

Application Case of Safety Stock Policy based on Demand Forecast Data Analysis

Hung-Su Park* · Woo-Yong Choi**†

*STOLLBERG & SAMIL CO., LTD.

**Department of Industrial & Management Systems Engineering, Dong-A University

수요예측 데이터 분석에 기반한 안전재고 방법론의 현장 적용 및 효과

박흥수* · 최우용**†

*스톨베르그 & 삼일 주식회사

**동아대학교 산업경영공학과

The fourth industrial revolution encourages manufacturing industry to pursue a new paradigm shift to meet customers' diverse demands by managing the production process efficiently. However, it is not easy to manage efficiently a variety of tasks of all the processes including materials management, production management, process control, sales management, and inventory management. Especially, to set up an efficient production schedule and maintain appropriate inventory is crucial for tailored response to customers' needs. This paper deals with the optimized inventory policy in a steel company that produces granule products under supply contracts of three targeted on-time delivery rates. For efficient inventory management, products are classified into three groups A, B and C, and three differentiated production cycles and safety factors are assumed for the targeted on-time delivery rates of the groups. To derive the optimized inventory policy, we experimented eight cases of combined safety stock and data analysis methods in terms of key performance metrics such as mean inventory level and sold-out rate. Through simulation experiments based on real data we find that the proposed optimized inventory policy reduces inventory level by about 9%, and increases surplus production capacity rate, which is usually used for the production of products in Group C, from 43.4% to 46.3%, compared with the existing inventory policy.

Keywords : Production Plan, Inventory Policy, Steel Company

1. 서 론

최근 제조업 분야에서 4차 산업 혁명 시대가 도래하고, 수작업에 의존했던 제조업의 공장 운영이 점차 스마트

공장을 통한 자동화를 추진하고 있으며, 다양해지는 고객의 수요를 만족시키기 위하여 새로운 원료 관리, 생산 관리, 출하 관리, 재고 관리 등의 노력을 경주하고 있다 [1, 2]. 특히 중소기업의 경우 생산능력은 한정되어 있고, 비효율적인 생산 일정계획 수립으로 인해 보유한 생산능력을 최대한 활용하지 못하여 납품 기한을 만족시킬 수 없는 경우가 종종 발생하고 있다. 납품 기한을 지키지 못함으로 발생하는 불이익은 중소기업의 생존에 큰 영향을

Received 24 July 2020; Finally Revised 7 August 2020;

Accepted 8 August 2020

† Corresponding Author : wychoi77@dau.ac.kr

초래하므로 생산 공정의 특성, 생산제약조건, 작업의 우선순위 등을 효율적으로 반영하여 공정의 생산능력을 최대한 발휘 할 수 있는 생산일정계획과 재고 정책을 수립하는 것이 필수적이다[3].

본 연구에서 다루고자 하는 S기업은 mold flux를 전문으로 제조하고 있으며, mold flux는 제철소의 제강공정에서 연속적으로 주조되는 mold에 도포되어 철강 표면 품질에 직접적인 영향을 미치는 필수 소모 자재로서 철강제품의 생산을 위하여 필요한 제품이다. 고객이 요청한 제품을 납품 기한 내에 생산해야 하지만 불규칙한 주문과 고객사의 사정에 의해 주문의 변경 그리고 고객사의 설비 고장 및 작업 여건 변화에 대응하기 위한 불규칙 요소들로 인해 주문 제품의 납기를 충족시키는 것에 현실적으로 많은 어려움을 경험하고 있다.

철강 제품의 생산 리드타임은 비교적 장시간이기 때문에 정확한 주문 예측은 안정적인 공장가동에 있어서 매우 중요한 요소라 할 수 있는데, 생산계획 담당자들이 시간적 제약과 생산계획업무 특성상 면밀한 검토를 하지 못하고 있다[4]. 주 고객사인 제철소의 주문 방식은 불규칙적이며 일부 고객사의 경우 일일공급계약이 체결되어 있어 주문 후 24시간 이내에 납품하여야 하는 제약 조건을 가지고 있으며, 제품은 표준품의 생산이 아닌 고객의 요구 조건과 사양에 맞게 설계되어 생산 판매되고 있다. 이로 인해 어떤 제품이라도 언제든지 신속하게 생산할 수 있는 많은 양의 원재료를 보관하고 있어 효율적인 원료 창고 관리가 되지 않고 있으며, 제품은 약 1개월분의 제품 재고를 확보하여 운영함에 따른 기회비용 상실과 매몰비용 등이 발생하고 있다. 이는 곧 회사의 경쟁력을 약화 시키는 요인이 되고 있어 원가절감을 통한 가격경쟁력 확보가 반드시 필요함과 동시에 고객의 다양한 비즈니스 요구와 까다로운 요구 조건을 충족하고, 공급사의 입장에서 고객 수요에 대응하는 적정 재고를 운영한다는 측면에서는 적정 재고의 유지관리가 필요하다.

본 논문에서는 ERP(Enterprise Resource Planning) 시스템에 축적된 과거 실제 출고된 실적 데이터를 기준으로 ABC 재고 관리 기법에 따라 제품을 A, B, C등급으로 분류하고 안전 재고 설정을 위해 안전 계수를 활용한 일반적인 안전 재고 산출 방식과 배치 생산 방식에서 적용할 수 있는 1회 표준생산량을 기준으로 한 새로운 안전 재고 설정 방식을 적용하여 안전 재고 결정 모델을 수립하고자 한다. 수요예측은 시계열 분석 예측 기법의 하나인 이동평균법과 단순 지수평활법을 활용하고자 한다. 새로운 수요 변화 시 신속히 적용할 수 있고 연구대상 기업의 특성에 적합한 평활 상수로 $\alpha = 0.3$ 을 적용하고, 1회

표준생산량과 12주 출고 이동 평균을 적용하여 예측을 시도한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 연구와 관련된 선행연구를 소개한다. 제 3장에서는 본 연구에서 대상이 되는 mold flux 제조공정을 소개하고, 생산계획과 연관된 데이터 분석과 연구 대상 제품의 결정, 재고 수준 결정 방법을 설명한다. 제 4장에서는 수립된 재고 정책의 시뮬레이션 분석 결과에 대한 검증과 효과를 기술한다. 마지막으로 제 5장에서는 본 연구의 결과를 요약하고, 연구의 한계점 및 향후 연구 방향에 관해 기술한다.

2. 선행 연구

최근의 중소 제조 기업들은 경쟁이 점점 심해지고 있으며, 고객들의 니즈는 실시간으로 변화되고 있다. 과거의 생산 체계인 소품종 대량 생산 체계에서 다품종 소량 생산 체계로 변해가고 있으며, 제품의 수명 주기는 점점 줄어들고 있다. 이로 인해 중소 제조 기업들은 ERP, MRP(Material Requirement Planning), MES(Manufacturing Execution System) 등과 같은 여러 가지 생산 정보 시스템을 도입하고 있으며, 기업의 현실을 고려한 기업 맞춤형 정보시스템 연구를 활발히 진행하고 있다[3, 5, 6].

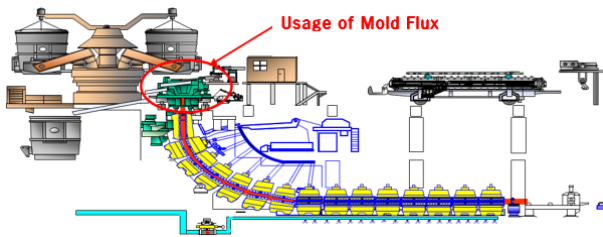
데이터 분석을 이용한 제조 환경의 고도화는 생산 현장에서부터 최고 경영진의 의사결정을 위한 가시성을 확보하므로 제조업의 제조, 제품 개발과 품질 보증, 원부자재의 조달과 물류, SCM(Supply Chain Management) 등을 효과적으로 계획, 통제, 분석하는 것을 가능하게 하였다[7]. 관련된 연구들을 살펴보면 Kim[8]에서는 데이터 분석기법을 활용한 품질혁신 방법론이 연구되었으며[9]에서는 제조분야에서 데이터 분석 활용에 대한 사례 연구를 바탕으로 MES를 위한 적용 모델에 대한 연구를 하였다.

선행연구로부터 알 수 있듯이 대부분의 중소기업은 ERP, MRP 등을 구축하여 데이터 분석 등에 활용하고 있지만, 그 활용도나 운영 측면에서 관리 기술이 매우 미흡하거나 부분적인 활용 형태를 취하고 있다. 정보시스템이 구축되어 활용하고 있더라도 축적된 데이터의 활용도는 떨어지며, 성과는 기대에 미치지 못하고 있는 실정이다. 다양한 품목의 제품을 생산하는 중소제조업의 경우 기존의 수많은 제조 데이터가 존재함에도 불구하고 이를 활용하지 못하고 있다. 이러한 현실을 개선하기 위하여 중소 제조 기업에서는 데이터 분석을 활용하기 위한 연구를 지속적으로 진행할 필요가 있다.

3. 데이터 기반의 재고정책

3.1 제조공정

S기업에서 생산하는 제품 중의 하나인 mold flux 제품은 주로 과립으로 생산되며, 고객사, 설비, 강종 등에 따라 사용되는 제품이 각각 다르며 수백 종류의 제품으로 구분되어 생산되고 있다. 과립형 제품은 주원료인 광물 10여종과 물을 혼합하여 고온의 스프레이드라이어를 이용하여 건조시킨 후 포장하는 공정을 거쳐 생산되고 있다. 이렇게 생산된 mold flux는 철강 산업에서 연주 공정 중 <Figure 1>과 같이 사용된다. 판매 형태는 일반 소비자를 대상으로 하는 B2C(Business to Consumer)의 형태가 아니라 B2B(Business to Business)의 형태이다.



<Figure 1> Usage of Mold Flux in Steel Manufacturing Process

S사의 효율적인 생산 운영을 위한 인프라 구축이 2005년 이루어졌는데 MES를 자체 구축하여 생산 현장의 원료 투입에서 제품의 입고에 이르기까지의 과정을 전산화하였다. 2010년에는 ERP를 자체구축하고, 2015년에는 좀 더 진보된 ERP로 업그레이드 하였으며, 생산 현장에 설치된 각종 설비와 작업자 간 인터페이스를 위해 HMI(Human Machine Interface)를 운영 중에 있다. 자체 구축된 ERP는 인사관리, 회계관리, 기술정보, 영업관리, 생산관리, 자재관리, 사업계획의 7개 영역으로 구분되어 있으며, 과거 엑셀로 관리되던 생산관련 자료를 IT(Information Technology) 시스템을 통해 관리하도록 하여 정보의 정확성, 가시성, 신속성 등을 확보하였으며, 정보수집의 시간 단축을 통해 좀 더 효율적인 의사결정이 가능하게 되었다. 하지만 생산 관리에 반드시 필요한 생산 계획은 현재까지도 담당자의 경험과 과거의 know-how에 의해 수립되고 있어 효율적인 생산계획 작성에 필요한 정보는 부족한 실정이다.

3.2 분석 절차 및 전제조건

일반적으로 생산계획을 수립함에 있어 주문생산과 예측생산에 따라 생산계획의 수립 방법이 차별되어 적용되어야 하는데, 본 논문에서는 예측 생산을 주로 하는 연구

대상 기업의 특성을 고려하여 예측 생산에 필요한 사항만 고려하였다. 데이터 분석 기반의 재고정책을 수립하기 위한 절차로는 다음과 같다.

첫째, 판매계획에 대한 수요예측의 정확도를 최대화하기 위해서는 과거 판매실적 데이터를 기초로 한 알고리즘에 의한 수요예측에 대한 정확도 향상이 필요하고, 고객 밀착 협업, 고객사의 생산 정보 수집, 영업목표관리 등이 필요하다.

둘째, 재고관리의 효율화가 필요하며, 이를 위해서는 각 기업에 맞는 적정재고, 최대재고, 안전재고, 고객서비스 수준 등에 대한 설정이 필요하고, 이는 과거 실적 데이터에 기반을 둔 지수평활법 적용과 주요 제품을 선정하기 위해 ABC 관리 등을 활용한다.

셋째, 생산계획의 최적화를 진행한다. 생산량이 늘어나면 생산 준비 비용이 감소하는 반면 재고 비용은 증가한다. 그러므로 제조비용과 생산량을 고려한 최적의 재고정책을 수립하여야 한다.

재고 산출 방식의 전제조건은 발주 방식, 1회 표준 생산량, 생산 주기, 납기 만족 확률, 수요 예측 기간, 평활상수, 안전 계수로 구성되며 <Table 1>과 같이 정리한다.

<Table 1> Basic Assumptions

Item	Condition
Replenishment Policy	(s, Q) policy
Production Quantity	14 tons per batch
Basic Production Cycle	2 weeks for Group A 4 weeks for Group B Case-dependent for Group C
Satisfactory Level for On-Time Delivery	90% for Group A 85 % for Group B No guarantee for Group C
Base Data Period for Demand Forecast	12 weeks
Smoothing Constant	$\alpha = 0.3$
Safety Factor	1.28 for Group A 1.0 for Group B 0 for Group C

<Table 1>에서 안전 계수는 수요량의 분포가 정규분포를 따른다고 가정하여 구한 값으로써 납기 만족 확률이 정규분포의 누적분포 확률과 일치되는 경우의 수요 예측치로부터 평균값을 빼고 이를 표준편차로 나눈 것이다.

3.2 안전재고 모델

대부분의 제조업에서는 납기 준수와 재고 감소를 위해 안전재고 수준을 설정하는 것은 매우 중요하다. 본 연구에서는 이미 제안되었던 안전재고 모델을 응용하여 lot

단위 제품 생산을 하는 사례 기업에 맞는 안전재고를 산출하고, 이를 기준으로 안전재고 최적화 모형을 제시하고자 한다.

과거 12주간의 각 제품의 판매실적의 평균이 전체 평균 수량에서 차지하는 비중을 확인하여 각 제품이 차지하는 가중치를 구할 수 있다. ABC 등급관리를 사용하여 <Table 2>와 같이 제품별로 등급을 구분하였다.

<Table 2> Grades A, B and C

Group	Percentile(%)	Explanation
A	70	Up to first 70 % of portion of sales
B	90	Up to next 20 % of portion of sales
C	100	Remaining products

안전재고의 설정 목적은 이전에 발생한 출고실적 정보에 대한 모니터링과 안전재고 수준을 관리함으로써 미래의 생산계획에 대한 예측을 통해 생산계획의 중요한 문제인 제품 품질 예방과 과잉공급에 대한 문제를 해결하고자 하는 목적을 가진다. 안전재고를 산출하는 방식으로 연구대상 기업이 장치산업에 속하며, lot 별 연속생산 하는 기업의 특성을 고려하여 <Table 3>과 같이 2가지를 적용한다.

<Table 3> Safety Stock Calculation

Policy	Calculation
SP1	one production quantity+average+standard deviation ×safety factor
SP2	standard deviation×safety factor× $\sqrt{\text{lead time}}$

<Table 3>에서 SP2는 1주간의 수요예측량의 표준편차와 안전 계수 그리고 리드타임을 이용하는 전형적인 안전재고 계산 방법이며 SP1은 1주간의 평균과 표준편차 그리고 안전 계수를 고려한 재고량과 1회의 생산량을 더한 값을 안전재고로 둬으로써 제품 품질 예방을 우선으로 하는 정책에 해당된다고 할 수 있다.

3.3 수요예측 모델

대부분의 기업에서 생산 계획 담당자와 구매 담당자, 고객서비스 담당자 등 이해 관계자들의 관점은 각기 다르게 나타나고 있으며, 각자의 업무에 적합하고 유리한 부분만을 강조하는 경우가 종종 있다. 본 논문의 사례 기업도 다음과 같은 각 담당자 간 서로 다른 시각차가 있고 이로 인한 여러 가지 개선점이 존재하는 것을 알 수 있다.

1) 생산을 함에 있어 투입되는 원료 및 부자재는 재고가 항상 확보된 것으로 인식하고 있다.

- 2) 생산계획이 1일~3일 가량만 수립되고 있어 자재수급에 어려움이 따른다.
- 3) 제품재고는 약 1개월 이상 생산한 물량에 해당하는 제품의 재고를 보유하고 있으며, 원료재고도 약 1개월 분량의 재고를 보유하고 있어 재고 과잉 보유에 따른 여러 가지 문제점이 있다.
- 4) 제품 창고 및 원료 창고의 적재 공간이 부족하다고 인식하고 있으며, 물리적인 창고 확장을 원하고 있다.
- 5) 생산계획 담당자, 고객서비스 담당자, 자재 조달 담당자 등 이해관계자들의 원활한 소통이 되고 있지 않다.

이러한 여러 가지 문제점을 해결하기 위한 대안이 필요하며, 그 중 하나의 대안으로 최소한 2주일에서 1개월에 해당하는 수요예측을 하는 것이 필요하다. 수요 예측을 산출하는 방식은 연구 대상 기업 특성을 고려하여 <Table 4>와 같이 적용하였다. 생산계획 수립에 활용하기 위한 수요 예측방식을 적용함에 있어 DP1과 DP2는 이동평균법을 적용하였으며, 이 중 DP1은 lot 생산 특성을 고려하여 1회 표준생산량을 추가 반영하였다. DP3과 DP4는 단순지수평활법을 적용하였으며, 이 중 DP3은 lot 생산 특성을 고려하여 1회 표준생산량을 추가 반영하였다.

<Table 4> Methods for Demand Forecast

Method	Forecast Formula
DP1	moving average×production cycle+one production quantity
DP2	moving average×production cycle
DP3	(average× α +previous average×(1- α))×production cycle +one production quantity
DP4	(average× α +previous average×(1- α))×production cycle

생산 판매 되는 제품 중 과립형 제품이 약 90%를 차지하고 있고 분말형 제품이 약 10%를 차지하고 있다. 생산 시 과립 생산 line과 분말 생산 line이 별도로 있는데 과립 제품과 분말 제품은 포장 공정에 투입되는 인원을 제외하고는 각각 독립적으로 생산된다. 분말 제품은 생산판매에서 차지하는 비율이 낮으며, 언제든지 생산할 수 있는 체계를 가지고 있는 점 등을 고려하여 연구에서는 과립형 제품군을 대상으로 적정재고 정책을 제시함으로써 효율적인 생산 운영이 되는데 기여하고자 한다.

4. 시뮬레이션 결과

생산 제품은 앞서 언급한 것과 같이 ABC 분석법에 따라 산출된 A, B, C그룹의 제품으로 분류하였으며, A, B, C그룹 중에서 C그룹에 속하는 제품은 주로 시제품, 긴급

오더 제품, 수출품 등으로 구성되어 있으며, 이들 그룹의 생산 방식은 고객의 주문을 접수한 후 생산을 실행하고 있기 때문에 수요예측이 필요하지 않으므로 본 연구의 시뮬레이션 대상에서 제외하였다. A, B그룹의 29가지의 품목에 대하여 12주간의 과거 데이터를 바탕으로 하여 13주~35주간의 수요예측과 평균재고, 안전재고, 품질율, job change 횟수 등을 산출하였다.

본 연구의 시뮬레이션은 앞서 제시한 안전재고 산출 모델과 수요예측 산출 모델을 혼합하여 <Table 5>와 같이 8가지의 경우로 나누어 적용하였다.

<Table 5> Simulation Cases

Case	Method
Case1	Application of SP1 and DP1
Case2	Application of SP1 and DP2
Case3	Application of SP1 and DP3
Case4	Application of SP1 and DP4
Case5	Application of SP2 and DP1
Case6	Application of SP2 and DP2
Case7	Application of SP2 and DP3
Case8	Application of SP2 and DP4

효율적인 재고의 관리는 고객의 주문 요구에 대응하여 적기에 납품하기 위한 충분한 재고를 보유하는 것과 재고를 다량으로 보유함에 따라서 발생하는 재고 관련 비용을 감소시켜 기업의 수익성을 얻을 수 있도록 하여야 한다. 고객에 대한 서비스 유지와 재고 운영의 효율성이라는 서로 상반되는 항목을 평가하기 위하여 본 연구에서는 고객의 주문에 대한 품질률의 발생 여부, 재고의 증감, 평균 생산 lot, job change 횟수를 각각 비교하였다.

품질 발생 여부의 판단은 고객의 주문을 받은 즉시 납품할 수 있는 재고를 확보하고 있느냐는 것인데 이때 즉시 납품할 수 없는 상태가 발생한 빈도를 비교 검증하였다. 재고의 증감은 당시 실제 재고와 각 case별 계산된 재고를 상호 비교하여 기존 재고 대비 얼마만큼 감소할 수 있느냐를 평가기준으로 설정하였다. 평균생산 lot와 job change는 연속생산을 하면 생산성 향상을 가져오는 효과가 있으므로, 이를 상호 비교하였다.

품질이 발생하지 않고 평균 재고가 기존재고보다 감소하는 case에 대해 추가적인 방법으로 기존생산량과 수요예측한 생산량의 타당성을 검증하기 위해 다중검정 방법인 Dunnett's method를 통해 비교 평가하였다. 시뮬레이션에서 사용한 데이터는 출고실적의 경우 주차별 ERP에 등록된 실제 출하실적을 사용하였고, 계획의 경우는 수요예측모델에서 계산된 예측수요량을 적용하였다.

품질율은 실제로 출하된 출하량 대비 보유 재고량을 비교하여 재고가 부족할 경우 품질이 발생된 것으로 그 산식은 다음과 같다.

$$\text{품질율} = \frac{\text{품질발생주간횟수}}{\text{전체출고주간횟수}}$$

이때 품질 주간 횟수는 시뮬레이션 기간 중 주간출고 필요량 대비 현 재고량이 적은 일수를 말하며, 전체 주간 횟수는 시뮬레이션 전체 기간을 의미한다.

평균 재고 비율은 시뮬레이션 기간 중 주간 평균 재고로 그 산식은 다음과 같다.

$$\text{평균재고비율} = \frac{\text{주간평균재고량}}{\text{평균출고수량}}$$

이때 주간 평균 재고량은 시뮬레이션 기간의 주간 평균 재고량을 의미하며, 평균 출고 수량은 시뮬레이션 기간의 주간 평균 출고 수량을 뜻한다.

평균 lot 수는 시뮬레이션 기간에 생산된 lot의 평균 수량을 의미하며, job change는 서로 다른 제품을 생산한 lot의 수를 의미한다. Job change 횟수는 29가지 제품을 생산함에 있어 주별로 적절하게 배분되어 있어야 하며, 1주간 동안 생산된 제품의 종류 수를 의미하고, job change 횟수는 적을수록 좋은 점이 있으나 너무 적을 경우 한꺼번에 각각의 제품을 과다하게 생산하게 되고, 너무 클 경우 빈번하게 job change를 하여야 하므로 생산 loss가 발생하게 된다.

생산 여유율은 A, B 그룹 제품을 생산하고 난 후 C 그룹 제품을 생산할 수 있는 여유시간에 대한 비율을 의미하며 산출 식은 다음과 같다.

$$\text{생산여유율} = \frac{\text{주간최대생산가능 lot수}}{\text{주간평균생산 lot수}}$$

이때 주간 최대 생산 가능 lot 수는 1회 표준생산량을 1주일간 최대로 몇 회 생산 가능한가를 의미하며, job change시 발생하는 작업 loss를 감안하여 최대 횟수의 91%를 적용하였다. 이는 연구대상 기업의 평균 작업률에 해당한다.

본 연구는 적정재고와 적정생산계획에 필요한 수요예측 모델에 대한 타당성을 검증하기 위해 실제 데이터에 대해 품질율, 평균 재고비율, 평균 lot 수, job change 횟수, 생산 여유율 등을 평가하였다. 분석 결과에서 품질율은 고객이 요구하는 제품을 적기에 생산하지 못하는 비율로써 품질이 발생하는 것에 해당되는 case는 실제 업무에 적용하지 못한다. 각 case별로 시뮬레이션을 한 결과는 <Table 6>과 같다.

〈Table 6〉 Simulation Results

Case	Sold Out	Average Inventory	Inventory Change	Ave. # of Lots	Job Change	Surplus
Existing Case	0.0%	908,985	0.0%	19	6	43.4%
Case1	0.0%	826,904	-9.0%	18	7	46.3%
Case2	5.3%	664,631	-26.9%	18	7	46.3%
Case3	5.2%	727,933	-19.9%	18	9	46.3%
Case4	6.0%	560,041	-38.4%	17	9	49.3%
Case5	0.0%	839,631	-7.6%	19	7	43.4%
Case6	5.4%	667,176	-26.6%	18	7	46.3%
Case7	9.4%	712,275	-21.6%	18	10	46.3%
Case8	7.5%	541,045	-40.5%	17	9	49.3%

안전재고와 수요예측기법을 각각 적용한 결과 품질률은 case1과 case5에서 기존 방식과 같이 0%로 나타나 고객의 요구에 즉시 납품할 수 있는 것에 해당하며, 실제 업무에 적용 가능한 것으로 분석되었다. 이를 제외한 다른 case는 back order를 허용하는 조건으로 제품의 품질이 발생하면 다음 날에 보충할 수 있다는 진제를 허용할 경우 실제 업무에 어느 정도 적용이 가능한 것으로 분석되었다. 하지만 사례 기업은 일일공급계약을 체결하고 있기 때문에 품질이 발생하는 case는 사례 기업에 적용하지 못하는 것으로 분석되었다.

각 case별 평균 재고 비율을 분석한 결과 case8과 case4가 평균 재고 비율만을 고려한다면 최적의 방법으로 볼 수 있으나, back order를 허용하는 조건일 경우 가능한 것으로 분석되었다. 사례 기업에 적용 가능한 case(품질이 발생하지 않은 case)인 case1과 case5의 경우 기존 방식과 대비하여 평균 재고가 각각 약 9%, 7.6% 감소되는 것으로 분석되었다.

평균 lot 수와 job change 횟수를 각 case 별로 분석한 결과 기존 방식은 1주일에 평균 19번의 lot를 생산하였고, case4와 case8의 경우 17 lot를 생산하는데 back order 방식을 허용하는 경우에는 최적의 방식으로 분석 되었다. Job change 횟수는 기존 방식이 평균 6회로 가장 효율적인 것으로 분석 되었으며, back order방식을 허용할 경우 case2, case6도 적용이 가능한 것으로 분석되었다. 사례 기업에 적용 가능한 case인 case1과 case5의 경우 각각 18 lot와 19 lot로 나타났고, job change 횟수는 Case1과 Case5 모두 각 7회로 분석되었다. 이는 기존 방식 대비 유사하거나 좋은 것으로 분석되었다.

A, B그룹 제품을 생산한 후 C그룹 제품을 생산할 수 있는 생산 여유율은 긴급 order, 설비 고장, 예측하지 못한 사고 등에 대비하기 위해서는 반드시 필요하며, 여유율이 높을수록 여러 가지 생산변수에 대응하기 유리함을 의미한다. 따라서 기존 방식은 여유율이 43.4%를 유지한 반면 case4와 case8의 경우 여유율이 49.3%로 가장 효율적인 것

으로 분석 되었다. 사례 기업에 적용 가능한 case1과 case5의 경우 여유율이 46.3%와 43.4%로 두 가지 방법 모두 기존 방식 대비 효율적인 것으로 분석 되었다.

이상과 같이 각 case 별로 다양한 지표로 비교 분석한 결과 A, B그룹 제품에 대해 back order 방식을 허용할 경우 case8, case4, case2의 순으로 좋은 것으로 분석되어 case8이 품질비용측면에서 가장 효율적인 것으로 분석되었다. 하지만 사례 기업과 같이 품질을 허용하지 않을 경우 case1, case5순으로 품질비용이 낮으면서 실제 적용 가능한 것으로 분석 되었다.

5. 결 론

대부분의 제조업에서는 적정재고 등을 고려한 최적화된 생산계획을 수립하는 방법에 관한 연구가 진행되어 오고 있다. 하지만 실제 업무 적용에 있어서는 각 기업별로 제품의 특성과 공정특성, 판매 조건 등을 고려한 담당자의 know-how와 실무에서 얻어진 경험 등을 활용한 다양한 방법이 적용되고 있으며, 담당자가 변경된다고 하더라도 기존의 방식을 그대로 적용하고자 하는 관습이 존재한다. 생산 일정계획 수립이 만에 하나 잘못된 방법으로 적용되거나 납품에 실패할 경우 담당자는 감당하기 어려운 곤경에 빠질 수 있다. 기존 방식의 변경을 실행하거나 과거로부터 수작업에 의존하던 방법을 데이터 시스템을 활용하여 기존 업무를 변경하기엔 많은 노력과 시간이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 기존 담당자가 실행하고 있는 생산계획에 따른 생산량과 재고정책에 의해 산출된 기존재고 수준을 검증하려고 하였고, 적정재고 모델과 수요예측 모델을 각 case별로 구분하였으며 각 case별로 가장 적합한 방법을 제시하려고 하였다.

사례 기업과 같이 품질을 허용하지 않을 경우 case1이 실제 업무에서는 가장 효율적인 방법으로 제시되었다. case1은 품질율이 발생하지 않았고, 생산량도 기존 5,718톤에서

5,516톤으로 약 4%가량 줄어들었으며, 평균재고는 826톤으로 기존재고 대비 약 10%가 감소되고, 생산여유율은 기존 방식이 43.4%인 반면 Case1의 여유율이 46.3%로 A, B급 제품을 생산 한 후 C급 제품을 생산할 수 있는 생산 여유율이 늘어남을 알 수 있었다.

본 논문에서 제시한 1회 표준 생산량과 적정주기 등을 적용한 적정재고 산출 방법과 이를 반영한 생산 일정 계획 수립이 연구대상 기업에 즉시 적용 가능하다는 것이 시뮬레이션 결과에서 검증되었다. 이러한 검증 결과는 사례 회사의 생산계획 수립 표준과 재고관리 기준으로 활용하기에 충분하기 때문에 연구의 의미가 매우 높다고 볼 수 있다.

하지만 본 연구에서 제시한 대안들이 모든 기업에서 활용될 수 있는 최적의 대안은 아니다. 과거 실제 데이터를 활용하여 시뮬레이션을 하는 것이 가능하였지만, 실제 업무에서 매년 적용하는 것은 시간적 제약이 따른다. 이번 연구에서 어느 정도의 재고를 감소시키고 사전에 생산 일정을 예측할 수 있음에 따라 자재준비, 인력운영, 공정운영 등의 효율화는 가져올 수 있지만 아직도 개선할 부분이 상당부분 존재하고, IT 시스템을 활용하여 적정재고 산출 및 여러 가지 시뮬레이션을 통해서 좀 더 체계적이고 세밀하게 계획을 수립해야 하므로, 이를 보완하기 위해 본 논문에서 제시한 이론을 토대로 ERP 시스템을 활용한 실제 업무에 적용할 수 있도록 하는 방안을 추후에 연구해야 할 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This work was supported by the Dong-A University research fund. This paper was written from master's dissertation of first author.

References

- [1] Anderl, R., Industrie 4.0-advanced engineering of smart products and smart production, *Proceedings of International Seminar on High Technology*, 2014.
- [2] Cardoso et al., Towards a simulation-based optimization approach to integrate supply chain planning and control, *Procedia CIRP*, 2018, Vol. 72, pp. 520-525.
- [3] Han, S.W. and Shin, M.S., Timing constraints propagation-based production scheduling for small and medium-sized manufacturing company, *Proceedings of KORMS*, 2019, pp. 1299-1303.
- [4] Park, J.W., Research on profitability for production planning in POSCO [dissertation], [Seoul, Korea] : Sogang University, 1998.
- [5] Kim et al., Development of smart factory diagnostic model reflecting manufacturing characteristics and customized application of small and medium enterprises, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2019, Vol. 42, No. 3, pp. 25-38.
- [6] Kim, J.H., Lee, S.J., and Cho, J.H., Analysis of factors affecting company performance by smart factory, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2019, Vol. 42, No. 4, pp. 76-83.
- [7] Gang, H.-Y., Application example and strategy of big data, *The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, 2016, Vol. 45, No. 1, pp. 28-35.
- [8] Kim, H.T., Research on Quality Innovation Methodology Datamining Technique based on Big Data [dissertation], [Seoul, Korea] : Sogang University, 2018.
- [9] Noh, K.S. and Park, S., An exploratory study on application plan of big data to manufacturing execution system, *Journal of Digital Convergence*, 2014, Vol. 12, No. 1, pp. 305-311.

ORCID

HungSu Park | <http://orcid.org/0000-0001-5858-211X>
 Woo-Yong Choi | <http://orcid.org/0000-0002-9013-3725>

- [1] Anderl, R., Industrie 4.0-advanced engineering of smart products and smart production, *Proceedings of Interna-*