J. Korea Saf. Manag. Sci. Vol. 16 No. 2 June 2014
http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2014.16.2.131

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

자동차 부품산업의 고객 요구 납기 충족을 위한 적정재고 수준에 관한 시뮬레이션 연구

김 중 회* · 김 영 춘* · 강 경 식**
*명지대학교 산업경영공학과 · **명지대학교 산업경영공학과 교수

A simulation for stock level considering client delivery due date in auto part industry

Joonghoi kim* · Young-Chun Kim* · Kyung Sik Kang**
*Department of Industrial Engineering, Graduate School, University of Myongji
**Department of Industrial Management Engineering, Myongji University

Abstract

Auto part industry supplies production for auto manufacturer and after market. These company have inventory for delivery. High inventory level can be good for delivery, but cost will be increase. Low inventory level can be customer unsatisfaction for delivery late. Low inventory level also is reason of low productivity by decreasing product batch size. These article suggest model for calculation a proper inventory level and prove a effect by simulation of some company.
Keyword : Inventory planning, Batch production

1. 서 론

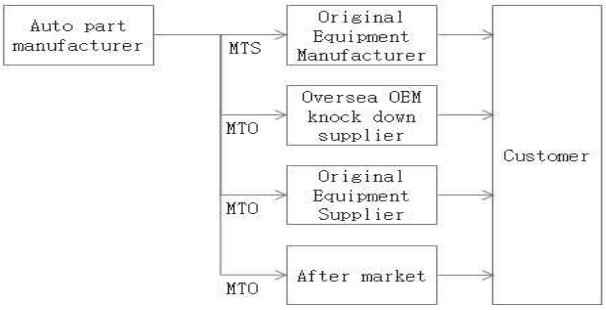
자동차 부품 업체는 일반 소비자나 산업체에서 소비하는 자동차를 제작하는 완성품 업체가 필요한 부품을 공급하는 업체이다. 자동차 부품 산업의 업체들은 과거에는 완성품 업체에 부품을 공급하는 것으로 대부분의 매출을 달성하였지만, 최근에는 보수용으로 공급하는 등의 부품 자체의 시장에 대응하는 비율이 높아지고 있다. 이에 완성품 업체에서 요구하는 부품을 납기에 맞춰 공급만 하는 형태에서 나아가, 시장의 변화를 이해하고 대응해야 하는 상황으로 변모하고 있다.

즉, 완성차 업체 대응을 위한 재고 생산(MTS, make-to-stock)과 다양한 고객의 주문을 대응하는 주문 생산(MTO, make-to-order)이 혼합된 형태로 운영되게 되는 것이다.

다양한 시장의 대응은 생산 및 재고 운영의 복잡성을 증대시킬 수 있겠지만, 고객 납기 충족과 재고 최소화는 기업의 경쟁력 확보를 위한 핵심 사항이라는 것은 변하지 않을 것이다. 따라서 고객 납기 충족과 재고 최소화를 위한 재고 수준의 산정과 운영은 업체들에서 공통적으로 발견할 수 있는 고민이다.

자동차 부품 산업에서는 고객 주문 생산(MTS)로 운영되는 제품과 재고 생산(MTO)으로 운영되는 제품의 구분은 사전에 정의되어 있는 경우가 존재하는데, 이는 완성차 업체의 자동차 조립을 위한 부품을 공급하는 경우에는 재고 생산(MTS)이 이루어지며, 완성차 해외 공장, 완성차 관련 부품 공급자, 일반 부품 공급자를 대응하는 경우 주문 생산(MTO)으로 대응하는 것이 일반적인 현상이다.

† Corresponding Author : Joonghoi Kim, Industrial Management Engineering, Myongji University, M · P : 010-8753-7379, E-mail: kijoho@naver.com
Received April 20, 2014; Revision Received June 10, 2014; Accepted June 10, 2014



[Figure1] Auto part market and suppling types

이중 완성차 업체 공급을 위해 재고 운영하는 제품은 VMI(vendor management inventory)로 운영되어 부품업체가 고객사인 완성차 업체 생산에 지장이 없도록 책임지고 재고를 관리하여야 하는 결과를 낳게 된다. 즉, 자재가 공급되지 않아 생산을 못하게 되는 결품의 발생이 된다면 부품업체가 완성차 업체한테 보상을 제공해야 함은 물론 신뢰를 저하시켜 수주 활동에도 좋지 않은 결과를 초래할 수 있는 것이다.

따라서 완성차 업체에 공급하는 제품의 경우 높은 재고 수준을 유지하면서 대응하고 있는 것이 자동차 업체의 일반적인 현상이다. 이는 선행 연구[1]에서도 실증적으로 확인할 수 있는데, 선행연구에서는 99개 자동차 부품업체를 설문 조사하여 수요 및 공급 불확실성에 대한 대응도를 분석하였는데, 수요 불확실성이 낮음에도 불구하고 대응도가 높은 경우가 29개 업체, 공급 불확실성이 낮음에도 대응도가 높은 업체가 50개로 많은 수를 차지하고 있음을 알 수 있다. 즉, 제품 및 자재에 대한 재고 운영 수준이 고객 및 공급 업체의 불확실성 보다 크다는 것을 의미한다.

<Table 1> Research for response level of auto part company's demand and supply uncertainty

Uncertainty		response level		Total	Ratio
		high	low		
demand	high	23	15	38	38.30%
	low	29	32	61	61.70%
supply	high	14	18	32	32.30%
	low	50	17	67	67.70%

재고 운영을 위해서는 생산 활동이 수반되어야 하는데, 생산 제약으로 인하여 재고 정책 대로 생산이 되어 재고로 운영하는 것도 쉽지 않은 것이 현실이다. 따라서 배치 생산과 같은 생산 제약 요인을 고려하여 생산성 향상을 고려한 재고 운영 정책에 대한 필요성이 산업체 현장에서 필요한 요구 사항일 것이다.

지금까지의 재고 운영 및 정책의 연구는 대부분 특정 확률분포를 가지는 수요에 가지거나 미래 수요에 대한 분포를 예측할 수 있다는 전제를 가지고 있는 경우가 많고, 최근에는 비정상 수요 (non-stationary demand)에 대한 연구도 진행되었다. 또한 수요 대응을 위한 공급 제약을 고려한 재고 정책에 대한 연구도 진행되어 공급 가능 요인에 따른 재고 정책에 대한 방안도 제시된 경우가 있다. 하지만 생산 제약 요인에 대한 사항을 고려하여 재고 운영을 하는 방안에 대한 연구 결과는 찾기 어렵다.

생산 작업장은 생산, 준비교체(setup), 유휴의 세가지 상태로 구분될 수 있는데, 생산 상태만이 부가가치를 창출하는 것이고, 준비교체나 유휴는 부가가치 창출은 하지 않는 상태이다. 앞서 도출된 bottleneck(애로공정)에서는 작업량이 많으므로 유휴상태가 발생하는 경우가 많지 않을 것이며, 준비 교체 시간의 크기가 단위시간당 생산량, 즉 생산성에 미치는 영향이 클 것이다. 단위당 생산량의 증대는 생산 원가의 절감으로 이어질 것이며, 따라서 생산 원가의 절감을 위해서 준비 교체 시간의 감소가 필요할 것이다. 준비교체 시간을 줄이기 위한 방법에는 준비교체 시간 자체를 줄이는 방법과, 준비 교체 횟수를 줄이는 방법이 있으며 준비 교체 횟수를 줄이는 것을 목적으로 재고 수준을 운영하고자 하는 것이다.

본 연구를 통해 생산 제약 요인을 고려하여 생산 원가를 최소로 할 수 있는 재고 운영 정책을 운영하는 모델을 도출하고 이를 자동차 부품 전문 기업인 V사에 적용하여 다양한 고객 납기 충족을 위한 재고 운영 제품을 식별하고, 적정 재고 수준을 산정하는 사례를 제시하고자 한다.

2. 운영 모델

2.1 완제품 재고 운영 모델

완성차 업체에 공급하는 제품에 대해 재고 생산을 하는 이유는 고객 대응 및 만족도 향상을 위한 의사결정으로 볼 수 있다. 그런데 이와 달리 제품을 생산하는 생산성 관점에서도 재고 생산을 고려하여, 생산성 관점에서 유리하도록 적은 양으로 자주 생산하는 것을 많은 양을 적게 생산하는 것으로 유도하고자 한다. 즉 다시 말하면 생산성 향상을 목적으로 재고를 운영하고자 하는 것이다.

이를 위해 먼저 재고 생산 대상 제품을 선정하고자 하며, 이는 생산성에 영향을 많이 주는 제품을 찾는 것

과 같은 의미이다.

재고 생산 대상 제품의 선정 절차는 네 개의 단계를 거쳐 진행된다.

첫 번째로 생산성에 영향을 많이 주는 제품을 찾기 위해 생산이 어려운 즉 애로 공정 (bottleneck)을 찾는 방안을 고려하였다. 애로 공정을 찾고 해당 공정을 간헐적으로 통과하는 제품을 생산성에 영향을 많이 주는 제품으로 산정하는 것이다. 애로 공정을 찾는 방법에 대해서는 여러 선행 연구[2]가 진행되었고 이중 data 가용성 측면에서 유리한 utilization 방법을 활용하였다.

<Table 2> method for identification bottleneck line

Method	references
Utilization	Hopp, Spearman 2000
Active Period	Roser et al. 2001
Inactive Period	Sengupta et al. 2008
Arrow	Kuo et al. 1996, Chiang et al. 2001
Turning Point	Li et al. 2009
Average Waiting Time	Faget and Herrmann 2005
Longest Waiting Time	Law and Kelton 2000
Longest Queue	Lawrence and Buss 1994
OTE method	Muthiah, Huang 2007

애로 공정을 통과한다는 것은 최종 제품을 생산하기 위한 중간재인 자재를 생산한다는 의미로 생산 애로 공정을 통과하는 것은 생산이 그 만큼 어렵다는 것을 의미할 수 있을 것이다.

두번째로는 생산 애로 공정의 발견 결과를 토대로 애로 공정에서 생산되는 자재 중 생산이 어려운 자재를 찾는다. 생산이 어려운 자재를 찾는 방법은 생산 계획 대비 실적을 비교한 생산 계획 준수율로 판단한다. 과거 3개월 주간 단위 생산 계획 준수율의 평균이 50% 미만인 자재를 대상으로 하였으며, 이렇게 찾은 자재를 애로 자재라고 부르기로 한다.

세번째로는 애로 자재를 사용하는 제품을 찾아 이를 재고 생산 대상 제품으로 한다. 다단계 BOM 구조를 가지는 제품을 생산하는 경우 고객에게 판매되는 최종 완제품 하위 레벨의 자재를 가지게 되며, 하위 레벨의 자재 중 애로 자재가 존재하는, 즉 애로 자재를 사용하는 완제품을 재고 생산 대상 제품으로 한 것이다.

네 번째 단계는 재고 생산 대상으로 선정된 제품에 대한 재고 생산을 운영하는 것인데, 생산량은 batch size와 수요 예측 정보를 기반으로 수행하였다.

재고 생산 운영에 대해서는 모델을 구체적으로 정의하였다.

Dt,i : 제품 i의 t기 수요량 (i=1,2,3,...,m, t=1,2,3,...,n)
Pt,i : 제품 i의 t기 생산량
ISt,i : 제품 i의 t기 기초 재고량
IEt,i : 제품 i의 t기 기말 재고량
Lt,i : 제품 i의 t기 생산 batch(lot) size
NLt,i : 제품 i의 t기 생산 batch(lot) 개수
CPi : 제품 i의 생산batch(lot)별 생산 원가
CIi : 제품 i의 단위 수량당 재고 유지 비용

$$\min \sum_{t=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}\left\{ NL_{t,i}\,CP_i + \left(\frac{IS_{t,i}+IE_{t,i}}{2}\,CI_i \right) \right\}$$

$$s.t$$

$$NL_{t,i} = \frac{P_{t,i}}{L_{t,i}}$$

$$IE_{t-1,i} = IS_{t,i}$$

$$IE_{t,i} = IS_{t,i} - D_{t,i} + P_{t,i}$$

생산 원가와 재고 유지 비용의 합을 최소로 하는 것을 목적식으로 하는데, 첫 번째 제약 식은 생산 수량은 배치(lot) size의 배수로 한다는 제약조건이며, 다음은 전기 기말 재고가 당기말 기초 재고가 되는 것을 표현하고 있다. 이때 최초 재고(IE0,i))는 전월말에 재고 실사를 수행한 값으로 활용된다. 마지막 조건은 기말재고는 기초재고에서 수요를 차감하고 생산량을 더하는 것을 의미하며, 이는 당기 생산 착수 물량은 당기에 완료된다는 전제로 하고 있다.

적용 모델을 정리하면 다음과 같다.

1단계. 애로 공정 선정
2단계. (2)애로 공정에서 생산되는 자재 중 간헐적으로 수요가 발생되는 자재 식별 (애로자재라고 칭함)
3단계. 애로자재를 사용하는 완제품 식별
4단계. 재고 운영 대상 제품에 대한 재고 수준 산정

본 완제품 재고 운영 모델의 적용을 위해서는 몇 가지 전제 사항이 고려되어야 한다. 공정의 구성은 전체 공정이 흐름 생산(flow shop)으로 구성된 경우가 아닌 job shop 인 것을 전제로 한다. 또한 배치 생산이 존재하여 배치 별로 준비 교체(set-up) 시간이 존재한다고 보았다. 그리고 모델의 적용을 위해서는 생산 운영에 대한 정보가 data로 관리되어야 하는데, 관리되어야 하는 정보로는 생산 실적에 대한 이력(공정 별 제품별 생산 착수 및 완료 시간, 수량), 완제품 출고 이력(제품별 출고 일자, 수량), 제품 구조 및 자재 소요량 (BOM,

Bill of material), 자재 입고 배치 크기 (포장 단위) 및 제품 별 판매계획 정보이다. 이중 제품 별 판매 계획은 관리되지 않는다면 제품 별 과거 출고 이력으로 대체가 가능하다.

2.2 공정간 재고 운영 모델

다음은 공정간 재고에 대한 운영 모델로, 제조 업체들이 가지고 있는 일련의 공정들이 존재하고 각 공정들 간의 운영을 원활하게 하기 위해 공정 중 재고를 보유하게 되는데, 즉 완제품이 아닌 반제품 형태의 재고를 의미한다. 공정간 생산 능력의 불균형이나 생산 흐름 단위(생산 배치 크기)로 인하여 발생하게 되는데, 공정 간 흐름의 불균형이 발생하였는데, 공정 중 재고가 없는 경우 해당 공정은 일시적으로 생산할 수 있는 대상이 없는 경우가 발생한다. 생산을 수행하는 현장에서 주요 지표로 생산성을 관리하게 되는데, 생산 대상이 없는 경우 생산성 지표는 나빠질 수밖에 없다. 따라서 대부분의 제조 현장에서는 생산성 지표를 지키기 위해 공정 중 재고를 가져가게 되는데 실제 고객의 수요 수준보다 생산성 관점에서 운영하는 경우가 발생하여 필요하지 않은 재고를 가져가게 되고, 이는 주요한 낭비 요소가 되는 것이다.

준비교체는 생산을 하기 위한 준비 과정인데, 동일 제품을 연속적으로 많이 생산할수록 전체 준비교체 시간은 감소하게 된다. 즉 배치 크기가 커질수록 생산에의 부하가 감소하게 되는 것이다. 그러나 배치 크기가 커지면 생산량이 필요량보다 많게 되고 이에 따른 보관 비용이 발생하게 된다. 또한 생산량에 따른 생산 비용도 발생하게 된다. 전기의 재고량과 당기 생산량의 합은 당기 수요와 재고 수량을 합한 것과 같게 된다. 또 각 공정은 생산능력(capacity)를 가지게 되고 이를 넘어서 생산을 할 수는 없게 된다.

모델 적용에 대해 단계별로 정리하면 다음과 같다.

1단계. 고객 수요(n공정 수요)기반 최종(n번째 공정) 공정 재고 생산 수량 및 생산계획 결정

2단계. n번째 공정 생산계획 기반 MRP 수행으로 n-1 번째 수요량 결정 (n-1 공정 수요)

3단계. n번째 공정 생산 제약 (생산 능력 및 배치 크기)을 고려한 재고 운영 수량으로 산정

4단계. 마지막 공정에서 역으로 첫 번째 공정까지 1~3단계 반복 수행

공정간 재고 발생은 생산 Capacity의 한계로 필요 시점보다 선행해서 생산하는 경우 발생하는 경우이다. 즉, 생산 Capacity의 한계가 발생하는 경우 사전에 생산하여 재고가 발생하게 되는데, 선행 생산에서도 Capacity의 한계가 발생하면 생산 대응이 불가능하게 되는 것이다. 실제 운영에서는 생산 대응이 불가능한 경우 외부의 협력 업체에 의뢰하는 것으로 운영되어 외주 생산에 대한 비용이 발생하게 된다. Capacity 부족에 의한 물량을 선행 생산으로 재고로 운영하여 외주 비용을 절감하고자 하는 것이며, 재고 유지 비용과 외주 생산으로 인한 추가 비용을 비교하여 효과를 분석할 수 있다.

본 공정간 재고 운영 모델의 적용을 위해서는 몇 가지 전제 사항이 고려되어야 한다. 완제품 재고 운영 모델과 마찬가지로 공정의 구성은 전체 공정이 흐름 생산(flow shop)으로 구성된 경우가 아닌 job shop 인 것을 전제로 한다. 또한 배치 생산이 존재하여 배치 별로 준비 교체(set-up) 시간이 존재한다고 보았다. 준비 교체 시간은 공정별 필요 시간 산정 시 활용되므로 준비 교체 시간에 대한 정보도 관리되어야 한다. 모델의 적용을 위해서는 생산 운영에 대한 정보가 data로 관리되어야 하는데, 관리되어야 하는 정보로는 생산 실적에 대한 이력(공정 별 제품별 생산 착수 및 완료 시간, 수량), 완제품 출고 이력 (제품별 출고 일자, 수량), 제품 구조 및 자재 소요량 (BOM, Bill of material), 자재 입고 배치 크기(포장 단위) 정보이다. 또한 각 공정별 부하를 고려하여 재고 운영 물량을 결정하는 모델이므로, 부하에 대한 측정이 가능하여 한다. 특히 동일 제품이라도 다른 공정에 작업할 경우 소요 시간이 달라 질 수 있으므로 제품의 공정별 작업 시간 정보가 관리되어야 한다. 마찬가지로 동일 제품이더라도 공정 혹은 선행 생산 제품에 따라 준비 교체(set-up)시간이 상이할 수 있으므로 경우에 따른 준비 교체 시간 정보가 관리되어야 한다. 또한 공정 별로 주간만 운영한다든지 주간 및 야간을 운영한다든지 잔업을 운영 하는지에 대한 운영 방식에 따라 가용 시간이 달라질 수 있으므로 공정 일자별 가용 시간이 관리되어야 한다. 작업시간, 준비교체 시간, 가용 시간 모두 각 공정의 부하를 산정하기 위한 값으로 활용된다. 부하 산정은 필요 물량이 특정 공정에 작업이 진행된다는 전제로 계산이 되므로 생산이 필요한 각각의 제품이 어느 공정에서 작업이 되어야 한다는 정보(일반적으로 라우팅으로 관리되는 정보)도 관리되고 있다는 전제 사항이 있다. 또한 특정 제품을 어느 작업장에서 작업하는 것인지에 대한 의사결정은 공정 스케쥴 수립에 대한 문제이므로 본 연구에서는 다루지 않고 특정 제품은 특정 공정에서 작업되는 것으로 결정되어 있다는 전제 사항을 가

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

지고 있다. (실제 모델의 시뮬레이션 적용에서는 공정 스케쥴 수립 업무가 있어 담당자가 이를 조정하는 업무 절차가 존재하였다.)

3. 모델 적용 결과

사례의 기업은 자동차 부품 업체로 단일 제품군에서 출고 제품 종류가 1,000여개에 이른다. 이는 다품종 소량 생산을 통해 다양한 고객의 요구 사항을 대응하는 것을 전략으로 운영한다고 할 수 있을 것이다. 또한 다른 업체와의 경쟁에서 비교 우위를 차지하기 위해서 최소 주문 단위를 운영하지 않고 1개 이상의 모든 고객 주문을 수용하고 있었는데, 이는 일반 부품 공급자 시장의 특성을 반영한 전략으로 일반 부품 업체는 다양한 부품을 소량으로 구매하여 실 소비자를 대응하는 소매 업체의 특성을 가지고 있기 때문이다.

생산 형태는 배치 형태를 가지고 있으며 2개의 제품군 (A,B제품군)을 가지고 있으며 최대 4개의 공정을 거쳐 완제품을 생산하게 된다.

3.1 완제품 재고 운영 모델 적용 결과

1단계. 애로 공정 선정

완제품 기준으로 2개의 제품군 A제품군, B제품군에 대해 분석하였다. A제품군은 4개의 공정(A-B-C-D)별 2013년 이후 월별 가동률 데이터를 분석하여 가동률이 가장 높은 C공정을 애로 공정으로 선정하였다. C공정은 70~80%의 가동률을 보이고 있는 나머지, A, B, D 공정과는 달리 90% 후반의 가동률로 운영되어 부하가 높은 것으로 판단하였다.

<Table 3> Finding bottleneck process

Process	Utilization
A	76.44%
B	79.25%
C	**94.15%**
D	87.52%

B제품군은 3개의 공정(A-B-D, C공정은 거치지 않음)으로 진행되며, 2013년 이후 월별 가동률 데이터를 분석하여 가동률이 가장 높은 B공정을 애로 공정으로 선정하였다. 그리고 협력업체에서 공급하는 P자재도 공급에 문제가 많이 발생하고 있어 P자재를 공급하는 협력업체도 애로 공정으로 선정되었다.

2단계. 애로 자재 식별

A제품군 C공정을 거쳐 생산되는 H자재는 1,112개인 완제품의 종류보다 많은 1,116개의 품목으로 구성되어 있었다. 완제품과 자재의 숫자 차이는 완제품과 자재의 관계는1:1이 아닌 n:m으로 완제품 1개에는 복수개의 자재가 사용될 수 있으며, 하나의 자재는 여러 개의 완제품에 사용될 수 있기 때문이다. 이중 과거 3개월 주간 단위 생산 계획 준수율의 평균이 50% 미만인 219개의 애로자재를 식별하였다.

B제품군의 P자재는 100개의 자재를 애로자재로, D자재는 120개 자재를 애로자재로 선정하였다.

3단계. 애로자재 사용 완제품 식별

애로자재를 사용하는 완제품의 식별은 BOM의 역전개를 통해 진행하였으며, 애로자재 이외 일반 자재도 사용 가능한 완제품은 존재하지 않았다. A제품군의 경우 219개의 애로자재를 사용하는 제품은 41개로 분석되었다. B제품군의 경우 애로자재인 P자재 100개와 D자재 120개를 하나라도 사용하는 완제품을 식별하여 전체 137개로 도출되었다. 도출된 완제품을 재고 운영 대상 제품으로 선정하였다. 즉, 고객 주문에 기반하여 생산되는 주문생산방식(MTO)제품이지만, 고객 대응을 위해 재고로 주문 없이 선행 생산 하는 대상으로 결정된 것이다.

<Table 4> Final production related to critical materials

Product group	Process	Bottleneck material	number of final production
A	C	219	41
B	B	120	137

4단계. 재고 운영 대상 제품에 대한 재고 수준 산정

자재의 생산 배치 크기와 완제품 수요 정보를 기반으로 재고 수준 산정하였다. 즉 식별된 애로자재 사용 완제품은 생산 수요 정보를 기반으로 생산 배치의 배수로 생산이 될 수 있도록 한것이며, 실제 수요 대비 배치를 고려하여 초과 생산된 물량을 선행 생산물량으로 하여 재고 운영 대상으로 선정한 것이다.

모델의 적정성을 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 과거 출고형태와 유사한 빈도, 평균 물량을 기반으로 난수 발생하여 demand 생성하였으며, 생성된

demand에 대해 재고로 대응 가능하도록 재고 유지하도록 하였다. 기존안으로 기초재고와 수요 예측 물량을 고려하여 부족한 양 만큼 생산하는 방식을 적용하였고, 개선된 대안으로는 기초 재고 수준이 최소 재고 수준에 미치지 못할 경우 생산을 하도록 하는 안을 적용하였다. 두 경우 모두 고객 수요에 대한 납기는 100% 충족한다는 전제를 두었다.

기존안. 수요 예측 물량으로 생산여부 및 수량 결정
변경대안. 최소 재고 수준으로 생산여부 및 수량 결정
시뮬레이션 결과 변경 대안은 기존안 대비 재고 증가는 발생하였지만, 생산 감소로 인하여 전체 비용은 감소하는 것으로 분석되었다.

<Table 5> Result of model simulation

	Before	After	Gap	Cost
number of product	1,199	674	525	1,253,345
Inventory	2,163	19,711	-17,548	- 516,316

3.2공정간 재고 운영 모델 적용결과

공정간 재고 운영 모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 각 단계별 수행 결과는 다음과 같다. 완제품 재고 운영 모델은 제품군별로 산정하였지만, 공정의 운영은 제품군과 상관없이 혼용되어 운영되므로 제품군에 대한 구분 없이 모델을 적용하였다. 적용된 수요는 2개월 동안의 일별 값이며, 공정별 수요도 동일하게 2개월 일자별로 수량을 산정하였다.

1단계. 최종 공정 재고 생산 수량 및 생산 계획 결정
최종 공정의 재고 생산 수량 및 생산 계획을 산정하는 것으로 출발한다. 최종 공정의 재고 생산 수량 및 생산 계획은 해당 공정의 수요에 의해 결정되는 데, 이는 결국은 고객 수요와 일치하게 된다.

2단계. 공정 별 수요 산정
수립된 공정별 생산계획에 기반한 MRP(자재소요계획)수행으로 선행(이전)공정의 수요량(n-1 공정 수요)을 산정한다. 고객 수요를 바탕으로 계산된 최종 공정의 생산계획을 바탕으로 3rd 공정의 수요량을 산정한다. 공정간에는 이미 재고가 존재하고 3rd 공정에서 작업 중인 생산량도 있으므로 이를 모두 고려하는 것이 MRP의 수행이다.

3단계. 공정 별 재고 생산 수량 및 생산 계획 수립
다음 단계에는 첫 번째 공정까지 step 1, 2 반복 수행하여 재고 수준 및 생산 계획을 수립한다. 3rd 공정의 수요는 Final 공정의 생산 계획을 바탕으로 MRP를 수행하여 산정하고, 2nd 공정의 수요는 3rd 공정의 생산 계획을 기반으로 MRP를 수행하고, 첫 번째 공정인 1st 공정은 2nd 공정의 생산 계획을 기반으로 MRP를 수행하여 산정하였다. 본 연구에서의 MRP 수행은 SAP ERP(전사적 자원관리)프로그램을 이용하여 수행하였다.

4단계. 공정별 재고 운영 수량 결정
앞서 적용 기업 공정은 A-B-C-D로 구성되어 있다고 기술하였었는데, A공정은 생산 Capacity의 부족이 발생하지 않는 공정으로 대상에서 제외하였다. B, C, D 공정은 생산 Capacity 부족을 고려한 선행 생산으로 재고 운영을 하는 대상으로 하였고, A공정은 공정 배치 크기로 인해 발생하는 재고 운영 방식을 적용하였다.

공정별 생산계획에서 수요를 제외한 수량을 재고 운영 수량으로 결정한다. 각 공정의 수요에서 공정별 배치 크기, 생산 능력 초과 물량을 고려하여 선행 생산하도록 생산 계획을 수립하게 되며 선행 생산된 물량이 재고 운영 수준이 되는 것이다. 즉 각 공정별 생산 능력 제약(생산 Capacity)를 고려하여 재고로 선행 생산해야 할 물량을 결정하는 것이다. 그런데 선행 생산으로 Capacity의 부족을 대응한다는 생산 운영 전력에는 한계가 존재하게 되는데, 미리 선행 생산을 운영한다는 전제가 그 것이다. 즉, Capacity가 여유 있는 시기에 나중에 필요한 물량을 미리 생산한다는 것인데, 여유 있는 시기가 없을 수도 있다는 것이다. 이는 각 공정의 생산 Capacity가 절대적으로 부족한 것으로 판단될 수 있다. 이 경우 생산 시기의 조정이나 재고 운영으로도 대응이 안 되는 '절대적 생산 능력 부족' 상태인 것이다.

따라서 본 시뮬레이션에서는 각 공정의 재고 운영 수준을 산정하기 전에 '절대적 생산 능력 부족' 여부를 판별하였다. 실제 업무적으로는 '절대적 생산 능력 부족'인 것으로 판단이 되면, 내부 공장에서의 생산 이외의 방안이 고려되어야 하는 것이다. 일반적인 기업체에서는 외주 공장에 맡긴다든지, 외부 인력이 자사 공장에 추가 투입된다든지의 대안으로 운영이 되는데, 이러한 '절대적 생산 능력 부족'으로 별도 운영 대안이 수립되어야 하는 물량의 크기도 생산 운영 측면에서는 중요한 의미를 가질 것이다. 다만, 본 연구에서의 초점은 재고 운영 수준에 있으므로 '절대적 생산 능력 부족' 물량을 제외하고 재고 수준을 산정하였다.

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

산출된 수요량을 기반으로 필요 물량에 대해 공정별, 제품별 작업 시간과 준비교체 시간을 고려하여 생산 Capacity를 넘어서는 생산이 불가능한 물량을 판별하였다. 어떤 제품이 생산이 불가한지는 제품별 우선순위에 의해 식별되었다. 전체 수요량의 38.7%의 물량이 생산 Capacity의 한계로 필요한 일자에 생산이 불가능한 것으로 산정되었다. 이에 선행 생산을 고려하였고, 필요 일정보다 여유가 있는 공정/작업장에서 선행 생산하도록 하여 생산 불가 물량의 47.6%에 대해 생산이 가능하도록 하는 결과를 도출하였다. 전체 수요량 대비 38.7%가 생산 Capacity로 생산이 어려운 상황이었는데, 재고 운영을 통해 전체 물량의 81.6%를 충족할 수 있는 결과를 도출한 것이다.

<Table 6> Cost analysis by model (1,000 KWR)

Process	Original cost (before)	Cost decrease by model	Cost increase by model
B	2,574,945	1,405,876	131,800
C	265,282	154,129	38,532
D	196,569	14,228	4,268
Total	3,036,797	1,574,234	174,601

위의 표는 외주 생산 진행으로 발생하는 추가 금액과 선행생산으로 인한 재고 운영으로 인한 절감금액, 그리고 재고 운영으로 발생하는 재고 유지 비용을 비교한 것이다. 공정 별로 원가나 외주 생산 금액의 차이가 있어 공정별 금액을 산정한 이후 전체를 집계하였다. 생산 Capacity로 인한 생산 불가 물량을 외주생산하게 되면 30억 정도의 추가 금액이 발생하게 된다. 이를 선행생산으로 전환하여 재고 운영 시 15억 정도가 절감된다. 재고 운영 비용 1.7억을 고려해도 절감되는 금액이 적지 않음을 알 수 있다. 앞에서도 기술하였던 대로 본 시뮬레이션은 총 2개월을 대상으로 하였으므로, 월간 6.65억 정도가 절감된다고 할 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

제시된 모델을 이용하여 생산 횟수를 절감하여 생산 원가를 줄일 수 있는 것으로 분석되었다. 이는 고객 납기 충족이라는 목적에 충실한 결과라고 할 수 있다. 다만, 평균 재고 보유 일수는 다소 증가하게 되는데, 이는 고객 만족이 우선적인 목적일 경우의 기업 현실을 감안하면 현실적인 대안이라고 할 수 있을 것이다. 더구나 재고 보유 일수의 증가로 인한 비용보다 생산 횟수 감소로 인한 생산 원가 감소가 더 큰 것으로 분석되었으므로 전체 비용은 절감되었다고 할 수 있다. 적정한 재고를 산정하여 필요하지 않은 과다 재고 운영을 방지하고, 수요 대응에는 지장이 없도록 하는 본 연구의 목적은 달성했다고 할 수 있다. 또한 본 연구는 실제 기업들이 적용하기에 유용하도록 복잡한 모델보다는 단계적 진행할 수 있는 업무 프로세스를 수립하였다. 이는 산업 현장에서 어렵지 않게 활용할 수 있다는 것을 기대할 수 있을 것이다.

본 연구는 업체 내부의 완제품 재고 및 공정간 생산 제약을 고려한 공정 중 재고 수준에 대해 연구를 수행하였다. 즉, 공급 업체의 재고 수준에 대해서는 고려하지 못하였지만, 향후에는 대상 기업의 해외 공장을 포함한 복수 공장에 대한 운영 모델과 공급사 재고 운영 수준을 고려한 업체간 협업 관계에서의 최적화 연구를 계속적으로 진행할 예정이다. 이러한 연구는 대상 기업의 국내외 공장과 협력사의 재고 수준을 최적화하여 공급 사슬 전체에 대한 적정 재고 수준을 운영하는 데에 기여할 수 있을 것이다.

5. References

[1] 정기호(2007), 자동차부품산업의 수요 및 공급불확실성과 공급사슬 유형의 적합성에 관한 연구, Journal of the Korean Society of Supply Chain Management

[2] David W. Pentico, Matthew J. Drake, (2011)A survey of deterministic models for the EOQ and EPQ with partial backordering, European Journal of Operational Research, 214

[3] JC.E. Betterton, S.J. Silver (2012), Detecting bottlenecks in serial production lines, International Journal of Production Research, Vol. 50, No. 15

[4] Roger M .Hill (1999), The optimal production and shipment policy for the single-vendor single-buyer integrated production-inventory problem, International Journal of Production Research, Vol.37, pp.2463-2475

저 자 소 개

김 중 회

한국과학기술원 산업경영학과 학사 취득. 포항공과대학교(포스텍) 산업공학과 석사 취득 후 현재 명지대학교 산업경영공학과 박사 과정 중.
관심분야 : 재고관리, 생산계획, SCM, ERP 시스템 등

주소 : 경기도 용인시 처인구 명지로 116, 명지대학교 산업경영공학과

김 영 춘

경북대학교 건축공학과를 졸업하고 성균관대학교 과학기술대학원 석사를 취득하였으며 명지대학교 산업경영공학과 박사과정 중에 있다.
현재 바로건설기술에서 신기술개발 및 기술영업 임원으로 재직하고 있다.

주소 : 서울시 강동구 풍성로 38길 9 바로빌딩

강 경 식

인하대학교 산업공학과에서 학사·석사·박사와 연세대학교·경희대학교에서 경영학 석사·박사 취득. North Dakota State Univ.에서 Post-Doc과 Adjunct Professor 역임. 현재 명지대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중. 주요 관심분야는 생산관리, 물류관리, 안전경영 등이다.

주소 : 경기도 용인시 처인구 남동 산 38-2 명지대학교 산업경영공학과