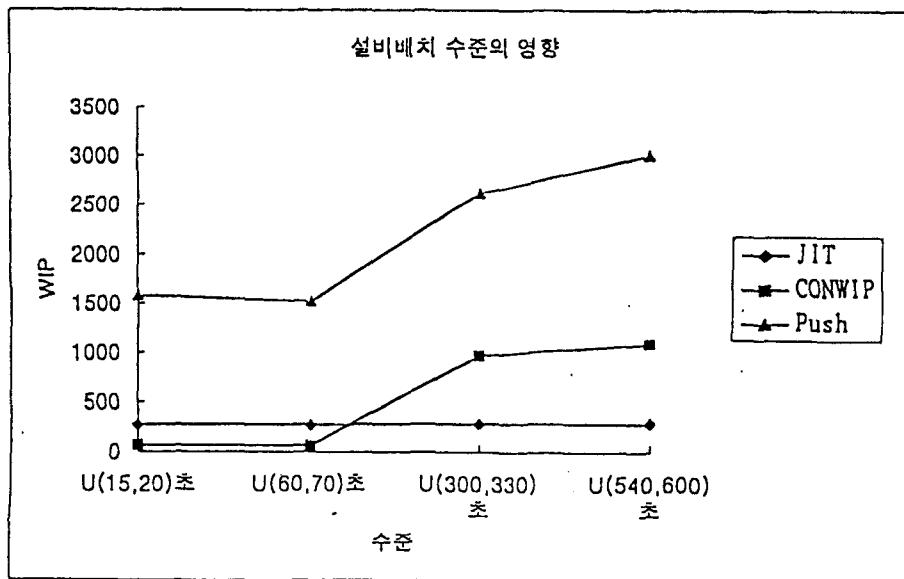
3.4.2 운반시간에 따른 설비배치 수준의 영향

JIT 생산시스템은 1개 흐름생산을 목표로 한다. 1개 흐름생산에서는 공정흐름에 따라서 다음 공정에 1개씩 이동하므로 운반시간이 매우 짧다. 반면에 공정별 배치에 의해 로트생산을 하는 경우는 로트 단위로 운반되기 때문에 전체 작업시간에서 운반시간이 차지하는 비율이 높다. 운반시간에 따른 설비배치의 수준을 변화시키면서 각 시스템의 성능을 분석하면 다음의 [표 3-4]과 같다. 설비배치 수준이 낮은 4, 5 수준에서 CONWIP나 Push 시스템 모두 급격하게 WIP가 증가한다[그림 3-3]. 반면에 Signal간판에 의한 JIT 시스템은 안정적인 수준에서 유지된다. 따

라서 공정별 배치에 의하여 로트생산을 하는 생산시스템에서는 Signal 간판에 의한 JIT 시스템이 적합함을 알 수 있다.



[그림 3-2] 준비시간의 변동



[그림 3-3] 운반시간에 따른 설비배치 수준의 영향

[표 3-3] 준비시간의 변동

구분	준비시간이 3분인경우			준비시간이 10분인경우			준비시간 30분인경우			준비시간 60분인경우			준비시간 120분인경우		
	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push
1.WIP	274	66.2	1,596	269.6	62.50	1,528.9	255.71	51.71	1,495.2	148.83	469.45	1,854.3	79.2	992.2	2,671.5
2.이용률	56.17	55.41	84.51	66.86	62.97	95.80	85.72	84.55	98.56	98.33	96.62	98.56	98.71	97.76	98.64
3.생산량	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	2,890	2,870	2,890	2,870	2,890	2,890
4.수요량	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334
5.수요달성을	100	100	100	100	100	100	100	100	100	54.18	53.81	54.18	54.80	54.18	54.18
6.경과시간	2,757	877.1	10,238	2,748.8	877.05	9,801.8	2,724.7	877.05	9,631.9	2,169	4,817.3	11,563	2,173.4	11,622	16,467

[표 3-4] 설비 배치 수준의 영향

구분	운반시간 U(25,30)초				운반시간 U(60,70)초				운반시간 U(300,330)초				운반시간 U(540,600)초			
	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	JIT	CONWIP	Push	
1.WIP	273.86	65.61	1,582	273.4	65.6	1,528.3	283.4	968.9	2616.8	287.89	1092.7	3.0024				
2.이용률	56.17	55.43	86.60	56.15	55.43	84.85	33.48	47.96	85.19	26.20	39.80	85.63				
3.생산량	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	3,199	3,199	3,199	2,399	2,339	2,339				
4.수요량	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334	5,334				
5.수요달성을	100	100	100	100	100	100	59.97	59.97	59.97	44.98	44.98	44.98				
6.경과시간	2,757.3	877.26	9,979	2,757	877.91	9,693.3	4,529.5	10,492	16,447	5,949	14,103	18,694				

4. 결론

준비시간과 운반시간이 긴 경우 재공재고를 줄이고 생산리드타임을 단축하기 위해서는 Signal 간판이 유용하다. 우리나라의 중소기업들은 제품의 품종전환시 준비시간이 일반적으로 30~60분 정도 소요되어[1], 생산기간중 준비시간이 차지하는 비중이 크다. 준비시간이 긴 경우 Signal 간판을 이용하면 간판사용에 따른 재고의 감소 효과를 얻을 수 있다. 이중간판에 의한 생산간판과 이동간판보다는 단일간판인 Signal 간판을 사용하는 것이 편리하다. 아직도 우리나라 대다수의 중소기업에서 Push 생산에 의해 후공정의 생산능력에 관계없이 생산을 하고 있어 원가상승과 과잉생산으로 인해 불필요한 작업의 낭비를 초래하고 있다는 점을 고려할 때 [1], Pull 생산에 의한 Signal 간판의 이용이 크게 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 강경식, 김태호, 나승훈, Pull System을 위한 준비작업시간의 단축방법, 한국생산성학회, 생산성논집, 제8권, 제1호, 1994.
- [2] 기아경제연구소역, 門田安弘著, 新トヨタシステム, 1992.
- [3] 이상문, 생산관리, 형설출판사, 1996.
- [4] 이순룡, 生産管理論, 法文社, 1992.
- [5] 高橋勝彦, 生産工程内の要因に對する引張り型生産指示方式の特性解析, 日本經營工學會誌 Vol.42, No.5, 1991, pp.352-358.
- [6] 門田安弘, 新トヨタシステム(*New Toyota System*), 講談社, 1991.
- [7] Chase & Aquilano, *Production Operations Management*, IRWIN, 1995.
- [8] Deelersnyder, J. L., Hodgson, T. J. and Muller(-Malek) H., O'Grady, P. J., "Kanban Controlled Pull Systems : An Analytical Approach," *Management Science*, September, Vol.35, No.9, 1989, pp.1070-1091.
- [9] Golhar, D.Y., & Sarker B.R. Sarker, Economic manufacturing quantity in a just-in-time delivery system, INT. J. PROD. RES., Vol.30, No.5, 1992, pp.961 -972.