

## 변동성과 종속성을 고려한 생산능력에 관한 연구

# A Study on Production Capacity Considering Fluctuation and Subordination

한진열\* · 황승국\*\* · 강성수\*\*

Jin-Yeol Han, Seung-Gook Hwang, Sung-Soo Kang

\* 경남대학교 산업공학과 박사과정

\*\* 경남대학교 산업공학과 교수

### 요 약

제조업에서 생산능력의 정확한 평가는 생산계획수립에 중요한 역할을 한다. 생산능력에 대한 기존연구에서는 변동성에 대해 부분적으로 연구되고 있지만 종속성에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 제조업의 생산능력이 보유된 능력보다 실제능력의 차이를 보다 객관적으로 평가하기 위하여 생산능력을 생산주체별 구성형태로 분류하고, 생산능력의 감소원인인 변동성과 종속성이 고려된 생산능력 평가모형을 제시하고자 한다. 제안한 모델의 변동율과 종속율의 산출에 사용되어지는 변동성과 종속성 요인의 가중치는 구간수로 나타난다. 그래서 생산능력도 구간수로 나타난다. 제안한 생산능력 평가모델의 유효성은 사례연구를 통해 보이고자 한다.

### Abstract

An accurate evaluation of a production capacity is an important role for production planning in manufacturing industry. The study has been partly done about the fluctuation in the conventional study of the production capacity, but the study of the subordination has been hardly done. Therefore, in this paper, we will divide by the production capacity which is formed into the production subjects to evaluate objectively the differences of between the actual capacity and the designed capacity in manufacturing industry and will suggest production capacity estimation model which is considered the fluctuation and the subordination, the decreasing causes of the production capacity. The weight of fluctuation which is used for the computation of the ratio of fluctuation and the ratio of subordination and the subordination are denoted to the interval number. Thus, the production capacity is denoted to the interval numbers. The efficiency of the proposed model will show through the case study.

**Key Words** : Production Capacity, Fluctuation, Interval Numbers, Evaluation

## 1. 서 론

생산 공정에서의 제약자원은 공정의 부분적 효율향상이 아니라 공장의 전체적인 효과성을 증시해야하기 때문에 공장의 실제 생산량은 각 공정의 최대생산에 의해서가 아니라 제약공정의 생산능력에 의해서 결정 된다. 제약이론에서는 실제 생산현장에서 이러한 문제가 통계적 변동성과 사건의 종속성이라는 두 가지 현상을 무시하기 때문에 이런 결과가 일어나고 있다고 설명하고 있다. 여기서 통계적 변동이란 각 공정에서 소요되는 시간이 일정하지 않고 어떤 이유로 통계적 범위를 가지고 변하고 있다는 것이고, 사건의 종속성은 선행공정이 처리 되지 않은 상태에서 후속공정이 먼저 처리될 수 없는 현상을 의미한다. 실제 생산현장에서는 이러한

문제가 복합적으로 작용하게 되면 평균효율은 떨어지고 현금 창출능력은 저하되기 마련이다. 따라서 이익증대를 위해서 근본적으로 제약의 근원을 발견해야 하고[1], 이를 위하여 제약자원이 내부적으로 가지고 있는 능력의 편차와 종속적 요소를 철저히 분해하여 이것의 해결을 위한 수단을 탐색하여야 한다.

현실적으로 기업에서는 생산능력제약자원의 관리가 자원의 보유능력보다는 현실적인 능력위주로 편성되어 운용될 뿐만 아니라, 일반적인 능력의 평가에서도 아직 정형화된 사례가 적고 기업 나름대로의 기준설정으로 운용됨으로써, 제약자원의 제거를 위한 문제의 현재화(顯在化)가 어렵게 되어있는 것이 현실이다. 생산시스템에서 능력의 차이를 발굴하기 위해서는 생산능력의 주체별로 능력의 발취가 어떻게 구성될 수 있는지를 구체화하고, 생산능력의 평가가 왜곡되지 않기 위하여 우선 능력의 개념을 객관적으로 분석하여야 한다. 제약이론에서 제시하고 있는 사건의 종속성은 비 제약자원을 제약자원에 종속시켜 필요 없는 생산 활동을 제한함으로써 재공재고를 줄이는 것이고, 이때 비 제약자원은 초과생산능력을 가지게 되지만 제약공정의 생산에는 영향을 주지 않는

접수일자 : 2005년 2월 5일

완료일자 : 2005년 3월 31일

본 연구는 2004학년도 경남대학교 학술논문게재 연구비 지원으로 이루어졌음.

다. 이때의 종속성은 자원의 종속을 통한 효율적 이용방식으로만 제한되고 능력의 향상에 따른 여력은 평가되지 않는다. 본 연구에서는 이러한 관점에서 자원의 관리를 능력수행 관점에서 평가하여 다른 능력인 내재종속성이 있다는 것을 제시하고, 이것이 제약자원의 능력감소로 이어질 때 그 효과는 생산능력 저하에 많은 영향을 미치고 있다는 것을 밝히고자 한다. 결국 종속성의 경우 사건의 종속성을 1차적 종속성이라 한다면 본 연구에서의 내재종속성은 자원의 능력평가를 위한 2차적 종속성이라고 할 수 있다. 이와 같이 생산능력 제약자원은 능력저하의 요인이 되는 자원의 변동성 편차가 생산주체의 효율저하와 연계하여 지속적인 문제제기는 있었지만 능력의 내재종속성의 관계를 구분한 연구실적은 많지 않은 것이 현실이므로, 생산능력의 최대 발휘를 위하여 이러한 능력의 차이를 연구함으로써 가능할 수 있다.

이와 같이 생산능력을 연구함에 있어서 과거의 데이터를 통해 변동성과 종속성에 대해 기준을 삼을 수 있는 지표의 개발이 필요하다. 이러한 지표의 개발을 통해서 생산계획의 수립시 최소 또는 최대 생산능력을 예측할 수 있게 된다. 이러한 지표는 한 점의 실수로 나타낼 수도 있지만 과거 데이터의 성격상 구간수나 퍼지수[2-3]로 나타내는 것이 보다 합리적인 경우도 있다.

따라서, 본 연구에서는 제조업의 생산능력이 보유된 능력보다 실제능력과의 차이를 보다 객관적으로 평가하기 위하여 생산능력을 생산주체별 구성형태로 분류하고, 생산능력의 감소원인인 변동성과 종속성이 고려된 생산능력 평가모델을 제시하고자 한다. 제안한 모델의 변동율과 종속율의 산출에 사용되어지는 변동성과 종속성 요인의 가중치는 구간수로 산정함으로써 생산능력 또한 구간수로 나타내어 생산계획수립시 최소 및 최대생산능력을 감안한 생산계획을 세울 수 있도록 하고자 한다. 제안한 생산능력 평가모델의 유효성은 사례연구를 통해 보이고자 한다.

## 2. 기존연구

### 2.1 생산능력의 개념

생산능력이라는 용어의 개념은 제조업의 실무에서나 산업활동 연구를 위한 자료에서는 그 의미를 전달하기 위하여 유사하게 사용되고 있지만, 실무적으로 산정하는 방법에서는 그 객관성이 표준화되어 있지 않다. 김해천에 의하면 생산능력의 기본적인 구성요소는 인적요소와 물적 요소 그리고 이들 요소의 결합방식인 생산방식(제조방식)이 된다[4]. 이들 요소 중 어느 것이 지배적이냐에 따라 능력은 노동 집약적, 설비 집약적, 원료 집약적 또는 결합방식 의존적(예로써 기술집약적)인 것으로 구분된다고 하였다. 유일근·조성기에 의하면 생산능력은 기술적 생산능력(이론능력), 최적능력(적정생산능력), 현실능력으로 분류하고 여기서 기술적 생산능력은 플랜트가 기술적으로 가능한 최대의 생산량을 생산할 수 있는 능력, 즉 최소한의 작업정지시간을 고려한 상태에서 기계의 물리적인 최대조업속도라는 공학적인 최대치를 생산해 낼 수 있는 능력을 의미하고, 최적생산능력은 이윤극대화의 원칙에 따르는 경제적 개념하의 생산능력이다[5]. 즉 단위비용을 최소화하는 작업수준을 말하고 현실생산능력은 기업이 현실에서 생산한 생산량을 말한다.

그러나 이러한 제조업의 중요변수가 발생할 우려가 많은 현실에도 불구하고 정확한 생산능력의 측정방법은 객관적으로 규정된 것은 많지 않다. 제조업의 생산능력에 대하여 산

업평균의 측도로 사용되고 있는 통계청의 경제통계국 산업동향과에서 제시한 「제조업 생산능력 및 가동률조사 지침서」에 따르면, 생산능력이란 설비의 단위시간당 생산능력에 시간 및 일수를 곱하여 생산능력을 산출하는 기술적 개념에 의한 생산능력 측정으로서, 여기에는 최대생산능력과 표준생산능력, 적정생산능력이 있고 사업체의 주어진 조건에서 단위비용을 최소화하는 생산량을 생산능력으로 평가하는, 비용개념에 의한 생산능력 측정의 두 가지 개념으로 구분하고, 기술적 개념과 비용적 개념을 가미한 적정생산능력을 채택한다고 되어있다[6]. 산업자원부의 산업자원부 용어사전에 의하면 생산능력이란 사업체가 주어진 조건(설비, 노동, 생산, 효율 등)하에서 정상적으로 가동하였을 때 생산할 수 있는 최대생산량을 의미하며, 최대생산량에 대한 실제생산량의 비율을 가동률이라고 정의하고 있다[7]. 통계청[8]이나 산업자원부에서는 생산능력을 자원의 이용 가능한 최대생산량을 의미하지만 이것은 자원을 통칭하여 하나의 개념으로 분류하고 있다. 실제 제조업에서는 생산주체의 자원이 설비인 경우 설비가 설계되고 제조될 적에 보유하고 있는 이론적 능력이 있고, 자원이 사람인 경우 숙련도에 따라 작업표준속도의 기준이 제시될 수 있다. 따라서 생산능력은 자원별로 구분하여 이를 평가하여야 하고 전술한 유일근·조성기의 이론능력과 최적생산능력은 이러한 점에서 유사한 면이 있다고 보아야 할 것이다. 국가표준정보시스템인 한국산업규격에서는 생산능력을 일정한 기간 내에 사람 또는 설비가 처리하는 작업의 양, 일반적으로 단위기간당의 보유 공수, 생산고 등으로 나타내다고 정의하고 있다[9]. 그러나 보유 공수는 그 자체가 어느 정도의 능력을 의미하는지 객관적인 평가가 곤란하기 때문에 생산능력의 산정이 어려워지게 된다. 서범석·김수영·오준희는 반도체 설비의 정확한 능력계산을 위해서는 각 설비에서의 시간손실을 계산해야하고, 설비의 효율계산을 가동속도 효율, 생산계획 효율, 품질효율 외에도 작업자의 숙련도와 작업장의 환경 등 효율저하의 요소들도 고려하여야 한다[10]고 하였다. 김선민·강형곤은 제조과정의 통계적 변동요인으로 주어진 가공품재고 하에서 방어적 생산능력을 지니지 못한 균형라인의 제조리드타임을 조사하였고, 이러한 방어적 생산능력은 생산라인에 있어 애로공정 생산능력을 백분율로 표시한 애로공정의 생산능력과 비 애로공정의 생산능력 차이로 정의하고 있다.

김선민은 방어적 생산능력의 효과성 연구에서 통계적 변동은 제조과정에서 존재할 수밖에 없고 변동의 요인으로 설비의 고장, 자재부족, 작업자의 결근 외에 종속적 개념인 가공시간의 편차를 포함하고 있다고 밝혔다[11]. 그러므로 생산능력은 시장수요와 관계변수에 의한 능력이용의 증감을 분석하고 능력은 시장수요를 감당하기 위하여 일정한 사이클을 가지고 대응되고 있는데[12], 만일 통계적 변동이 제조과정에 미치는 영향이 무시된다면 생산라인은 목표한 산출량을 유지하기가 어렵게 된다[13].

### 2.2 생산능력 평가방법

생산능력에 대한 기존의 평가방법은 표 1과 같다.

## 3. 생산주체의 구성형태

생산 활동은 사람이 독립적으로 수작업에 의하여 작업하거나 설비가 완전 무인화 되어 자동으로 운전되는 경우가 있

고, 또 하나는 사람과 설비가 조합되는 작업을 하는 경우가 있다. 이때 전자는 독립개념의 능력을 평가하면 되지만 후자처럼 조합이 될 경우는 전체의 사이클 시간에서 사람과 설비의 중복시간을 제외하여야 한다. 생산능력은 그림 1과 같이 생산주체의 구성에 따라 달라질 수 있으며, 이것은 생산능력 평가 시 주도적 생산주체를 Cycle Time 등의 시간소요 형태에 따라 Man 또는 Machine의 경우로 나누어 이것이 독립적인가 아니면 연합적인가에 따라 구분하여 평가해야 하는 기준이 된다.

표 1. 사람과 설비에 대한 생산능력 평가방법

Table 1. Evaluation Method of Production Capacity for Man and Machine

대상	평가 방법	참고문헌
설비 또는 사람	생산능력=[단위시간당지정설비(조립라인)의 최대생산(조립)능력×설비(작업)효율×지정설비(라인)수×일 사내지정조업시간×월사내지정조업일수]	유일근 · 조성기 [5]
	생산능력=설비대수×설비단위당 생산능력×조업시간(또는 일수) · 설비단위당 생산능력 : 설비의 단위시간당 최대생산 가능량×설비효율 · 설비효율 : 사업체가 불가피하게 감수하여야 하는 것으로 현실적으로는 오랜 기간동안 축적된 경험적 측정치를 적용함	통계청 [6]
	생산효율=설비가동율×작업효율	김원경 [14]
설비	설비종합효율=시간가동율×성능가동율×양품율 · 시간가동율 -가공 및 조립설비 : (가동시간/부하시간)×100 -장치설비 : ((달력시간-정지시간)/달력시간)×100 · 성능가동율 -가공및조립설비 : {(기준사이클타임×가공수량)/가동시간}×100 -장치설비 : (실제평균생산Rate/기준생산Rate)×100	일본 플랜트 메인テナンス 협회 [15]
	기계능력=설비대수×유효가동시간 · 유효가동시간=가동시간×1일가동시간×가동율	편인범 [16]
사람	인원능력=환산인원×실동시간×가동율 · 가동율=출근율×(1-간접작업율)	권중선 [17]

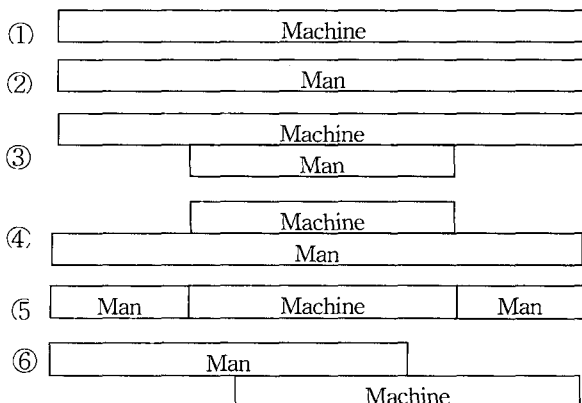
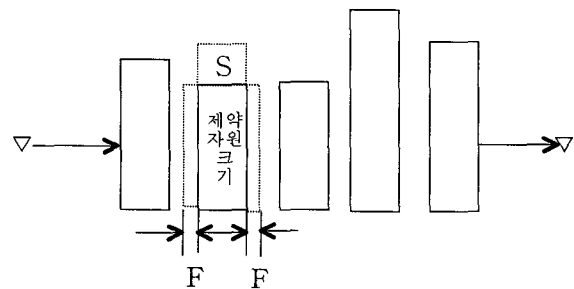


그림 1. Man과 Machine의 생산주체 구성형태  
Fig. 1. Type of Production for Man and Machine

#### 4. 생산능력 평가

생산능력이 시간적인 통계적 변동의 발생과 또한 생산주체가 최초 설계된 보유능력이 제조활동 수행과정에서 내재되어 있는 증속적 요인에 의하여 그 능력이 저하되고 있는 현실을 그림 2와 같이 분석하기 위해서는 생산주체를 기준으로 이러한 능력저하원인의 유무를 판단하여 능력을 평가하여야 한다. 여기서 제약자원은 각 자원 중에서 능력이 가장 약한 공정이 해당되며, 이때 전체의 생산실행능력은 능력이 가장 약한 자원에 의하여 결정되므로, 이 자원의 시간적 변동성크기와 보유능력이 증속요인에 의하여 간접 받고 있는 정도를 평가하여야 한다. 이 때의 제약이 되는 자원은 단일 라인의 제약이 아니라 생산제품에 대한 전체 공정의 라인이 해당된다. 그것은 하나의 제품생산은 전체공정의 제약이 되는 자원의 생산능력 크기에 제약을 받기 때문이다.



※□: 각 자원의 현실능력 크기  
(가로: 시간크기, 세로: 실행능력크기)  
F : Fluctuation(통계적 시간의 변동성)  
S : Subordination(보유능력의 증속성)

그림 2. 생산능력의 제약자원과 능력Loss  
Fig. 2. Constraints Resource and Capacity Loss of Production Capacity

생산능력제약자원의 보유능력은 제약이 되는 자원을 대상으로 이러한 변동성과 증속성 영향에 의하여 원래 보유하고 있는 능력의 크기가 변화 될 수 있다. 즉 사람이나 설비가 보유하고 있는 능력을 c라 하고 주어진 조업가능시간을 t라고 했을 때 생산주체가 조합되어 발휘할 수 있는 능력은 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.

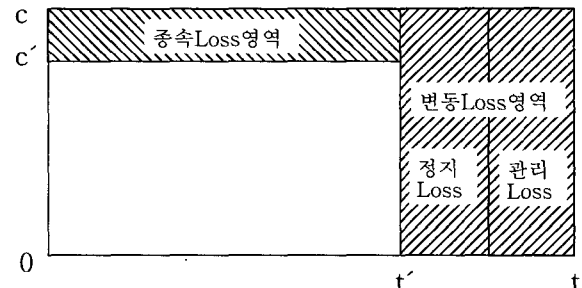


그림 3. 자원의 생산능력 크기변화  
Fig. 3. Volume Change of Production Capacity for Resource

그림 3에서 최대보유능력 =  $c \times t$ , 실행보유능력 =  $c \times t'$ , 현실수행능력 =  $c' \times t'$ 이다.

따라서, 제조현장의 생산능력을 입체적으로 평가하기 위하

여 생산능력 구조형태를 생산주체에 따라 변동성 및 종속성 유무에 따라 혼합된 여섯 가지 경우로 분류하여 그림 4와 같이 능력산출모델을 제시 할 수 있다. 여기서 변동성은 현실적으로 제로가 될 수 없으므로 존재할 수밖에 없는 대상으로 보고, 생산주체의 경우에도 설비나 사람 그리고 이것의 조합된 경우로 구분하여 반드시 어느 하나의 경우에 대하여 생산능력 산출방법을 구할 수 있다. 특히 사람과 설비가 조합된 경우에는 생산주체가 제품생산에 소요된 Cycle Time 만큼 산출하여 이를 구할 수 있다. 여기서 변동성의 경우에는 현재까지의 변동범위에 대한 평균치를, 종속성의 경우에는 생산계획Lot나 실적의 종속율을 그리고 최대능력은 단위시간당 설비와 사람에 대한 생산능력제약자원 각각의 최대능력이나 공칭능력을 구하여야 한다.

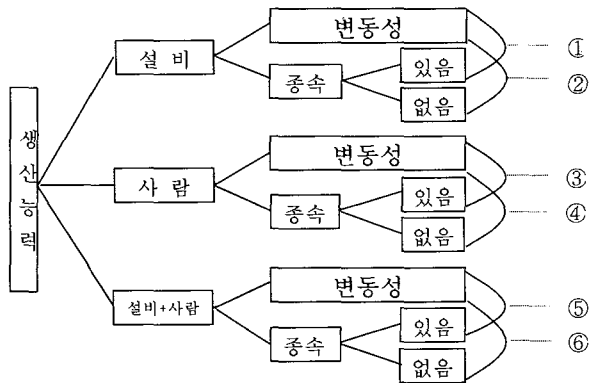


그림 4. 생산능력 산출모델  
Fig. 4. Model of Production Capacity

그림 4에 의한 생산능력의 계산식은 다음과 같이 제안한다.

(1) 설비의 경우

① 종속성이 없는 경우

$$\text{생산능력} = \text{조업시간} \times (1 - \text{변동율}) \times \text{최대설비능력} \quad (1)$$

여기서 변동율 = 관리Loss율 + 정지Loss율

② 종속성이 있는 경우

$$\text{생산능력} = \text{조업시간} \times (1 - \text{변동율}) \times (1 - \text{종속율}) \times \text{최대설비능력} \quad (2)$$

여기서 종속율 = 1 - (현재 또는 계획Lot속도/최대 속도)를 의미하고, 속도는 설비형식에 따라 사이클 타임과 동일개념으로 취급된다.

(2) 사람의 경우

① 종속성이 없는 경우

$$\text{생산능력} = \text{조업시간} \times (1 - \text{변동율}) \times \text{최대작업능력} \quad (3)$$

여기서 변동율 = 관리Loss율 + 무효작업Loss율

② 종속성이 있는 경우

$$\text{생산능력} = \text{조업시간} \times (1 - \text{변동율}) \times (1 - \text{종속율}) \times \text{최대작업능력} \quad (4)$$

여기서 종속율 = 1 - {계획Lot의 비 부가가치 / (순부가가치시간 + 계획Lot의 비 부가가치시간)}

## 5. 사례 연구

### 5.1 연구대상

본 사례연구에서는 생산능력 주체는 그림 1 ③에 해당되

고, 산출모델은 그림 4 ①에 해당하는 설비능력의 Loss구조를 대상으로, 종속성이 존재하는 경우의 능력측정 산출 공식에 의하여 생산능력을 평가한다. 연구대상은 설비와 사람이 조합된 작업으로서 설비 주도적 생산시스템인 경우이다. 대상기업은 국내 골판지상자 제조업체인 H사의 단위사업장으로서 골판지 원단(Sheet)과 상자(Box)를 고객의 100% 주문에 의하여 생산 활동을 하고 있는 제조기업으로서 공정의 형태와 흐름은 그림 5, 그림 6과 같다. 그림 5에서 C1의 설비 운영은 생산주체 구성형태가 그림 1의 ③에 해당하는 경우이다. 능력제약공정에서 작업의 형태는 자동화된 설비가 연속운전을 하는 과정에 사람은 재료투입과 설비의 조건을 조정하면서 운전하기 때문에 설비의 성능은 사람에 의하여 직접 통제되지 않고 외부적 요인에 의하기 때문에 본 연구에서는 설비를 설비중심으로 변동성과 종속성의 Loss영향을 연구한다.

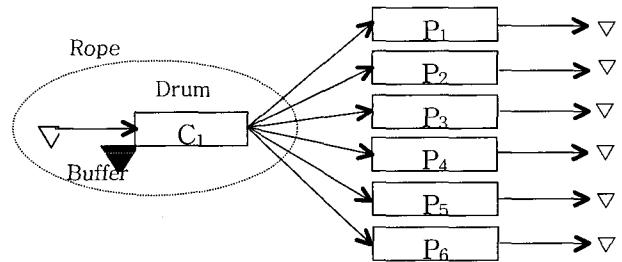


그림 5. DBR과 공정도  
Fig. 5. DBR and Process Chart

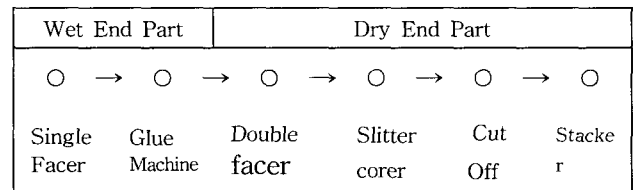


그림 6. 공정 흐름도  
Fig. 6. Flow Chart of Process

### 5.2 생산능력과 변동성 및 종속성 요인

사례연구에서 제약이 되고 있는 자원은 부하율이 가장 높은 C1설비로 내부 평가되었으며, 이 자원이 능력수행에 제약을 받는 요인은 변동성 요인과 종속성 요인은 다음과 같다.

<변동성요인>

m<sub>1</sub>: 계획정지 m<sub>2</sub>: 교육및조회 i<sub>1</sub>: 고장정지  
i<sub>2</sub>: 과부하정지 i<sub>3</sub>: 작업준비 i<sub>4</sub>: 재료끊김 i<sub>5</sub>: 기타

<종속성요인>

X<sub>1</sub>: Lot Length X<sub>2</sub>: Order Length  
X<sub>3</sub>: Total Length X<sub>4</sub>: Mixing Grade

변동성에 대한 Loss 값을 구하기 위하여 6개월간의 설비 운전에 따른 월 평균 조업시간 33,934분 내에서 설비운전 개별 자료를 집계한 결과 Loss값은 3,030분이 변동성 요인의 값으로 나타났으며, 또한 종속성에 대한 Loss값은 C1자원이 보유하고 있는 보유능력 250m/min에 대한 자원의 현재능력을 구하기 위하여, 운영프로그램인 AS/400시스템에서 생산실적 자료를 데이터베이스로 하여 현재 수행되고 있는 능력을 RPG 1 Language 프로그램으로 수행한 결과 종속능력은 그림 7과 같이 전체의 평균값은 190.6m/min으로 나타났다. 여기에 사용된 데이터 수는 전체 40364개이다.

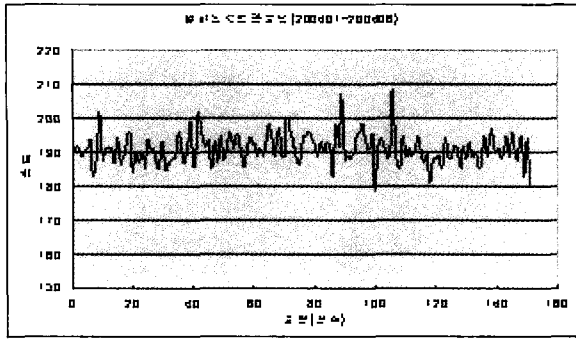


그림 7. 증속성에 의한 생산능력  
Fig. 7. Production Capacity by Subordination

### 5.3 구간가중치의 산정

#### 5.3.1 구간변동율의 산정

본 연구에서 사용하는 구간변동율의 계산은 식(5)를 이용한다.

$$\begin{aligned} & \text{구간변동율} = \frac{\text{관리Loss율} + \text{정지Loss율}}{\text{변동요인값의합} / \text{조업시간}} \\ & = \frac{\sum(\text{각변동요인값} \times \text{각요인구간가중치})}{\text{조업시간}} \end{aligned} \quad (5)$$

과거의 데이터를 통해 변동성요인의 최소와 최대를 의미하는 값을 구간가중치로 하였을 경우 다음과 같다.

$$\begin{aligned} m_1: [0.1443, 0.1996] & \quad m_2: [0.0000, 0.6094] \\ i_1: [0.1240, 0.2147] & \quad i_2: [0.0665, 0.2302] \\ i_3: [0.0000, 0.3774] & \quad i_4: [0.1124, 0.2362] \\ i_5: [0.0086, 0.2657] & \end{aligned}$$

이상의 가중치를 식(5)에 적용하여 구간변동율의 값을 구하면 [0.0716, 0.1137]이 된다. 여기서 조업시간의 값은 33934로 하였으며, 각 변동요인의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} m_1: 14377 \quad m_2: 320 \quad i_1: 2073 \quad i_2: 391 \\ i_3: 53 \quad i_4: 614 \quad i_5: 350 \end{aligned}$$

구간변동율의 산정은 과거의 데이터를 기준으로 활용함으로써 식(5)에서 보듯이 조업시간만 알면 구할 수 있다.

#### 5.3.2 구간증속율의 산정

본 연구에서 사용하는 구간증속율의 계산은 식(6)을 이용한다.

$$\begin{aligned} & \text{구간증속율} = 1 - \frac{\text{현재 또는 계획 Lot 속도} / \text{최대 속도}}{\sum(\text{각증속요인값} \times \text{각요인구간가중치}) / \text{각요인발생건수} / \text{최대 속도}} \end{aligned} \quad (6)$$

과거의 데이터를 통해 증속성요인의 최소와 최대를 의미하는 값을 구간가중치로 하였을 경우 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X_1: [0.1362, 0.1878] & \quad X_2: [0.1526, 0.1796] \\ X_3: [0.1529, 0.1795] & \quad X_4: [0.1598, 0.1869] \end{aligned}$$

여기서 각 증속요인의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X_1: 732930 & \quad X_2: 637750 \\ X_3: 2545430 & \quad X_4: 3777050 \end{aligned}$$

각 요인의 발생건수는 월평균치로 다음과 같다.

$$\begin{aligned} n_1: 721 & \quad n_2: 770 \\ n_3: 2017 & \quad n_4: 3220 \end{aligned}$$

사례연구 대상의 특성상 증속성요인이 동시에 걸리는 것이 아니고 로트당 한 요인만 걸리기 때문에 각 요인별 증속율을 산정하면 다음과 같고, 이 값을 기준으로 하여 생산능력의 값을 구하면 된다.

$$\begin{aligned} X_1: [0.4480, 0.2400] & \quad X_2: [0.4960, 0.4040] \\ X_3: [0.7720, 0.9080] & \quad X_4: [0.2520, 0.1240] \end{aligned}$$

### 5.4 생산능력의 평가

조업시간이 33934min이고 최대설비능력이 250m/min일 때 조합인 경우의 구간생산능력은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{구간생산능력(조합)} \\ & = \text{조업시간} \times \text{최대설비능력} \times (1 - \text{구간변동율}) \\ & \quad \times \text{각요인발생비율} (1 - \text{구간증속율}) \\ & = 33934 \times 250 \times [0.8863, 0.9284] \times [0.7054, 0.8191] \\ & = [5303884, 6451702] \end{aligned}$$

각 요인 발생비율은

$$\begin{aligned} X_1: 0.1072 & \quad X_2: 0.1144 \\ X_3: 0.2997 & \quad X_4: 0.4787 \end{aligned}$$

이다. 현실생산능력은 월평균 생산능력[5303884, 6451702]는 최대생산능력 8483500m(=33934×250)과 비교해 볼 때 [62.5%, 76.1%]라는 값이 나왔다. 이것은 구간의 가중치를 사용하지 않은 경우의 생산능력 69.4%를 포함하고 있으며, 구간생산능력의 계산결과 손실은 [23.9, 37.5%]라는 것을 의미하고 있다.

또한 기존의 연구와 비교하기 위하여 일본 플랜트메인テナンス 협회에서 제시한 설비종합효율과 한국의 통계청에서 제시한 생산능력산출방식으로 계산한 결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 생산능력 비교표

Table 2. Comparative Table of Production Capacity

구 분	일본플랜트메인テナンス	통계청	본 연구제안 계산법
현실생산능력	75.0%	75.2%	[62.5%, 76.1%]

표 2에서 보면, 본 연구의 결과가 다른 두 곳의 결과를 포함하고 있으며, 최소치가 적은 이유는 생산능력손실을 기존 방법 보다 더 찾아내었다는 것을 의미하고 있다.

참고적으로 각 요인 각각이 로트에 걸렸다고 했을 때의 생산능력의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X_1: [4150128, 5985958] & \quad X_2: [3789579, 4693072] \\ X_3: [691405, 1795957] & \quad X_4: [923337, 1969020] \end{aligned}$$

이것으로 X<sub>1</sub>외에는 현실감이 떨어지는 것을 알 수 있으므로 이들을 조합한 구간생산능력의 값을 사용하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있다.

## 6. 결 론

본 연구에서는 제조업에서 생산능력을 평가할 때 발생하는 변동성과 종속성을 고려하여 생산능력을 평가하는 방법을 제안하였다. 즉, 제조업의 생산능력이 보유한 능력보다 실제 능력과의 차이를 보다 객관적으로 평가하기 위하여 생산능력을 생산주체별 구성형태로 분류하고, 생산능력의 감소원인인 변동성과 종속성이 고려된 생산능력 평가모델을 제시하였다. 변동성에 대해서는 기존의 연구들이 있지만, 종속성에 대해서는 거의 없는 실정이라서 본 연구에서 새롭게 제안하였다. 제안한 모델의 변동율과 종속율의 산출에 사용되어지는 변동성과 종속성 요인의 가중치를 구간수에 의하여 나타냄으로서 생산능력도 구간수로 나타내어 생산계획수립시의 예측자료로서 사용하게 하였으며, 그 유효성은 사례연구를 통해 보였다.

본 연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

- 1) 생산능력의 평가에 있어서 변동성과 종속성을 고려한 평가모델을 제안하였다.
- 2) 생산주체가 수행하는 생산능력이 실제당시 보유한 능력에 비해 현실능력의 차이를 변동성과 종속성의 요인에 의하여 발생되고 있음과 구간가중치의 유용성을 보였다.
- 3) 구간생산능력은 기존의 생산능력 산정 결과를 포함하면서 기존에는 포함시키지 못한 손실부분을 포함시키고 있다는 것을 보였다.

## 참 고 문 헌

[1] F.C. Ted Weston Jr, "Locating the Constraint", *IIE Solution*, Vol.31, No.5, pp.34-39, 1999.

[2] Arnold Kaufmann, Madan M. Gupta, *Fuzzy Mathematical Models In Engineering And Management Science*, Elsevier Science Publishers B.V, 1988.

[3] 황승국, *퍼지이론의 평가문제에의 응용*, 일본오사카부립대학대학원 박사학위논문, 1990.

[4] 김해천, *제조업에 있어 양적 생산능력*, 고려대학교 경영대학, pp.1-17.

[5] 유일근, 조성기, "제조업 생산능력 측정의 기준과 모델의 개발", *경영과학*, Vol.3, No.3, pp.143-161, 1996.

[6] 통계청, *제조업 생산능력 및 가동률조사 지침서*, 통계청, 2003.

[7] 산업자원부, <http://www.mocie.go.kr>

[8] 통계청, <http://www.nso.go.kr>

[9] 한국산업규격, <http://www.kssn.net>

[10] 서범석, 김수영, 오준희, "반도체Fabrication 라인에서의 생산능력 분석", *대한산업공학회/한국경영과학회, '98춘계공동학술대회논문집*, 1998.

[11] 김선민, "연속생산라인에 있어 방어적 생산능력의 효과성에 관한 연구", *생산성논집*, Vol.10, No.1, pp.69-89, 1995.

[12] James A. Dearden, Gary L. Lilien, Eunsang Yoon, "Marketing and Production Capacity Strategy for Non-differrented Products: Winning and Losing at the Capacity Cycle Game", *International J. of Research in Marketing*, Vol.16, pp.57-74, 1999.

[13] 김선민, 강현곤, 재투입 생산라인에서 방어적 생산능력의 효과성에 관한 연구, *경영과학*, 제17권, 제1호, pp.17-29, 2000.

[14] 김원경, "자동차 도장설비의 생산성 향상 시뮬레이션", *Theses collection*, Vol.21, No.2, pp.387-396, 2003.

[15] 日本플랜트 메인テナンス협회, 한국능률협회컨설팅, *TPM · 설비관리대백과사전( I )*, p.28, p.323, 1996.

[16] 편입법, *공정관리론*, 대광서림, pp.94-95, 1998.

[17] 권중선, *생산성향상실천매뉴얼*, 월간생산관리사, p.202, 1992.

## 저 자 소개



### 한진열

1981년 : 경남대학교 공업경영학 학사  
 1984년 : 경남대학교 경영학 석사  
 1999년~ 현재 : 경남대학교 산업공학과 박사과정

관심분야 : TOC, JIT, TPM



### 황승국

동아대학교 산업공학 학사  
 동아대학교 산업공학 석사  
 일본 오사카부립대학교 경영공학 박사  
 현재 : 경남대학교 산업공학과 교수

관심분야 : Fuzzy, TQM



### 강성수

한양대학교 공업경영학 학사  
 연세대학교 공업경영학 석사  
 한양대학교 공업경영학 박사  
 현재 : 경남대학교 산업공학과 교수

관심분야 : 경제성공학, ERP