

국가연구개발사업의 과학적 성과분석을 위한 새로운 계량지표 개발에 관한 연구

Developing Bibliometric Indicators for Analysis & Evaluation of
National R&D Programs

허정은(Heo, Jung-Eun)*, 김해도(Kim, Hae-Do)**, 조영돈(Cho, Young-Don)***,
조석민(Cho, Suk-Min)****, 조순로(Cho, Soon-Ro)*****

목 차

- | | |
|--------------|----------------------|
| I. 서론 | IV. 신규지표의 타당성 분석 |
| II. 주요 선행연구 | V. 계량지표를 활용한 성과분석 사례 |
| III. 신규지표 제안 | VI. 결론 |

국 문 요 약

최근 연구개발 투자규모가 급속히 증가함에 따라 정부는 R&D사업의 투자효율성을 높이기 위한 다양한 정책을 구사하고 있다. 구체적으로 R&D사업에 대한 성과평가를 강화하고 평가결과를 예산의 조정 및 배분에 반영하는 등 성과중심의 평가체계를 정착시키기 위해 노력하고 있다. 이처럼 국가연구개발사업에 대한 평가가 성과중심으로 체계화되기 위해서는 R&D 성과물을 과학적·객관적으로 분석할 수 있는 성과지표의 개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 전 부처 연구개발사업에 공통으로 적용할 수 있는 성과지표인 SCI논문지표를 바탕으로 교육과학기술부 3대 연구개발사업에 대한 구체적인 사례분석을 실시하여 이들 사업이 우리나라 전체 R&D에서 차지하는 질적·양적 위상을 파악하고자 하였다. 이러한 분석을 위해 SCI 관련 기존지표와 더불어 4개의 신규지표를 소개하였고 신규지표들의 타당성 조사를 위해 모의실험을 실시하였다. 그 결과 보완된 순위보정영향력지수(ordinal rank normalized impact factor, omIF)가 분야간 비교 시 가장 적절한 성과지표인 것으로 분석되었다.

핵심어 : 국가연구개발사업, 성과분석, 성과지표, 계량지표

※ 논문접수일: 2008.7.10, 1차수정일: 2008.9.5, 게재확정일: 2008.9.17.

* 한국과학재단 선임연구원, prettyheo@kosef.re.kr, 042-869-6322

** 한국과학재단 성과관리팀장, hdkim@kosef.re.kr, 042-869-6320

*** 한국과학재단 연구원, ydcho@kosef.re.kr, 042-869-6326

**** 한국과학재단 연구원, chosm@kosef.re.kr, 042-869-6325

***** 한국과학재단 혁신기획단장, srcho@kosef.re.kr, 042-869-6100

ABSTRACT

Science and technology (S&T) is one of the most important elements in a nation's competitiveness. In an effort to strengthen their national competitiveness, all countries are focusing on upgrading the level of their S&T. With these factors in mind, Korea has increased its support of national research and development (R&D).

In recent years, this added support has resulted in an increased interest in the effectiveness of R&D. We have made continuous efforts to enhance the accountability and effectiveness of R&D by strengthening performance evaluation and considering R&D evaluation results during the budget review (appropriation) process. In order to change to a performance based system, we need to develop objective and scientific indicators to measure and evaluate the quality of the research performance of R&D programs.

One of the primary research outcomes is publications. The impact factor of publications is widely used to evaluate overall journal quality and the quality of the papers published therein. However, the use of impact factors has been criticised because they can vary greatly when works from different subject areas are compared.

In order to overcome this limitation, we have developed three kinds of qualitative indicators, which are functions of the impact factor. Two of these qualitative indicators, Modified Rank Normalized Impact Factor and Ordinal Rank Normalized Impact Factor, are based on order statistics (rank) for all journals from a specific specialty. The third qualitative indicator, Relative Field Impact Factor, uses the average impact factor of all journals within a subject category. We also suggest a quantitative indicator, Percentage of Contribution.

In this study, we suggest 4 indicators and use them to evaluate the performance of outcomes from three R&D programs supported by the Ministry of Education, Science & Technology. We also perform a simulation study to verify the effectiveness of the proposed indicators. It can be shown that the proposed Ordinal Rank Normalized Impact Factor is the most reliable and effective indicator for comparing research performance across subject categories. However, we recommend using previous indicators in combination with the proposed indicators in this study for the research evaluation of R&D programs.

Key Words : national R&D programs, research performance, evaluation, qualitative indicators

I. 서론

세계 각국은 기술주도권 확보를 통한 국가경쟁력 제고를 위해 과학기술에 막대한 자원을 투자하고 있다. 우리나라도 이러한 추세에 맞추어 R&D에 대한 투자를 지속적으로 확대하여 2006년 총 연구개발비가 27조 3,457억원에 도달하였고, GDP대비 R&D 투자비중이 3.23%로서 세계 5위 수준을 기록하였다.

이처럼 우리나라의 연구개발 투자규모가 커짐에 따라 R&D사업의 투자효율성을 제고하고자 하는 관심과 노력이 많아지고 있으며 정부의 R&D정책이 투입 및 관리 중심에서 성과중심으로 전환되고 있다. 지난 2003년 「정부산하기관관리기본법」이 제정되어 정부재정 사업을 성과목표와 성과지표에 따라 평가하는 체제가 마련되었고, 2005년 「국가연구개발사업 등의 성과평가 및 성과관리에 관한 법률」이 제정됨으로 국가연구개발사업의 효율적 성과관리를 위한 법률적 기반이 마련되었다.

이를 통해 정부 R&D사업에 대한 평가가 성과중심으로 체계화되어 실시되고 있으며 평가결과를 예산 조정 및 배분에 반영하는 등 연구개발 투자의 효율성 및 책임성을 향상시키기 위한 노력이 지속되고 있다. 이처럼 국가연구개발사업에 대한 평가가 성과중심으로 체계화되기 위해서는 R&D 성과물을 과학적·객관적으로 분석할 수 있는 성과지표의 개발이 필요하다.

연구개발에 따른 성과물은 R&D 목적에 따라 다양한 형태로 산출될 것이나, 전 부처 R&D사업에 공통으로 적용될 수 있는 성과물은 연구논문(그중에서도 SCI논문)이라 할 수 있다. 이에 주요 부처의 R&D사업 평가에서는 통상 SCI 논문 성과지표(논문수, 인용수(Citation), 저널 영향력지수(Impact Factor) 등)를 가장 많이 활용하고 있다. 그러나 일부 부처의 R&D사업 성과평거나 대학 및 연구소의 연구업적 평가에 활용하고 있는 SCI 논문 성과지표는 연구의 질이 아닌 양적 실적을 측정하는 도구에 불과하며, 연구 분야별 특성이나 차이점을 제대로 반영하지 못하는 등 여러 가지 한계점이 있는 것으로 파악되고 있다(Kostoff, 1995). 따라서 국가 R&D사업의 효율성과 효과성을 보다 정확히 측정하기 위해서는 기존 지표의 한계점을 극복하고 연구 분야의 특성을 반영한 과학적이고 객관적인 성과지표의 개발이 필요하다.

또한 매년 실시되고 있는 국가연구개발사업 조사·분석·평가(일명 '조분평')와 같은 연구개발 프로그램 평가에 대처하기 위해서는 단기간의 성과를 효과적으로 측정할 수 있는 지표가 요구된다. 그러나 인용수는 개별 논문의 영향력을 측정하는데 가장 좋은 지표 중 하나임에도 불구하고 논문의 인용이 출판된 직후에 이루어지는 것이 아니라 장기간에

걸쳐 나타남으로 인해 국가 R&D사업에 대한 단기간의 성과측정에는 부적절하다.

이에 본 연구에서는 하나의 대안으로 피인용횟수를 활용한 함수로서 단기간 성과 측정에 적절한 영향력지수(해당 연도를 제외한 최근 2년간 학술지 수록 논문의 평균 피인용 횟수)를 바탕으로 연구 분야별 특성을 반영한 국가 R&D사업의 성과분석을 위한 새로운 계량지표를 제안하고자 한다. 또한 제안된 신규 지표의 타당성 분석을 위해 「분야가 다를 지라도 분야내 차지하는 위상이 같은 저널들은 비슷한 질적 수준(지표값)을 갖는다」 라는 가정 하에 기존지표와 제안된 신규지표를 비교·분석하기 위하여 모의실험을 실시하고자 한다. 마지막으로 본 연구에서 개발된 신규 지표를 활용하여 교육과학기술부 주요 R&D사업인 기초과학연구사업, 특정(미래원천)연구개발사업, 원자력연구개발사업의 성과분석을 실시하여 이들 사업이 우리나라에서 차지하는 양적·질적 위상을 진단하고자 한다.

II. 주요 선행연구

연구개발 프로그램 평가는 프로그램이 시작되기 전 기획단계에서의 사전평가(Ex Ante Evaluation)와 프로그램이 종료된 이후의 사후평가(Ex Post Evaluation), 사전평가와 사후평가의 중간에 위치하는 모니터링(Monitoring)으로 이루어진다(장용석, 2006). 이러한 연구개발 프로그램 평가방법은 크게 정성적 평가를 대표하는 동료평가(peer review)와 계량평가(정량적 지표평가)로 구분할 수 있다.

동료평가는 연구과제 및 프로그램 평가에 가장 오랫동안 사용되고 있는 방법으로, 특정 과학분야의 성과를 가장 잘 판단할 수 있는 사람은 그 분야에서 오랫동안 종사해 온 전문가라는 점에서 가장 이상적인 방법(COSEPUP, 1999)으로 여겨지고 있지만 많은 연구자들에 의해 문제점이 지적되고 있다.

실례로 Kostoff(1995)는 동료평가의 문제점으로 다음과 같이 6가지를 지적하였다. 첫째, 동료평가는 평가자가 해당 분야의 전공과 정확하게 일치하지 않을 경우 평가결과가 왜곡될 수 있다는 것이다. 둘째, 기존 연구분야를 보호하기 위한 중진과학자들의 네트워크(old boy network) 형성으로 새롭게 태동하는 연구분야보다는 여전히 기존 연구분야의 연구비 수혜비율이 훨씬 높게 나타나는데 이는 동료평가가 과학기술의 혁신과정에 그다지 효과적인 장치가 아닐 수 있다는 것이다. 셋째, 유명 연구자 및 소속기관 등에 대해 후광효과('Halo' effect)가 작용할 수 있어 연구내용의 질적 수준과 무관하게 연구비를 지원 받을 가능성이 상대적으로 높다는 것이다. 넷째, 개별 평가자 마다 각기 다른 해석과 평가의

기준이 적용될 수 있음으로 인해 평가자 각자의 주관적인 판단에 의해 이루어지기 때문에 동일한 판단기준을 적용하기가 매우 어렵다는 것이다. 다섯째, 동료평가의 전제조건으로 질적으로 우수한 연구과제를 구성하는 요소가 무엇이고 이를 이끄는 과학자가 누구인지, 향후 이러한 혁신적인 방향이 어느 쪽으로 진행될 것인지에 대해 평가자간 상당 수준의 동의와 의견일치를 요구한다는 것이다. 여섯째, 평가에 따른 연구관리 비용과 과학자들의 시간소모가 상당하다는 것이다.

상기와 같은 동료평가의 단점을 보완하고자 하는 노력으로서 정량적 분석방법이 시도되었다. 1900년대 초기부터 시도되어 왔지만 실질적인 의미의 정량적 분석방법은 1960년대부터 본격적으로 시작되었다. 1969년에 Prichard는 정량적 분석시도와 일련의 연구를 하나의 포괄적인 학문분야로 표현하기 위해 당시에 사용되었던 "statistical bibliography"라는 용어대신 "Bibliometric"라는 신 개념을 개발하였으며 이것이 정량적 지표평가 및 분석의 기원이 되고 있다(Prichard, 1969).

논문의 계량서지학적 지표는 연구과제 및 연구지원 성과를 분석하는 도구로 다수의 연구자에 의해 연구가 이루어지고 있다. 연구과제에 대한 동료평가를 보완하거나 R&D사업 성과분석을 위해 활용된 SCI 성과지표에 대한 연구로는 Leeuwen, Wurff and Raan(2001), 이한진 외(2004), 연경남 외(2005), 허정은 외(2006), 한국과학재단(2007) 등이 있다. Leeuwen, Wurff and Raan(2001)는 연구비 지원과정에서 연구자 및 연구팀 평가 시 동료평가를 보완할 수 있는 다양한 지표를 제시하였다. 이한진 외(2004)는 CWTS(2000), Leeuwen, Wurff and Raan(2001), Aksnes and Taxt(2004) 등이 제안한 계량서지학을 이용한 다양한 정량지표를 소개하고 이를 바탕으로 한국과학재단이 관리하고 있는 기초과학연구사업 성과의 질적 수준을 분석하였다. 연경남 외(2005)은 연구과제 평가 시 질적 수준을 측정할 수 있는 정량지표의 도입방안을 제시하였다. 허정은 외(2006)은 NSC(Nature, Science, Cell) 저널에 게재된 논문현황 분석을 통해 우리나라의 연구역량을 진단하고 어떤 R&D 프로그램이 NSC 논문을 증가시키는 동인으로 작용하는지 등을 구체적인 사례를 통해 분석하였다.

주로 사용되는 SCI 계량지표로는 양적 수준 지표인 논문 수, 질적 수준 지표인 피인용 횟수(Citation), 영향력지수(Impact Factor, IF) 등을 들 수 있다. 피인용횟수는 인용이 단기간에 의해 이루어지는 것이 아니라 장기간에 걸쳐 일어나므로 연구과제 및 프로그램 평가 적용에 어려움이 많으므로 편의상 IF를 많이 사용하고 있다. 그러나 최근 들어 기존 IF의 문제점에 대한 비판이 제기되고 있고 IF의 한계를 극복하기 위해 다양한 대안지표들이 개발되고 있다. Seglen(1997)은 IF가 높다는 것은 게재 논문 각각의 인용수가 높은 것이

아니며, 단지 우수한 논문만이 높은 인용율을 확보할 수 있다고 주장하고 있다. 실제 그의 통계조사에 따르면, 저널에 게재된 논문의 15%가 해당 저널 총 인용횟수의 50%, 게재 논문의 50%가 85% 이상을 점유한다고 발표했다. 또한, IF는 분야별로 값의 편차가 크다는 단점을 지적하며 이러한 문제점을 보정하고자 하는 노력이 여러 연구자들에 의해 이루어지고 있다(Sen, 1992; Marshakova-Shaikovich 1996, Pudovkin 2004, Sombatsompop 2005; 이혁재 외 2006). Sen(1992)은 분야별 IF 최대값을, Marshakova-Shaikovich(1996)은 분야별 상위 5%에 해당하는 IF값을 바탕으로 한 표준화된 지표를 제안하였다. Pudovkin(2004)은 저널의 IF값을 사용하지 않고 분야 내 순위만을 사용하는 순위보정영향력지수를 제안하였다. 그리고 Sombatsompop(2005)은 분야 내 순위와 IF값을 동시에 고려한 지표(Impact Factor Point Average, IFPA)를 개발하였다. 이외에도 이혁재 외(2006)은 기존 지표들이 가지고 있는 한계점(분야별 편차)을 실증분석을 통해 제시하고 논문의 질적 수준 평가에 활용할 수 있는 정량지표를 제시하였다.

본 연구에서는 한 단계 더 나아가 기존의 지표와 함께 이들 단점을 보완할 수 있는 새로운 지표를 제안하고 이를 국가 R&D사업 성과분석에 활용하여 R&D사업에 대한 현 주소를 진단해보고자 한다.

III. 신규 지표 제안

1. SCI논문과 관련된 기존지표

(1) 5년 주기별 평균 피인용횟수

논문 성과의 질은 동료과학자들에 의한 인용에서 출발한다는 생각에서(Garfield, 2001) 논문성과의 질을 평가하는 지표로 피인용수(citation)가 많이 활용되고 있다. 그러나 대부분 논문들이 발표된 직후에 바로 타 논문에 인용되는 것이 아니라 장기간에 걸쳐 일어나므로 피인용수는 단기간의 성과보다는 장기간의 성과를 측정하는데 많이 활용되고 있다. 본 연구에서는 특정 그룹(연구자, 프로그램, 기관 등)의 분석을 위하여 5년 주기 피인용횟수 분석을 하고 있는데 특정 프로그램의 5년 주기 피인용횟수는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{5년 주기별 평균 피인용횟수} = \frac{\text{특정 프로그램이 최근 5년간 산출한 SCI 논문의 피인용수}}{\text{특정 프로그램이 최근 5년간 산출한 SCI 논문수}}$$

한편, 네덜란드 라이덴대학(Leiden University)의 과학기술분석센터(Center for Science & Technology Studies, CWTS)는 피인용횟수를 이용한 평가기준(Van Raan, 2004)을 다음과 같이 적용하여 특정집단과 상대집단을 비교 분석하였다. 즉, 특정집단(A)의 5년 주기 피인용 횟수를 상대집단(B)과 비교해서 특정집단이 비교집단보다 1.5배 크면 매우 우수, 1.2에서 1.5 사이이면 “우수”, 0.8에서 1.2배 사이이면 “보통”, 0.5에서 0.8사이이면 “미흡”, 0.5 미만이면 “매우 미흡” 으로 분류하고 있다.

〈표 1〉 5년 주기 피인용횟수를 이용한 비교 기준¹⁾

비교 기준	비교 결과
$A/B \geq 1.5$	특정집단이 상대집단보다 매우 우수(far above)
$1.2 \leq A/B < 1.5$	우수(above)
$0.8 \leq A/B < 1.2$	보통(about)
$0.5 \leq A/B < 0.8$	미흡(below)
$A/B < 0.5$	매우 미흡(far below)

(2) 저널 영향력지수

논문의 피인용수를 바탕으로 한 정량 지표로 저널 영향력지수(Impact Factor, IF)가 있다. 피인용횟수가 개별논문의 영향력을 나타내는 측정지표인데 비해, 저널영향력지수는 주로 저널 자체의 영향력을 나타내는 지표이며 학술지의 SCI 등재여부를 결정하는 기준 중의 하나로 활용되고 있다. 특정 학술지의 저널영향력지수는 기준년도를 제외한 최근 2년간 해당 학술지 수록된 논문이 기준년도에 인용된 횟수를 논문 수로 나눈 값이다.

그런데 과학통계분석 전문가들과 SCI DB 제작사(Thomson Scientific) 내부에서도 IF를 활용하여 연구자의 능력을 평가하는 것에 대한 비판이 제기되고 있다. 노르웨이의 과학자이자 통계분석가인 Seglen(1997)은 논문 인용수와 IF 간에는 상관관계가 있기는 하지만 IF가 높다는 것은 게재 논문 각각의 인용수가 높은 것이 아니며, 단지 우수한 논문만이 높은 인용율을 확보할 수 있다고 주장하고 있다. 실제 그의 통계조사에 따르면 저널에 게재된 논문의 15%가 해당 저널 총 인용횟수의 50%, 게재 논문의 50%가 85% 이상을 점유한다고 발표했다.

또한 IF는 분야별로 값의 편차가 크다는 단점을 가지고 있다. 예를 들어 저널의 Impact

1) 5년 주기 피인용횟수를 이용한 비교기준은 네덜란드 과학기술분석센터가 제시한 기준을 변형·적용한 것임.

Factor가 “1” 라는 의미는 수학분야는 상위 10%, 생명과학분야는 상위 70% 정도에 해당하는 저널임을 의미한다. 따라서 IF의 값만으로 연구 성과의 질적 수준을 판단하는 것은 문제가 있다. 이처럼 IF의 분야별 편차를 보정하고자 하는 노력이 여러 연구자들에 의해 이루어지고 있는데(Sen, 1992; Marshakova-Shaikovich 1996, Pudovkin 2004, Sombatsompop 2005), 그 중 가장 대표적인 것이 순위보정영향력지수이다.

(3) 순위보정영향력지수

Pudovkin(2004)에 의해 개발된 순위보정영향력지수(Rank Normalized Impact Factor, $rnIF$)는 분야가 다를지라도 분야내 차지하는 위상이 같은 저널들은 비슷한 질적 수준을 갖는다는 가정 하에 저널의 IF값을 사용하지 않고 분야내 순위만을 사용함으로써 IF값이 가지는 분야별 편차를 제거하고자 다음과 같은 지수를 제안하였다.

$$rnIF_j = \frac{(N - R_j + 1)}{N}$$

여기서, $rnIF_j$ 는 순위보정영향력지수, N 은 해당 분야 내의 학술지 수, R_j 는 분야 내 특정 학술지의 순위이다. 특정 학술지의 mIF 가 "x"라는 값을 가진다는 말은 $(1-x)*100\%$ 의 학술지가 해당 학술지 보다 상위에(영향력지수 기준) 있음을 의미한다. 예를 들어 2006년 기준으로 학술지 Journal of Organic Chemistry는 JCR 분야분류 중 유기화학(Chemistry, organic) 분야 56개 학술지 중에서 7위이고 순위보정영향력지수는 0.89로, 이는 해당분야에서 $(1-0.89)*100\%=11\%$ 의 학술지가 Journal of Organic Chemistry보다 상위에 있음을 의미한다.

$rnIF_j$ 는 분야 내에서 특정 학술지가 차지하는 위상을 나타내는 지표로서, 특정 학술지가 분야 내 최상위인(IF 기준)인 경우 $rnIF_j=(N-1+1)/N="1"$ 의 값을 갖게 된다. 그러나 분야 내 최하위 학술지인 경우 $rnIF_j=(N-N+1)/N="1/N"$ 로, 동일한 최하위 저널일지라도 $rnIF_j$ 가 분야 내 학술지의 수에 따라 달라짐을 알 수 있다. 실제로 아래 <표 2>의 논문 "C"와 "D"는 둘 다 분야 내 최하위에 해당하는 저널임에도 불구하고 "C" 논문이 속한 분야의 전체 논문수가 "D" 논문 분야 전체 논문수의 10배이기 때문에 순위보정영향력지수 값은 논문 "D"가 "C"의 10배이다.

〈표 2〉 순위보정 영향력지수 산출방법 예시

논문	논문분야 (JCR 분류)	IF	분야내 총 저널수 (A)	분야내 순위(B)	순위보정영향력지수 (A-B+1)/A	비고
A	AA	10.453	100	1	=(100-1+1)/100=1	분야내 최상위
B	AA	3.217	100	30	=(100-30+1)/100=0.71	
C	AA	0.001	100	100	=(100-100+1)/100 =1/분야내총논문수=0.01	분야내 최하위
D	BB	0.001	10	10	=(10-10+1)/10=0.1 =1/분야내 총논문수=0.1	분야내 최하위

2. 신규 개발 지표2)

(1) 표준화된 순위보정영향력지수

앞 절에서 언급한 순위보정영향력지수의 문제점인 분야별 최하위 저널의 순위보정영향력지수 값이 분야 내 학술지 수에 의존하는 특성을 보완하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 방법으로 순위보정영향력지수의 최소값을 "0", 최대값을 "100"으로 보정한 표준화된 순위보정영향력지수(Modified Rank Normalized Impact Factor, mnrnIF)를 개발하였다.

$$mnrnIF_j = 100 \times \frac{(N \times rnIF_j - 1)}{N - 1}$$

여기서, N : 해당 분야내 학술지 수, $rnIF_j$: 순위보정지수.

〈표 3〉 표준화된 순위보정 영향력지수 산출방법 예시

논문	논문분야 (JCR 분류)	분야내 총 저널수(A)	순위보정 영향력지수(B)	표준화된 순위보정영향력지수 $100 \times (A \cdot B - 1) / (A - 1)$	비고
1	AA	100	1	=100*(100*1-1)/(100-1)=100	최상위 저널
2	AA	100	0.1	=100*(100*0.1-1)/(100-1)=9.1	
3	AA	100	0.01	=100*(100*0.01-1)/(100-1)=0	최하위 저널
4	BB	10	0.1	=100*(100*0.1-1)/(10-1)=0	최하위 저널

2) 본 연구팀이 R&D사업의 성과를 좀더 과학적으로 분석하기 위해 새로이 개발한 지표로서 크게 3개의 그룹으로 구분할 수 있다. 첫째 IF값의 분야 내 순위(순위보정영향력지수를 변형)를 활용한 지표인 "표준화된 순위보정영향력지수"와 "보완된 순위보정영향력지수", 둘째 IF 고유 값을 활용한 지표인 "분야대비 영향력지수", 셋째 양적지표인 "기여율을 고려한 논문수" 등이다.

(2) 보완된 순위보정영향력지수

표준화된 순위보정영향력지수 값은 최소 "0"에서 최대 "100"으로 편차가 매우 커 연구과제 평가에 활용되는 경우 일부 극한값을 가진 mIF에 크게 의존하게 되어 계량지표 값이 왜곡될 우려가 있다. 따라서 표준화된 순위보정영향력지수는 R&D 프로그램 단위의 성과 분석에는 적합하나 연구과제 단위의 성과평가에는 적합하지 않다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 보완된 순위보정영향력지수(Ordinal Rank Normalized Impact Factor, ornIF)를 제안하였다. 보완된 순위보정영향력지수는 다음과 같이 표준화된 순위보정영향력지수에 근거하여 1-5사이의 정수 값을 가지는 지표이다.

〈표 4〉 보완된 순위보정영향력지수 산출방법 예시

표준화된 순위보정지수	a < 20	20 ≤ a < 40	40 ≤ a < 60	60 ≤ a < 80	80 ≤ a ≤ 100
보완된 순위보정지수	1	2	3	4	5

(3) 분야대비 영향력지수

앞에서 살펴본 지표들은 분야별 IF의 편차를 보완하기 위하여 분야 내 학술지 순위만을 고려함으로 해당학술지의 IF가 가지고 있는 많은 정보가 손실될 우려가 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 분야대비 영향력지수(Relative Field Impact Factor, rIF)를 개발하였다. 분야대비 영향력지수는 각 저널의 영향력지수(IF)를 각 저널이 속한 분야의 평균 영향력지수로 나눈 값으로서 분야대비 영향력지수가 1이상이라는 것은 발표저널이 해당 분야 평균수준(IF 기준)보다 높음을 의미한다.

$$\text{특정 저널 "A"의 rIF} = \frac{\text{"A"의 영향력지수(IF)}}{\text{"A"가 속한 분야의 평균 영향력지수(IF)}}$$

〈표 5〉 분야대비 영향력지수 산출방법 예시

논문	논문분야 (JCR 분류)	IF	분야별 평균 IF	분야대비 영향력지수
A	EE	4.659	2.5	= 4.659/2.5 = 1.9
B	AI	3.253	4.3	= 3.253/4.3 = 0.8

(4) 기여율을 고려한 논문수

마지막으로 SCI 양적지표로서 “기여율을 고려한 논문수” 라는 지표를 도입하였다. 하나의 논문이 2개 이상의 사업(과제) 수행을 통해 산출된 경우, 과제간 또한 사업간 성과의 중복이 발생하게 되는데 이러한 성과의 중복 문제를 해결하는 방안으로 “기여율” 이라는 개념을 제안하였다. 기여율(percentage of contribution)이란 하나의 성과(논문)에 대한 해당과제의 기여 정도를 의미하는 것으로 하나의 논문이 두개 이상의 과제 수행으로 산출된 경우 동 논문에 대한 각 과제의 기여율의 합은 100%가 되도록 보정하였다.

〈표 6〉 기여율을 고려한 논문수 산출방법 예시

예시) 3개 과제의 공동연구를 통해 X라는 논문 1편이 산출되었으나
X 논문의 기여도 : A과제 50%, B과제 40%, C과제 30%로 보고되어 기여율의
합이 100%이상(이 경우 120%)인 경우

- ☞ X 논문의 보정된 “기여율을 고려한 논문 수”는
 - A과제 : $(100/120) * 50\% = 0.417$ 편임
 - B과제 : $(100/120) * 40\% = 0.333$ 편임
 - C과제 : $(100/120) * 30\% = 0.250$ 편임

IV. 신규지표의 타당성 분석

제안된 지표들의 타당성 조사를 위해 다음과 같이 모의실험을 행하였다. 먼저 JCR 분야 분류 중 해당분야 저널수, IF값의 편차, 분포모양³⁾ 등을 고려하여 8개 분야를 선택하였다 (그림 1, 표 7). (그림 1)에서 보는 바와 같이 거의 대부분 분야의 IF값이 오른쪽으로 꼬리가 긴 분포 모양을 보임을 알 수 있다. 〈표 7〉에서는 선택된 8개 분야 각각에 대해 해당분야 내에서의 IF의 순위가 1, 2, 3위 및 상위 25%, 50%(중앙값), 75%, 최하위인 저널에 대해 4개의 지표값(IF, mIF, mIF, omIF) 계산하였다. 이러한 4개의 지표값을 비교하기 위해 해당분야 내에서 같은 위상을 차지하는 저널에 대한 지표값의 표준편차를 계산하였다. 지표값의 표준편차가 작다는 것은 분야가 다를지라도 저널이 해당 분야 내에서 차

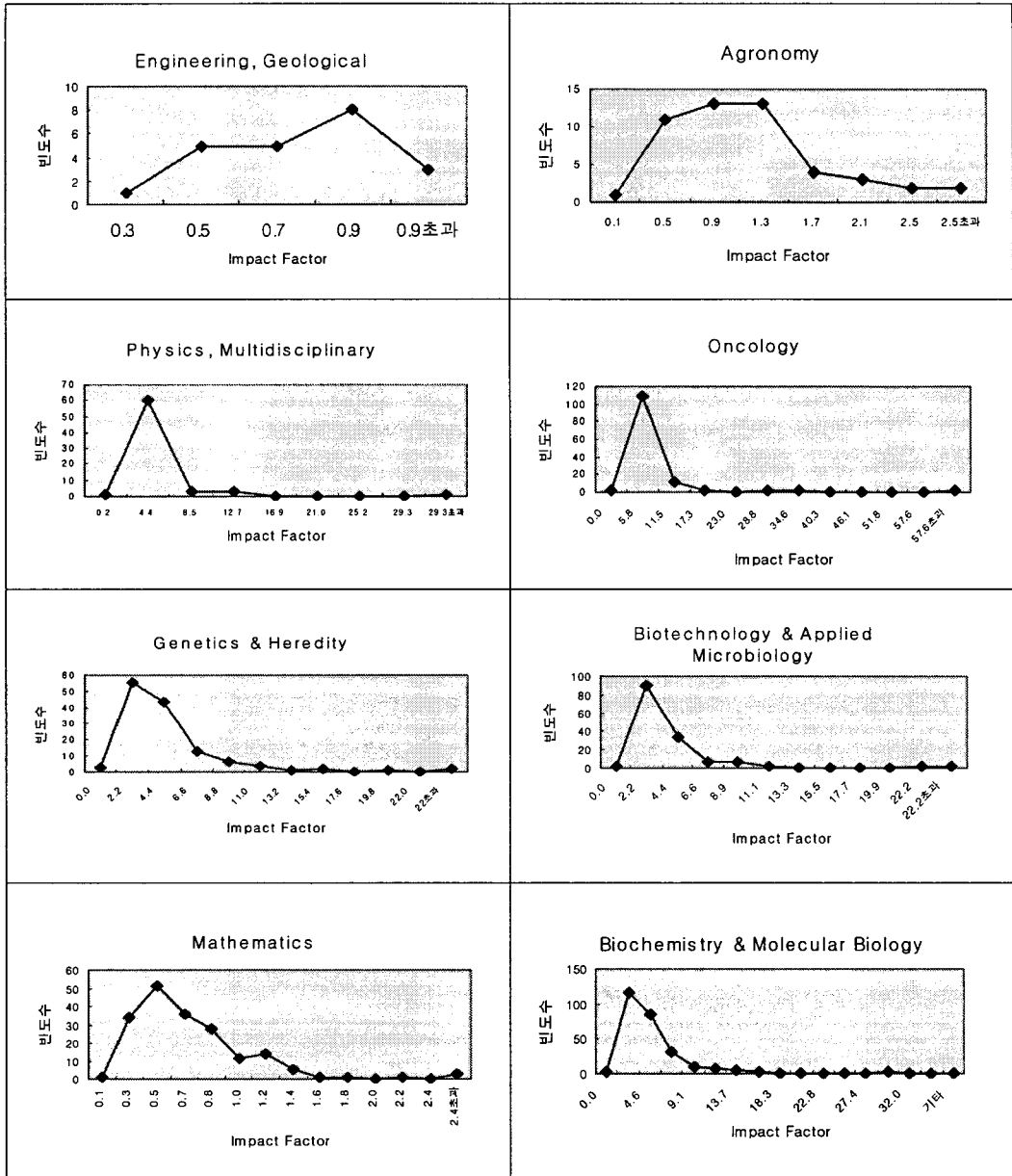
3) 왜도(skewness)는 자료들이 평균으로부터 얼마나 대칭적으로 분포되어 있는지를 측정하는 지표로서, 왜도가 0에 가까우면 좌우대칭, 왜도가 0보다 큰 값인 경우 오른쪽으로 긴 꼬리 모양의 분포를 나타냄.

지하는 위상이 같은 경우 지표값은 거의 비슷한 값을 가짐을 의미하고 본 논문에서는 이러한 지표를 ‘적절한’ 지표로 정의하였다.

먼저 <표 7>를 통해 분야간 IF값의 분포를 살펴보면, 분야간 IF의 편차가 상당히 큼을 알 수 있다. 실제로 Oncology 분야 최상위 IF(63.34⁴⁾)은 Engineering, Geological 분야 최상위 IF(1.167)의 약 54배임을 알 수 있다. 그러나 분야 내 하위 저널로 가면 갈수록 분야간 IF의 편차가 줄어들고 있음을 알 수 있다. 실제로 Oncology와 Engineering, Geological 분야간 최상위 저널인 경우에는 IF의 차가 62.173, 상위 25%저널 3.633, 상위 50% 저널 1.695, 하위 25% 저널 1.166, 최하위 저널인 경우에는 0.29로 하위저널로 가면 갈수록 분야간 IF값의 편차가 현저하게 줄어들고 있음을 알 수 있다.

4개의 지표에 대한 표준편차를 살펴보면 해당 저널의 분야 내에서의 위상에 관계없이 ornIF(보완된 순위보정영향력지수)의 표준편차는 0으로 이는 ornIF가 분야간 비교 시 가장 적절한 지표임을 의미한다. 본 연구에서 제안된 mmIF와 mIF를 표준편차 측면에서 비교 하면 분야 내 상위 저널(최고에서 상위 75% 저널)인 경우에는 mIF가, 하위 저널인 경우에는 mmIF의 편차가 적음을 알 수 있다. 즉 분야 내 상위저널인 경우에는 mIF가 하위저널인 경우에는 mmIF가 적절한 지표임을 알 수 있다. 이를 통해 연구과제 평가시 동료평가의 보완자료로 이러한 지표를 활용할 경우 해당 프로그램의 지원단계(리더연구자, 중견연구자, 일반연구자 지원)에 따라 적절한 지표가 다르다는 것을 알 수 있다.

4) Oncology 분야의 학술지 "CA-A CANCER JOURNAL FOR CLINICIANS"가 IF 최대값(63.34)을 가진.



(그림 1) Impact Factor의 분야별 분포

〈표 7〉 모의실험 결과

구분		Engineering, Geological	Agro nomy	Physics, Multi- disciplinary	Oncology	Genetics & Heredity	Biotechnology & Applied Microbiology	Mathe- matics	Biochemistry & Molecular Biology	표준 편차	
순위	저널수	22	49	68	127	131	140	186	262		
	IF값 평균	0.68	0.96	2.27	4.04	3.64	2.59	0.60	3.64		
	표준편차	0.26	0.67	4.49	6.62	3.96	3.49	0.41	4.18		
	왜도	0.05	1.04	5.48	6.65	2.97	4.37	2.02	4.09		
1	IF값	1.167	2.903	33.51	63.34	24.18	24.37	2.55	36.53	21.00	
	RNIF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	
	mrnIF	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	
	omIF	5	5	5	5	5	5	5	5	0.00	
	rfIF	1.71	3.01	14.73	15.66	6.63	9.41	4.28	10.03	4.87	
2	IF값	1.12	2.715	12.04	31.583	22.947	22.672	2.426	29.194	12.02	
	RNIF	0.95	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	0.01	
	mrnIF	95.24	97.92	98.51	99.21	99.23	99.28	99.46	99.62	0.60	
	omIF	5	5	5	5	5	5	5	5	0.00	
	rfIF	1.64	2.82	5.29	7.81	6.30	8.76	4.07	8.02	2.21	
3	IF값	1.05	2.198	10.438	24.077	19.098	20.97	2.385	28.588	10.51	
	RNIF	0.91	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.01	
	mrnIF	90.48	95.83	97.01	98.41	98.46	98.56	98.92	99.23	1.20	
	omIF	5	5	5	5	5	5	5	5	0.00	
	rfIF	1.54	2.28	4.59	5.95	5.24	8.10	4.00	7.85	2.08	
상위 25%	IF값	0.83	1.22	1.712	4.463	4.187	2.75	0.757	4.10	1.54	
	RNIF	0.77	0.76	0.75	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.00	
	mrnIF	76.19	75.00	74.63	75.40	75.38	74.82	75.14	74.71	0.31	
	omIF	4	4	4	4	4	4	4	4	0.00	
	rfIF	1.23	1.26	0.75	1.10	1.15	1.06	1.27	1.13	0.17	
상위 50% (중앙값)	IF값	0.705	0.863	1	2.40	2.55	1.955	0.5	2.48	0.87	
	RNIF	0.50	0.51	0.50	0.50	0.50	0.51	0.51	0.50	0.00	
	mrnIF	47.62	50.00	49.25	50.00	50.00	50.36	50.27	50.19	0.36	
	omIF	3	3	3	3	3	3	3	3	0.00	
	rfIF	1.03	0.90	0.44	0.59	0.70	0.76	0.84	0.68	0.15	
상위 75%	IF값	0.456	0.48	0.595	1.622	1.492	0.93	0.333	1.47	0.54	
	RNIF	0.27	0.27	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.01	
	mrnIF	23.81	25.00	23.88	24.60	24.62	24.46	24.32	25.29	0.46	
	omIF	2	2	2	2	2	2	2	2	0.00	
	rfIF	0.67	0.50	0.26	0.40	0.41	0.36	0.56	0.40	0.10	
최소	IF값	0.29	0.061	0.195	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.07	
	RNIF	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	
	mrnIF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
	omIF	1	1	1	1	1	1	1	1	0.00	
	rfIF	0.42	0.06	0.09	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.06	

V. 계량지표를 활용한 성과분석 사례

1. 분석 대상

본 연구는 교육과학기술부 주요 연구개발사업(기초과학연구사업, 특정연구개발사업, 원자력 연구개발사업)의 2006년 지원 연구과제 3,546건과 연구종료 후 5년이 경과되지 아니한 과제 5,081건 등 총 8,627과제를 대상으로 이들 과제가 2006년도에 산출한 SCI논문 성과를 조사·분석하였다.

조사 결과 상기 사업으로부터 2006년도 연구성과로 등록된 SCI논문은 총 10,367편이며, 그 중 2,657건이 과제간 또는 사업간 공통(중복) 실적으로 등록되었으며 이들 SCI논문을 대상으로 분석을 실시하였다.

〈표 8〉 사업별 분석대상 과제 현황

구 분	'02 -'06 종료과제	'06 계속과제	소 계
기초과학연구사업	2,703건	1,790건	4,493건
특정연구개발사업	1,380건	1,306건	2,686건
원자력연구개발사업	998건	450건	1,448건
합 계	5,081건	3,546건	8,627건

2. 자료 수집 및 통계 기준

본 연구에서는 상기에서 언급한 총 8,627과제가 2006년도에 산출한 SCI논문을 대상으로 각 논문에 대한 지표값을(피인용수, IF, mIF, mmIF, omIF, rIF) 도출하였다. 각 논문의 인용정보 및 서지정보는 SCI DB를 기반으로 만든 특정 국가별 DB인 NCR⁵⁾(2006)를 이용하여 계산하였으며 논문의 인용횟수는 자기인용회수(self-citation)을 포함한 수치이다.⁶⁾

5) NCR(National Citation Report)은 Thomson Scientific사가 제공하는 특정 국가별 논문의 서지사항 및 인용정보를 수록한 DB임.

6) 피인용횟수를 이용하여 개인의 업적평가나 과제평가를 하는 경우에는 자기인용(self citation)이 왜곡된 평가결과를 초래할 수 있으나 본 연구는 과제평가와 같은 미시적 분석이 아니라 R&D사업(프로그램)을 평가하는 거시적 분석임으로 자기인용이 평가결과에 민감한 영향을 미칠 것으로 판단되어 자기인용을 포함한 피인용횟수를 인용자료로 사용함.

인용횟수는 최근 5년간('02-'06) 발표한 논문이 5년간 피인용된 수치로서 인용횟수를 당해연도 인용횟수가 아닌 최근 5년간 인용횟수의 평균값을 사용하는데 이는 5년이 장기와 단기를 구분하는 중간값으로 인식되어 분석에 사용되고 있기 때문이다(한국과학기술기획평가원, 2006; Butler 2003a, 2003b; Aksnes, 2003).

SCI DB 중 하나인 JCR(Journal Citation Report) 2006에서 제공하는 IF와 분야분류기준을 적용하였으며, 특정저널이 여러 분야에 속하는 경우 각 분야에 대한 지표값(mIF, mmIF, omIF, rIF)의 평균값을 사용하였다.

기여율을 고려한 논문수를 도출하기 위해 과제별 연구성과 조사시 연구책임자로 하여금 각각의 논문에 대한 각 과제의 기여율을 직접 입력토록 하였으며, 한 논문 성과에 대한 각 과제 기여율의 합이 100%이상일 경우 100%가 되도록 보정하였다.

3. 논문의 양적 수준 분석

성과분석 결과 2006년 교육과학기술부 3대 연구개발사업(이하 “3대 R&D사업”이라 함)을 통해 2006년에 산출된 SCI의 논문은 10,367건으로 전년대비 6.4% 증가하였으며, 이는 우리나라 전체 SCI실적(23,286건)의 44.5%에 해당하는 수치인 것으로 나타났다. 그러나 과제간 또는 사업간 공통(중복) 실적을 감안한 순수 SCI 논문실적은 총 7,710건으로 우리나라 전체 SCI 실적의 33.1%에 해당하는 것으로 분석되었다.

〈표 9〉 교육과학기술부 3대 R&D사업의 SCI 논문실적

구 분	2004	2005	2006
국가전체	19,328	23,089	23,286
기초과학연구개발사업(기초과학)	5,645	5,510	6,077
특정연구개발사업(특연사)	4,100	3,509	3,476
원자력연구개발사업(원연사)	779	722	814
3대 R&D사업	10,524	9,741	10,367

연구비 투입대비 SCI 논문실적을 분석한 결과 교육과학기술부 3대 R&D사업의 연구비 10억당 SCI 논문수는 10.62편으로 국가 전체(0.85편)에 비해 12.5배 높은 것으로 나타났다. 순수연구사업⁷⁾의 실적만을 비교하면 연구비 10억당 SCI 실적은 15.87편으로 국가 전체에

비해 18.7배 높은 것으로 나타났다. 또한, 과제별 기여율을 고려하더라도 연구비 10억당 SCI 논문수(6.70편)는 국가 전체의 7.9배이며, 순수연구사업의 10억당 논문수(10.13편)는 국가 전체보다 11.9배 높은 것으로 분석되었다.

〈표 10〉 연구비 투입대비 SCI 논문 실적(2006년)

구 분		연구개발비		SCI논문		연구비 10억 당 SCI실적
		실적	점유율	실적	점유율	
국가전체		273,457	100.0%	23,286	100.0%	0.85
3대 R&D사업	순수연구사업	6,205	2.3%	9,845	42.3%	15.87
	기반조성	3,558	1.3%	522	2.2%	1.47
	계	9,763	3.6%	10,367	44.5%	10.62
3대 R&D사업 (기여율 고려) ⁸⁾	순수연구사업	6,205	2.3%	6,283	27.0%	10.13
	기반조성	3,558	1.3%	260	1.1%	0.73
	계	9,763	3.6%	6,543	28.1%	6.70

기초·원천 연구부문 순수연구사업⁹⁾의 연구비 10억 당 SCI 논문수는 20.42편으로 국가 전체(0.85편)에 비해 24.0배 높으며, 과제별 기여율을 고려하면 10억 당 13.03편으로 국가 전체 보다 15.3배 높은 수준인 것으로 분석되었다.

〈표 11〉 기초·원천 부문의 연구비 투입대비 SCI 논문 실적(2006년)

구 분	연구개발비(억원)		SCI논문		연구비 10억 당 SCI실적
	실적	점유율	실적	점유율	
국가전체	273,457	100.0%	23,286	100.0%	0.85
교육과학기술부 기초·원천 부문 순수연구사업	4,576	1.7%	9,342	40.1%	20.42
교육과학기술부 기초·원천 부문 순수연구사업 (기여율 고려)	4,576	1.7%	5,961	25.6%	13.03

7) 순수연구사업이란 성과분석 대상에 포함된 교육과학기술부 3대 R&D사업의 세부사업들 중에서 연구기반조성사업 (〈예시〉 특성화장려사업, 우주기술개발사업, 연구기반구축사업 등)을 제외한 R&D사업을 의미함.

8) 연구성과의 양적수준을 좀 더 정확하게 측정하기 위해 기여율을 고려하여 연구비 투입대비 논문수를 도출함.

9) 기초·원천 부문 연구사업이란 기초과학연구사업과 특정연구개발사업의 순수연구사업을 의미함.

4. 논문의 질적 수준 분석

1) 주요 과학저널의 논문 게재 실적 분석

6,000여종의 SCI급 저널 중 세계 정상급 과학저널로 인정받고 있는 Nature誌, Science誌, Cell誌(이하, "NSC"이라 함)의 논문 게재현황 분석을 통해 우리나라 전체 중 교육과학기술부 3대 R&D사업이 차지하는 점유율을 분석하였다. 분석결과 2006년도 국가 전체 R&D 투자 대비 3대 R&D사업의 점유율은 3.6%(국가전체: 27조 3,457억원, 3대 R&D사업: 9,763억원)에 불과하나 NSC논문 게재실적의 52.1%(12편)을 점유하고 있는 것으로 나타났다. 즉 2006년도 국가전체의 R&D 투자 1000억당 NSC 논문수는 0.08편이나 3대 R&D사업은 1.23편으로 국가 전체의 15.4배를 기록하고 있다.

〈표 12〉 교육과학기술부 3대 R&D사업의 NSC논문 게재실적(2006년)

구분	국가 전체	3대 R&D사업
R&D투자	273,457억원(100%)	9,763억원(3.6%)
NSC 논문수	23편(100%)	12편(52.1%)
1000억당 NSC 논문수	0.08편	1.23편

2) 피인용횟수¹⁰⁾를 활용한 논문의 질적 수준 분석

5년 주기별('02-'06) 우리나라 SCI 논문의 평균 피인용횟수는 3.22회로 세계 28위 수준이며 동 기간 우수연구센터지원사업의 SCI 논문 평균 피인용 횟수는 4.59회로서 세계평균(4.57회)보다 높은 것으로 나타났다. 그리고 특정기초연구사업의 SCI 논문 평균 피인용횟수는 3.68회로 우리나라 평균의 약 1.14배인 것으로 분석되었다.

〈표 13〉 SCI논문 피인용 분석결과(2006년)

구분	한국평균	교육과학기술부의 기초과학연구사업 중 일부 사업 ¹¹⁾		세계평균
		우수연구센터사업	특정기초연구사업	
평균 피인용 횟수	3.22회	4.59회	3.68회	4.57
상대 인용률 (국가 평균 대비)	1.00배	1.43배	1.14배	1.42배

주) 2006년 평균피인용횟수 : '02-'06 사이에 발표된 논문이 동 기간동안 인용된 횟수

10) 특정주체(기관, 그룹, 센터, 프로그램)가 5년간(2002-2006) 발표한 논문이 5년간 피인용된 수치를 의미함.

3) IF를 활용한 논문의 질적 수준 분석

국가전체 SCI논문의 IF 평균이 2.03인데 비해 3대 R&D사업의 평균 IF는 2.52로 국가 평균 대비 1.24배 수준인 것으로 분석되었다. 특히 3대 R&D사업의 국제공동 연구논문 IF는 3.63인 것으로 나타나 국제협력을 통해 영향력이 큰 연구성과(IF기준)가 산출됨을 확인하였다.

한편 6,000여종의 SCI급 저널 중 IF가 20이상인 저널은 전체의 0.5%로서 이들 저널에 게재된 논문은 학문적으로 영향력이 클 가능성이 높다. 이에 IF가 20이상 저널의 논문현황 분석을 통하여 3대 R&D사업의 질적 수준을 분석하였다. 분석결과 IF가 20이상인 논문 중 한국인이 포함된 논문은 총 56건이며, 이중 24편(42.9%)이 교육과학기술부 3대 R&D사업의 성과인 것으로 나타났다. 즉 연구비 1,000억당 IF가 20이상인 논문 수는 2.46편으로 국가전체(0.20편) 대비 12.3배 높은 것으로 나타났다.

〈표 14〉 교육과학기술부 3대 R&D사업의 영향력지수(2006년)

구분	평균IF	IF 상위 논문수			1,000억당 IF 상위 논문수			국제공동	
		IF≥5	IF≥10	IF≥20	IF≥5	IF≥10	IF≥20	논문수	평균 IF
국가 평균	2.03	2,185	250	56	7.99	0.91	0.20		
3대 R&D사업	2.76	1,355	188	43	138.79	19.26	4.40	1,824	3.82
3대 R&D사업 (중복배제) ¹²⁾	2.52	849	116	24	56.23	11.88	2.46	1,359	3.63

4) 신규지표를 활용한 논문의 질적 수준 분석

분야별 IF 평균을 고려한 교육과학기술부 3대 R&D사업의 '분야대비영향력지수'는 1.25로 국가전체(1.10) 보다 0.15가 높은 것으로 나타났다. 이는 3대 R&D사업에서 산출된 논문이 해당 분야 세계평균 수준(IF 기준)보다 1.25배 높은 저널에 게재되고 있음을 의미한다. 특히 기초·원천 부문 R&D사업의 '분야대비영향력지수'는 1.28인 것으로 나타나 동 사업의 성과가 우리나라 기초연구 수준을 선도하고 있는 것으로 파악되었다.

11) 5년 주기별 SCI논문의 피인용 수준을 분석하기 위해서는 분석대상 사업에 대한 5년간의 누적 SCI 논문DB가 필요 한데, 이 기준에 부합하는 연구사업은 우수연구센터사업과 특정기초연구사업뿐이므로 두 사업을 대상으로 논문의 피인용 수준을 분석함.

12) 연구성과의 질적수준을 더 정확하게 측정하기 위해 순수(중복 논문을 제외) 논문을 대상으로 3대 R&D사업의 영향력지수를 도출함.

3대 R&D사업 SCI논문의 ‘표준화된 순위보정영향력지수’는 61.84점으로 국가평균(53.98 점)보다 7.86점 높은 것으로 나타났다. 이는 교육과학기술부 3대 R&D사업으로 산출된 SCI논문은 해당분야 내 평균영향력순위가 상위 38%(IF기준)에 해당하는 저널에 게재되고 있음을 의미한다.

한편, 3대 R&D사업 SCI논문의 ‘보완된 순위보정영향력지수’는 3.62로 국가전체(3.26)보다 0.36이 높은 것으로 나타났다.

〈표 15〉 교육과학기술부 3대 R&D사업의 질적 수준(2006년)

구 분	분야대비 영향력지수	순위보정 영향력지수 (0-1)	표준화된 순위보정 영향력지수 (0-100)	보완된 순위보정 영향력지수 (1-5사이 정수)
국가전체	1.10	0.54	53.98	3.26
교육과학기술부 3대 R&D사업 (중복배제)	1.25	0.63	61.84	3.62
교육과학기술부 기초·원천 부문 연구사업 (중복 배제)	1.28	0.63	62.75	3.67

VI. 결 론

본 연구에서는 SCI 지표를 바탕으로 국가전체 R&D 중 교육과학기술부 3대 R&D사업이 차지하는 양적·질적 위상을 분석하고자 하였다. SCI DB를 바탕으로 한 지표에는 여러 지표가 있으나 본 연구에서는 가장 널리 활용되는 피인용횟수와 IF를 활용한 지표들을 중심으로 분석하였다. 특히 본 연구에서는 IF의 단점 중의 하나인 분야별 편차를 보정한 3개의 질적 지표(표준화된 순위보정영향력지수, 보완된 순위보정영향력지수, 분야대비 순위보정영향력지수)를 제안하였고 성과중복 문제를 해결하기 위해 ‘기여율을 고려한 논문 수’라는 지표를 제안하였다.

그리고 제안된 지표의 타당성 분석을 위해 8개 분야를 선택하여 분야 내 위상이 같은 저널들에 대한 지표 값과 지표 값에 대한 표준편차를 계산하였다. 모의실험 결과, 해당 저

널의 분야 내 위상과 관계없이 omIF(보완된 순위보정영향력지수)의 표준편차는 0으로 분야간 비교 시 가장 적절한 지표인 것으로 나타났다. 또한, 분야 내 상위저널인 경우에는 mIF가 하위저널인 경우에는 mmIF가 적절한 지표인 것으로 분석되었다. 이는 연구과제 평가 시 동료평가의 보완자료로 계량지표를 활용할 경우 해당 프로그램의 지원단계(리더연구자, 중견연구자, 일반연구자 지원)에 따라 적합한 지표가 다르다는 것을 의미한다.

SCI 지표를 활용하여 2006년 3대 R&D사업의 양적 수준과 질적 수준을 분석한 결과는 다음과 같은 것으로 나타났다. 먼저 양적 수준을 분석한 결과 3대 R&D사업의 연구비는 (9,763억원) 국가전체 R&D의 3.6%에 불과하나 이들 사업에서 산출된 SCI 논문은 국가전체 실적의 33.1%(7,710건)를 차지한 것으로 나타났다. 즉 3대 R&D사업이 한국평균에 비해 투자대비 약 9배 이상의 SCI성적을 산출함으로써 우리나라 SCI 논문의 양적 성장을 견인하고 있는 것으로 분석되었다.

그리고 기존의 SCI지표를 활용하여 질적 수준을 분석한 결과는 다음과 같이 4가지로 나타났다. 첫째, 3대 R&D사업의 R&D투자 대비 NSC실적은 1,000억당 1.23편으로 한국평균(0.08편)보다 15.4배가 높은 것으로 나타났다. 둘째, 5년 주기별 SCI논문의 피인용을 분석한 결과 3대 R&D사업 중 우수연구센터사업 논문의 평균 피인용수는 4.59회로 한국평균(3.22회)은 물론이고 세계평균(4.57회)보다 높은 것으로 나타났다. 셋째, 3대 R&D사업 SCI 논문의 평균 IF는 2.52로 한국평균보다 1.24배 높은 것으로 나타났으며, 이중 국제공동논문의 IF는 3.63으로 한국평균보다 1.33배 높은 것으로 분석되었다. 넷째, IF가 20이상인 한국논문(56건)의 42.8%(24편)가 3대 R&D사업을 통해 산출된 것으로 나타났다.

한편, 본 연구를 통해 새로이 제안된 3가지 SCI지표를 활용하여 질적 수준을 분석한 결과는 다음과 같은 것으로 나타났다. 첫째, 3대 R&D사업의 “분야대비 영향력지수”는 1.25인 것으로 나타나, 동 사업으로 산출된 논문은 평균적으로 세계평균 수준(IF 기준)보다 1.25배 높은 저널에 게재되는 것으로 분석되었다. 둘째, “표준화된 순위보정영향력지수”는 61.84로 한국평균(53.98)보다 1.14배 높은 것으로 나타났다. 이는 3대 R&D사업으로 산출된 논문이 해당분야 상위 38.2%에(IF 기준) 해당되는 저널에 게재되고 있는 것을 의미한다. 셋째, “보완된 순위보정영향력지수”는 3.62로 한국평균(3.26)보다 0.36이 높은 것으로 나타났다.

본 연구에서는 SCI 지표를 중심으로 R&D사업의 질적 성과를 분석하고자 하였으나 다음 4가지 사항이 후속연구를 통해 해결되어야 할 것이다.

첫째, SCI 논문 이외에 특허, 기술이전, 학술대회 논문발표 등 다양한 연구성과를 계량화시킬 수 있는 성과지표의 개발이 요구된다.

둘째, 본 연구에서 주로 활용한 IF와 이의 응용지표는 개별 논문의 과학적 영향력을 측정하는데 한계가 있기 때문에 후속연구에서는 논문의 피인용 분석을 통하여 개별 논문의 과학적 영향력을 측정하는 지표의 개발이 요구된다. 예를 들어 인용한 논문의 citation 분석(IF 및 citation 분포 등) 등을 통해 해당 논문이 어느 정도 질적으로 우수한 논문에 인용되고 있는지 등을 파악할 수 있는 성과지표의 개발이 필요하다.

셋째, 본 연구에서 제시한 분야 간의 차이점과 특성이 고려된 신규 성과지표는 모든 평가에 적용할 수도 있으나 좀 효과적인 적용방안을 도출하기 위해서는 여러 형태의 연구 지원 프로그램에 시범 적용하여 향후 바람직한 활용방안을 도출할 필요가 있다.

넷째 모의실험 결과는 연구과제 동료평가의 보완자료로 계량지표 사용할 경우 해당 프로그램의 지원단계(리더연구자, 중견연구자, 일반연구자 지원)에 따라 적합한 지표가 다를 수 있음을 시사하였다. 이에 분야간의 특성뿐만 아니라 연구사업의 지원 목적에 맞는 맞춤형 성과지표 개발에 대한 후속연구가 필요하다.

마지막으로 본 연구에서는 국가 R&D사업에 대한 단기간의 성과측정을 위해 IF를 활용한 신규지표 등을 적용하였으나, IF와 이의 응용지표는 기초연구 결과물과 같이 성과의 질적 수준이 장기간에 걸쳐 입증되는 것을 분석하기에는 부적절한 측면도 있다. 이에 기초연구 투자에 대한 장기간의 성과 측정을 위해서는 피인용횟수 등을 활용한 다양한 지표개발에 대한 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

- 연경남·이성중·이종현·송충한 (2005), “연구계획서 평가 시 정량지표 도입의 타당성에 관한 분석”, 『기술혁신학회지』, 8(1): 261-276.
- 이한진 외 (2004), 「과학기술단 연구과제의 질적 수준 분석」, 대전: 한국과학재단.
- 이혁재·여운동·이상필 (2006), “연구성과의 질 제고를 위한 논문평가 모형 개발”, 『기술혁신학회지』, 9(3): 538-557.
- 장용석 (2006), 『미국의 연구개발 프로그램 평가 방법 및 체계 분석』, 서울: 한국산업기술재단.
- 한국과학기술기획평가원 (2006), 「우리나라 과학기술 연구력 측정을 위한 SCI DB 분석 연구 II」.
- 한국과학재단 (2007), 「과학기술부 연구개발사업 성과분석보고서」.

- 허정은·김해도·최태진·김성백·조영돈·김인호 (2006), “Nature, Science, Cell誌에 게재된 한국인 과학자의 논문 현황 분석”, 『기술혁신학회지』, 9(3): 558-577.
- Aksnes, D. W. (2003), “Characteristics of Highly Cited Papers”, *Research Evaluation*, 12(3): 159-170.
- Aksnes, D. W. and Taxt, R. E. (2004), “Peer Review and Bibliometric Indicators: a Comparative Study at Norwegian University”, *Research Evaluation*, 13(1): 33-41.
- Butler, L. (2003a), “Explaining Australia's Increased Share of ISI Publications-the Effects of a Funding Formula based on Publication Counts ”, *Research Policy*, 13(1): 33-41.
- Butler, L. (2003b), “Modifying Publication Practices in Response to Funding Formulas”, *Research Evaluation*, 13(1): 33-41.
- COSEPUP(Committee on Science, Engineering, and Public Policy, USA), (1999), *Evaluating Federal Research Programs: Research and the Government Performance and the Results Act*, Washington D.C.
- CWTS(Center for Science & Technology Studies), (2000), *Bibliometric Profiles of Academic Electrical and Electronic Engineering Research in the Netherlands (1989-1998)*.
- Kostoff, Ronald N. (1995), “Federal Research Impact Assessment: Axioms, Approaches, Applications”, *Scientometric*, 34: 163-205.
- Leeuwen, T. N. Van, L. J. Van der Wurff and A. F. J. Van Raan (2001), “The Use of Combined Bibliometric Methods in Research Funding Policy”, *Research Evaluation*, 10(3): 195-201.
- Marshakova-Shaikevich, I. (1996), “The Standard Impact Factor as an Evaluation Tool of Science and Scientific Journals”, *Scientometric*, 25: 283-290.
- Prichard (1969), “A Statistical Bibliography or Bibliometrics”, *Journal of documentation*, 358-359.
- Pudovkin A. I. and Garfield, E. (2004), “Rank-Normalized Impact Factor: A Way to Compare Journal Performance Across Subject Categories”, *Proceedings of the 67th ASIS&T Annual Meeting*, 41: 507-515.
- Seglen, P. O. (1997), “Why the Impact of Journals should not be Used for Evaluating Research”, *British Medical Journal*, 314(7079): 498-502.

- Sen, B. K. (1992), "Normalized Impact Factor", *Journal of Documentation*, 48: 318-329.
- Sombatsompop N. and Markpin T. (2005), "Making an Equality of ISI Impact Factors for Different Subject Fields", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 56(7): 676-683.
- Van Raan, A. F. J (2004), "Measuring Science," in Henk F. Moed et al(eds), *Handbook of Quantitative Science and Technology Research*, NorthHolland, Amsterdam.

허정은

영남대학교 통계학과를 졸업하고, 동대학교에서 통계학 석사, 미국 University of Florida에서 통계학 박사학위를 취득하였다. 현재 한국과학재단에서 선임연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 베이지안 통계, 성과지표 개발, 연구개발 성과분석 등이다. 베이지안 통계에 관한 다수의 논문이 있다.

김해도

건국대학교 공업화학과를 졸업하고, 충남대학교에서 법학석사 및 법학박사학위를 취득하였다. 현재 한국과학재단에 성과관리팀장으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 국가 R&D와 관련된 지식재산권 및 성과관리 법제, 성과분석 등이다. 국가연구개발 특허제도 등에 관한 논문이 있다.

조영돈

고려대학교 기계공학과를 졸업하고, 한국정보통신대학교에서 경영학 석사를 취득하였다. 현재 한국과학재단에서 연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 연구개발 성과조사 및 분석, 성과관리시스템 등이다.

조석민

한국과학기술원 산업공학과를 졸업하고 현재 한국과학재단에서 연구원으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 연구개발 성과조사 및 분석, 성과통계, 성과관리시스템 등이다.

조순로

서울대학교 농업교육과를 졸업하고, 동대학교에서 교육학석사학위를 취득하였다. 현재 한국과학재단에 혁신기획단장으로 재직 중이다. 주요 관심분야는 국가 R&D 관리 정책, 과학기술 혁신경영, 기술경제학, 생명자원 관리 정책 등이다.