

---

# 과학연구가 기술혁신에 미치는 영향 분석: - 반도체 산업(1997~2017)을 중심으로 -

김영삼\* · 조근태\*\*

---

<목 차>

- I. 서론
- II. 이론적 배경 및 선행연구 검토
- III. 연구방법
- IV. 실증분석 결과
- V. 결론 및 시사점

**국문초록 :** 본 연구에서는 반도체 산업에서 기초과학 연구를 통한 흡수역량 개선 및 혁신 기회 포착 향상으로 응용과학 연구가 기술혁신 성과창출에 매개효과를 갖는지 실증 분석하고자 하였다. 103개 반도체 기업들을 대상으로 분석한 결과 첫째, 응용과학 연구는 기초과학 보다 기술혁신 성과에 더 큰 영향을 미쳤다. 둘째, 응용과학 연구는 기초과학 연구와 기술혁신 성과 간에 완전매개효과를 갖는 것으로 나타났다. 셋째, 고성능 기업은 기술한계 극복을 위해 기초과학 연구에 적극적으로 나타났다. 본 연구는 기술혁신 창출을 위해 응용과학 연구뿐만 아니라 기초과학 연구가 필요하며, 기업보다 기초과학 연구에 적합한 환경을 갖는 대학 연구소와의 전략적인 협력관계 구축 및 장기적 관점의 공동 연구의 활성화가 필요함을 제언한다.

주제어 : 반도체, 기술혁신, 기초과학 연구, 응용과학 연구, 매개효과, 흡수역량

---

\* 성균관대학교 기술경영학과 박사과정 (이메일: im032@naver.com / 연락처:

\*\* 성균관대학교 시스템경영공학과/기술경영전문대학원, 교신저자 (ktcho@skku.edu)

---

---

# The relationship between Scientific Research and Technological innovation in the Semiconductor Industry : 1997~2017

Yungsam Kim · Keuntae Cho

---

---

**Abstract :** This study analyzes the improvement of absorptive capacity by basic research and the mediating effect of applied research to the innovations in the semiconductor industry. With 103 firms in the last 20 years tested firstly, applied research gives a more significant effect than basic research on the innovations. Secondly applied research functions as complete mediating effect between basic research and technological innovations. We also confirms high-performing firms are active in basic research to overcome technological hurdles. This paper suggests that basic research is needed as well as applied research. This study also implies strategic partnership and joint research with universities which have more suitable environment for basic research are needed in a long-term.

Key Words : Semiconductor, Technological Innovation, Basic Research, Applied Research, Mediating Effect, Absorptive Capacity

# I. 서론

기업의 성장과 경쟁에서 제일 중요한 요인은 기술혁신이다(송지현, 2018). 기술혁신은 신규 아이디어와 기술을 제품 및 공정에 도입하여 시장을 선도하고 새로운 가치를 만든다(Greenhalgh · Rogers, 2010). 기술의 변화가 경제 성장의 근간이 되고 수많은 기술혁신은 과학발전에 의존하기 때문에 과학연구와 기술혁신의 관계는 중요하다(Lim, 2004). 또한, 과학연구와 기술혁신의 관계는 기업의 생산성 개선에도 중요하다(정수관 · 강상목, 2012). 기업은 기술혁신을 통해 공정 효율을 향상하여 원가를 절감하고 가격경쟁력을 높이며, 소비자에게 저렴한 가격에 제품과 서비스를 빠르게 공급한다(박희준 외, 2013).

기술혁신의 목표는 산업 내 경쟁우위를 창출하여 기업 가치를 높이는 것이며, 기업은 이를 위해 연구개발을 활용한다(송지현, 2018). 연구개발 활동을 통해 투자, 연구인력, 인프라 및 장비 등의 요소를 투입하여 성과물을 산출하며, 지식확산, 기술이전, 사업화를 통해 신규 가치 창출과 경제적 성과에 기여하는 단계로 발전한다(김인자 외, 2016).

대부분의 산업에서 기업들은 앞 다퉈 연구개발 투자를 확대하여 선단 기술의 확보 · 신제품 생산으로 시장점유율, 매출액, 영업이익을 높이며, 다시 연구개발 투자로 환원하여 신기술 · 신제품 개발 · 사업화를 촉진하는 시스템을 만든다(김인자 외 2016). 기업들은 기술혁신을 통해 품질 및 가격을 개선해야만 경쟁자들의 추격을 뿌리칠 수 있다(박희준 외, 2013).

기업 간 경쟁우위 확보를 위한 기술혁신 성과 창출을 위해 과학연구가 특히 중요한 산업이 반도체 산업이다. 하지만 반도체 산업을 대상으로 진행되었던 기술혁신 관련 선행 논문들은 특정 기업 · 국가 · 제품 · 설비업체가 기술혁신 역량을 조기에 획득할 수 있었던 비결에 대한 연구들이 많았다.

Lim(2004)은 통계적 기법을 활용하여 보다 일반화된 연구를 진행했는데, 반도체 산업이 갖는 첨단 과학 및 대규모 자본을 필요로 하는 장치 산업적 속성이 제약 산업과 유사하다고 판단하여 1981~1997년에 존속했던 기업들을 대상으로 과학연구 활동과 기술혁신 성과 창출 간 관계성을 비교 · 분석하였다. 여기서 Lim(2004)은 반도체 산업 내 과학연구가 기술혁신에 미치는 영향성을 분석하기 위해 제약 산업의 선행 논문들에서 적용됐던 연구모형을 그대로 차용하여 기초 · 응용과학 연구가 기술혁신 성과 창출에 미치는 직접적인 영향성을 연구한 결과 반도체 산업에서는 응용과학 연구가 중요하다는 결론을 도출하였다.

본 연구는 반도체 산업 내 과학/기술 속성은 제약 산업과 같지 않다는 문제의식에서 출발한다. 이에, 하이테크 기술이 급격히 발전하고 변화하는 반도체 산업에 집중하여 1997~2017년에 존속한 기업들을 대상으로 과학연구 활동이 기술혁신 성과 창출에 미치는 영향성을 탐구한다. 이를 위해, 제약 산업 내 기업들의 기초·응용과학 연구가 기술혁신 성과 창출에 미치는 직접적인 영향성을 분석한 Lim(2004)의 선행 연구모형과 차별화하여 반도체 산업 속성에 적합한 연구모형을 제시한다.

즉, 반도체 산업에서 응용과학 연구만 중요한 것이 아니라, 기초과학 연구를 통해 외부지식의 가치인지 및 응용과학 연구 주제 선정 능력이 제고되고 혁신기회의 포착능력을 향상시키는 응용과학 연구가 촉진되어 응용과학을 매개로 기술혁신 성과 창출에 영향을 미칠 것으로 가정하여 분석코자 한다.

## II. 이론적 배경 및 선행연구 검토

### 1. 반도체 산업의 속성

반도체 산업의 일반적인 속성은 대규모 설비투자를 요구하는 장치산업이며, 수요와 공급의 관계에 따른 시장 환경 요인에 대한 영향도가 커서 업황의 사이클 주기가 뚜렷하게 나타난다. 따라서 반도체 산업의 주요 속성을 제품의 짧은 수명 주기, 시황에 따른 급격한 가격 변동, 공정 미세화의 지속적 요구의 세 가지로 크게 압축할 수 있다.

첫째, Kim(1997)의 연구에 의하면, 반도체 산업은 제품의 수명 주기가 매우 짧기 때문에 시장의 불확실성에 따른 리스크가 높다. 반도체 산업은 시장에 먼저 신제품을 공급하는 기술 선도 기업이 대부분의 이익을 쟁취할 수 있기 때문에 빠른 제품 개발 및 출시 등의 타이밍이 매우 중요한 속성을 갖는다(신장섭·장성원, 2006).

둘째, 반도체 칩은 시장에 공급된 이후, 가격이 급격히 하락하는 속성을 갖기 때문에 기술력이 부족하여 뒤늦게 시장에 진입한 후발업체가 큰돈을 벌기 어렵다. 실 예로 컴퓨터에 탑재되는 DDR4 4GB DRAM의 가격 변동 추이를 보면 15년 8월 21달러에서 16년 2월 14달러로 6개월 만에 약 33% 하락했다(DRAMeXchange Data, 2016). 기술 선도 기업은 시장의 이익을 독식하는 선발주자의 이점을 갖게 된다(Lieberman·Montgomery, 1988). 이에 따라 선도 기업은 기술적·상업적인 성공 가능성이 크다(Achilladelis, 1988).

또한 기술혁신을 주도하는 선도 기업은 신기술 적용과 신규 공장 투자의 혜택을 시장에서 최대한 활용한다(Clark · Soete, 1982).

셋째, 반도체 기업들은 원가·성능 경쟁력 개선을 위해 회로 선폭을 줄이는 공정 미세화를 지속 달성해왔다(신장섭 · 장성원, 2006). 반도체는 실리콘 기반의 웨이퍼에 최첨단 공정 기술<sup>1)</sup>들을 적용해 생산된다(Neamen, 2003). 반도체 산업은 공정 미세화 달성을 위한 끊임없는 기술혁신의 역사로 요약할 수 있다. 한 예로 공정 미세화를 위해 반도체 칩 제조사와 설비업체들은 노광기술<sup>2)</sup>의 연구개발에 많은 투자를 집행했다. 미세한 회로를 만들기 위해 365nm, 248nm, 193nm으로 더욱 짧은 파장의 광원을 도입했고(Roger, 2009), 정교한 노광 렌즈 개발도 병행했다. 짧은 파장 광원에 의존한 공정 미세화도 한계에 직면하여 다중패턴 형성 공정 개발을 통해 기술혁신을 지속했다(Christoph · Steffen, 2011). 반도체 기술의 개발 난이도가 높기 때문에 반도체 산업은 협회를 중심으로 기업들의 자원을 모아 대학에 투자하고 중장기 연구를 수행하며, 기술혁신 성과물을 실용적인 지식으로 변환하여 업계에 확산한다(Lim, 2004).

반도체 산업의 이러한 속성들 때문에 기업들 간 원가·성능 경쟁력 향상을 위해 지속적이며 빠른 기술혁신 성과 창출이 기업의 생존에 필수적이다. 특히, 반도체 회로의 미세화로 인한 개발 난이도의 급격한 상승으로 최첨단 공정, 장비, 소재 등 원류기술 분야에서 기술혁신 달성에 바탕이 되는 과학연구 활동이 중요하다. 따라서 반도체 산업 내 과학연구와 기술혁신 성과 간 관계성에 대한 고찰이 중요하다.

한편, 반도체 산업을 대상으로 진행되었던 기술혁신 관련 선행 논문들은 특정 기업·국가·제품·설비업체가 기술혁신 역량을 조기에 획득할 수 있었던 비결에 대한 연구들이 많았다.

Henderson · Kim(1990)는 반도체 노광 설비산업을 대상으로 전통적인 점진적/급진적 혁신이 기업의 성과를 설명하는데 불충분하며, 경쟁전략 수립을 위해 구조적 혁신을 접목하여 실행하는 것이 필요함을 사례연구로 제시하고 있다. Kim(1997)는 사례연구로서 후발주자 삼성반도체가 초단기에 기술혁신 역량을 획득할 수 있었던 주된 요인으로 우수인력 확보를 통한 경험적 지식(Tacit knowledge) 축적을 꼽았다. Murad 외(2011)는 삼성반도체가 기술혁신역량을 단기에 획득한 비결로 기술이전-모방-개선-혁신의 나선형 프로세스 모델을 제안하였고, 이를 바탕으로 연구개발 투자를 통해 개발속도·생산성·Time-to-Market 향상을 만들어냈음을 사례연구로 실증 분석하였다. Joo · Lee(2009)

1) 노광, 식각, 이온주입, 증착, 성장, 금속, 세정, 평탄화의 8개 공정으로 구성됨  
2) 회로를 실리콘 기판에 그려 넣는 공정기술임

는 삼성이 소니를 기술역량 측면에서 추월한 사례연구를 특허의 시계열 분석을 통해 확인한 결과, 특허의 품질이 향상되면 매출, 시장가치, 브랜드가치 지수가 개선되었다. Kim 외(2004)는 삼성반도체의 DRAM 제품을 사례연구로 분석한 결과 외부지식의 학습-내재화/일반화 노력-외부성과 의존-기술주도의 프로세스로 변화하는 모델을 고안했고, 이를 통해 개도국의 기업도 모방자에서 창조자로 거듭날 수 있다고 설명하였다.

Chang · Tsai(2002)는 사례연구로 대만 반도체 설계 산업이 단기에 기술혁신 역량을 획득한 비결과 정부의 역할을 분석한 결과 외국 자본 및 기술지식 유입, 지속적인 경쟁우위 확보 아이디어 제언, 산업단지 조성 등 정부의 산업 친화적 정책이 중요함을 확인하였다. Choi · Park(2009)은 NAND Flash 반도체 제품을 대상으로 네트워크 분석을 실시한 결과, 경쟁우위 확보를 위한 기술변화 감지/분석 능력이 중요하며, 특허 발명의 경로 분석 알고리즘을 통해 작성한 기술맵을 경영진의 유용한 의사결정 도구로 제언하였다.

앞서 논의한 것처럼 반도체 산업을 대상으로 진행되었던 기술혁신 관련 선행 논문들은 특정 기업 · 국가 · 제품 · 설비업체에 한정된 연구들이 많았다. 이에 반도체 산업의 기술혁신에 대한 일반화된 연구의 필요성이 제기된다.

## 2. 과학연구와 기술혁신의 관계성

기술혁신은 급격히 변화하는 경쟁적 시장 환경에 속한 기업들의 성공, 쇄신, 생존을 위한 필수적인 프로세스이다(Brown · Eisenhardt, 1995). 기업은 경쟁우위 확보를 위해 기술혁신 역량이 필요하다(조남재, 2014). 기술의 진보는 경제 성장의 바탕이며, 기술혁신 성과는 과학연구 활동에 의존한다(Romer, 1990).

기술혁신 성과 창출에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 혁신역량이다(Lim, 2004). 다수의 실증 사례에서 과학연구 활동은 기업의 생산성 향상에 큰 영향을 미친다(Griliches, 1990). 과학연구 활동은 기술혁신 역량 향상에 직접 기여할 뿐만 아니라, 외부정보의 가치인지, 체화, 제품화를 위한 흡수역량(Absorptive capacity) 개선에도 간접 기여를 할 수 있다(Cohen · Levinthal, 1990). 본 연구에서도 기업의 혁신역량, 흡수역량 개선에 직 · 간접 영향성을 갖는 과학연구 활동을 주요인으로 분석한다.

과학연구 활동은 단기 측면의 상업적 목적이 강한 응용과학 연구와 장기적으로 과학 지식의 진보를 추구하는 기초과학 연구로 구분할 수 있다(박희준 외, 2013). 기술혁신 역

량은 응용과학 연구뿐만 아니라 기초과학 연구를 통해서도 개선된다(Mansfield, 1981). 따라서 기업의 과학연구 활동 범주에 응용과학·기초과학을 모두 포함한다.

Rosenberg(1990)는 기초과학 연구를 수행하는 기업들이 선발 주자의 이점, 급진적 혁신 달성, 응용과학 연구 주제 선정 능력, 과제 평가 능력의 제고 등 효용을 얻는다고 주장한다. 기업들은 외부 지식을 효과적으로 흡수하기 위해 기초과학 연구가 필요하며, 이는 구체적 성과물의 창출보다 과학지식의 이해를 추구한다(Cohen·Levinthal, 1990). Lim(2004)은 외부 지식의 습득을 위한 흡수역량에 대한 선행 연구들은 기초과학·응용과학 연구의 적정한 필요 수준을 만족스럽게 설명하지 못하며, 과학연구는 비가역적이고 비용이 소요가 커 투자 효율성이 중요하다고 보았다.

Lim(2004)의 연구에 따르면, 제약 산업은 반도체 산업과 마찬가지로 과학적 진보에 크게 의존하며, 거대한 자본을 필요로 하는 장치산업이다. 제약 산업을 대상으로 수행된 선행연구들에서는 기초과학 연구와 기술혁신 성과 간에 강한 연계성을 나타냈다. Gambardella(1992)는 제약 산업 내 기업들은 기초과학 연구 활동이 활발할수록 더 많은 특허를 갖는다고 주장했다. 제약 기업들은 기초과학 연구를 통해 신약 개발의 직접적인 효용을 얻을 수 있기 때문이다(Lim, 2004). Stokes(1997)에 의하면 의학은 생명에 대한 근본적 이해를 추구하기 때문에 기초과학 연구와 밀접하게 연관된다. Cockburn·Henderson(1998, 2000)은 미국 제약기업을 대상으로 기초과학 논문이 많을수록 많은 특허를 보유함을 밝혔다.

Pisano(1997)에 의하면 기초과학 연구와 신약 개발 간 상관성은 지속 커져왔고, 질병을 유발하는 생화학적 원리에 대한 이해를 통해 새로운 약품들이 개발되었다. 또한, 제약 회사는 기초과학 연구를 통해 외부 지식의 흡수, 최상급 연구원의 채용, 인적 네트워크 구축 등 간접적인 혜택을 얻는다(Cockburn·Henderson, 1998). 이러한 기초과학 연구의 직·간접적 효용 때문에 제약 회사들은 기초과학 연구를 활발히 수행하나 제약 산업 이외에 기초과학 연구와 기술혁신 성과 간의 관계성에 대한 명확한 연구들이 많지 않다(Lim, 2004).

<표 1>에서 산업속성 측면에서 반도체 산업과 제약 산업은 과학/기술 집약적 산업이고, 대규모 투자를 필요로 하는 장치 산업이라는 유사점을 갖는다.

기술속성 관점에서는 Pisano(1997)의 연구에 의하면 제약 산업의 경우 질병을 유발하는 생물/화학적 이해를 위한 기초과학 연구가 중요하다. 이에 제약회사는 기초과학 연구에 많은 투자를 집행한다(Lim, 2004). 반면, 반도체 산업의 기술속성은 Hall·Ziedonis(2001)의 연구에 따르면 반도체 제품은 공정과 설계의 작은 변화에도 수율이 저하되어 기초과학

연구의 혁신성과를 제품에 바로 적용하기 어렵다. 반도체 회사들은 기초과학 연구보다 응용과학 연구에 많은 투자를 집행하고 있다(Lim, 2004).

<표 1> 반도체 산업과 제약 산업의 속성비교

속성	반도체 산업	제약 산업
산업속성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학/기술 집약적 산업</li> <li>• 대규모 투자를 요하는 장치 산업</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과학/기술 집약적 산업</li> <li>• 대규모 투자를 요하는 장치 산업</li> </ul>
과학/기술 속성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기초과학 연구는 수십 년 전 발견됨 (Macher 외, 1999)</li> <li>• 반도체 회사는 응용과학 연구에 많은 투자 집행(Lim, 2004)</li> <li>• 공정/설계의 작은 변화도 수율 감소시켜 기초과학 혁신성과의 제품적용 어려움 (Hall·Ziedonis, 2001)</li> <li>• 특허권 등 전유성이 낮음 (Hall·Ziedonis, 2001)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 질병을 유발하는 생물/화학적 이해를 위한 기초과학 연구가 중요(Pisano, 1997)</li> <li>• 현상에 대한 근본 이해 요구(Stokes, 1997)</li> <li>• 제약회사는 기초과학 연구에 많은 투자 집행 (Lim, 2004)</li> <li>• 신약개발과 기초과학 연구간의 상관성이 높음 (Pisano, 1997)</li> <li>• 허권 등 전유성이 높음(Levin 외, 1987)</li> <li>• 복제가 어려움(Mansfield 외, 1981)</li> </ul>

반도체 산업도 제약 산업처럼 과학연구를 통해 기술혁신 성과를 만든다(Lim, 2004). 그러나 반도체 산업의 속성이 제약 산업과 정확히 같지는 않기 때문에 과학연구 활동과 기술혁신 성과 창출 간 관계성 분석에서 새로운 접근이 필요하다.

Macher 외 (1999)에 의하면 반도체 산업 내 기술혁신이 의존하는 기초과학 지식은 수십 년 전에 발견되었다. 반도체 산업 내 기술혁신이 의존하는 기초과학 지식은 반도체 소자 내 전자의 이동을 설명하는 20세기 초 양자역학, 실리콘 내 이종원소 주입에 관여하는 화학 등 현상에 대한 근본적인 원리의 이해를 제공한다. 이렇게 탄탄한 기초과학 지식의 기반위에 반도체 설계를 위한 고체물리 회로, 이종소재의 도핑 수준을 결정하는 응용 물리/화학 등 응용과학 연구로 확산된다.

반도체 산업 현장에서의 연구는 대부분 기존에 익숙하게 활용하여 많은 부분을 이해하고 있는 원소들의 성분비를 미세하게 변경하여 반도체 소자의 특성 변화를 살피는 실험 결과 값에 크게 의존하며, 수율 변동과 같은 부작용이 없는지 면밀히 검증한다.

반도체 산업은 제약 산업과 달리 기술혁신 성과의 전유성(Appropriability)이 낮은 속성을 지속적으로 보여준다(Flatherty, 1984). 따라서 기초과학 지식이 광범위하게 퍼져있는 반도체 산업은 제약 산업보다 진입장벽이 낮다(Lim, 2004). 반도체 산업 내 기초과학 연구는 고체 물리학, 양자역학, 화학의 이해를 추구하는 반면, 응용과학 연구는 제조·공



정기술 개선을 목적으로 한다(Lim, 2004).

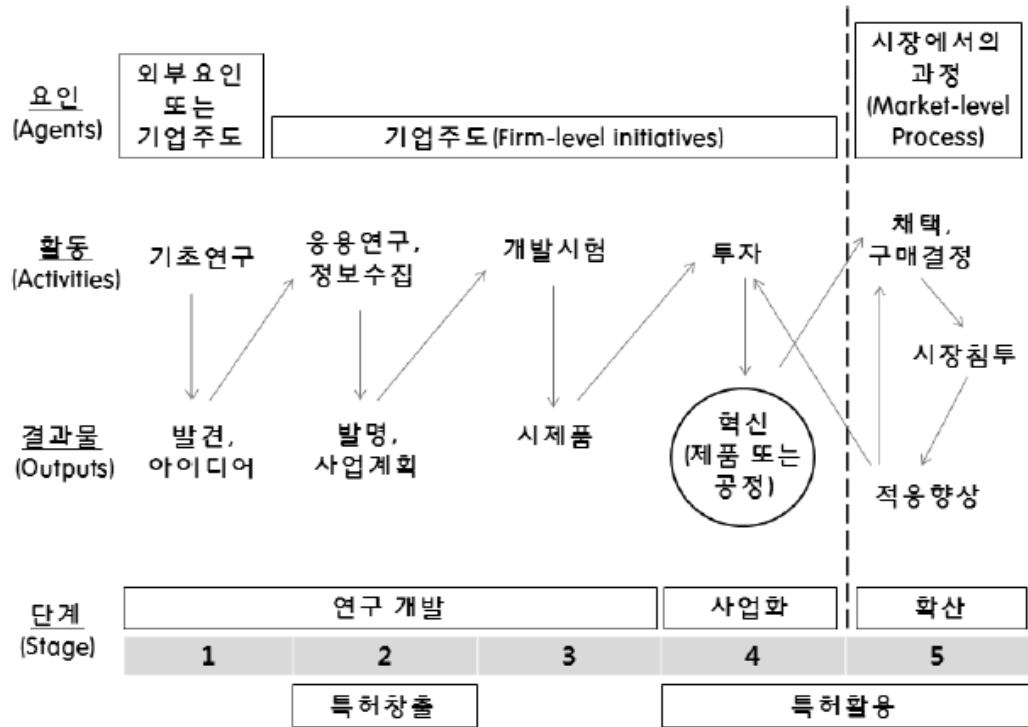
<표 2> 기술혁신 요인에 대한 주요 선행연구

저자 (출판년도)	표본	방법론	종속변수	독립변수
김인자 외 (2016)	IMD 국가경쟁력 국가 61개	경로분석	• 특허 건수	• 기초과학논문(+)
김치환·박현우 (2013)	대학 30개	조절회귀	• 기술이전 수입	• 연구논문(+), 특허출원(+)
송지현 (2018)	기술수준별 기업 1,331개	Granger 인과분석	• 특허 건수	• 연구개발비(+)
정도범·정동덕 (2013)	연구기관 34개 대학 50개	음이향회귀	• 기술이전 건수	• 논문게재(·), 특허출원(+)
Gambardella (1992)	미)제약기업 상위 14개	OLS	• 특허 건수	• 기초과학논문(+)
Cockburn·Henderson (1998)	미)제약기업 상위 20개	OLS	• 특허 건수	• 기초과학논문(+)
Cockburn·Henderson (2000)	미)제약산업	사례연구	• 특허 건수	• 기초과학논문(+), 연구개발비(+)
Lim (2004)	반도체기업 83개 제약기업 43개	OLS	• 특허 건수	• 반도체: 기초과학논문(-), 응용과학논문(+) • 제약 : 기초과학논문(+), 응용과학논문(+)
Stephan 외 (2007)	미)박사 수여자 (1990 - 1995)	음이향회귀	• 특허 건수	• 과학논문(+)
Wong·Singh(2010)	세계 상위 대학 281개	OLS	• 특허 건수	• 과학논문(+)

자료: 윤장호(2017), 김인자 외(2016) 재구성

일반적인 과학연구·기술혁신 성과로 논문과 특허를 생각할 수 있으며, 연구개발을 위해 연구원, 연구개발비, 설비가 투입되어 1차 성과인 논문, 특허, 시제품 등이 산출되고 기술이전, 사업화, 기술창업으로 기업의 매출과 이익이 커지며, 비용은 줄고 품질이 개선된다(김인자 외, 2016).

기초과학 연구의 성과는 상품화 이전 단계에서 나타나는 반면, 응용과학 연구는 상품·공정 개선에 직접 기여하기 때문에 단기간 내 투자비 회수를 목적으로 한다(박희준 외, 2013). 한편, 특허는 실용성을 중시하기 때문에 자연의 법칙에 대한 이해를 추구하는 기초과학으로부터 바로 도출되기 어렵다(Lim, 2004).



자료: 심미랑 외(2013)

<그림 1> 기술혁신 단계

<표 3>에서 반도체 산업 내 기술혁신에 관련된 선행연구들은 삼성반도체와 같은 특정 기업, 대만의 반도체 산업과 같은 특정 국가, 반도체 공정 설비 산업, 플래시 메모리와 같은 특정 제품 관련 사례연구들이 많았다. 반도체 산업 내 기술혁신과 그 원동력인 과학연구의 관계성 관련 선행연구는 Lim(2004)의 연구가 대표적이었다.

다만, Lim(2004)는 제약 산업 내 과학연구와 기술혁신의 관계성에 대한 선행연구들에서 적용됐던 연구모델을 반도체 산업에 그대로 차용하여 연구를 진행했다.

참고로 제약 산업 내 과학연구와 기술혁신 간 관계성에 대한 선행연구로는 Gambardella (1992), Cockburn · Henderson(1998, 2000) 등이 있다.

본 연구는 반도체 산업이 제약 산업과 그 속성이 일치하지 않음에 주목하여 Lim(2004)의 연구모형과 차별화하여 반도체 산업의 속성에 보다 적합한 연구모형을 제시하여 분석한 차별성을 갖는다. 또한, 특정 기업, 국가, 설비, 제품에 국한되지 않고 반도체 산업 내 과학연구와 기술혁신 성과 간 관계성에 대해 통계적으로 정량화하여 일반화한 연구를 시도한 점도 선행연구들과 차별성을 갖는다.

<표 3> 반도체 산업 내 기술혁신에 대한 주요 선행연구

저자 (출판년도)	연구대상	연구목적	방법론	결론/시사점
Henderson·Kim(1990)	반도체 노광 설비산업	• 점진/급진적 기술혁신이 기업 성과 설명에 불충분	사례연구	• 기업의 경쟁전략 수립에 구조적 혁신을 접목하는 노력/관심 필요
Kim (1997)	삼성반도체	• 삼성의 초단기 기술역량 획득 비결 • 이를 위한 정부의 역할	실증연구 사례연구	• 기술역량의 조기 획득은 우수인력 확보를 통한 Tacit(경험적) 지식 흡수로 가능
Ali 외 (2011)	삼성반도체	• 삼성의 기술혁신역량 단기 획득 비결 • 삼성의 기술혁신 모델을 개도국에 활용	실증연구 사례연구	• 삼성의 기술혁신역량 단기 획득 모델은 기술이전-모방-개선-혁신 프로세스임 • R&D에 자원을 투입하여 개발/생산성/Time-to-Market 향상
Joo·Lee (2010)	삼성반도체	• 삼성의 소니 추월 요인을 기술역량측면에서 분석	실증연구 사례연구	• 특히 품질이 높아질수록 매출/시장/브랜드 가치 지수가 개선
Kim 외 (2004)	삼성반도체	• 개도국 기업들이 모방자에서 창조자로 변화하는 모델 고안	실증연구 사례연구	• ‘외부지식 학습-내재화/일반화-외부성과 의존-기술주도’로 변모하여 창조자로 거듭남
Chang·Tsai (2002)	대만 팹리스 반도체 산업	• 대만 반도체 산업이 단기에 기술역량 획득비결 • 이를 위한 정부의 역할	사례연구	• 외국 자본/기술 도입 중요 • 산업단지 조성 등 정부정책 과급력 큼 • 지속적 경쟁우위 아이디어 체인 활동
Choi·Park (2009)	반도체 NAND제품	• 특히 인용 network 기존 분석은 기술변화 감지가 어려워 신규 방법론 필요	네트워크 분석	• 네트워크 분석 기반 작성한 기술맵이 경영진의 유용한 의사결정 도구 • 타산업으로 확산 필요
Lim (2004)	반도체 산업 제약 산업	OLS	실증연구 회귀분석	• 제약 산업은 기초/응용과학과 특히 간 정(+의 인과성을 보임) • 반도체 산업은 응용과학과 특히 간에 정(+의 인과성을 보이나, 기초과학은 특히에 부(-의 인과성을 보임)

반도체 산업 내 기술혁신은 실리콘 웨이퍼에 구현 가능한 회로 선포의 미세화, 수율, 생산성의 개선을 의미한다(Henderson · Clark, 1990). 반도체 칩은 시스템 속성을 갖고 수백 가지 디자인 · 공정들이 복잡하게 얽혀 있어서 설계와 공정의 미세한 변화도 수율 문제를 야기한다(Hall · Ziedonis, 2001). 이에 공정기술 개발을 위한 응용과학 연구 투자가 기초과학 연구보다 경쟁우위 확보에 효과적이다(Lim, 2004). 기업들은 단기성과 창출에 용이한 응용과학 연구를 중시하기 때문에 장기적으로 미래 준비를 위한 기초과학 연구에 소홀한 경향이 있다(박희준 외, 2013). 반도체 산업 내 기술혁신은 특히 응용과학 연구에 크게 의존한다(Lim, 2004).

이러한 이유로 반도체 산업 내 기초과학 연구 활동은 제약 산업과 달리 기술혁신 성과 창출에 직접적으로 기여하기는 어려운 반면, 제약 산업의 기술혁신 성과물인 특허는 응용과학보다 기초과학 논문을 많이 인용한다(Lim, 2004). 하지만 기초과학 연구 활동은 외부정보에 대한 가치인지, 체화, 제품화를 위한 흡수역량(Absorptive capacity) 향상에

간접적인 기여를 할 수 있다(Cohen · Levinthal, 1990).

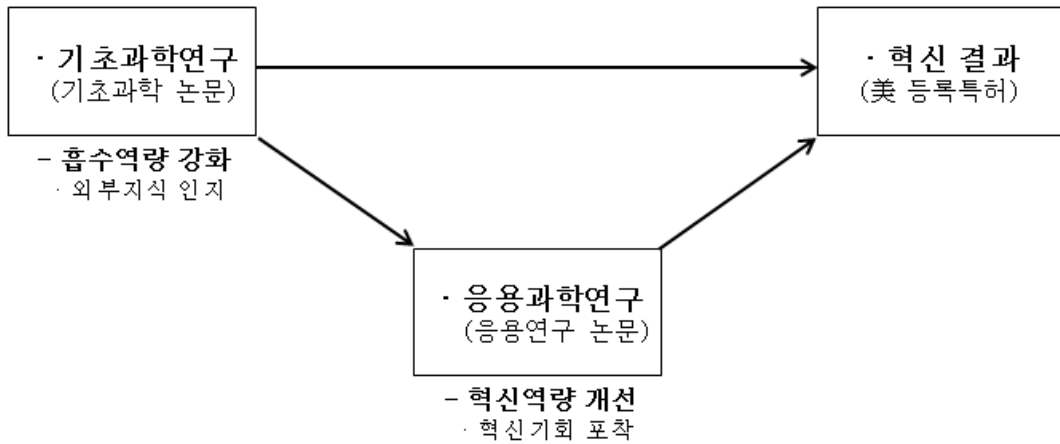
이상의 선행 연구들을 기반으로 구성된 연구모형은 그림 2 이며, 기술혁신 단계 에서 기초과학 연구가 흡수역량을 강화하여 외부 지식의 가치인지를 제고하고, 이를 통해 응용과학 연구가 촉진되어 혁신기회의 포착을 돕는 매개효과를 통해 기술혁신 성과 창출에 영향을 미치는지 분석코자한다.

본 연구에서는 이러한 분석을 위해 다음처럼 가설을 설정하였다.

가설 1 : 기초과학 연구는 응용과학 연구에 정(+)의 영향을 미친다.

가설 2 : 기초과학 연구는 혁신 결과에 정(+)의 영향을 미친다.

가설 3 : 응용과학 연구는 기초과학 연구와 혁신 결과간의 관계에서 매개효과를 갖는다.



<그림 2> 연구모형

### Ⅲ. 연구방법

#### 1. 데이터 수집 및 측정

특허는 핵심 기술 권리를 법적으로 보호 받을 수 있는 수단으로 철저하고 빈틈없는 프로세스로 인해 많은 연구자들이 기술혁신 활동의 발자취와 영향성 연구에 활용한다(Douglas 외, 2007). 특허는 과학연구 성과의 보호 기능과 기술 지식을 축적하는 형식지(Explicit Knowledge)로 전환하는 역할도 한다(이헌준 외, 2014). 특허의 보호 권리는 아이디어의 신규성을 전제로 하기 때문에 기술혁신 성과를 측정하는 수단으로 널리 활용된다(Lim, 2004). 따라서 특허는 기술 지식의 가치가 반영하기 때문에 기술혁신 성과를 측정하는 객관적인 척도이다(Griliches, 1990).

특허는 기업의 연구개발 성과, 투자, 신제품 판매, 혁신창출 및 기술혁신 역량과도 밀접한 관계성을 보인다(Lim, 2004). 특허는 발명의 신규성을 바탕으로 등록되기 때문에 출원특허보다 등록특허의 가치가 높다(Ernst, 1995). 등록특허를 활용하면 특허의 양·질적인 측면을 모두 고려할 수 있다(송지현, 2018). 따라서 본 연구에서는 기업의 기술혁신 성과 측정을 위한 지표로 등록특허를 활용한다.

논문은 과학자들이 연구 업적을 쌓는 주요한 수단이다(Stephan, 1996). 기업이 저널에 게재한 논문은 과학성과의 측정 및 과학지식 흐름의 추적에 활용된다(Gambardella, 1992). 이에 본 연구에서는 기업이 저널에 게재한 논문을 과학연구 활동의 측정 지표로 활용하여 1997~2017년에 존속한 반도체 기업들의 SCI 논문을 수집한다. SCI는 기초과학·응용과학 등 광범위한 저널들을 대상으로 하기 때문에 유용하다(Lim, 2004). 논문과 특허는 대표적인 과학·기술성으로 꼽힌다(김인자 외, 2016).

Lim(2004)은 기업의 과학연구 활동을 기초과학·응용과학으로 분류하기 위해 SCI의 저널 인용 보고서(Journal Citation Report)를 활용하여 논문이 게재된 저널을 기준으로 기초·응용과학 연구를 구분하였다. Lim(2004)은 기초과학 저널과 응용과학 저널을 분류하기 위해 미국 국립과학재단(National Science Foundation)이 정의한 기초과학 연구 및 응용과학 연구의 개념을 사용했다. 미국 국립과학재단(2000) 보고서에 의하면, 기초과학 연구는 자연 현상에 대한 근본적인 이해를 추구하는 반면, 응용과학 연구는 구체적이고 실제적 활용을 위한 지식 생산을 목표로 한다. 이러한 관점에서 반도체 산업 내 기초과학 연구는 고체물리학, 양자역학, 화학 등 자연과학에 대한 이해를 추구하는 반면, 응

용과학 연구는 제조 기술과 공정 개선등 공학 지식 확보를 목표로 한다(Lim, 2004).

본 연구에서도 Thomson Reuters의 저널 인용 보고서(Journal Citation Report)와 Scopus 저널리스트를 함께 참고하고, 미국 국립과학재단의 기초·응용과학 연구 개념을 활용하여 기업의 과학연구 활동을 판별하기 위해 기초·응용과학 저널로 분류한다. 이를 위해 2017년 SCI 저널 인용 보고서를 기준으로 Lim(2004)의 연구에서 활용되었던 반도체 산업에 적합한 기초과학·응용과학 저널들을 재구성하였으며 그 목록은 <표 4> 와 같다.

SCI급 논문들의 전문 DB 기업인 Thomson과 Scopus는 각각 Journal Citation Reports와 Scopus Title List를 매년 발행하고 있다. 그 안에 학제별로 생활과학, 사회과학, 의료, 인류학, 생화학, 컴퓨터 과학 등 학제 간 분류는 되어있으나 기초과학과 응용과학으로 구분한 기준은 확인되지 않았다.

한편, 각 논문이 게재된 저널을 기준으로 기초과학 연구와 응용과학 연구로 구분하는 것에 대한 타당성 우려 역시 존재한다. Van · Henkens(2001) 연구에 의하면 논문의 성향은 논문 그 자체보다 논문이 게재된 저널의 속성들에 의해서 결정된다. 따라서 기초과학 저널에 게재된 논문은 기초과학 논문으로 응용과학 저널에 게재된

논문은 응용과학 논문으로 판단하였다. 그러나 일부 저널들은 다학제(Multidisciplinary)의 속성을 갖기 때문에 기초과학/응용과학 논문으로 분류하기 어려운 점은 본 연구의 한계점으로 판단되어 추후 연구에서 보다 엄밀하게 저널을 분류하여 분석할 필요성이 제기된다.

과학연구 활동을 측정하는 수단으로 논문을 활용하는 것이 적합한지 검증하기 위해 1981~1997년에 존속한 41개 반도체 기업들을 대상으로 연구개발비와 논문을 변수로 설정하여 회귀분석을 실시한 결과, R2는 0.90으로 높은 설명력을 보인다(Lim, 2004).

본 연구의 표본은 인터넷에서 검색 가능한 1997~2017년 존속했던 반도체 주요 기업들로 <표 5> 와 같다. 반도체 기업들은 사업형태에 따라 세 가지로 구분할 수 있다. 즉, 반도체 설계, 개발, 생산, 판매 모두 진행하는 IDM(Integrated Device Manufacturer), 위탁생산 형태로 제조 서비스를 제공하는 Foundry, 설계 서비스만을 제공하는 Fabless (Fabrication과 less의 합성어)로 구분된다. 세 가지 사업형태의 기업들을 모두 포함하여 과학연구 활동이 기술혁신 성과에 미치는 영향성과 기업 성과(고·저성과)에 따른 관계성을 탐구한다.

<표 4> 기초과학 및 응용과학 저널 분류

저널	ISSN	분류
Journal of Physical Chemistry C	1932-7447	기초과학
Journal of Physical Chemistry Letters	1948-7185	기초과학
Applied Physics Letter	0003-6951	응용과학
Solid State Communications	0038-1098	기초과학
Journal of Applied PhyFcs	0021-8979	응용과학
Chemical Physics Letters	0009-2614	기초과학
Electronics Letters	0013-5194	응용과학
IEEE Transactions on Magnetics	0018-9464	응용과학
Japanese Journal of Applied Physics	0021-4922	응용과학
Physical Review A	2469-9926	기초과학
Journal of Vacuum Science & Technology A	0734-2101	응용과학
Journal of Vacuum Science & Technology B	1071-1023	응용과학
IEEE Transactions on Electron Devices	0018-9383	응용과학
Physical Review B	2469-9950	기초과학
Physical Review Letters	0031-9007	기초과학
Journal of Crystal Growth	0022-0248	응용과학
IEEE Journal of Solid-State Circuits	0018-9200	응용과학
Surface Science	0039-6028	기초과학
Journal of The American Chemical Society	0002-7863	기초과학
Nature	0028-0836	기초과학
IEEE Photonics Technology Letters	1041-1135	응용과학
Journal of Lightwave Technology	0733-8724	응용과학
Science	0036-8075	기초과학
IEEE Electron Device Letters	0741-3106	응용과학
Journal of Chemistry	2090-9063	기초과학
Journal of Physics D-Applied Physics	0022-3727	기초과학

자료: Lim(2004) 재구성

<표 5> 반도체 표본 기업

회사			
Acer	GEC-Plessey	Motorola	Texas Instruments
Actel	General Semicon	National Semicon	Toshiba
AMD	GlobalFoundry	NCR	TowerJaz
Alcatel	Grumman	NEC	Unigroup
Altera	Harris Semicon	Newport	UMC
American Microsystems	Hewlett-Packard	Northern	United Technologies
Analog Devices	HiSilicon	Northrop	VLSI Tech.
Asahi Kasei	Hitachi	Nvidia	Weitek
Atmel Corporation	Honeywell	Oki Electric	Westinghouse
Avago	Huahong	Panasonic	Winbond
Broadcom	Hughes	Philips	Xilinx
Brooktree	Hyundai	Powerchip	Yamaha
Burr-Brown	Infineon	Qualcomm	Zilog
C-Cube	IDT	Raytheon	
Canon	Intel	Ricoh	
Chartered Semicon	International Rectifier	Rockwell	
Cherry Semicon	ITT Semicon	Rohm	
Cirrus Logic	Lattice Semicon	S3	
Cray Computer	Lenovo	Samsung	
Cray Research	Linear Tech	Sanyo	
Cypress	LSI Logic	Seiko Epson	
Cyrix	Lucent	Sharp	
Daewoo	Macronix	Siemens	
Dallas Semicon	Marvell	SK Hynix	
Digital Equipment	Matsushi	SMIC	
Dongbu	MediaTek	Sony	
Ericsson	Microchip Tech	Symbios	
ESS Tech	Micron	TSMC	
Fuji Electric	Mitel Semicon	Tech Semicon	
Fujitsu	Mostel-Vitelc	Temic	

자료: Lim(2004) 재구성



1997~2017년에 존속한 각 기업이 저널에 게재한 논문 데이터는 Scopus의 문서검색 서비스를 이용하여 수집한다. Scopus에서 국제 표준 연속 간행물 번호(ISSN)를 기준으로 기업별 기초과학·응용과학 저널에 게재된 논문을 검색한 결과는 <표 6> 과 같다. 단, 순수 논문들만 데이터로 활용하고 리뷰 논문은 제외한다. Lim(2004)의 연구와 같이 기업의 이름이 논문에 등재되어 있다면 기업이 게재한 논문으로 숫자를 더했다. 또한, 기업의 정확한 영문명은 기업의 공식 홈페이지에서 확인하여 논문 검색에 활용했다.

기초과학 저널 논문은 총 3,851건, 응용과학 논문은 27,188건이다. 기초과학 연구 논문 수가 응용과학 대비 저조한 이유로 첫째, 기초과학 저널의 SCI Impact factor가 높아 게재 승인 비율이 낮을 수 있다. 예를 들어, 기초과학 저널 중 대표적인 Nature와 Science의 Impact factor는 2017/2018년 SCIJOURNAL.ORG 기준 각각 41.577, 41.058로 높은 반면, 반도체 기업들이 게재한 응용과학 저널들 중 비중이 31%에 이르는 IEEE(전기전자 기술자협회) 저널 중 IEEE Journal of Solid-State Circuits, IEEE Electron Device Letters의 Impact factor는 각각 4.075, 3.433으로 10분의 1 수준이다.

둘째, Hall·Ziedonis(2001)의 연구에 의하면 반도체 제품은 공정과 설계의 작은 변화에도 제품 수율이 저하되어 기초과학 연구의 혁신 성과를 바로 적용하기 어렵다. 또한, 박희준 외(2013)의 연구에 의하면 기업들이 단기성과 창출에 용이한 응용과학 연구를 중시하기 때문에 장기적으로 미래 준비를 위한 기초과학 연구에 소홀한 경향이 있다.

셋째, 반도체 산업 속성장 제품의 수명주기가 짧기 때문에 차세대 제품개발 속도가 매우 빠르다. 이러한 이유들을 종합할 때 기초과학 연구보다 응용과학 연구가 많은 원인을 합리적으로 해석할 수 있다.

<표 6> 표본 기업들이 주요 과학저널에 게재한 논문

기초과학 저널	논문	응용과학 저널	논문
Journal of Physical Chemistry C	330	Applied Physics Letter	5,005
Journal of Physical Chemistry Letters	40	Journal of Applied Physics	3,105
Solid State Communications	167	Electronics Letters	1,902
Chemical Physics Letters	256	IEEE Transactions on Magnetics	933
Physical Review A	52	Japanese Journal of Applied Physics	4,782
Physical Review B	80	Journal of Vacuum Science & Technology A	551
Physical Review Letters	1,632	Journal of Vacuum Science & Technology B	1,078
Surface Science	216	IEEE Transactions on Electron Devices	2,561
Journal of The American Chemical Society	321	Journal of Crystal Growth	734
Nature	270	IEEE Journal of Solid-State Circuits	2,113
Science	231	IEEE Photonics Technology Letters	1,643
Journal of Chemistry	0	Journal of Lightwave Technology	1,379
Journal of Physics D-Applied Physics	256	IEEE Electron Device Letters	1,402
Total	3,851	Total	27,188

Lim(2004)는 기업의 기술혁신 성과물을 측정하기 위해 미국 등록특허를 활용했으며, 본 연구에서도 미국 등록특허를 활용한다. 기업이 보유한 특허 데이터의 수집은 특허청의 국내외 지식재산권 관련 정보 DB 검색·열람 서비스를 제공하는 한국특허정보원의 특허정보검색 서비스를 이용한다. Lim(2004)의 연구와 같이 한 기업이 반도체 외의 사업을 병행하여 진행할 수 있기 때문에 미국 반도체 산업 관련 특허 코드로 한정하여 기업 별로 등록특허를 검색한다. 기업의 정확한 영문명은 기업의 공식 홈페이지에서 확인하여 특허 검색에 활용했다.

<표 7> 는 반도체 산업 관련 미국 특허 코드로 표본 기업들은 1997~2017년에 총 179,552개의 등록특허를 보유하고 있다.

<표 7> 반도체 산업 관련 미국 특허 코드

특허 코드	설명	특허 건수
156/345	막질 증착	27,381
257	능동 고체 소자 (트랜지스터, 고체 소자 다이오드)	51,430
327	기타 능동 고체 전기 비선형 소자, 회로 및 시스템	12,495
330	증폭기	4,002
331	발진기	2,528
365	정적 정보 저장 및 검색	20,170
438	반도체 소자 제조 (공정)	49,858
711	전기 컴퓨터 및 디지털 처리 시스템 (메모리)	11,688
총합		179,552

자료: Lim(2004) 재구성

이상으로 과학연구와 기술혁신 간 관계성에 대한 본 연구모형을 검증하기 위해 변수의 조작적 정의를 <표 8> 와 같이 정리한다. Griliches(1990)는 특허가 기술 지식의 가치가 반영하기 때문에 기술혁신 성과를 측정하는 객관적인 척도로 주장했다. 또한, 특허는 발명의 신규성을 바탕으로 등록되기 때문에 출원특허보다 등록특허의 가치가 높다 (Ernst, 1995) 따라서 본 연구는 기술혁신 성과의 종속변수로 등록특허를 활용한다.

또한, 미국 국립과학재단(National Science Foundation)이 정의한 기초과학 연구 및 응용과학 연구의 개념을 사용하여 SCI 저널 인용 보고서 내 반도체 관련 저널을 기초과학 및 응용과학 저널로 분류하고 해당 저널에 게재된 논문을 각각 기초과학 연구와 응용과학 연구로 정의한다.

<표 8> 변수의 조작적 정의

구분	조작적 정의	측정지표
종속변수	기술혁신 성과	등록특허
독립변수	기초과학 연구	기초과학저널 논문
매개변수	응용과학 연구	응용과학저널 논문

<표 9> 은 연구모형에 사용된 관측변수들의 기술통계량으로 1997~2017년에 반도체 기업들은 평균 76.1건의 등록특허를 취득했으며, 0.8건의 기초과학 논문, 8.3건의 응용과학 논문을 SCI 저널에 출판했다.

<표 9> 기술통계량 (변수는 기업별 수치)

변수명	기업수	최소값	최대값	평균	표준편차
등록특허	103	0	784.5	76.126	131.341
응용과학	103	0	110.8	8.343	17.794
기초과학	103	0	17.4	0.876	2.423

## IV. 실증분석 결과

### 1. 다중회귀분석

기초·응용과학 연구가 기술혁신 성과에 미치는 직접적인 영향성을 확인하기 위해 다중회귀분석을 실시한다. 먼저, 기업별 등록특허, 기초과학 논문, 응용과학 논문 변수들 간 피어슨 상관분석 결과는 <표 10> 과 같다. 등록특허, 응용과학 논문, 기초과학 논문은 상호 상관성을 보인다. 기초·응용과학 논문 간 높은 상관성은 다중 공선성(Multicollinearity) 문제를 의심하게 된다.

<표 10> 피어슨 상관분석

	1. 등록특허	2. 기초과학 논문	3. 응용과학 논문
1	1	.542**	.732**
2	.542**	1	.803**
3	.732**	.803**	1

\*\*상관계수는 .01 수준(양쪽)에서 유의함

<표 11> 다중회귀분석 결과, 기초과학·응용과학 연구 변수들의 VIF(Variance Inflation Factor)값은 2.815로 일반적 판단 기준인 10 보다 작아서 다중공선성 문제는 없는 것으로 판단된다. 응용과학 연구의 회귀계수는 정(+)의 값이며 유의미하게 분석된 반면, 기초과학 연구의 유의확률은 .259로 통계적으로 유의하지 않다.

<표 11> 다중회귀분석 결과(종속변수는 1997~2017 회사별 등록 특허)

종속변수	독립변수	비표준화계수 B	표준오차 (SE)	표준화계수 $\beta$	t	유의확률	R <sup>2</sup>	공차	VIF
등록 특허	(상수)	30.789	9.782		3.148	.002	.542	.355	2.815
	응용과학	6.168	.838	.836	7.359	.000			
	기초과학	-6.987	6.156	-.129	-1.135	.259			

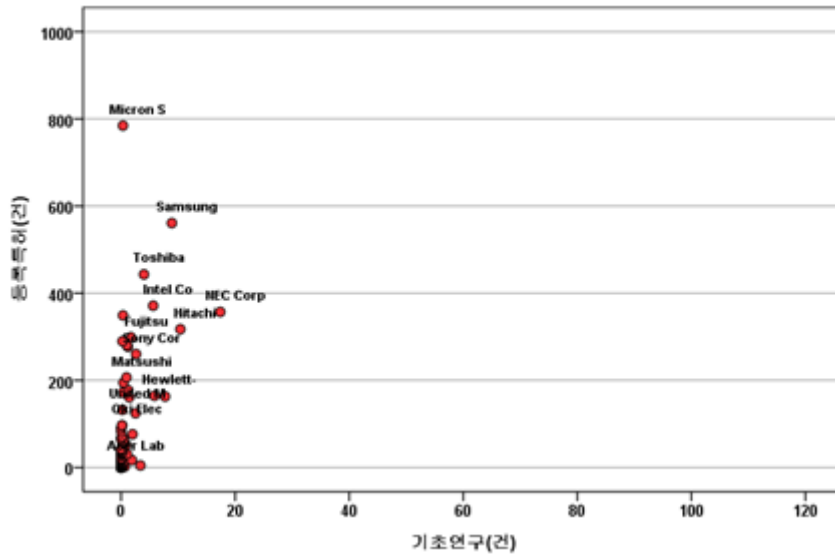
반도체 기업들이 보유한 등록특허와 응용과학 논문 간 산점도는 <그림 3> 과 같다. 응용과학 논문을 많이 출판한 기업들은 등록특허가 대체로 많은 경향을 보이는 반면, 기초과학 논문이 적은 기업들도 등록특허를 많이 보유하여 변수 간 상관성이 <그림 4> 에 서처럼 잘 나타나지 않는다.

Micron은 등록특허가 두드러지게 많지만, 기초·응용과학 논문은 추세를 벗어나게 적다. 반도체 상위 업체인 삼성, 인텔, 도시바와 비교할 때 과학연구 논문이 매우 적는데, 이는 Micron의 기술개발 전략에서 원인을 찾을 수 있다.

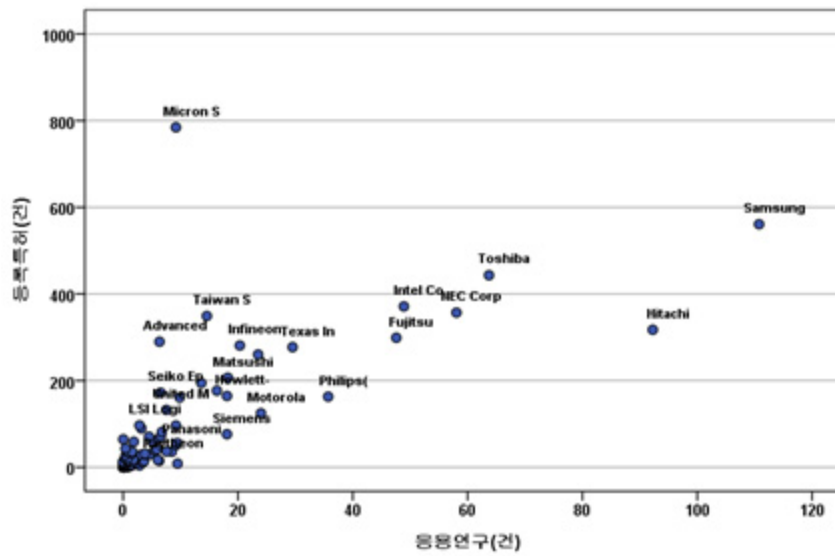
일반적으로 반도체 기업들은 연구 성과물을 논문으로 출판하기 전에 특허를 먼저 출원한다. 2018~2019년에 반도체 전문가들을 인터뷰한 결과 기업들은 논문에 앞서 특허를 출원하여 기술 지식의 소유권 확보와 미래의 개발 리스크를 상쇄하려는 경향이 강하다. 특허의 보호 자격은 아이디어의 신규성을 전제로 한다(Lim, 2004). 따라서 논문을 먼저 출판하게 되면 특허의 신규성 조건이 무너지게 된다.

특허 출원 후 논문을 출판하는 것은 기업의 기술개발 전략에 달려있다. <그림 4>에서 상위 업체인 삼성, 인텔, 도시바는 등록특허가 응용과학 논문 대비 8 배 이상 많은데, 특허 출원 후 논문을 출판하는 것은 의무사항(Must-do)이 아닌 기업의 개발 전략에 따른 선택의 문제이기 때문이다.

기업들이 특허를 중요하게 보는 이유는 특허가 산업에 적용되어 기술혁신에 활용되는 것뿐만 아니라 경쟁사를 견제하거나 특허 공격에 대한 방어 목적으로도 사용되기 때문이다(심미랑 외, 2013). 특히 반도체 산업에서는 지적재산권 분쟁이 자주 발생하고 특허괴물(patent troll)에 의한 소송이 빈번하게 일어나기 때문에 사업을 방어하는 주요 수단으로 특허가 활용된다. 실제로 특허의 강력한 방어적 권리를 활용하여 해당 기술이 상용화되면 거액의 합의금을 요구하는 특허괴물의 등장으로 특허 분쟁이 속출하고 있다(심미랑 외, 2013).



<그림 3> 반도체 기업들의 특허등록 vs 기초연구 논문, 1997~2017



<그림 4> 반도체 기업들의 특허등록 vs 응용연구 논문, 1997~2017

## 2. 매개 회귀분석

<그림 2> 에서 가정한 연구모형을 검정하기 위해 Baron · Kenny(1986)의 3단계 매개 효과 분석법을 이용한다. 기초과학 논문을 독립변수, 응용과학 논문을 매개변수, 등록특허는 종속변수로 설정하여 회귀분석을 실시한 결과는 <표 12> 와 같다.

1단계로 독립변수인 기초과학 논문은 매개변수인 응용과학 논문에 정(+의 영향을 미치며 통계적으로 유의하게 나타났다. 2단계로 독립변수인 기초과학 논문은 종속변수인 등록특허에 정(+의 영향을 주고 통계적으로 유의한 결과를 보인다. 3단계로 매개변수인 응용과학 논문이 독립변수인 기초과학 논문과 종속변수인 등록특허 간에 매개효과를 갖는지 확인하기 위해 다중회귀분석을 실시한 결과 독립변수인 기초과학 논문은 통계적으로 유의하지 못했고 매개변수인 응용과학 논문은 등록특허에 정(+의 영향을 주고 통계적으로 유의한 결과를 보인다. 따라서 응용과학 논문은 매개효과를 갖으며, 독립변수인 기초과학 논문이 통계적으로 유의하지 않았기 때문에 완전매개효과를 나타낸다.

<표 12> 응용과학 연구 활동의 매개효과 분석

		1단계		2단계		3단계	
종속변수		응용과학 논문		등록특허		등록특허	
예측값		$\beta$ 값	t값	$\beta$ 값	t값	$\beta$ 값	t값
독립변수	기초과학 논문	0.80***	13.54***	0.54***	6.48***	-0.13	-1.14
매개변수	응용과학 논문					0.84***	7.36***
R2		0.645		0.294		0.542	
유의확률 F변화량		.000		.000		.000	

\*\*\*p<.001

기초과학 연구 활동이 기술혁신 성과 창출에서 흡수역량(Absorptive capacity) 강화로 외부지식의 가치인지, 체화, 제품화를 향상(Cohen · Levinthal, 1990)하고, 응용과학 연구 주제를 선정하는 혁신기회의 포착을 제고(Rosenberg, 1990)하는지 응용과학 연구의 매개효과를 검증한 결과 통계적으로 유의한 결과를 나타냈다. 이는 기초과학 연구가 흡수역량을 향상시켜서 외부지식의 가치인지 능력을 키우고, 응용과학으로 매개되어 혁신기회의 포착 및 창출에 기여함을 의미한다.

독립변수인 기초과학 연구와 매개변수인 응용과학 연구를 포함하여 회귀분석을 실시

하면 기초과학 연구가 통계적으로 유의하지 못하기 때문에 <표 13> 과 같이 응용과학 연구는 완전매개효과로 작용한다. 박희준 외(2013)은 기초과학 연구 성과는 상품화 이전 단계이고, 특히 창출은 상품개발 및 공정 개선의 단계로 보았다. 반도체 산업은 제약 산업과 달리 기초과학 연구 결과가 기술혁신 성과인 특허로 직결되기 어려운 것으로 해석할 수 있다.

매개효과의 유의성을 검정하기 위해 Sobel Test를 진행한 결과는 <표 14> 과 같다. Sobel Test 값은 8.44로 1.96보다 커서 매개효과는 통계적으로 유의한 것으로 판단된다.

<표 13> 매개 회귀분석

매개변수	종속변수	독립변수
		기초과학 연구
응용과학 연구	등록특허	완전매개

<표 14> 응용과학 연구의 매개효과 Sobel Test 결과

독립변수	매개변수	종속변수	간접효과	Sobel Test
기초과학	응용과학	등록특허	0.67	8.44

### 3. 기업 성과별 과학연구, 기술혁신 및 재무성과 간 연관성 분석

반도체 기업들의 기초과학·응용과학 연구와 기술혁신 성과 간 다중회귀분석 실시 결과 기초과학 연구와 등록특허 간 통계적으로 유의하지 않았기 때문에 1997~2017에 기초과학·응용과학 연구 논문, 등록특허, 재무성과, 연구개발비 등 자료 수집이 가능한 31개 기업에 대한 추가 분석을 실시한다. 이를 통해 반도체 산업 내 고성과를 창출하는 기업들의 과학연구와 기술혁신 성과 간 관계성을 분석하여 시사점을 도출하고자 한다.

매출액, 영업이익, 연구개발비 등 재무자료는 <표 15>에 명시된 기업들의 사업보고서를 참조한다. 또한, 기업별 논문은 Scopus의 문서검색 서비스, 등록특허 자료는 한국특허정보원의 특허정보검색 서비스를 이용한다. 반도체 산업은 대규모의 투자가 이뤄지는 장치 산업이기 때문에 연매출 10조원 이상을 달성한 기업을 <표 15> 와 같이 고성과 기업으로 분류한다.



고성과 기업 여부는 명목척도이기 때문에 더미변수로 설정하여 1은 고성과 기업, 0은 저성과 기업으로 지정한다. 경쟁적인 치열한 시장 환경에 놓인 기업들의 성공에 필수적인 프로세스가 기술혁신(Brown · Eisenhardt, 1995)이기 때문에 고성과 기업의 기초과학 · 응용과학 연구, 특히 관점에서 저성과 기업들과의 차이점을 고찰하면 반도체 산업 내 기업들에게 시사점을 제시할 수 있을 것이다. 또한, 반도체 업체들이 과학연구를 위한 연구개발비 투자를 집행할 때 매출액, 영업이익, 영업이익률 중 영향력이 높은 인자가 무엇인지 분석한다.

<표 15> 성과별 기업분류

회사	기초과학연구	응용과학연구	등록특허	매출액(\$M)	성과분류
AMD	0.2	7.0	304	4,712	저성과
Analog Devices	0.0	5.6	43	2,530	저성과
Broadcom	0.0	6.2	74	4,203	저성과
Cirrus Logic	0.0	0.9	15	0,562	저성과
Cray	0.3	0.0	2	0,275	저성과
Cypress	0.1	1.8	60	0,971	저성과
Ericsson	0.1	8.6	45	19,931	고성과
Grumman	0.5	6.2	15	21,713	고성과
HP	5.8	18.1	170	82,734	고성과
IBM	40.1	118	4	90,850	고성과
Infineon	0.9	19.2	313	5,674	저성과
IDT	0.1	0.5	21	0,582	저성과
Intel	5.5	39.1	387	40,686	고성과
Lattice Semi	0.0	0.1	9	0,290	저성과
Marvell	0.0	3.0	30	1,808	저성과
Microchip Tech	0.0	0.1	12	1,157	저성과
Micron	0.3	9.1	827	7,282	저성과
Nvidia	0.1	0.9	43	3,188	저성과
Philips	10.2	42.3	214	28,889	고성과
Qualcomm	0.3	7.5	72	11,343	고성과
Ricoh	0.1	4.1	31	18,871	고성과
Rohm	0.5	5.1	78	3,511	저성과

회사	기초과학연구	응용과학연구	등록특허	매출액(\$M)	성과분류
Samsung Elec	8.7	109.1	1,093	24,960	고성과
SK Hynix	0.4	13.6	274	08,405	저성과
ST Micro	0.4	5.4	20	07,766	저성과
TI	1.2	29.5	330	11,891	고성과
Toshiba	4.0	40.7	625	14,209	고성과
TSMC	0.3	14.4	402	12,530	고성과
UMC	0.2	3.2	17	03,018	저성과
United Tech	0.6	0.8	3	41,652	고성과
Xilinx	0.1	1.6	37	01,659	저성과

<표 16> 에서 기업 성과를 독립변수로 기초과학·응용과학 연구, 등록특허, 연구개발비를 목적변수로 설정하여 회귀분석을 실시한 결과, 고성능 기업은 모든 종속변수에 통계적으로 유의한 결과를 보인다. 고성능 기업은 기초과학 논문에 5.76, 응용과학 논문에 29.11, 등록특허에 139.76, 연구개발비에 2347.38 만큼 저성과 기업보다 기술혁신 성과 창출에 더 영향을 미친다.

송지현(2018)의 연구에 의하면 반도체와 같이 신 공정 및 차세대 제품의 출현이 빈번한 산업에서는 제품에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

반도체 기술혁신의 달성이 어려워지고, 기존 지식을 신기술 개발에 적용하면 정합성이 맞지 않아서 물리학·화학처럼 기초과학에 바탕을 둔 솔루션이 필요하다. 즉, 반도체 산업 내 고성능을 창출하는 선도 기업들은 기술한계를 돌파하여 지속적인 성장을 위해 저성과 기업들보다 기초과학 연구 활동이 활발한 것으로 해석할 수 있다. 산업 성장률의 정체를 방지하기 위해 최첨단 과학연구에 대해 장기적으로 기업들의 집중적인 투자가 필요하다.

<표 16> 회귀계수(종속변수는 기업별 기초·응용연구, 특허, 연구개발비)

종속변수		기초과학		응용과학		등록특허		연구개발비	
예측값		B값	$\beta$ 값	B값	$\beta$ 값	B값	$\beta$ 값	B값	$\beta$ 값
독립변수	성과	5.76***	0.36***	29.11***	0.47***	139.76***	0.20***	2347.38***	0.55***

\*\*\*p<.001

주목할 부분은 기초과학 연구, 응용과학 연구, 연구개발비에 대하여 고성과 기업의 영향력을 나타내는 표준화 계수가 0.36, 0.47, 0.55로 점차 증가한다는 점이다. 심미랑(2013)은 기초과학 연구, 응용과학 연구, 영업이익에서 환원되는 연구개발비 순으로 기술혁신 단계 내 사업화 단계에서 가까울수록 기업 성과에 의한 영향력이 커진다고 보았다.

등록특허에 영향을 미치는 표준화 계수 값은 0.20으로 다른 종속변수 대비 작다. 앞서 논의한 것처럼 반도체 산업은 특허피물에 의한 소송이 빈번하여 사업을 방어하는 용도로 특허가 주로 활용된다. 따라서 반도체 산업 내 대부분의 기업들은 특허 출원에 적극적임을 반증한다.

기술혁신 성과 창출의 바탕이 되는 과학연구 활동은 기업의 연구개발비 투자에 의존한다. 기업의 경제적 성과변수인 매출액, 영업이익, 영업이익률 중 반도체 산업 내 연구개발비 투자에 가장 큰 영향을 주는 요인을 분석한다. 이에 연구개발비를 종속변수, 매출액, 영업이익, 영업이익률을 독립변수로 설정하여 다중회귀분석을 진행한 결과는 <표 17> 와 같다. 비표준화 계수는 매출액이 0.021, 영업이익은 0.318이며, 영업이익률은 통계적으로 유의하지 않았다. 매출액, 영업이익, 영업이익률의 공차는 모두 0.1 이상이며, VIF값도 모두 10이하로 다중공선성이 존재하지 않는 것으로 판단된다. 표준화 계수는 영업이익이 0.569, 매출액은 0.235로 영업이익이 연구개발비에 더 큰 영향력을 미치는 것으로 나타났다. 흥미롭게도 기업의 사업 효율을 측정하는 영업이익률은 연구개발비에 유의하지 않았는데, 이는 반도체 산업이 장치산업이므로 기업의 사업 효율성 보다 절대적 규모의 투자를 집행할 수 있는 자금력을 갖추었는지가 중요하기 때문이다.

<표 17> 회귀계수(종속변수는 1997~2017 회사별 연구개발비)

종속변수	독립변수	비표준화계수 (B)	표준오차 (SE)	표준화계수 ( $\beta$ )	t	유의확률	R <sup>2</sup>	공차	VIF
연구개발비	(상수)	550.378	64.633		8.515	.000	.577	0.457	2.189
	매출액	0.021	0.003	0.235	6.201	.000			
	영업이익	0.318	0.021	0.569	14.985	.000			
	영업이익률	0.149	0.538	0.007	0.277	.782			

## V. 결론 및 시사점

반도체 산업과 기술혁신이라는 주제로 선행연구들을 살펴보면 특정 기업/국가/설비 산업/제품 위주로 단기 간 기술혁신 역량을 확보한 비결에 대한 사례연구들 위주였다. Lim(2004)의 연구가 통계기법을 활용한 일반화된 논문이었으나, 반도체 산업이 제약 산업과 속성이 유사하다고 가정하여 제약 산업 내 과학연구와 기술혁신 간 연구모형을 그대로 차용하여 반도체 산업 내 과학연구와 기술혁신 간 직접적인 분석을 시도했다. 그 결과 Lim(2004)의 연구에서는 반도체 산업에서는 기초과학 연구가 수십 년 전에 발견되었음(Macher 외, 1999) 등을 근거로 기초과학 연구보다 응용과학 연구가 중요하다는 결론을 도출했다.

이는 기초과학 연구의 중요성에 대한 아래의 설명들과 부합되지 않는다. 박희준 외(2013)의 연구에서는 기초과학 연구가 응용과학 연구를 촉진할 수 있지만 많은 기업들이 공정 개선과 제품 개선 등 단기성과 창출에 용이한 응용과학 연구에만 집중하고, 장기적인 미래를 대비하는 기초과학 연구에는 소홀한 경향이 있다. 또한, 본 연구의 핵심 연구 대상인 반도체 기업들을 살펴보면 경영진들은 1~2년 내 경영성과를 가지고 업적을 평가받기 때문에 5~10년 뒤를 대비한 중장기적 기술개발을 위한 기술혁신 연구에는 많은 노력과 리소스를 투입하기 어려운 상황이다.

반면, 본 연구에서 제시한 연구모형을 통해 분석한 결과 반도체 산업에서는 응용과학 연구만 중요한 것이 아니라, 기초과학 연구도 중요하다는 결론을 도출했다. 즉, 기초과학 연구를 통해 외부지식의 가치인지 및 응용과학 연구 주제 선정 능력이 제고되고 혁신기회의 포착능력을 향상시키는 응용과학 연구가 촉진되어 응용과학을 매개로 기술혁신 성과가 창출됨을 확인하였다. 또한, 응용과학 연구는 기초과학 연구와 기술혁신 성과 창출 간의 관계에서 완전매개효과를 나타냈다.

최근 일본과의 무역 분쟁에서 수출규제가 적용된 일본산 포토레지스트, 에칭가스, 플루오린 폴리이미드는 반도체 생산에 필수적인 정밀화학 원료로서 국내 반도체 주요 기업들은 각각 92%, 44%, 94%를 일본에서 수입하고 있다(MK, 2019). 이러한 반도체 부품 소재는 높은 순도와 품질을 요구하기 때문에 원천기술을 확보하려면 화학·물리 등 기초과학 연구 활동이 중요하며 기업의 노력만으로는 완전한 해결이 어렵고, 산학연의 협력이 필수적이다. 현 상황에서 기초과학 연구도 중요하다는 점은 업계에 주요한 시사점으로 작용할 수 있다.

반도체 기업들은 기초과학 연구에 보다 적합한 환경을 가지고 있는 대학의 연구소와 전략적인 협력관계를 구축하고 장기적 관점에서 공동 연구 개발이 필요하다. 실제 현실은 위에서 살펴본 것처럼 한국의 반도체 기업들의 경우 중장기적 대비를 위한 기초과학 연구가 부족한 실정이다. 공정 미세화 한계와 차세대 제품 개발 난이도 증가에 따라 기초과학 연구를 통한 급진적인 기술혁신이 필요한 시기가 도래하고 있다. 또한, 최근 일본과의 반도체 규제 관련 대내외 어려운 환경 요인들도 본 연구 주제에 시의성을 더한다. 이러한 점들이 본 연구의 학문적/실용적 기여로 판단된다.

한편 기업성과 수준에 따른 기초과학, 응용과학, 특히, 연구개발비의 영향성 분석에서는 본 연구의 핵심인 과학연구와 기술혁신 성과를 뒷받침하여 성과 수준이 높은 기업들이 과학연구와 특히, 연구개발투자 활동에 더 적극적임을 실증해보는 것이 목적이었다. 성과가 높은 기업은 기초과학/응용과학 연구, 특히, 연구개발 투자 활동이 그렇지 못한 기업보다 더욱 활발할 것이라는 합리적 추정이 가능하나 이를 데이터로 실증해 보이는 부분도 연구의 의미를 갖는 것으로 판단했다.

분석 결과 성과수준이 높은 기업들은 목적변수인 기초과학 연구, 응용과학 연구, 특히, 연구개발투자 활동에 그렇지 못한 기업보다 더 큰 영향을 미친다. 흥미로운 점은 기초과학 연구, 응용과학 연구, 연구개발비에 대한 영향력인 표준화 계수 값이 점차 증가한다는 점이다. 심미랑 (2013)의 연구에 의하면, 기술혁신 단계에서 기초과학 연구, 응용과학 연구 그리고 영업이익에서 발생하는 연구개발비 순으로 사업과의 시차가 짧을수록 기업 성과에 따른 영향력이 커진다.

연구개발비를 목적변수로 설정하여 매출액, 영업이익, 영업이익률을 독립변수로 다중회귀분석을 실시한 결과 영업이익과 매출액 순으로 연구개발비에 유의미한 영향을 미치는 반면, 영업이익률은 연구개발비 투자에 유의하지 않았다. 반도체 산업은 장치산업으로 기업의 사업 효율성 보다 투자를 집행할 수 있는 절대적 자금력을 갖추었는지가 더 중요한 것으로 보인다.

한편, 영업이익률이 높으면 free cash flow가 많아 연구개발에 투자할 여력이 높다. 반도체 산업에서 높은 영업이익률 달성을 위해서 웨이퍼당 생산성을 개선하기 위한 공정 미세화를 경쟁사 보다 앞서 달성해야 한다. 결국 원가경쟁력을 높여야 판가하락의 불황에도 생존할 수 있다.

반도체 산업에서 빈번하게 회자되는 치킨 게임의 경우 기업들은 원가 이하에도 제품을 공급하는 어려운 시기를 견뎌야 한다(MK, 2019). 역설적으로 영업이익률을 높이기 위해 매출원가와 관관비를 줄여야하며 장치산업과 첨단공정에 막대한 비용이 소요되는

반도체 산업에서 공정미세화에 대한 의존도는 증가한다. 결국 기술혁신의 달성이 중요하고 이를 통해 공정미세화와 원가절감이 이뤄진다.

영업이익률이 높지 않은 시기에도 중장기 영업이익률을 높이기 위해 많은 연구개발비용의 지출이 필요하다. 따라서 영업이익률과 연구개발 투자비용 간 회귀분석에서 유의하지 않은 결과가 나온 것으로 판단하였다. 그러나 추론의 신뢰도를 높이기 위해 추후 연구의 필요성이 제기된다.

기업들은 점진적 혁신에 익숙하고 주주들에게 많은 이익을 환원하기 위해서 급진적 혁신을 추구하는 기초과학 연구보다 기존 제품의 개량 및 개선으로 개발 방향을 선회한다(Achilladelis, 1988). 즉, 기술혁신의 한계를 돌파하기 위한 과학연구의 투자가 필요하나, 경영진은 새로운 기술에 대한 재무적 불확실성을 최소화하기 위해 기존 제품·기술의 개선을 선호한다(Achilladelis, 1988).

한국의 반도체 기업들이 기술혁신을 위한 기초과학 연구 활동을 회피할 경우 미래 기술의 개발 타이밍을 놓쳐서 산업 내 기술 리더십을 상실할 수 있다. 또한, 지속적인 기술혁신의 추구는 단기 이익 실현의 관점보다 새로운 이윤을 창출할 수 있는 연구개발 문화를 조성하기 때문에 더욱 중요하다(Achilladelis, 1988).

점진적 혁신(Incremental innovation)은 동일한 제품 구조에서 부가적인 개선을 통해 달성된다(Henderson · Clark, 1990). 기존에 알려진 물질, 과학 및 기술에 작은 변화를 가해서 달성되는 혁신이다(Achilladelis, 1988). 반면, 급진적 혁신(Radical innovation)은 새로운 물질, 설계 및 공정 기술을 요구하기 때문에 기존에 알고 있던 과학 지식이 더 이상 유효하지 않다(Henderson · Clark, 1990).

한 예로 국내 메모리 반도체 선도 기업은 경쟁 기업들이 기존의 평면구조에서 공정미세화를 통한 점진적 혁신에 집중할 때, 새로운 기술혁신인 3 차원 반도체 개발에 장기간 막대한 리소스를 투자한 결과 후발업체들을 압도할 수 있었다(Nikkei, 2016). 3 차원 구조를 통해 기술한계를 돌파하여 새로운 기술혁신을 달성했으며, 성능과 신뢰성을 모두 개선했다(Goda, 2013).

반도체 기업들이 직면한 공정 미세화의 기술적 한계로 점진적 혁신에서 새로운 과학 지식을 요구하는 급진적 혁신으로의 기술혁신 전이 과정에서 기초과학 연구는 매우 중요하다. 기초과학 연구는 흡수역량을 향상하여 외부지식의 가치인지와 급진적 혁신 활용능력을 제고하여 기술혁신 성과 창출에 기여하기 때문이다.

반도체 기업들은 기초과학 연구에 보다 적합한 환경을 가지고 있는 대학의 연구소와 전략적인 협력관계를 구축하고 장기적 관점에서 공동 연구 개발을 더욱 활성화할 필요

가 있다. 실제로, 인텔은 대학과 협회에 투자하여 기초과학 지식을 흡수한다(Moore, 1996).

반도체 산업 내 과학연구와 기술혁신 성과에 대한 고찰을 위해 논문과 특허를 주요 지표로 분석하였는데, 종속변수인 등록특허에 영향을 미치는 요인들이 기업의 규모, 연구개발 인력 수, 재무상태 등 다양할 것으로 판단된다. 과학연구 성과인 논문과 기술혁신 성과인 특허의 관계성 분석의 정확도를 제고하기 위해 그 외의 영향요인들을 통제변인으로 고려할 필요가 있다. 또한, 과학연구와 기술혁신 성과에 영향을 미치나 전유성으로 인해 드러나지 않는 기업의 내적역량과 기술전략을 측정하는 지표의 개발 또한 필요하다. 이러한 부분은 본 연구의 한계점으로 향후 연구의 필요성이 제기된다.

한편, 과거 AT&T가 소유했으며 현재 Alcatel-Lucent의 자회사 Bell Labs는 물리학, 재료학 등 기초과학 분야에서 우수한 논문들을 Top Journal인 Nature 등에 게재했고 반도체 소자, 레이저, GPS, 유리와 자성 소재의 전자기적 구조 등을 발견하여 6개의 노벨상을 획득했다(Wired, 2008). 기초과학 저널에 게재된 논문을 통해 높은 기술혁신 및 잠재적 역량을 보여준 사례이다.

기초과학 저널 중 대표적인 Nature와 Science는 SCIJournal.org에 의하면 2017/2018년 기준 Impact factor가 각각 41.577, 41.058로 지수가 높은 반면, 반도체 기업들이 게재한 응용과학 저널들 중 비중이 31%에 이르는 IEEE(전기전자기술자협회) 저널들 중 IEEE Journal of Solid-State Circuits와 IEEE Electron Device Letters는 같은 해 기준 각각 4.075, 3.433으로 Impact factor가 10분의 1 수준이었다. 이 경우 기초과학 저널의 경우 응용과학 저널 논문 보다 게재 승인 비율이 낮고 논문의 질이 높다고 판단가능하다.

다만, Impact factor가 높은 저널에 게재된 논문 1편이 Impact factor가 낮은 저널에 게재된 논문 몇 편에 상응하는지 비교 기준의 개발이 필요하다. 기업별 기초과학 논문과 응용과학 논문의 게재 수를 측정할 때 Impact factor의 높고 낮음에 대한 고려를 하지 못한 부분은 본 연구의 한계점으로 추후 연구에서 Impact factor의 weight를 고려한 과학연구와 기술혁신 성과 간 관계성 분석의 필요성이 제기된다.

기업성과 수준에 따른 기초과학, 응용과학, 특허, 연구개발비의 영향성 분석에서 본 연구의 핵심인 과학연구와 기술혁신 성과를 뒷받침하여 성과 수준이 높은 기업들이 과학연구와 특허, 연구개발투자 활동에 적극적임을 실증해보는 것이 목적이었다. 성과가 높은 기업은 기초과학/응용과학 연구, 특허, 연구개발 투자 활동이 그렇지 못한 기업보다 활발할 것이라는 합리적 추정이 가능하나, 이를 데이터로 실증해 보이는 것도 연구의 의미를 갖는다고 판단했다. 그러나 기업의 성과 수준과 기초과학, 응용과학, 특허, 연구개발

발비 간의 관계성 분석에서도 기업 규모, 연구개발 인력수, 재무상태, 각 기업이 속한 국가의 반도체 산업 정책/제도 등 다른 영향요인들이 함께 고려되지 못한 한계점을 가지므로 향후 연구의 필요성이 제기된다.

한편, 독립변수인 기업성과 수준에 종속변수인 기초과학, 응용과학, 특히, 연구개발 투자비가 영향을 미칠 수 있는 내생성의 우려가 제기될 수 있다. Scotchmer(1991)의 연구에 의하면 과학적 진보의 누적 속성으로 인해 기술혁신이 다시 신규 과학연구로 연결될 수 있다. 따라서 인과관계의 방향 관점에서 과학연구, 특히, 연구개발 투자 요인이 기업의 성과수준으로 연결될 수 있고, 성과 수준이 높은 기업은 다시 과학연구, 특히, 연구개발 투자 활동이 활발하여 과학연구, 기술혁신, 재무성과 간 관계성을 더욱 강화시킬 수 있다고 판단했으나, 이 또한 연구의 한계점으로 추후 연구에서 검토가 필요하다.

재무성과를 기술혁신의 독립변수로 진행한 부분 역시 본 연구의 한계점으로 판단할 수 있어서 향후 경제성과를 기술혁신의 종속변수로 처리하여 분석을 시도할 필요가 있다.

공정 미세화의 한계에 근접하여 차세대 제품 개발의 난이도가 급격하게 상승하고 이에 따른 최첨단 기술 개발/적용을 위한 값비싼 설비 도입으로 CAPEX와 공정비용이 급격히 증가하고 있다. 따라서 과거 보다 기존 공정에서 차세대 공정으로 전환할 때의 효율인 원가절감율이 감소하고 투자금 회수에 많은 기간이 소요된다.

2017~2018년 수요와 공급의 불균형 및 전 세계 데이터센터와 IOT의 성장으로 반도체 슈퍼 사이클 형성(중앙일보, 2019)된 이후 현재 업계는 공급이 수요를 초과하여 제품의 판가가 급격히 하락하는 어려움을 겪고 있다. 판가가 떨어지는 상황에서 원가절감율을 높이거나 판매량을 높이지 못하면 매출 성장 또는 규모를 수성하기 어렵다.

과학기술정책연구원(2016)의 연구에 의하면 혁신기업이 그렇지 못한 기업보다 높은 매출 규모를 나타낸다. 이에, 기업의 성과 수준을 매출규모로 설정하였으나 기업의 규모를 정규화한 성과 지표를 활용한 연구가 정합성이 높을 것으로 예상되기 때문에 본 연구의 한계점으로 향후 연구의 필요성이 제기된다.

향후에는 과학연구, 기술혁신, 재무성과를 종합적으로 연결한 분석이 필요하며, 장치산업의 속성을 갖는 철강·화학 산업 등 타 산업에서 응용과학 연구가 갖는 매개효과에 대한 연구가 필요하다.



# 참고문헌

## (1) 국내문헌

- 과학기술정책연구원 편집부 (2016), "통계로 보는 혁신유형별 기업성과(매출부문)", 과학기술정책, 26 (10), pp. 42-47.
- 김미선·연승민·김재수·이병희 (2015), "연구수행 주체에 따른 국가R&D 기술이전 성과 영향요인 분석", 『한국콘텐츠학회논문지』, 제15권 11호, pp. 559-570.
- 김인자·오윤정·김연희 (2016), "연구개발(R&D)활동이 GDP에 미치는 영향 분석: 과학기술논문과 특허의 매개를 통하여", 『기술혁신학회지』, 제19권 3호, pp. 658-685.
- 김철희·이상돈 (2007) "산학협력성과와 대학의 역량요인의 관계에 관한 연구", 『기술혁신학회지』, 제10권 4호, pp. 629-653.
- 김치환·박현우 (2013), "대학의 기술이전 성과와 기술가치평가의 역할", 『기술혁신학회지』, 제16권 3호, pp. 754-783.
- 박희준·오정석·이정훈·박종우 (2013), "기술혁신과 경영전략", 『피어슨에듀케이션코리아』.
- 송지현 (2018), "R&D 투자와 특허간의 시차효과 분석", Productivity Review, Vol.32, No.2, June 2018
- 신장섭·장성원 (2006), "삼성 반도체 세계 일등 비결의 해부", 『삼성경제연구소』.
- 심미랑·장태미·유계환 (2013), "기술혁신에 있어서 특허활용의 역할 및 법제도적 개선방안", 『기술혁신학회지』, 제16권 3호 pp.809~838.
- 이현준·백철우·이정동(2014), "기업 R&D투자의시차효과분석", 『기술혁신연구』, Vol.22(1), pp.1-22.
- 정도범·정동덕(2013), "공공연구기관의 성과관리, 활용역량 및 활동이 기술이전 성과에 미치는 영향", 『기술경영경제학회』, Vol.21, pp.199-223.
- 정성철·윤문섭·장진규 (2004), "특허와 기술혁신 및 경제발전의 상관관계", 『정책연구』, 2004.12, pp.1-114.
- 정수관·강상목 (2012), "정부 R&D, 민간 R&D와 생산성의 인과관계 분석", 『생산성논집』, Vol.26(3), pp.107-137.
- 조남재 (2014), "기술기획과 로드매핑", 『시그마프레스』.
- 중앙일보 (2018), <https://news.joins.com/article/23234345>

## (2) 국외문헌

- Achilladelis, B., Schwarzkopf, A., and Cines, M. (1988), "The dynamics of technological innovation: The case of the chemical industry", Research Policy 19, pp. 1-34.

- Ali, M., Muhammad, A., and Park, Kichan (2011), "A spiral process model of technological innovation in a developing country: The case of Samsung", *African Journal of Business Management* Vol. 5, No.7, pp. 2874-2889.
- Baron, R. M. and Kenny, D. A. (1986), "The Moderator-Mediator Variable Distinction in Social Psychological Research: Conceptual, Strategic, And Statistical Considerations", *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6): pp. 1173 - 1182.
- Brown, S., Eisenhardt, K. (1995), "Product development: Past research, present findings, and future directions", *Academy of Management Journal*, 20: pp. 343 - 378.
- Chang, Pao-Long and Tsai, Chien-Tzu (2002), "Finding the niche position - competition strategy of Taiwan's IC design industry", *Technovation* 22 (2002), pp. 101 - 111.
- Choi, Changwoo and Park, Yongtae (2009), "Monitoring the organic structure of technology based on the patent development paths", *Technological Forecasting & Social Change* 76 (2009) pp. 754 - 768.
- Clark J., Soete L. (1982), "Unemployment and Technical Innovation", Greenwood Press, Westport. Connecticut
- Cockburn I., Henderson R.M., (1998), "Absorptive capacity, co-authoring behavior and the organization of research in drug discovery", *Journal of Industrial Economics* 46 (2), pp. 157 - 182.
- Cockburn I., Henderson R.M., (2000), "Publicly Funded Science and the Productivity of the Pharmaceutical Industry", *Innovation Policy and the Economy* Vol. 1 (2000), pp. 1-34..
- Cohen, W.M., Levinthal, D. (1989), "Innovation and learning: the two faces of R&D", *Economic Journal* 99, pp. 569 - 596.
- Cohen, W.M., Levinthal, D. (1990), "Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation", *Administrative Science Quarterly* 35, pp. 128 - 152.
- DRAMeXchange Data (2016), <http://www.thescoop.co.kr/news/articleView.html?idxno=19444>
- Ernst, H. (1995), "Patenting Strategies in the German Mechanical Engineering Industry and Their Relationship to Firm Performance", *Technovation*, Vol.15 (4), pp. 225-240.
- Flatherty, M.T. (1984), "Field research on the link between technological innovation and growth: evidence from the international semiconductor industry", *American Economic Review Papers and Proceedings* 74 (2), pp. 67 - 72.
- Gambardella, A. (1992) "Competitive advantage from in-house scientific research: the US pharmaceutical industry in the 1980s", *Research Policy*, 21 (5), pp. 391 - 407.
- Goda, A. (2013), "Recent Progress and Future Directions in NAND Flash Scaling", *IEEE*
- Greenhalgh, C., Rogers, M. (2010), "Innovation, Intellectual Property, and Economic growth,

- USA”, Princeton University Press Princeton and Oxford
- Griliches, Z. (1990), “Patents Statistics as Economic Indicators: A survey”, *Journal of Economic Literature*, Vol.28 (4), pp.1661-1707.
- Henderson, R. M., Clark, K. B. (1990), “Architectural Innovation: The Reconfiguration Of Existing”, *Administrative Science Quarterly: ABI/INFORM Global* pp. 9
- Hall, B. H., Ziedonis, R. H. (2001), “The patent paradox revisited: an empirical study of patenting in the US semiconductor industry, 1980 - 1995”, *RAND Journal of Economics* 32 (1), pp. 101 - 128.
- Joo, Si and Lee, Keun (2009), “Samsung’s catch-up with Sony: An analysis using US patent data”, *Journal of the Asia Pacific Economy*.
- Kim, Linsu (1997), “The Dynamics of Samsung’s Technological Learning in Semiconductors”, *California Management Review* Vol. 39, No.3, pp. 86-100.
- Kim, Woojae, Shi, Yongjiang, and Gregory M. (2004), “Transition from Imitation to Innovation: Lessons from a Korean Multinational Corporation”, *INTERNATIONAL JOURNAL OF BUSINESS*, 9(4), pp. 329 - 346.
- Lim, Kwanghui (2004), “The relationship between research and innovation in the semiconductor and pharmaceutical industries (1981 - 1997)”, *Research Policy* 33, pp. 287 - 321
- Lieberman, M. B., Montgomery, D. B. (1988), “First-Mover Advantages”, *Strategic Management Journal*, Vol. 9, pp. 41-58.
- Ludwig, C. and Meyer, S. (2011), “Double Patterning for Memory ICs, Recent Advances in Nanofabrication Techniques and Applications”, *InTech*
- Macher, J. T., Mowery, D.C., Hodges, D.A. (1999), “Semiconductors. In: Mowery, D. (Ed.), *U.S. Industry in 2000: Studies in Competitive Performance*”, National Academy Press, Washington, DC, pp. 245 - 286.
- Mansfield, E. (1981), “Composition of R&D expenditures: relationship to size of firm, concentration, and innovative output”, *Review of Economics and Statistics* 63 (4), pp. 610 - 615.
- Mansfield, E., Schwartz, M., Wagner, S. (1981), “Imitation costs and patents: an empirical study”, *The Economic Journal* 91 (364), pp. 907 - 918.
- MK (2019), <https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2019/07/540748/>
- MK (2019), <https://www.mk.co.kr/news/economy/view/2019/03/136778/>
- Miller, J. D., Fern, J. M., and Cardinal B. L. (2007), “The use of knowledge for technological innovation within diversified firms”, *Academy of Management Journal*, Vol. 50, No. 2, pp.

308 - 326.

- Moore, G.E., (1996), "Some personal perspectives on research in the semiconductor industry", Harvard Business School Press, Boston, MA.
- National Science Foundation (2000), "Federal R&D Funding by Budget Function: Fiscal Years 1999 - 2001", Arlington, VA.
- Neamen, A. D. (2003), "Semiconductor Physics and Devices Basic Principles", McGraw Hill
- NIKKEI, (2016), <http://asia.nikkei.com/Markets/Commodities/3D-NAND-flash-memory-chips-seeing-tough-competition?page=1>
- NSC, (2000), Definitions of Research and Development: An Annotated Compilation of Official Sources: NSC.
- Pisano, G. (1997), "The Development Factory", Harvard Business School Press, Boston, MA.
- Roger, H. F., Hoang, V. T. (2009), "Immersion Lithography: Photomask and Wafer-Level Materials", Annual Review of Materials Research
- Rosenberg, N., (1990), "Why do firms do basic research (with their own money)?", Research Policy 19, pp. 165 - 174.
- Romer, P. M., (1990), "Endogenous technological change", Journal of Political Economy 98 (5), pp. 71 - 102.
- SCIJOURNAL.ORG, <https://scijournal.org/index.html>
- Scotchmer, S. (1991), "Standing on the shoulder of giants: cumulative research and patent law", Journal of Economic Perspectives 5 (1), pp. 29-41.
- Stephan, P.E. (1996), "The economics of science", Journal of Economic Literature 34 (3), pp. 1199 - 1235.
- Stephan, P.E., Gurmu, S., Sumell A., Black G. (2007), "Who's patenting in the university? Evidence from the Survey of Doctorate Recipients", Economics of Innovation and New Technology · February 2007.
- Stokes, D. E., (1997), "Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation", Brookings Institution, Washington, DC.
- Van Dalen, H. P., Henkens, K. (2001), "What makes a scientific article influential?", Scientometrics, 50 (3), pp. 455-482.
- Wired (2008), <https://www.wired.com/2008/08/bell-labs-kills/>
- Wong, P. K., Singh, A. (2010), "University Patenting Activities and Their Link to the Quantity and Quality of Scientific Publications", Scientometrics, 83 (1), pp. 271-294.

□ 투고일: 2019.08.21. / 수정일: 2019.10.28. / 게재확정일: 2019.11.01.