

# R&D 역량 증진에 있어 현재 우리나라의 방향이 적합한지에 관한 실증분석

\*김한나, \*\*박지수, \*\*\*이민하, \*\*\*\*임우혁

## 1. 서론

본 연구는 한국의 R&D 정책에서 드러나는 한국의 R&D 인식과 다른 R&D 강국의 정책에서 드러나는 인식 비교를 통해서, R&D 성과에 대해 포괄적으로 어떤 요소가 핵심 요인으로 우선시되는지 정책 아젠다 수립에 있어서의 시사점 제시를 목표로 하였다. 현재 세계는 코로나 사태로 인해서 기존의 자동차 산업, 반도체 산업 등 핵심 산업 분야에서 이루어지던 국제 분업 체계인 GVC에 관하여 많은 의문점들이 제시되고 있다. 열린 세계에서 닫힌 세계로의 전환 과정 속에서 국가 또는 지역 차원의 대비가 필요하다는 의견또한 대두되고 있다.<sup>1</sup> 이러한 상황 속에서 국가 내 가치사슬 강화가 요구되는데 이에 필연적으로 선행되어야 하는 조건인 R&D를 통한 부가가치 제고에 관하여 현 정권이 가진 과학기술정책의 아젠다가 현 상황에 적합한지 확인하고자 하였다. 국가의 R&D 역량의 지표로는 (*triadic patent family*)를 사용하였으며, 6위인 대한민국과 그 위의 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국 등 총 6개국에 대한 선형회귀분석을 실시하였다. 데이터의 성질이 본래 시계열자료이지만, 본 연구에서는 연도별 데이터들을 횡단면자료처럼 각각 독립적인 것으로 가정하였다.

## 2. 데이터

분석에 사용한 데이터들은 OECD 통계에서 수집하였다.<sup>2</sup> 국가의 R&D 역량에 영향을 줄 만한 항목들의 데이터를 1985년부터 2018년까지 대한민국을 포함한 미, 일, 독, 프, 영 총 6개국에 대해 수집하였다. 하지만 국가별 데이터 산출 방식이 상이하여 수집에 많은 어려움이 있었고 이는 수집한 데이터의 수가 매우 적은 결과를 낳았다. 대한민국은 대부분의 데이터가 OECD 가입연도인 1996년 이후부터 존재하여 수집된 데이터의 수가 더욱 적었다. 데이터 수집결과 국가 R&D 역량의 지표로 활용할 *triadic\_patent\_value*와 *govt\_research*, *researcher\_1000*, *r&d\_taxrate*, *r&d\_investment*, GDP를 얻었다. 수집한 데이터의 일부 모습은 다음과 같다.

<sup>1</sup> [http://www.koreatimes.co.kr/www/biz/2020/02/488\\_282687.html](http://www.koreatimes.co.kr/www/biz/2020/02/488_282687.html)

<sup>2</sup> <https://stats.oecd.org/>

<그림1, 대한민국 마지막 5개 데이터>

	LOCATION	TIME	triadic_patent_value	govt_research	researcher_1000	r&d_taxrate	r&d_investment	GDP
30	KOR	2015.0	2219.0297	7.415026	13.743182	0.26	76932.390548	1.933849e+06
31	KOR	2016.0	2177.2844	7.520166	13.771199	0.26	79375.425981	1.990837e+06
32	KOR	2017.0	2102.7670	7.096062	14.429975	0.26	88147.687327	2.053741e+06
33	KOR	2018.0	2159.7728	6.700805	15.326010	0.26	95461.749994	2.108471e+06
34	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	0.26	NaN	2.151340e+06

### 3. 변수 선택

변수 선택 근거에 따라 선정된 항목들의 데이터를 수집하였으므로, 수집한 대부분의 데이터들을 변수로 사용하였다. 그러나 자료 특성상 결측값이 매우 많기 때문에 데이터가 변수의 총 1/3이 넘게 결측되었다면 해당 변수를 분석에 포함하지 않고 삭제 처리하였으며, 그 외의 결측값들은 파이썬 pandas의 `fillna(method='ffill')` 메소드를 활용하여 처리하였다. 다만 미국의 경우, (*govt\_research*)변수에 대한 데이터가 부족하여 해당 변수를 분석에서 제외하였다. 또한 (*r&d\_taxrate*)변수 또한 모든 국가들에 대해 데이터가 부족하여 분석에서 제외하였다. 기본적으로 선정된 변수들은 1차적으로는 OECD 데이터포럼에서 R&D 관련 indicators로 묶여져 있던 데이터들 가운데서 선정되었으며, 선정 기준은 자료 수집의 용이함에 근거하였다.

종속변수

#### triadic\_patent\_value

R&D 역량 증진의 지표로는 삼국 특허(triadic patent)의 질을 나타내는 *triadic\_patent\_value* 를 선정하였다. 삼국 특허는 미국특허상표청(USPTO), 유럽특허청(EPO) 일본특허청(JPO)에 모두 등록된 특허를 말하며, 각 국가들은 세계 산업과 기술을 주도하는 국가이기 때문에 특허의 질을 가늠하는 잣대로 많이 쓰이곤 한다.

독립변수

#### (1) govt\_research

국내 모든 재원에 대하여 R&D에 GDP의 몇퍼센트를 투자하는지의 지표이다. 국가들의 경제 규모가 성장함에 따라 R&D투자액의 절대적인 수치는 증가하지만 해당 지표는 감소하는 양상을 보여 회귀분석에는 수치에 GDP를 곱하여 GOVT\_RESEARCH라는 변수를 추가하였다. 정부 공공자원, 민간자원, 외국재원이 이에 포함된다.

#### (2) researcher\_1000

인구 1000명당 연구원 수 이다.

### (3) r&d investment

국가가 R&D에 투자한 액수이며 단위는 미국 달러화이다.

### (4) GOVT\_RESEARCH

govt\_research \* GDP \* 0.01로, R&D투자 비율에 국가의 GDP 성장을 고려하였다.

최종 변수들을 종합한 모델은 다음 식과 같다. 식의 변수들은 모두 standard scaling된 데이터들을 사용한다.

식1) 미국을 제외한 5개 국가

$$\begin{aligned} triadic\_patent\_value_i = & govt\_research_i + researcher\_1000_i + r\&d\_investment_i \\ & + GOVT\_RESEARCH_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

식2) 미국

$$triadic\_patent\_value_i = researcher\_1000_i + r\&d\_investment_i + \varepsilon_i$$

standard scaling을 포함한 전처리 과정을 거친 후 회귀분석 전 최종 데이터의 모습은 다음과 같다.

<그림2, 전처리 후 대한민국 상위 5개 데이터>

	triadic_patent_value	govt_research	researcher_1000	rnd_investment	GOVT_RESEARCH
10	-1.788222	2.130237	-1.207157	-1.181264	-0.772263
11	-1.798004	1.997399	-1.250016	-1.107220	-0.458488
12	-1.714880	1.799664	-1.230246	-1.047750	-0.298486
13	-1.607569	1.244072	-1.285303	-1.140459	-1.186467
14	-1.454616	1.655490	-1.202182	-1.092651	-0.125845

#### 4. 회귀분석

본 연구가 데이터를 수집할 때 독립적으로 표본을 추출하였음을 가정하였기 때문에 회귀분석의 기본 가정들 중, 잔차의 독립성은 만족했음을 가정한다.

<표1, 국가별 정규성, 등분산성 검정 결과>

	Shapiro-Wilk test(p-value)	Breusch-Pagan test(p-value)
미국	0.0523	0.8734
대한민국	0.9264	0.0256
독일	0.1372	0.1995
프랑스	0.5796	0.8630
영국	0.0566	0.0650
일본	0.0086	0.7390

대부분의 국가가 유의수준  $\alpha = 0.01$ 에서 정규성과 등분산성을 만족하였지만, 일본의 경우 잔차의 정규성 가정을 위배하였다. 따라서 일본 데이터에 한해 모델이 이분산성 오류를 내포할 경우 이상치의 영향을 줄이기 위하여 사용하는 Robust Model<sup>3</sup> 중, Robust Linear Model 을 사용하였다. 모델의 버전은 파이썬 statsmodel 패키지에서 제공하는 Huber's T norm with the (default) median absolute deviation scaling<sup>4</sup>을 사용하였다.

##### (1) 미국

<표2, 미국 OLS 회귀분석 결과>

설명변수	회귀분석(종속변수: <i>triadic_patent_value</i> )	
	계수	T - 통계량
상수항	-6.488e-16	-4.22e-15
<i>researcher_1000<sub>i</sub></i>	0.3579	0.467

<sup>3</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/Robust\\_regression](https://en.wikipedia.org/wiki/Robust_regression)

<sup>4</sup> [https://www.statsmodels.org/devel/examples/notebooks/generated/robust\\_models\\_0.html](https://www.statsmodels.org/devel/examples/notebooks/generated/robust_models_0.html)

<b><i>r&amp;d_investment<sub>i</sub></i></b>	0.1625	0.212
Adjusted R-Squared	0.221	
sample size	34	

미국의 경우, 유의수준 10%에서 두 독립변수 모두 통계적으로 유의하지 않아 귀무가설을 기각하지 못하였기 때문에 변수들에 대해 설명할 수 없다.

## (2) 대한민국

<표3, 대한민국 OLS 회귀분석 결과>

설명변수	회귀분석(종속변수: <b><i>triadic_patent_value</i></b> )	
	계수	T – 통계량
상수항	1.013e-15	0.000
<b><i>govt_research<sub>i</sub></i></b>	-1.094	-4.591
<b><i>researcher_1000<sub>i</sub></i></b>	- 0.233	0.290
<b><i>r&amp;d_investment<sub>i</sub></i></b>	-0.678	-0.889
<b><i>GOVT_RESEARCH<sub>i</sub></i></b>	0.382	1.290
Adjusted R-Squared	0.8573	
sample size	24	

대한민국의 경우, 유의수준 10%에서 유의미한 독립변수는 govt\_research 하나 뿐이다. govt\_research 데이터의 특성상, 국가의 절대적인 GDP 상승을 고려하지 않음으로, 계수의 부호가 음수라고 하여 GDP 중 R&D 투자 지출이 줄어들었다고 할 수 없다. 표본의 수가 적기 때문에 큰 신뢰성은 갖지 못한다.

### (3) 프랑스, 독일

<표4, 프랑스 OLS 회귀분석 결과>

설명변수	회귀분석(종속변수: <i>triadic_patent_value</i> )	
	계수	T – 통계량
상수항	3.391e-16	0.000
<i>govt_research<sub>i</sub></i>	-3.106	-12.160
<i>researcher_1000<sub>i</sub></i>	-1.357	-3.665
<i>r&amp;d_investment<sub>i</sub></i>	-0.348	-0.805
<i>GOVT_RESEARCH<sub>i</sub></i>	0.900	6.166
Adjusted R-Squared	0.9142	
sample size	34	

<표5, 독일 OLS 회귀분석 결과>

설명변수	회귀분석(종속변수: <i>triadic_patent_value</i> )	
	계수	T – 통계량
상수항	-4.342e-15	0.000
<i>govt_research<sub>i</sub></i>	-1.637	-5.199
<i>researcher_1000<sub>i</sub></i>	-2.175	-2.572
<i>r&amp;d_investment<sub>i</sub></i>	-0.491	-0.444
<i>GOVT_RESEARCH<sub>i</sub></i>	3.236	6.080
Adjusted R-Squared	0.6766	
sample size	34	

프랑스와 독일의 경우 공통적으로 5% 신뢰구간에서 *researcher\_100*, *govt\_research*, *GOVT\_RESEARCH* 변수가 유의하게 나왔으며, *GOVT\_RESEARCH*의 파라미터가 유일하게 양수로 도출되었다. 특히 독일의 경우 *GOVT\_RESEARCH*가 종속변수에 주는 영향이 가장 두드러지게 나타났다. 두 국가의 경우 GDP 대비 국가에서의 연구 지출 비용 보다는 절대적인 연구를 위한 지출 비용이 R&D 지표에 더 큰 영향을 준다는 특징이 보여졌다.

#### (4) 영국

<표6, 영국 OLS 회귀분석 결과>

설명변수	회귀분석(종속변수: <i>triadic_patent_value</i> )	
	계수	T – 통계량
상수항	-5.956e-16	0.000
<i>govt_research<sub>i</sub></i>	-2.945	-5.635
<i>researcher_1000<sub>i</sub></i>	0.094	0.163
<i>r&amp;d_investment<sub>i</sub></i>	-0.806	-2.566
<i>GOVT_RESEARCH<sub>i</sub></i>	1.877	3.267
Adjusted R-Squared	0.5998	
sample size	34	

영국의 경우 독립변수 *govt\_research*, *r&d\_investment*, *GOVT\_RESEARCH* 가 신뢰구간 5% 에서 유의했다. 이 중 국가 R&D 역량에 (+)영향을 가장 많이 미친 변수는 *GOVT\_RESEARCH* 로 R&D에 GDP를 많이 투자할수록 국가 R&D 역량에 긍정적인 영향을 준다고 분석할 수 있다.

#### (5) 일본 (Robust linear Model Regression Results)

<표7, 일본 RLM 회귀분석 결과>

설명변수	로버스트 회귀분석(종속변수: <i>triadic_patent_value</i> )	
	계수	z – 통계량
상수항	-0.0147	-0.435
<i>govt_research<sub>i</sub></i>	0.4619	3.831
<i>researcher_1000<sub>i</sub></i>	1.1147	9.630
<i>r&amp;d_investment<sub>i</sub></i>	0.3212	2.800

<b>GOVT_RESEARCH<sub>i</sub></b>	0.1746	3.394
sample size	34	

일본의 경우 RLM 회귀분석을 사용했고, 4가지 독립변수 모두 유의수준 5%에서 모두 유의 하다는 결과를 얻었다. 이 중 국가 R&D 역량에 (+) 영향을 가장 많이 미친 변수는 researcher\_1000 으로 연구원의 수가 많을수록 국가 R&D 역량에 긍정적인 영향을 준다고 분석할 수 있다.

## 5. 결론

회귀분석 결과 국가 R&D 역량에 가장 큰 영향을 주는 변수는 GOVT\_RESEARCH 즉, 정부 연구개발 지출 뿐만 아니라 민간 연구개발 지출도 중요하다는 결론을 얻었다. 우리나라 국내 총 연구개발비의 자원별 비중은 정부와 기업이 각각 2 : 8 비율을 차지한다.<sup>5</sup> 기업이 차지하는 자원의 비중이 국가의 비중보다 4배나 더 크기 때문에 국가 R&D 예산과 기업 R&D 투자가 같이 증가해야 국가의 R&D 역량 향상을 기대할 수 있다.

다음은 대한민국 R&D 관련 예산안 현황이다.

<표8, 대한민국 R&D 예산안 현황><sup>6</sup>

(단위:조원, %)

구 분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020 정부안
R&D 예산 (증가율, %)	14.9 (8.7)	16.0 (7.6)	16.9 (5.3)	17.7 (5.1)	18.9 (6.4)	19.1 (1.1)	19.5 (1.9)	19.7 (1.1)	20.5 (4.4)	24.1 (17.3)
총예산 (증가율, %)	309.1 (5.5)	325.4 (5.3)	342.0 (5.1)	355.8 (4.0)	375.4 (5.5)	386.4 (2.9)	400.5 (3.7)	428.8 (7.1)	469.6 (9.5)	513.5 (9.3)

\* 연도별 국회 확정 본예산 기준

국가 자원의 연구개발비는 꾸준히 증가하는 추세이며 2020년 예산 정부안에 따르면 증가율 17.3%라는 파격적인 R&D 예산 증액을 볼 수 있다.

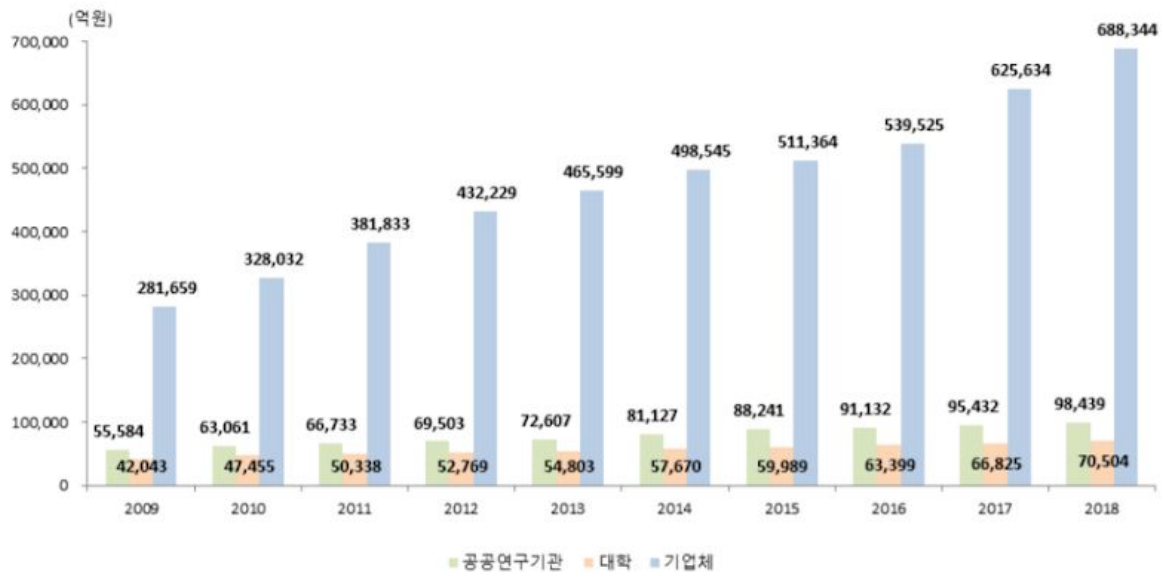
<sup>5</sup> 2018년 기준

<sup>6</sup> 2020년 과기정통부 예산안 및 정부 RD 예산안 발표,  
<http://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156347747>



다음은 우리나라의 주체별 연구개발비 현황 그래프이다.<sup>7</sup>

<그림3, 대한민국 주체별 연구개발비 그래프>

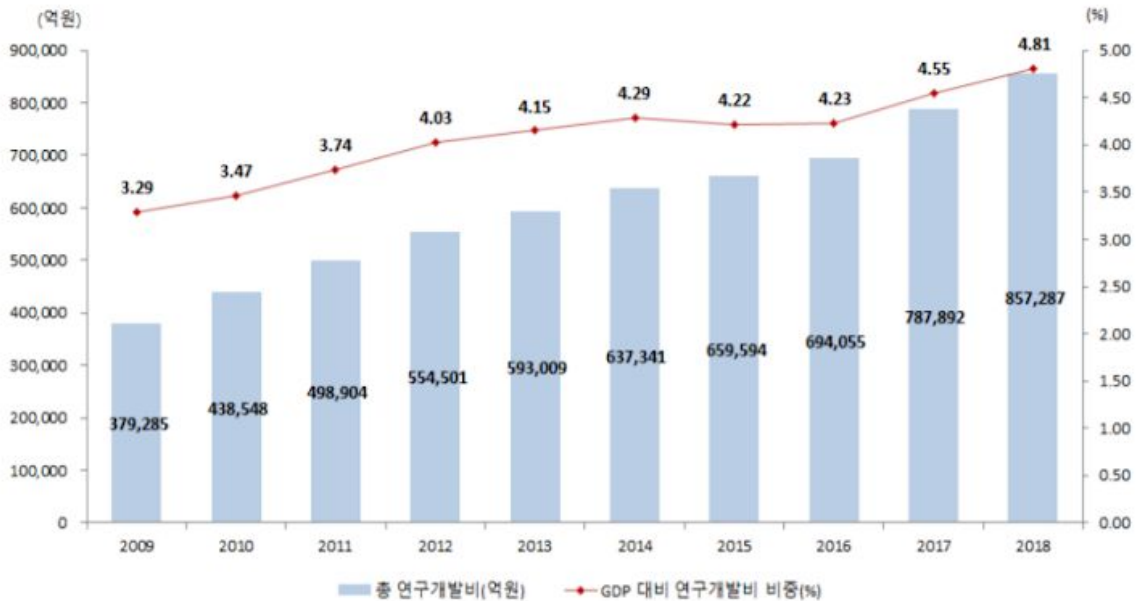


총 연구개발비의 대부분을 차지하는 기업체의 R&D 지출 또한 매년 증가하는 추세임을 확인할 수 있다.

다음은 우리나라 총 연구개발비 현황 그래프이다.

<sup>7</sup> 2018년 우리나라와 주요국의 연구개발투자 현황 비교, KISTEP 통계프리프, 2019년 제22호

<그림4, 대한민국 총 연구개발비 그래프>



자료) 과학기술정보통신부-KISTEP, 연구개발활동조사, 각년도 / 한국은행

2018년 기준 우리나라 GDP 대비 연구개발비 비중은 4.81%로서 세계 1위이며, 환율을 적용한 연구개발비는 77,896백만 달러로 세계 5위 수준이다. GDP가 매년 증가함에도 그 비중을 계속 올려나감에 있어 본 연구 회귀분석의 독립변수 GOVT\_RESEARCH 분석의 결과와 부합한다.

결론적으로 본 연구에서 회귀 분석으로 도출한 식에서 대부분의 국가가 연구 개발비용을 많이 지출 할 수록 R&D 역량을 늘릴 수 있음이 보여지고, 연구 개발 투자액을 지속적으로 늘리고 있는 한국의 정책은 이에 부합한다는 것을 알 수 있다. 그러나 본 회귀 분석은 투입된 자산과 그 결과에 대해 초점을 맞추고 있는 반면, 향후 그 기술의 쓰임을 기술하는데에는 다소 제약적이다.

추후 특허가 쓰이는 방식을 살펴보면, 정부 지원을 통해 개발된 기술 중 절반 가까이가 사업화 되지 못한 채 사장되고 있다. 한국 경제 연구원의 2015년 발표 자료에 따르면 정부가 지원한 중기 연구 개발 지원과제 기술개발 성공률은 96%로 높지만, 사업화 성공률은 47%에 그친다. 정부의 연구 개발비의 비중을 살펴보면, 총 비용 중 사업화에 대한 지원 예산은 3456억이며, 이는 전체의 2%에 불과하다.

R&D 역량을 국가 차원에서 조명해볼 수 있는 또 다른 변수인 국가 과학기술혁신역량평가에서 진단 결과로 제시되는 COSTII 지수에 따르면, 아래와 같은 5개 부문, 13개 항목, 31개 지표체계를 사용한다.

<sup>8</sup> 2018년 우리나라와 주요국의 연구개발투자 현황 비교, KISTEP 통계브리프, 2019년 제22호

<표9, COSTII 지수>

부문	자원	활동	네트워크	환경	성과
항목	인적자원(3) 조직(2) 지식자원(2)	R&D투자(5) 창업활동(2)	산·학·연 협력(2) 기업 간 협력(1) 국제 협력(2)	지원제도(2) 물적 인프라(2) 문화(1)	경제적 성과(3) 지식창출(3)

주) ( )안의 수치는 지표 수를 나타냄

자료) 과학기술정보통신부·KISTEP, 2019년 국가 과학기술혁신역량평가, 2019.12

해당 지표에 따르면 한국은 본래 다른 국가들과 비교해도 연구개발투자는 1위로 높은 수준을 유지하고 있었다는 점에서 다른 취약 부문에 집중하는 것이 종합적인 R&D역량 증진에 도움이 될 것이라는 결과에 다다를 수 있다.

<표10, COSTII 지수>

구분		한국 순위				
		2015	2016	2017	2018	2019
산·학·연 협력	연구원 천 명당 산·학·연 공동특허건수	2	2	2	2	2
	정부·대학의 연구개발비 중 기업재원 비중	12	9	12	11	10
산·학·연 협력		4	4	3	4	3
기업 간 협력	기업 간 기술협력	23	24	24	27	29
	기업 간 협력	23	24	24	27	29
국제협력	연구원 천 명당 국제공동특허 수	18	15	16	16	15
	GDP 대비 (해외투자 + 외국인투자) 비중	29	29	25	16	12
국제협력		28	24	26	18	14

주) 2019년 분석에 사용한 자료원은 평가대상년도인 2019년 및 과거 5년 시계열(2015년~2019년)까지 업데이트한 통계임

자료) 과학기술정보통신부·KISTEP, 2019년 국가 과학기술혁신역량평가, 2019.12

<표11, COSTII 지수>

구분		한국 순위				
		2015	2016	2017	2018	2019
인적자원	총 연구원 수	4	4	4	4	4
	인구 만 명당 연구원 수	5	5	3	4	3
	인구 중 이공계 박사 비중	23	22	23	20	18
인적자원		10	9	9	8	5
조직	미국특허 등록 기관 수	6	6	6	6	6
	세계 상위 대학 및 기업 수	8	7	8	7	7
조직		8	8	8	6	6
시식자원	최근 15년간 SCI 논문 수(STOCK)	10	10	10	10	10
	최근 10년간 특허 수(STOCK)	5	5	5	5	5
지식자원		6	6	6	6	6

<표12, COSTII 지수>

구 분		한국 순위				
		2015	2016	2017	2018	2019
지원제도	기업 연구개발비 중 정부재원 비중	22	23	23	21	19
	법·제도적 지원 정도	24	24	24	26	26
지원제도		29	29	29	30	31
물적 인프라	인구 백 명당 유선 및 모바일 브로드밴드 가입자 수	4	6	5	6	9
	인터넷 사용자 비중 및 디지털·기술의 활용 용이성	12	11	12	11	7
물적 인프라		6	7	8	9	8
문화	새로운 문화에 대한 태도	30	30	30	28	26
	학교에서 과학교육이 강조되는 정도	20	18	21	21	24
문화		28	22	23	22	24

주) 2019년 분석에 사용한 자료원은 평가대상년도인 2019년 및 과거 5년 시계열(2015년~2019년)까지 업데이트한 통계임  
 자료) 과학기술정보통신부·KISTEP, 2019년 국가 과학기술혁신역량평가, 2019.12

<표13, COSTII 지수>

구 분		한국 순위				
		2015	2016	2017	2018	2019
경제적 성과	국민 1인당 산업부가가치	19	17	17	18	18
	하이테크산업의 제조업 수출액 비중	1	1	2	4	10
	연구개발투자 대비 기술 수출액 비중	30	30	30	29	30
경제적 성과		7	6	5	6	16
지식창출	연간 특허 수	4	5	4	4	4
	연간 R&D 투자 대비 특허 수	11	12	12	12	13
	연구원 1인당 SCI 논문 수 및 인용도	34	34	34	33	33
지식창출		20	25	25	24	24

주) 2019년 분석에 사용한 자료원은 평가대상년도인 2019년 및 과거 5년 시계열(2015년~2019년)까지 업데이트한 통계임  
 자료) 과학기술정보통신부·KISTEP, 2019년 국가 과학기술혁신역량평가, 2019.12

특히 두드러지는 점은 연구비투자비율과 연간 특허수, 산학협력 특허 수 등 양적인 측면에서 한국의 R&D역량은 국제적으로도 최상위권에 해당하지만, 실질적인 성과 지표는 낮게 나온다는 점이다. 즉, 단순히 연구의 양이 문제가 아닌, 질에 있어서 그 문제가 부각되는 상황임을 짐작해 볼 수 있다.

따라서 본 연구가 초점을 맞춘 연구 개발 비용에 대해서 한국의 정책은 올바르게 산정하고 있으나, 질 높은 특허를 상용화하는 과정에서는 그 한계점이 보인다. 추후, 특허 사업화 관리 시스템과 비용 배분 과정에 대한 향후 연구와 정책에 대한 고찰이 필요할 것으로 생각한다.