

다품종 수주생산형 장치산업의 생산/수주정책 평가를 위한
확정적 시물레이션 모형

Deterministic Simulation Model to Evaluate Production/Order Policies
in Multi-item Order-based Process Industry

최지영*, 임석철*, 노승중**

Ji-Young Choi, Suk-Chul Rim, Seung Jong Noh

*아주대학교 산업공학전공

** 아주대학교 경영학부

Abstract

본 연구에서는 다품종 수주생산형 장치산업에서 大 Lot의 분할생산, Lot간 setup을 포함하는 Loss time의 감축, 납기현실화, 선별적 수주정책 등 다양한 수주 및 생산정책을 평가하는 확정적 시물레이션 모형을 개발하였다. 평가기준으로는 수주일부터 생산일까지의 대기일과 납기준수율을 사용하였다. 사례연구로 A화학공장의 1999년도 수주데이터를 입력자료로 사용하여 모형의 타당성을 보이고 납기단축 및 납기준수율 제고를 위한 효과적인 대안을 도출하였다.

1. 서론

본 논문에서는 다품종 수주생산 체제에서 다양한 생산 및 수주전략이 주는 효과를 시물레이션으로 검증하여 리드타임을 줄이고 납기준수율을 높일 수 있는 전략대안을 도출한다.

화학제품 생산과 같은 장치산업은 설비의 특성상 생산 로트간의 가동준비 시간이 길고 생산라인간 호환성이 작아 유연성이 그리 높지 못하다. 이러한 이유로 생산 부문은 로트의 대형화 등을 통해 생산성 향상을 추구하게 되고, 자연히 영업부문이 추구하는 납기 준수와 상충하는 목표를 갖게 된다. 즉, 생산부문이 생산성을 추구하면 할수록 고객서비스 수준은 낮아지게 마련이다. 따라서 생산성과 고객서비스 수준을 적절히 조정하여 최적의 생산 및 영업전략을 수립해야 할 필요성이 있다.

수주에서 출하까지의 리드타임을 줄이고 납기준수율을 높이기 위해 영업과 생산부문이 택할 수 있는 전략은 여러 가지이다. 예를 들어 생산부문의 경우 라인의 생산 loss time을 줄이는 노력이 필요하며, 대형 로트를 분할하여 생산할 필요성이 있다. 또한 라인간 상호 교체성의 정도를 높여 유연성을 확보하는 방법도 필요하다. 영업부문의 경우 고객이 납기일에 정확히 출하해 나가도록 유도해야 하고, 고객을 선별적으로 우대하는 정책도 필요하다. 그러나 이러한 제반 조치가 납기준수율과 리드타임에 주는 영향을 계량적으로 측정하는 데는 한계가 있다. 본 연구에서는 시물레이션을 통하여 다양한 생산 및 수주전략이 리드타임 및 납기준수율에 주는 영향을 분석하여 적절한 전략 대안을 제시한다.

생산 리드타임 감축방안에 대한 이론적인 연구

는 그 동안 많은 부문에서 다양한 방식으로 행해져 왔고, 결과 또한 잘 알려져 있다. 반면에 납기 단축 혹은 납기준수를 위한 수주정책에 대한 연구는 찾아보기 힘들다.

본 논문에서는 납기 준수를 위한 생산 및 영업 전략의 도출을 위해 대표적인 케미컬 소재 제조업체인 A 기업을 대상으로 현황을 분석하고 시물레이션을 통하여 적절한 생산 및 영업정책을 도출하였다. 시물레이션에는 4,000 여 건에 이르는 1999년도 실제 수주데이터를 사용하였다. A 기업의 생산 및 수주 현황은 수주형 생산시스템의 일반적 특성을 반영하고 있으므로 그 결과로부터 생산 및 영업전략 수립을 위한 통찰력을 얻을 수 있다. 또한 신규 수주자료를 입수할 경우 기존 모형을 일부 변경 적용함으로써 여러 상정 가능한 대안을 쉽게 평가할 수 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 본 연구에서 대표적인 수주형 장치산업체인 A 기업의 개요를 생산과 영업부문을 중심으로 설명하고 문제 해결을 위한 접근방법을 기술한다. 제3장에서는 본 연구가 채택한 시물레이션 모델을 설명하고 분석 결과를 제시한다. 제4장에서는 결과를 요약하고 향후 연구방향을 제시한다.

2. 다품종 수주생산형 장치산업 개요

2.1 A사의 생산/영업현황 및 문제점

본 연구는 케미컬 중간제품을 생산하는 대표적 장치산업체인 A사를 대상으로 한다. 주로 플라스틱 사출물 제작에 쓰이는 플라스틱 소재(resin)를 생산하는 A사의 1999년도 생산 제품 수는 1,700여 종에 이르고, 전형적인 수주생산 형태이다. 외적으로는 공급과잉으로 고객이 주도하는 시장이고 가격경쟁이 치열하여 회사의 영업력이 매출을 좌우하고 있다. 그럼에도 A사가 수주하는 주문은 회사의 생산능력을 초과하는 수준이어서 일정계획에 어려움을 겪고 있다.

생산부문의 경우 생산설비의 유연성이 크지 않아 시장의 변화에 즉시 대응하지 못하는 한계를 갖는다. 특정 라인에서만 생산이 가능한 특정 품목이 존재할뿐더러, 동일 라인에서도 생산성 향상

을 위해 동일한 제품을 묶어 롯트 크기를 크게 하려는 경향 등이 그 예이다. 또한 수주에서 출하까지의 물류 흐름이 복잡하여 관리의 어려움이 있고, 제품의 종류에 따른 설비 할당도 복잡하다.

이와 같은 여러 원인이 복합적으로 작용하여 납기 준수율이 저조하고 완제품 재고가 증가하는 경향을 보이고 있다.

2.2 납기준수 현황 및 개선방안

수주시 고객이 요구하는 납기를 “요구납기”라 하고, 회사의 생산 여건을 고려하여 고객과 협의하여 조정된 납기를 “Confirm납기”라 한다. 1999년 A사가 수주한 총 주문 중 외주가공을 제외한 주문건수는 4,000여 건에 달했고, 이 중 약 53%가 납기를 조정하였다. 건당 평균 요구납기는 6일, 평균 Confirm 납기는 10일 정도로 고객의 요구를 제대로 수용하지 못하고 있음을 알 수 있다. 또한 위에서 설명한 여러 원인으로 인하여 1999년도에 월평균 요구납기의 23%, Confirm납기의 43% 정도를 준수하였다.

수주에서 출하까지는 평균 18일이 소요되었는데, 이 중 실제로 생산에 소요된 시간은 약 1일에 불과하고, 10일은 생산대기에, 7일은 출하대기에 소요되었다. 생산대기일수가 긴 이유는 생산능력에 한계가 있고 설비의 유연성이 낮기 때문이고, 출하대기일이 긴 이유는 고객이 생산완료 이후에도 출하를 미룬 때문이다. 따라서 생산부문에서는 생산 loss time의 감축, 생산롯트 소형화에 의한 유연성의 확보 등을 통해 생산대기시간을 줄일 필요가 있다. 영업부문에서는 고객에게 납기를 확약하고 준수해 주며, 그 대가로 고객이 납기일에 반드시 출하하도록 유도하는 영업전략을 고려할 필요가 있다. 또한 고객차별화를 정책을 시행하여 주요고객이 긴급주문을 낼 경우에도 납기에 차질이 없도록 영업전략을 모색해야 한다.

3. 전략 수립을 위한 시물레이션

3.1 시물레이션 시나리오

모의실험으로 검토한 시나리오는 다음과 같다.

(1) 납기에누리 제거: 수주시 고객이 주는 납기에 과장이 없다면(이를 용어정의에서는 “납기에누리”라 표현하였음) 실제 출하일에 맞추어 생산일정을 계획할 수 있고, 따라서 불필요한 생산라인 선점 현상을 방지하여 보다 납기가 짧은 주문을 우선적으로 처리할 수 있다. 그 효과로 단납기 주문의 납기를 보다 충실히 준수할 수 있다. 1999년 고객의 주문에 납기에누리가 전혀 없었다면 납기준수율은 어느 정도였겠는가?

(2) 생산 loss time 감축: 생산 로트간 가동준비시간 및 계획적인 비가동시간이 존재하며, 이 시간이 길수록 생산성이 떨어짐과 동시에 주문의 대기시간이 길어지게 된다. 또한 납기준수율도 떨어뜨리는 원인이 된다. 생산 loss time을 현행보다 10%, 30% 감축하면 납기 준수율은 얼마나 향상되는가?

(3) 대형로트 분할생산: 단일제품의 수주 물량이 대형이면 소형일 경우보다 생산 가동준비 시간을 많이 절약할 수 있어서 생산성 향상에는 도움이 되지만 장시간 생산라인을 점유함으로써 여타의 소형 로트 물량의 대기시간이 길어진다. 따라서 납기 준수율을 또한 저하되기 마련이다. 대형로트의 크기를 절반을 줄여 생산한다면 납기준수율은 얼마나 높아지겠는가?

(4) 선별적 고객우대 정책: 주요고객의 주문을 우선적으로 라인에 배정할 경우 주요고객의 주문 대기시간은 얼마나 줄어들겠는가?

3.2 컴퓨터 시물레이션 모델링

A사의 완제품 생산 공정은 총 11개의 라인으로 구성되어 있다. 수주한 제품은 할당 가능한 라인 중 대기열이 가장 짧은 라인에 투입함을 원칙으로 하였으며(Line Selection Rule), 각 라인에 대기하는 주문을 라인에 투입하는 우선 순위는 납기일이 빠른 순을 원칙으로 하였다(Job Selection Rule). 시물레이션의 입력자료로는 1999년 수주한 약

4,000 건의 주문자료를 사용하였으며 납기준수율이 실제와 같도록 loss time 비율 등 모델의 모수를 조정하였다.

모델 구축은 ARENA 3.5를 사용하였고, 수주 데이터가 가진 상세정보를 Attribute 형태로 READ하여 시스템이 가공하도록 하였다. Attribute 및 가공 정보 내용은 다음과 같다.

A(1) : 수주간격

A(2) : 수주일

A(3) : 생산량

A(4) : 요구납기일

A(5) : Confirm 납기일

A(6) : 제품 속성

A(7) : 단위당 이익

A(8) : 고객등급

C(j) : 라인 j의 CAPA{생산량(kg)/hr}

L(j) : 라인 j의 평균 loss time

N : 총 납기준수건수

TC : 단위당 이익의 총 합계

P_{jk} : 라인 j에서 주문 k의 생산소요시간

D_{jk} : 라인 j에서의 주문 k의 평균대기시간

EB(%) : 요구납기기준 준수율

EL(%) : Confirm 납기기준 준수율

$$(1) P_{jk} = A(3)/C(j) + L(j)$$

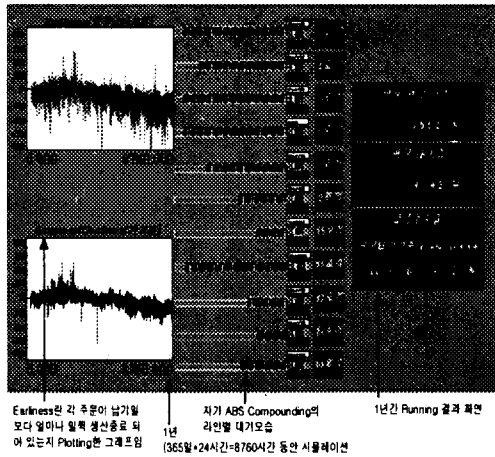
$$(2) D_{jk} = \sum_k [\text{생산종료일} - A(2)] / N$$

$$(3) EB(\%) = \sum_k (EB/N)$$

$$(4) EL(\%) = \sum_k (EL/N)$$

각 주문은 생산 특성에 따라 할당 가능한 라인이 제한되어 있고, 시물레이션에는 이러한 제약을 제품별로 반영하였다. 또한 각 라인별로 setup time과 계획적인 비가동시간을 포함한 loss time이 존재하며, 실제의 loss time을 모형의 모수로 반영하였다. 이를 구분하면 다음과 같다.

이상의 절차를 거쳐 완성한 시물레이션 모델을 수행한 동화면은 다음과 같다.



[그림 1] 시물레이션 동화면

3.3 시나리오 1: 납기에너지 제거

고객과 합의한 납기일 이전에 생산이 종료되었지만 출하는 납기일 이후에 발생할 경우 1차 출하일을 실제 납기일로 정한다. 즉, 실제로는 Confirm 납기일에 맞추어 생산에 투입되었지만 시물레이션에서는 1차출하일을 신규 납기로 보고 생산 투입 시점을 신규 납기에 맞추어 정하였다. 이럴 경우 불필요한 생산라인 선점을 방지하여 여타의 보다 납기가 짧은 주문을 먼저 생산에 투입할 수 있고, 따라서 전체적인 납기 준수율이 향상되는 것으로 판단된다. 시물레이션의 결과 납기에너지를 제거한 경우 1999년 실적 치보다 요구납기 준수율은 평균 23%에서 33%로, Confirm 납기 준수율은 평균 43%에서 50%로 향상되었고, 평균대기일수는 1%정도 증가하였다. 평균 대기일이 다소 증가한 이유는 납기에너지를 가진 주문이 실제로 다 생산에 늦게 투입된 까닭이다.

3.4 시나리오 2: 생산 loss time 감축

현행 loss time은 전체 가동시간의 10%미만이나, 이 loss time을 단축할 경우 생산성 및 납기준수율이 향상될 것으로 판단된다. 현재의 생산 시스템에서 10%정도의 loss time을 단축할 경우 1999년 실적 치보다 Confirm 납기 준수율이 평균 43%

에서 60%로 향상되었고, loss time을 30% 감축할 경우 Confirm 납기 준수율이 평균 80%로 향상되었다. 또한 평균대기일은 3일 정도 단축되었다. 다른 어떤 효율화정책 보다도 loss time의 감축이 납기준수율 제고에 큰 영향을 미친다는 사실을 알 수 있다.

3.5 시나리오 3: 대형 롯트 분할생산

단일제품의 수주 물량이 대형이면 소형일 경우보다 생산 가동준비 시간을 많이 절약할 수 있어서 생산성 향상에는 도움이 되지만 장시간 생산라인을 점유함으로써 여타의 소형 롯트 물량의 대기시간이 길어진다. 따라서 납기 준수율 또한 저하될 것이다. 본 시물레이션에서는 100톤 이상의 대형 롯트는 둘로 분할하여, 첫째 롯트는 D일, 둘째 롯트는 D+15일에 출하함을 가정하고, 각 롯트를 개별적으로 Job Selection Rule에 의거하여 라인에 투입하였다. 그 결과로 Confirm 납기 준수율이 43%에서 52%로 향상되었고, 평균 대기일에는 큰 변화가 없었다. 200톤 이상의 대형 롯트를 반으로 분할의 경우에는 100톤 이상의 롯트를 분할한 경우보다 납기준수율은 낮았으나 평균 대기일은 짧아지는 경향을 볼 수 있다. 이는 setup 횟수의 감소에 의한 효과로 해석된다

3.6 시나리오 4: 선별적 고객우대정책

모든 고객을 동일한 수준으로 대우할 경우 주요 고객의 대기시간이 길어질 수 있고, 회사의 고객관리 정책에 어긋날 수 있다. 본 연구에서는 고객을 총 주문물량 및 단위당 주문량, 주문 제품의 단위당 이익 등을 고려하여 A, B, C, D의 네 등급으로 구분하여 고객중요도 순으로 라인에 투입하는 Job Selection Rule을 책정하였다. 즉, A급 고객의 주문을 우선 생산하고 동일한 등급에서는 수주일이 이른 순으로 생산한다고 가정하였다. A등급 고객만 납기를 확약해 줄 경우 A등급 고객의 평균 대기일은 1/5로 감축되었고, A, B등급 고객만을 우대할 경우 평균 대기일은 1/2로 감소하였다. 그러나 이 경우 C, D등급 고객의 주문은 한없이

길어질 우려가 있어서 일정 기간이 경과하면서 C, D등급 고객의 주문을 생산에 투입하는 방식을 사용하였고, 이 경우 A, B등급 고객의 평균대기일은 다소 증가하는 경향을 보였다.

4. 결론

본 연구의 시물레이션 결과로 생산과 영업전략을 수립할 수 있는 시사점을 도출할 수 있다. 생산부문에서는 첫째로 loss time 감축을 위한 노력이 절대 필요하다. 분석 결과 다른 어떤 정책보다도 생산 loss time을 줄이는 것이 리드타임 감소와 납기준수를 제고에 큰 영향을 미친다는 사실을 검증할 수 있었다. 둘째, 대형 로트를 분할 생산하는 로트의 소형화가 필요하다. 로트를 소형화할 경우 가동준비 횟수가 증가하여 생산성이 저하되는 경향이 있지만 납기 준수율은 높아지는 경향을 볼 수 있다.

영업부문에서는 수주정책을 재정립하여 납기준수율을 높일 수 있다. 첫째, 고객과 협의하여 정한 납기일에 맞추어 생산하고, 고객은 생산완료 즉시 출하하도록 유도하는 정책(납기현실화, 납기에 누리제거)이 필요하다. 둘째, 대형로트를 분할 수주하는 전략이 필요하다. 대형로트 수주시 출하일 별로 로트를 나누어 수주한다면 로트 자연스럽게 로트 크기가 작아져서 대형 로트가 라인을 장기간 점유하는 현상을 방지할 수 있고, 따라서 여타 주문의 납기준수율을 높일 수 있다. 셋째, 고객을 선별적으로 대우하는 고객차별화 정책이 필요하다. 시물레이션의 결과 A등급 고객의 납기를 확실히 준수해 줄 경우 평균대기일이 1/5일로 감소함을 볼 수 있었다.

본 연구에서 시물레이션을 통해 도출한 생산 및 영업부문의 전략은 기업의 동종의 장치산업 내에서도 영업 및 생산 특성에 따라 달리 적용될 수 있다. 과거의 수주자료를 분석하고 시물레이션을 통해 여러 정책 시나리오가 주는 효과를 측정한다면 개별 기업에 적합한 정책 우선 순위를 정할 수 있고, 효과에 대비한 투자효율성도 측정할 수 있다.

참고문헌

- [1] 김철완 외, "국내기업환경을 고려한 SCM의 전략적 도입방안 연구", 정보통신정책 연구원, 1999. 12.
- [2] 신현표, 박성연, 이화기, "시물레이션 기법을 이용한 물류 시스템 개선에 관한 연구", 대한산업공학회/한국경영과학회 '92 논문집, Vol. 5, Iss. 1, 1992, pp. 1035
- [3] 이무성, 노형민, 강무진, "주문생산 체제에서의 동적 공정관리 시스템 개발: -금형고장의 수주 시물레이션 모형 제안", 대한산업공학회/한국경영과학회 '93 추계학술발표논문집, 1993, pp 459
- [4] 물류 매거진, 1999년 4월, p106 ~ 107
- [5] Ahmadi, J. and Tirupati, D., "An order analysis and rescheduling system", *Production Planning and Control*, Vol.7, No.1, 1996, pp. 86-95