

# JIT 생산방식의 점진적 도입을 위한 로트 크기 결정

정남기 (전남대학교 산업공학과)  
유철수 (동신전문대학 산업경영과)

이 논문은, 끌어당기기 생산 체제에서 적정 로트 크기를 결정하는 문제를 다룬다. 이것은, 요소 품목별 발주량을 각각 별도로 정하는 것이 아니라, 모든 요소 품목의 발주량을 최종 완성품의 생산계획에 따라 자동적으로 정해지게 하는 것이다. 이 문제는 小 로트 생산을 즉시 실행하기가 어려운 제조환경에서, JIT 생산 방식을 점진적으로 적용하고자 할 때 발생한다. 그 기법의 하나로, 多水準 총비용 최소법을 제시한다. 이 방법은 기존의 총비용 최소법을 응용하는 것이지만, JIT 생산방식의 기본 취지를 살리기 위해, 최종 완성품의 발주기간에 요소품목의 재고량이 반영되도록 수정된 것이다. 이 방법의 효과를 시뮬레이션에 의하여 분석한다.

## 1. 서론

JIT 생산방식에서는, 生産 品目과 生産量을 標準化시키고, 일정기간 동안의 생산계획을 固定시킴으로써, 생산성 향상, 재고 감축, 품질 향상을 도모한다. 固定된 標準化 생산을 위해서는, 경제성있는 小 로트 생산이 가능해야 하고, 이를 바탕으로 최종 완성품에 의한 끌어당기기(pull) 생산체제가 갖추어져야 할 것이다[6].

경제성있는 小 로트 생산을 위해서는, 작업 준비시간을 단축시킴으로써 제조기간을 줄이고, 작업자들을 다기능화시키며, 또 그룹테크놀로지를 활용하여 설비를 배치하는 것이 필요하다. 사실 이러한 일들은, 비록 JIT 생산방식에서 강조되긴 했어도, 어느 생산방식에서나 필요한 일들이다. MRP방식을 사용하더라도 이런 일들을 통해서 MRP의 효과를 더 높일 수 있는 것이다[2,5].

최종 완성품에 의한 끌어 당기기 생산 체제는 JIT 생산방식의 독특한 특징을 나타낸다. 후공정의 생산량에 의해 전공정의 생산량이 결정되는 방식이므로, 재고 통제가 손쉽고, 수요변동이 과장되지 않고 정확하게 전달되며, 생산관리가 분산될 수 있다는 잇점이 있다. 이 생산체제에서는 결과적으로, 최종 완성품에 의해 전공정이 통제될 수 있게 된다. 이 체제가 이상적으로 완성된다면, 공정간의 재고가 1단위만 유지되면서도, 최종 완성품의 매 기간 수요가 그때그때 발주되는 것이 가능할 것이다.

그런데, 小 로트 생산을 실현시키는데는 많은 노력과 시간이 필요하다. 특히 대기업보다는 중소기업에서 그 어려움은 더 크다. 중소기업은 수주생산이 많으며, 생산계획의 변동이 심하고, 계획변경에 대한 대처 능력이 부족하며, 관리기술이 뒤지고, 고객의 요구사항이 많다[3].

이 논문에서는, 小 롯트 생산이 어려운 제조환경에서도 JIT 생산시스템을 도입할 수 있는 방법을 모색한다. 이것은 먼저 끌어당기기 생산체제를 구축하여 JIT 생산방식을 도입하고, 점진적으로 생산 롯트의 크기를 줄어나감으로써, JIT 생산방식의 효과를 높여가자는 취지이다. 즉, 수요와 생산능력을 반영하여 적정한 롯트를 편성한 후, 이 롯트를 기준으로 끌어당기기 생산을 준비하게 하려는 것이다.

이러한 접근방법은 다음 2가지 관점에서 의의를 갖고 있다. 첫번째는, 전술한 바와 같이 끌어당기기 생산체제의 잇점을 중소기업에서도 누릴 수 있게 된다는 점이다. 두번째로는, 이미 MRP방식을 사용하고 있는 곳에서 JIT 생산방식을 결합시켜 나가게 할 수 있다는 점이다. 기존의 MRP방식을 크게 변경하지 않고, 오히려 MRP의 강점인 계획 능력을 충분히 활용하면서, 생산현장이 자율적, 분산적으로 관리될 수 있는 길이 열리게 되는 것이다.

## II. 多水準 재고량의 파악

끌어당기기 생산체제에서는 최종 제품의 수요가 최초의 공정에 이르기 까지 일관성있게 반영된다. 즉, 최종배치의 크기에 따라 종속품목의 배치가 일관성있게 결정된다. 따라서, 각각의 요소품목은 구입된 순간부터 최종 완성품이 되어 출고 되기까지, 즉 제조기간(lead time)동안 재고상태를 유지하게 된다[1].

우리가 구축하려는 끌어당기기 생산체제에서는, 최종 완성품의 롯트 크기가 결정되면, 이를 구성하는 모든 요소품목의 롯트가 자동으로 결정되게 한다. 최종 완성품의 롯트 크기를 결정할 때 고려되는 비용은, 최종 완성품에 관련된 비용뿐 아니라, 이 완성품을 구성하는 하위수준의 모든 요소품목에 관련된 비용이 전부 반영되어야 한다.

우리는, 多水準의 요소품목으로 구성된 제품구조에서, 그 최종 완성품을 일정량 산출하기 위해, 각각의 하위 수준 요소부품들이 어떻게 요구되어야 할 것인가를 파악하여, 그것들의 재고상태를 예측해 두는 것이 필요하다. 이러한 예측치를 多水準 재고량이라 하고, 이것을 최종 완성품의 롯트 크기 결정의 근거로 이용한다.

EOQ모형에서는 평균재고 개념에 의하여 재고량을 산출한다[7]. 그러나, 품목의 수요가 불규칙할 경우, 재고량의 단위로서 part-period가 적절하다. part는 대기하는 품목의 양을 나타내고, period는 품목이 이동, 가공, 대기하는 기간으로서 품목의 가공에 소요되는 lead time을 나타낸다. 따라서, part-period로 파악된 재고량은, 롯트 크기와 품목의 lead time을 보다 간편하게 재고유지 비용으로 환산할 수 있게 한다.

이 재고량에는 품목별 비중을 고려하기가 용이하다. 최종 완성품이 n가지의 요소품목으로 구성되어 있다고 하자. 또, 그 제품 단위당 요소품목 k의 소요량을  $r_k$ 라 하고, lead time을  $l_k$ 라 하자. 최종 완성품의 재고유지에 대한 비중을 1.0으로 하였을 때, 품목 k의 재고유지비에 대한 비중을  $w_k$ 라 하면, 이 제품 한 단위에 대응되는 多水準 재고량 I는 다음과 같이 나타내진다.

$$I = \sum_{k=1}^n w_k l_k r_k$$

여기서,  $r_k$ 와  $l_k$ 는 쉽게 얻어지는 자료이나,  $w_k$ 는 사용자에 따라 다르게 정해질 수 있는 값이다. 예를 들어, 최종 완성품의 경제가치를  $P_0$ 라 하고, 요소 품목 k의 경제가치를  $P_k$ 라 하여,  $w_k = P_k/P_0$ 로 정하여 쓰는 것도 하나의 방법이다.

### III. 多水準 총비용최소법

일반적으로 롯트의 크기를 결정하기 위해서는, 발주비와 재고유지비를 고려한다. 그 전형적인 것이 EOQ 모형이다. MRP 시스템에서 응용되는 총비용최소법(least total cost technique)도, EOQ 모형과 같은 근거에서 발주비와 재고유지비를 합한 것을 총비용으로 고려한다. 발주량과 비용의 관계를 나타내는 그래프에서, 재고유지비를 나타내는 線이 原點을 지난다는 일반적인 가정하에서, 발주비와 재고유지비가 같아질 때, 총비용은 최소화된다. 총비용최소법에서는 이러한 근거하에서 롯트 크기를 결정한다[4].

총비용최소법이 MRP 시스템에서 사용될 때는, 각 품목별로 롯트 크기를 정하므로, 單水準 롯트 크기 결정이다. 본 연구에서는 끌어당기기 생산체계의 특성을 반영하여, 多水準에서의 비용을 일괄적으로 고려하므로, 多水準 총비용최소법이라 하자. 기존의 單水準 총비용최소법에서는, 한 품목만을 대상으로, 그것이 재고 상태일 때에만 part-period를 계산하며, 따라서 발주기간에서는 part-period값이 0이 된다. 그러나, 이 多水準 총비용최소법에서는, 최종 완성품을 기준으로 생각하되, 이것의 재고상태에 대한 part-period뿐만 아니라, 발주기간에서도 모든 요소품목에 대한 part-period값을 고려한다. 이것은 최종 완성품의 롯트 크기가 생산과정중에 있는 하위 수준 품목의 재고 상태와 깊은 관계가 있다는 현실적 의미를 고려한 것이라 하겠다. 그리고, 비발주 기간에서의 part-period값은 최종 완성품의 재고만을 고려하여 계산한다.

EPP(Economic Part-Period)는 발주비와 재고유지비가 같아지는 단위기간 동안의 재고량이다[4]. 이것은 재고가 1기간만 유지된다고 했을 때 가장 경제적인 주문량인 셈이다. 언제나 EPP를 일정하게 유지하는 것이 가장 경제적이며, 실제 재고 기간이 길어지면, 주문량은 그에 따라 더 적게 조정되어야 한다. 우리는 제품을 구성하는 모든 품목의 발주비와 재고유지비를 반영하여야 하므로, EPP를 계산할 때, 발주기간과 비발주기간으로 나누어 계산 근거를 마련한다. 발주기간에서는 모든 요소품목의 발주비와 재고유지비를 다 고려하여야 하고, 비발주 기간에서는 발주비를 반영하지 않고 완성제품의 재고유지비만 고려한다. 품목 k의 발주비를  $S_k$ , 재고유지비를  $H_k$ 라 하면,

$$EPP = \sum_{k=0}^n S_k / \sum_{k=0}^n H_k$$

여기서,  $k=0$ 는 최종 완성품을 나타낸다.  $H_0$ 는 비발주 기간에서의 최종 완성품의 재고유지비를 나타내고,  $H_k$ (단,  $k>0$ )는 발주기간에서의 요소품목 k의 재고유지비를 나타낸다.

이제, 多水準 총비용최소법에 의하여 발주량과 발주시기를 정하는 방법을 설명한다. 먼저, part-period값을 다음과 같이 계산한다. part-period값도 單水準 총비용최소법과 달리 다음과 같이 두가지로 나뉘어 계산된다.

#### ○ 발주기간에서의 part-period값

單水準 총비용최소법에서는 발주기간의 part-period값이 0이나, 多水準 총비용최소법에서는 모든 요소품목의 단계별 재고를 반영한다. 기간 i에서 발주하는 양을  $Q_i$ 라 하면, 이 기간에서의 part-period값은  $I \cdot Q_i$ 이다.

○ 비발주 기간에서의 part-period값

비발주 기간 (i+j)에서의 part-period값은 최종 완성품의 재고만을 대상으로 계산한다. 그것은, 기간 (i+j)에서의 수요를  $D_{i+j}$ 라 하면,  $j \cdot D_{i+j}$ 로 계산된다.

위와같은 근거에서,  $Q_i$ 를 발주한 이후, j 기간 동안의 누적 part-period값  $CPP_{i+j}$ 는

$$CPP_{i+j} = I \cdot Q_i + \sum_{h=1}^j h \cdot D_{i+h}$$

이다.

그런데, 기간 i에서의 발주량  $Q_i$ 는, 그 이후 기간의 수요량  $D_{i+j}$ 를 충족시키기 위한 것이므로, 그 수요량의 적절한 합으로 정해지게 된다. 따라서, 윗식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$CPP_{i+j} = I \sum_{h=0}^j D_{i+h} + \sum_{h=1}^j h \cdot D_{i+h}$$

이상과 같은 누적 part-period 값이 구해지면, 이것을 EPP와 비교하여 발주량  $Q_i$ 를 정한다. 이것은, 누적 part-period값이 EPP와 가장 근사한 값을 갖는 적정 기간 j를 정하는 일이다. 즉,  $CPP_{i+j-1} \leq EPP$  이고,  $CPP_{i+j} \geq EPP$  이 만족되는 j에 대하여,

$$\text{만일, } |CPP_{i+j-1} - EPP| \leq |CPP_{i+j} - EPP| \text{ 이면, } Q_i = \sum_{h=0}^{j-1} D_{i+h},$$

$$\text{만일, } |CPP_{i+j-1} - EPP| > |CPP_{i+j} - EPP| \text{ 이면, } Q_i = \sum_{h=0}^j D_{i+h}$$

로 둔다.

지금까지의 설명을 근거로, 롯트 크기의 결정 과정을 단계별로 설명하면 다음과 같다.

단계 1. 최종 완성품에 대한 자재구성표(BOM)와 품목별 입력자료로부터 多水準 재고량 I를 산출한다.

단계 2. EPP를 계산해 두고, 계획기간별 최종 완성품 수요를 파악한다.

단계 3. 현재기간 i에서 향후 j기간 동안의 누적 part-period값  $CPP_{i+j}$ 를 계산한다.

단계 4. 발주량  $Q_i$ 를 정한다.

단계 5. 계획기간의 수요를 충족시키는 발주량이 정해지면 끝낸다. 그렇지 않으면, 현재 기간을 갱신하고 단계 3으로 간다.

#### IV. 多水準 총비용최소법의 評價

이 기법의 評價를 위하여, 먼저, 총비용을 산출하는 방법을 살펴본다.

총비용을 단일식으로 표현하기가 불가능하므로, 총비용을 산출하는 논리를 프로그래밍 기법으로 표현하기로 한다. 필요한 몇가지 부호를 먼저 정의하고, 산출논리를 나타내면 다음과 같다.

- . 총비용 : T
- . 총비용을 계산하고자 하는 최초기간 : js
- . 총비용을 계산하고자 하는 최종기간 : jE
- . 현시점 : p
- . 발주기간 : i

Procedure total\_cost\_calculation;

begin

for p := js to jE do

if  $Q_p = 0$  then  $T := T + (Q_i - \sum_{k=i}^{p-1} D_k) * H_0$

else begin

i := p;

$T := T + \sum_{k=0}^n S_k + I * Q_i * H_0;$

end;

end;

수요에서부터 JIT 체제를 반영하는 것은 롯트 크기를 lot-for-lot에 의하여 정하는 것이다. 多水準 총비용최소법은 이와 같은 경우에 소요되는 비용을 절감하기 위한 시도이다. 따라서, 이 두가지 롯트 크기 결정법에 의한 비용을 비교하는 것은 JIT 체제의 효과적인 운용을 위하여 의미가 있다고 할 수 있다.

評價를 위하여, 多水準 총비용최소법에 의하여 롯트 크기를 결정하고, 이 때 소요되는 총비용과 lot-for-lot을 적용하였을 때의 총비용을 비교하는 컴퓨터 프로그램을 작성하였다. 그림 1은 이 프로그램의 실행메뉴이다. 한 예를 들어, 그림 1의 선택항목 3을 실행한 결과가 그림 2와 같이 화면에 나타난다.

그림 2의 결과를 얻기 위하여서는 최종제품의 단위당 재고유지비와 발주비를 프로그램 실행시 입력하도록 하였다. 발주비의 상대적 비중을 낮추어 감에 따라서, 본 기법의 결과가 lot-for-lot에 근접함을 알 수 있다. 따라서, 품목별 발주비와 기간당 재고유지비의 변화에 따라, 多水準 총비용최소법과 lot-for-lot방법이 접근하게 되는 과정에 대한 정보를 얻을 수 있다. 이 프로그램을 활용하면, 관련비용의 변화에 따른 적정 롯트 크기와 총비용의 변화를 쉽게 분석할 수 있다.

그림 1의 선택항목 4를 선택하면 개발된 방법과 lot-for-lot의 총비용이 계산되어 출력된다. 예견할 수 있는 결과이지만, 다양한 제품구조에 대하여 수요를 변경하면서 시뮬레이션한 결과, lot-for-lot보다는 개발된 방법의 총비용이 더 적게 나타난다는 것을 알 수 있다.

```

=====
MULTILEVEL LFC METHOD FOR PULL SYSTEM
=====

      <<<   Main Menu   >>>

1.  Input item data
2.  Input product demands
3.  Decide the ordering policy
4.  Calculate the total cost
5.  End

* Select < >

```

그림 1. 多水準 총비용최소법의 실행메뉴

```

=====
ORDERING POLICY
=====

< EPP = 735.8 >

PERIOD      11      12      13      14      15      16      17      18      19      20
-----
DEMAND      12.0    20.0    15.0    11.0     0.0    20.0     0.0    10.0    16.0     8.0
ORDER       58.0     0.0     0.0     0.0     0.0    54.0     0.0     0.0     0.0     0.0

PERIOD      21      22      23      24      25      26
-----
DEMAND      16.0    15.0     0.0    14.0    13.0    10.0
ORDER       58.0     0.0     0.0     0.0     0.0    10.0
***

< "***" : the last ordering quantity less then EPP >

* To exit, type the "RETURN" key !

```

그림 2. 롯데 크기 결정의 화면

## V. 결론

끌어당기기 생산체제에서 총비용을 최소화하도록 로트 크기를 결정하는 방법을 개발하였다. 이 방법은, 어떤 한 품목의 비용을 근거로 하지 않고, 제품을 구성하는 모든 요소 품목들의 비용을 반영한 多水準 총비용최소법이다. 발주비용이 커질수록, 이 방법을 이용하는 경우의 총비용이, 수요가 곧 발주량이 되는 완전한 JIT 체제에 비하여 더 적게 든다는 사실을 확인하였다. 이 방법은, 기업의 여건에 따라서 수요부터의 완전한 JIT 체제의 운용이 불가능한 경우에, JIT 체제에 접근하는 방법으로 유용하게 이용될 수 있다. 또한, 컴퓨터 프로그램을 통하여, 재고유지비의 변화에 따른 로트 크기의 변화를 분석할 수 있어서, 재고유지비, 발주비와 발주량간의 관계를 시뮬레이션할 수 있도록 하였다.

### \* 참고문헌

1. 김태문, 저스트 인 타임의 실제, pp. 103-109, 공업표준협회, 1990
2. B. J. Finch & J. F. Cox, An examination of just-in-time management for the small manufacturer : with an illustration, *International Journal of production Research*, Vol. 24, No. 2, pp. 329-340, 1986
3. D. Y. Golhar, C. L. Stamm & W. P. Smith, JIT implementation in small manufacturing firms, *Production and Inventory Management Journal*, Second Quarter, pp. 44-48, 1990
4. J. Orlicky, Material Requirements Planning, pp. 120-132, McGraw-Hill Book Company, 1975
5. L. P. Rees, P. Y. Huang & B. W. Taylor, A comparative analysis of an MRP lot-for-lot system and a Kanban system for a multistage production operation, *International Journal of Production Research*, Vol.27, No. 8, pp. 1427-1443, 1989
6. T. E. Vollmann, W. L. Berry & D. C. Whybark, Manufacturing Planning and Control Systems, pp. 240-260, Richard D. Irwin, Inc., 1988
7. O. W. Wight, Production and Inventory Management in the Computer Age, pp. 168-175, Van Nostrand Reinhold Company, 1984