https://doi.org/10.5392/JKCA.2021.21.11.361

혁신형제약기업의 기술혁신활동에 대한 경영효율성 분석

Management Efficiency Analysis of Innovative Pharmaceutical Companies' Technological Innovation Activities

임혜련*, 민현구**

한양대학교 대학원 전략경영학과*, 중부대학교 국제통상학전공**

Hye Ryon Lim(hryon@hanyang.ac.kr)*, Hyun-Ku Min(hgmin@joongbu.ac.kr)**

요약

본 연구의 목적은 혁신형제약기업 인증 기업을 대상으로, 기술혁신활동에 대한 효율성과 생산성을 분석하여 경쟁력을 진단하고 강화 방안을 도출하는 것이다. 이를 위해 38개 혁신형제약기업에 대한 2017~2019년 동안의 투입(연구개발비, 종업원 수) 및 산출(매출, 영업이익, 특허) 데이터를 수집하여, DEA, Tobit 및 MPI를 실시하였다. 그 결과 첫째, 혁신형제약기업의 DEA 결과는 규모의 효율성을 보여주는 CCR 모형 값과 내부 운영 효율성을 나타내는 BCC 모형 값 간에 차이가 있었다. 둘째, 효율성은 기업의 특성에 따라 다르지 않았다. 셋째, Tobit 모형은 보유특허수가 효율성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 넷째, 전체 MPI는 0.89로, 이는 TECI가 3%p 감소하고 TCI가 4%p 증가한 것으로 해석할 수 있다. 본 연구의 결과는 비효율의 원인을 규명하고 목표값을 제시하여 효율성 향상을 위한 대응전략을 위한 의사결정 자료로 활용할 수 있다.

■ 중심어 : | 제약산업 | 혁신형제약기업 | 경영효율성 | DEA | MPI |

Abstract

The purpose of this study is to analyze the efficiency and productivity of technological innovation activities of companies certified as innovative pharmaceutical companies by the government to diagnose their competitiveness and derive measures to strengthen them. This study collected pharmaceutical input (R&D expenditures and number of employees) and output (sale, operating profit and patent) data between 2017 and 2019 for 38 innovative pharmaceutical companies. This study analyzed them using the data envelopment analysis (DEA) method, Tobit model and the Malmquist Productivity Index (MPI). First, the DEA result of the innovative pharmaceutical companies show that between the value of the CCR model of the scale efficiency and the value of the BCC model to diagnose the internal operation efficiency is differences. Second, efficiency does not differ between corporate characteristics. Third, Tobit model shows that number of patents held have positive effects on efficiency. Forth, overall MPI is 0.89. This can be interpreted as the rate of TECI decreased 3%p and TCI has increased 4%p. The results of this study can be used as decision-making data for response strategies to improve efficiency by identifying the cause of inefficiency and presenting target values.

■ keyword : | Pharmaceutical Industry | Innovative Pharmaceutical Company | Efficiency | DEA | MPI |

접수일자 : 2021년 09월 17일
수정일자 : 2021년 10월 25일
심사완료일 : 2021년 10월 25일
교신저자 : 민현구, e-mail : hgmin@joongbu.ac.kr

I. 서 론

인간의 평균 기대수명이 늘어남에 따라 건강에 관한 관심이 확대되면서, 제약산업은 안정적인 수요기반을 확보하며 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 국가경제의 신성장 동력으로 주목받고 있다.

국내 제약시장의 경우, 시장규모 대비 과다한 업체의 시장 참여로 인해 공급 과잉 및 높은 경쟁 강도를 보이고 있다. 그러나 복제약(제네릭, generic) 진입장벽이 점차 낮아지면서 국내 대형 제약사들이 개량신약개발에 나서고 있고, 최근에는 매출액 1조 원을 돌파한 기업들이 확대된 가운데 상장 제약사들을 중심으로 외형은 크게 성장 중이다.

한국표준산업분류(KSIC: Korean Standard Industrial Classification)에 따른 제약산업이란, 사람의 질병을 예방 및 진단하고 치료하는 데 투입 또는 부착 사용되는 의약품, 의료용 기초화합물 및 생약제제와 의료용품을 제조하는 산업이라 정의하는데, 즉 국민 보건과 관련된 산업이므로 의약품의 허가, 보험 약가 등재뿐 아니라 생산, 유통, 판매에 이르기까지 타 산업에 비해 정부의 엄격한 제도적 규제 아래 관리되고 있다.

정부는 국내 제약산업의 지속성장을 위한 글로벌 경쟁력 제고를 위하여, 제약산업의 체계적인 육성과 지원, 그리고 국제협력 강화를 목적으로 하는 『제약산업 육성 및 지원에 관한 특별법』을 제정(2011.3.) 및 시행(2012.3.)하였다. 동 법에 근거하여 정부는 혁신형제약기업 인증 제도를 마련하였는데, 혁신형제약기업이란 신약개발 R&D 역량과 해외 진출 역량이 우수하다고 인증된 기업으로써, 해당 기업으로 인증이 되면 정부로부터 국가연구개발사업 등 우대, 조세에 관한 특례, 연구시설 건축에 관한 특례, 그리고 각종 부담금의 면제 등 직·간접적인 다양한 혜택(연간 약 1,000억 원 규모)을 받게 된다. 보건복지부가 2012년 이후 2년에 1회씩 인증 기준(① 인적·물적 투입자원의 우수성(40%): 연구개발 투자실적, 연구인력 및 연구생산시설의 보유현황, ② 연구개발 활동의 혁신성(30%): 연구개발 비전 및 중장기 추진전략, 국내외 대학·연구소·기업 등과 제휴·협력 활동, 비임상·임상 시험 및 후보물질 개발 수행, ③ 기술적·경제적·국민 보건적 성과의 우수성(20%): 의약품 특허 및 기술이전 성과, 글로벌 기술경쟁력, 우수 의약품 개발 및 보급 성과, ④ 기업의 사회적 책임 및 윤리성, 투명성(10%): 의약품 등의 유통체계와 판매질서 준수 등 윤리성, 외부감사 등 경영의 투명성 등)에 적격한 제약기업을 선정하고 있는데, 2018년 12월 현재, 혁신형제약기업은 일반제약사 34개사, 바이오벤처사 9개사, 외국계제약사 4개사로 총 47개사가 선정되었다.

인증의 주요 목적은 국내 제약기업의 글로벌 경쟁력 강화이다. 기존 제약산업이 내수시장을 중심으로 복제약 생산에 집중하였다면, 최근에는 상위 제약사들을 중심으로 글로벌 경쟁력을 강화할 신약개발로 패러다임이 바뀌고 있는 추세이다. 이에 정부가 성장지원을 확대함으로써 주요 제약사들의 개량·신약 개발 진행을 위한 생산·연구개발 인력을 확충하고 제약산업 상용화·제품화 전문인력 및 임상시험 인력 양성을 강화함으로써 글로벌 성장세를 굳건히 하고자 함이다.

본 연구에서는 국내 혁신형제약기업을 대상으로 제약산업 내 기술혁신활동의 효율성 및 생산성 분석을 실시하였다. 이는 국내 제약산업의 경쟁력 진단 및 경쟁력 강화, 더 나아가 국가 경쟁력 제고를 위한 제약산업 육성법 시행과 인증의 실효성 검토를 위한 하나의 방안이 될 수 있을 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 연구의 이론적 배경을 살펴보고 본 연구의 차별성을 기술한다. Ⅲ장에서는 연구를 위한 투입변수와 산출변수 선정, 분석대상 및 방법에 대해 기술한다. Ⅳ장에서는 본 연구의 분석결과를 제시하고, 마지막 Ⅴ장에서는 연구결과의 요약과 시사점 및 한계점을 기술한다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. DEA 모형

효율성을 측정하는 방법 중 비모수적 측정방법인 DEA는 가장 많이 활용되는 방법이다. DEA는 가장 효율적인 의사결정단위(DMU, Decision Making Units)의 생산성 1을 기준으로 상대 효율성을 평가하는 방법이다. DEA는 의사결정단위의 효율성 수준을 계산하고 효율성 향상을 위한 벤치마크 대상으로 개선 가능한 정

보를 제공한다. DEA에 의한 효율성 분석은 Farrel(1957)에 의해 처음 제안된 이후[1], Charnes, Cooper and Rhodes(1978)에 의해 CCR 모형으로 발전하였다[2]. 이후 Banker, Charnes and Cooper (1984)에 의해 BCC 모형으로 확장되었다[3].

이러한 두 모형은 효율성 측정에 있어 규모의 효과(effect of scale)를 고려하느냐에 따라서 CCR 모형과 BCC 모형으로 구분할 수 있다[4][5]. CCR 모형은 분석대상인 DMU들의 규모에 대한 수익불변(CRS, Constant Return to Scale)을 가정한 모형이다. BCC 모형은 투입과 산출의 관계가 규모에 따라 변하는 가변규모수익(VRS, Variable Return to Scale)을 가정한다.

CCR과 BCC 모형을 활용한 상대적 효율성을 계산하는 방법은 다음과 같다. DMU가 k개가 있고 각 DMU는 M개의 투입과 N개의 산출을 각각 $x_m(m=1,2,\cdots,m)$과 $y_n(n=1,2,\cdots,n)$라고 할 때, k 번째 관측치인 k DMU의 효율성은 투입기준을 가정할 때 식 (1)과 같은 선형계획법으로 해를 구한다.

$$\theta^{k*} = \min_{\theta,\lambda,s-,s+} \left\{\theta^k - \epsilon\left(\sum_{m=1}^{M} s_m^- + \sum_{n=1}^{N} s_n^+\right)\right\} \quad (1)$$

Subject to

$$\theta^k x_m^k \geq \sum_{j=1}^{J} x_m^j \lambda^j (m=1,2,\cdots,M);$$
$$y_n^k \leq \sum_{j=1}^{J} y_n^j \lambda^j (n=1,2,\cdots,N);$$
$$\lambda^j \geq 0 (j=1,2,\cdot\cdot,J);$$
$$s_m^- \geq 0 (m=1,2,\cdot\cdot,M);$$
$$s_n^+ \geq 0 (n=1,2,\cdot\cdot,N)$$

목적함수 θ^{k*}는 k 번째 DMU의 투입요소들을 줄이는 비율로, 모든 투입요소에 대해서 θ^{k*}만큼 투입이 동일하게 줄어들면 k 번째 관측치가 생산변경에 도달하게 된다. s_m^-는 투입에 대한 여유분이며, s_n^+는 산출에 대한 여유분을 의미한다.

CCR 모형에서 도출된 효율성을 기술효율성(TE, Technical Efficiency)이라고 한다. CCR 모형은 규모에 대한 수익불변을 가정한다. 이로 인해 비효율의 원인이 내부 운영상의 기술효율성인지, 규모의 효율성인지 구분하지 못하는 한계가 있다. 투입기준 BCC 모형은 식 (2)와 같으며 CCR 모형과 달리 제약식에 $\sum_{j=1}^{J} \lambda^j = 1$라는 조건이 추가되어 있다. 이 모형은 가변규모수익 전제로 하여 CCR 모형의 한계를 극복할 수 있고, 규모의 효과를 배제한 순수 기술적 효율성(PTE, Pure Technical Efficiency)을 찾을 수 있다[6].

$$\theta^{k*} = \min_{\theta,\lambda,s-,s+} \left\{\theta^k - \epsilon\left(\sum_{m=1}^{M} s_m^- + \sum_{n=1}^{N} s_n^+\right)\right\} \quad (2)$$

$$\theta^k x_m^k \geq \sum_{j=1}^{J} x_m^j \lambda^j (m=1,2,\cdots,M);$$
$$y_n^k \leq \sum_{j=1}^{J} y_n^j \lambda^j (n=1,2,\cdots,N);$$
$$\sum_{j=1}^{J} \lambda^j = 1$$
$$\lambda^j \geq 0 (j=1,2,\cdot\cdot,J)$$
$$s_m^- \geq 0 (m=1,2,\cdot\cdot,M)$$
$$s_n^+ \geq 0 (n=1,2,\cdot\cdot,N)$$

CCR 모형과 BCC 모형의 효율성 차이를 규모의 효율성(SE, Scale Efficiency)이라고 한다. 규모의 효율성은 CCR 모형에서 도출된 값을 BCC 모형에서 도출된 값으로 나눈 값을 구하며 식은 (3)과 같다.

$$SE = \frac{\theta_{CCR}^*}{\theta_{BCC}^*} \quad (3)$$

규모 특성을 파악하기 위한 방법에는 CCR 모형의 $\sum_{j=1}^{J} \lambda^j$을 이용하여 판단한다. 규모의 경제성(IRS, Increasing Return to Scale)을 보이면 $\sum_{j=1}^{J} \lambda^j < 1$, 불변규모수익(CRS, Constant Return to Scale)을 보이면 $\sum_{j=1}^{J} \lambda^j = 1$, 규모의 불경제성(DRS, Decreasing Return to Scale)을 보이면 $\sum_{j=1}^{J} \lambda^j > 1$이다[7].

2. 토빗(Tobit) 회귀모형

로짓(logit) 모형은 종속변수가 질적 변수로 둘 이상의 범주를 대변하는 이분변수일 경우 더미변수로 추정할 수 있으며 식 (4)와 같이 가정한다.

$$y_i = 1 \quad \text{if} \quad y_i^* > 0$$
$$y_i = 0 \quad \text{if} \quad y_i^* \leq 0 \quad (4)$$
$$(\text{단}, \ y_i^* = \alpha + \beta x_i + e_i)$$

그러나 만일 종속변수가 양적인 변수이면서 $y^* \leq 0$이면 관측이 불가능하며 관측범위가 제약되게 된다. 토빗모형은 관측범위가 제약되는 회귀분석 모형이라 할 수 있으며 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$y_i = y_i^* = \alpha + \beta x_i + e_i \quad \text{if} \quad y_i^* > 0$$
$$y_i = 0 \quad \text{if} \quad y_i^* \leq 0 \qquad (5)$$

토빗모형은 0과 양(+)의 값을 갖는 절단자료 형태의 종속변수에 적용되는 방법이며 0에서 절삭된다는 의미에서 중도절단 회귀모형(censored normal regression model)이라고도 한다. 토빗모형은 통상최소자승회귀모형을 적용하는 경우보다 불편의, 일치추정량을 얻게 되는 장점이 있다.

DEA에서 도출된 효율성 값은 0과 1 사이의 제한적 값을 가진다. 이러한 분포는 회귀모형에서 가정하는 정규분포와 다르게 되고 회귀계수가 불일치 추정치를 갖게 되어 회귀모형을 적용하기 어렵다. 이에 본 연구에서는 효율성 영향요인 분석을 위해 토빗 회귀모형을 적용한다.

3. 맘퀴스트(Malmquist) 생산성 지수

DEA는 본질적으로 특정 시점의 효율성을 수평적으로 비교하는 정태적 분석 방법이다. 다른 시간대에 걸쳐 자료를 수집한 경우 연도별 평균 효율성 값은 당시 표본 내에서 상대적으로 비교한 값을 평균한 것일 뿐 다른 연도와 비교하여 논할 수 있는 값이 아니다. 그런데 서로 다른 시점의 자료를 구하면 시간이 지남에 따라 투입 대비 산출의 비율이 증가 또는 감소여부를 추적할 수 있는데, 이를 생산성 변화분석이라 한다. 여러 생산성 변화 분석 방법 가운데 DEA를 이용한 생산성 분석방법은 맘퀴스트 생산성 변화지수이다. 생산성이란 투입 대비 산출의 비율이 증가하였는지 또는 감소하였는지를 의미하며, 투입 대비 산출 비 그 차제를 나타내므로 절대적인 의미를 갖는다. 반면에 효율성은 가장 효율적인 성과를 가지는 DMU를 기준으로 생산변경이나 비용변경을 도출하여 비교하기 때문에 상대적인 의미를 가지며[7], 생산성이 효율성보다 포괄적인 개념이다.

맘퀴스트 생산성 지수(MPI)는 Malmquist(1953)에 의해 거리함수 개념을 활용하여 처음 제시되었고[8], Färe, Grosskopf, Norris and Zhang(1994)은 기존의 맘퀴스트 생산성 지수를 DEA 기반의 생산성 함수로 발전시켰다[9]. 맘퀴스트 생산성 지수(MPI)는 시점 t에서 생산기술을 가정한 상태로 두 시점 간(t, t+1)의 생산성 변화를 측정할 수 있으며 다음의 식 (6)과 식 (7)로 나타낼 수 있다.

$$M_0^t(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \qquad (6)$$

$$M_0^{t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \qquad (7)$$

맘퀴스트 생산성 지수가 1보다 크면 t 시점에 비해 t+1 시점의 투입 대비 산출의 비율이 증가했다는 것을 의미한다. 맘퀴스트 생산성 지수는 어느 특정 시점의 생산가능 집합을 기준으로 생산성 지수를 표현하는 것이 반드시 옳다고 할 수 없다. 이러한 두 시점 간의 자의적인 선정 기준 문제점을 해결하기 위해 식 (8)과 같이 생산성 변화 지수를 기하 평균하여 맘퀴스트 생산성 지수를 측정할 수 있다[7][9].

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \cdot \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \qquad (8)$$

맘퀴스트 생산성 지수는 생산성의 시계열적 비교 후 변화의 원인을 분석하기 위해 식 (9)와 같이 기술적 효율성 변화지수(TECI)와 기술 변화지수(TCI)로 변환될 수 있다.

$$M_0(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \frac{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^t(x^t, y^t)} \cdot \left[\frac{D_0^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_0^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \cdot \frac{D_0^t(x^t, y^t)}{D_0^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = TECI \cdot TCI \qquad (9)$$

4. 선행연구

효율성과 생산성을 비교 분석하는 연구는 다양한 산업에서 경쟁력 강화를 위한 효과적인 방법론으로 활용되고 있다. 김기현, 황승준, 이진표(2018)는 세계 주요 가스업체 간 효율성 및 생산성을 비교분석하여, DEA에서 효율적이라도 MPI에서 생산성이 낮을 수 있기 때문

에 DEA와 MPI를 동시에 분석할 필요를 제기하였으며[10], 김예정(2019)은 전기공사업에 대한 효율성 및 생산성 변화 분석을 실시하여, 기술변화가 중요함을 밝혔다[11].

국내 제약산업을 대상으로 하는 효율성 분석 연구는 기술혁신을 통한 이익창출 제안 연구들과 경영자의 효율성 평가를 통해 경영방향을 제시하는 연구들로 구분할 수 있다[12]. 본 연구에서는 혁신형제약기업들에 대한 기술혁신활동의 효율성 및 생산성 분석을 위해 DEA와 MPI를 활용했다. 이와 관련하여 기술혁신활동에 대한 효율성 연구 및 DEA와 MPI를 활용한 연구들을 살펴보았다.

먼저 제약산업의 해외 선행연구로 Gonzalez and Fernando(2004)는 스페인의 제약산업을 대상으로 효율성을 평가하였다[13]. 연구 결과 제네릭 중심의 의약품 생산구조에서 벗어나 R&D에 대한 투자를 집중함으로써 효율성을 개선해야 한다고 주장하였다. Song and Zhang(2013)은 중국제약 산업을 대상으로 DEA-Malmquist의 생산성 지수를 활용한 효율성 분석을 실시하였다[14]. Gascón, Lozano, Ponte and de la Fuente(2017)는 37개 대형 제약회사의 경영 효율성 분석을 실시하였다[15]. 연구자들은 투입 산출변수에 시간 효과를 고려하여 6가지 모델을 분석하였다. 연구결과 대부분 제약회사의 효율성이 높게 나타났으며, 인수합병과 금융거래를 고려한 분석 결과 효율적인 회사의 경우 금융거래가 크고 자주 일어남을 알 수 있었다.

국내 제약산업에 대한 선행연구를 살펴보면, 김성아(2007)는 국내 24개 제약기업을 대상으로 경영효율성과 생산성 변화를 분석하였다[16]. 정성민, 유한주(2011)는 19개 제약기업을 대상으로 효율성과 생산성 변화를 분석하였다[17]. 분석 결과 순수기술효율성이 규모효율성에 비해 상대적으로 낮은 결과를 보였다. 제약기업들의 경영효율성 향상을 위해 규모의 확대보다는 신기술 도입 및 투입요소 개선을 제시하였다. 윤상흠, 박춘식, 하귀룡(2017)은 국내 제약산업 상장기업 대상으로 기술혁신효율성을 평가하였다[18]. 분석결과 기술효율성이 1.0인 집단이 그렇지 않은 집단에 비해 기술혁신에 투자된 자산을 효율적으로 이용하고 있다는 것을 제시하였다. 박하영, 차민경, 이혜린(2020)의 연구에서는 OECD 20개 국가 대상으로 2001~2008년 제약바이오산업의 국가별 혁신(신약개발) 효율성을 분석하였다[19]. 분석결과 국가별 효율성 증감 추세와 패턴을 파악하였으며 국내 제약바이오산업 신약 개발 효율성은 연구 및 개발 효율성이 개선되었으나 여전히 개발 효율성이 절대적으로 낮으며 최종 FDA 허가 신약전환에 어려움을 겪고 있음을 파악했다. 이를 통해 연구자들은 개방형 혁신 활성화 및 정부차원의 신약 연구 및 개발단계 효율성에 대한 관심과 관리의 필요성을 제기하였다.

정부는 지난 2012년부터 글로벌 환경에서 국내 제약산업의 생존과 성장 더 나아가 선진화를 위한 정책의 일환으로 '약가제도 개편 및 혁신형제약기업 지원'을 시행하여 혁신형제약기업을 지정하고 집중적으로 지원을 해왔으나, 선행연구 검토 결과 그동안 이들을 대상으로 한 기술혁신활동에 대한 효율성 분석 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 그동안 연구에서 다루지 않았던 혁신형제약기업을 대상으로 기술혁신 효율성 및 생산성 지수 분석을 하였다. 또한 선행연구에서 제시되지 않은 효율성에 미치는 영향요인에 대해 투입 및 산출변수 이외의 요인들에 대한 추가 검증을 하였으며, 기업 특성별 집단 간 비교를 통해 집단 간 효율성을 비교하여 시사점을 도출하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 변수 선정

효율성 분석을 위해서는 적절한 투입 및 산출요소를 선정해야 한다. 투입 및 산출변수의 선택은 분석 결과의 정확성을 결정하기에 매우 신중해야 한다[20]. 그러나 DEA를 위한 변수 선정 관련한 방법론에 대해서는 아직 정립된 연구가 없어, 일반적으로 문헌연구, 연구자의 주관적 판단, 그리고 관련 자료의 통계분석 등을 바탕으로 투입 및 산출 변수를 선정한다[21]. 본 연구에서는 변수 선정을 위해 기존의 제약산업 내 효율성 분석을 실시한 국내외 연구에서 활용한 투입 및 산출 변수를 참고하였는데, 이는 [표 1]과 같다.

표 1. 선행연구의 투입 및 산출 변수 정리

연구자	투입변수	산출변수
김우봉, 김우식(2002)[22]	고정자산, 종업원수, 재료비	매출액
김성아(2007)[16]	총자산, 인건비, 재료비	매출액
정성민, 유한주(2011)[17]	총자산, 매출원가, 판매비 및 관리비, 급여	매출액
김근령, 김기홍(2015)[23]	종업원수, 유형고정자산	매출액
소순후(2016)[24]	종업원수, 유형자산	생산액
윤상흠, 박춘식, 하귀룡(2017)[18]	연구개발인력, 유형자산, 연구개발비	매출액, 당기순이익, 특허
이기세, 강다연(2019)[12]	자산, 인건비, 연구개발비, 광고선전비	매출액, 영업이익, 당기순이익
Gonzalez & Fernando(2004)[13]	인건비, 고정 자산 감가상각비(자본), 기타 비용	매출액
Hashimoto & Haneda(2008)[25]	연구개발비, 연구인력	특허, 매출액, 순이익
You, Chen & Holder(2010)[26]	종업원, 유형자산, 매출비용, 판매비와 관리비	매출액
Song & Zhang(2013)[14]	연구개발, 신약개발투자	특허, 신약가격
Gascón, Lozano, Ponte & de la Fuente (2017)[15]	인력 규모, 총자산, 연구개발비	당기순이익, 시가총액, 총매출액

제약산업의 핵심 경쟁력은 과학을 기반으로 하는 신약개발 역량이며, 이 역량이 경제성장으로 이어지기 위해서는 경영 역량과 결합되어 기업의 매출로 실현되어야 한다[27]. 기업의 미래수익 및 기업가치에 대한 설명변수로서 기업의 재무제표에 나타나는 대표적인 무형자산 항목으로 연구개발비를 들 수 있다[28]. 그동안의 여러 연구를 통해 연구개발비는 기업의 성과와 관련이 있다는 다각적인 실증분석이 이루어져 왔다[29-31]. 그리고 경제학에서 활용하는 생산함수 중에 기업이 성과를 최대화하기 위해서 투입하는 변수가 바로 노동인데, 노동의 규모는 종업원의 수로 결정될 수 있다[17]. 따라서 본 연구에서는 기업의 연구개발비와 종업원 수를 투입 변수로 설정하였다.

기업의 성과에 대한 접근은 크게 경영성과, 기업가치, 주식시장의 평가 등으로 구분 지을 수 있는데, 경영성과의 경우 회계자료를 바탕으로 수익성, 생산성, 성장성 등을 측정한다[32-36]. IAS(International Accounting Standards: 국제회계기준) No. 9에 따르면, 내부 개발 무형자산의 형성을 연구단계와 개발단계로 나누어 인식하고 있다. 연구단계의 경우 향후 경제적 효익을 창출할 수 있는 무형자산의 존재를 입증하기가 어렵기에, 연구단계에서의 지출은 무형자산이 아닌 발생한 기간의 비용으로 처리한다. 그러나 개발단계에서의 지출은 제품 생산이 진행되어 향후 경제적 효익의 창출을 예측할 수 있기 때문에 무형자산으로 인식 가능하다. 때문에 본 연구에서는 영업이익과 함께 매출액을 산출변수로 설정하였다.

또한, 연구개발비 투자의 직접적인 기술적 성과로서 특허, 논문, 시제품 등을 꼽을 수 있는데[37], 이 중 특허의 경우 기술혁신 지표로써 대부분의 연구에서 충분히 신뢰할 만한 지표로 활용된다[38]. 특히, 제약산업 내 기업들이 경쟁우위를 갖고 성공하기 위해서는 특허의 보유가 매우 중요한 역할을 하는데 이는 일정기간 동안의 시장 독점을 인정받기 때문이다[19]. 따라서 본 연구에서는 산출변수에 특허도 포함하였다.

2. 분석 대상 및 방법

본 연구에서는 혁신형제약기업들의 효율성과 생산성을 분석하기 위해 2019년 12월 말 기준 혁신형제약업체 47개사를 대상으로 하여, NICE평가정보를 통해 각 기업의 2017년부터 2019년까지의 연간 데이터를 수집하였다. 대상 기업 중 표준산업분류를 기준으로 화장품 제조업, 의약품 도매업, 합성수지 및 기타 플라스틱 물질 제조업으로 분류되는 6개 업체와 분석 기간 내 특허를 보유하지 않은 1개 업체를 제외하였고, 최종 38개 기업을 연구 대상으로 선정하였다. 이들은 세부적으로 일반제약사 28개, 바이오벤처사 9개사, 외국계 제약사 1개사로 구분된다.

분석대상의 기초 통계분석을 위해 Excel 2021, 효율성과 생산성 지수 분석을 위해 R 프로그램, 영향요인 분석을 위해 Jamovi를 사용하였다.

표 2. 변수의 기술통계

변수		Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
투입변수	연구개발비	114	27,379	34,739	1,568	164,021
	종업원 수	114	728	638	37	2387
산출변수	매출액	114	306,226	359,347	71	1,506,766
	영업이익	114	27,821	68,861	-44,536	499,135
	특허	114	20	3.2	11	25

혁신형제약기업 38개 기업의 2017년부터 2019년까지 3년간 투입 및 산출 변수의 기초통계는 위의 [표 2]와 같다. 한편, 산출요소 중 영업이익의 경우 일부 기업이 음수 값으로 가지고 있는 것으로 나타났는데, 이 경우 DEA 모형으로 효율성을 산출할 수 없어 절대상수 가산법을 활용하여 음수 값을 양수 값으로 변환하여 효율성을 분석하였다[39].

본 연구의 분석 절차는 다음의 [표 3]과 같다.

표 3. 분석 절차

구분	절차	주요 내용
1단계	분석대상 자료수집	제약산업 내 혁신형 제약기업 선정 및 산업표준분류 기준 결정에 따른 DMU 선정
2단계	변수선정	투입변수 : 연구개발비, 종업원수 산출변수 : 특허, 매출, 영업이익
3단계	효율성 분석	CCR, BCC, SE 분석 및 비효율성 개선 방안 제시 효율성 개선 위한 목표치와 조정비율 제시
4단계	차이분석	Wilcoxon-mann-whitney 분석 상장기업과 비상장기업, 일반제약기업과 바이오제약 기업 간 효율성 검증
5단계	효율성영향 요인분석	Tobit 분석 인증기간, 특허유지 건수의 효율성 영향 관계 분석
6단계	생산성 분석	MPI 분석 기술변화와 효율성 변화 분석 및 생산성 향상 방안 제시

Ⅳ. 분석결과

1. 효율성 분석결과

DEA는 투입지향적 모형과 산출지향적 모형으로 구분되다. 본 연구에서는 혁신형제약기업의 효율성 측정을 위해 산출지향적 CCR 모형과 BCC 모형을 사용하였다. 2019년도 DEA 분석 대상인 혁신형제약기업 38개 DMU를 기업의 특성별로 구분해 보면 상장기업은 32개, 비상장기업은 6개사이며 혁신형성장기업 구분 기준에 따라 일반제약사는 29개(외국제약사 1개 포함), 바이오벤처사는 9개로 외감기업 보다 상장기업이 더 많으며 일반제약회사가 바이오벤처사 보다 더 많은 것으로 나타났다.

표 4. DEA 결과 (2019)

DMU	CCR	BCC	SE	RTS
1	1.000	1.000	1.000	CRS
2	0.742	0.879	0.844	DRS
3	0.917	1.000	0.917	DRS
4	0.761	1.000	0.761	DRS
5	1.000	1.000	1.000	CRS
6	0.536	0.605	0.886	DRS
7	0.101	0.140	0.721	IRS
8	0.660	0.921	0.717	DRS
9	0.421	0.558	0.753	IRS
10	0.397	0.756	0.526	DRS
11	1.000	1.000	1.000	CRS
12	0.829	1.000	0.829	DRS
13	0.754	1.000	0.754	DRS
14	0.639	0.852	0.751	DRS
15	0.413	0.471	0.876	IRS
16	1.000	1.000	1.000	CRS
17	0.275	0.423	0.649	IRS
18	0.707	1.000	0.707	DRS
19	0.794	0.845	0.939	IRS
20	0.636	0.941	0.676	DRS
21	0.786	1.000	0.786	DRS
22	0.760	0.891	0.853	DRS
23	0.804	0.960	0.837	DRS
24	0.640	1.000	0.640	DRS
25	0.527	0.572	0.922	IRS
26	0.523	1.000	0.523	DRS
27	0.665	0.983	0.677	DRS
28	0.221	0.222	0.993	IRS
29	0.758	0.934	0.811	DRS
30	0.727	0.849	0.857	DRS
31	0.920	1.000	0.920	IRS
32	0.724	0.871	0.831	IRS
33	1.000	1.000	1.000	CRS
34	1.000	1.000	1.000	CRS
35	0.447	0.452	0.990	IRS
36	0.539	0.660	0.817	DRS
37	0.475	0.492	0.966	IRS
38	1.000	1.000	1.000	CRS
Avg.	0.687	0.823	0.835	-

2019년 혁신형제약기업 38개 기업에 대한 분석 결과는 위의 [표 4]와 같다. 효율성 측정 결과 효율성이 1인 값은 CCR 모형에서 7개로 나타났으며 이 중 상장기업 4개, 비상장기업 3개로 나타났으며 혁신형제약기업 구분에 의하면 일반제약회사 5개, 바이오벤처사 2개로 나타났다. BCC 모형에서 효율성 1인 값은 16개로 나타났다. 이 중 상장기업 12개, 비상장기업 4개로 나타났으며 혁신형제약기업 구분에 의하면 일반제약회사 13개, 바이오벤처사 3개로 나타났다. 전체 기술효율성(TE)을 나타내는 CCR 모형의 효율성 평균값은 0.687이며 순수기술효율성(PTE)을 나타내는 BCC 모형의 효율성 평균값은 0.823으로 나타났다. 효율성 평균값 이하로 나타난 DMU들을 기업 특성별로 나누어 보면 다음의 [표 5]와 같다.

표 5. 효율성 평균 이하 DMU

구분		상장 여부		업종	
		상장사	비상장사	일반 제약사	바이오 벤처사
평균값 이하	CCR	15	2	12	5
	BCC	11	-	6	5

CCR 모형에서 효율성이 1인 값을 가지는 DMU들은 SE에서도 효율성 1인 값으로 나타났다. 이들은 모두 내부 효율성과 규모 효율성 면에서 효율적으로 운영되고 있음을 의미한다. BCC 모형에서는 효율성이 1인 값 중 SE에서도 효율성 1인 값을 가지는 DMU들은 8개로 나타났다. 나머지 9개 DMU들은 기업의 규모의 비효율성이 문제인 것을 알 수 있다. 이러한 규모의 비효율성 개선을 위해서는 기업의 규모를 조정할 필요가 있다.

규모의 수익성은 규모수익불변(CRS), 규모수익체감(DRS), 규모수익체증(IRS) 3가지로 측정된다. 이러한 규모수익성은 규모가 최적 상태인지, 그렇지 않다면 규모의 확대, 축소에 따른 효율성 개선 가능 정보를 제시해 준다. 규모의 수익성 분석 결과, CRS 7개, DRS 20개, IRS 11개로 분석되었다. IRS에 해당되는 DMU의 경우, 투입변수의 규모 확대로 효율성 개선을 검토해 볼 수 있다. 즉, 종업원 수와 연구개발비의 증가를 통해 특허, 영업이익, 매출액의 규모를 확대시킬 수 있다. 그러나 대부분의 DMU들이 DRS 상태로 투입의 축소를 통해 효율성 개선을 검토할 필요가 있다.

2. 효율성 개선을 위한 목표치와 조정비율

DEA 특성상 효율성 지수를 측정하는 데 참조 집단 DMU들이 필요하며, 복수의 다른 DMU로부터 참조 집단으로 활용되어야 진정한 효율적 DMU가 된다[40]. 따라서 참조 집단으로 활용되지 못하거나 자기 참조 DMU의 경우에는 효율적이라고 보기 어렵다. DEA 분석에 따른 참조 집단에 대한 빈도분석 결과는 [표 6]과 같으며 CCR 모형에서 DMU38은 21회, BCC 모형에서 DMU13이 14회로 가장 많이 참조되었다. 하지만 BCC 모형에서 DMU3, DMU26, DMU31은 참조 집단으로 활용되지 못하였다.

표 6. DEA 결과에 의한 참조 집단

DMU	CCR		BCC	
	Reference Set	Reference	Reference Set	Reference
1		6		3
2	DMU11(0.770), DMU16(0.977), DMU38(0.138)		DMU13(0.009), DMU16(0.642), DMU18(0.251), DMU(0.098)	
3	DMU11(0.935), DMU16(0.689)			
4	DMU1(1.743), DMU5(0.657), DMU38(0.506)			4
5		10		4
6	DMU11(0.800), DMU16(0.167), DMU33(1.205), DMU38(0.034)		DMU11(0.622), DMU13(0.121), DMU16(0.047), DMU33(0.041), DMU38(0.169)	
7	DMU16(0.023), DMU33(1.736)		DMU13(0.035), DMU33(0.965)	
8	DMU11(1.082), DMU16(0.095), DMU38(1.781)		DMU4(0.072), DMU13(0.031), DMU16(0.256), DMU21(0.641)	
9	DMU16(0.036), DMU33(1.073), DMU38(1.076)		DMU1(0.226), DMU12(0.313), DMU(0.078), DMU38(0.383)	
10	DMU1(0.071), DMU33(2.207), DMU38(0.354)		DMU12(0.263), DMU13(0.034), DMU33(0.703)	
11		18		9
12	DMU38(0.431)			4
13	DMU16(0.830), DMU38(7.015)			14
14	DMU1(1.688), DMU5(0.391), DMU38(0.174)		DMU1(0.462), DMU4(0.489), DMU(0.049)	
15	DMU5(0.050), DMU11(1.011), DMU38(0.404)		DMU11(0.655), DMU16(0.042), DMU21(0.223), DMU38(0.080)	
16		17		11
17	DMU16(0.043), DMU33(2.244)		DMU13(0.064), DMU33(0.936)	
18	DMU11(1.819), DMU16(0.724), DMU38(0.949)			1
19	DMU5(0.296), DMU11(0.371), DMU33(0.151)		DMU5(0.297), DMU11(0.337), DMU33(0.366)	
20	DMU5(0.239), DMU11(0.313), DMU33(1.193), DMU38(0.342)		DMU5(0.375), DMU12(0.181), DMU13(0.052), DMU33(0.391)	
21	DMU5(1.782), DMU11(0.436), DMU38(0.273)			6
22	DMU11(0.188), DMU16(0.128), DMU38(1.315)		DMU4(0.295), DMU13(0.011), DMU16(0.181), DMU21(0.059), DMU38(0.453)	
23	DMU1(0.380), DMU5(0.311), DMU(0.359), DMU38(0.434)		DMU1(0.011), DMU12(0.507), DMU13(0.006), DMU33(0.339), DMU38(0.138)	
24	DMU11(5.136), DMU16(0.591)			1
25	DMU16(0.063), DMU33(0.946), DMU(0.509)		DMU13(0.048), DMU16(0.010), DMU33(0.390), DMU38(0.552)	
26	DMU1(0.487), DMU5(3.827), DMU33(0.323)			
27	DMU16(0.030), DMU38(2.328)		DMU16(0.181), DMU38(0.819)	
28	DMU11(0.439), DMU34(0.728)		DMU11(0.500), DMU34(0.500)	

29	DMU11(0.754), DMU16(0.091), DMU33(0.285), DMU38(0.752)		DMU11(0.228), DMU13 (0.077), DMU16(0.060), DMU21(0.287), DMU38(0.348)	
30	DMU5(0.601), DMU11(0.442), DMU38(0.672)		DMU11(0.150), DMU16(0.019), DMU21(0.458), DMU38(0.373)	
31	DMU11(0.070), DMU33(0.521), DMU34(0.299)			
32	DMU11(0.197), DMU16(0.005), DMU33(1.102), DMU38(0.038)		DMU5(0.081), DMU13(0.018), DMU33(0.796)	
33	33	14		9
34	34	4		2
35	DMU34(1.118)		DMU11(0.043), DMU34(0.957)	
36	DMU11(0.530), DMU16(0.292), DMU38(1.551)		DMU4(0.250), DMU16(0.434), DMU21(0.317)	
37	DMU11(0.602), DMU38(0.445)		DMU11(0.506), DMU16(0.092), DMU21(0.065), DMU38(0.336)	
38		21		10
Avg.	0.687	0.823	0.835	-

CCR 모형과 BCC 모형 분석 결과, DMU28은 두 모형에서 가장 비효율적인 것으로 나타났다. [표 7]은 DMU28에 대한 효율성 개선을 위한 목표값과 개선율을 제시하였다. DMU28의 투입 변수 중 연구개발비의 경우, CCR 모형에서는 76.6%를 감소하고 BCC 모형에서는 78.6%를 감소하여야 하는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구는 산출지향 DEA 모형을 선택하였기 때문에 투입을 고정시킨 상태에서 산출을 최대화하는 것이 목적이므로 산출 변수에 집중하여야 한다. 산출 변수를 보면, CCR 모형에서는 특허 352.9%, 매출액 352.9%, 영업이익 113.9%를 증가시키고 BCC 모형에서는 특허 350.0%, 매출액 377.0%, 영업이익 115.1% 증가시키면 효율성을 개선할 수 있다.

표 7. DMU28의 효율성 개선을 위한 목표값과 개선율

구분		연구개발비	종업원 수	매출액	영업이익	특허
CCR	현재값	40,449	162	11,303	-44,536	1
	목표값	9,481	162	51,188	6,175	4
	개선율	-76.6%	-	352.9%	113.9%	352.9%
BCC	현재값	40,449	162	11,303	-44,536	1
	목표값	8,637	162	53,915	6,733	5
	개선율	-78.6%	-	377.0%	115.1%	350.0%

3. 차이분석

효율성이 1인 값을 어느 집단이 더 많고 적음으로 두 집단 간의 효율성이 높다고 확신할 수 없으며 차이 분석을 통해 두 집단 간 경영효율성을 비교해야 한다[12]. 이에 본 연구에서는 혁신형제약기업들의 기업 특성에 따라 집단 간 효율성 차이가 존재하는지 통계적으로 검증해 보았다. DEA는 이론적으로 효율성 값이 어떤 분포를 따르는지 모르기 때문에 값의 분포에 독립적인 비모수 통계량을 이용하는 게 바람직하다[41]. 이에 비모수 통계방법 중 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 분석하고자 Wilcoxon-mann- Whitney 검증을 실시하였다. [표 8]은 상장기업과 비상장기업 간, 일반제약사와 바이오벤처사 간의 차이 분석을 실시한 결과로, 집단 간 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 따라서 상장기업과 비상장기업 간의 효율성 차이는 없으며 일반제약사와 바이오벤처사 간의 경영효율성에도 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 원인으로는 혁신형제약기업들은 투입자원의 우수성, 연구개발 활동 혁신성, 기술·경제 성과 우수성 등에 대한 평가 요인들에 의해 지정되었기 때문으로 기업의 특성에 따라 차이를 보이지 않는다고 추정해 볼 수 있다.

표 8. Wilcoxon-mann-Whitney 검증 결과

구분	평균		W	P-Value	평균		W	P-Value
	상장사	비상장사			일반제약사	바이오벤처사		
CCR	0.660	0.827	134	0.1321	0.713	0.602	133	0.8289
BCC	0.793	0.984	142	0.0583	0.871	0.669	106	0.2484
SE	0.834	0.839	109	0.6157	0.819	0.886	175	0.1297

*p-value 〈 0.05 유의수준

4. 효율성 영향요인 분석

본 연구에서는 DEA를 통해 도출된 효율성에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위해 통제가능한 변수를 사용하였다. 독립변수로 혁신형제약기업 정부 인증 후 경과기간(이하 인증기간), 특허유지 건수를 고려하였다. 각 변수와 효율성 관련한 연구를 살펴보면, 먼저 인증연도가 오래될수록 효율성이 높게 나타났다는 결과가 있다[42]. 또한 특허를 포함한 지식재산권의 보유 규모는 기업의 경제적 성과에 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다[43]. 따라서 인증기간과 특허유지 건수를 독립변수로, 효율성 값을 종속변수로 하여 토빗 회귀분석을 실시하였다. 독립변수의 기술통계는 [표 9]와 같다.

표 9. 독립변수의 기술통계

구분	Mean	Std. Dev.	Min	Max
인증기간	5.68	2.24	1	7
특허유지 건수	34.2	35.0	0	166

산출지향적 효율성의 성질은 효율성 값은 1보다 크고 무한대보다 작은 값을 갖는다. 본 연구에서 효율성 값은 산출지향적으로 분석대상 기업들이 비효율적일수록 종속변수인 효율성 값은 1보다 크게 된다. 이에 분석결과에 따른 독립변수 부호는 실제와 반대로 해석해야 한다. 효율성 영향요인에 대한 분석 결과는 다음의 [표 10]과 같이, BCC 모형의 특허유지 건수가 유의수준 5%에서 통계적으로 유의한 값을 보였다.

표 10. 토빗 분석 결과

구분	CCR 모형		BCC 모형	
	Estimate St	Std. Error	Estimate St	Std. Error
Intercept	0.486839*	0.239577	0.507699	0.345078
인증기간	0.026654	0.041803	0.012463	0.059774
특허유지 건수	-0.003822	0.002594	-0.016842*	0.007324

*p-value 〈 0.05 유의수준

5. 생산성 지수 분석결과

DEA 효율성 분석이 유사한 상황에 놓인 다수 관측점들 간의 투입대비 산출의 상대적 비율을 비교하는 데 목적이 있다면, 서로 다른 시점에 걸쳐 시간이 지남에 따라 투입대비 산출의 비율이 증가하였는지 혹은 감소하였는지를 추적할 수 있는 분석을 생산성 변화분석이라 한다[44].

맘퀴스트 생산성 지수(MPI)의 해석은 1보다 큰 경우에는 생산성이 증가, 1과 같으면 생산성이 동일, 1보다 작으면 시간이 지남에 따라 투입 대비 산출의 비율이 감소한 것으로 판단한다.

MPI는 시간의 흐름에 따른 DMU의 생산성 변화를 기술의 변화(TC, Technical Change)와 효율성의 변화(TEC, Technical Efficiency Change)로 구분해서 분석할 수 있다[45]. 기술적 효율성변화지수(TECI-catchup effect)는 두 시점 간의 기술적 효율성 변화를 평가하는 지수이다. 기술적 효율성 변화지수는 기술에 대한 충분한 학습기간, 신기술 및 지식의 전파, 시장 경쟁력, 비용구조 및 설비 가동률 개선 등으로 이전 시점보다 생산변경선에 얼마나 가까워지는가를 나타내는 추격 효과를 의미한다[46]. 기술변화지수(TCI)는 두 시점 간의 생산기술의 변화를 나타내며 생산변경선 이동에 따라 동일한 투입량으로 더 많은 산출 또는 더 적은 산출을 할 수 있다. 이러한 생산변경선 이동은 기술진보 또는 기술퇴보를 의미한다. 기술변화지수(TCI) 변화는 신기술 개발, 조직의 지식 증가나 기술수준 향상 등의 기술적 진보나 혁신으로 발생하나 정부의 정책과 같은 외생적 요인에 의해서 발생하기도 한다[45][47].

본 연구에서는 국내 혁신형제약기업의 생산성 변화를 2017년부터 2019년까지 연도별 3개의 시점에서 효율성 분석과 동일한 투입과 산출요소를 사용하여 MPI 분석을 실시하였다.

표 11. 연도별 MPI 분석결과

기간	TECI	TCI	MPI
T1(2017~2018)	0.99	0.90	0.88
T2(2018~2019)	0.96	0.94	0.90
Avg.	0.97	0.92	0.89

기간별 생산성 지수 분석결과는 [표 11]과 같다. 혁신형제약기업들의 생산성(MPI)은 T1보다 T2에서 다소 상승한 것으로 나타났다. 이 기간 동안 기술효율성변화지수(TECI)의 경우 3%p 감소했으나, 기술변화지수(TCI)는 4%p 증가하였다. T1기와 T2기 모두 TECI가 TCI보다 높았으나, 생산성 지수 향상에는 TCI가 더 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

각 DMU별 MPI 변화에 대한 기하평균 분석결과는 [표 12]와 같다.

분석 결과, 총 15개 DMU들이 생산성 지수가 증가하였으며 23개 DMU들은 감소한 것으로 나타났다. 이 중 DMU1은 가장 높은 생산성 지수를 보이며 평균 19%의 생산성 향상을 보였다. 하지만 DMU1은 T1기보다 T2기에서 TCI에서 10%p 감소하였다. 반면, DMU5의 생산성은 평균 14% 향상되었으며, TECI(1.59)와 TCI(1.14)에서 모두 향상되었다. 이는 DMU5의 경우 신기술 및 지식 전파 등을 의미하는 추격효과로 효율성이 향상되었으며, 동시에 기술 진보로 생산성 변경선이 향상되어 동일한 투입량(연구개발비와 종업원 수)으로 더 많은 산출(매출액, 영업이익, 특허)을 할 수 있는 기술진보가 이루어지면서 생산성이 크게 향상되었다. 그러나 DMU7은 생산성지수가 0.34로 가장 낮게 나타났

으며 66%의 감소율을 보여주었는데, 이는 T1기에는 TCI(0.69)로 기술퇴보를 보였으며 T2기에는 TECI(0.17)로 효율성이 하락하여 생산성이 크게 하락하였다. 혁신형제약기업들의 생산성지수가 1보다 작다는 것은 시간이 지날수록 투입 대비 산출 비율이 감소한다는 것을 의미한다. 따라서 기하평균 생산성 지수가 1보다 낮은 기업들은 투입 효율성 개선 및 기술혁신 등을 통해 생산성 향상을 위해 노력해야 한다[48]. 따라서 기하평균 생산성 지수 1 미만인 23개 DMU들은 생산성 향상을 위한 노력이 요구된다.

표 12. 각 DMU별 MPI 변화에 대한 기하평균 분석결과

DMU	T1(2017~2018)			T2(2018~2019)			Geometric
	TECI	TCI	PECI	TECI	TCI	PECI	mean of PI
1	1.00	1.24	1.24	1.00	1.14	1.14	1.19
2	1.02	0.98	1.00	1.08	0.93	1.00	1.00
3	1.13	0.97	1.10	1.16	0.91	1.05	1.07
4	1.03	0.93	0.96	0.91	1.03	0.94	0.95
5	0.89	0.81	0.72	1.59	1.14	1.81	1.14
6	1.06	0.94	1.00	0.79	0.89	0.71	0.84
7	1.18	0.69	0.82	0.17	0.83	0.14	0.34
8	1.05	0.95	0.99	1.13	0.97	1.10	1.05
9	1.20	0.94	1.14	0.90	1.01	0.91	1.02
10	1.11	0.82	0.91	0.88	1.10	0.96	0.94
11	1.00	0.85	0.85	1.00	0.58	0.58	0.70
12	1.39	0.80	1.12	0.91	1.08	0.98	1.05
13	0.90	0.94	0.85	0.99	0.92	0.91	0.88
14	0.81	1.03	0.84	0.96	1.08	1.03	0.93
15	0.84	0.81	0.68	0.60	0.77	0.46	0.56
16	1.00	0.98	0.98	1.00	0.92	0.92	0.95
17	0.95	0.85	0.80	0.77	0.87	0.67	0.73
18	0.94	0.95	0.89	1.18	0.89	1.05	0.97
19	1.22	1.03	1.25	1.06	0.85	0.91	1.07
20	0.96	0.86	0.82	1.24	1.03	1.27	1.02
21	0.64	0.70	0.45	1.22	0.93	1.14	0.71
22	1.18	0.95	1.12	1.05	0.98	1.03	1.07
23	0.89	0.76	0.67	0.90	1.09	0.98	0.81
24	1.22	0.96	1.17	1.32	0.80	1.06	1.12
25	0.97	0.91	0.88	1.03	1.02	1.05	0.96
26	1.11	0.83	0.92	0.57	1.08	0.62	0.75
27	1.22	0.90	1.10	0.76	1.12	0.85	0.96
28	1.03	0.88	0.91	0.53	0.54	0.29	0.51
29	1.12	0.89	1.00	0.93	0.94	0.87	0.94
30	1.08	0.88	0.95	1.26	1.02	1.29	1.11
31	1.26	0.91	1.14	0.96	0.94	0.91	1.02
32	1.24	0.89	1.10	1.16	0.90	1.05	1.07
33	1.00	0.75	0.75	1.00	1.03	1.03	0.88
34	0.59	0.87	0.51	1.72	1.01	1.75	0.95
35	0.43	1.05	0.45	1.17	0.71	0.83	0.61
36	1.01	0.92	0.93	1.05	0.92	0.97	0.95
37	0.64	0.97	0.63	1.43	0.87	1.24	0.88
38	1.00	0.86	0.86	1.00	1.16	1.16	1.00
Avg.	0.99	0.90	0.88	0.96	0.94	0.90	0.89

Ⅳ. 결 론

1. 연구결과

본 연구는 38개의 혁신형제약기업을 대상으로 기술혁신활동에 대한 경영효율성 평가를 목적으로 정태적 및 동태적 분석을 실시하였다. 혁신형제약기업들의 기술혁신효율성 제고를 위한 정보제공을 위해 DEA 모형과 맘퀴스트 생산성 지수를 활용하였고, 효율성 영향요인에 대한 분석을 위해 토빗 분석을 실시하였다. 분석결과를 바탕으로 경쟁력 향상을 위한 DMU별 벤치마킹 대상을 선정한 후, 개선 목표값을 제시하였다. 그리고 혁신형제약기업을 기업 특성에 따라 분류한 후 이들 집단 간 효율성을 검증하였으며 효율성에 미치는 영향요인에 대해 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 효율성 분석 결과, CCR 모형의 효율성은 68.7%, BCC 모형의 효율성은 82.3%, SE 모형의 효율성은 83.5%로 분석되었다. 효율적으로 운영되는 혁신형제약기업들은 CCR 모형 7개(18.4%), BCC 모형 16개(42.1%)로 분석되었다. 혁신형제약기업들은 순수기술효율성이 규모의 효율성보다 상대적으로 높게 나타났다. 이는 기업 내부 운영은 효율적으로 운영되고 있음을 의미한다. 규모의 수익성 분석 결과, CRS 7개, DRS 20개, IRS 11개로 분석되었다. 이에 규모의 확대 혹은 축소에 따라 투입 및 산출 변수 조정을 통한 효율성 개선방안을 제시하였다.

둘째, 혁신형제약기업을 상장 여부와 세부업종 구분 유형에 따른 집단 간 차이 분석 결과 CCR 모형과 BCC 모형 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 혁신형제약기업 선정 시점에서 이미 투입자원의 우수성, 연구개발활동 혁신성, 기술·경제 성과 우수성 등을 평가하기 때문으로 추정된다.

셋째, 독립 변수로 인증기간, 특허유지 건수로 종속변수로 효율성 값으로 토빗 분석을 실시하였다. 효율성 영향요인에 대한 분석 결과, BCC 모형의 특허유지 건수가 유의한 것으로 나타났다.

넷째, MPI 분석 결과, 생산성 지수는 0.89로 분석되었으며 전체 기간동안 기술효율성변화지수(TECI)의 경우 3%p 감소했으나, 기술변화지수(TCI)는 4%p 증가하였다. 총 15개 DMU들이 생산성 지수가 증가하였으며 23개 DMU들은 감소한 것으로 나타났다. 생산성 지수가 감소하는 기업들은 투입 효율성 개선 및 기술혁신 등으로 생산성 향상을 위해 노력해야 한다.

2. 시사점과 한계점

본 연구의 시사점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 효율성 분석을 통해 효율적 기업과 비효율적 기업을 구분하여 제시하였으며, 비효율적 기업에게는 벤치마킹 대상과 개선을 위한 목표값을 제공하여 효율성 제고에 도움을 줄 수 있다.

둘째, 혁신형제약기업의 상장 여부와 세부업종 유형에 따른 집단 간 효율성의 차이가 없음을 밝힘으로써 혁신형제약기업의 인증 신청 희망 기업의 의사결정자 및 정책 결정자에게 유용한 정보로 활용될 수 있다.

셋째, 기존 제약산업의 기술 효율성 연구에 따르면, 특허 출원 집단과 그렇지 않은 집단 간의 효율성 차이가 있음을 제시한 바 있다[18]. 본 연구결과에서도 혁신형제약기업들의 효율성 향상에 특허유지 건수가 정(+)의 영향을 미친다는 것을 밝혔다. 따라서 제약산업에서는 기업들이 특허 출원 및 지속적인 보유를 통해 제품을 보호하고 기업의 경쟁력을 확보함으로써 기업 성장에 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 전략적 특허 유지를 위해서는 특허 가치 수명, 기업의 특허 경영 수준 등을 고려해야 한다.

넷째, 혁신형제약기업들의 생산성 변화 원인을 분석해 보면, 기술적 효율성 변화(TECI)는 줄어들고 기술변화(TCI)는 확대되는 현상을 보이고 있다. 이는 혁신형제약기업들이 기존 기술 및 공정의 혁신으로 단기 매출 성장에 집중하기보다는 긴 투자기간이 요구되는 고위험성 신약개발를 통해 경쟁력을 확보해 나가려 한다고 볼 수 있다. 따라서 혁신형제약기업 인증에 대한 정책적 효과를 거두고 있다고 판단된다.

다섯째, 제약산업 외 다른 산업에서의 효율성 및 생산성 분석 연구결과를 보면, 효율성 향상을 위해 규모의 비효율성을 개선해야 하고, 생산성 저하 요인으로 기술의 퇴보를 지적하였다[10][11]. 본 연구의 효율성 분석 결과도 대부분의 타 산업 연구결과와 동일하게 나타났으나, 생산성 분석 결과에서는 기존 선진업체를 따라가는 기술추격보다는 기술의 진보를 통한 산업경쟁력 확보를 추구하는 것으로 나타났다. 이는 혁신형제약기업이 달성하고자 하는 글로벌 경쟁력 제고를 위한 노력의 결과라 할 수 있겠다.

본 연구의 한계점과 향후 연구방향은 다음과 같다.

먼저, DEA는 업무의 성격과 프로세스가 동일하다는 가정 하에 적용되어야 하는데, 본 연구는 혁신형제약기업으로 선정된 기업 중 일부 다른 산업에 속하는 기업을 제외하고, 일반제약사, 바이오벤처사, 외국계 제약사를 분석 대상으로 진행하였다. 바이오벤처사의 경우 일반제약사와 비교하여 업무프로세스가 보다 R&D에 집중하고 있는 특성을 가지고 있지만, 혁신형제약기업이라는 전체 범주 속에서 DEA를 진행한 것은 본 연구의 한계라고 할 수 있겠다.

또한, DEA는 투입 및 산출 변수를 어떻게 설정하느냐에 따라 연구결과가 달라진다. 본 연구의 대상인 38개의 혁신형제약기업은 개별 사업배경이나 사업전략에서 차이가 있을 것이며, 이에 따라 각 사가 중요시하는 성과목표가 달라질 수 있는데, 본 연구의 효율성을 분석하는 과정에서 이러한 부분이 고려되지 못한 것은 추후 후속 연구가 필요한 부분이다.

그리고 생산성 지수를 도출하는 데 있어, 분석 기간의 확대가 필요하다. 제약산업에서 원천기술이나 신약개발의 전체 개발 주기를 고려할 때, 본 연구에서 활용한 2017~2019년의 3개년 자료는 유의미한 결과를 도출하는데 다소 부족할 수 있다. 향후 기간을 보다 길게 설정하여 생산성 향상 전략을 제시할 수 있는 후속 연구가 필요하겠다.

참 고 문 헌

[1] M. J. Farrel, “The measurement of productive efficiency,” Journal of Royal Statistics Society, Series A120, pp.253-281, 1957.

[2] A. Charnes, W. W. Cooper, and E. Rhodes, “Measuring the efficiency of decision making units,” European Journal of Operational Research, Vol.2, No.6, pp.429-444, 1978.

[3] R. Banker, A. Charnes, and W. Cooper, “Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis,” Management Science, Vol.30, pp.1078-1092, 1984.

[4] T. Coelli, D. S. Prasada-Rao, J. O'Donnell, and G. E. Battese, *An Introduction to Efficiency*

and Productivity Analysis(2nd ed), Kluwer Academic Publishers, 1998.

[5] W. W. Cooper, L. M. Seriford, and K. Tone, *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, Reference and DEA-Solver Software(2nd ed.),* Springer, 2006.

[6] 주형준, 김대철, "DEA를 이용한 지역 SW 성장지원사업 수행기관의 효율성 분석 및 개선 방안," 한국생산관리학회지, 제25권, 제4호, pp.443-463, 2014.

[7] 이정동, 오정현, *효율성분석이론*, 지필미디어, 2012.

[8] S. Malmquist, "Index numbers and indifference surfaces," Trabajos de Estadística, Vol.4, No.2, pp.209-242, 1953.

[9] R. Färe, S. Grosskopf, M, Norris, and Z. Zhang, "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries," The American Economic Review, Vol.84, pp.66-83, 1994.

[10] 김기현, 황승준, 이진표, "세계 주요 천연가스업체의 효율성 및 생산성 분석- 2단계 DEA 모델과 Malmquist 생산성 지수 모델을 중심으로," 대한경영학회지, 제31권, 제2호, pp.347-376, 2018.

[11] 김예정, "전기공사업 효율성 및 생산성 변화 분석 : DEA 및 Malmquist 생산성 지수 모델을 중심으로," 대한경영학회지, 제32권, 제5호, pp.823-843, 2018.

[12] 이기세, 강다연, "국내 제약기업의 경영효율성 분석: 코스닥 고성장 기업을 중심으로," 한국경영교육학회, 제34권, 제4호, pp.81-99, 2019.

[13] E. Gonzalez and G. Fernando, "Sources of Productivity Growth in the Spanish Pharmaceutical Industry(1994-2000)," Research Policy, Vol.33, No.5, pp.735-745, 2004.

[14] H. Song and R. Zhang, "R&D Efficiency Appraisal of Pharmaceutical Industry Based on DEA-Malmquist," Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, Vol.5, No.11, pp.195-199, 2013.

[15] F. Gascón, J. Lozano, B. Ponte, and D. de la Fuente, "Measuring the efficiency of large pharmaceutical companies: an industry analysis," The European Journal of Health Economics, Vol.18, No.5, pp.587-608, 2017.

[16] 김성아, "국내 제약회사의 생산성변화 분석: 2001년-2005년," 생산성논집, 제21권, 제3호, pp.77-96, 2007.

[17] 정성민, 유한주, "국내 제약회사의 효율성 및 생산성 분석," 생산성논집, 제25권, 제4호, pp.240-265, 2011.

[18] 윤상흠, 박춘식, 하귀룡, "국내 제약기업의 기술혁신 효율성 분석에 관한 연구: 상장기업을 중심으로," 한국경영교육학회, 제32권, 제1호, pp.25-46, 2017.

[19] 박하영, 차민경, 이혜린, "제약바이오산업 혁신 효율성 국가 비교 연구," 보건경제와 정책연구, 제26권, 제2호, pp.25-57, 2020.

[20] M. K. Epstein and J. C. Henderson, "Data Envelopment Analysis for Managerial Control and Diagnosis," Decision Sciences, Vol.20, No.1, pp.90-119, 1989.

[21] 임성묵, "DEA에서 투입·산출 요소 선택 방법," 산업공학, 제22권, 제1호, pp.44-55, 2009.

[22] 김우봉, 김우식, "국내 상장 제약회사의 경영효율성 측정에 관한 연구," 경영학연구, 제31권, 제6호, pp.1747-1762, 2002.

[23] 김근령, 김기홍, "국내 제약기업의 효율성 및 효율성 결정요인에 대한 연구," 국제경제연구, 제21권, 제3호, pp.75-100, 2015.

[24] 소순후, "Bootstrapped Malmquist 지수를 이용한 국내 의약품산업의 생산성 변화 요인 분석에 관한 연구," 경영과 정보연구, 제35권, 제4호, pp.141-153, 2016.

[25] A. Hashimoto and H. Shoko, "Measuring the Change in R&D Efficiency of the Japanese Pharmaceutical Industry," Research Policy, Vol.37, pp.1829-1836, 2008.

[26] T. W. You, X. Chen, and E. M. Holder, "Efficiency and Its Determinants in Pharmaceutical Industries: Ownership, R&D and Scale Economy," Applied Economics, Vol.42, No.17, pp.2217-2241, 2010.

[27] G. Pisano, "Profiting from innovation and the intellectual property revolution," Research policy, Vol.35, No.8, pp.1122-1130, 2006.

[28] 김명종, 한태용, "연구개발비의 기업가치 관련성," 국제회계연구, 제58권, pp.265-291, 2014.

[29] A. Pakes and Z. Griliches, "Estimating distributed lags in short panels with an

application to the specification of depreciation patterns and capital stock constructs," The Review of Economic Studies, Vol.51, No.2, pp.243-262, 1984.
[30] Z. Grilliches, "Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey," Journal of Economic Literature, Vol.28(Dec), pp.1661-1707, 1990.
[31] H. Ernst, "Patent information for strategic technology management," World patent information, Vol.25, No.3, pp.233-242, 2003.
[32] 조영무, "연구개발비가 이익과 시장가치에 미치는 효과," 한국회계학회 학술연구발표회 논문집, pp.83-111, 1998.
[33] 서환주, "산업별데이터를 활용한 중소기업과 대기업의 연구개발투자효율성비교," 중소기업연구, 제23권, 제4호, pp.337-361, 2001.
[34] 김태기, 장선미, "한국 제조업에서 기업의 특허가 생산성 증가에 미친 영향," 경제학연구, 제53권, 제3호, pp.183-209, 2005.
[35] 김진용, 황문우, "기업의 연구개발투자가 경영성과에 미치는 영향," 한국은행 조사통계월보, 12월호, pp.23-69, 2006.
[36] B. Lev and T. Sougiannis, "The capitalization, amortization, and value-relevance of R&D," Journal of Accounting and Economics, Vol.21, No.1, pp.107-138, 1996.
[37] 최태진, *국가연구개발사업의 유형별 성과분석을 통한 전략적 연구관리 체계 구축에 관한 연구*, 건국대학교, 박사학위논문, 2007.
[38] A. Raggi, "Technological growth in the Italian economy: some indicators compared," Technovation, Vol.13, No.1, pp.3-15, 1993.
[39] 유금록, "효율성 평가를 위한 자료포락분석에 있어서 투입산출요소의 음수자료 처리방법과 적용," 정책분석평가학회보, 제15권, 제4호, pp.173-197, 2005.
[40] 박희숙, "DEA 를 활용한 전국 영유아보육과의 효율성 분석: 전문학사과정을 중심으로," 한국보육학회지, 제13권, 제2호, pp.145-162, 2013.
[41] 박만희, "DEA 및 Malmquist 분석 시스템 개발," 기술분야 전문연구, 제22권, 제2호, pp.241-265, 2008.
[42] 오세웅, 김오섭, "사회적기업의 경영효율성 및 영향요인에 관한 탐색적 연구 - DEA 효율성지수의 기업특성 및경영성과지표와의 관계를 중심으로," 사회복지정책과 실천, 제5권, 제1호, pp.5-37, 2019.
[43] 강경남, "기업 지식재산권 보유의 효과분석," 한국혁신학회지, 제14권, 제4호, pp.179-199, 2019.
[44] 최경호, 조정근, "DEA 및 맘퀴스트 지수를 이용한 전라북도 지방상수도 효율성 사례분석," 디지털융복합연구, 제12권, 제12호, pp.571-580, 2014.
[45] 최하영, 고남욱, 윤장혁, "OECD국가의 지식재산 효율성 분석-DEA와 MPI 활용," 지식재산연구, 제11권, 제1호, pp.197-226, 2016.
[46] 유금록, *공공부문의 효율성 측정과 평가: 프런티어분석의 이론과 적용*, 대영출판사, 2004.
[47] 송광석, 유한주, "부트스트랩 맘퀴스트 생산성지수를 이용한 Single PPM 인증기업 생산성 비교 연구," 품질경영학회지, 제38권, 제2호, pp.261-275, 2010.
[48] 강성, 최경호, "자료포락분석 및 맘퀴스트 생산성 지수를 활용한 화장품 산업의 경영효율성 분석," 한국생산관리학회지, 제26권, 제1호, pp.41-56, 2015.

저 자 소 개

임 혜 련(Hye Ryon Lim) 정회원

- 2003년 2월 : 한양대학교 교육공학과(이학사/문학사)
- 2006년 8월 : 한양대학교 대학원 경영학과(경영학석사)
- 2009년 2월 : 한양대학교 대학원 전략경영학과(경영학박사 수료)

〈관심분야〉 : 조직혁신, 조직문화, 리더십

민 현 구(Hyun-Ku Min) 정회원

- 2000년 2월 : 홍익대학교 경영학과(경영학사)
- 2013년 8월 : 한양대학교 대학원 전략경영학과(경영학박사)
- 2021년 2월 ~ 현재 : 중부대학교 국제통상학전공 조교수

〈관심분야〉 : 경영전략, 생산운영, 진단평가, 성과분석