
상대적순위보정지수(R^2nIF)를 활용한 주요국의 SCI 논문 질적 수준 비교분석

오동훈* · 김영준** · 김용정***

<목 차>

- I. 서론
- II. 논문의 질적 계량지표에 관한 선행연구
- III. R^2nIF 도출 방법
- IV. 분석결과
- V. 결론

국문초록 : 연구개발에 따른 성과물은 다양한 형태가 있지만 대부분의 경우 일차적으로 논문의 형태로 발표된다. 따라서 논문에 대한 분석은 연구 성과 평가의 가장 기본적인 수단이 된다. 문제는 논문으로 나타난 연구성과를 얼마나 객관적으로 측정할 수 있는가이다. 학문분야의 특징에 따라 논문 수는 물론 인용횟수 등이 다르게 나타나기 때문에 발표된 논문의 수준이 어느 정도인지를 객관적으로 평가하는 일은 성과분석의 가장 중요한 첫걸음이다.

이 논문에서는 SCI 논문을 대상으로 증거기반 접근을 실시함으로써 주요국에서 생산되는 논문들이 세계 속에서 차지하는 질적 위상을 분석하고자 하였다. 이러한 분석을 위해 여러 연구진들이 수행해 왔던 SCI 논문 질적 계량지표를 살펴보았으며, 이들 지표의 한계점을 보완함으로써 연구 분야별 비교, 국가별 비교, 세계 수준과 비교가 가능한 신규 계량지표, 상대적 순위보정영향력지수(Relatively Rank-Normalized Impact Factor, R^2nIF)를 개발하였다.

* 한국과학기술기획평가원 (KISTEP), 정책기획본부장 (smile@kistep.re.kr)

** 고려대학교 기술경영전문대학원 기술경영학과 교수, 교신저자 (youngjikim@korea.ac.kr)
서울시 성북구 안암동 미래융합기술관 307호, Tel:(02)3290-4872 (<https://mot.korea.ac.kr>)

*** 한국과학기술기획평가원 (KISTEP), 연구위원 (yongjikim@kistep.re.kr)

본 연구를 통해 흥미를 끄는 두 가지 결과를 얻을 수 있었다. 우선 우리의 예상을 벗어나 태국과 이집트, 그리고 뉴질랜드가 각각 지구과학, 수학, 약리학에서 가장 우수한 논문을 생산하고 있는 국가로 분석되었다는 점이다. 둘째는 인구 500만 이하의 강소국인 유럽의 스위스, 네덜란드, 덴마크, 아시아의 싱가포르, 그리고, 중동의 이스라엘이 최고 수준의 논문 생산국이라는 점이다. 특히, 스위스는 분석 대상 21개 분야 중 컴퓨터과학, 번역학 등 무려 4개 분야에서 가장 우수한 논문을 생산하는 국가로 랭크되었고, 네덜란드는 화학과 임상의학 등 3개 분야에서 최고 수준의 논문을 생산하는 것으로 나타났다. 이처럼 전 세계에서 높은 국가 경쟁력을 자랑하고 있는 강소국들이 과학분야에서도 높은 수준의 논문을 생산하고 있음을 확인할 수 있었다.

본 연구를 통해 개발한 Relatively Rank-Normalized Impact Factor를 SCI논문 성과분석에 적용해 본 결과, 향후 이 신규 질적지표는 피인용횟수(Citation) 정보 수집이 불가능한 대부분의 성과분석 및 성과평가에 적절하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 : SCI, 질적 계량지표, 상대적순위보정지수(R^2nIF), 연구성과

Measuring the quality of research papers across countries using Relatively Rank-normalized Impact Factor ($R2nIF$)

Oh Donghun · Kim Youngjun · Kim Yongjeong

Abstract : This paper introduces a new qualitative measurement indicator, Relatively Rank-normalized Impact Factor (R^2nIF) that can overcome drawbacks of the existing research performance measures. With the help of this innovative indicator, this study analyzes and compares the quality of research papers across countries and National Science Indicators (NSI) standard academic fields. The development of an improved bibliometric indicator for evaluating the quality of research papers and disentangling the “international” dimension of research performance will be of interest to academics and practitioners alike.

Key Words : Measuring the quality of research papers across countries using Relatively Rank-normalized Impact Factor ($R2nIF$)

I. 서론

과학의 영역에서 논문은 대표적인 연구개발 성과물이다. 특히 SCI 논문 수는 한 나라의 과학역량을 보여주는 가장 대표적인 지수로 널리 인정받고 있다. 예컨대 전 세계에서 발표된 SCI 논문 중 미국은 2009년 341,038편으로 세계 총 논문의 22.37%를 차지하고 있고, 한국은 38,651편으로 세계 11위를 차지하였고 세계 총 발표 논문의 2.54% 점유하고 있다.

그런데 과연 SCI 논문의 숫자가 그 나라의 학문의 수준을 나타내는 객관적인 잣대가 될 수 있을까? 단순히 SCI 논문에 실린 논문의 숫자로만 그 나라의 과학역량을 가늠하기에는 한계가 따른다. 예컨대 중국은 세계 총 논문 발표수의 8.37%를 점유하여 세계 2위를 차지하고 있으나 논문 1편당 피인용횟수는 세계 35위권에 머물고 있어, 최근 IMD 평가에서 과학인프라 10위, 기술인프라 20위에 머물고 있다.

당연히 한 나라의 과학의 총체적 수준은 페이지의 양은 물론 질과도 깊은 관련을 가진다. 논문의 피인용횟수(citation)나 저널영향력지수(impact factor)논문의 질적 수준을 가늠하는 잣대로 흔히 이용되곤 한다. 예를 들어 2000~2009년 동안 스위스에서 산출된 SCI 논문의 총피인용횟수는 2,526,875회에 이르러, 논문 편수가 더 많은 한국의 총피인용횟수 1,517,750보다 훨씬 많다.¹⁾

하지만 논문의 질적 수준에 기반하여 연구자, 기관, R&D프로그램 등을 평가하는 데 있어 많은 어려움이 있다. 현재 논문의 질적 수준을 평가하는 데 흔히 활용되고 있는 평가지표는 저널영향력지수(IF)와 피인용횟수 정보이다. 그런데 이와 같은 IF와 피인용횟수를 활용하는 데 있어 몇 가지 이슈가 제기되곤 한다. 먼저 피인용횟수는 논문이 발표된 직후 다른 논문에 의해 인용되는 것이 아니라 시차를 두고 서서히 일어나기 때문에 피인용 정보 수집에 많은 어려움이 있어 성과분석 및 평가에 활용하는데 제약이 따른다. 또한 학문분야 간 피인용횟수 또는 IF를 직접적으로 비교하는 방법은 학문분야에 따른 피인용도, IF 편차를 전혀 고려하지 않았기 때문에 잘못된 signal을 줄 수 있다.

Pudovkin 등의 연구자들은 피인용횟수, 저널영향력지수가 가지는 한계점을 지적하고 보다 객관적으로 논문 성과를 측정할 수 있는 질적 계량지표를 개발해 왔다. 그러나 이들 계량 지표도 분야별 편차를 완벽하게 보정하지 못했으며 세계수준과의 비교, 국가간 비교, 분야간 비교 등에서 여전히 한계점을 드러내고 있다.

1) 참고로 주요국의 논문1편당 피인용횟수는 스위스(14.75), 덴마크(14.00), 네덜란드(13.60), 스웨덴(13.06)로 유럽의 강소국들이 높고, 한국(6.12)과 중국은 각각 6.12와 5.09에 불과하다.

이 논문은 과학논문의 질을 평가하기 위한 기존의 계량지표들이 가진 단점을 극복할 수 있는 새로운 계량지표를 제시하고 이를 통해 주요국의 기술분야별 SCI 논문의 질적 위상을 분석하는 데 있다. 필자들은 이를 상대적 순위보정지수(Relative Rank-normalized Impact Factor, R^2nIF)라 부르는 새로운 지표를 제시한 다음 NSI(National Science Indicators) 22개 표준분야에서 2007년부터 2009년까지 분야별 논문을 100편 이상 게재한 SCI 논문 수 상위 70개 국가를 대상으로 논문 질적수준을 분석하고 그 결과를 제시한다.²⁾

본 연구를 통해 새롭게 제안하는 R^2nIF 는 분야별 특성을 반영하여 논문의 질적 수준을 객관적으로 측정할 수 있는 계량지표 개발의 좋은 시발점을 제공한다. 나아가 R^2nIF 는 연구개발프로그램평가, 연구기관평가, 성과분석 등에 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

II. 논문의 질적 계량지표에 관한 선행연구

R&D 평가에서 가장 흔히 사용되는 방법 중 하나는 동료평가(Peer Review)이다. 동료평가는 객관적으로 수량화되지는 않지만 연구 성과의 질적인 측면을 평가하는 방법으로 R&D 프로젝트를 평가하는 가장 효과적인 방법으로 여겨지고 있다. 하지만 여러 장점에 도 불구하고 동료평가는 이해관계(conflict of interests)에서 완전히 자유롭지 못하다.³⁾

2) 본 연구는 SCI Impact Factor 정보를 제공하는 JCR(Journal Citation Reports) DB에 수록되어 있는 학술지에 게재된 논문 중, 2007년부터 2009년까지 세계 모든 국가가 발표한 논문을 대상으로 하였다. 단, 하나의 논문을 여러 국가가 공동으로 발표하였다면 중복 발표를 인정하여 산출하였다. 학문분야별로 국가 R^2nIF 지표를 비교하기 위해 먼저 NSI 22개 표준분야별로 각 국가가 게재한 학술지와 학술지별 논문 수 분포를 얻었으며, 이를 바탕으로 학문분야별 상위 70개 국가의 R^2nIF 값을 산출하였다. 그리고 분석결과의 신뢰성을 높이기 위해 각 분야에서 3년 동안 논문수가 100편 이하인 국가는 제외하고 100편 이상인 국가에 대해서만 22개 NSI 표준분야별 R^2nIF 를 비교분석하는 방법을 선택하였다.

3) 동료평가의 장단점에 대해서는 많은 연구가 있어 왔다. 예컨대 Kostoff(1995)는 다음과 같은 6가지 동료평가의 문제점을 제기하였다. 첫째, 동료평가의 평가자가 해당 분야의 전공과 정확하게 일치하지 않을 경우 평가 결과가 왜곡 될 수 있다는 점, 둘째, 과학기술자 집단에서 새롭게 형성되는 첨단 분야보다 기존의 전통 연구 분야에서 연구비 수혜 비율이 훨씬 높다는 점, 셋째, 유명 연구자, 유명 연구 기관 등에 대한 후광 효과가 작용할 수 있어 연구 내용의 질적 수준과 무관하게 연구비를 지원 받을 가능성이 높다는 점, 넷째, 평가자 각각의 주관적인 판단에 의해 개별 평가자 마다 다른 해석과 평가의 기준이 적용될 수 있다는 점, 다섯째, 동료평가의 전체 조건에 대해 평가자 간 상당 수준의 동의와 의견일치가 요구된다는 점, 여섯째, 동

여러 연구자들은 동료평가와 같은 정성적 평가방법의 한계를 극복하고 논문의 수준을 비롯한 연구개발의 성과를 객관적으로 측정할 수 있는 분석 방법을 개발하기 위해 많은 노력을 기울여왔다. Prichard(1969)는 “Bibliometric”이라는 개념을 제시하여 과학활동의 결과인 논문에 대한 계량적 지표 평가 및 분석의 초석을 놓았다. 이후 피인용 횟수(Number of Citation)나 저널 영향력지수(Impact Factor)는 “Bibliometric” 개념을 활용하여 논문의 질적 수준을 측정할 수 있는 대표적인 정량적 계량지표로 각광을 받았다.

그러나 이러한 지표들은 몇 가지 측면에서 한계를 가지고 있다. 먼저 피인용 횟수를 활용한 논문 질 분석은 피인용 정보 수집과 학문 분야별, 국가별 상대 비교가 어렵다. 피인용 횟수를 활용한 논문 질 분석은 논문의 질이 동료 과학자들에 의한 인용에서 시작한다는 생각에서 출발한다.⁴⁾ 그렇지 않은 경우도 있겠지만 질이 높은 논문일수록 인용되는 횟수가 높다는 가정이 전제되어 있다.

또한 특정한 논문의 총체적인 인용도를 파악하기 힘들다는 것도 단점으로 지적할 수 있다. 피인용 횟수는 발표된 직후 다른 논문에 의해 인용되는 것이 아니라 시차를 두고 서서히 일어나기 때문에 피인용 횟수 분석에서는 통상적으로 5년 주기 평균 피인용도⁵⁾가 활용된다. 대부분의 성과분석 및 평가가 5년 이내 발생한 논문들을 대상으로 하기 때문에 피인용 정보를 수집하는 데 어려움이 있는 것이다. 이와 같이 피인용 정보를 수집하기 어렵기 때문에 성과분석이나 평가보고서에서는 피인용 횟수를 활용한 직접적인 분석 보다는 학술지의 IF 정보를 활용한 간접적 분석 방법이 선호되는 경우가 많다.

학문 분야 간 피인용도 또는 SCI 학술지의 Impact Factor를 직접적으로 비교하는 방법은 학문 분야에 따른 피인용도, IF 편차를 전혀 고려하지 않기 때문에 잘못된 signal을 줄 수 있다는 문제가 있다. 학술지의 IF를 논문 질 분석에 활용할 경우 연구 분야 간 IF의 편차가 고려되지 않기 때문에 분야 간 비교·분석·평가가 불가능하다. 예를 들어 연구자 수와 학술지 수가 적고 IF가 전체적으로 낮은 수학 분야와 이들 값이 상대적으로 높은 생명과학분야의 IF를 직접 비교하는 것은 학문 분야의 특성이 고려되지 않아 형평성이 떨어진다.

이 외에도 저널 영향력 지수는 국가 간 비교, 세계 속에서 차지하는 위상분석과 같은 국

료평가를 위한 비용과 시간 소모가 상당하다는 점을 들었다.

4) (Garfield, 2001)

5) 5년 주기 피인용도를 활용한 대표적 사례로는 네덜란드 Leiden University CWTS(Center for Science & Technology Studies)의 질적 수준 비교지표를 들 수 있다. CWTS는 특정집단의 5년 주기 피인용 횟수를 상대집단과 비교해서 특정집단이 상대집단보다 1.2배 크면 우수, 0.8~1.2배 사이이면 보통, 0.8 미만이면 미흡으로 분류하여 질적 수준 분석을 수행한 바 있다.

제비교가 불가능하다는 한계점도 갖고 있다. 예를 들어 A국가의 논문이 IF가 높은 생명공학 분야의 학술지에 게재된 비중이 높다면, A국가의 평균 IF는 높게 평가될 수밖에 없다.

Sen(1992), Marshakova-Shaikevich(1996), Pudovkin(2004) 등 여러 연구자들은 SCI Impact Factor(IF)가 학문 분야에 영향을 크게 받기 때문에 학문 분야 간 비교에는 적절하지 못하다고 주장하면서 다양한 질적 계량지표를 제시했다. Sen(1992), Marshakova-Shaikevich(1996)는 SCI IF가 가지는 학문 분야 간 편차를 완화시키기 위해 normalized IF를 각각 제안했다. Sen은 식(1)과 같이 저널 j 의 IF를 저널 j 가 속한 JCR(Journal Citation Reports) category의 IF의 최대값으로 나누어 줌으로써 학문간 편차를 완화시키고자 하였다.

$$SnIF_j = IF_j / \max IF \times 10 \quad (\text{식 1})$$

• $\max IF$: 학술지 j 가 속한 JCR category의 IF 최대값

Marshakova-Shaikevich(1996)는 학문간 편차를 완화시키기 위해 저널 j 의 IF를 저널 j 가 속한 JCR category 내에서 IF 상위 5개 저널의 IF (가중) 평균으로 나누어 주었다(식 2 참조).

$$MnIF_j = IF_j / av5\max IF \times 100 \quad (\text{식 2})$$

• $av5\max IF$: 학술지 j 가 속한 JCR category 내에서 IF 상위 5개 저널의 IF 가중 평균

그러나 서로 다른 학문 분야에서 유사한 질적 위상을 갖는 학술지의 $SnIF$, $MnIF$ 의 수치를 비교한 결과, $SnIF$, $MnIF$ 의 편차가 크게 나타나 학술지의 질적 위상을 파악하는 데 어려움이 있었다.

Pudovkin(2004)은 저널 SCI Impact Factor를 그대로 사용하지 않고 분야 내 SCI Impact Factor의 순위만을 활용한 순위보정영향력지수(Rank-Normalized Impact Factor, $rnIF$)라는 지표를 제안하였다. Pudovkin은 (식3)과 같이 간단하면서 효과적으로 Rank-Normalized Impact Factor를 산출한다.

$$rnIF_j = \frac{(N - R_j + 1)}{N} \quad (\text{식 3})$$

여기서 mIF_j 는 저널 j 의 Rank-Normalized Impact Factor이며, N 은 해당 분야 내의 학술지수, R_j 는 분야 내 특정 저널 j 의 SCI Impact Factor 순위이다. mIF 를 산출하기 위해서는 JCR에서 제공하는 정보 이외의 특별한 다른 정보를 필요로 하지 않는다. mIF 지표는 분야가 다를지라도 분야내 차지하는 위상이 같은 학술지들은 동일한 질적 수준을 가진다고 가정한 지표로서, mIF 가 x 라는 값을 가진다면 이는 $(1-x) \times 100\%$ 의 학술지가 이 학술지보다 상위의 SCI Impact Factor를 가진다는 것을 의미하게 된다. mIF 최하값은 학문 분야 내 학술지 수의 영향을 받는다. 예를 들어 학술지수가 10개인 분야 A의 mIF 최하값은 0.1, 100개인 분야 B의 mIF 최하값은 0.01, 1000개인 분야 C의 mIF 최하값은 0.001이 된다.

한국연구재단(2007)은 분야별 최하위 저널의 mIF 값이 분야 내 학술지 수에 의존하는 특성을 보완하기 위해 표준화 순위보정영향력지수(Modified Rank-Normalized Impact Factor, $mrnIF$)라고 불리는 지표를 개발하여 분석에 활용하였다. 이것은 mIF 가 학문 분야 내 학술지 수에 의존하는 문제점을 보완하기 위해 mIF 값을 0에서 100 사이로 표준화한 것이다(식 4 참조).⁶⁾ 이와 같은 방식으로 mIF , $mrnIF$ 지표는 학문 분야간 편차를 완화시켜 학술지의 질적 위상을 보다 객관적으로 측정할 수 있는 토대를 마련했다.

$$mrnIF_j = 100 \times \frac{(N \times mIF_j - 1)}{(N - 1)} \quad (\text{식 4})$$

(N : 해당 분야의 총저널수, mIF_j : 논문이 게재된 학술지(j)의 mIF)

그러나 mIF , $mrnIF$ 지표도 학문 분야 내에서 학술지가 차지하는 위상만을 보여줄 뿐, 학문 분야별 상대 비교 및 국가 간 비교 분석에는 적합하지 않은 지표이다. 이는 mIF 와 $mrnIF$ 가 학술지별 논문 수의 분포를 전혀 고려하지 않고 동일 학문 분야 내 학술지의 SCI IF 순위만을 활용하여 위상을 비교하는 방법이기 때문이다. <표 1>은 mIF 와 $mrnIF$ 지표가 가지는 한계점을 잘 보여주고 있다. 아래 표에서와 같이 Physics 분야와 Chemistry 분야에 각각 5개의 학술지가 있고 총 100개의 논문이 있다고 가정해보자. Physics 분야와 Chemistry 분야의 학술지별 논문 수 분포를 고려한다면, Chemistry 분야의 '나' 저널에 실린 논문이 Physics 분야의 'b' 저널에 실린 논문보다 질적 위상이 높음을 알 수 있다.⁷⁾ 하지만 학술지의 SCI IF 순위만을 고려한 mIF 와 $mrnIF$ 지표를 활

6) 이 외에 허정은 $mrnIF$ 에 근거하여 1~5 사이의 정수값을 부여하는 보완된 순위보정영향력지수(Ordinal Rank-Normalized Impact Factor)를 제안하였다(허정은 외, 2008)

용하게 되면, Physics와 Chemistry 분야에서 랭킹 2위인 'b' 저널과 '나' 저널에 게재된 논문의 질적 위상이 동일한 것으로 평가된다. 즉, mIF 는 $(5-2+1)/5 = 0.8$ 로, $mnrIF$ 는 $100 \times (5 \times 0.8 - 1) / (5 - 1) = 75$ 로 계산된다.

<표 1> mIF , $mnrIF$ 지표의 한계점 예시

SCI IF 순위	Physics				Chemistry			
	저널	논문 수	mIF	$mnrIF$	저널	논문 수	mIF	$mnrIF$
1	a	40	1.0	100	가	10	1.0	100
2	b	20	0.8	75	나	10	0.8	75
3	c	20	0.6	50	다	20	0.6	50
4	d	10	0.4	25	라	30	0.4	25
5	e	10	0.2	0	마	30	0.2	0

Ⅲ. R^2nIF 도출 방법

본 연구에서는 SCI Impact Factor 정보를 제공하는 JCR(Journal Citation Reports) 데이터베이스에 수록되어 있는 학술지에 게재된 SCI 논문을 분석대상으로 하였다. 분야별 SCI Impact Factor 순위를 부여하기 위해서는 학술지를 분야별로 분류하는 작업이 필요한데, 본 연구에서는 NSI(National Science Indicators) Standard Fields로 학술지를 분류하는 방법을 채택하여 분석을 수행하였다.⁸⁾ NSI Standard Fields는 <표 2>와 같다.

7) Physics 분야에서 'b' 저널에 실린 논문보다 IF가 높은 논문은 40편이나 되지만, Chemistry 분야에서 '나' 저널에 실린 논문보다 IF가 높은 논문은 10편에 불과하다.

8) Pudovkin이 제안한 모델과 한국연구재단에서 활용한 모델에서는 JCR 분류체계(톱슨사 JCR 175개 분류)를 활용하여 학문 분야를 분류하였는데, 이와 같은 분류방법을 적용할 경우 분야 내 학술지의 개수가 20개 미만인 분야가 다수 존재하게 되어 분야 내 학술지 순위값 산출에 문제 제기가 있을 수 있다.

<표 2> R^2nIF 분석을 위한 연구 분야 분류체계(NSI Standard Fields)

대분야	표준분야	대분야	표준분야
공학 및 컴퓨터	Computer Science	생명과학 및 의학	Biology & Biochemistry
	Engineering		Immunology
	Materials Science		Microbiology
농업 및 환경과학	Agricultural Science		Molecular Biology & Genetics
	Environment/Ecology		Neuroscience & Behavior
	Plant & Animal Science		Pharmacology & Toxicology
기초과학	Chemistry		Clinical Medicine
	Geoscience	다학문	Multidisciplinary
	Mathematics	사회과학	Economics & Business
	Physics		Social Science, general
	Space Science		Psychiatry/Psychology

NSI Standard Fields로 학술지들을 분류한 후, 일단 분야간 영향력지수의 편차를 보정하기 위해 Pudovkin이 제안한 방식과 동일하게 학술지별 SCI Impact Factor 정보(2007년 JCR 버전 활용)를 토대로 학술지별 Rank-Normalized Impact Factor($rnIF$)를 부여하였다. 다음으로 $rnIF$ 가 분야 내 학술지 수에 의존하는 특성을 보완하기 위해 Modified Rank-Normalized Impact Factor($mrnIF$)를 산출하였다. 왜냐하면 앞서 언급한 바와 같이 분야별 $rnIF$ 의 최하위 값이 분야 내 학술지 수에 의존하기 때문에 이러한 문제점을 보완하기 위해 아래와 같은 방법으로 $rnIF$ 의 최소값을 0, 최대값을 100으로 표준화하였다.

그러나 상기 Modified Rank-Normalized Impact Factor도 앞서 언급한 바와 같이 학술지별 논문수 편차가 고려되지 않아 논문의 질적 위상을 정확히 파악하기 어렵다는 한계점을 여전히 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 분석하고자 하는 논문의 $mrnIF$ 와 해당 논문이 게재된 학술지가 속하는 동일 분야의 $mrnIF$ 세계평균을 비교한 지표 Relatively Rank-Normalized Impact Factor(R^2nIF)를 개발하여 논문의 질적 위상분석이 가능하도록 하였다. R^2nIF 산출을 위해 먼저 세계 전체 논문을 대상으로 22개 NSI 표준분야별 $mrnIF$ 세계평균을 산출하여야 한다. NSI 표준분야별 $mrnIF$ 세계평균을 산출하기 위해서는 학술지별 논문수 정보가 필요한데 이는 SCIE(Science Citation Index Expanded) DB를 활용하여 추출하였다. 2008년 'Physics' 분야의 $mrnIF$ 세계평균은 (식 6)의 방법으로 산출할 수 있다. 학술지별 논문수(N)와 학술지별 $mrnIF$ 정보를 활용하여 산출한 연도별 $mrnIF$ 세계평균은 <표 3>과 같다.

$$mrnIF_{Physics, 2008\text{년 세계평균}} = \frac{\sum_{i=1}^n mrnIF_i \times N_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (\text{식 6})$$

(N_i : 'Physics' 분야로 분류된 i 번째 학술지의 2008년 논문수,
 $mrnIF_i$: 'Physics' 분야로 분류된 i 번째 학술지의 $mrnIF$)

<표 3> NSI 표준분야별 표준화 순위보정영향력지수 세계평균($mrnIF_{\text{세계평균}}$)

NSI 표준분야	$mrnIF_{\text{세계평균}}$			NSI 표준분야	$mrnIF_{\text{세계평균}}$		
	07년	08년	09년		07년	08년	09년
Agricultural Sciences	74.9	75.6	76.6	Mathematics	65.9	63.8	65.4
Biology & Biochemistry	65.6	65.4	65.3	Microbiology	88.2	88.2	88.0
Chemistry	67.5	68.0	69.0	Molecular Biology & Genetics	63.4	63.5	63.5
Clinical Medicine	69.5	69.1	69.1	Multidisciplinary	85.9	85.1	87.2
Computer Science	66.0	65.9	66.6	Neuroscience & Behavior	66.4	65.9	66.2
Economics & Business	71.5	75.2	71.8	Pharmacology & Toxicology	63.0	62.4	63.1
Engineering	71.8	71.4	72.5	Physics	67.4	67.7	67.9
Environment/Ecology	70.6	70.1	72.5	Plant & Animal Science	70.4	70.9	71.2
Geoscience	70.5	72.1	72.6	Psychiatry/Psychology	69.4	68.6	68.6
Immunology	63.8	63.4	62.1	Social Sciences, general	73.3	72.7	75.0
Materials Science	74.8	76.0	76.4	Space Science	75.7	71.8	75.0

위와 같이 일단 $mrnIF_{\text{세계평균}}$ 을 구한 뒤 논문이 게재된 학술지의 $mrnIF_j$ 를 부여하고, 이를 동일 분야의 $mrnIF_{\text{세계평균}}$ 으로 나눔으로써 논문별로 R^2nIF_j 를 산출할 수 있다.

$$R^2nIF_j = \frac{mrnIF_j}{mrnIF_{\text{동일분야 세계평균}}} \quad (\text{식 7})$$

예를 들어 'Physics'로 분류된 저널 'Physics Review Letters'에 2008년 게재된 논문의 R^2nIF 는 'Physics Review Letters'의 $mrnIF_j(=97.035)$ 를 2008년 'Physics' 분야의 $mrnIF_{\text{세계평균}}(=68.715)$ 으로 나누면 1.412가 된다.

<표 4> SCI 논문('08년)의 상대적 순위보정영향력지수 산출 예시

논문	저널	NSI 표준분야	SCI IF	mrnIF (A)	mmIF ^{세계평균('08)} (B)	R ² nIF (A/B)
Chemical tools for functional studies of ...	Chemical Society Reviews	Chemistry	13.082	99.424	68.182	1.458
Assay of diazinon pesticides in cucumber ...	Microchimica Acta		1.959	68.300		1.002
Effects of ananaine on dopamine biosynthesis ...	Molecules		0.940	39.193		0.575
Current status of ENSO prediction skill in ...	Climate Dynamics	Geosciences	3.961	98.118	70.168	1.398
Does the restoration of an inner-city stream in Seoul ...	Theoretical and Applied Climatology		1.674	70.353		1.003
Two-dimensional waveform inversion of multi-component ...	Geophysical Prospecting		0.731	31.529		0.449
Choice of neighbor order in nearest-neighbor ...	Annals of Statistics	Mathematics	1.944	94.316	66.059	1.428
Weighted Poincare inequality and heat kernel estimates ...	Mathematische Annalen		0.877	67.789		1.026
List-coloring the square of a subcubic graph	Journal of Graph Theory		0.503	33.263		0.504
Combinatorial patterns of histone acetylations ...	Nature Genetics	Molecular Biology & Genetics	25.556	99.170	62.164	1.595
Basal c-Jun N-terminal kinases promote mitotic progression ...	Cell Cycle		3.314	60.996		0.981
Adaptive response to GSH depletion and resistance to ...	Molecular and Cellular Biochemistry		1.707	26.556		0.427
Anisotropic behaviours of massless Dirac ...	Nature Physics	Physics	14.677	99.191	68.715	1.444
Miniaturization of a Fresnel spectrometer	Journal of Optics A-Pure and Applied Optics		1.752	68.733		1.000
Time-dependent Wigner distribution function ...	Physica Scripta		0.946	40.431		0.588
A subhalo-galaxy correspondence model of galaxy biasing	Astrophysical Journal	Space Science	6.405	93.333	72.938	1.280
The high activity of 3C 454.3 in autumn 2007 ...	Astronomy & Astrophysics		4.259	80.000		1.097
Enhanced luminosity of young stellar objects in cometary globules	Astrophysics and Space Science		0.834	31.111		0.427

IV. 분석결과

1. G7 and BRICs 국가의 SCI 논문의 질적 수준

R^2nIF 를 활용하여 G7 및 BRICs 국가의 SCI 논문의 질을 분석해 본 결과는 <표 5>와 같다. 2009년을 기준으로 세계 SCI 논문의 20% 이상을 점유하고 있는 미국의 R^2nIF 는 1.088로 주요국 중 가장 높은 수준 높은 논문을 생산하고 있음을 알 수 있다. 독일(1.038), 영국(1.074), 프랑스(1.049), 이탈리아(1.028), 캐나다(1.039)도 R^2nIF 가 세계 평균보다 높아 이들 국가의 논문 수준이 높음을 알 수 있었다. 일본의 경우 G7 국가 중 유일하게 SCI 논문의 R^2nIF 가 세계 평균에 미치지 못하고 있는데, 최근 수년간 SCI 논문의 질이 개선되는 추세에 있는 것으로 분석되었다.⁹⁾ '07~'09년에 SCI 논문 수와 R^2nIF 가 모두 많이 상승한 국가는 독일이었다. 프랑스와 이탈리아, 캐나다는 SCI 논문수에서는 괄목할만한 성장을 거두었으나 R^2nIF 가 지수는 큰 변동이 없었다.

<표 5> 주요국의 SCI 논문 수와 R^2nIF 추이

국가	SCI 논문 수				R^2nIF				
	'07년	'08년	'09년	증가율	'07년	'08년	'09년	증가율	
G7	미국	305,922	340,493	341,038	5.6%	1.088	1.088	1.088	0.01%
	일본	73,756	79,515	78,930	3.4%	0.963	0.966	0.971	0.43%
	독일	76,544	87,433	89,545	8.2%	1.028	1.035	1.038	0.49%
	영국	82,995	91,226	92,628	5.6%	1.068	1.070	1.074	0.29%
	프랑스	54,381	64,515	65,301	9.6%	1.047	1.046	1.049	0.10%
	이탈리아	43,768	50,367	51,606	8.6%	1.030	1.031	1.028	△0.10%
	캐나다	47,230	53,286	55,534	8.4%	1.038	1.042	1.039	0.08%
BRICs	브라질	19,510	30,422	32,100	28.3%	0.929	0.932	0.927	△0.10%
	러시아	25,892	27,918	30,178	8.0%	0.580	0.605	0.594	1.27%
	인도	29,717	38,697	40,250	16.4%	0.910	0.903	0.906	△0.20%
	중국	90,160	112,835	127,653	19.0%	0.943	0.938	0.942	△0.04%

한편 모든 BRICs 국가가 빠른 속도로 SCI 논문이 증가한 국가로 나타났다. 특히 브라질, 중국, 인도의 SCI 논문수 증가율은 각각 28.3%, 19.0%, 16.4%를 기록했다. 그러나

9) 일본의 R^2nIF 변화 추이: 0.963('07) → 0.966('08) → 0.971('09)

R^2nIF 수치는 모든 BRICs 국가가 세계 평균(=1.0)에 미치지 못했다. 더욱이 같은 기간 R^2nIF 변화율도 러시아를 제외하고는 모두 하락했다: 인도($\Delta 0.20\%$), 브라질($\Delta 0.10\%$), 중국($\Delta 0.04\%$). 이처럼 브라질, 중국, 인도 등 신흥개도국은 최근 눈부신 속도로 SCI 논문의 양적 성장을 이루고 있지만, SCI 논문의 질적 수준 개선은 정체되어 있고 세계 수준과 여전히 큰 격차가 있음을 알 수 있었다.

2. 기술분야별 주요국의 논문 질적 수준 비교

R^2nIF 를 활용하여 기술분야별로 논문의 수준을 분석한 종합결과는 <표 6>과 같다. 전체 21개 분야 중 미국이 11분야에서 5위 이내로 랭크되어 과학 최강국으로서의 면모를 과시했다. 최상위 국가에 싱가포르, 네덜란드, 스위스, 이스라엘, 덴마크 등이 이름을 올려 혁신활동이 활발한 국가들의 논문의 질이 전반적으로 높음을 확인할 수 있었다. 영국을 제외한 일본, 프랑스, 독일 등 전통적인 과학강국들이 한 분야에서도 1위를 차지하지 못한 점도 주목할 만하다.

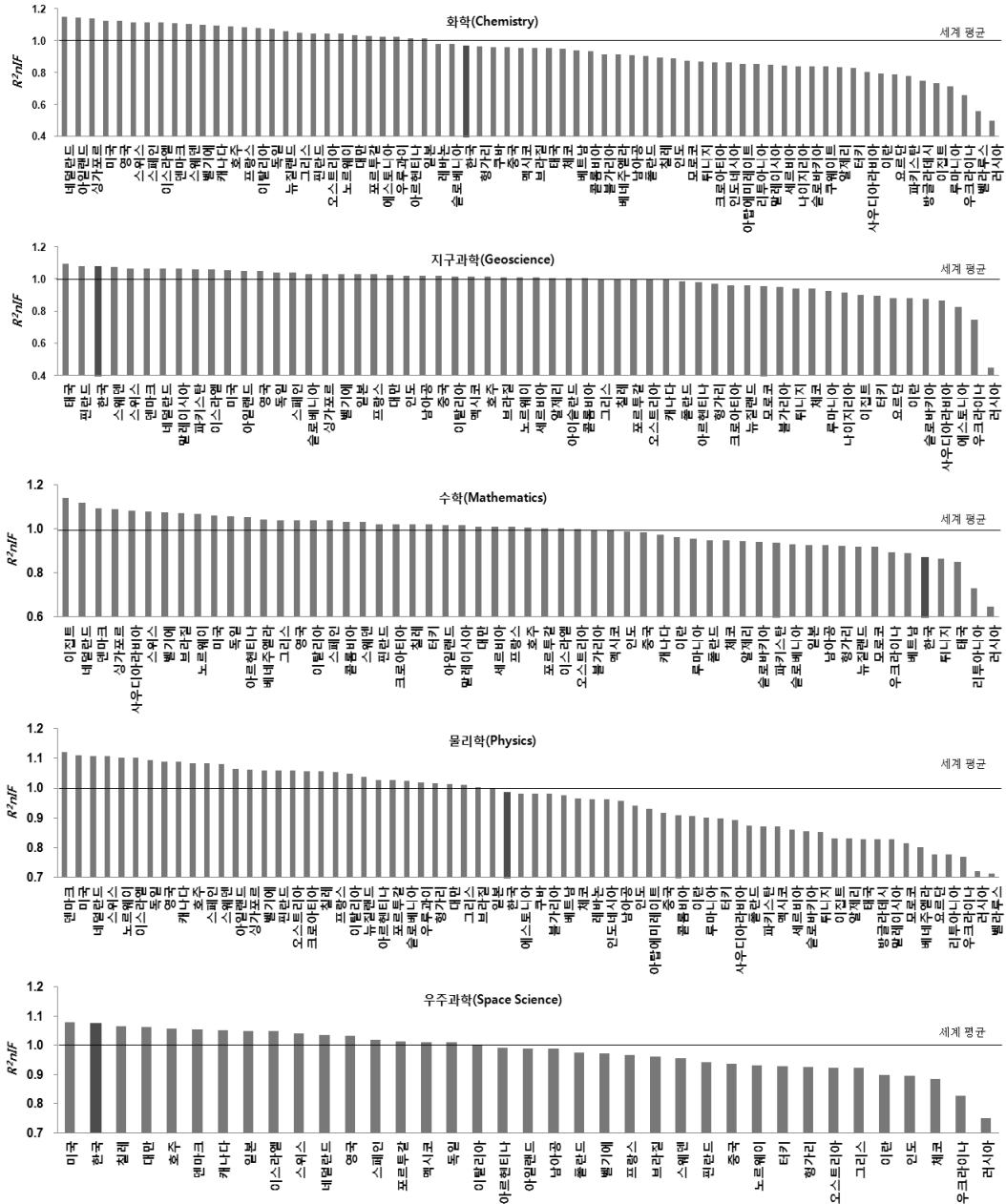
<표 6> 기술분야별 주요국의 R^2nIF 국제 순위

분야	미국	일본	영국	프랑스	독일	중국	인도	1위국	2위국	3위국	분석대상 국가수 ¹⁰⁾
농학	20	47	2	5	35	25	29	싱가포르	영국	스웨덴	50
생물학/ 생화학	3	24	5	11	8	31	41	싱가포르	스위스	미국	61
화학	4	27	5	14	16	33	45	네덜란드	아일랜드	싱가포르	68
임상의학	2	27	8	14	25	39	49	네덜란드	미국	벨기에	69
컴퓨터 과학	2	43	14	25	10	26	24	스위스	미국	호주	44
공학	13	40	25	19	16	15	26	싱가포르	덴마크	스위스	68
환경/생태학	15	28	5	6	11	13	35	스위스	스웨덴	네덜란드	60
지구과학	11	19	13	20	14	24	22	태국	핀란드	한국	58
면역학	2	21	7	9	13	33	38	스위스	미국	호주	40
재료과학	6	50	10	12	13	14	26	이스라엘	네덜란드	싱가포르	59
수학	10	46	15	28	11	36	35	이집트	네덜란드	덴마크	57
미생물학	1	27	5	6	10	34	36	미국	네덜란드	스위스	48
분자생물학/ 유전학	4	24	3	8	5	35	42	스위스	싱가포르	영국	53
다학문분야	1	11	13	10	5	26	27	미국	스웨덴	이스라엘	28

신경과학/행 동과학	2	26	1	17	19	32	40	영국	미국	싱가포르	41
약리학	8	35	4	9	18	38	39	뉴질랜드	이스라엘	싱가포르	50
물리학	2	31	8	20	7	43	41	덴마크	미국	네덜란드	66
식물과학/ 동물과학	12	40	3	2	13	18	41	네덜란드	프랑스	영국	62
정신의학/ 심리학	6	22	1	9	33	8	23	영국	아일랜드	네덜란드	34
사회과학	8	16	17	18	22	9	32	덴마크	스위스	태국	36
우주과학	1	8	12	23	16	27	34	미국	한국	칠레	37

몇몇 분야를 보다 자세히 살펴보면, 기초과학의 경우 일반적인 예상을 벗어나는 재밌는 결과를 보였다. 화학은 네덜란드, 지구과학은 태국, 수학은 이집트, 물리학은 덴마크, 우주과학은 미국이 SCI 논문 질이 가장 우수한 국가로 분석되었다. Chemistry에서는 네덜란드, 아일랜드, 싱가포르, 미국, 영국의 순으로 SCI 논문 질이 우수하였으며, 프랑스 14위, 독일 16위, 일본 27위, 한국 30위, 중국 33위, 인도 45위였다. Geoscience에서는 태국, 핀란드, 한국, 스웨덴, 스위스가 SCI 논문 질이 우수한 국가로 나타났다. 그 외 주요국의 순위를 보면 미국 11위, 영국 13위, 독일 14위, 일본 19위, 프랑스 20위, 인도 22위, 중국 24위였다. Mathematics의 경우 이집트, 네덜란드, 덴마크, 싱가포르, 사우디아라비아 순으로 R^2nIF 가 높았다. 그 외 미국 10위, 독일 11위, 영국 15위, 프랑스 28위, 인도 35위, 중국 36위, 일본 46위, 한국 53위를 차지했다. Physics에서는 덴마크, 미국, 네덜란드, 스위스, 노르웨이가 SCI 논문 질이 우수한 상위 1~5위 국가였다. 독일 7위, 영국 8위, 프랑스 20위, 일본 31위, 한국 32위, 인도 41위, 중국 43위로 나타났다. Space Science에서는 미국, 한국, 칠레, 대만, 호주의 순으로 논문 질이 우수한 것으로 나타났으며, 일본 8위, 영국 12위, 독일 16위, 프랑스 23위, 중국 27위, 인도 34위였다.

10) 기술분야내 SCI 논문 발표수가 100편 이상인 국가

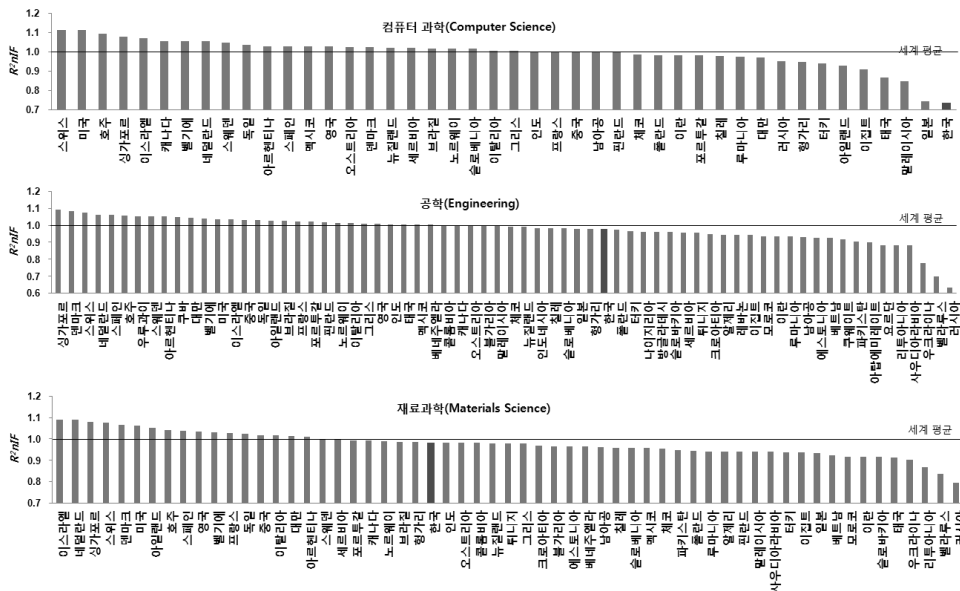


<그림 1> 기초과학 분야 SCI 논문 질(R^2nIF) 국가별 순위

생물학&생화학은 싱가포르, 면역학과 분자생물학&유전학은 스위스, 미생물학은 미국, 신경과학&행동과학은 영국, 약리학은 뉴질랜드, 임상의학은 네덜란드가 SCI 논문의 질이 가장 우수한 국가로 나타났다. Biology & Biochemistry에서는 싱가포르, 스위스, 미

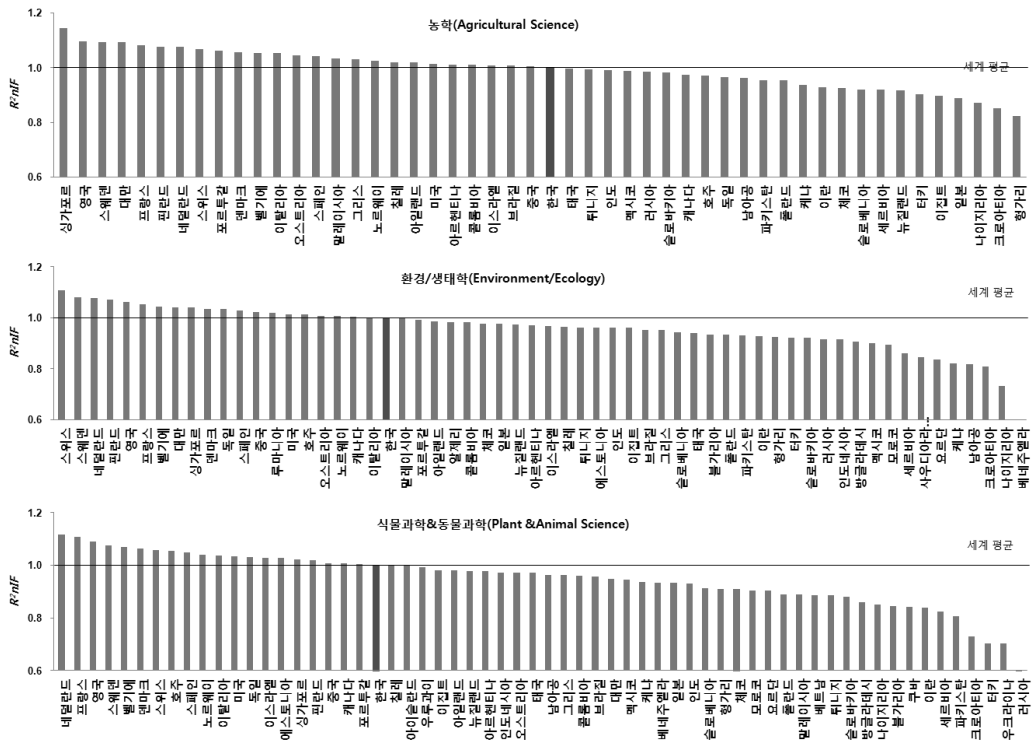
국, 네덜란드, 영국의 순이었고, 독일 8위, 프랑스 11위, 일본 24위, 한국 27위, 중국 31위, 인도 41위였다. Immunology에서는 스위스, 미국, 호주, 케냐, 네덜란드가 논문 질이 우수하였고, 영국이 7위, 프랑스 9위, 독일 13위, 일본 21위, 한국 29위, 중국 33위, 인도가 38위로 분석되었다. Microbiology의 경우 미국, 네덜란드, 스위스, 싱가포르, 영국이 논문의 질적 수준이 우수한 국가였고, 프랑스가 6위, 독일 10위, 일본 27위, 한국 31위, 중국 34위, 인도가 36위였다. Molecular Biology & Genetics에서는 스위스, 싱가포르, 영국, 미국, 독일의 순으로 논문의 질적 수준이 높았고, 프랑스가 8위, 일본 24위, 한국 30위, 중국 35위, 인도가 42위를 차지했다. Neuroscience & Behavior에서는 영국, 미국, 싱가포르, 네덜란드, 아일랜드가 상위권을 차지했고, 프랑스 17위, 독일 19위, 일본 26위, 한국 30위, 중국 32위, 인도 40위였다. Pharmacology & Toxicology의 경우 뉴질랜드, 이스라엘, 싱가포르, 영국, 네덜란드가 상위권에 위치했고, 미국 8위, 프랑스 9위, 독일 18위, 한국 34위, 일본 35위, 중국 38위, 인도 39위였다. Clinical Medicine에서는 네덜란드, 미국, 벨기에, 싱가포르, 덴마크가 R^2nIF 가 높은 상위 1~5위 국가였고, 영국이 8위, 프랑스 14위, 독일 25위, 일본 27위, 한국 38위, 중국 39위, 인도가 49위였다.

Computer Science에서는 스위스, 미국, 호주, 싱가포르, 이스라엘이 상위 1~5위를 차지하여 SCI 논문의 질이 가장 우수한 것으로 분석되었다. 그 외 독일 10위, 영국 14위, 인도 24위, 프랑스 25위, 중국 26위, 일본 43위, 한국 44위 등으로 나타났다. Engineering은 싱가포르, 덴마크, 스위스, 네덜란드, 스페인이 SCI 논문의 R^2nIF 평균이 높은 국가였고, 미국 13위, 중국 15위, 독일 16위, 프랑스 19위 영국 25위, 인도 26위, 일본 40위, 한국 42위로 분석되었다. Materials Science의 경우 이스라엘, 네덜란드, 싱가포르, 스위스, 덴마크가 SCI 논문의 질적 수준이 높은 국가였고, 미국 6위, 영국 10위, 프랑스 12위, 독일 13위, 중국 14위, 한국 25위, 인도 26위 등으로 나타났다.



<그림 3> 공학, 컴퓨터, 재료과학 분야 SCI 논문 질(R^2nIF) 국가별 순위

농학은 싱가포르, 환경/생태학은 스위스, 식물과학&동물과학은 네덜란드가 SCI 논문 질적 수준이 가장 높은 국가로 나타났다. Agricultural Science에서는 싱가포르, 영국, 스웨덴, 대만, 프랑스가 SCI 논문의 질적 수준이 우수한 상위 1~5위 국가였고, 미국이 20위, 중국 25위, 한국 26위, 인도 29위, 독일 35위, 일본이 47위를 차지했다. Environment/Ecology에서는 스위스, 스웨덴, 네덜란드, 핀란드, 영국이 상위권에 위치했고, 프랑스 6위, 독일 11위, 중국 13위, 미국 15위, 한국 21위, 일본 28위, 인도가 35위였다. Plant & Animal Science의 경우 네덜란드, 프랑스, 영국, 스웨덴, 벨기에의 순으로 SCI 논문 질이 우수했고, 미국이 12위, 독일 13위, 중국 18위, 한국 21위, 일본 40위, 인도가 41위였다.



<그림 4> 농업 및 환경 분야 SCI 논문 질(R^2nIF) 국가별 순위

V. 결론

본 연구에서는 SCI Impact Factor를 바탕으로 논문의 질적 수준을 분석할 수 있는 신규 계량지표를 제안하고 이를 활용하여 G7, BRICs 국가 등 세계 주요국의 SCI 논문의 질적 위상을 비교분석하였다. 필자들은 R&D 성과분석 및 평가에서 가장 널리 사용되고 있는 SCI Impact Factor가 학문 분야 간 비교 분석이 불가능하다는 문제점을 보완한 Rank-Normalized Impact Factor($rnIF$) 등의 질적 계량지표도 논문의 질적 위상을 정확하게 파악하기 어려워 국가별 비교, 세계 속에서 차지하는 위상 분석 등 국제 비교가 불가능하다는 한계점에 주목하였다. 이에 본 연구에서는 논문의 질적 수준을 세계수준과 비교가 가능한 새로운 질적 계량지표인 R^2nIF 를 개발하였다. R^2nIF 는 해당 논문의 Modified Rank-Normalized Impact Factor($mrnIF$)를 동일 연구 분야의 세계 평균 $mrnIF$ 로 나누어 산출한 지표($R^2nIF_j = mrnIF_j / mrnIF_{\text{동일분야 세계평균}}$)로서, 학문 분야 간

논문 질의 편차를 제거하고 세계 수준과 비교 분석이 가능하도록 보완한 지표이다.

본 연구에서 R^2nIF 를 활용하여 주요국 논문의 질적 수준을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같이 정리할 수 있다. 미국은 대부분의 분야에서 최상위권 수준의 논문을 창출하고 있고, 싱가포르, 스위스, 네덜란드, 덴마크 등 중소형 선진국들도 권위 있는 학술지에 논문을 게재하고 있다. 미국은 미생물학, 우주과학, 다학문 분야에서 세계 1위, 면역학, 임상의학, 신경과학, 물리학 분야에서 세계 2위, 생물학&생화학 분야에서 세계 3위를 차지하는 등 생명과학·의학 분야, 기초과학 분야, 다학문 분야에서 최상위권의 질적 수준을 보임으로써 과학최강국으로서의 면모를 보였다. 스위스는 컴퓨터과학 분야를 포함하여 면역학, 분자생물학&유전학, 환경/생태학 4개 분야에서 세계 1위의 질적 수준을 보였다. 네덜란드는 화학, 임상의학, 식물과학&동물과학 3개 분야, 싱가포르는 농학, 생물학&생화학, 공학 3개 분야, 덴마크는 물리학, 사회과학 2개 분야에서 세계 1위를 차지했다. 유럽의 강소국인 스위스와 네덜란드가 이처럼 논문의 질적 수준이 높다는 것은 이들 국가의 국제경쟁력이 높은 것과 궤를 같이한다.

반면, 최근 논문의 양적 성장이 두드러지는 중국, 인도, 브라질, 러시아 등 BRICs 국가의 경우 대부분의 분야에서 논문의 질적 수준이 중하위권에 머물러 있다. 이들 국가는 향후 논문의 양적 성장보다 질적 수준 제고에 더욱 노력해야 함을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 얻을 수 있었던 두 가지 결과는 우리의 흥미를 끌기에 충분하다. 우선 우리의 예상을 벗어나 태국과 이집트, 그리고 뉴질랜드가 각각 지구과학, 수학, 약리학에서 가장 우수한 논문을 생산하고 있는 국가로 분석되었다는 점이다. 둘째는 인구 500만 이하의 강소국인 유럽의 스위스, 네덜란드, 덴마크, 아시아의 싱가포르, 그리고, 중동의 이스라엘이 최고 수준의 논문 생산국이라는 점이다. 특히, 스위스는 분석 대상 21개 분야 중 컴퓨터과학, 면역학 등 무려 4개 분야에서 가장 우수한 논문을 생산하는 국가로 랭크되었고, 네덜란드는 화학과 임상의학 등 3개 분야에서 최고 수준의 논문을 생산하는 것으로 나타났다. 이처럼 전 세계에서 높은 국가경쟁력을 자랑하고 있는 강소국들이 과학분야에서도 높은 수준의 논문을 생산하고 있음을 확인할 수 있었다.

지식사회에서 보다 질 높은 지식을 생산하고 유통하는 것은 총성 없는 전쟁에 비유될 만큼 세계적으로 경쟁이 심하다. 특히 학문적 성과의 결과물인 논문은 공공재로서로 과학계에 공유되는 동시에 그 연구 결과를 얻기 위해 행해지는 과학활동에서 발생하는 노하우 등은 연구진에게 남기 때문에 장기적 전망에서 국가경쟁력의 향배를 좌우할 수 있기 때문이다. 따라서 국가의 정책개입은 단순히 많은 논문을 생산하도록 하는 것 보다는 보다 양질의 연구를 수행할 수 있도록 하는 데 있다고 말할 수 있다. 즉 연구 성과의 질

을 더 중시하는 풍토가 정착될 수 있도록 연구자들의 인식 전환이 요구되는 것이다. 예를 들어 스위스, 네덜란드, 싱가포르, 덴마크 등의 국가는 논문 성장률이 BRICs 국가에 못 미치지만, 권위 있는 SCI 학술지에 논문들이 지속적으로 게재하여 각 과학기술분야에서 최상위권의 질적 수준을 유지하고 있다. 따라서 BRICs 국가를 비롯한 개발도상국들은 SCI 논문 발표만을 목표로 삼는 획일적인 사고에서 벗어나 연구결과물의 과학적 영향력, 탁월성을 보다 향상시킬 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

세계 각국의 과학자들은 정부가 지원하는 research fund로 연구활동을 많이 하고 있다. 따라서 R&D performance evaluation을 할 때 ‘질 위주’의 평가체제로 전환할 필요가 있다. 특히, 각국 정부는 논문 생산 측면에서 주도적 역할을 수행하고 있는 교수·대학 평가 시 논문의 질적 평가를 강화할 필요가 있다고 생각한다. 질 중심의 평가를 위해서는 논문의 질적 수준을 객관적으로 측정할 수 있는 다양한 질적 계량지표 개발이 요구되며, 본 논문에서 활용한 R^2nIF 등의 질적 지표가 출발점이 될 수 있다고 본다.

본 논문에서는 각 기술분야별로 논문의 질적 수준에 대한 국제 순위를 도출하는 데 머물러 있다. 향후 보다 실질적이고 구체적인 정보를 얻고 관련 정책을 수립하기 위해서는 ‘why’의 문제를 연구할 필요가 있다. 즉 양질의 성과를 창출하는 국가(미국, 스위스, 네덜란드, 싱가포르, 덴마크)의 연구시스템과 연구문화 등에 대한 보다 심도 있는 연구와 벤치마킹이 필요하다. 또한 앞으로는 SCI 논문의 질을 포함하여 R&D 총투자, 인적자원의 질적·양적 수준, 연구인프라 구축 등 연구역량 스톡(stock) 측면에서 종합적인 분석이 수행되어야 할 것이다.

참고문헌

- CWTS (2000), "Bibliometric profiles of academic electrical and electronic engineering research in Netherlands(1989-1998)," Center for Science & Technology Studies.
- Garfield, E. (2001), "Interview with Eugene Garfield, Chairman Emeritus of the Institute for Scientific Information (ISI)," *Cortex* 37(4), pp.575-577.
- Kim, Yong-Jeong, Min-Sun Yeo, and Donghoon Oh (2010), "Measuring the Quality of Research Performance by Relative Rank-normalized Impact Factor," *Asian Research Policy* 1(1), pp.27-42.
- Kostoff, R. N. (1995). "Federal research impact assessment: axioms, approaches, applications," *Scientometric* 34, pp.163-206.
- Leeuwen, T. N., Van, L. J. Van der Wurff, & A. F. J. Van Raan (2001). "The Use of Combined Bibliometric Methods in Research Funding Policy," *Research Evaluation* 10(3), pp.195-201.
- Marshakova-Shaikovich, I. (1996), "The standard impact factor as an evaluation tool of science and scientific journals," *Scientometric* 25, 283-290
- Norris, M., & Oppenheim, C. (2003). "Citation Counts and the Research Assessment Exercise V-Archaeology and the 2001 RAE," *Journal of Documentation* 59, pp.709-739.
- Oppenheim, C. (1997). "The correlation between citation counts and the 1992 research assessment exercise ratings for British research in genetics, anatomy and archaeology," *Journal of Documentation* 53, pp.477-487.
- Prichard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, pp.358-359.
- Pudovkin, A. I. and E. Garfield (2004), 'Rank-normalized impact factor: a way to compare journal performance across subject categories', *Proceedings of the 67th ASIS&T Annual Meeting* 41, pp.507-515
- Seglen, P. O. (1997), "Why the impact of journals should not be used for evaluating research," *British Medical Journal* 314(7079), pp.498-502.
- Sen, B. K. (1992), "Normalized impact factor," *Journal of Documentation* 48, pp.318-329.
- Warner, J. (2003). "Citation analysis and research assessment in the United Kingdom," *Bulletin of the American Society for Information Science and Technology* 30, pp.26-27.
- 강대신, 문성빈 (2009). 연구성과의 질적 평가를 위한 계량정보학적 분석에 관한 연구. 한국정보관리학회, 26(3), pp.377-394.
- 교육과학기술부 · KISTEP(2010), '과학기술논문(SCI) 분석 연구'
- 교육과학기술부 · KISTEP(2010), '국가과학기술사업 조사분석'

- 교육과학기술부·KISTEP(2010), '국가연구개발사업 성과분석'
- 교육과학기술부·KISTEP(2010), '연구개발활동조사'
- 김용정, 오동훈(2011), '주요국의 기술분야별 SCI 논문 질적 위상 분석 및 시사점'. KISTEP 이슈페이퍼.
- 김인목 (2002). 기초과학연구지원사업별 평가전략 정립을 위한 정책조사연구. 대전: 한국과학재단.
- 연경남, 이성중, 이종현, 송충한 (2005). 연구계획서평가시정량지표 도입의 타당성에 관한 분석. 기술혁신학회, 8(1), pp.261-276.
- 이혁재, 여운동, 이상필 (2006). 연구성과의 질 제고를 위한 논문평가 모형 개발. 기술혁신학회, 9(3), pp.538-557.
- 한국과학기술기획평가원 (2008). 2008년도 국가연구개발사업 성과분석보고서. 서울: 교육과학기술부.
- 한국과학기술기획평가원 (2009). 과학기술논문(SCI) 분석 연구. 서울: 교육과학기술부.
- 한국과학기술기획평가원 (2009). 연구개발활동조사. 서울: 교육과학기술부
- 한국과학재단 (2008). 과학기술부 연구개발사업 성과분석보고서. 서울: 교육과학기술부.
- 한국과학재단(2007), '합리적인 R&D 평가체계 확립을 위한 성과지표 개발에 관한 연구'
- 한국기술혁신학회(2006), '연구성과의 질 제고를 위한 논문평가 모형개발 (I)'
- 한국연구재단(2009), '주요저널에 게재된 한국인 연구자 논문현황 분석'
- 한국연구재단(2009), '한국인 연구자의 논문을 중심으로 피인용 상위 1% 논문 현황 분석'
- 한국연구재단(2010), '교육과학기술부 연구개발사업 성과분석보고서'
- 허정은, 김해도, 조영돈, 조석민, 조순로 (2008). 국가연구개발사업의 과학적 성과분석을 위한 새로운 계량지표 개발에 관한 연구. 기술혁신학회, pp.22-41.

□ 투고일: 2012. 11. 01 / 수정일: 2013. 01. 15 / 게재확정일: 2013. 01. 18