

논문 분석으로 본 우리나라 과학 활동의 특징 Characterizing Korean Science from published papers

안규정, 이우형, 윤문섭
과학기술정책연구원 신기술경제성분석연구센터

초록

논문과 특허는 연구 성과의 명시적 산물로서 그 수와 인용되어지는 정도는 연구 성과와 그 질을 측정, 평가하는데 많이 이용되어왔다. 본 연구에서는 우리나라의 분야별 논문수와 피인용수를 이용하여 우리나라 논문 발표 활동이 여타 다른 국가들과 비교하여 어떤 특징을 보이는지 살펴 보았다. 우리나라의 논문 발표 활동은 미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일 등 선진국이나 스위스, 핀란드 등 유럽소국과도 다른 양상을 보였다. 특정 분야에 특화 된 정도나 분야별 연구 성과의 편차 등은 대만, 중국 등 현재 과학기술이 급격한 성장추세에 있는 나라와 비슷한 양상을 보였다. 이번 연구는 논문 분석이 각 국가의 전체적인 과학 활동의 특징을 파악하는데 도움이 될 수 있음을 제시하였다고 하였다.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

21세기에는 지식기반 경제가 주된 동력원이라는 것은 주지의 사실이다. 그 중에서도 과학과 기술이 경제의 핵심요소이며 따라서 우리나라 과학과 기술의 현 상황과 모습을 파악하는 것은 국가 과학 정책과 연구 전략의 수립에 있어서 필수불가결한 것이라 할 수 있겠다. 발표된 논문이나 특허의 수와 그 인용수의 통계적 분석방법인 bibliometrics는 각 국가나 기관, 혹은 기업의 연구 성과를 측정하는데 이용되어져 왔다 (Moed, H. F., *et al* (1995), Braun, T. (1999), Mcmillan, G. S., & Hamilton, R. D. (2000), Moed, H. F. (2002)).

본 연구에서는 이러한 bibliometrics를 이용하여 단순한 순위 지표 외에 우리나라 논문 발표 활동이 다른 국가들과 비교하여 어떤 특징을 보이는지 파악해 보고자 하였다.

1.2 연구 대상 및 분석자료

SCI (Science Citation Index)에 등재된 저널에 발표된 논문들을 바탕으로 ISI (Institute for Scientific Information)에서 제공하는 NCR (National Citation Report), NSI (National Science Indicators) database를 기본으로 하여 한국을 포함한 14개국에 대해서 1990년부터 2001년까지의 데이터를 이용하여 분석하였다. 피인용수를 이용한 분석은 논문의 영향력은 그 논문이 인용 당한 횟수에 비례한다 (Narin, F., *et al*. (1996))는 기본 가정 하에 이루어졌다. 피인용수는 누적되기 때문에 발표된 시점이 다른 논문이나 피인용 습관이 다른 분야들의 논문들을 직접 비교하는 것이 용이하지 않다. 이런 문제를 극복하기 위해 상대 인용도를 이용해 논문의 질적인 면, 즉 영향력을 측정하였다. 상대 인용도란, 예를 들어 1999년 A국가의 논문 당 평균 피인용수를 1999년 세계 전체의 논문 당 평균 피인용수로 나누어 준 값으로 세계 평균치에 대한 상대적인 값으로 표시된 값이다. 이 값이 1 이상이면 A 나라의 영향력은 세계 평균 이상이고 1 이하이면 세계 평균 이하로 생각 할 수 있겠다. 각 분야별로도 세계 평균치에 대한 상대적인 값을 이용하였다.

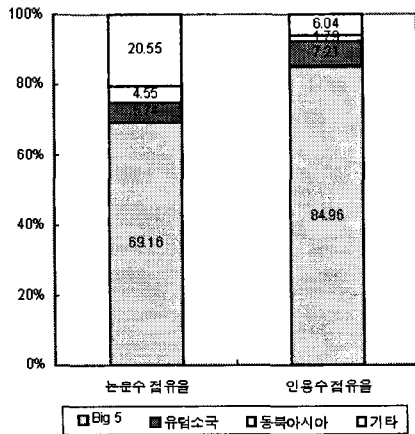
2. 국가별 과학 활동의 특성 비교

2.1 국가 유형별 논문수와 인용수 점유율 ('90-'01)

1990년부터 2001년까지 세계 전체 논문수와 전체 피인용수에 있어서 국가 유형별 점유율을 살펴보면 미국, 영국, 독일, 일본, 프랑스의 선진 5국의 논문수 점유율은 69%이며 핀란드, 아일랜드, 스위스, 네덜란드의 유럽 중소국의 점유율은 5.74%이다 (그림 1). 피인용수 점유율은 편향정도가 더욱 심해서 선진 5국의 경

우 피인용수 점유율은 85%이며, 이 중 미국이 차지하는 비율은 논문수 점유율이 35.4%인데 비해 피인용수 점유율이 51.9%에 달하고 있다. 유럽 중소국의 경우 피인용수 점유율이 논문수 점유율 보다 높은 7.12%이다. 선진국들, 특히 미국이 명시적 과학지식의 생산과 그 영향력 면에서 차지하는 비중이 매우 지대하다고 하겠다. 반면 최근 논문수 증가율이 매우 높은 우리나라, 대만, 중국의 논문수 점유율은 같은 기간에 4.55%이나 피인용수 점유율은 1.79%에 불과하다 (그림 1). 우리나라만을 살펴보면 같은 기간에 논문수 점유율은 1.08%이나 피인용수 점유율은 0.41%로 논문 산출량에 비해 피인용 정도가 1/2이하로 매우 낮아 논문 생산에 비해 그 영향력이 미약한 것으로 나타났다.

<그림 1> 주요국의 논문수 및 피인용수 점유율 ('90-'01 누적치)



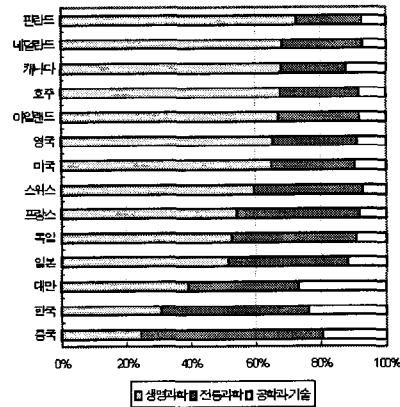
주; Big 5는 미국, 영국, 일본, 독일, 프랑스가 유럽 중소국에는 네덜란드, 스위스, 핀란드, 아일랜드가 동북아시아에는 한국, 중국, 대만이 포함되어 있음. 자료; NSI DB.

2.2 국가별 학문 분야별 구성비의 특징

본 연구에서 조사한 14개국 중에서 대부분의 국가들은 생명과학과 관련된 분야의 논문수 비중이 50% 이상을 차지하고 있는 반면, 대만, 한국, 중국 등의 개발도상국은 물리, 해양, 지구과학 및 수학 등 전통과학의 비중이 40%-50%를 차지하고 있다 (그림 2). 특히 핀란드, 네덜란드, 캐나다, 호주 등은 생명과학 관련 분야의 논문 비중이 매우 높게 나타나고 있

다. 우리나라는 생명과학 관련 논문 비중이 약 30% 정도로 다른 선진국들이 50-70%의 비중을 차지하고 있는 것에 비해 매우 낮은 비중을 차지하고 있는 대신 물리, 화학, 지구과학 및 수학 등 전통과학의 비중이 45%를 차지해 전형적인 개발도상국의 학문 분야별 논문 산출 구조를 갖고 있다.

<그림 2> 각국의 분야별 논문 구성비 ('90-'01)



주; 1. 생명과학에는 18개 과학 분야 중 Agricultural Science, Biology & Biochemistry, Clinical Medicine, Ecology/Environment, Immunology, Microbiology, Molecular Biology & Genetics, Neuroscience & Behaviour, Pharmacology, Plant & Animal Science이 포함되었으며, 전통과학에는 Chemistry, Geoscience, Mathematics, Physics, Space Science가 공학과 기술에는 Computer Science, Engineering, Materials Science가 포함되었다.

2.3 국가별 특화 정도와 분야간 질적 편차

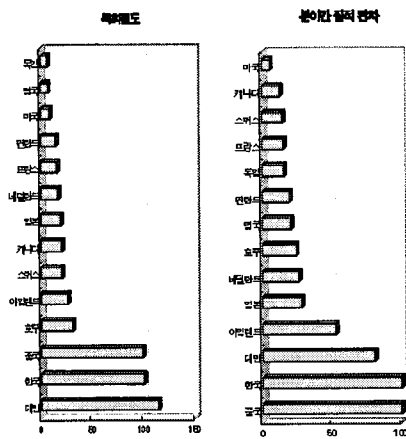
분야별 특화 정도 (specialization)는 그 나라의 논문 발표 활동량이 분야별로 균형을 이루었는지 아니면 특정분야에 치우쳐서 상대적으로 많은 논문을 발표하고 있는지를 보여주는 지표로 이 값이 작을수록 전 분야에 걸쳐 비슷한 수준으로 논문을 발표하고 있는 것으로 생각할 수 있다. 또한, 분야간 질적 편차 (Unevenness in quality)는 각 분야별 상대 인용도를 이용하여 구하는 지표로 이 값이 작을수록 각 분야별 질적인 차이가 작다.

독일, 영국, 미국, 프랑스는 우리나라의 분야별 특화 정도를 100으로 했을 때 6.4, 6.9, 9, 15.9의 특화 정도 지수를 보여 (그림 3) 어

느 한 분야에 편중된 특화 정도가 우리나라에 비해 상당히 작음을 알 수 있다. 여기서 조사한 14개국 중에서는 대만, 한국, 중국 순으로 특화 분야에 특화되어 있는 정도가 크다.

학문 분야별 질적 차이를 보여주는 지수 역시 우리나라의 지수를 100으로 했을 때 미국, 캐나다, 스위스, 프랑스가 각각 5.5, 12.5, 14.8, 15.0이며 대만, 한국, 중국이 각각 80.9, 100.0, 100.8로 선진국에 비해 개발도상국이 학문 분야간의 논문의 질적 차이도 커서, 질적 양적으로 학문 분야간 불균형이 심한 것으로 나타났다 (그림 3). 특히하게 정보 통신기술 분야에 특화되어 있는 것으로 알려진 핀란드는 과학 분야에 있어서는 미국, 영국, 프랑스, 독일 등 규모가 큰 선진국들과 유사한 균형적 구조를 유지하고 있는 것으로 나타났다. 신기술 분야가 다 분야간 접목지역 및 학문 분야 경계 영역에서 발생한다는 점에서 새롭게 나타나는 영역을 재빨리 흡수, 발전시킬 수 있는 역량을 갖기 위해서는 과학 분야간 균형적 발전이 바람직하다고 할 수 있겠다.

<그림 3> 각 국가의 분야별 특화 정도와 분야 간 질적 편차



2.4 학문 분야별 구조 변화

구조변화지수(structural change score)는 분야별 논문수 점유율의 변화를 계량화한 값으로 최소 변화는 0으로 최대 변화는

100으로 나타나는 지수이다. 과학 분야의 구조 변화가 급격하면 전체적인 과학 시스템의 양적, 질적인 면에서 안정적이지 못하고 또한 시간에 따라 과학구조가 상이하므로 시간에 따른 비교가 부적절할 수 있다. 1990년에서 2001년 사이 학문 분야의 구조 변화를 나타내는 구조변화지수(SC)를 분석해 보면 가장 큰 변화를 보인 국가는 조사 대상 14개국 중에서 SC가 16.83인 우리나라이다 (표 1). 우리나라의 뒤를 이어 아일랜드, 중국, 일본 등의 구조 변화 지수가 크게 나타났으며 미국, 영국, 프랑스 등 서방 선진국들은 상대적으로 이 기간 동안 구조 변화가 작은 것으로 나타났다.

14개국 중 각 분야별 세계 점유율 변화에 비해 각 나라별로 논문수 점유율 증가가 현격한 분야는 8개 국가에서 Clinical Medicine 분야로 나타났으며, 또한 5개 국가에서는 이 분야의 논문수 점유율이 세계 분야별 점유율 변화에 비해 상대적으로 가장 큰 폭으로 감소한 것으로 나타났다. 이에 비해 Chemistry, Physics 등의 전통 과학 분야의 논문수 점유율이 7 개 국가에서 다른 분야의 논문수 점유율에 비해 상대적으로 감소하는 현상을 보여 대다수의 국가에서 논문 발표 활동이 감소한 분야는 전통과학과 관련된 분야임을 알 수 있다. 구조변화 지수에서도 전반적으로 보면 개발도상국들은 구조 변화 값이 선진국에 비해 크며 과학 선진국들은 일본을 제외하고는 상대적으로 안정적인 모습을 보였다.

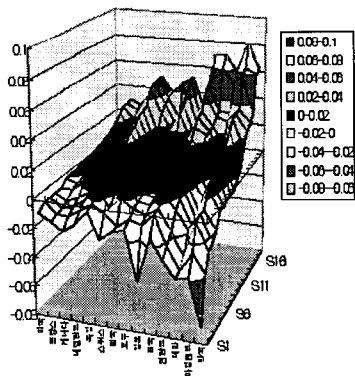
<표 1> 학문 분야별 구조변화지수 (1990년에서 2001년)

국가	Structural change score ¹ (from '90 to '01)	field with highest relative increase ²	field with greatest relative decrease ³
호주	7.65	Clinical Med	Plant & Animal Sci.
캐나다	8.01	Clinical Med	Plant & Animal Sci.
핀란드	8.94	Chem	Clinical Med
프랑스	6.33	Physics	Clinical Med
독일	9.31	Clinical Med	Chem
아일랜드	12.93	Plant & Animal Sci.	Clinical Med
일본	10.98	Clinical Med	Chem
네덜란드	8.04	Clinical Med	Physics
중국	11.47	Chem	Clinical Med
대만	9.44	Clinical Med	Physics
한국	16.83	Clinical Med	Chem
스위스	7.26	Plant & Animal Sci.	Physics
영국	5.64	Plant & Animal Sci.	Clinical Med
미국	5.49	Clinical Med	Physics

2.5 국가별, 학문분야별 상대인용도 증감율 분포

다음 그림은 각 국가별로 18개 과학 관련 학문 분류를 기준으로 하여 1990년부터 2001년까지 각 학문 분야 상대 인용도 증감율 변화를 동고선 표시방식으로 형상화 한 것이다 (그림 4). 논문생산규모가 가장 큰 미국은 각 분야간 상대인용도 증감율 차이가 1.83%로 조사한 14개국 중 가장 작았다. 일반적으로 미국, 프랑스, 캐나다, 네덜란드 등 논문 생산의 규모가 비교적 큰 나라들은 분야간 상대인용도 증감의 편차가 작았으며, 한국을 비롯하여 아일랜드, 대만, 핀란드 등 비교적 논문 생산 규모가 작은 나라들은 분야간 상대인용도의 증감의 편차가 크게 나타났다. 이는 일정 양 이상의 논문을 발표하며 학문분야간 구조가 어느 정도 안정되어 정착되어 있는 나라들에 있어서 동고선의 경사는 비교적 완만하고, 발표되는 논문의 절대수가 비교적 작고 학문 분야간 구조 변화가 진행되고 있는 나라들에서는 경사가 급하게 나타나는 것이라고 할 수 있다.

<그림 4> 국별, 학문분야별 상대 인용도 증감율 분포 (1990- 2001년)



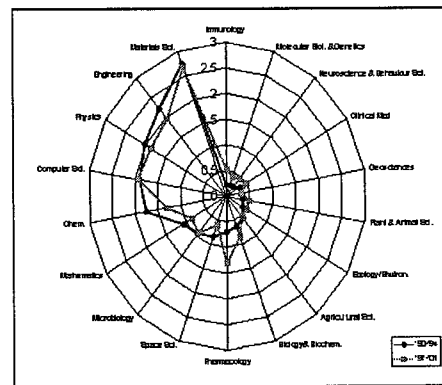
3. 우리나라 과학 활동의 특성

3.1 학문 분야별 비교우위지수(RCA)

비교우위지수는 어떤 분야의 국내 논문수 점유율을 그 분야 세계 전체 논문수 점유율로 나누어 준 값으로 국내 점유율이 세계 점유율보다 높아 1 이상이면 상대적 우위를 갖는

다고 할 수 있다. 우리나라의 '90-'94년에서 '97-'01년 사이의 RCA의 변화를 살펴보면 (그림 5) Materials Science 분야가 줄곧 가장 높은 비교우위지수를 나타내고 있고 Pharmacology 와 Immunology 분야 등 생명과학과 관련 된 분야는 비교우위지수가 0.5 정도로 낮은 수준이지만 상승 정도가 가장 높으며, 전통적으로 RCA가 높았던 Physics, Chemistry, Mathematics 등 순수 자연과학분야와 Engineering의 비교우위지수는 감소하고 있다.

<그림 5> 최근 10년간 한국의 비교우위지수 (RCA)의 변화

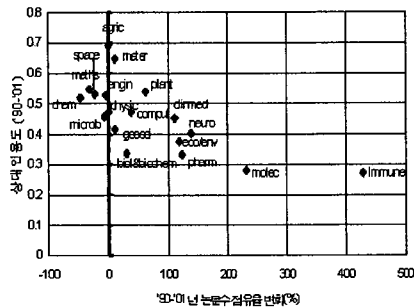


3.2 학문 분야별 논문수 점유율과 상대인용도의 변화

1990년에서 2001년 사이 우리나라의 논문발표수가 크게 증가했음에도 불구하고 전체적인 질은 담보상대인 원인을 살펴보기 위해 1990년-2001년의 한국의 각 분야별 논문수 점유율 변화와 상대 인용도를 대비하여 살펴보았다. 과학 18분야 중 1990년-2001년의 상대인용도가 가장 높은 Agricultural Science 분야는 1990년과 2001년 사이에 논문수 점유율에 큰 변화가 없었으며 다른 분야와 비교했을 때 상대적으로 상대 인용도가 높은 분야인 Chemistry, Mathematics, 그리고 Space Science 등의 분야는 논문수 점유율이 오히려 감소하였다. 1990-2001년에 낮은 상대 인용도를 보인 Immunology, Molecular biology & Genetics, 그리고 Pharmacology 등 생명과학과 관련된 분야의 논문수 점유율은 상대적으로 많은 증가를 보였다. 전체적으로 상대인용도가 낮은 분야의

논문수는 많은 증가를 보인 대신 상대 인용도가 비교적 높은 분야는 논문수가 담보 혹은 감소함으로써 전체적인 상대 인용도는 크게 개선되고 있지 않다.

<그림 6> 논문수 점유율과 상대 인용도 변화 (1990-2001년)



3.3 국가별 특화경도와 분야간 질적 편차의 변화

조사대상 14개국 중 8개국이 몇몇 과학 분야로 특화되는 경향이 작아졌으며 분야간 연구 성과의 질적 편차도 14개국 중 6개 국가에서 감소하는 경향을 보이고 있다. 우리나라의 경우에도 2001년에 특화경도가 1990년에 비해 감소하였고, 분야간 연구 성과의 질적인 차이도 다소 완화되었다.

<표 2> 각 국가별 특화경도와 분야간 질적 편차의 변화 (1990년에서 2001년)

국가	특화경도의 변화	분야간 질적편차의 변화
호주	-0.029	0.102
캐나다	-0.010	0.027
핀란드	-0.006	0.010
프랑스	0.014	-0.021
독일	-0.002	-0.019
아일랜드	0.211	-0.012
일본	-0.066	0.038
네덜란드	0.026	0.055
중국	0.011	0.120
대만	-0.258	0.059
한국	-0.318	-0.210
스위스	-0.074	0.055
영국	0.020	-0.024
미국	0.034	-0.002

4. 결론 및 토의

4.1 국가별 과학 활동의 비교

본 연구에서는 과학지식의 명시적 형태인 논문을 이용하여 우리나라와 선진국을 포함한 세계 14개국의 논문발표형태를 분석하였다. 이런 분석을 통해 우리나라의 명시적 과학 지식 생산에 있어서의 특징을 파악하고자 하였다.

과학지식의 생산과 영향력에 있어서 유럽의 소국을 포함한 선진국들의 활약이 절대적이다. 18개 과학 관련 학문 분야를 크게 생명과학 관련분야, 물리, 화학 등 전통과학 관련분야, 공학과 기술 관련 분야로 나누어 살펴보면, 미국, 유럽국가와 일본 등의 선진국들은 전체 과학 활동 중 생명과학 관련 분야의 활동이 50% 이상을 차지하고 있으나 대만, 한국, 중국은 생명과학분야의 비중이 작고 전통과학관련 분야나 공학, 기술 등 산업과 직접 연관이 있는 분야의 논문 발표 비중이 상대적으로 높았다. 또한 이들 과학 관련 18개 분야의 논문 발표 활동을 비교해 보면 이들 선진국들은 우리나라와 비교했을 때, 논문 발표 활동이 몇몇 분야에 특화되어 있기 보다는 18개 분야별로 비교적 균형을 이루고 있으며 분야간의 질적 편차도 우리나라에 비해 작아서 각 분야별로 비슷한 수준을 보이며 균형을 이루고 있다. 일정량 이상의 논문을 발표하며 학문 분야간 구조가 안정되어 있는 나라들은 분야간 상대인용도 증감의 편차도 작게 나타나고 있다.

4.2 우리나라 과학 활동의 특징

우리나라가 비교우위를 갖고 있는 과학 분야를 90년대 초반부와 후반부로 나누어서 살펴보았을 때 우리나라는 90년대 초반부와 90년대 후반부 모든 기간 중에 Materials Science 분야가 가장 큰 비교우위지수 값을 나타내고 있으며 전통과학인 물리, 그리고 산업과 연계된 공학과 컴퓨터 사이언스 분야에 비교우위를 갖고 있다. 그러나 90년대 초반과 후반을 비교해 보면 비교우위지수가 감소하는 분야는 전반적으로 전통 과학 관련 분야이며, 전체적으로 생명과학 관련 분야의 과학 활동이 증가추세여서 선진국의 과학 활동 구조에 접근하고 있는 추세이다. 또한 분야간 특화경도나 질적 편차 정도도

한국경영과학회/대한산업공학회 2003 춘계공동학술대회
2003년 5월 16일-17일 한동대학교(포항)

이러한 선진국과 비교했을 때 균형 잡힌 모습은 아니지만 두 지표 모두 감소하고 있어 분야 간 불균형이 완화되는 추세이다.

4.3 과학 정책에 있어서의 Bibliometrics의 활용

전반적으로 우리나라의 과학 활동의 모습은 현재는 선진국들과는 상이하나 변화하는 모습은 선진국과 유사한 형태에 접근하고 있음을 알 수 있다. 새로운 분야의 과학이나 기술은 기존의 과학기술분야의 접경지역에서 발전하는 경향이 있으므로 이를 신속히 흡수, 발전시키기 위해서는 기존의 모든 과학 분야에서 균형 잡힌 기초 역량이 요구 될 것이다. 핀란드, 스위스, 네덜란드와 같이 규모가 작은 나라들도 우리나라와 비교 시 과학 분야간에 균형을 이루고 있으며 우리나라 역시 이러한 국가들과 유사하게 기초 역량의 증강을 위해서는 과학 분야의 균형 잡힌 모습이 필요 할 것이다. 이번 연구는 순위를 통한 단순한 성과 분석이외에도 여러 지표의 개발을 통해 각 나라의 지식 생산 형태의 파악 등 여러 각도로 bibliometrics를 이용할 수 있음을 보여주었다고 하겠다. 또한 문헌 분석을 통해 얻어진 이러한 결과들은 향후 국가 과학정책 수립에 있어 방향제시를 하는데 이용 되어질 수 있을 것이다.

참고문헌

- Braun, T. (1999) Bibliometric indicators for the evaluation of universities-intelligence from the quantitation of the scientific literature. *Scientometrics*, 45(3), 425-432
- Mcmillan G. S., & Hamilton R. D. III. (2000) Using bibliometrics to measure firm knowledge: an analysis of the US Pharmaceutical Industry. *Technology analysis & Strategic Management*, 12(4), 465-475
- Moed, H. F., De Bruin, R. E., Van Leeuwen, TH. N. (1995) New Bibliometric tools for the assesment of national research performance: database description, overview of indicators

and first applications. *Scientometrics*, 33(3), 381-422

- Moed H. F. (2002) Measuring China's research performance using the Science Citation Index. *Scientometrics*, 53(3), 281-296
- Narin, F., Hamilton, K. S. (1996) Bibliometric performance measures. *Scientometrics*, 36(3), 293-310