

# 불안정한 주문 패턴의 수요에 대응하는 재고 관리 기법을 응용한 생산계획 수립 방법

배 병 곤\* · 조 중 현\* · 강 경 식\*\*

\*명지대학교 산업공학과 · \*\*명지대학교 안전경영연구소

## The Way of Production Planning Using the Inventory Control Method, Responding the Demand Fluctuation

Byeong Gon Bae\* · Joong Hyun Cho\* · Kyung Sik Kang\*\*

\*Department of Industrial Engineering, Myongji University

\*\*Safety Management Laboratory, Myongji University

### Abstract

As competition in manufacturing enterprise is contested, the scope of safely production planning, manufacturing enterprise should ensure, has been reduced. The more upstream of SCM, the more reduction of scope of production planning. As a result, order fluctuation is more sharply contested. Through improving the logistics network, it is best way that the end user's demand information is conveyed to upstream of SCM, but it is difficult in fact.

In this paper, it mention the way of robustic adjustment, in the suppliers' point of view, the end user's demand information is dammed up, as they postpone responding the customer's order as a possible. And it will show the result of appling the way, as a case study.

Keywords : Demand Fluctuation, Inventory Planning, Manufacturing Scheduling, Postponement

### 1. 서 론

제조업에서의 경쟁이 치열해짐에 따라 공급업체로서 고객에게 부여 받을 수 있는 납기 여유 시간 (Lead Time)은 점차 줄어들게 되고, 1차 고객 또한 2차 고객의 요구에 대응해야 하는 시간이 줄어들음에 따라 주문의 정확도가 낮아지게 되었다.

이에 적용 대상 공장의 경우는 짧은 납기 여유일과 잦은 주문 변경 등의 주어진 환경에서 최적의 생산 계획을 수립하기 위하여 Johnson Algorithm을 확장한 Baker [2], Sule [4] 등이 제시한 알고리즘을 적용한 생산 스케줄을 수립하여 주문에 대응하고자 하였으나 효과적인 대응이 어려웠다.

이를 해결하기 위하여 고객과 공급업체가 정보를 공유하며 계획을 수립하는 CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) 이나 VMI (Vendor Managed Inventory) 등의 방법을 통하여 공급망 (Supply Chain)의 하류 정보를 직접 생산 계획에 반영함으로써 고객과 공급업체 간의 Win-Win 관계를 형성하며 재고 수준을 낮추어 가려는 시도가 계속되어 왔다.

그러나, 이러한 방법들은 고객이 제시하는 생산계획의 정확도가 보장되지 않거나 주문의 확정 구간을 지키지 않는 경우, 공급업체는 납품 단가의 하락과 더불어 재고 증가로 이어지는 이중고를 겪을 수밖에 없다.

이러한 현상은 수요자 위주의 시장(Customer's Market)일 경우는 공급업체의 영향력이 적어 고객의 주문형태에 제약을 주기 어렵기 때문에 더욱 심해진다.

본 논문은 수요자 위주의 시장에서의 공급업체 관점에서 고객의 주문이 급격하게 변화하는 경우, 주문에 따라 생산하는 MRP 방식을 적용하지 않고 재고의 출하 패턴을 분석하여 적절한 재고 Lot Size를 정의하고 이를 충족하는 방식으로의 생산 계획을 수립하고 운영하는 방식을 제안하고 있다.

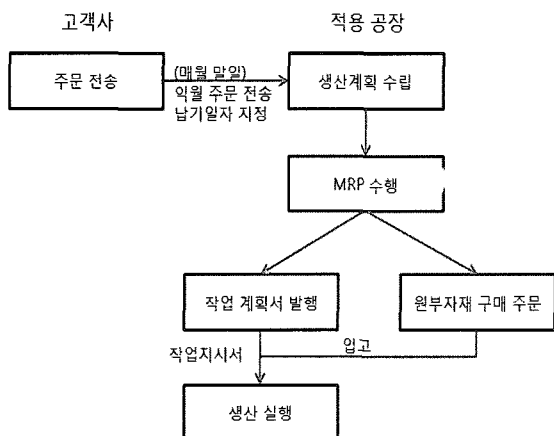
결론 부분에서는 제안된 방식으로 수립된 생산 계획이 변화되는 고객의 주문에 대응하는 사례를 실제 기업의 데이터를 기반으로 증명하고자 한다.

## 2. 적용 대상 공장의 실태

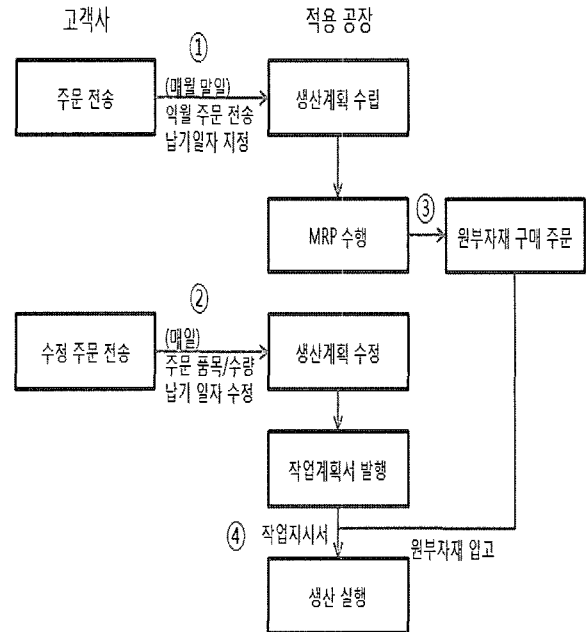
적용 대상은 반도체 생산에 필요한 화학물을 생산하는 공장으로, 고객으로부터 허용 받은 납기 여유일이 비교적 짧으며, 원료로 사용되는 품목의 경우는 해외에서 구매하므로 그 기간이 상대적으로 매우 길다는 특징이 있다.

또한 다른 화학제품 생산 공장의 경우와 마찬가지로, 원료 탱크 단위로 동일한 리드타임이 정의되는 배치 사이즈의 생산을 수행한다는 특징이 있다. 즉, 해당 배치 내에서 생산량이 줄어든다고 리드타임이 단축되지 않는다는 특징이 있다.

적용 대상 공장은 모든 제품의 생산 계획 수립 및 원재료 수급을 위하여, <그림 1>과 같이 매월 말일에 고객으로부터 다음 달의 납기 일정이 포함된 선형 주문을 받고 이를 기준으로 자재소요량을 파악하여 구매 발주를 수행하고, 납기 일정을 감안하여 작업지시를 발행하는 전형적인 주문 생산 (MTO; Make to Order) 방식으로 운영되는 것으로 정의되어 있었다.



< 그림 1 > 전형적인 주문 ~ 생산 프로세스



< 그림 2 > 운영 중인 주문 ~ 생산 프로세스

그러나 실제로는 <그림 2>와 같이 1개월 이전에 확정 계획을 접수 받는 주문량(①)은 매일 변경(②)이 되고 있었으며, 변경의 대상도 발주 수량 및 납기 일자의 변경은 물론, 품목 자체도 해당 월에 생산하게 될 계획이 없어지기도 하는 등의 극심한 주문 변동이 수반되고 있었다. 또한 적용 공장에서는 원부자재를 주로 외국에서 수입하고 있어 납기가 1개월 이상이므로, 매월 말일 제공 받은 주문(①)에 근거하여 구매 발주(③)를 수행 할 수밖에 없는 상황이었다.

그러나 실제 생산 현장에서의 작업 수량(④)은 공급일에 임박하여 수정 전달된 주문 (②)에 따라 이루어지게 되므로, ③과 ④는 그 차이가 클 수밖에 없다. 또한 수입을 통해 조달하는 원부자재 시장은 공급자 위주의 시장 (Buyer's Market)으로 구분되는 바, 발주 수량의 변경 및 취소가 극히 제한되며 고객의 주문 변경을 공급업체로 전파하는 것도 불가능하였다.

이로 인해 실제 생산이 실행될 때, 원부자재 결품이 종종 발생하여 생산에 차질이 발생 할 우려가 있으므로, 불용으로 폐기될 위험을 감수하고 주문량을 증가시키는 방법으로 결품에 대응하고 있어 원부자재의 재고 수준이 높게 유지될 수밖에 없는 상황이었다.

적용 대상 공장의 경우, 일방적으로 불리한 공급망의 개선의 여지가 적으며, 다음과 같은 제약 조건 속에서 생산 계획을 수립해야 한다는 문제가 있었다.

< 표 1 > 적용대상 공장의 계획 수립 제약 사항

1. 고객의 주문 확정 기간을 임의로 고정할 수 없다.
2. 고객 주문 내용은 출하 당일까지도 변경되므로, 단지 참고 정보로만 활용할 수 있다.
3. 수입에 의존하는 원부자재 구매 주문 내용은 큰 폭의 변화가 불가하여, 고객의 변경을 공급업체로 전파할 수 없다.
4. 수입에 의존하는 원부자재 구매 주문 내용은 선적 이후는 일체 변경할 수 없다.

### 3. 적용 방법

이러한 현상은 적용 대상 공장의 경우에만 국한되는 것이 아니라, 외국의 원부자재를 수입하여 반제품 형태로 대기업에 납품하는 대부분의 국내 중견/중소 기업이 공통적으로 직면하는 문제라고 해도 과언이 아니다.

이에 본 논문에서는 적용 대상 공장의 생산 형태를 주문 생산이 아니라 계획 생산 방식(MTS; Make to Stock) 이라는 가정 하에 계획 수립을 전제하였으며, 고객의 실제 팔립세 정보는 얻을 수 있으나 고객과의 협업을 통한 물류망 개선을 기대하기 힘들었으므로 과거의 고객의 요구에 의하여 최종 결정된 출하일 및 출하량을 근간으로 이루어진 출하 패턴을 수요 패턴으로 가정하였다. 이에 본 논문에서는 다음과 같은 절차를 통해 고객의 수요 패턴을 분석하고, 1회 생산할 수 있는 탱크의 양을 감안한 적정 생산 배치사이즈를 시형착으로 정의하여 생산 계획을 수립하였다.

#### 1단계: 대상 품목 선정

고객의 주문에 근거하지 않고 생산 계획을 수립하는 경우 자칫하면 과잉 재고를 만들 개연성이 있으므로, 다음과 같은 조건을 만족하는 품목을 대상으로 선정하였다.

- ① 고객의 주문 정보 및 납품 정보가 빈번히 변경되는 품목
- ② EOL (End of Life)에 도달하지 않은 품목
- ③ 최근 3개월간 지속적인 출하 실적이 있는 품목
- ④ 출하 빈도가 비교적 잦은 품목
- ⑤ 출하 주기가 비교적 규칙적인 품목

본 논문에서는 출하 빈도와 생산 배치 사이즈를 연계하여 재고 수준을 결정하게 된다. 따라서 상기의 품목 선정 기준의 ④, ⑤ 항목의 출하 빈도 및 주기의 기

준을 정의하였다. 즉, 출하 빈도가 잦은 품목일수록 재고 수준을 낮게 유지할 수 있으므로 출하 빈도가 잦은 품목을 대상으로 선정하였으며, 출하 주기가 규칙적일수록 안전재고의 수준을 낮게 유지할 수 있기 때문에 규칙적인 출하 주기를 갖는 품목을 선정하였다.

#### 2단계: 출하 빈도 분석

선정된 품목을 대상으로 과거 3개월의 일별 출하량을 분석하여, 출하 빈도에 주기가 있는지 확인하였다. 출하 빈도는 조사 대상 일수인 92일을 실제 주문한 회수로 나누어 얻어지는 값으로 결정하였다.

#### 3단계: 1회 평균 주문량 계산

해당 조사일의 전체 기간 중 실제 고객이 주문한 주문량을 주문 회수로 나누어 얻어지는 값으로 가정하였다.

#### 4단계: 안전재고량 결정

안전 재고량은 제조 리드타임을 출하 주기로 나누어 공급근을 해당 조사일 동안의 출고 예상 양과 실제 출고 양의 표준 편차와 곱하여 얻을 값을 예상 서비스율을 감안하여 계산하였다.

#### 5단계: 재발주점의 결정

제조 리드타임 동안의 예상 출하량과 안전재고를 합한 수준을 재발주점으로 임의 산정하였다.

#### 6단계: 제조 로트 사이즈 결정

제조 가능한 탱크의 작업 배치 사이즈의 배수로 결정하되, 그 값은 시뮬레이션을 통하여 결정하였다.

이와 같은 방식으로 실제 생산되고 있는 품목을 대상으로 현재 주문생산을 가정하고, 실제 생산 계획을 수립하고 납기 대응을 하였던 과거의 일별 재고 수준과 제시된 ROP에 의한 생산 계획 수량을 통하여 출고를 진행했을 때의 재고 수준을 비교하였다.

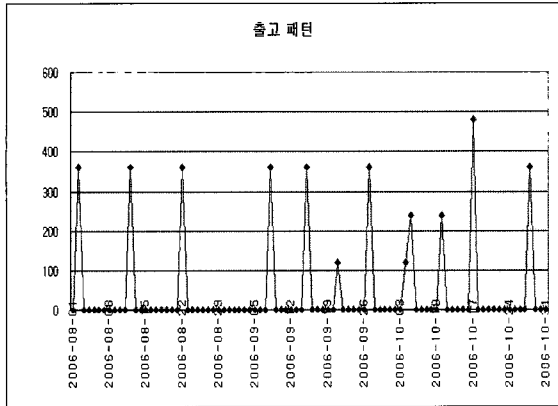
## 4. 적용 결과

### 4.1 제품 1의 경우

#### 1단계: 품목의 선정

제품 1의 경우는 고객사의 주문은 30일 전에 전달되나, 수시로 납기 요청량이 변경되는 경우로 제조 리드타임은 10일이며, 조사 대상 기간인 92일 간의 총 출하 횟수 (주문 회수)는 12회였다.

대상품목 선정 조건을 만족하고 있는 제품이라는 하나 특이 사항으로는, 제조 리드타임이 10일로써 장기간을 필요로 하므로 고객사 또한 이러한 기간을 감안하여 선주문을 30일전에 전달하고 있으며, 이에 대해 생산 현업에서도 대응 가능한 제품이라는 것이다.



< 그림 3 > 제품 1 출고 패턴

2단계: 출하 빈도 분석

제품 1이 출하 횟수는 92일 동안 총 12회가 발생하였으므로, 그 출하 빈도는 다음과 같이 8일 단위로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

$$\text{출하빈도} = 92/12 \approx 8$$

3단계: 1회 평균 주문량 계산

해당 조사일 동안의 총 출하 수량은 3,720(20L 단위)으로써, 주문 회수(출하빈도 일수)로 나누어보면 8일 간격으로 310의 주문량이 발생하고 있음을 알 수 있다.

$$1\text{회 평균 주문량} = 3,720/8 \approx 310$$

4단계 : 안전재고량 결정

1) 표준편차 계산

분포에서의 변동량 즉, 표준편차는 다음과 같다.

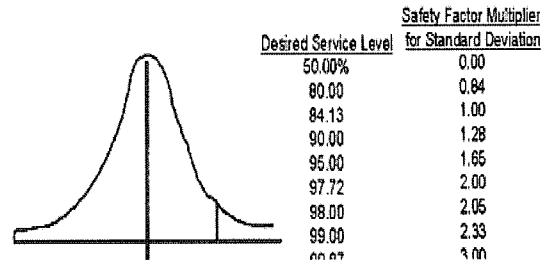
$$\begin{aligned} \text{표준편차} &= \sqrt{(\sum(\text{실제수요} - \text{예측수요})^2) / (n-1)} \\ &= \sqrt{2,137,200 / 11} = 122 \end{aligned}$$

2) 안전계수(Safety Factor) 결정

안전계수란 어느 정도 수준의 고객 대응 서비스를 제공할 것인가를 결정하고 표준편차를 안전재고 수량으로 전환하는데 사용될 수 있는 안전계수 표이다.

안전재고를 구하기 위해 표준편차를 곱하여지는 수를 안전계수(s)라 한다.

$$\text{안전재고량} = \text{안전계수} \times \text{표준편차}$$



< 그림 4 > 안전계수

3) 소요시간 편차 계산

소요 시간 편차(Lead Time Deviation) 산정 공식은 소요 시간이 한 예측 주기 즉 예측 기간(출하빈도)과 같지 않을 때 이를 보정하기 위해 사용된다.

$$\begin{aligned} \text{소요시간편차} &= \text{표준편차} \times \sqrt{\text{리드타임/출하빈도}} \\ &= 122 \times \sqrt{10/8} = 139 \end{aligned}$$

4) 안전재고량 계산(보정)

안전계수는 서비스 레벨을 97.72%로 설정하였으므로 2 값을 적용한다.

$$\begin{aligned} \text{안전재고량(보정)} \\ &= \text{안전계수} \times \text{소요시간편차} \\ &= 2 \times 139 = 272 \end{aligned}$$

5단계 : 재발주점 계산

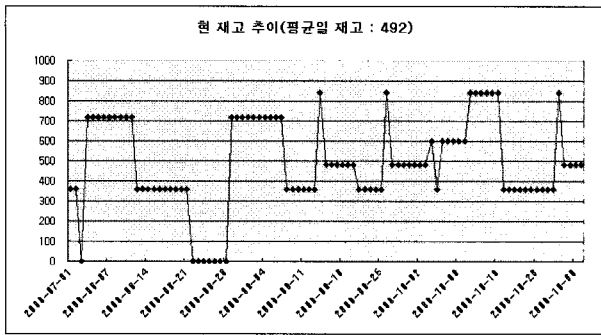
제품 1에 대한 재발주점은 1회 평균 주문량과 안전계수에 의한 안전재고량을 합한 수준으로 결정하였으며, 다음과 같이 산정되었다.

$$\begin{aligned} \text{재발주점} \\ &= 1\text{회 평균 주문량} + \text{안전재고량} \\ &= 310 + 278 = 588 \end{aligned}$$

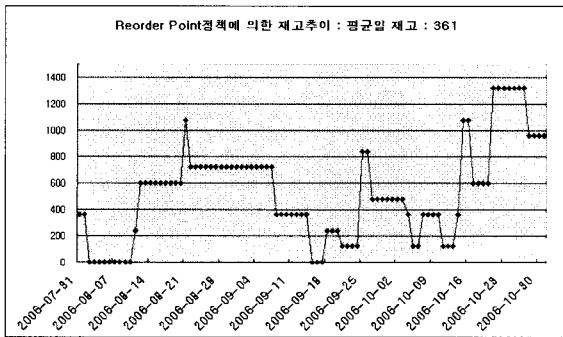
6단계 : 제조 로트 사이즈 결정

제품 1에 대한 로트 사이즈 변동량은 로트 사이즈 최대치 720, 최소치 240, 로트 사이즈 배율 240으로써 변동되는 주문량에 유연하게 대응할 수 있도록 결정하였다.

제품 1에 대한 기존 평균 일 재고량(재고수준)은 492이었으며, 예측 기반에 의한 계획 수립 방안을 적용할 경우의 평균 일 재고량은 361로 감소됨을 보이고 있다.



< 그림 5 > 제품 1의 현 재고 수준



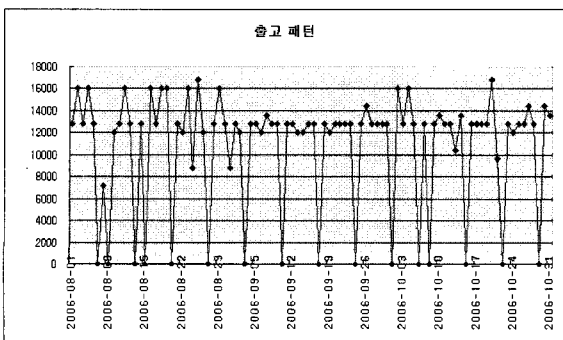
< 그림 6 > 제품 1의 예측기반 적용시 재고 수준

## 4.2 제품 2의 경우

### 1단계: 품목의 선정

제품 2의 경우는 제조 리드타임은 9hr이며, 조사 대상 기간인 92일 간의 총 출하 횟수 (주문 회수)는 76회였다.

제품 2에 대한 특이 사항으로는, 매일 출하되고 있는 출하빈도 또는 출하량이 높은 제품으로써 제품 리드타임이 1일 이내 생산 가능한 제품인 관계로 주문이 출하일 전날 내지는 출하일 오전에 전달되는 등의 변동이 잦은 제품이다. 평균 출하량으로써 생산 현업에서는 대응하고 있으나 변동이 잦은 제품이기 때문에 완제품 재고량이 상대적으로 높은 제품이라 할 수 있다.



< 그림 7 > 제품 2 출고 패턴

### 2단계: 출하 빈도 분석

제품 2의 출하 횟수는 92일 동안 총 76회가 발생하였으므로, 그 출하 빈도는 다음과 같이 1일 단위로 이루어지고 있음을 알 수 있다.

$$\text{출하빈도} = 92/76 \approx 1$$

### 3단계: 1회 평균 주문량 계산

해당 조사일 동안의 총 출하 수량은 994,400(L 단위)으로써, 주문 회수(출하빈도 일수)로 나누어보면 1일 간격으로 13,084의 주문량이 발생하고 있음을 알 수 있다.

$$1\text{회 평균 주문량} = 994,400/76 \approx 13,084$$

### 4단계 : 안전재고량 결정

#### 1) 표준편차 계산

표본 수가 30 이상이므로 기간수(n)을 그대로 사용하여 표준편차를 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{표준편차} &= \sqrt{(\sum(\text{실제수요}-\text{예측수요})^2/n)} \\ &= \sqrt{2,962,677,952 / 72} = 716 \end{aligned}$$

#### 2) 안전계수(Safety Factor) 결정

고객 서비스 레벨을 97.72%로 설정하였으므로 안전계수는 2을 적용한다.

#### 3) 소요시간 편차 계산

$$\begin{aligned} \text{소요시간편차} &= \text{표준편차} \times \sqrt{\text{Lead Time}/\text{출하빈도}} \\ &= 716 \times \sqrt{1/1} = 716 \end{aligned}$$

#### 4) 안전재고량 계산(보정)

$$\begin{aligned} \text{안전재고량(보정)} &= \text{안전계수} \times \text{소요시간편차} \\ &= 2 \times 716 = 1302 \end{aligned}$$

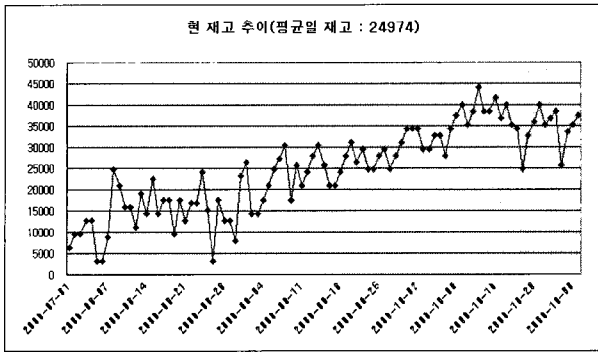
### 5단계 : 재발주점 계산

$$\begin{aligned} \text{재발주점} &= 1\text{회 평균 주문량} + \text{안전재고량} \\ &= 13,084 + 1,302 = 14,386 \end{aligned}$$

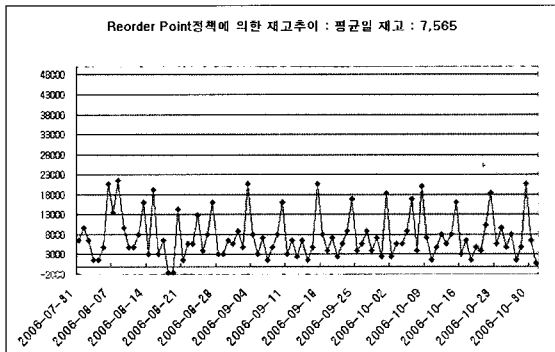
### 6단계 : 제조 로트 사이즈 결정

제품 2에 대한 로트 사이즈 변동량은 로트 사이즈 최대치 16,000, 최소치 8,000, 로트 사이즈 배율 8,000으로써 변동되는 주문량에 유연하게 대응할 수 있도록 결정하였다.

제품 2에 대한 기존 평균 일 재고량은 24,974였으며, 예측 기반에 의한 계획 수립 방안을 적용할 경우의 평균 일 재고량은 7,565로 감소되었으며 재고 수준 또한 안정화 되었음을 보이고 있다.



< 그림 8 > 제품 2의 현 재고 수준



< 그림 9 > 제품 2의 예측기반 적용시 재고수준

## 5. 결론 및 향후 과제

고객과의 협력을 통하여 안정적인 납기 확보가 불가능하며, 공급업체로의 납기 변동에 따른 원부자재 구입의 부담을 전가하기 어려운 경우에서의 생산 계획 수립은 매우 어렵다.

월간 계획의 수립을 통하여 원부자재의 구매 발주를 수행하고, 매일 수정되는 확정 주문에 따라 생산 계획을 수립하는 경우 계획 수립 시점의 주문 내용과 생산 완료 시점의 납품 일정이 변경되어, 과잉 생산을 유도하게 되어 완제품의 재고 수준이 증가하게 된다.

또한 주문 변동에 따라 원부자재의 결품으로 생산이 불가능하게 되어 공급 차질이 발생할 우려가 있어 대체로 원부자재의 수준을 높게 유지하여 공급 차질을 방지하고자 하므로 불용 재고가 발생하고, 원부자재의 재고 수준이 매우 증가하게 된다.

본 논문에서는 이와 같은 최악의 상황에서 생산계획을 수립함에 있어, 주문 생산 방식의 계획 수립이 아니라 계획 생산 방식의 생산 계획 수립이 재고 수준을 오히려 낮출 수 있음을 사례를 통하여 증명하였다.

이러한 경우, 몇가지의 제약이 있으나 공급업체와 고객의 사이에서 불확실한 주문에 대응해야 하는 최악의 상황에 직면한 업체에 있어서는 최소한의 돌파구가 될

수 있을 것이라 판단된다.

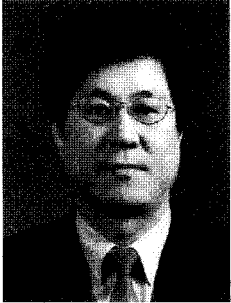
궁극적인 해결은 고객의 주문에서 최소한의 기간을 확정기간으로 보장해 주는 방안이겠으나, 현실적으로 이와 같은 접근은 쉽지 않은 경우가 많다. 이에 고객의 납기 확정 구간과 공급업체의 원가 절감 혹은 공급 단가와의 관계를 파악하여 도식화 하는 것이 향후 연구 과제라 할 수 있다.

## 6. 참고 문헌

- [1] Arnold, J. R. T., & Chapman, S. N. (2001), Introduction to materials management (4th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- [2] Baker, K. R. (1995), Element of sequencing and scheduling, Hanover: Dartmouth College
- [3] Pinendo, M. (1995), Scheduling theory, algorithms, and systems. New Jersey: Prentice Hall
- [4] Sule, D. R. (1996), Industrial scheduling. Boston: PWS
- [5] Cerullo, M and A, Avila, Sales Forecasting Practices A Survey. managerial Planning, vol. 24, No. 2, pp. 33-39, 1975

## 저 자 소 개

배 병 곤



한양대학교 경영학과 졸업 후, 국민대학교 경영대학원 MBA 석사 취득, 현재 명지대 산업공학 박사과정 수료하였고, (주) 동진세미켐 상무이사로 재직 중이다. 관심분야는 6시그마, 생산시스템 등이다.

주소: 서울시 마포구 동교동 146-8 서평빌딩 8층

조 중 현



현재 명지대학교 산업공학과 학사 졸업 후, 명지대학교 대학원 석사학위 취득, 현재 명지대학교 대학원 박사과정 중이다. 관심분야는 생산관리, 물류관리, 6시그마 등이다.

주소: 서울시 마포구 동교동 146-8 서평빌딩 8층

강 경 식



현 명지대학교 산업공학과 교수, 명지대학교 안전경영연구소 소장, 명지대학교 산업대학원 원장, 대한안전경영과학회 회장, 경영학박사, 공학박사

주소: 경기도 성남시 분당구 정자1동 파크뷰 APT 611동 3103호