



수도권 바이오기업 입지결정 요인에 관한 연구*

Locational Determinants of Biotechnology Firms in Seoul Metropolitan Area

김민준** · 정창무*** · 임재빈****

Kim, Min-Jun · Jung, Chang-Mu · Lim, Jae-bin

Abstract

This thesis aims to reveal the locational determinants of biotechnology firms in the Seoul Metropolitan Area. It also aims to analyze urban planning strategies responding to the growth of the biotechnology industry. The biotechnology industry has experienced remarkable growth since the 1970s and is drawing attention as the key to overcoming the COVID-19 pandemic. The Korean government has strongly expressed its willingness to foster the biotechnology industry in November 2020. The government announced the biotechnology industry as one of the “Big Three” industries that will propel economic development along with automobiles and semiconductors.

The biotechnology firms, capable of multi-breed production in small sizes, prefer employing master’s degree holders employed at relatively lower wages compared to Doctorate personnel. Thus, the availability of master’s human resources in the cities and counties (sigungu) will significantly influence the location decision of biotechnology firms. Furthermore, the biotechnology industry has a high cooperative relationship ratio compared to other industries, which leads to a large agglomeration effect. Therefore, the location of biotechnology companies will be affected by the existence of large conglomerates within the firm’s sphere of influence than the accessibility of the location.

The spatial panel regression model was used to identify the locational determinants of the biotechnology firms. The result showed that the number of master’s degree holders and large conglomerates within the firm’s sphere of influence positively impact the number of biotechnology firms in the corresponding cities and counties.

Based on the analysis result, this study suggests the urban properties for new biotechnology firms to consider when entering the market. It also proposes guidelines for future urban planning strategies parallel to the development of the biotechnology industry.

주제어 바이오산업, 입지결정 요인, 공간패널모형, 기업의 영향권

Keywords Biotechnology Industry, Locational Determinants, Spatial Panel Model, Corporate Spheres of Influence

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

전 세계를 공황에 빠뜨린 코로나19 사태를 해결한 열쇠로 바이

오산업이 주목을 받으며 국내 제약업계도 다뤄 바이오의약품, 바이오시밀러 개발에 참여하고 있다. 우리나라 또한 중앙정부 혹은 지방정부 차원에서 충북 오송 바이오 클러스터, 원주 의료기기 클러스터, 대덕연구개발특구, 인천 바이오 클러스터 등 다양한 바이오산업 클러스터를 조성하고 있다(고명철·유광민, 2014). 특

* 본 연구는 김민준의 석사학위논문을 수정·보완한 것으로, 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업 지원을 받았음.

** Master’s Graduate, Department of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University (First Author: rkim2488@snu.ac.kr)

*** Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, Seoul National University (plan@snu.ac.kr)

**** Professor, Graduate School of National Public Policy, Chungnam National University (Corresponding Author: jb.lim@cnu.ac.kr)

히 2020년 11월 정부에서도 바이오산업의 육성 의지를 강력하게 표명하였고 주무부처와 특·광역 지자체가 함께 4차산업혁명 기술들과 바이오산업을 융합한 그린 바이오 스마트시티 미래형 도시 모델도 제시하였다. 특히 바이오산업과 스마트시티를 융합한 미래형 도시 그린 바이오 스마트시티는 친환경 에너지, 바이오 헬스케어 플랫폼, 스마트 그린 인프라 구축에 주안점을 두고 있다. 일례로 세종시의 경우 4차산업혁명 기술의 총 집약된 스마트도시 조성 완성을 목표로 스마트 도시재생사업을 추진하고 있으며 스마트도시 및 미래형 도시 기반을 통하여 바이오 헬스 및 스마트 그린 신산업을 통해 일자리 및 기업 부가가치 창출을 도모하고 있는 실정이다. 또한, 삼성바이오로직스가 1.74조 원, 셀트리온이 5,000억 원 규모의 투자 의지를 내비치는 등 바이오산업은 국가의 발전과 경쟁력을 높이는 데 중요한 역할을 하게 될 것으로 전망된다.

한국생명공학연구원과 과학기술정보통신부의 분석 예측자료에 의하면 2030년 글로벌 바이오 시장 규모는 약 4조 4,000억 달러며 이는 2030년 반도체, 자동차, 화학제품 등 3대 산업 규모 예측치인 3조 6,000억 달러보다 높다고 나타났다. 이외에도 KDB 산업은행 미래전략연구소에서 발간한 'Korea Industry 2030' 보고서에 따르면 세계 의약품 시장규모는 2030년에 약 1.8조 달러에 이를 것이라는 결과를 발표하기도 하였다. 이는 고령사회의 진입과 건강보험 보장강화대책에 따른 바이오 의약품 중요도의 증가로 인해 성장할 것이라는 예측을 한 것이며 코로나와 같은 전염병이 지속됨에 따라 해당 산업에 대한 기대치는 더욱 높아질 것이라 예상된다.

바이오(생명공학) 분야는 협업을 통해 외부 지식 소스를 사용하고 기술 혁신 역량을 향상시키기 때문에 개방형 혁신과 밀접한

관련이 있다. 이러한 협업과 지식의 공유를 위해 바이오 관련 회사들은 대학, 연구소, 투자 기금, 정부 기관, 제약 실험실, 그리고 다른 협력 관계를 맺고 다양한 협력관계에 의해 형성되는 복잡한 협력 네트워크 시스템에서 발전한다(Almeida et al., 2021). 바이오산업은 지식기반산업임과 동시에 노동기반산업인 특수한 산업이다. <표 1>에 나타나듯, 바이오 관련 산업은 타 산업보다 석사 이상 학위 노동자들을 많이 필요로 하지만, 삼성바이오로직스, 셀트리온 등과 같은 몇몇 개의 대기업을 제외하고는 박사 이상의 고학력자를 고용하여 높은 임금을 주기 어려운 실정이다.

한국 바이오협회에서 발간한 바이오산업 실태조사 보고서 2019에 따르면 전체 바이오기업 중 50명 미만의 기업이 63%로 가장 많은 점과 전체 대한민국 바이오기업 중 매출이 발생하여 손익분기점을 넘긴 기업이 44.6%밖에 되지 않는다. 하지만 매출 발생을 하는 기업 중 손익분기점을 넘긴 기업들은 매우 큰 매출액을 달성하고 있으며 전 세계적으로 바이오산업의 부가가치가 타 산업에 비해 높다는 점을 고려한다면, 바이오산업이 밀집되는 지역들이 어떠한 특성이 있는 지역인지 명확히 분석해볼 필요가 있다.

바이오기업들이 밀집함에 있어 타 바이오 관련 기업들의 클러스터링이 영향을 미친다는 것은 수많은 연구에서 동일하게 동의할 하지만, 연구자마다 앵커시설 혹은 앵커 기업의 중요도를 크게 주장하기도 하는 반면 앵커시설보다는 고급인력자원의 접근성과 입지의 접근성을 강조하는 연구자도 존재한다. 현재 한국에서의 바이오 시장은 대기업, 대학, 산학연 등 다양한 앵커시설들을 중심으로 투자가 많이 이루어지고 공장 신설이 이루어지는 만큼 3대 중점사업으로 선정된 바이오산업의 입지에 대한 연구는 보다 정밀적일 필요에 의해 진행되었다.

이와 같은 배경에 따라 본 연구에서는 바이오기업 입지에 영향

표 1. 업종별 학력별 인력현황

Table 1. Labor status of Korea by industry and degree

구분 Classification	전체 Total employees	학사 Bachelor's degree	석사졸업 Master's degree	박사졸업 Doctorate degree
인공지능 Artificial intelligence	5,824	4,292 (74%)	1,180 (20%)	352 (6%)
바이오연구직 Biotechnology R&D	15,463	5,681 (37%)	6,973 (45%)	2,446 (16%)
	정보통신 방송서비스 ICT Broadcasting service	33,990 (67%)	2,361 (5%)	445 (1%)
	50,949			
ICT 인력현황 Information and Communication Technology labor status	정보통신 방송기기 ICT Broadcasting Equipment	149,998 (39%)	14,268 (4%)	2,439 (1%)
	380,703			
	소프트웨어 Software	179,275 (68%)	13,815 (5%)	3,424 (1%)
	263,375			

Source: Statistics Korea

을 미치는 요인을 실증적으로 분석하고자 한다. 국토해양부 미래 도시 비전 2020 보고서에서 파악한 전통 제조업의 쇠퇴와 지식기반·첨단산업 등 고부가가치 산업구조로의 전환이 부진하여 도시 성장동력 상실 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 성장동력 강화를 통한 경쟁력 있는 도시 지향 및 신재생에너지시설에 의한 도시 균형발전 효과를 기대할 수 있다는 점에서 정책적 시사점이 존재한다. 또한, 정부가 발표한 ‘한국판 뉴딜 종합계획’ 미래 국정과제인 “그린 뉴딜” (10대 중점과제) “스마트 그린 도시 조성을 위한 선도프로젝트 100개 추진” 및 “녹색산업 혁신 생태계 구축” 등 미래도시 및 스마트도시와 바이오산업의 연계를 위한 바이오기업 입지분석과 스마트 그린 인프라 구축을 위한 전략방안 분석에 그 전문성을 더욱 제고함으로써 향후 수도권 미래 스마트도시, 스마트 바이오산업 발전 방향의 성장 요인과 밀접하게 부합한다.

2. 연구의 범위 및 구성

본 연구는 바이오기업들의 입지 결정 요인들을 정량적으로 분석하는 것을 목적으로 두고 있으며, 이를 통해 국가 3대 중점사업으로 선정된 바이오산업의 포스트 코로나 시대의 산업입지정책 방향과 지역산업의 대응전략을 제시하고자 한다. 공간적 범위는 한국 수도권인 서울, 경기, 인천광역시로 설정하였으며, 시간적 범위는 바이오기업들의 주소 및 정보들을 제공하는 한국 바이오 협회가 설립한 2011년을 기준으로 2019년까지 설정하였다.

수도권 내 바이오기업들의 생성과 입지 결정요인들과의 인과관계를 세부적으로 분석함과 동시에 기업들이 위치한 입지의 공간적인 특성을 반영하기 위해 본 연구는 공간패널 회귀모형을 통해 분석하였다. 공간적 인접성과 시간적 연속성을 포함하는 자료의 특성으로 인해 두 자료의 관계를 온전히 분석하기 위해 공간요인을 반영할 수 있는 공간모형이 요구된다(Anselin et al., 2008).

수도권 내 바이오기업들의 주소를 GIS를 통해 시군구별로 정리하여 공간 계량경제모형 중 공간패널 모형을 사용하여 분석하였다. 한국 바이오 시장이 본격적으로 활성화되기 시작한 2010년부터 2019년까지 연도별 해당 시군구의 학사, 석사, 박사 자원의 주거분포 및 지역적, 경제적, 사회적 특성을 반영하여 바이오기업들의 입지 결정요인들에 대해 분석하였다. 공공사이트 및 민간 사이트를 활용하여 변수들을 정리하였으며, GIS 및 GEODA를 통해 요인들을 분석하였다.

본 연구에 이용된 시군구별 학사, 석사, 박사 자원은 바이오를 전공한 인력을 구할 수 없어 전체 전공자로 사용했기에 온전히 바이오 인력자원 주거분포를 설명한다고 보기에는 어려운 점이 있다. 연구에 사용된 시군구별 학사, 석사, 박사 자원 수는 바이오산업체 인력 학위분포와 전체노동 인력 학위분포 간의 큰 차이가 없을 것이라 가정하였다. 교육통계서비스와 생명공학백서에 의하면 전국 노동 인력 학위분포는 학사학위가 48.6%, 석사학위가

14.9%, 박사학위가 2.4%인 반면, 바이오산업체 인력 학위분포는 학사학위가 42.1%, 석사학위가 20.5%, 박사학위가 5.9%로 나타났다. 시군구별 바이오산업 전공 학사, 석사, 박사 자원의 데이터가 없으므로 전체노동 인력의 학사, 석사, 박사 자원 데이터를 대리변수로 사용하였다.

II. 이론 및 선행연구 고찰

1. 입지 관련 연구

영국과 미국의 바이오 클러스터를 중심으로 조사를 실시하여 바이오산업이 발전하기 위해서 중요하게 다뤄져야 할 10가지 요소들을 제시하는 영국 상무성(DTI, 1999)의 연구보고서에서는 과학기반시설, 기업 하기 좋은 문화, 창업하기 좋은 환경, 고급인력 유치, 투자의 활성화, 다양한 사회자본시설, 기업지원 서비스 제공 및 앵커 기업과의 연계, 숙련된 노동력 기반의 노동시장, 기업 간의 네트워크, 그리고 공공의 지원정책 등 10가지 요소들이 바이오 클러스터의 발전을 위해 필요하다는 결론을 내비치고 있다.

미국의 생명공학 산업의 발전을 검토하고 미국 바이오테크놀로지 클러스터에서의 중소기업의 역할에 관해 연구한 Audretsch(2001)는 클러스터의 성공을 위해서는 세계적인 인재의 존재가 필수조건임과 동시에 전문인력만으로는 부족하다고 한다. 전문인력 이외에도 생명공학 클러스터가 형성되는 지역에 벤처 캐피털, 다양한 형태의 투자구조 및 재정지원, 기업/혁신 우호적 문화, 창업 활동과 육성을 위한 규제 완화 정책 등이 뒷받침되어야 한다고 주장한다. 또한, 기업과 기업 간의 연계, 기업과 해당 산업에 종사하는 과학자들과의 연계, 기업과 대학과의 연계 등 다양한 연계와 협력이 바이오 클러스터가 성공하는 데 중요한 역할을 한다고 주장한다. 특히, 대기업과 생명공학 회사 간의 전략적 제휴는 치료 전문 생명공학 회사들에 중요하다는 점을 강조하였다.

이영덕·김정석(2003)은 미국 샌프란시스코 베이지역과 영국 케임브리지 지역을 중심으로 사례분석을 하고 국내 적용 가능한 모델을 연구하였다. 성공한 모델 기업 보유, 강력한 연구기반, 산학협동, 다양한 투자회사 및 자금 인프라로 인한 풍부한 자본, 혁신 활동이 많이 일어나는 기업문화, 연구 및 기업활동을 하기 위한 다양한 인프라, 우수인력, 우수한 창업보육 시스템, 기업의 집적 정도 등이 바이오 클러스터의 중요한 발전요인으로 나타났다.

미국의 50개 주에서 인구 100만 명당 바이오 관련 기업의 수를 종속변수로 두어 바이오산업의 입지 결정요인을 분석한 Goetz and Morgan(1995)의 연구에서는 정부와 대학의 인구 10만 명당 R&D 지출, 인구 10만 명당 벤처 자금액, 학생 1명당 교육비 지출액, 박사학위 이상의 과학자 비율 등이 정의 영향을 준다는 결과를 보였다. 또한, 재산세, 부채 상환에 배정된 예산, 사업실패 비

을, 평균 임금 등이 부의 영향을 미친다는 결과를 제시하였다.

Bagchi-Sen and Scully(2004)는 캐나다에 있는 268개의 바이오기업 중 설문에 응한 63개의 기업을 대상으로 바이오산업의 입지요인에 대해 설문을 하였는데, 국내 투자와 외국인 투자를 포함하여 자금 지원을 통한 과학기반 조성이 중요하다는 결과가 있었으며 R&D를 기반으로 한 제조 능력 개발과 R&D의 국제화의 필요성이 중요하다고 하였다.

보스턴 바이오 클러스터 지역에 위치한 58개의 기업을 대상으로 다른 바이오기업들과의 접근성, 숙련된 노동력의 이용 가능성, 벤처 캐피탈, (대학을 제외한) 연구소와의 접근성, 대학과의 연계, 임상시험이 가능한 병원, 세계 혜택, 저렴한 임대료, 자원 공급체계 등을 포함한 설문을 진행한 Breznitz and Anderson(2005)의 연구에서는 숙련된 노동력(advanced scientific degree)의 이용 가능성이 가장 높은 점수를 받았으며, 대학 연구소와의 접근성이 2순위를 차지하였다.

보스턴 바이오 클러스터 지역에 위치한 48개 의료장비기기 기업(Medical Device Industry)을 대상으로 입지요인을 설문조사한 Kimelberg and Nicoll(2012)의 연구에서도 지역 내에서 활용 가능한 노동력 이용 가능성을 입지 결정 요인 중 가장 중요한 요인으로 나타낸다. 이외에는 지역이나 건물의 입지요인이 되는 주차장 확보, 범죄율, 세율, 인프라의 퀄리티, 임대료, 고속도로와의 접근성, 공항과의 접근성 등이 주를 이루었다. 해당 연구의 결과에서 노동력에 대한 기준(학력, 임금 등)을 명확하게 명시하지는 않았지만, 지식기반산업에서 공통적으로 나타나는 인적자본에 대한 중요도를 나타냈다.

바이오 클러스터의 유형을 혁신 인자별로 구분하여 혁신요소와 평가지표를 차별화시켜 정책방안을 제시한 김주한 외(2003)의 연구보고서에서는 정책 집행 시 수요자의 의견을 반영할 수 있도록 하기 위해 설문을 통한 정책제언을 하고 있다. 해당 연구보고서의 유형별 분류기준은 기술 혁신 수준, 중점을 주는 가치사슬 단계, 바이오 기술의 응용 분야, 전후방 연관 관계 등 산업특성을 기반으로 이루어졌으며 유형을 '자원활용형', '제조기반형', 'R&D 주도형' 3가지로 제시하고 있다. R&D 주도형 바이오 클러스터의 육성을 위해서는 우수한 기초연구기반, 연구개발을 상업화할 수 있는 시스템, 기업을 양성하는 풍토 및 투자확대가 중요한 요소로 나타났다. 제조기반형 바이오 클러스터는 풍부한 바이오 자원이 필요하며, 전략적 협력 기관의 물리적 접근성, 산학연간 친밀도, 세계화 전략이 중요한 요소로 나타났으며 지역 내 벤처기업의 활성화도는 상대적으로 낮은 중요도를 지닌다는 결과를 나타냈다. 벤처기업보다는 대기업이나 핵심기업의 존재가 중요하였으며, 수출의 용이성을 확보하기 위해 국제시장에의 진출 가능성이 매우 중요한 요소로 나타났다. 자원활용형 바이오 클러스터의 경우 역시 제조기반형과 동일하게 자원에 대한 접근성이 가장 중요하게 나타났으며, 숙련된 생산인력의 확보와 제품의 안전성을

인증할 수 있는 기술에 대한 접근성이 매우 중요한 요소로 나타났다. 기본적으로 유형별로 중요한 요인들이 다르게 나타났지만, 모든 유형의 바이오 클러스터 활성화를 위해서는 연구개발, 인력, 사업화 지원 및 투자, 국제 네트워크, 제도적 지원은 공통적으로 요구되는 결과를 나타낸다.

권재중·주경식(2009)의 연구에서는 수도권과 대전 바이오산업을 중심으로 바이오산업의 공간분포와 입지특성에 대한 연구를 진행하였다. 입지요인에 대한 분석을 대전, 서울 경기 등으로 구분한 지역별 입지요인, 성장단계를 창업 후 연구개발단계인 1단계부터 시장확대 및 후속상품 개발단계인 4유형까지 4개의 단계로 유형을 분류한 성장 단계별 입지요인, 바이오의약, 바이오화학, 바이오식품, 바이오환경 등 4개 업종을 분류한 바이오 업종별 입지요인으로 분류하여 연구를 진행하였다. 분류의 기준에 따라 다양한 요인들이 중요도가 다르게 나타났으며 일반적으로 전문 기술인력 확보, 연구기관 및 대학 등과의 접근성, 세계 혜택을 포함한 인센티브, 교통 편리성, 값싼 지대, 생산설비의 이용 편리성 등이 높은 중요도를 보였다.

고명철·유광민(2014)은 인천 바이오기업을 대상으로 한 설문을 바탕으로 바이오 클러스터 입지 만족도와 입지 성장 가능성을 평가하였다. 평가 결과 교통 및 물류 편의성, 바이오 클러스터의 집적 정도, 적합한 사업장 확보, 국제시장의 진출 가능성, 우수인력 확보 용이성 등이 입지의 만족도와 성장 가능성에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

산업 지역화의 근원과 과정을 이해하는 데 중점을 두어 샌디에이고 바이오테크놀로지 클러스터의 사례연구를 통해 클러스터 개발의 지역적 이점을 분석한 Kim(2015)의 연구에서는 인터뷰와 바이오 클러스터의 역사적 발전 동향, 참여 관찰 등을 통해 바이오 클러스터가 어떻게 생겨나고 클러스터가 바이오 관련 기업이 집적될 수 있도록 하였는지 조사하였다. 연구 결과 대기업과 같은 앵커시설들의 역할보다는 다수의 소규모 바이오 기술 관련 기업들이 클러스터화되는 것이 중요한 요인으로 주장하고 있으며 고급인력의 확보, 협업이 가능한 환경, 기업가정신, 지역의 혁신 지수를 기반으로 하는 공동체성이 지식의 창도, 순환, 축적을 촉진시키는 요인이라 밝힌다.

Goetz and Morgan(1995)의 연구에서는 바이오 클러스터를 성장하도록 하는 5가지 요인을 연구 중심의 사업체, 숙련된 노동력, 리스크 관리를 위한 자본, 초기 단계의 투자, 개발단계의 투자로 요약한다.

바이오 혁신 생태계 개발에 정책과 클러스터 기관이 어떻게 기여하는지 설명하는 Vlaisavljevic et al.(2020)의 연구에서는 2차 소스에서 추출한 중단 데이터와 관계자들로부터 얻은 1차 데이터를 결합하여 스페인 5대 생명공학 클러스터의 비교 사례연구를 수행하였으며 연구를 통해 5가지 시사점을 안겨준다. 첫째, 개방형 혁신 생태계는 혁신을 위한 협력을 촉진하는 지역 공공 정책의

혜택을 받지만, 모든 지역이 동일한 정책의 영향을 받는 것은 아니며, 모든 정책이 동등하게 효과적인 것도 아니다. 둘째, 클러스터 내부의 경계를 넘어 협업을 활성화시키고 촉진하는 정책이 바이오 혁신 생태계의 발전에 기여한다. 셋째, 대학과 공공연구기관이 지역혁신체계의 관련 주체로서 갖는 역할은 매우 중요하다. 넷째, 혁신 시스템의 공공 부분에만 독점적으로 초점을 맞추는 것은 성장기에 접어드는 바이오기업들의 혁신에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이는 스페인의 많은 기업이 공공기관에 너무 사로잡혀 있어 혁신 활동에 제약을 받는 점에서 발간해낸 결과다. 마지막으로 바이오 클러스터 혁신 생태계의 발전은 같은 정책일 지라도 지역별로 서로 다른 영향을 받기에 지역의 특성을 반영하는 지역별 솔루션 정책이 필수적이다.

이현경·신용광(2018)의 연구는 첨단기술이 요구되고 불확실성이 높지만 크게 성장하고 있는 시장을 가지는 동물 바이오 산업 클러스터의 입지선정에 관한 연구를 입지선정 AHP 계층구조 모형을 통하여 입지요인 중요도 평가를 했다. 연구 결과 입지적, 사회적, 경제적 요인 중 경제적 요인이 가장 높은 중요도를 지니는 것으로 조사되었으며 경제적 요인 중 보조금, 세제 혜택, 운영비 및 시설투자비가 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다. 입지적 요인 중 중요한 요인으로는 시설 안전성 유무, 임상시험성, 시장과의 접근성이 중요한 것으로 조사되었다. 사회적 요인의 경우 산학연, 인력확보, 지역균형발전, 기업환경 등이 중요한 요인으로 나타났다.

제약기업을 사례로 바이오기업의 분산적 집중형 입지패턴에 관한 연구를 한 최유미·강명구(2011)의 연구에서는 2011년 9월 기준 한국제약협회에 회원사로 등록된 203개의 제약회사를 기준으로 본사, 연구소, 공장으로 분류하여 분포특성과 기능의 공간적 집중에 관해 연구하였다. 연구결과 제약기업의 기능 분산패턴은 본사에서 시작하여 본사와 공장이 나뉘고 기업이 성장함에 따라 본사, 공장, 연구소의 형태로 확산하며 본사는 서울에 집중되어 있으며 생산기능 대부분은 경기도에, 연구개발 기능은 소수의 집적지에 집중하는 경향을 보인다는 결과를 제시한다. 본사, 연구소, 생산공장의 기능별 공간적 집중경향은 10년 단위로 기능별 Moran's I값을 구하여 분석을 시행하였는데 본사 기능은 시간이 지날수록 서울지역의 집중 정도가 크게 증가하는 경향을 보이지는 않는다는 결과를 보인다. 연구기능의 경우 연구소가 활발하게 생겨나던 1980년대 이후로 집중도가 높아지고 있다는 결과를 보인다. 마지막으로 생산기능의 경우 군집성향이 시간이 갈수록 점점 높아지는 것을 확인할 수 있다.

바이오산업에 국한되지 않고 지식기반산업의 입지특성을 분석하여 지역경제 활성화 방안에서 연구한 권영섭·김동주(2002)의 연구에서는 국내의 지식기반산업의 공간적 분포와 집적지를 유형화하였으며 이를 기반으로 지식기반산업의 입지환경을 파악하였다. 연구 결과 지식기반산업의 분포는 관련 산업의 발달 여부,

대학 및 연구기관의 입지, 지역의 사업지원 및 혁신환경에 영향을 받는다고 주장한다.

본 연구에서는 기존 선행연구들이 대부분 입지 만족도 설문 및 바이오 클러스터의 성장 요인 등을 분석하였다는 점을 고려하여, 개별 바이오기업들의 입지에 영향을 미치는 요인분석이 더욱 정량적일 필요에 의해 진행하고자 한다. 바이오산업은 첨단기술이 요구되는 지식기반형 산업이면서도 소규모 다품종 생산이 가능해 바이오기업들의 입지는 상대적 저렴한 고급인력인 석사 인력의 주거분포에 영향받을 것이라 예상하고 이에 따라 기업 위치별 지리적, 지역적, 입지적 특성을 반영해 연구를 진행하고자 한다.

2. 기업의 영향권 및 공간적 범위에 관한 연구

클러스터화의 정도와 밀도에 관하여서 기업활동, 투자활동, R&D의 영향권을 지정하여 분석에 사용하는 연구는 다양하게 존재하며 연구자마다 기준이 다양하다. 기업의 활동이 타 기업에 영향을 주기 위한 반경과 투자하는 기업과 투자받는 기업의 최소 거리, 대학과의 연계를 유발하는 최소한의 거리 등이 고려될 때, 행정구역 자체보다는 기업별로의 위치를 기준으로 하여 반경을 세워야 하기에 기업활동의 반경에 대한 기준을 제시한 몇 가지 연구를 참고하였다.

송영일 외(2018)가 토지주택연구원원의 지원을 받아 진행한 국가산업단지 지원체계 정비 및 활성화 방안 연구에서 국가산업단지의 입지 및 경쟁력 분석을 진행할 때, 혁신여건의 분석에서 인근 연구소, 창업보육센터, 지식산업센터, 제조업 업체, 서비스업 업체, 대학 등이 각각 몇 개 분포되어 있는지 분석하였다. 인근 분석의 기준을 세울 때 3가지 반경(5km, 10km, 20km)마다 해당 시설이나 기관들이 얼마나 분포되어 있는지 확인하였다.

고용노동부와 한국산업단지공단의 용역으로 산업단지 고용환경 개선 수요조사를 진행한 조혜영 외(2015)의 보고서에서는 고용환경 중 근로자의 주거시설, 보육시설, 문화시설, 체육시설의 입지와 산업단지 간의 거리를 측정할 때 '산업단지 밖 원거리'의 기준을 반경 5km 밖으로 정의하여 연구를 진행하였다.

시간 거리와 업종 적합성을 고려한 R&D센터의 입지 평가모형을 연구한 김창현 외(2019)의 연구에서 주행거리의 점수 산식을 세울 때, 반경 5km미만의 기업 수부터 40km 미만의 기업 수까지 5개의 그룹으로 나누어 가중치를 부여하여 분석에 이용하였다.

본 연구의 공간적 범위가 수도권인 점과 선행연구에서 언급한 R&D의 영향권, 대학 및 대기업과의 연계유발 거리, 혁신여건 반경 등을 고려하여 기업의 영향권 권역을 5km로 설정하였다.

3. 공간계량 범위 및 분석

공간계량 분석 용어는 1970년대 Paelinck, Klaassen에 의해 처

음 제시되었으며, 1988년 Luc Anselin에 의해 계량모형이 소개되었다. 기존 OLS 분석의 경우 공간 의존성 또는 공간 이질성 등의 존재에 관한 가정을 갖고 있지 않다. 분석모형 내 공간적 의존성 및 이질성이 존재하게 되면, 추정계수의 불편성, 효율성, 일치성을 보장할 수 없게 된다. 공간적 의존성이란 용어는 특정 사건이 공간적으로 상관관계가 존재함을 의미하고, 공간적 이질성은 불규칙한 분포가 넓은 지역에서 이루어짐을 의미한다. 공간적 의존성 문제를 해결하기 위해 공간가중치 행렬이 소개되었고, 공간계량모형에 활용되기 시작하였다. 공간계량모형을 활용해 분석한 논문은 다음과 같다.

연구개발 등과 같은 지식 이전 효과를 분석하고자 하는 연구주제에서 공간계량모형이 활발하게 사용되었으며, 2000년대 들어 부동산 시장으로까지 적용 범위가 확대되었다. Dubin et al.(1999)의 연구에서는 OLS와 같은 모형으로 다양한 독립변수를 활용하는 방법보다는 공간모형을 활용하는 방식이 부동산 가격의 정확도를 높일 수 있음을 주장하였다. 문장혁 외(2006)은 주택, 토지 등과 같이 입지가 고정된 경제체에 대한 횡단면 분석은 공간적 자기상관과 이질성으로 인해 OLS에 의한 특성가격함수 추정은 잘못된 결론을 도출할 수 있다고 하였다. 주변 지역 특성변수의 모수 추정 방법에 대해 OLS와 SAR를 비교하였으며 SAR분석 방법이 OLS보다 공간의 속성을 잘 설명하며 신뢰할 수 있는 계수의 추정이 가능하다고 하였다. Cartern and Haloupek(2000)의 연구에서도 소매점 임대료를 추정함에 있어 공간 시차 변수를 도입한 공간계량모형이 기존 헤도닉 모형 대비 뛰어난 추정력을 보여주었다.

공간을 기준으로 하는 데이터들은 인접 지역과 서로 영향을 주고받는 상호의존적인 특성을 보이는데(김광구, 2003), 이를 공간 자기상관성이라 한다. 공간 자기상관의 존재는 선형회귀모형에서 전제하고 있는 무작위분포와 오차항의 독립성을 위배하게 한다(김광구, 2003). 이와 관련하여, 공간계량모형은 공간 자기상관성을 통제할 수 있는 회귀 분석모형이라는 장점을 지닌다(진창종 외, 2012). 본 연구에서는 바이오기업들의 공간적 집적에 영향을 미치는 요인을 도출하기 위한 실증분석의 방법론으로 공간계량모형(Spatial Econometrics)을 사용하여 분석하였다.

바이오기업의 입지는 해당 기업이 입지한 시군구와 인접한 시군구의 영향을 받기 때문에 공간적 의존성이 존재한다. 바이오기업들의 집적하는 특성으로 인해 특정 지역의 바이오기업은 인접한 지역에 클러스터링 효과를 일으킬 수 있으므로 다중 회귀분석만으로는 추정계수의 불편성, 효율성, 일치성을 보장할 수 없다. 이에 따라 본 연구는 공간패널회귀모형을 통해 분석하였다.

III. 연구 가설

앞서 바이오기업들의 입지를 결정하는 요인을 다루는 선행연구들을 살펴보면 고급인력, 산학연의 협력관계 변수가 중요하다

는 것을 알 수 있다. 대부분의 선행연구는 지식기반산업인 바이오산업은 박사인력과 우수인력의 확보 용이성 및 R&D를 중요 요인으로 주장하였다. 통계청 업종별 학력별 인력 현황과 바이오산업 실태조사 보고서 2019에 따르면 바이오산업은 협력관계 비율이 높고 소규모 다품종 생산 형태를 띠는 것을 파악할 수 있지만, 타 산업 대비 석사 비율이 높은 것으로 나타난다. 이에 대기업을 제외한 대부분의 바이오기업의 입지는 고급인력자원 중 박사보다는 상대적 저렴한 임금에 고용이 가능한 석사 주거분포에 가장 유의미하게 영향을 받을 것이라 예상된다. 이에 본 논문에서 석사 인력의 분포도가 바이오기업 입지 결정에 어떠한 영향을 미치는지에 대해 알아보하고자 한다.

또한, 선행연구에서는 해외 바이오기업들의 입지는 산학연 협력, 대학과의 연계유발 거리, 접근성 및 교통 편리성 영향을 받는다고 분석하였다. 해외 바이오기업의 경우 대기업과 같은 엔지니어링 등의 역할보다는 다수의 소규모 바이오 기술 관련 기업들의 클러스터링이 입지 결정에 더욱 중요한 요소로 주장되었다. 지역별 지역 수준 및 경제적 수준에 큰 영향을 미치는 대기업의 유무가 해당 시군구의 바이오기업 증가에 영향을 미치는지 알아보하고자 한다.

본 논문의 가설은 다음과 같다.

- (1) 바이오산업은 소규모 다품종 생산이 가능하며 지식기반형 산업임과 동시에 노동집약적이므로 고급인력자원 중 상대적으로 저렴한 임금에 고용이 가능한 석사 인력의 주거분포가 바이오기업의 입지 결정에 유의미한 영향을 미칠 것이다.
- (2) 바이오산업은 타 산업 대비 협력관계 비율이 높아 집적 효과가 크며, 기존 입지 결정요인인 거리변수들보다 대기업 영향권에 영향을 받을 것이다.

IV. 분석의 방법 및 범위

1. 연구 흐름 및 분석 모형

1) 공간적 범위

본 연구에서는 바이오기업들의 입지 결정요인들을 분석하고자 한다. 이에 한국을 연구범위로 설정하였으며, 수도권을 중심으로 분석을 진행하였다. 수도권은 서울, 경기, 인천광역시가 포함되어 있다. 한국기업데이터 KED를 기반으로 한국바이오협회에서 제공하는 총 1740개의 기업들 중 2010년부터 2019년까지 연도별 시군구별 바이오기업 증가 수를 산출하였다. 수도권의 인구 집중, 고학력 젊은 층의 취업 관련 이동, 대기업의 유무 등의 이유로 분석범위를 수도권으로 설정하였다.

2) 시간적 범위

본 연구의 바이오기업 목록과 주소 및 독립변수들은 한국 바이오산업이 글로벌 신약개발을 주력 삼기 시작한 2010년(한국바이

오협회, 2020)을 시작으로 2019년까지 수집하여 패널데이터를 구축하였다. 시군구별 학사, 석사, 박사 인력 수의 경우, 2000년부터 5년 단위로 제공되는 인구주택총조사 데이터를 2015년까지 수집한 후, 2019년까지 추계연장하여 산출하였다.

3) 연구 흐름

본 연구는 수도권 내 위치한 바이오기업들의 입지 결정요인을 분석하고자 한다. 입지를 결정하는 지리적, 경제적, 지역적 변수들로 공간구조 요소를 구성하였으며 공간계량모형을 통해 바이오기업 밀도와 공간구조 요소 간의 연관성을 살펴보고자 하였다.

연도별 시군구별 바이오기업 설립 수를 확인하여 바이오기업의 입지 밀도를 확인하고자 한다. 바이오기업 수가 많을수록 해당 시군구의 입지 밀도가 높다는 것으로 나타나며 좋은 입지라는 것을 대변한다. 수도권에 주요시설이 밀집되어 있으며 접근성이 및 타 연구기관과의 접근성과 연계성이 뛰어나 기업들이 선호하는 입지라는 것을 알 수 있다.

바이오기업들의 주소 및 설립연도는 KED 기업데이터를 기반으로 한국바이오협회사이트를 참고하였다. 지오코딩을 통해 점좌표로 변환하였으며 GIS 프로그램을 사용해 기업들의 평균 지하철과의 거리, 대학과의 거리, IC/JCT와의 거리들을 산출해 해당 시군구에 값을 부여하였다. 또한, GIS 프로그램을 사용해 각 기업에 5km 버퍼 존을 적용하여 해당 기업의 영향권 내 대기업 유무를 확인하였다.

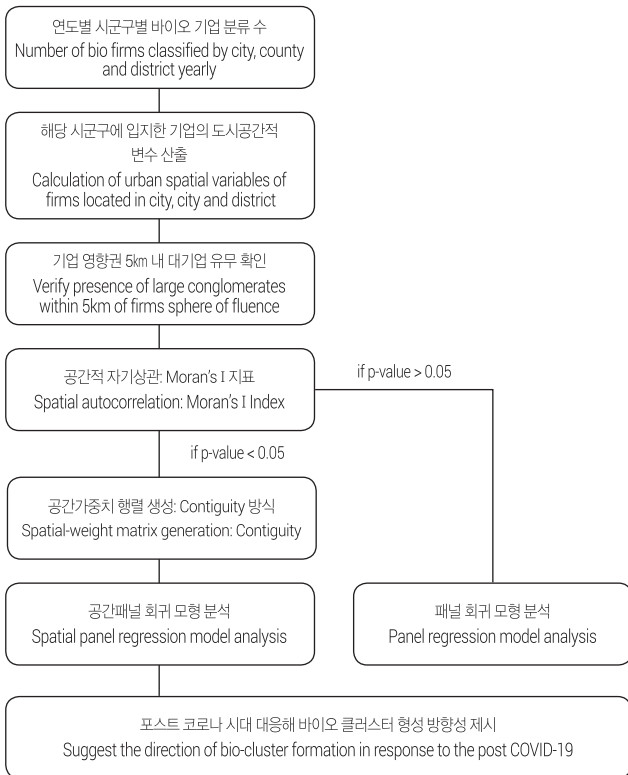


그림 1. 연구 흐름도
Figure 1. Research flow

바이오산업의 집적 효과로 인해 기업이 위치한 인근 시군구의 바이오기업 설립 수와 공간적 의존성을 지닐 확률이 높다. 이에 Moran's I 분석을 통해 공간적 자기 상관을 계산하였다. 결과값을 분석하여 공간적 의존성이 있다고 판단하여 공간가중치 행렬을 생성한 후 공간계량경제모형 중 공간패널 회귀모형을 활용해 분석하였다. 연구 흐름은 <그림 1>과 같다.

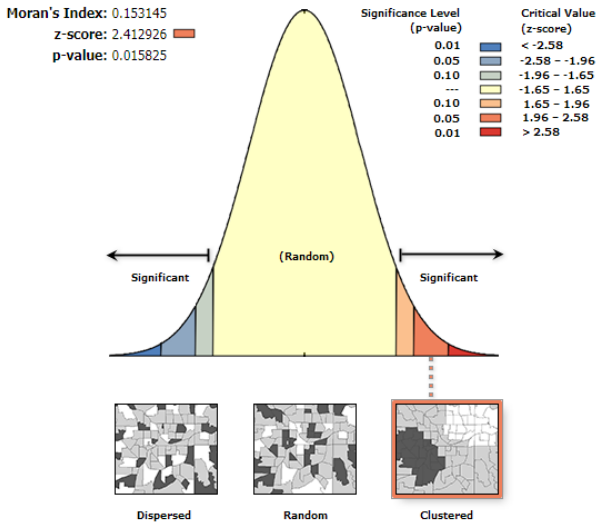
4) 공간패널 회귀모형

본 연구에서는 바이오기업들의 입지 결정요인들을 분석하기 위해 공간패널 회귀모형을 사용하였다. 포편적으로 사용하는 다중 회귀분석 및 패널 분석은 공간 의존성, 공간 이질성 등의 공간영향력을 고려하지 않는다(전해정, 2016). 공간적 의존성이란 특정 사건의 공간적 상관관계가 존재하는 것이며, 공간적 이질성은 넓은 지역에서 나타나는 불규칙한 분포를 뜻한다. 공간적 종속성과 이질성이 존재하는 경우 추정계수의 불편성, 효율성, 일치성을 보장할 수가 없게 된다. 공간에 의한 영향력을 통제하지 못하는 모형은 오지정의 문제를 갖게 되고, 추정값은 더 이상 최적 선행불편 추정량이 되지 못하며, 잘못된 통계적 추정에 도달할 위험성을 가지고 있다(전해정, 2016). 또한, 모수의 추정치와 표준오차의 추정치가 편기(bias)되는 문제가 있으며, 이는 통계적 추론에 영향을 미치게 된다(박종기, 2011). 본 연구에서는 기업들의 집중되어 있는 시군구일수록 인접 지역에 영향을 주며 클러스터링 효과를 불러일으킬 수 있다는 점을 고려하였다. 이에 공간 종속성을 고려한 공간계량경제 모형인 공간 패널회귀모형을 활용하여 도시의 지역적, 경제적, 지리적 특성이 바이오기업 입지 결정에 어떤 영향을 미치는지 확인하고자 하였다.

연도별 각 시군구의 바이오기업 설립 수에 대해 공간적 의존성이 존재하는지 확인하기 위해 Moran's I 값을 확인하였다. 그 결과 공간적 의존성이 유의미하게 나타났으며, 정의 공간적 상관성을 가진 것으로 확인되었다. 확인된 Moran's I 값은 <그림 2>와 같다.

Moran's I의 값이 p-value가 0.05 이하임을 통해 공간적 의존성이 유의미하게 나타났다. 이는 특정 시군구의 설립된 바이오기업 수가 많을수록 인접 지역의 바이오기업의 수도 높은 것을 암시하며, 서로 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

공간계량경제모형은 공간적 자기 상관관계를 분석하는 것이며, 이를 위해 공간가중치 행렬(spatial weighted matrix)을 구성해야 한다. 공간가중치 행렬에서는 공간적으로 더 인접한 지역에 높은 가중치를 부여함으로써 지역 간 상호작용 혹은 공간 상호연관성(spatial dependence)을 검정하거나 추정할 수 있다(Anselin, 2005). 공간가중치 행렬을 구성하는 다양한 방식 중 이용빈도가 가장 높은 방법은 인접(contiguity)에 가중치를 부여하는 방식과 공간좌표(coordinates)를 이용하는 방법이 있다(Anselin, 2005). 본 논문에서는 시군구 단위로 분석하므로 인접(contiguity)에 가중치를 부여하는 방식의 공간가중치 행렬을 구



Given the z-score of 2.4129263233, there is a less than 5% likelihood that this clustered pattern could be the result of random chance.

그림 2. 모란지수
Figure 2. Moran's I

축하였다. 분석 단위가 면(polygon) 형태의 행정구역이기 때문에 거리를 기반으로 하는 행렬이며, 인접한 경우는 1, 그렇지 않은 경우는 0으로 가중치를 부여하였다. 본 논문에서 사용된 공간가중치 행렬은 66×66 행렬이며, 대각행렬의 모든 원소는 모두 0이다. 가중치 행렬을 구하는 방법은 Rook, Queen, Bishop 방법 등이 있으며, 이는 인접하는 기준을 어떻게 세우느냐에 따라 분류체계가 구분된다. Rook 방법은 두 지역의 경계선이 공유되면 $w_{ij}=1$ 을, 그렇지 않으면 $w_{ij}=0$ 을 부여하는 방법이다. Bishop 방법은 두 지역이 모서리를 공유하는 경우, Queen 방법은 두 지역이 면이나 모서리를 공유하는 경우 $w_{ij}=1$ 을 설정하게 된다. 본 연구에서는 행정구역 인접 여부(contiguity)에 따라 공간가중치 행렬을 계산하였다. Rook Contiguity는 상하좌우 경계선이 공유되면 '1'의 가중치를 부여하고, 그렇지 않으면 '0'을 부여한다. Rook Contiguity 방법을 적용한 공간가중치 행렬은 <그림 3>과 같다.

바이오기업 입지 결정요인의 공간적 자기 상관을 고려한 공간시차 패널모형(SAR: Spatial Autoregressive Model)은 식 (1)과 같다.

0	1	0
1	A	1
0	1	0

Rook

그림 3. 공간가중치 행렬

Figure 3. Spatial weight matrix rook contiguity

$$P_{it} = \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} P_{jt} + \delta' Z_{it} + v_{it}, \quad v_{it} = \eta_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

위 식 중 P는 해당 연도의 바이오 신설기업 수를 의미하며 종속 변수로 사용되었다. Z는 지역적, 경제적, 사회적 변수들을 의미하며 W는 공간가중치 행렬을 의미한다. 공간가중치 행렬은 인접한 시군구 기준으로 구성되었다. P는 공간효과(Spatial Effect)를 의미하며, η 는 시간 불변 지역별 효과를, ε 는 오차항을 의미한다. 위 식 (1)을 재구성하면 아래 식 (2), (3)과 같다.

$$P_t = \rho W P_t + Z_t \delta + v_t \quad (2)$$

$$P_t = (I - \rho W)^{-1} (Z_t \delta + v_t) \quad (3)$$

위와 같은 공간계량 모형은 Anselin et al.(2008)의 모형을 변형하였으며 본 논문에서 위 모형을 사용하는 데 문제가 없다고 판단하였다.

2. 데이터 및 변수 구성

본 연구에서는 주변 석사 인력자원과 대기업의 유무가 바이오기업의 입지에 미치는 영향을 보다 정밀하게 분석하기 위해 종속 변수로는 수도권 66개의 시군구별 해당 연도에 설립된 바이오기업의 수를 사용하였다. 시간적 범위는 글로벌 신약개발을 주력삼기 시작한 2010년부터 2019년까지로 설정하였다. 독립변수는 공간가중치, 전체 노동 인력 대비 학사, 석사, 박사인력, 기업 버퍼 5km 내 대기업 유무와 시군구 내 입지한 바이오기업들의 지하철과의 거리, IC/JCT와의 거리의 평균을 구하여 해당 값을 시군구에 부여하였다. 이에 앞서 언급한 지역의 지리적, 경제적, 입지적 변수들과 바이오기업 주소는 통계청, 인구주택총조사, 한국도로공사 공공데이터 포털, 교육부, 한국바이오협회를 참고하여 사용하였다.

앞선 선행연구들의 기업 영향력 권역 범위를 참고하여 각 기업으로부터 5km 버퍼 존을 형성하고 zone 내에 위치한 대학 유무를 계산하여 독립변수로 사용하였다. GIS 프로그램을 사용해 권역 내 대기업 유무, 외국인투자기업 수와 최근린 IC/JCT와의 거리, 최근린 지하철역과의 거리를 산출하였다.

또한, KOSIS에서 제공하는 시군구별 2010년부터 2019년까지의 재정자립도, 집객시설, 주요시설, 인구 10만 명당 문화기반시설 수, 특허출원 수, 재정자립도, 노후주택비율 등을 참고하였다.

인력자원 주거분포가 바이오기업 입지 밀도에 미치는 영향을 보다 정밀하게 파악하기 위해 시차(lag) 2년을 적용하여 2년 전 시군구 도시 공간적 변수들이 2년 후 바이오기업 입지 밀도에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

또한, 수도권 내 지역산업진흥산업으로 정부 지원을 받아 지원

센터와 창업기업으로 시작한 소기업들이 집적되어 있는 구로구, 금천구에 위치한 서울디지털국가산업단지, 중원구에 위치한 성남일반산업단지, 화성시 바이오밸리에 입지한 기업들은 터미를 주어 보정하였다. 바이오기업은 기업 간의 연계 및 집적 효과를 얻기 위해 타 지역보다 산업단지가 입지하고 있는 지역을 선호한다. 이에 따라 산업단지를 터미 변수로 선정하여 종속변수에 대한 설명력을 더욱 높일 수 있도록 모형을 설계하였다. 본 연구 분석에 사용된 변수 및 설명은 <표 2>와 같다

V. 분석결과

1. 공간패널 회귀모형 분석결과

바이오기업들의 입지 결정요인들을 분석하기 위해 공간패널 회귀모형을 사용하였다. 본 논문의 가설은 아래와 같다.

- (1) 바이오산업은 소규모 다품종 생산이 가능하며 지식기반형

산업입과 동시에 노동집약적이므로 고급인력자원 중 상대적으로 저렴한 임금에 고용이 가능한 석사 인력의 주거분포가 바이오기업의 입지 결정에 가장 유의미한 영향을 미칠 것이다.

- (2) 바이오산업은 타 산업 대비 협력관계 비율이 높아 집적 효과가 크며, 기존 입지 결정요인인 거리변수들보다 대기업 영향권에 영향을 받을 것이다.

위 가설을 검증하기 위해 전체 시군구의 연도별 학사, 석사, 박사 인력자원 수, 기업의 영향권 5km 내 대기업 유무, 시군구별 주요시설, 소득수준, 아파트 기준시가를 독립변수로 분석에 사용하였다. 연도별 시군구별 아파트 평균매매가격 및 평균단위 매매가격 데이터를 구할 수 없어 연도별 시군구별 제공되는 아파트 기준시가에 매매가격지수를 보정하여 분석에 사용하였다. 본 연구에서는 선행연구에서와 다르게 패널모형을 사용하였기에 보정된 아파트 기준시가를 지역 경제적 대리변수로 사용하였다. 종속변수와 독립변수 간의 인과관계를 정밀히 파악하기 위해 독립변수들에 -2년에 시차(lag)를 적용하여 분석하였다.

표 2. 분석에 사용된 변수들 설명

Table 2. Variables used in the analysis

구분 Category	변수 Variable	변수 설명 Description	출처 Source
종속변수 Dependent variable	바이오 기업증가 수 Biotechnology firms established	시군구별 바이오기업 설립 수 (2010~2019년) Number of bio companies established yearly from 2010 to 2019 by cities and counties	한국바이오협회 Korea Biotechnology Industry Organization
	학사인력 Bachelor's	인구총조사 연도별 학사인력 수 Number of Bachelor's degree holders	인구총조사 Population and Housing Census
	석사인력 Master's	인구총조사 연도별 석사인력 수 Number of Master's degree holders	인구총조사 Population and Housing Census
	박사인력 Doctorate	인구총조사 연도별 박사인력 수 Number of Doctorate degree holders	인구총조사 Population and Housing Census
	주요시설 Public facilities	시군구 주요시설 수 Public facilities by cities and counties	통계청 Statistics Korea
독립변수 Independent variables	대기업 유무 Existence of conglomerates	시군구에 입지한 기업의 5km 버퍼 내 대기업 유무 Existence of large conglomerates within 5km buffer zone of each firm	한국바이오협회 Korea Biotechnology Industry Organization
	소득수준 Income level	시군구 평균 소득수준 Average income level by cities and counties	공공데이터포털 data.go.kr
	아파트 기준시가 Standard market price of apartments	* 아파트 기준시가를 연도별 아파트 평균 매매가격으로 보정 * The yearly reciprocals of average apartment prices was treated to the standard market prices due to absence of the data	부동산공시가격알리미, 부동산통계정보시스템, 상권정보시스템 realtyprice.kr, r-one.co.kr Korea Real Estate Board, Commercial Information System
	고속도로와의 평균 거리 Distance to nearest highway	시군구에 입지한 기업들의 평균 고속도로와의 거리 Average distance of firms to nearest highway (IC/JCT)	한국도로공사 공공데이터 포털 Korea Expressway Corporation, data.go.kr
	지하철과의 평균 거리 Distance to nearest subway	시군구에 입지한 기업들의 평균 지하철과의 거리 Average distance of firms to nearest subway	공공데이터 포털 data.go.kr
산업단지 터미변수 Industrial Complex dummy	* 서울디지털국가산업단지, 성남일반산업단지, 화성바이오밸리 터미 * Guro Digital Complex, Seongnam Industrial Complex, Hwaseong Bio Valley		

위에 설명한 변수들로 분석한 공간패널 회귀모형 분석결과는 <표 3>과 같다.

모형에 활용된 독립변수 중 박사인력, 고속도로와의 거리, 지하철과의 거리를 제외한 나머지 독립변수들은 p-값이 0.05에서 유의미하게 나타났다. 모형 설명력은 0.6303으로 나타났으며 Durbin-Watson Statistics은 1.68로 2와 가깝게 나타났다. 시군구의 바이오기업 입지 밀도는 해당 시군구의 석사 인력, 주요 시설, 각 기업의 영향권 내 대기업 유무, 산업단지 터미와 정(+)의 관계를 지닌 것으로 나타났다. 학사인력, 소득수준, 아파트 평균 매매가격과 부(-)의 관계를 지닌 것으로 나타났다.

기업의 위치한 해당 시군구의 석사 비율이 양의 관계를 가진다는 결과는 바이오기업들의 입지 밀도가 주변 석사 인력자원 증가에 영향을 받으며, 특히 앞서 선행연구에서 주장하는 박사 인력 자원보다 석사자원에 영향을 받는 것으로 분석되었다. 바이오산업은 소규모 다품종 생산이 가능하며 지식기반형 산업임과 동시에 노동집약적이므로 고급인력자원 중 상대적 저렴한 임금에 고용이 가능한 석사 인력의 주거분포가 바이오기업의 입지선정에

유의미한 영향을 미치는 것으로 판단된다.

주요시설 수가 양의 관계를 가진다는 것은 바이오기업의 입지 밀도가 주요시설이 밀집된 시군구일수록 높다는 것을 의미한다. 주요시설들이 밀집된 지역일수록 편의성 및 접근성이 높으며 입지의 만족도에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

버퍼 내 대기업, 대학의 유무와 바이오기업 입지 밀도가 양의 관계를 가진다는 것은 바이오기업 영향권 권역 5km 내에 대기업이 존재할 때 클러스터화가 더욱이 진행된다는 것을 의미한다. 기존 연구들에서 주장하는 입지의 교통 편리성은 유의미하지 않게 나타났으며 바이오기업 입지선정 시 기업들의 거리요인보다 대기업영향권을 더욱 중요하게 고려한다. 바이오산업은 협력비율이 높아 집적 효과가 크며 입지의 교통 편리성보다는 대기업 주위로 집적하려는 경향이 있다는 것을 확인할 수 있다.

소득수준과 아파트 평균 매매가가 음의 관계를 지닌다는 것은 소득수준과 아파트 평균 매매가가 높을수록 기업들은 해당 입지를 선호하지 않다는 것을 확인할 수 있다. 소득수준과 아파트 평균 매매가는 입지의 가격을 대변할 수 있으며, 대부분의 바이오

표 3. 공간패널 회귀모형 분석결과 Table 3. Results of the spatial panel model analysis

변수 Variables	계수 Coefficient	표준편차 Std. Dev	t 값 t-Stats	유의확률 Prob.	
상수항 Constant	1.129406	0.502132	2.249222	0.025***	
공간 효과 Spatial effect	0.418041	0.064603	6.470921	0***	
인력자원 변수 Human capitals	학사인력(-2) Bachelor's (-2)	-1.93E-05	6.14E-06	-3.14574	0.0018***
	석사인력(-2) Master's (-2)	0.000121	4.78E-05	2.536431	0.0116**
	박사인력(-2) Doctorate (-2)	5.15E-05	8.69E-05	0.592817	0.5536
지역적 변수 (시군구) City properties	주요시설(-2) Public facilities (-2)	0.000543	0.000111	4.901543	0***
	버퍼 내 대기업 유무(-2) Existence of conglomerates (-2)	0.519471	0.116286	4.467194	0***
	소득수준(-2) Income level (-2)	-0.0263	0.011177	-2.35279	0.0191**
	아파트 평균 매매가격(-2) Standard market price of apartments (-2)	-1.48E-07	4.66E-08	-3.18283	0.0016***
거리변수 Accessibility	IC/JCT와의 거리 Distance to nearest highway	-1.24E-05	1.09E-05	-1.14117	0.2545
	지하철과의 거리 Distance to nearest subway	3.98E-05	2.67E-05	1.493682	0.136
더미변수 Dummy variable	산업단지 더미 Industrial complexes dummy	5.912285	0.390186	15.15247	0***
Adjusted R ²		0.6303			
Durbin-Watson stats		1.694229			

***, **, *은 유의확률 p-값이 각각 0.01, 0.05, 0.1 이하를 의미함
 ***, **, * means that the p-values are 0.01, 0.05 and 0.1 or less, respectively

기업은 지역산업진흥산업으로 정부 지원을 받아 지원센터와 창업기업으로 시작한 소기업들이므로 토지가격이 높은 입지를 부담하기 어려워하는 실정이다.

2. 그레인저 인과검정

공간패널 회귀모형에서 석사 인력자원이 바이오기업 증가에 유의미한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었지만, 종속변수와 독립변수 간 인과을 검증을 위해 그레인저 인과관계(Granger Causality) 분석을 실행하였다. 종속변수인 바이오기업의 증가로 인해 독립변수인 석사 주거분포가 증가했을 가능성에 대해 검증하였다. 회귀모형과 동일하게 시차(lag) 파라미터를 2년으로 설정하여 분석한 결과는 다음 <표 4>와 같다.

석사자원이 바이오기업 증가 수에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 유의확률 0.05 이하로 기각되지만, 바이오기업 증가 수가 석사자원 증가에 영향을 미치지 않는다는 귀무가설은 유의확률 0.05에서 지지된다. 석사자원의 증가는 해당 시군구의 바이오기업 증가에 영향을 미치지만, 바이오기업 증가는 해당 시군구의 석사자원 증가에 유의미하지 않은 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있다.

표 4. 그레인저 인과검정 결과

Table 4. Granger Causality test result

귀무가설 Null Hypothesis	관측 값 Obs.	시차 Lag	F-stats	유의확률 Prob.
M does not Granger Cause Bio	528	2	15.775	2.00E-07
BIO does not Granger Cause M			0.24515	0.7827

※ 유의확률 0.05 이하면 귀무가설 기각

If the p-value is less than 0.05, the null hypothesis is rejected

※ M은 석사자원, BIO는 해당 년도 바이오기업 증가 수

M refers to the number of Master's degree holders and BIO refers to the new bio firm entering the market in the year

VI. 요약 및 결론

본 연구에서는 바이오기업들의 입지요인을 종합적으로 분석하고, 향후 급증할 바이오기업들이 입지를 선정하는 데에 있어 고찰해야 할 점을 목적으로 하였다. 바이오기업의 입지와 관련된 선행연구들을 살펴보면 박사과 같은 고급인력, 산학연의 협력관계가 중요하다는 것을 확인할 수 있다. 하지만 통계청의 2019년 바이오산업 실태조사 보고서를 살펴보면 바이오산업은 타 산업 대비 석사 비율이 높은 것을 확인할 수 있다. 앞선 선행연구는 설문 조사 및 정량적인 분석을 통해 증명하였으나, 석사 인력의 중요성을 제시하지 않았다. 이에 본 논문은 바이오기업의 입지를

정량적으로 연구하기 위해 공간계량모형을 활용하여 분석하였으며, 석사 인력의 분포도가 바이오기업의 입지에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보고자 하였다.

본 논문은 다음과 같은 사항을 증명하여 선행연구와 차별성이 존재한다. 첫째, 바이오산업은 소규모 다품종 생산 형태를 띠고 있어 충분히 숙련된 노동 인력이자 과한 임금이 요구되지 않는 석사 인력자원이 풍부한 입지를 선호한다는 것을 알 수 있었다. 둘째, 연구의 결과를 통해 바이오기업의 해당 시군구 석사자원이 입지 밀도에 유의미한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 영향권 내 대기업이 존재하면 입지 밀도가 증가한다는 것을 계량적으로 증명하였다는 점에서 의의가 존재한다.

본 연구에 이용된 시군구별 학사, 석사, 박사 자원은 바이오를 전공한 인력을 구할 수 없어 바이오 관련 전공자가 아닌 전체 전공자로 데이터를 사용했다는 점에서 본 논문의 한계가 존재한다. 데이터의 한계로 인해 온전히 바이오 인력자원 주거분포를 설명하기에는 어려운 점이 존재한다. 연구에 사용된 시군구별 학사, 석사, 박사 자원은 전국적 바이오 노동 인력 대비 전체 노동 인력과 큰 차이가 없을 것이라 간주하여 연구를 진행하였다. 또한, 바이오기업들의 표본 수가 부족하다는 점과 대기업 영향력을 대기업의 매출, 종사자 수 등 비공개성 데이터의 한계로 연구에 반영하기 어려운 제한이 있었다. 서술된 한계에도 불구하고 본 연구에서는 선행연구에서 사용하지 않은 공간계량모형을 통해 바이오기업 입지에 영향을 미치는 요인을 정량적으로 증명하였다는 점에서 의의가 존재한다. 또한, 선행연구에서 제시하지 않았던 석사 인력의 중요성을 제시하였다는 점에서 차별성이 존재한다.

전 세계를 공황에 빠뜨린 코로나 19사태를 해결할 열쇠로 주목하는 바이오산업은 높은 산업 가치 및 일자리 창출효과가 크며, 국가의 3대 중점 산업으로서 선정되었다. 향후 코로나 19와 같은 팬데믹이 언제든지 발병할 수 있는 시대 속에서 바이오산업의 중요성은 점점 커지고 있으며, 미래의 전염병에 대응하기 위해 바이오산업의 입지분석은 필수적이다. 본 논문은 스마트도시 및 미래형 도시를 조성하는 데 있어 다방면으로 높은 부가가치 및 고용 유발 효과를 창출하는 바이오산업 입지를 심층적으로 분석하였다. 새로 조성될 그린 바이오 스마트도시의 최적화된 입지와 바이오산업과의 연계를 위해 고려해야 하는 다양한 요인들을 분석하고 미래도시계획전략과의 부합성을 직접적으로 제시한 연구이다. 정부가 발표한 ‘한국판 뉴딜 종합계획’ 미래 국정과제인 “그린 뉴딜” (10대 중점과제) “스마트 그린 도시 조성을 위한 선도프로젝트 100개 추진” 및 “녹색산업 혁신 생태계 구축” 등 스마트도시와 바이오산업의 연계를 위한 바이오기업 입지분석과 스마트 그린 인프라 구축을 위한 전략방안 분석에 그 전문성을 더욱 제고함으로써 향후 수도권 미래 스마트도시, 스마트 바이오산업 발전 방향의 성장 요인과 밀접하게 부합한다.

본 연구는 국가의 바이오산업 육성 의지 및 바이오기업들의 증

설계획으로 인해 앞으로 더욱 늘어날 기업 수를 대비하여 국가 및 기업들에게 입지선정 시 고려해야 하는 요인들을 제시하는 데 의의가 있다. 기업의 영향권 내 대기업의 유무가 바이오기업 입지 밀도에 영향을 미치는 것을 대략 살펴볼 수 있었으나, 향후 바이오산업의 특성을 보다 정밀하게 분석하기 위해 대기업 수준변수를 반영하는 연구가 필요하다고 판단된다.

인용문헌
References

- 고명철·유광민, 2014. “바이오산업 클러스터 입지 만족도 및 성장가능성에 대한 영향요인 분석: 인천 바이오 기업을 대상으로”, 『地方行政研究』, 28(2): 23-50.
Ko, M.C. and Yoo, K.M., 2014. “An Analysis of the Determinants of Locational Satisfaction and Industrial Agglomeration Potential in the Biotechnology Cluster in Incheon City”, *The Korea Local Administration Review*, 28(2): 23-50.
- 권영섭·김동주, 2002. 「지식기반산업의 입지특성과 지역경제 활성화 방안 연구」, 안양: 국토연구원.
Kwon, Y.S. and Kim, D.J., 2002. *Locational Characteristics of Knowledge-based Industry and Policies for the Local Economic Development*, Anyang: Korea Research Institute for Human Settlements.
- 권재중·주경식, 2009. “바이오산업의 공간분포와 입지요인 분석”, 『한국지역지리학회지』, 15(1): 115-137.
Kwon, J.J. and Joo, K.S., 2009. “Spatial Distribution and Locational Factors Analysis of Biotechnology Industry”, *The Journal of the Korean Association of Regional Geographers*, 15(1): 115-137.
- 김광구, 2003. “공간자기상관(spatial autocorrelation)의 탐색과 공간회귀분석(spatial regression)의 활용”, 『정책분석평가학회보』, 13(1): 273-294.
Kim, K.G., 2003. “The Exploration of Spatial Autocorrelation and the Use of Spatial Regression”, *Korean Journal of Policy Analysis Evaluation*, 13(1): 273-294.
- 김주한·김선배·최윤희, 2003. 「바이오클러스터의 성공조건과 발전방안」, 산업연구원.
Kim, J.H., Kim, S.B., and Choi, Y.H., 2003. *Conditions and Development Plan of Bioclusters*, Korea Institute for Industrial Economics & Trade.
- 김창현·김영룡·진영현, 2019. “시간거리와 업종적합성을 고려한 R&D센터의 입지 평가모델”, 『대한지리학회지』, 54(1): 17-34.
Kim, C.H., Kim, Y.L., and Jin, Y.H., 2019. “A Location Assessment Model for R&D Institutions Considering Time-Distance and Industrial Sectors”, *Journal of the Korean Geographical Society*, 54(1): 17-34.
- 문장혁·서경천·이성호, 2006. “공공임대주택이 커뮤니티 지가에 미치는 영향에 관한 연구”, 『국토계획』, 41(4): 103-115.
Moon, J.H., Seo, K.C., and Lee, S.H., 2006. “A Study of the Influence of Public Housing on the Land Price of Community”, *Journal of Korea Planning Association*, 41(4): 103-115.
- 박종기, 2011. “공간계량경제모형을 이용한 오피스 가격결정요인에 관한 연구”, 경원대학교 석사학위논문.
Park, J.K., 2011. “A Study on Determinants of Office Price Using a Spatial Econometrics Model”, Master's Dissertation, Kyungwon University.
- 송영일·이현주·임주호·박지은, 2018. 「국가산업단지 지원체계 정비 및 활성화 방안 연구: 공공지원시설 도입방안을 중심으로」, 한국토지주택공사 토지주택연구원.
Song, Y.I., Lee, H.J., Lim, J.H., and Park, J.E., 2018. *A Study on the Development and Revitalization of the Support System for National Industrial Complexes: Focusing on the Introduction of Public Support Facilities*, Land and Housing Institute, Korea Land and Housing Corporation.
- 이영덕·김정석, 2003. “바이오클러스터의 발전동인 분석을 위한 탐색적 연구”, 『경영경제연구』, 26(1): 189-208.
Lee, Y.D. and Kim, J.S., 2003. “Study on the Driving Forces of Biotechnology Cluster in Daedeok Valley”, *Journal of Management & Economics*, 26(1): 189-208.
- 이현경·신용광, 2018. “동물바이오 산업 클러스터의 입지선정에 관한 연구”, 『농업경영 정책연구』, 45(3): 421-437.
Lee, H.K. and Shin, Y.K., 2018. “A Study on Location of an Animal Bio-industry Cluster”, *Korea Journal of Agricultural Management and Policy*, 45(3): 421-437.
- 전해정, 2016. “공간계량분석기법과 GIS를 이용한 주택가격모형 비교에 관한 연구”, 『부동산학보』, 64: 46-56.
Jeon, H.J., 2016. “The Study of Comparison of Housing Price Models by Using Spatial Econometrics and GIS”, *Korea Real Estate Academy Review*, 64: 46-56.
- 조혜영·박종배·김광국·김래현, 2015. 「산업단지 고용환경개선 수요조사」, 고용노동부.
Cho, H.Y., Park, J.B., Kim, K.G., and Kim, R.H., 2015. *A Study on the Demand for Employment Environment Improvement in Industrial Complexes*, Ministry of Employment and Labor.
- 진창중·이향숙·추상호, 2012. “공간회귀분석을 활용한 통행발생모형 추정 연구: 서울특별시를 중심으로”, 『국토연구』, 73: 131-143.
Jin, C.J., Lee, H.S., and Choo, S.H., 2012. “Developing Trip Generation Models Using Spatial Regression Analysis: A Case for Seoul, Korea”, *The Korea Spatial Planning Review*, 73: 131-143.
- 최유미·강명구, 2011. “바이오기업의 분산적 집중형 입지패턴에 관한 연구: 제약기업을 사례로”, 『한국경제지리학회지』, 14(4): 671-683.
Choi, Y.M. and Kang, M.G., 2011. “A Study on Dispersed Concentration pattern of Biotechnology Companies Location: Case of Pharmaceutical Enterprises”, *Journal of the Economic Geographical Society of Korea*, 14(4): 671-683.
- 한국바이오협회, 2020. 「2019년 기준 국내 바이오산업 실태조사 결과보고서」, 산업통상자원부.
Korea Bio Association, 2020. *2019 Report on the Status of Domestic Bio Industry Survey*, Ministry of Trade, Industry and Energy.

17. Almeida, J.M.S.D., da Costa, P.R., Pigola, A., Kniess, C.T., Porto, G.S., de Paulo, A.F., Vils, L., Mazzieri, M.R., and dos Santos, A.M., 2021. "Scientific Production on Technological Cooperation Networks in Biotechnology Sector", Preprints.
18. Anselin, L., 2005. *Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook*, Illinois: Center for Spatially Integrated Social Science.
19. Anselin, L., Le Gallo, J., and Jayet, H., 2008. "Spatial Panel Econometrics", In *The Econometrics of Panel Data*. 625-660, Berlin, Heidelberg: Springer.
20. Audretsch, D.B., 2001. "The Role of Small Firms in U.S. Biotechnology Clusters", *Small Business Economics*, 17(2): 3-15.
21. Bagchi-Sen, S. and Scully, J.L., 2004. "The Canadian Environment for Innovation and Business Development in the Biotechnology Industry: A Firm Level Analysis", *European Planning Studies*, 12(7): 961-983.
22. Breznitz, S.M. and Anderson, W.P., 2005. "Boston Metropolitan Area Biotechnology Cluster", *Canadian Journal of Regional Science*, 28(2): 249-264.
23. Cartern, C. and Haloupek, W., 2000. "Spatial Autocorrelation in a Retail Context," *International Real Estate Review, Global Social Science Institute*, 3(1): 34-48.
24. Dubin, R., Pace, R., and Thibodeau, T.G., 1999. "Spatial Autoregression Techniques for Real Estate Data", *Journal of Real Estate Literature*, 7(1): 79-95.
25. Goetz, S.J. and Morgan, R.S., 1995. "State-Level Locational Determinants of Biotechnology Firms", *Economic Development Quarterly*, 9(2): 174-184.
26. Kim, S.T., 2015. "Regional Advantage of Cluster Development: A Case Study of the San Diego Biotechnology Cluster", *European Planning Studies*, 23(2): 238-261.
27. Kimelberg, S.M. and Nicoll, L.A., 2012. "Business Location Decisions in the Medical Device Industry: Evidence From Massachusetts", *Economic Development Quarterly*, 26(1): 34-49.
28. Vlaisavljevic, V., Medina, C.C., and Looy, E.B., 2020. "The Role of Policies and the Contribution of Cluster Agency in the Development of Biotech Open Innovation Ecosystem", *Technological Forecasting & Social Change*, 155: 1-15.

Date Received	2021-08-10
Reviewed(1 st)	2021-11-16
Date Revised	2022-02-15
Reviewed(2 nd)	2022-04-06
Date Accepted	2022-04-06
Final Received	2022-11-01