

## 노동조합과 혁신 활동: 특허 자료 연계 사업체패널 분석\*

김 봉 근\*\* · 이 지 흥\*\*\* · 이 철 인\*\*\*\*

### 요약

본 연구는 2005-2017년 『사업체패널조사』와 한국 특허 데이터 프로젝트 (KoPDP) 자료를 이용하여 기업의 노동조합이 미국특허시장 진출 전략과 장기적 혁신 역량에 미치는 영향을 분석한다. 우리나라 전체 기업별 기업 혁신 역량을 분석할 수 있도록 구축된 KoPDP 자료와 제조업체들의 노사 관계에 관한 대표적인 패널자료인 사업체패널을 최초로 결합하여 두 자료의 활용도 증진을 모색하고, 결합자료의 다양한 변수 및 개선된 종단면분석 방법론의 적용을 통해 기존 노조의 혁신 역량분석의 영역을 확대한다. 종단분석의 결과 기존 문헌과는 달리 노동조합의 유무가 기업의 미국특허시장 진출 여부나 양적·질적 혁신 지표와는 유의한 상관관계가 없는 것으로 드러난다. 유노조기업은 미국시장 진출이 장기적 혁신역량에 미치는 영향 측면에서도 무노조기업과 유의미한 차이가 없다. 한편 노사관계가 우호적인 기업은 비우호적인 기업에 비해 노조 설립을 전후하여 혁신 지표가 개선되는 것으로 나타난다. 이러한 세부적인 이질성은 노동조합 관련 연구를 진행함에 있어 노사관계에 대한 세밀한 정보가 중요함을 시사한다.

주제분류 : B030906, B050401

핵심 주제어 : 노동조합, 노사관계, 혁신, 특허, 해외특허시장 진출전략

\* 본 논문은 한국노동연구원의 2020년도 사업체패널 워킹페이퍼를 수정 보완한 것임을 밝힌다.

\*\* 교신저자, 서울대학교 경제학부 교수, e-mail: bgkim07@snu.ac.kr

\*\*\* 공동저자, 서울대학교 경제학부 교수, e-mail: jihonglee@snu.ac.kr

\*\*\*\* 공동저자, 서울대학교 경제학부 교수, e-mail: leeci@snu.ac.kr

## I. 서론

### 1. 연구 목적 및 내용

한 국가의 지속적인 경제성장을 위한 가장 중요한 요소 중 하나로 기술혁신이 지목된다. 한편 혁신 활동은 외생적으로 주어지는 것이 아니라, 주어진 제도적 환경에서 개별 경제주체들의 내생적인 선택의 결과로 나타나는 것이다. 따라서 한 경제의 혁신 역량을 평가할 때에는 경제의 다양한 제도적 환경을 살펴볼 필요가 있고, 여기에는 노동조합 관련 정책이 포함된다. 노동조합 관련 정책은 국가 경제의 노동시장 관련 제도의 주요한 한 축을 담당하는데, 한국의 노동시장 관련 국가경쟁력 순위가 매우 낮다는 점에서 관련 연구의 필요성이 부각된다. 일례로, 세계경제포럼(WEF)의 2019년 국가경쟁력 평가에서 한국의 국가경쟁력 종합 순위는 총 140국 가운데 13위를 차지했으나, 노동시장 순위는 51위에 그쳤다. 이러한 배경에서 노동시장 유연성의 주요 결정 요인인 노동조합의 설립 및 활동 현황이 기업의 혁신 활동에 미치는 영향을 분석하는 것은 혁신성장을 통해 한국 경제 잠재성장률의 저하 추세를 되돌린다는 거시 정책 기조에 의미 있는 시사점을 제공할 수 있다.

본 연구는 신고전학과 경제관을 반영하여 노동조합의 존재가 기업의 생산요소 고용배분을 비효율적으로 만들어 기업의 생산성 하락 또는 채산성 하락에 따른 기업투자와 혁신활동을 위축시킨다는 가설을 기본으로 하지만 노조가 생산현장의 효율적인 거버넌스의 정착을 위한 보완적인 역할을 담당하고, 이직감소와 장기계약 등의 긍정적인 장기효과를 유도할 수 있음과 대규모 유노조 기업의 경우 소규모 무노조기업의 혼잡이나 규모의 불경제에서 상대적으로 덜 영향을 받을 수 있다는 선행연구의 보완적인 가설을 반영하여 노조 유무 정보에 실질적인 노사관계의 양호도와 기업의 규모, 업력 등의 추가 변수의 명시적인 고려는 신고전과 가설과 다른 결과를 야기할 수 있음을 본 연구의 실증가설로 한다. 또한 노조 유무가 국가의 장기성장에 미치는 영향을 분석하는 최근 연구흐름과 한국 경제 잠재성장률의 저하 추세를 되돌리는 주요 도구로 기업의 혁신활동이 될 수 있음에 기초하여 본 연구는 장기성장가능성을 반영할 수 있는 혁신지표 데이터를 구축하고, 혁

신활동의 장기성과의 극대화 측면에서 소규모시장의 한국기업이 첨단기술에의 접근성 강화와 특허담보 대출의 접근성 강화라는 국제특허시장 진출 전략을 명시적으로 고려한다.

본 연구는 우리나라 전체 기업별 기업혁신 역량을 분석할 수 있도록 구축된 한국 특허 데이터 프로젝트(Korea Patent Data Project, KoPDP) 자료와 우리나라 제조업체들의 노사관계에 관한 대표적인 패널자료인 한국노동연구원의 『사업체패널조사』(이하, 사업체패널)을 결합하여 두 자료의 활용도 증진을 일차적인 목적으로 한다. 아래에서 보다 자세히 기술하겠지만 최근 들어 KoPDP 자료를 중심으로 기업혁신 활동 자료의 구축과 활용에 있어 비약적인 발전이 이루어지고 있다. 그러나 동 자료 및 기존 혁신활동 자료에서 본 연구의 주제인 노사관계의 영향에 관한 정보는 매우 제한적이다. 한편, 노사관계에 초점을 맞춘 혁신활동에 관한 기존 연구 자료는 전체 제조업에 대한 대표성이 결여된 샘플이라는 한계가 존재했고, 혁신활동에 보다 핵심적인 특허 인용횟수와 같은 질적이고 장기적인 혁신활동 정보나 미국시장 출원 여부와 같은 혁신활동의 전략보다는 R&D 비용이라는 간접적이고 제한적인 지표가 사용되어 왔다. 다음 장에서 기술된 바와 같이 선행연구에서 R&D 비용 등의 혁신활동의 과정 지표와 특허 출원 및 인용이라는 혁신 활동의 결과적인 지표에서 실증분석의 차이점이 있을 수 있다는 점들이 제기되었다. 이러한 측면에서 특허 자료의 발전과 노사관계 연구를 뒷받침해온 사업체패널 자료의 연계시도는 그 의미가 크다. 본 연구의 일차적인 목적은 자료연계의 가능성과 그 장단점을 알아보는 것을 일차적인 목적으로 한다. 나아가 연계자료의 장점을 충분히 활용하기 위해 연구 주제는 노동조합의 유무가 혁신활동에 미치는 영향이라는 주제에서 KoPDP 자료만의 장점을 활용한 인용횟수와 같은 질적이고 장기적인 변수 및 미국시장출원이라는 혁신활동전략을 실증분석과정으로 발전시키며, 노동조합의 단순 유무 정보에 노조가 혁신활동을 통해 기업 생산성에 영향을 미치는 실질적인 메커니즘으로서의 노사관계 양호도에 관한 사업체패널의 세부 정보를 활용한다. 동 특정 년도의 양호도 변수는 노조 설립의 영향이 시간에 따라 달라지는 가능성에 관한 측면에 관한 본 연구의 세부분석에서도 활용된다.

이지홍·임현경·김상동·송근상·정재유(2020)와 이지홍·김상동·송

근상·김장원(2020)이 구축한 KoPDP 데이터베이스는 1948-2017년에 한국특허청(KIPO)에 출원된 모든 특허에 관한 서지정보에 1976-2017년에 미국특허청(USPTO)에 등록된 한국 출원인 특허의 서지정보를 결합하고, 이를 포괄적인 기업정보를 제공하는 DataGuide 5.0의 14,803개의 외감대상기업과 연결하였다. KoPDP 데이터베이스의 특징은 (1) 비상장 외감대상 기업을 모두 포괄하며, (2) 특허의 인용정보, 패밀리 정보 등 기업혁신역량의 질적정보를 포괄하고, (3) KISVALUE가 아닌 DataGuide 5.0을 이용하여 영업이 중단된 기업의 역사적 재무정보 및 특허정보까지 조회할 수 있으며, (4) 국내기업의 USPTO 특허도 포괄하여 한국기업의 국제적인 혁신 역량까지 포괄한 기업혁신 역량 분석에 포괄적이며 핵심적인 정보를 제공한다. 위와 같이 구축한 KoPDP 데이터베이스에 노사관계의 대표적인 패널자료를 결합한 본 연구의 자료는 노사관계 정보와 다양하고 포괄적인 기업의 혁신 활동의 정보를 연결하여, 다음과 같은 실증 작업을 실행한다.

첫째, KoPDP 자료의 장점을 활용해 특허출원 수라는 통상적인 기업혁신역량에 피인용 횟수라는 출원특허의 질적인 혁신역량을 명시적으로 활용하고, 미국특허출원이라는 기업혁신역량 증진전략이 양적·질적 혁신지표에 어떠한 영향을 미치는 지를 분석한다. 분석 결과는 기업의 미국특허시장 진출이 양적·질적 혁신지표 모두에 유의미한 양의 효과를 가지는 것으로 나타났다으며, 이는 CEM(Coarsened Exact Matching) 매칭 방식을 이용하여 표본 간의 이질성을 통제할 경우에도 성립하는 것으로 확인된다.

둘째, 위의 연구내용이 결합자료에서도 유효한 지를 살펴봄으로 기업혁신역량 분석에 사용되는 사업체패널 샘플구성의 적정성 여부를 점검한다. KoPDP 자료와 사업체패널 자료를 결합하여 구축한 4,206개의 표본에 대해서도 KoPDP 표본 분석과 동일하게 미국특허시장 진출이 혁신 활동과 유의한 양의 관계를 보이며, 진출기업과 미진출기업 간의 차이가 KoPDP 표본에서의 차이보다도 더 크게 나타난다. 이러한 경향성은 CEM 매칭을 통해 진출기업과 미진출기업의 공변량 분포를 통제하였을 때에도 마찬가지로 성립한다.

셋째, 사업체패널의 노사관계 정보를 활용한 기존의 노조의 기업혁신에 미치는 영향분석에 미국특허시장 진출과 같은 구체적인 혁신전략과 양적/질

적 혁신역량지표를 명시적으로 고려하여 분석한다. 분석 결과, 노동조합의 유무와 관계없이 미국특허시장 진출기업은 미진출기업에 비해 유의하게 활발한 혁신 활동을 보인다. 또한 노동조합이 존재하는 경우에서의 진출기업과 미진출기업의 혁신활동 차이가 양적·질적 혁신지표 모두에서 노동조합이 존재하지 않는 경우의 차이와 다르지 않음을 확인할 수 있다. 이를 통해 미국진출이라는 전략과 혁신 역량의 관계가 노조 유무에 대해 중립적임을 알 수 있다.

넷째, 방법론적인 개선으로 기업혁신역량에 관한 여러 설명변수의 영향분석의 정확도를 높이기 위해 매칭기법과 매칭기법에 중단면적인 분석을 결합한 실증기법을 적용한다. 사전선별(Prescreened) 고정효과 모형으로 중단 분석한 결과, 위의 결과와 유사하게 노조의 유무는 기업의 미국진출 전략이나 양적·질적 혁신지표에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타난다.

마지막으로 사업체패널 조사기간 사이에 노조가 새로이 설립된 36개 표본의 혁신활동 변화 추이를 살펴본다. 먼저 36개 표본을 노조가 존속하는 경우와 짧게 존재했다 폐지되거나 휴면 상태로 전환된 경우로 나누어 비교하여 노조가 존속하는 경우에만 노조 설립을 전후하여 혁신 역량이 크게 늘어나는 것을 확인할 수 있다. 사업체패널은 노사관계에 대한 풍부한 정보를 제공하는데, 이 정보를 이용하여 표본을 사측과 노조가 우호적인 경우와 적대적인 경우로 나누어 비교하면 양자 간 우호적인 관계가 있을 때에만 노조 설립 전후로 혁신 역량이 크게 증대되는 것으로 나타난다.

## 2. 관련 문헌

제조업의 황금기를 거치면서 20세기 들어 노동조합이 전세계적으로 광범위하게 설립되며 역할이 증대되었다. 노동조합이 생산성에 미치는 효과라는 주제는 1970-80년대에 걸쳐 노동경제학, 노사관계론, 경영학의 중요한 문헌을 이루고 있었다. 이후 제조업으로부터 금융 및 서비스업으로 이행하며, 국제간 경쟁이 중요해지면서 노동조합에 관한 연구는 점차 줄어드는 양상을 보이고 있다. 하지만, 여전히 많은 나라에서 임금 프리미엄의 요인과 이에 따른 낮은 이직율의 설명요인으로 작용하고 있으며, 또한 숙련편향적 기술진보, 루틴업무에 대한 컴퓨터-기계설비에 의한 대체와 국제간 분업체계에

따른 급속한 소득격차에 대항하는 긍정적 요인으로 보는 시각도 있으며, 강성노조에 따른 생산성 하락 또는 기업의 채산성 하락에 따른 기업투자활동 위축 등의 우려 또한 존재한다.

본 연구의 주요 관심사인 노동조합의 생산성 효과에 관한 실증분석의 가장 기본이 되는 견해로서 신고전학과 경제관을 고려할 수 있다. 본 견해에 따르면 노동조합은 노동에 대한 독점력을 이용하여 임금을 높이고, 이에 따라 기업의 생산요소 고용배분을 비효율적으로 만들기 때문에 생산성이 하락할 수밖에 없다는 것이다. 그러나 Freeman and Medoff(1979)는 이러한 견해가 너무 좁은 시각에 기초해 있고 본질을 흐릴 수 있음을 지적한다. 집단적 목소리(collective voice)에 의해 생각보다 많은 이득이 가능할 수 있어,<sup>1)</sup> 순효과는 실증분석에 의해 결정될 사안이지 사전적으로 확정적인 주제가 아니라고 주장한다. 구체적으로, 이러한 논쟁이 되는 노동조합의 생산성 효과에 관한 가장 고전적 연구인 Freeman and Medoff(1979, 1984)는 노동조합의 존재로 인한 생산현장에서의 많은 내생적 변화와 이에 따른 생산성 향상의 가능성에 대해 언급하고 있다. 이들은 주로 경영자 측에서의 변화와 함께 집단적 요구의 행사를 통해 이러한 가능성이 실현되고 있음을 주장한다. 주로 (1) 이직의 감소와 (2) 공공재적인 생산현장에서 보다 효율적인 거버넌스의 정착으로 인한 효과, (3) 생산에서의 보완성 증가, 그리고 (4) 장기 계약관계가 성립됨에 따른 다양한 긍정적 효과에 주목한다.

보다 실증적 연구로서 Byrne et al.(1986)의 연구에서는 통상적인 회귀분석의 틀에서 분석할 경우, 노동조합 대비 무노동조합 기업의 생산성이 그다지 차이가 없다는 결론이 주로 나타나지만, 확률적 프로그래밍 기법을 이용하여 접근할 경우 비모수적으로 노동조합 대비 무노동조합 기업의 생산성 차이를 분석할 수 있음을 주장한다. 즉, 더욱 유연한 비모수적 방법론을 적용할 경우 기술적 효율성, 규모의 효율성, 혼잡에 의해서 발생하는 생산성 차이를 규명할 수 있다는 것이다. 미국의 노면 채광 산업의 자료를 이용하여 분석한 결과, 상당한 생산성 격차가 발생함을 보이며, 이러한 차이는 주로 소규모 무노동기업에서 나타나는 혼잡과 규모의 불경제가 노조기업들에

1) 소위 "exit-voice approach"에 의한 설명으로 기업 내에서 항의를 통해 각종 미시적 문제를 해결함으로써 생산성 증가가 가능하며, 반대로 이러한 항의가 어려운 경우 이직을 통해 자원 활용의 효율성을 제고할 수 있다고 보는 견해가 존재한다.

서는 상대적으로 덜 발생하기 때문임을 보이고 있다.

이후 관측에서 논란의 여지가 많은 생산성에 관한 직접적 연구보다는 생산성에 영향을 미치는 중간과정에 해당하는 경제활동 변수들, 예를 들어 노동조합의 이윤, 투자와 성장에 대한 효과로 점차 관심이 옮겨오는 경향을 보이고 있다. 그럼에도 이러한 연구추세에 관해 Addison and Hirsch (1989)의 서베이 연구는 이처럼 새롭고 대안적 종속변수에 관한 연구가 노동조합의 효과 식별을 위해 중요하지만 여전히 장기효과를 파악할 만큼 충분히 낙관적이지 않음을 지적하고 있다.

본 연구와 관련한 노동조합과 연구개발 노력 간의 관계에 관한 연구 또한 문헌에 등장하고 있다. 주로 노동조합이 결성된 기업에서 R&D 투자가 부족하다는 결과를 Freeman(1992)이 제시하고 있으며 이들은 노동조합의 역할이 단기적인 문제가 된다고보다는 장기 기업성장 및 경제성장에 미칠 수 있는 부정적 영향에 대한 염려를 실증분석을 통해 지지한다. Menezes-Filho et al.(1998)의 연구에서는 영국의 양호하지 않은 노사관계가 경제성장에 부정적 역할을 수행함을 실증적으로 보인다.

이러한 문헌의 흐름에 대해서 Addison and Hirsch(1989)은 노동조합이 정태적 효율성보다는 동태적 효율성에 부정적 영향을 미치는 것으로 해석하고 있다. 이는 투자를 늦춤으로써 노동조합이 기업 성장률을 저하시킨다고 보는 것이다. 이를 소위 노동조합의 “지대공유(rent-sharing) 가설”이라 칭한다. 노동조합이 임금을 올림으로써 기업으로부터 지대를 빼앗아가는 행위가 존재한다면 이는 과거 행해진 투자로부터 발생하는 일종의 “준지대의 흐름”이라 볼 수 있으며 이로 인해 기업이 투자에 소극적일 것임을 부각한다.

후속 연구들은 이러한 점을 파고들어 구체적 메커니즘을 확인한다. 즉, 지대추구가 목표라면 노동조합이 설립된 기업은 장기투자와 불확실한 투자에 대해 소극적이게 됨을 보이면서 현상을 노동조합의 지대추구 행위로 이해한다. Grout(1984)의 게임이론 분석에 따르면 투자에 조건부로 노동조합이 임금과 고용에 대해 기업과 협상하는 2기간 모형을 구축할 경우 기업의 투자가 감소하게 됨을 보인바 있다. Baldwin(1983)은 노동조합이 주주에 비해 통상적으로 짧은 시계(time horizon)을 갖고 있으며 따라서 효율적 협상이 이루어지더라도 장기에 걸쳐 투자가 요구되는 사업에 관심이

적게 되어 투자를 줄일 것이라 본다. R&D란 속성상 매우 불확실한 경제행위이며 결과물의 실현에 많은 기간이 필요한 만큼(가급적 많은 자원을 빼앗아가려는 시각에서 보는) 지대추구의 관점에서 노조의 중요한 타깃이 되는 영역이라는 해석이다.

하지만 이러한 직관이 매우 엄밀한 논의에서 정당화되는 것만은 아니다. R&D 에는 단순히 혁신활동만이 아니라 많은 전략적 요인들이 포함되어 있다. 많은 R&D 투자기업은 산업구조상 극심한 경쟁에 놓여있을 가능성이 높다. Ulph and Ulph(1994)의 연구는 R&D 에 관한 엄밀한 모형에서 노조의 협상력 강화가 반드시 R&D 감소로 이어지지만은 않음을 보이고 있다. 노조가 임금과 고용에만 영향을 미치는 것이 아니라 교육훈련을 늘리고 이직을 줄이며 직원 사기를 진작하도록 유도함으로써 신기술 도입에 도움을 줄 수도 있다(Freeman and Medoff, 1984). 다른 한편, 과다직원투입과 부정적 노사관계는 신기술도입을 저해할 수 있다. 만약 기업이 R&D 로부터 유도된 혁신적 아이디어를 생산에 도입하고 타 기업들의 혁신을 쉽게 모방할 수 있다면 노조는 이러한 혁신도입 과정에 영향을 미침으로써 R&D 투자의 비용에 영향을 미칠 수 있을 것이다.

이러한 요인들을 모두 고려하면 노동조합이 투자, R&D 활동에 대한 부정적 영향을 가져올 우려가 있지만, 과연 현실에서 어떠한 효과를 가져오는지는 실증분석을 통해 파악해야할 것이다. 문헌에서도 찬반이 존재한다. 먼저, 미국의 사례에서 보면 투자에 관한 연구는 그다지 많지 않으나, 그중 대부분은 부정적 효과를 시사하고 있다. Denny and Nickell(1992)의 영국 사례에 대한 연구는 부정적 효과를 보고하지만, 확실한 효과를 보고하지 않는 연구 또한 존재한다(Wadhani and Wall, 1989). 상대적으로 R&D에 관한 연구들은 좀 더 확정적이다. 미국의 경우 대부분 무노조기업에 비해 R&D 투자지출이 감소함을 보고하고 있다.

한국 경제에서 노동조합이 기업 혁신에 미치는 영향을 분석한 대표적인 선행연구로는 이인재·김동배(2009)와 김동배(2014)가 있다. 이인재·김동배(2009)는 사업체패널 2005년도 1차 자료와 기업의 재무 및 특허출원 자료를 결합한 자료를 이용하여 노동조합이 존재하는 기업에서는 기업의 R&D 투자 강도가 낮고 특허출원건수가 적은 경향을 보임을 밝혔다. 김동배(2014)는 노동부의 노동조합 실태조사 자료를 바탕으로 한국 내



37,710 개의 상장 제조업체의 1998-2007년의 기간 동안 패널자료를 구축하고 이를 통해 노동조합 조직 여부 및 노동조합 조직률이 R&D 투자 강도에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과 노동조합 자체가 R&D 투자에 미치는 영향은 일관성이 없지만, 노동조합 조직률은 R&D 투자와 일관된 부(-)의 관계가 나타났음을 보여주고 있다.

이인재·김동배(2009)에서 보여주는 노동조합의 존재와 기업혁신활동 간의 부(-)의 관계는 횡단면자료로 인한 기본적인 한계로 인과관계보다는 상관관계를 기술하고 있다고 볼 수 있다. 따라서 노동조합 존재와 저조한 연구개발 활동 및 혁신 활동의 공존에 동시에 영향을 미치는 제 3의 변수 통제를 통한 노동조합의 생성이 혁신 활동에 미치는 인과관계의 분석이 필요하다. 기존 횡단면자료 연구의 기업 재무상황 자료와 같은 주요 통제변수가 포착하지 못하는 기업문화 등을 통제하기 위해서는 패널접근법이 필수적으로 요구된다. 반면 김동배(2014)가 시도한 패널접근법은 샘플이 전체 제조업을 적절히 대표하는데 부족하고, 기업의 혁신 활동을 대표하는 프록시(proxy)로 사용하는 R&D 비용지출이 실제 성공여부와 무관하게 기업의 지식으로 축적된다는 가정을 하고 있어 한계로 지적된다.

이처럼 문헌의 흐름과 결과를 이용하여 우리나라의 노동조합과 연구개발에 관한 시사점을 얻기에는 현재로서는 부족하다고 판단된다. 지금까지의 서베이 논의에서 간과된 점은 무엇보다 우리나라와 달리 해외 문헌에서 고려되는 노동조합은 전국적으로 조직으로 단일화 또는 통합화되기보다는 기업 자체의 임금, 후생복리를 증진하기 위해 집단적 목소리를 내는 조직이라는 점에서 구별된다는 것이다. 즉, 우리나라의 경우 전체 노동조합의 요구에 동조하기 위해 개별 기업노조와 무관한 사안에도 협력하지 않을 수 없다는 제약이 존재하므로 이에 따른 추가적 비용도 발생할 수 있다. 물론, 개별 기업 노조차원에서 해결할 수 없는 문제를 보다 통일된 전체 목소리를 통해 해결할 수 있는 장점도 존재하므로 사전적으로 확정적인 효과를 예상하기는 어렵다.

이러한 배경 하에서 본고에서는 노조활동에 관한 정보를 활용하되 기업의 혁신활동에 관한 보다 심도 있는 자료를 구축·활용함으로써 우리나라의 실정에 보다 부합된 결과와 시사점을 유도하고자 한다. 선행 실증연구들은 노조 유무이외의 다양한 제 3의 요인의 통제가 중요함을 지적하고 있으며, 본

연구에서는 이러한 제 3의 요인들을 통제하기 위해 특허와 노사관계 양 측면에서 다양한 변수들을 직접 분석에 포함시키고, 변수로 포함되지 않은 제 3의 요인들은 추가적으로 연계된 패널자료로 횡단면 분석의 한계를 극복하고자 한다. KoPDP 자료의 혁신역량 양적 지표로서의 특허 출원수와 출원 특허의 3년 내 피인용수라는 질적 지표의 활용과 미국특허출원과 같은 구체적인 기업혁신역량 증진전략도 분석에 포함시키며, 노조의 영향과악에 보다 실제적이고 시간에 따라 변동되는 노사관계 양호도 패널자료도 포함시킨다. 나아가 패널적인 분석에 기업의 업력, 규모, 그리고 산업 등의 변수들을 활용한 매칭기법을 추가한 사전선별(Prescreened) 고정효과법 등으로 패널 분석 결과의 강건도를 검토한다.

이어지는 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 분석에 사용되는 KoPDP 데이터베이스와 사업체패널 자료에 대해 상세히 설명한다. 주요 분석 결과와 해석은 제Ⅲ장에 제시된다. 제Ⅳ장에서는 본 연구의 한계점과 후속 연구 방향을 제시하고 논문을 맺는다.

## Ⅱ. 데이터

한국 기업의 노동조합이 혁신에 미치는 영향을 분석하기 위해서 본고에서 사용하는 데이터베이스는 크게 두 가지로, 하나는 한국특허청(KIPO), 미국특허청(USPTO), 그리고 기업정보를 제공하는 DataGuide 5.0을 결합한 KoPDP 자료이며, 다른 하나는 한국 제조업체의 노사관계에 대한 패널 자료인 『사업체패널조사』이다.

### 1. KoPDP 자료

이지흥·임현경·김상동·송근상·정재유(2020)는 한국특허정보원이 KIPRIS Plus를 통해 제공하는 KIPO의 특허출원 정보와 USPTO가 제공하는 한국 기업의 미국 특허등록정보를 DataGuide 5.0에 연결한 KoPDP 자료를 제공한다. 총 14,803개의 상장 및 외감대상 기업이 연결되어 있으며, 구축한 데이터베이스에서는 이 기업들이 1948년부터 2016년까지 한국

특허청에 출원한 모든 특허들의 출원 일자, 등록 상태, 등록 일자, 출원인 정보, 발명자 정보, 기술 분류, 그리고 인용·피인용 정보 등이 제공된다. 마찬가지로 이 기업들이 1976년부터 2017년까지 미국특허청에 등록한 특허들의 출원 일자, 등록 일자, 출원인 정보, 발명자 정보, 기술 분류, 그리고 인용·피인용 정보 등이 제공된다.

이러한 특허 정보들은 DataGuide 5.0을 통해 특허 이외의 기업의 포괄적인 정보와 연결된다. DataGuide 5.0은 FnGuide에서 제공하는 재무·주가정보 데이터베이스로, 1983년부터 현재까지 존재했던 모든 상장, 외감 대상 기업들의 일반·재무·주가정보를 누적하여 제공한다. DataGuide 5.0이 KIS에서 제공하는 재무 데이터베이스인 KISVALUE와 대비되는 장점은, KISVALUE가 현재 시점을 기준으로 생존한 기업에 대해서만 정보를 제공하는 것과 달리 폐업, 합병 등으로 현재 존재하지 않는 기업의 정보까지 누적되어 제공된다는 점이다. 이러한 이유로 DataGuide 5.0을 사용하면 먼 과거의 기업들을 분석할 때, 생존에 따른 편향 문제를 피할 수 있다.

KoPDP 자료의 특허 정보가 한국 기업의 지식자본을 프록시(proxy)하는 대리변수로 활용될 수 있음은 이지홍·김상동·송근상(2019)을 통해 드러난다. 이 논문에서는 Bloom and Van Reenen(2002)의 방법을 차용하여 특허등록스톡과 피인용 횟수를 기반으로 특허의 질을 반영한 특허스톡이 자본과 노동 투입만으로는 설명되지 않는 실질매출의 일부를 통계적으로 유의하게 설명한다는 것을 보인다.

이지홍·김상동·송근상·김장원(2020)에서는 (1) 기존 KoPDP 자료에 누락되어 있던 PCT 국제출원 정보를 추가하고, (2) 한국특허청에 출원된 특허의 정보를 2017년까지로 연장하는 한편 등록 정보를 최신화하였으며, (3) 유럽특허청(EPO)에서 제공하는 패밀리데이터를 새로이 수집함으로써 동일 기술이 한국특허청과 미국특허청에 동시출원된 경우를 식별한다.

특허 데이터를 다루는 데 있어 가장 주의해야 할 점은 데이터 단절 문제이다. 특허가 출원되는 순간부터 실제 등록되기까지는 평균적으로 2~3년이 소요되며, 따라서 출원일을 기준으로 등록된 특허의 수를 집계할 때에는 이러한 누락의 가능성을 고려할 필요가 있다. 데이터 단절 문제는 특허 출원-등록 시차에만 국한되지 않는다. 한 특허의 피인용은 여러 해에 걸쳐서 발

생하며, 이러한 이유로 오래된 특허는 인용을 받을 수 있는 기간이 길다는 이유만으로 질적으로 동일한 최근의 특허에 비해 피인용을 많이 받을 수 있다. 이는 결과적으로 최근 특허의 질을 과소평가하는 문제를 야기한다. 본고에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 피인용 정보를 활용한 특허의 질적 지표를 측정함에 있어 Bloom and Van Reenen(2002)와 이지홍·김상동·송근상(2019)에서 사용한 방법을 따라 출원 이후 3년 이내에 받은 피인용 횟수만을 고려한다.<sup>2)</sup>

혁신 활동과 관련하여 본고에서 중요하게 다루는 또 하나의 변수는 한국 기업의 미국 진출 여부와 그 시점이다. 김상동(2020)은 패밀리 정보를 바탕으로 한국기업의 미국 진출연도를 계산하며, 본고에서도 이 방법을 차용한다. 김상동(2020)에서는 각 특허의 제1 출원인이면서 한국특허청 고객번호가 “1”로 시작하는 경우를 해당 특허의 출원인으로 정의하며, 이러한 출원인을 기준으로 한국특허청과 미국특허청에 패밀리 출원된 특허를 수집한다.<sup>3)</sup> 이 방법으로 수집된 패밀리특허 모음 중 첫 번째 한국특허청 출원 일자를 미국 진출 시점으로 정의한다. 예를 들어, 삼성전자 주식회사는 1994년에 최초로 한국특허청에 출원한 기술을 미국특허청에도 묶어서 출원하였는데, 이 경우 삼성전자 주식회사의 미국 진출 연도는 1994년으로 정한다.

## 2. 사업체패널 자료

『사업체패널조사』는 한국노동연구원에서 실시하는 통계조사로, 2005년부터 격년으로 시행되어 왔다. 사업체패널은 사업장 단위의 표본조사이며, 통계청의 『전국사업체조사』에 수집되어 있는 전국의 사업장 가운데 농림어업 및 광업을 제외한 전산업에서 30인 이상 규모인 모든 사업장을 모집단으로 하였다. 제조업, 건설업, 그리고 서비스업의 세부산업(12)과 규모(4) 및 지역(5)을 모두 고려하여 사업장을 층화 추출하였다. 그리고 이와 별도로 약 400여개의 공공부문도 포함하여, 조사 표본은 공공부문을 포함하는

2) Bloom and Van Reenen(2002)에서는 3년이 아닌 5년 동안 받은 피인용 횟수를 계산한다.

3) 한국특허청의 고객번호는 총 12자리로, ‘출원인 종류(1자리)-등록 연도(4자리)-일련번호(6자리)-체크 Digit(1자리)’로 구성된다. 출원인 종류가 1이라는 것은 해당 출원인이 국내 법인임을 의미한다.

전체 산업의 대표성을 나타내도록 구성되었다. 1,700여개의 사업체를 대상으로 조사를 실시하다가 격년도 조사방식과 사업장단위의 빈번한 휴폐업으로 인한 지속적인 표본 감도 문제에 대응하고 표본의 전체 산업에 대한 횡단면적인 대표성을 보장하기 위해 2015년에 표본을 대폭적으로 추가하여 현재 3,400여개 표본으로 조사를 진행하고 있다. 횡단면적인 분석에서 본 연구의 3년간의 인용지표 등의 혁신활동지표는 격년도 분석에 제약을 받지 않을 것으로 예측되지만, 격년도조사와 지속적인 표본 추가 및 구성변화는 종단면적인 분석결과의 통계적인 유의도에 제약으로 작용할 수 있을 것이다.

사업체패널에는 각 표본 사업체의 기본적인 특성, 근로자 및 재무 현황뿐만 아니라, 보상 및 평가구조, 인적자원관리, 그리고 노사관계에 이르는 포괄적인 노동 관련 정보를 제공한다. 특히 단순히 노동조합의 유무 등에 대한 정보를 제공하는 것을 넘어 노동조합의 상급 단체, 조직형태, 사측의 노조에 대한 태도 등 상세한 추가 정보를 이용할 수 있어 노동조합을 경제학적으로 연구함에 있어 세밀한 분석을 가능케 한다.

### Ⅲ. 실증 분석

본 연구는 2005년에서 2017년까지의 자료를 사용하여 기업의 장기혁신 활동과 관련된 최근 추세를 반영한다. 장기혁신활동의 대리변수로 가장 흔히 사용되는 것은 특허출원 수와 특허등록 수이지만, 이 지표들은 각 특허가 상이한 질적 특성을 가진다는 점을 반영하지 못한다. 이에 따라 특허 자료에 주어지는 다양한 정보를 이용하여 특허의 질을 반영한 다양한 지표를 구축하려는 시도가 있어왔다. 본 연구에서는 가장 널리 쓰이는 질적 지표 중 하나인 피인용 가중 특허 수를 사용하고자 한다. 개별 특허의 질을 측정하기 위해 인용 정보를 이용하는 것은 Trajtenberg(1990)에서 시도된 이래로 Bloom and Van Reenen(2002), Hall, Jaffe, and Trajtenberg (2005), 이지홍·김상동·송근상(2019) 등에 의해 유효성이 검증된 바 있다.<sup>4)</sup> 피인용 정보는 2절에서 설명한 바와 같이 데이터 단절 문제가 필연적인데, 이 부분을 개선하기 위하여 본 연구에서는 Bloom and Van

Reenen(2002)와 Aggarwal and Hsu(2014), 그리고 이지홍·김상동·송근상(2019)에 따라 출원 후 3년 이내에 받은 피인용 횟수만을 계산하여 질적 지표를 구축한다.<sup>5)</sup>

기업의 미국시장 진출은 기업의 장기적인 생산성에 영향을 미칠 수 있다는 점에서 관심의 대상이 된다. 해외시장에의 수출과 해외직접투자가 생산성에 긍정적인 영향을 미친다는 연구 결과가 다수 존재하며, 그 이유로 더 많은 연구개발 자원への 접근이 가능해짐을 지목한다(Criscuolo, Haskel, and Slaughter, 2010; Aw, Roberts, and Xu, 2011). 김상동(2020)은 해외진출 전략을 다른 차원에서 접근하여 기업의 국제특허출원 활동에 주목한다. 해당 연구에서는 한국기업 중 미국 특허시장 진출기업이 미진출기업에 비해 특허생산성이 증가함을 보인다. 이러한 현상이 발생하는 데에는 여러 이유가 있을 수 있는데, 특허담보대출에 대한 접근성 강화, 첨단기술에의 접근성 강화, 더 큰 시장에서의 독점력 확보 등이 혁신역량 증가의 주요 경로로 지목될 수 있다.

〈표 1〉은 기업혁신역량의 통상적인 양적 지표인 특허출원 수에 질적 지표인 출원 3년 내 피인용 횟수, 기업혁신 전략으로서의 미국특허출원 여부, 그리고 핵심적인 통제변수인 자산규모의 기술통계량을 제시한다. 기업별 사업자등록번호를 사용한 자료의 결합은 기업별 익명성이 유지되는 사업체 패널을 관리하는 노동연구원에서 내부적으로 진행되었다. 본 연구진이 사용할 결합자료는 모든 정보에서 익명성이 없는 공공자료인 KoPDP를 결합시켜 기업별 익명성이 유지되도록 변형된 것이며, 두 자료의 매칭은 사업자등록번호만으로 이루어져 샘플선택편의는 예상되지 않으나, 결합과정에서 상당

4) 특허의 질을 측정하는 데에는 인용 정보를 이용하는 것 외에도 다양한 방법이 이용된다. Schankerman and Pakes(1986)에서는 특허 재등록 비용을 이용하여 개별 특허의 질을 측정하며, Lanjouw and Schankerman(2004)는 특허의 청구항 수, 패밀리 규모, 인용 및 피인용 횟수 등을 종합적으로 고려하여 특허의 질을 나타내는 지표를 제시한다. 최근에는 Kogan, Papanikolaou, Seru, and Stoffman(2017)에서 주가 변화를 이용한 특허의 경제적 가치를 측정하여 질적 지표를 구축한 바 있다.

5) Bloom and Van Reenen(2002)는 출원 후 5년 이내 피인용 횟수뿐만 아니라, 푸리에 근사(Fourier Approximation)를 통해 각 연도의 가중치를 구하여 데이터 단절 문제를 보정하기도 한다. Bernstein(2015)는 개별 특허의 피인용 수와 해당 특허와 동일 연도에 출원된 동일 기술 분류의 특허들의 평균 피인용 수의 상대적인 비율을 통해 개별 특허의 질을 측정한다.

한 표본수의 누락이 이루어져 <표 1>에서 통계량을 KoPDP 자료와 사업체패널과의 결합자료로 나누어 제시하여 혁신활동관련 전체 자료에 대한 본 연구의 결합자료의 특성을 보다 자세히 기술한다.

<표 1> 자료 별 주요 변수의 기술 통계량(Descriptive statistics)

	KoPDP	사업체패널결합
표본수	96,539	4,206
출원 특허수	2.403(56.692)	17.259(209.143)
출원 3년내 피인용횟수	0.744(22.188)	5.356(87.883)
미국특허 시장 진출여부	0.153(0.361)	0.284(0.451)
자산규모	4.40e+08(5.94e+09)	1.41e+09(8.42e+09)

참조: 괄호안은 표준편차임.

Note: Standard errors are in parentheses.

<표 1>의 기술통계량 정보는 모든 제조업 분야의 기업혁신분석에 포괄적인 자료를 제공하는 KoPDP 자료에 제조업이외에 서비스업과 공공부문의 노사관계 정보에 핵심적인 사업체패널을 결합하는 과정에서 표본수의 상당한 감소와 주요변수의 분포의 상당한 변화가 동반됨을 나타내고 있다. 사업체패널의 표본기업수가 KoPDP 자료의 1/5 수준이며, 두 자료의 결합과정에서 제조업에 포괄적인 KoPDP에 제조업이외의 서비스업과 공공부문 등을 포함하고 30인 이상의 규모를 가진 사업장만을 조사한 사업체패널이 제조업 사업장을 중심으로 사업체패널의 1/4만이 교집합으로 결합되어 표본수는 96,539에서 4,206로 축소된다. 전체 제조업을 포괄하는 KoPDP 자료와 제조업을 포함한 전체 산업의 대표성을 가진 사업체패널의 교집합으로서 결합표본이 제조업 측면에서 대표성을 유지하는 것을 확인하기 위해 KoPDP 자료 대비 결합자료의 주요 특징은 살펴보면 다음과 같다. 먼저, 눈에 띄는 가장 큰 변화는 미국특허시장 진출기업의 비중이 15.3%에서 28.4%로 그 비중이 크게 확대된 점이다. 이런 변화의 핵심적인 원인은 결합패널의 기업의 평균자산규모가 4배에 달해, 결합자료는 KoPDP 자료에 비해 자산규모가 비교적 큰 기업들로 구성되며 두 가지 혁신역량 지표의 평균, 분산도 및 미국출원기업의 비중이 상당히 높아진다. 기업혁신역량에 관해서 포괄적인 KoPDP 자료에서는 대부분의 기업이 년도 별로 양적/질적 혁신역량 성과가 없고 소수의 대기업이 혁신성과의 대부분을 차지하고 있지

만, 평균 기업규모가 확대된 결합패널은 표본에 속한 개별 기업들의 중요도가 커진다. 이런 측면에서 개별 기업의 해외 진출전략 활용 여부나 이를 통한 혁신성과 분석 및 노사관계의 영향여부에 대해 보다 유사한 기업들로 구성된 자료를 활용할 수 있다. 표본수의 큰 감소는 본 연구의 분석 작업 중 하나인 종단면적인 실증분석의 잠재적인 한계로 인지된다. 앞에서 언급한 본 연구의 네 가지 연구내용들을 실행하기 위해 아래와 같이 세부적인 실증 분석 작업들을 단계적으로 실행한다.

## 1. 미국특허출원 전략이 기업혁신역량에 미치는 영향

〈표 2〉는 이분산성을 고려한 미국특허시장 진출에 따른 두 집단의 혁신역량 지표들 차이에 관한 t-test 결과를 나타낸다. 미국특허시장에 진출한 기업은 15.3%로 이들의 특허 평균 출원건수는 12.472로 미진출기업의 0.575의 24배에 이르며, 그 차이는 통계적으로 상당히 유의하다. 특허 출원수라는 양적 지표뿐만 아니라 3년내 피인용 횟수라는 출원된 특허의 질적 지표 평균도 진출기업은 3.846으로 미진출기업의 0.181의 21배에 이르고 있다.

〈표 2〉 미국특허시장 진출전략에 따른 기업 혁신역량 비교(KoPDP 자료)(International patenting and innovation, KoPDP Data)

	진출기업	미진출기업	차이
출원특허수 (양적지표)	12.472(1.182) n=14,831	0.575(0.013) n=81,708	11.897(1.182)**
피인용횟수 (질적지표)	3.846(0.463) n=14,831	0.181(0.005) n=81,708	3.665(0.463)**

참조: 괄호안의 수치는 표준오차를 의미하며, \*\*와 \*는 각각 1%와 5%기준에서의 통계적인 유의도를 나타냄.

Note: Standard errors are in parentheses, and \*\* and \* represent statistical significance at  $p < 0.01$  and  $p < 0.05$ , respectively.

## 2. CEM 작업

KoPDP 자료는 특허출원수 상위 1% 기업의 경우 출원 수가 20건에서 9,000건에 육박하는 등 매우 소수의 대기업에 특허출원이 집중되고 있음을



보여준다. 따라서 위의 미국특허시장 진출 여부에 따른 혁신 역량의 실증분석결과의 주요 원인은 기업의 규모에 주된 영향을 받을 여지가 크며 산업별로 특허출원수와 미국진출 여부의 분포도 상당히 다를 수가 있다. 이러한 규모, 산업별 차이를 통제하고 혁신역량을 결정하는 기업전략에 초점을 맞춘 두 집단의 비교를 위해 업력, 규모, 그리고 산업변수가 CEM 매칭에 활용된다.<sup>6)</sup>

CEM 매칭(Coarsened Exact Matching)은 Iacus, King, and Porro(2011)에 의해 개발된 Exact Matching 방법의 일종이다. 처치 여부에 영향을 줄 것으로 판단되는 공변량들이 정확하게 일치하는 표본만을 매칭하는 Exact Matching과 달리, CEM 매칭은 해당 공변량들을 임의로 범주화한다. 예를 들어, 업력을 1-3년, 3-5년, 6-10년, 10년 초과 등의 구간으로 임의로 분할할 수 있다. 이 때, 각 구간의 크기를 늘린다면 매칭이 이루어지는 표본의 개수를 늘린다는 장점이 있는 반면 매칭의 정확도는 낮아지는 상충 효과가 있다. 위와 같이 공변량들을 임의로 범주화한 후에는 전체 표본을 범주화된 공변량의 조합에 따라 계층(stratum)으로 분할한다. 공변량이 A와 B 두 가지가 있고, A는 2개의 범주, B는 3개의 범주로 나뉘었다면 전체 표본은 총 6개의 계층으로 분할되는 셈이다. 분할이 완료되면, 1개 이상의 처치 표본과 1개 이상의 통제 표본이 들어 있는 계층만을 남기고 나머지 계층은 분석 단위에서 제외한다.

이 방법에 따르면 처치 표본과 통제 표본이 반드시 일대일로 매칭될 필요는 없으며, 다수의 처치 표본과 또 다른 수의 통제 표본이 동시에 매칭될 수 있다.<sup>7)</sup> 매칭 기법으로 널리 사용되는 또 다른 방법인 성향점수 매칭(Propensity Score Matching)이나 Mahalanobis Distance Matching

6) CEM 분석은 제 3의 요인 미국 특허시장 진출여부와 기업의 혁신활동 간에 양의 상관관계를 매칭방식으로 관측되는 요인들을 통제하지만 여전히 미국 특허시장이 기업의 혁신활동에 대한 관계를 나타내지는 않으며 반대로 혁신활동이 왕성한 기업이 미국특허시장에 진출하는 내생성의 표현일 수 있다. 이러한 미국특허시장 전략의 내생성에 대한 보정방식으로 김상동(2020)은 중단면적인 분석인 이중차분법을 적용해 CEM 분석과 유사한 결과를 보고하였다. 노조 유무와 기업혁신성과의 극대화 전략인 미국특허 진출전략을 연계하는 본 연구에서도 동일한 내생성의 문제가 있을 수 있어 이에 대한 보정방식으로 III장 4절에서 중단면적인 분석을 진행한다.

7) Iacus, King, and Porro(2009)에서는 CEM 매칭의 일반적인 알고리즘과 R 코드, 그리고 Iacus, King, and Porro(2011)는 관련 STATA 패키지를 제공한다.

과 대비되는 CEM 매칭의 장점은 바로 매칭 변수의 분포를 최대한 일치시켜준다는 점이다. 점수나 거리를 활용한 매칭 방법은 매칭 변수가 하나가 아닌 여럿일 때, 하나의 변수의 정확도를 높이기 위해 다른 변수의 정확도를 희생할 수 있는 반면 CEM에서는 이러한 정확도 간 대체가 일어나지 않는다.

보고된 결과는 년도와 기업의 업력도 매칭 과정에 포함시킨 것이다. 자산 규모라는 제 3의 변수가 미국특허 시장진출 여부와 기업혁신역량을 결정할 가능성을 매칭기법으로 통제해 미국시장진출이라는 전략을 사용하는 기업과 그렇지 않은 기업의 기업혁신 성과 비교를 규모나 산업별로 유사한 집단 간으로 실행한다.

두 집단 간의 차이에 관한 표본의 변경은 매칭되지 않은 기업들을 누락하여 양적지표의 경우 표본수가 82,383으로 약 85%의 표본이 두 집단비교에서 사용되고 있다. 직관적으로 CEM 작업은 수천 개의 특허출원수와 인용수를 가진 소수의 미국진출기업을 두 집단 간의 비교에서 규모면에서 적절한 매칭 상대를 찾을 수 없어 분석에서 배제하는 ‘특이 관측치(outlier)’의 누락 작업으로 이해될 수도 있다. 실증분석 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> CEM 작업 후의 미국시장 진출 전략에 따른 기업 혁신역량 비교(KoPDP 자료)(International patenting and innovation after CEM, KoPDP Data)

	진출기업(15.3%)	미진출기업(84.7%)	차이
양적지표 n=82,383	1.471(0.024) n=12,630	0.437(0.005) n=69,753	1.034(0.024)**
질적지표 n=82,047	0.363(0.009) n=12,876	0.100(0.002) n=69,171	0.262(0.009)**

자산규모와 산업별 매칭작업으로 두 집단의 혁신역량 지표에 관한 분포는 비교가 가능할 정도로 어느 정도 유사해졌지만, 미국특허시장 진출기업은 여전히 양적 지표에서 4배, 그리고 질적 지표에서 3배가 넘는 정도로 혁신역량의 우위를 보이고 있으며 그 차이는 통계적으로 여전히 유의하다.

여기까지는 사업체패널에 결합하기 전에 기업혁신역량분석에 사용하는 KoPDP 자료를 활용해 특정한 기업혁신전략이 혁신역량에 미치는 영향을 분석하는 사례로 간주될 수 있으며, 이어지는 실증작업들을 통해 자료 결합의 적정성 및 자료결합으로 가능한 기업혁신활동에 관한 노사관계 정보의

활용 가능성을 단계적으로 고려한다.

### 3. 결합자료에서의 기업혁신역량 분석 일관성 점검

먼저, <표 4>에서는 위의 미국특허시장 진출 전략이 혁신역량을 크게 증진시킨다는 위의 <표 2>와 <표 3>에서의 KoPDP 자료 결과가 결합자료에서도 성립되는 지를 살펴보고, 이어진 <표 5>에서는 미국진출 전략이 혁신역량에 미치는 영향에 노조 유무가 어떤 영향을 미치는 지를 살펴본다.

미국진출기업의 비중이 획기적으로 커진 결합자료는 <표 4>와 같이 결합자료 전체에 관해서 두 집단의 차이에 관한 KoPDP 자료의 <표 2>의 결과를 그대로 유지한다. 오히려 그 진출전략 사용기업과 미진출기업의 혁신역량차이가 확대되어, 양적지표에서 24배에서 31배로, 질적지표에서도 21배에서 31배로 확대되어 나타난다. 그리고 CEM작업 후에도 두 집단의 차이는 <표 3>과 같이 양적지표에서 4.9배, 질적지표에서 4.7배로 KoPDP 자료와 매우 유사하나 약간 차이가 확대되는 결과를 나타낸다. 요약하면 기업혁신활동에 포괄적인 KoPDP 자료에서의 분석결과가 사업체패널 결합자료에서도 일관적으로 나타나 기업혁신관련 사업체패널 변수들이 적정한 것으로 보인다.

<표 4> 미국특허 진출 전략에 따른 기업 혁신역량 비교: 사업체패널 결합자료 (International patenting and innovation, Patent and Workplace Panel)

	진출기업	미진출기업	차이
양적지표 n=4,206	56.228(11.259) n=1,195	1.794(0.240) n=3,011	54.434(11.261)**
질적지표 n=4,206	17.398(4.747) n=1,195	0.576(0.089) n=3,011	16.822(4.749)**
CEM 적용			
양적지표 n=2,356	5.971(0.303) n=855	1.227(0.085) n=1,505	4.743(0.315)**
질적지표 n=2,378	1.935(0.125) n=872	0.339(0.035) n=1,506	1.595(0.129)**

#### 4. 노조 유무에 따른 미국특허출원 전략의 기업혁신역량에 의 영향

두 자료의 결합에 따른 본격적인 분석으로서의 다음의 세부작업은 노동조합의 존재여부가 미국 시장진출이라는 전략을 통해 혁신역량에 미치는 영향 분석이다. Baldwin(1971, 1979)은 주요 선진국들의 수출이나 해외직접투자 등의 해외 진출 전략의 요인을 분석하면서 노동조합의 조직화 정도는 이러한 전략과 대체로 유의한 관계가 존재하지 않음을 보인 바 있다. 본 연구는 한국기업의 대표적인 국제특허시장인 미국 특허시장 진출과 노조의 혁신활동에 대한 영향을 연계한다. 선진국의 판매나 생산기지 차원의 해외 직접투자에 관한 Baldwin분석과 달리 한국기업의 미국특허시장 진출은 먼저 첨단기술에의 접근성 강화와 특허담보 대출의 접근성 강화라는 혁신활동의 장기성과 극대화 전략이라는 측면에서 구분되며, 시장 크기나 핵심 시장에 대한 접근 측면에서도 선진국의 해외 진출과 구분된다.

위의 <표 4>의 규모와 산업으로 CEM 작업을 한 후에도 진출기업은 미 진출기업에 비해 양적, 질적지표에서 각각 4.9배와 4.7배의 차이를 보이고 있음을 나타낸다. 통상적인 인식과 달리 <표 5>는 노조 유무에 따라 진출기업의 혁신역량측면에서의 미진출기업에 비한 상대적인 우위가 유노조기업이든 무노조기업이든 차이가 없음을 보여준다. 오히려 진출기업의 미진출기업에 대한 혁신성과에서의 상대적인 우위가 유노조기업에서 약간 커진 것을 확인할 수 있다. 그리고 미국특허시장 진출 비중 자체도 유노조기업에서 훨씬 높은 패턴을 보이고 있다. 이 결과는 미국특허시장 진출전략여부를 통제하지 않은 횡단면적 분석을 시도하면 유노조기업이 기업혁신 양적지표와 질적지표 모두에서 무노조기업보다 우수한 것으로 나타날 것임을 나타내기도 한다.<sup>8)</sup>

8) 여기서 한 기업의 노조유무는 해당 기업에 소속된 사업체의 노조유무와 동일하게 처리하였다. 그러나 사업체패널에서는 기업의 모든 사업체를 조사하지는 않고 있다. 따라서 여러 사업체를 보유하고 이 중 일부에서만 노조가 존재하는 기업의 경우, 노조가 존재함에도 그렇지 않은 것으로 처리되는 관측치가 있을 수 있다.

〈표 5〉 노조 유무와 미국시장 진출 전략에 따른 기업 혁신역량(International patenting and innovation with and without labor union)

지표	노조 유무	진출기업	미진출기업	차이
양적지표	유노조기업 n=739	6.856(0.531) n=341	1.856(0.233) n=398	4.999(0.580)**
	무노조기업 n=1,617	5.378(0.358) n=510	1.002(0.079) n=1,107	4.376(0.367)**
질적지표	유노조기업 n=749	2.299(0.216) n=351	0.535(0.085) n=398	1.763(0.232)**
	무노조기업 n=1,629	1.689(0.149) n=521	0.269(0.035) n=1,108	1.420(0.154)**

〈표 5〉의 결과를 요약하면 유노조기업에서 미국진출이라는 혁신전략의 사용 및 혁신역량의 성과가 무노조기업에 비해 차이가 없으며, 본 연구에서 고려하는 혁신전략 및 성과에서 노조 유무는 중립적인 역할을 하고 있음을 나타낸다.

### 5. 노조의 혁신역량 영향의 종단면적인 분석

위 4절의 분석은 여전히 횡단면적인 분석으로 신규노조의 생성과 같은 노사환경의 변화가 특정 혁신전략에 변화를 가져오고, 이를 통하거나 직접적으로 기업혁신역량에 어떠한 영향을 주는 가라는 보다 궁극적인 질문에는 답변을 주지 못한다. CEM 작업은 진출기업과 미진출기업 간의 적정비교를 위한 규모, 산업, 년도, 업력으로 매칭하는 횡단면적인 통제로 여전히 통제되지 않는 미관측요소나 노사관계등의 종단면적인 변화의 영향을 반영하지 못한다는 것이다.

아래에서는 결합자료가 패널자료임을 활용해 종단면적인 분석을 시행한다. 〈표 6〉에서의 종단면적인 분석은 통상적인 고정효과의 종단면적인 분석과 차이가 있다. 여기서는 CEM 작업을 통해 확보된 자료에 고정효과 모형을 적용해 노조 유무에 관한 종단면적인 변화가 진출전략 및 혁신역량의 종단면적인 변화에 어떤 영향을 미치는 지를 살펴보는 Pre-screened 고정효과과기법을 적용한다. 본 기법의 장점은 통상적인 고정효과모형이 가정하는 진출여부 이외의 다른 요인들(예를 들어, 경기변동의 효과)에 대한 혁신역량지표들의 시계열추세가 두 집단 간에 같을 것이라는 가정의 정확성을 매

칭이라는 선행과정을 통해 높인다는 것이다. CEM 작업을 통해 두 집단의 기업혁신성과지표가 다른 시계열 요소에 대해 동일한 추세를 갖도록 규모, 산업, 년도, 업력 변수로 진출기업과 미진출기업들을 매칭한 표본들만을 고정효과모형에 사용한다.

〈표 6〉의 결과는 진출 전략이나 기업혁신역량의 종단면적인 변화에 대한 신규노조의 영향은 양적, 질적 지표 모두 통계적으로 유의하지 않음을 보여준다. 이 결과는 노조 유무가 미국시장진출 전략의 채택을 통한 간접적인 혁신역량에 대한 영향이나 노조의 생성이 직접적으로 혁신역량 성과에 미치는 영향을 포괄한 것을 나타낸다 하겠다. 〈표 5〉의 횡단면적인 분석결과와 유사하게 노조 유무는 중립적인 역할을 하는 것으로 나타내고 있다. 종단면적인 분석결과는 선행연구나 일부 이론에서 제시하는 노동조합의 존재와 기업혁신활동의 부(-)의 관계가 본 연구의 결합패널에서는 나타나지 않고 있다.

〈표 6〉 기업혁신역량에 미치는 노동조합의 종단면적 영향(Prescreened FE모형)  
(Longitudinal effects of labor union on innovation, Prescreened FE Model)

	미국특허 시장진출 (1)	양적지표 (2)	질적지표 (3)
노동조합 더미	0.039(0.035)	-0.198(0.716)	-0.031(0.385)
자산규모 매칭	Yes	Yes	Yes
산업 매칭	Yes	Yes	Yes
년도 매칭	Yes	Yes	Yes
업력 매칭	Yes	Yes	Yes

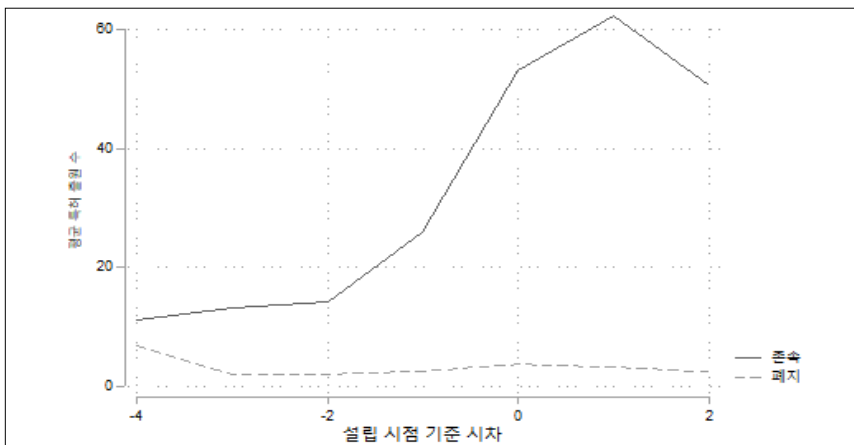
〈표 6〉의 종단면적인 분석은 신규노조 생성 이전과 이후의 차이에 대한 분석으로 CEM 작업을 통해서도 여전히 통제되지 않는 요소를 추가적으로 통제할 수 있지만, 위의 종단면적인 분석은 신규노조 이후 년도에서 이전 년도의 혁신지표의 차이를 나타내는 단기적인 영향을 나타낸다.

여기서는 추가적인 실증작업으로 신규노조의 영향은 시차를 두고 발생할 수 있다는 가설을 점검하고자 한다. 표본에 추가적인 제약을 가하여 신규노조 설립 전후의 혁신역량 추이를 보다 장기적으로 살펴본다. 노조 설립 식별 기준으로, 사업체패널 자료의 MQ1001 문항인 '작년 말 기준 노조설립

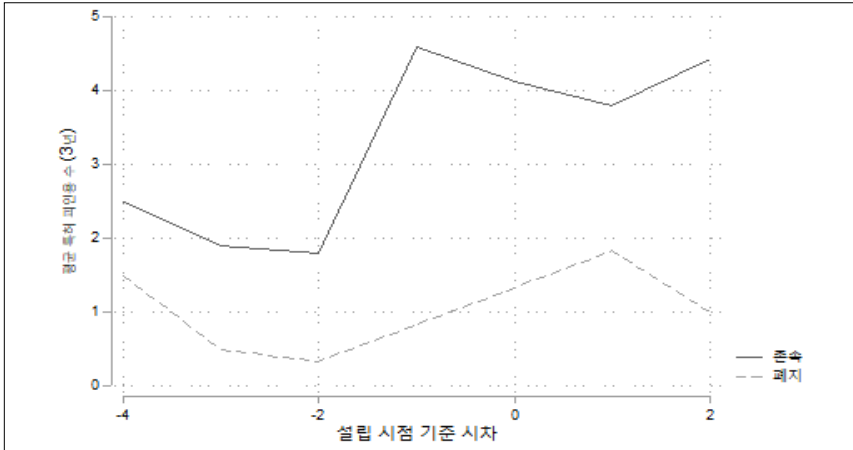
여부'에 대하여 직전 회차 설문에서 '없다'라고 응답한 기업이 동일 문항에 대해 당해 년도 설문에서는 '있다'라고 응답한 기업이 신규 노조 설립 기업이 되며, 이어지는 년도 설문에서도 표본에 포함되는 기업으로 국한하여 추이를 분석할 수 있게 하였다. 따라서 자료의 첫 설문 년도인 2005년과 마지막 년도인 2017년은 표본에서 제외되고, 총 36개의 관측치가 추이분석에 사용되었다.

신규 노조 설립에 따른 보다 장기적인 영향에 대응한 혁신역량추이의 분석을 위해 비교집단(control group)을 선정하는 것이 쉽지 않다. 비교 집단을 무노조기업으로 하면 추이분석에서 당해 년도라는 설정이 불가능하게 된다. 따라서 노조설립의 단기적인 효과를 제외한 장기적인 효과만을 가려내기 위해 처치집단으로는 노조 설립이 식별된 설문의 직후 회차에서도 노조가 유지되는 경우를 선정하였고, 비교집단으로 노조 설립 이후 이어지는 설문에 노조가 폐지되거나 휴면상태인 기업만을 사용하였다. 이에 따라 위의 36개 관측치는 30개의 처치 집단과 6개의 비교집단으로 구분된다. 노조가 설립 후 유지되거나 폐지되는 기업들의 노조 설립을 전후한 혁신역량 지표의 추이는 <그림 1>과 <그림 2>와 같다.

<그림 1> 노조 설립 전후 양적 지표의 추이(Quantitative trends before and after union formation)



〈그림 2〉 노조 설립 전후 질적 지표의 추이(Qualitative trends before and after union formation)



신규노조 설립의 혁신활동에 대한 장기영향을 분석하기 위해 전후의 처치집단과 비교집단의 특허 출원의 추이를 분석한 〈그림 1〉과 〈그림 2〉는 장기영향의 유무와 더불어 신규노조 기업은 노조 설립 이전에 양적, 질적 지표 모두 높고 그 증가율도 높은 추세가 있음을 나타낸다. 노조 유지 기업의 경우 동 증가추세는 양적 지표나 질적 지표 모두에서 사라진다. 비교집단인 노조 설립 이후 폐지되거나 휴면상태의 경우 노조 설립을 전후해 특별한 추세가 나타나지 않는다. 즉, 노조설립 이후의 장기효과라는 측면에서 비교집단과 차이가 없으며 이는 앞의 중단면 분석결과와 그 맥을 같이 한다. 한편, 노조설립 이전의 추세는 두 집단의 선정에 고려되지 않은 제 3의 요인, 즉 노조 설립 과정이 기업의 왕성한 혁신활동과 맞물리는 요인이 있음을 나타내며, 이러한 제 3의 요인을 구체화하기 위해 노조 유무 뿐만 아니라 구체적인 노사관계를 정보를 포함한 사업체 패널의 장점을 활용한다. 사업체패널은 이러한 노조 설립 및 유지 기업과 혁신 활동의 양의 관계에 대한 추가적인 점검이 가능하게 하는 변수로 사측의 노조에 대한 태도 변수(사업체패널 MQ2009 문항)를 포함하며, 이를 활용하여 추이를 분석하면 〈그림 3〉과 〈그림 4〉와 같다.<sup>9)</sup>

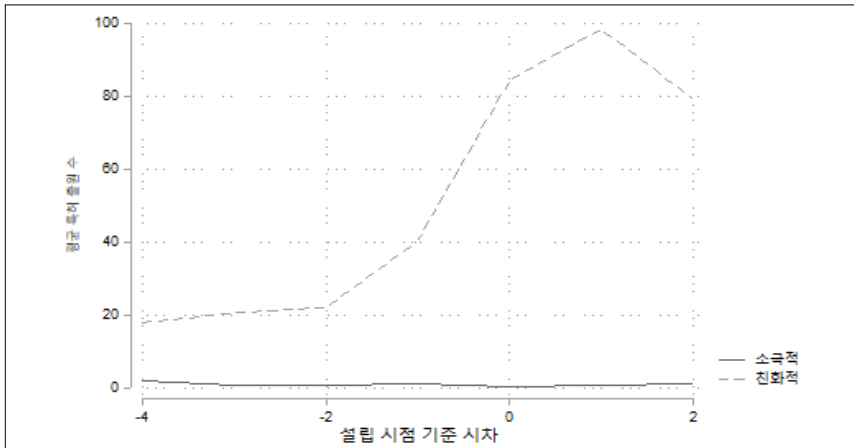
해당 변수는 '1: 노동조합을 약화시키거나 해체시키려 함', '2: 노조 실체

9) 동일 내용이 제1, 2 노동조합 대표를 통해 응답받은 문항 또한 존재하는데(각 PQ3006, T314) 본 연구에서는 사용하지 않았다.

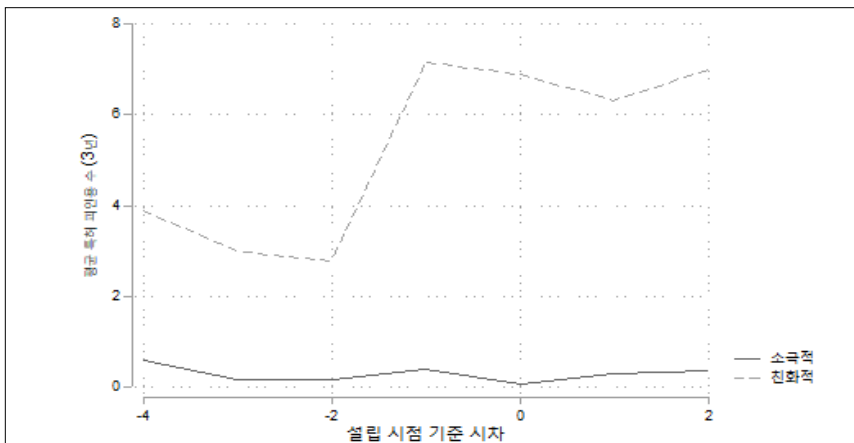


를 인정하나 경영 참여 최소화', 그리고 '3: 노조를 파트너로 존중, 경영에 적극 참여시킴' 이렇게 세 범주로 나뉘어 있고, 36개 표본 중 1번 응답은 없었으며 2번과 3번 응답은 각각 17건과 19건이 존재한다.

〈그림 3〉 노조 설립 전후 양적 지표의 추이: 노조에 대한 사측 태도로 분류(Quantitative trends before and after union formation: by management attitude)



〈그림 4〉 노조 설립 전후 질적 지표의 추이: 노조에 대한 사측 태도로 분류(Qualitative trends before and after union formation: by management attitude)



즉, 위의 노조설립 후 유지된 기업이 보인 추이가 노조에 대한 친화적인 태도를 가진 기업의 추이와 거의 유사하다는 것이다. 위의 그래프들은 통상

적인 횡단면분석의 노조 유무 정보나 종단면분석에서의 노조설립 정보보다 노조와 사측의 우호성에 관한 정보가 기업혁신역량 분석에 보다 필수적이라는 중요한 시사점을 제공한다. 요약하면, 노조 설립 이후 유지되거나 폐지되는 기업 모두 특정 방향의 추이는 보이지 않아 기업혁신 역량에 대한 장기적인 효과에 대해서도 노조설립이 중립적임을 나타내고 있다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 2005-2017년도 KoPDP 자료와 사업체패널 자료를 결합한 표본에서 미국특허시장 진출이 특허 생산성에 긍정적인 영향을 미치지만, 노동조합의 유무가 미국시장 진출 전략과 그 효과에 유의한 차이를 가져오지는 않는 것을 확인하였다. 기존의 연구 결과들과는 달리, CEM 매칭을 한 표본에 대해 종단면적 분석을 시행한 결과 노동조합 존재 여부는 미국특허시장 진출 여부, 특허의 양적·질적 지표에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 한편 노동조합 설립 전후의 혁신활동 변화를 추적한 결과, 사측의 노동조합에 대한 태도에 따라 추이가 전혀 다르게 나타나는 것을 관찰하였다. 이는 노동조합과 혁신활동의 관계를 분석함에 있어 사업체패널 자료에서 제공되는 노사관계에 대한 세부적인 정보가 핵심적인 역할을 할 수 있음을 시사한다.

본고의 한계점 중 하나는 KoPDP 자료와 사업체패널 자료를 결합함에 있어 많은 표본 탈락이 발생하였고, 그 과정에서 대기업 중심으로 표본이 구성되었다는 점이다. 결합 과정에서 사업체패널 표본 기업의 약 1/4만이 살아남게 되는데, 결합의 정확도를 높여 표본의 대표성을 강화하였을 때에도 결과가 유지되는 지를 확인하는 작업도 의미 있을 것이다.

KoPDP와 사업체패널 결합자료를 이용한 하나의 의미 있는 후속 연구는 특허라는 명시적 지표를 넘어서서 다양한 각도에서 혁신 활동을 분석하는 것이다. 사업체패널 자료는 특허와는 다른 측면에서의 혁신활동 정보들을 제공하는데, 이는 상품 품질관리, 생산 공정, 조직 관리, 근로자 숙련 개발, 고객서비스 개선 등을 포함한다. 사업체패널을 KoPDP 자료와 결합하여 다수의 연구를 통해 유용성이 검증된 특허라는 명시적인 지표와 비교함으로써

이러한 정보들의 혁신활동 지표로서의 적정성을 분석하는 많은 선행연구들의 실효성을 검증하는 작업도 의미있는 후속 연구가 될 수 있을 것이다.

투고 일자: 2022. 2. 3. 심사 및 수정 일자: 2022. 4. 18. 게재 확정 일자: 2022. 5. 9.

### ◆ 참고문헌 ◆

- 김동배 (2014), “노동조합이 기술혁신에 미치는 영향: 패널자료 분석,” 『산업관계연구』, 24(3), 87-109.
- Kim, D. (2014), “Labor Union and R&D Investment: Evidence from Panel Data,” *Korean Journal of Industrial Relations*, 24(3), 87-109.
- 김상동 (2020), “국내기업의 미국 특허시장 진출과 특허생산,” 석사학위논문, 서울대학교.
- Kim, S. (2020), “Domestic Firms’ US Patent Market Enternace and Patenting Productivity,” Masters Dissertation, Seoul National University.
- 이인재 · 김동배 (2009), “노동조합이 기술혁신에 미치는 영향,” 『산업관계연구』, 19(4), 71-98.
- Lee, I., and D. Kim (2009), “Technological Innovation and Unionism: Evidence from Korean Manufacturing Establishments,” *Korean Journal of Industrial Relations*, 19(4), 71-98.
- 이지홍 · 김상동 · 송근상 (2019), “지식자본과 기업 생산성: 특허 자료를 중심으로,” 『경제논집』, 58(2), 43-68.
- Lee, J., S. Kim, and K. Song (2019), “Knowledge Capital and Firm Productivity: Evidence from Patent Data,” *Korean Economic Journal*, 58(2), 43-68.
- 이지홍 · 김상동 · 송근상 · 김장원 (2020), “한국 특허 패밀리: 데이터 구축과 분석,” 『지식재산연구』, 15(4), 227-262.
- Lee, J., S. Kim, K. Song, and J. Kim (2020), “Korean Patent Family - Data Construction and Analysis,” *The Journal of Intellectual Property*, 15(4), 227-262.
- 이지홍 · 임현경 · 김상동 · 송근상 · 정재유 (2020), “한국 특허 데이터 프로젝트:

내용과 방법,” 『한국경제포럼』, 12(4), 125-181.

- Lee, J., H. Lim, S. Kim, K. Song, and J. Jung (2020), “Korea Patent Data Project (KoPDP): Contents and Methods,” *The Korean Economic Forum*, 12(4), 125-181.
- Addison, J. T. and B. T. Hirsch (1989), “Union Effects on Productivity, Profits, and Growth: Has the Long Run Arrived?” *Journal of Labor Economics*, 7(1), 72-105.
- Aggarwal, V. A. and D. H. Hsu (2014), “Entrepreneurial Exit and Innovation,” *Management Science*, 60(4), 867-887.
- Aw, B. Y., M. J. Roberts, and D. Y. Xu (2011), “R&D Investment, Exporting, and Productivity Dynamics,” *American Economic Review*, 101(4), 1312-1344.
- Baldwin (1971), “Determinants of the Commodity Structure of U.S. Trade,” *American Economic Review*, 61(1), 126-146.
- \_\_\_\_\_ (1979), “Determinants of Trade and Foreign Investment: Further Evidence,” *Review of Economics and Statistics*, 61(1), 40-48.
- \_\_\_\_\_ (1983), “Productivity and Labor Unions: An Application of the Theory of Self-Enforcing Contracts,” *Journal of Business*, 56(2), 155-185.
- Bernstein, S. (2015), “Does Going Public Affect Innovation?” *Journal of Finance*, 70(4), 1365-1403.
- Blackwell, M., S. Iacus, G. King, and G. Porro (2009), “cem: Coarsened Exact Matching in STATA,” *STATA Journal*, 9(4), 524-546.
- Blanchflower, D. and R. Freeman (1992), “Unionism in the U.S. and Other Advanced OECD Countries,” *Industrial Relations*, 31(1), 56-70.
- Bloom, N. and J. Van Reenen (2002), “Patents, Real Options, and Firm Performance,” *Economic Journal*, 112(478), C97-C116.
- Byrne, D., H. Dezhbakhsh, and R. King (1986), “Unions and Policy Productivity: An Econometric Investigation,” *Industrial Relations*, 35(4), 566-584.
- Criscuolo, C., J. E. Haskel, and M. J. Slaughter (2010), “Global Engagement and the Innovation Activities of Firms,” *International Journal of Industrial Organization*, 28(2), 191-202.

- Denny, K. and S. J. Nickell (1992), "Unions and Investment in British Industry," *Economic Journal*, 102(413), 874-887.
- Freeman, R. (1992), "Is Declining Unionism of the U.S. Good, Bad, or Irrelevant?" in L. Mishel and P. Voos, eds., *Unions and Economic Competitiveness*, Washington D. C.: Economic Policy Institute.
- \_\_\_\_\_ (1994), "American Exceptionalism in the Labor Market: Union-Nonunion Differentials in the United States and Elsewhere," In C. Kerr and P. Staudohar, eds., *Labor Economics and Industrial Relations*, Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- Freeman, R., and J. Medoff (1979), "The Two Faces of Unionism," NBER Working Paper Series No. 364.
- \_\_\_\_\_ (1984), *What Do Unions Do?*, New York: Basic Books.
- Grout, P. A. (1984), "Investment and Wages in the Absence of Binding Contracts: A Nash Bargaining Approach," *Econometrica*, 52(2), 449-460.
- Hall, B., A. Jaffe, and M. Trajtenberg (2005), "Market Value and Patent Citations," *RAND Journal of Economics*, 36(1), 16-38.
- Iacus, S., G. King, and G. Porro (2009), "CEM: Software for Coarsened Exact Matching," *Journal of Statistical Software*, 30(9), 1-27.
- \_\_\_\_\_ (2011), "Causal Inference without Balance Checking: Coarsened Exact Matching," *Political Analysis*, 20(1), 1-24.
- Kogan, L., D. Papanikolaou, A. Seru, and N. Stoffman (2017), "Technological Innovation, Resource Allocation, and Growth," *Quarterly Journal of Economics*, 132(2), 665-712.
- Lanjouw, J. O. and M. Schankerman (2004), "Patent Quality and Research Productivity: Measuring Innovation with Multiple Indicators," *Economic Journal*, 114(495), 441-465.
- Mckenzie, D. and J. Gibson (2014), "The Development Impact of a Best Practice Seasonal Worker Policy," *Review of Economics and Statistics*, 96(2), 229-243.
- Menezes-Filho, N., D. Ulph, and J. Van Reenen (1998), "The

- Determination of R&D: Empirical Evidence of the Role of Unions," *European Economic Review*, 42(3-5), 919-930.
- Schankerman, M. and A. Pakes (1986), "Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries during the Post-1950 Period," *Economic Journal*, 96(384), 1052-1076.
- Trajtenberg, M. (1990), "A Penny for your Quotes: Patent Citations and the Value of Innovations," *RAND Journal of Economics*, 21(1), 172-187.
- Ulph, A. and D. Ulph (1989), "Labour Markets and Innovation," *Journal of Japanese and International Economics*, 3, 403-423.
- Wadhvani, S. and M. Wall (1989), "The Effects of Unions on Corporate Investment: Evidence from Accounts Data, 1976-86," *Centre for Labour Economics Paper No. 354, London School of Economics*.

# The Effects of Labor Union on Innovation: Patent and Workplace Panel Analysis

Bonggeun Kim\* · Jihong Lee\*\* · Chul-In Lee\*\*\*

## Abstract

This study analyzes the impact of labor unions on corporate innovation strategy and performance using Korean data from Workplace Panel Survey and Korea Patent Data Project. Our panel analysis reveals no significant correlation between the presence of labor union and international patenting as well as quantitative and qualitative innovation indicators. In contrast, firms with favorable industrial relations show improvement in innovation indicators after the establishment of a union. Our results suggest that detailed information on industrial relations is important for understanding the effects of labor union on corporate innovation.

**KRF Classification : B030906, B050401**

**Key Words : labor union, industrial relation, innovation, patent data**

---

\* Corresponding Author, Professor, Department of Economics, Seoul National University, Seoul, Korea, 82-2-880-6240, e-mail: bgkim07@snu.ac.kr

\*\* Co-Author, Professor, Department of Economics, Seoul National University, Seoul, Korea, e-mail: jihonglee@snu.ac.kr

\*\*\* Co-Author, Professor, Department of Economics, Seoul National University, Seoul, Korea, e-mail: leeci@snu.ac.kr