

국제 공동연구 촉진을 위한 주요 지표 분석 및 적용에 관한 연구

노경란* · 안세정** · 이준영*** · 손은수**** · 권오진*****

I. 서론

21세기 지식기반경제에서 국가의 경제적 번영, 안정, 복지는 혁신 역량에의 의존도가 높아지고 있다. 새로운 지식과 아이디어를 창출할 수 있는 능력, 그리고 이 지식과 아이디어를 부를 창출하고 사회적 토대를 개선하고 삶의 질을 개선하는 정책, 서비스, 제품으로 전환할 수 있는 능력에 대한 의존도가 증가하고 있다.

국제공동연구는 국가 경쟁력 강화와 창조경제 실현에 중요한 요소이다. 우리나라 연구개발투자규모는 세계 6위, 국내총생산(GDP) 대비 비율로는 1위이다. 덕분에 2014년 우리나라의 과학기술혁신역량지수는 경제협력개발기구(OECD) 30 개국중 7위를 차지했다. 그러나 국제협력순위 15위로 푹 떨어진다. 미래부는 지난 4월 국제공동연구 활성화를 위해 과제선정, 협약, 평가 등 과제관리 전반에 대해 특례를 인정하거나 기준을 완화할 예정이라고 발표한 바 있다.

OECD와 같은 국제기구가 발표하는 과학기술통계를 이용해 국가 경쟁력 및 국제공동연구를 파악할 수 있지만, 이들 데이터는 한 국가의 과학기술 강점을 분야별로 깊이있게 이해하기에는 부족하다. 미국의 National Science Board(이하, NSB)는 Science and Engineering Indicators를, 영국의 기업혁신기술부(Department for Business, Innovation and Skills, 이하 BIS)는 영국의 연구 경쟁력 분석 보고서를 발표한다. 캐나다, 일본 등은 자국의 과학기술 강약점을 파악하기 위해 계량서지적 데이터를 이용해 과학기술 경쟁력을 분석하고 이를 보고서로 발표하고 있다.

한편, 우리나라는 국제공저논문을 이용해 국제공동연구 네트워크에 관련된 연구가 활발히 수행된 것에 비해 국제공동연구 지수와 관련된 연구는 소수에 불과하다. 본 연구에서는 선진 각국의 국가 과학기술 경쟁력 보고서에서 사용하는 국제공동연구 지표를 조사하고, 지표의 특성을 파악함으로써 우리나라의 과학기술 국제화에 유용한 지표를 제시하고자 한다.

II. 국제공동연구와 계량서지적 지표

글로벌 과학연구에서 과학 산출물의 급증과 국제 공동연구의 강화 현상이 나타나고 있다. 과학 커뮤니티는 새로운 주자들의 출현으로 인해 글로벌 공동연구 네트워크 구조가 바뀌고 있다.

국제공동연구에 영향을 미치는 요인들로는 공식적인 국제공동연구 프로그램, 고가의 연구장비, 연구분야의 지리적 범위(로컬 또는 국제), 과거 연구수행방식에 대한 경로의존성 등이 있다. 또한 국제 공동연구가 증가하는 요인을 지식과 장비 공유의 과학적 잇점, 지리적 이동에 소요되는 경비 감소, 국가적 정책 등을 들 수

* 노경란, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6135, infor@kisti.re.kr
** 안세정, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6177, sjahn@kisti.re.kr
*** 이준영, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6044, road2you@kisti.re.kr
**** 손은수, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6064, essohn@kisti.re.kr
***** 권오진, 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6097, dbajin@kisti.re.kr

있다.

국제공동연구는 개인, 기관, 국가간 지식이전 및 지식공유를 촉진시킨다. 정책결정자들은 국제협력을 통해 과학기술 영향력이 커지고, 영향력의 범위가 확대되고, 더 많은 혁신이 나타나길 바란다. 한 편의 논문에 참여하는 전문가 인력풀이 커짐에 따라 국제공동연구는 이후 논문에서 인용이라는 측면에서 보면 그 영향력이 더욱 커지고 있는 듯하다. 최근 여러 연구들은 국제 공동연구와 그 영향력을 측정하는 척도들간에 긍정적인 상관관계가 있다고 제시하고 있다.

국제공동연구는 다른 국가 연구자들과의 상호연결성을 나타내는 지표이며, 다양한 스킬과 관점을 도출함으로써 복잡한 문제를 해결할 수 있는 연구자의 역량 증가를 나타내는 지표이기도 하다. 국제공동연구의 규모와 패턴에 관한 질문에 답하기 위해 대다수 방법론들은 논문 데이터베이스에 있는 공저자 데이터를 사용한다 (Melin & Persson, 1996). 국제공저논문을 이용해 과학기술 연구의 글로벌화, 공동연구의 증가 정도를 파악할 수 있는데, 미국 SEI는 국제공저논문수를 미국의 과학적 활동에 참여한 국가별 파트너십 지표로 간주한다.

과학기술에서 국제협력 전략을 수립하는데 지원도구로서 계량서지적 방법이 출현하고 있다. 계량서지적 지표는 전략적 국제협력을 위해 어떤 국가와 어떤 분야에서 협력할 것인지 파악하고 우선순위를 설정하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 그리고 시간이 지난후 이 전략의 효과를 추적할 수 있다.

III. 주요국의 국제공동연구 지표 측정

1. 미국

미국의 NSB는 매 짝수년 1월 15일까지 대통령과 미 의회에 미국의 과학기술현황지표 보고서를 제출하도록 법률로 정해져 있다. NSB가 제출하는 Science and Engineering Indicator (이하, SEI)는 정책결정자, 연구자, 일반 국민에게 미국의 과학, 공학, 기술에 관한 정량적 정보를 제공하는데 그 목적이 있으며, NSB는 이 보고서에 수록된 각종 정량적 정보가 과학기술분야의 국가 우선순위, 정책, 프로그램을 기획할 때 활용되기를 기대한다.

SEI에 사용된 학술 논문은 톰슨 로이터사의 사이언스 유닛이 추출한 SCI, SSCI 데이터베이스에 수록된 학술지의 원저논문(article), 노트(notes), 리뷰(reviews) 데이터이다. 국가 정보는 저자의 국적이 아니라 논문에 기재된 기관 정보에서 추출한다. 저자 소속기관이 없는 논문은 분석 대상에서 제외하였다. SEI는 국제공동연구와 관련된 각종 지표들을 정수계산방식으로 계산한다.

SEI에서는 국제공동연구와 관련하여 분야별 국제공동연구 비율, 국가별 국제공동연구 비율, 국제공동연구 선호국가, 국제공동연구지수라는 4개의 지표를 사용한다. 분야별, 국가별 비율은 논문수에서 전체 국제공동연구의 비율을 구한 것인데 반해, 국제공동연구 선호국가와 국제공동연구지수는 두 국가간 국제공동연구를 측정하는 지표이다.

① 국가별, 분야별 국제공동연구 비율

SEI는 과학기술분야를 13개 대분야, 125개 세부분야로 구분한 후 아래와 같이 분야별 국제공동연구 비율을 산출한다.

$$\begin{aligned} \text{국가별} &\rightarrow (\text{A 국가의 국제공저논문수} / \text{A 국가의 전체 논문수}) \times 100 \\ \text{분야별} &\rightarrow (\text{해당 분야에서 국제공저논문수} / \text{해당 분야의 전 세계 논문수}) \times 100 \end{aligned}$$

② 국제공동연구 선호국가

국가마다 공동연구를 위해 선호하는 국가가 다르다. SEI는 두 국가간 글로벌 파트너십 패턴을 파악하기 위해 아래와 같이 두 지표를 사용한다.

$$(A\text{국가와 } B\text{국가간 국제공저논문수} / B\text{국가의 국제공저논문수}) \times 100$$

③ 국제공동연구지수

각 국가들의 과학기술 시스템의 규모가 국제 공동연구의 규모와 범위를 결정짓는다. 어떤 국가가 생산하는 논문 수를 고려하지 않는다면, 공저관계와 인용에 대한 데이터를 오해할 수 있다. 데이터를 정규화해서 해석해야 한다. 국제공동연구지수(Index of International collaboration, IIC)는 국제공저논문의 비율을 강조하는데 유용하다. 정규화된 척도인 IIC 지수는 두 국가간 지수이며, 계산식은 다음과 같다(Narin, Stevens, and Whitlow, 1991).

$$\frac{A\text{ 국가와 } B\text{ 국가의 국제공저논문수} / B\text{ 국가의 국제공저논문수}}{A\text{ 국가의 국제공저논문수} / \text{세계 국제공저논문수}}$$

두 국가간 공저 비율이 세계 국제 공저 비율과 정확하게 비례한다면 IIC 지수값은 1이다. 즉, 두 국가간 공저 논문의 비율이 세계 국제공저논문의 비율과 정확하게 일치한다면 1의 값을 갖는다. 1보다 큰 값은 두 국가간 국제 공동연구가 기대치보다 더 강하다는 것을 의미한다. 반대로 1보다 작은 값은 두 국가간 국제 공동연구가 기대했던 것보다 더 약하다는 것을 의미한다.

④ 국제공동연구에서 해당 국가의 참여수준

SEI는 국제공저논문수에서 1%이상인 국가를 대상으로 과거 10년동안 이들 국가의 국제 공저논문의 변화를 측정했으며, 국제공동연구에서 해당 국가의 참여수준을 아래와 같이 계산했다.

$$(A\text{ 국가의 국제공저논문수} / \text{세계 국제공저논문수}) \times 100$$

2. 영국

영국 기업혁신기술부(BIS)는 현재 영국의 국제적 연구경쟁력을 파악하고, 미래의 연구 아웃풋, 지식흐름, 연구 인력, 연구 생산성에 있어서 영국의 포지션에 영향을 미칠 트렌드를 탐지하기 위해 격년마다 영국의 연구기반 경쟁력보고서를 발표한다. BIS는 G8, EU27, OECD 회원국을 경쟁국가로 벤치마킹할 뿐만 아니라, 신흥국인 브라질, 러시아, 인도를 모니터링한다.

2014년에 발표된 보고서에 의하면, 영국은 1996년부터 2012년까지 엘스비어사의 SCOPUS 데이터베이스에 수록된 원저논문(article), 리뷰(review), 컨퍼런스 페이퍼(conference paper)를 대상으로 영국의 과학기술 경쟁력을 분석했다. 논문수를 계수하는데 정수계산방식(integer counting method)을 사용했다.

연구평가를 위한 정량적 접근방식에서 핵심이슈는 연구분야를 적절하게 정의하는 것이다. BIS의 경쟁력 보고서는 과학기술분야를 10개의 주요 연구분야로 분류한다. 그러나 FWCI를 계산할때는 300개 주제분야로

세분한다.

BIS 보고서는 국제공동연구를 생산성, 영향력, 네트워크라는 3가지 측면에서 다루고, 영국의 연구 경쟁력을 다면적으로 볼 수 있는 새로운 고급지표를 사용한다. 예를들면, 시간에 따른 변화를 측정하는 지표로 연평균 증가율(CAGR, Compound Annual Growth Rate)을 사용한다. 과학 연구 아웃풋의 크기를 나타낼 때에는 논문수를 절대값으로 그대로 사용하기 보다는, 국가의 과학기술 규모에 영향을 받지 않도록 정규화된 지표를 사용한다. 논문수의 경우 연구인력 1인당 논문수, 정규화된 인용영향력 지수(FWCI, Field-Weighted Citation Impact)를 사용한다.

① 국가별 국제공저논문의 비율

$$(A \text{ 국가의 국제공저논문수} / A \text{ 국가가 발표한 전체 논문수}) \times 100$$

② 국제공저논문의 연평균 증가율 (CAGR)

$$CAGR = \left(\frac{C_t}{C_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Ct는 마지막 년도의 값, C0는 최초년도의 값, t는 전체 기간이다.

③ 국제공저논문의 인용영향력 지수

영국은 2011년과 2013년 경쟁력 보고서에서 분야별 가중치를 반영한 영향력 지수인 FWCI(Field-Weighted Citation Impact)를 이용해 자국의 국제공저논문 인용영향력을 파트너 국가의 국제공저논문 인용영향력과 비교한다.

$$\frac{\text{국가 A의 F분야, Y년도, A유형 논문 피인용횟수}}{\frac{\text{F분야, Y년도, A유형의 논문 피인용횟수}}{\text{전세계 F분야, Y년도, A유형의 논문수}}}$$

FWCI는 논문이 받은 실제로 피인용횟수를, 동일한 논문유형, 동일한 주제분야, 동일한 발행년을 가진 논문이 받을 것으로 예측되는 피인용횟수와 비교한다. FWCI는 세계 평균 1.0을 기준으로 정의하며, 1보다 큰 값은 인용영향력이 세계 평균보다 크다는 것을 의미한다. FWCI는 시간에 따른 인용횟수의 차이, 논문 유형에 따른 인용의 차이, 뿐만 아니라 주제분야에 따라 달라지는 인용빈도의 차이를 고려하여 인용횟수를 정규화한 인용영향력 지수이다.

BIS 2013 보고서는 2008년 FWCI 값의 경우 인용범위(citation window)를 5년 단위로 설정하여 2008-2012년 기간동안 발생한 피인용횟수를 계수했다. 2008년도 발표논문은 2012년까지 피인용횟수를, 2012년 발표된 논문은 2012년 한 해동안 발생한 피인용횟수를 계수했다.

④ 국제공동연구의 강도

영국 BIS 보고서는 두 국가간 국제공동연구 강도를 표현하는데 솔튼지수(Salton's Index)를 사용한다. 솔튼지수는 국가의 과학기술 규모에 영향을 받지 않고, 두 국가의 논문수를 정규화하여 국가간 공동연구의 강도(indicator of collaboration strength)를 측정한다(Glanzel, 2001). 코사인 지수로도 알려진 솔튼지수는 기하평

균을 이용하며, 두 국가의 전체 논문수를 곱한 값에 루트를 씌운다.

$$\frac{A\text{국가와 B국가간 국제공동논문수}}{\sqrt{(A\text{국가의 전체 논문수} \times B\text{국가의 전체 논문수})}}$$

솔튼지수는 0부터 1사이의 값을 갖는다. 실제로 국가단위에서 측정되는 솔튼지수의 범위는 0.000에서 0.100까지이다. 0.100이 가장 큰 값이다. 솔튼지수는 한 국가의 전체 논문 수에 영향을 받지 않으며, 국제공동 연구의 강도를 시각화하는데 적합하다(Leydesdorff, 2008).

3. 캐나다

캐나다 정부, 학술기관, 산업체에 있는 정책결정자들은 과학기술 및 혁신과 관련하여 캐나다 과학기술의 현 위치를 상세히 이해하고자 “The State of Science and Technology in Canada”를 발표한다.

캐나다는 2006년 경쟁력 보고서에서 톱스 로이터의 WoS 데이터를 사용했지만, 2012년 보고서에서는 엘스 비어사의 Scopus 데이터를 사용했다. 그 이유는 Scopus가 인문학과 사회과학 등에 있어서 비교적 많은 데이터를 수록하고 있기 때문이다. 논문수는 정수계산방식에 기초하여 계수하였다. 보고서는 최근의 연구 분야를 더 잘 반영하고자, Science-Metrix사가 개발한 신규 분류시스템을 채택했으며, 과학기술분야를 22개 대분야, 176개 세부분야로 분류했다.

① 국제공동연구 지수

Collaboration Index (CI)는 국가별 또는 분야별 전체 논문수와 비교해서, 국제공동연구의 규모를 측정하는 지수이다. 많은 논문을 가진 국가는 이에 비례해서 국제공동연구 논문수도 많게 마련이다. 여러 국가들을 상대 비교하기 위해서는 논문수가 끼치는 영향력을 배제하는 것이 바람직하다. 캐나다는 논문의 크기에 영향을 받지 않고, 국제공동연구의 역동성을 보여주기 위해 Collaboration Index를 사용한다. 이 지수는 Propensity to Collaborate라고도 불리며, CI를 계산하는 과정은 다음과 같다(Council of Canadian Academies, 2012; Science-Metrix, 2010).

CI는 국가 단위에서 논문의 수와 국제공동연구 논문의 수를 로그로 전환하여, 선형회귀모형을 이용해 멱함수관계를 분석한다. 멱함수관계의 상수(a, k)를 추정하기 위해 국제공동논문수와 전체 논문수를 가지고 로그-로그 선형회귀분석을 실시한다.

$$\text{Exp}_c(P) = a \times (P^k)$$

Exp_c = 회귀모델에 기초한 어떤 국가의 국제공동연구 기대값

P = 측정하고자 하는 어떤 국가의 논문 수

CI값이 1보다 크면 과거 발표했던 논문수를 이용해 산출한 기대값보다 실제로 국제공동연구가 더 많이 이루어졌음을 의미한다. CI값이 1보다 작으면 반대로 기대했던 것보다 국제공동연구가 적었음을 의미한다.

② 국제공동연구 친화계수

캐나다는 두 국가간 국제공동연구의 강도를 측정하는 지수로 Collaboration Affinity (CA)를 사용한다. CA 지수는 두 국가간 발생한 양자간 국제공동연구논문의 수(관찰치)와 세계에서 두 국가간 발생하리라 예측되는 양자간 국제공동연구논문의 수(기대치)를 비교한 것이다. 이 지수는 전체 국제 공동연구 논문수가 아니라 A 국가가 B 국가와 수행한 국제 공동연구 논문수를 이용한다는 점이 중요하다.

$$\frac{\frac{\text{A국가와 B국가간 국제공저논문수}}{\text{세계 국제공저논문수}}}{\frac{\text{A국가의 국제공저논문수}}{\text{세계 국제공저논문수}}} \times \frac{\text{B국가의 국제공저논문수}}{\text{세계 국제공저논문수}}$$

A 국가가 B 국가와의 CA값이 높다고 해서 B 국가가 A 국가와의 CA값이 높다는 것은 아니어서 비대칭적 지수이다. CA값이 1보다 크면 기대했던 것보다 국제 공동연구 강도가 크다는 것을 의미한다. CA값이 1보다 적으면 기대했던 것보다 국제 공동연구 강도가 낮다는 것을 의미한다. CA지수는 Probabilistic Affinity Index(PAI)라 불리기도 한다(Council of Canadian Academies, 2012; Science-Metrix, 2010).

4. 일본

일본의 과학기술혁신정책연구소(NISTEP)는 일본의 연구 활동 현황을 파악하기 위해 다양하게 접근하고 있으며, 그 일환으로 정기적으로 과학연구의 지도인 사이언스 맵을 작성해 발표하고 있다. 사이언스 맵은 일본의 과학기술혁신정책 수립이나 대학공공 연구기관 등에서 활용을 목적으로 하며, 학제적 분야, 융합 영역과 국제 공저 비율 변화, 일본과 주요국의 점유율 변화 분석을 통해 과학 연구의 흐름에 대한 이해하고자 한다. 사이언스 맵은 주요국으로 미국, 독일, 영국, 일본, 프랑스, 한국, 중국을 설정하고 있다.

사이언스 맵은 톰슨 로이터사의 ESI 리처치 프론트 데이터를 바탕으로 작성되었으며, 국제공저논문을 계수할 때 정수계산방법을 사용한다. 사이언스 맵은 기존의 전통적인 분야 개념인 화학, 물리학, 재료 과학 등의 큰 분류가 아니라, 고피인용 논문을 이용해 국제적으로 주목받는 연구 분야에 주목하는 것이 특징이다. 사이언스 맵 2010 & 2012에서는 2007년부터 2012년까지 6년동안 발표된 논문에서 매년 각 분야(임상 의학, 식물 동물학, 화학, 물리학 등 22 분야)에서 피인용횟수가 상위 1%에 해당하는 Top 1% 논문(약 7만건)을 추출하였다. 이 Top 1% 논문에 동시인용기법을 적용해 2단계 그룹화(고피인용 논문 → 리서치 프론트 → 연구 영역)를 거쳐 823개 연구 영역을 도출했다.

① 국가별 국제공저논문의 비율

$$(\text{A 국가의 국제공저논문수} / \text{A 국가가 발표한 전체 논문수}) \times 100$$

사이언스 맵 2010 & 2012은 사이언스맵 2002년부터 사이언스맵 2012년까지 전체 연구 영역에서 주요국의 국제공저논문 비율을 시계열 변화를 추적하고 있다.

② 분야별 국제공저논문의 비율

$$(\text{해당 분야에서 국제공저논문수} / \text{해당 분야의 세계 논문수}) \times 100$$

사이언스 맵 2010 & 2012은 전체 823개 연구영역을 각 분야별 연구영역과 학제적·융합적 영역으로 구분

한 후, 국제공저논문의 비율이 시간이 지남에 따라 어떻게 변하고 있는지 조사한다. 국제적으로 주목받는 연구영역 등에서 국제공저논문의 비율을 시계열적으로 고찰한다.

③ 국제공저논문에 참여한 국가수와 기관수

사이언스 맵 2010 & 2012에서는 전체 823개 연구 영역에서 국제공저논문수, 참여국가수(중앙값, 평균), 참여기관수(중앙값, 평균)을 구하고, 주요국의 국제공저논문에서 나타난 국가수, 기관수의 시계열 추이를 조사한다.

5. OECD

OECD Science Technology and Industry Scoreboard는 OECD와 다른 선도적 국가들의 강점을 밝혀내기 위해 가장 최근의 국제적으로 비교할 수 있는 데이터를 이용한다. 이 스코어보드의 특징은 과학, 기술, 혁신, 산업에서 발전을 모니터링하기 위해 전통적으로 사용된 지표들뿐만 아니라, 과학기술정책에 인사이트를 제공하는 새로운 지표들, 그리고 실험적 지표들을 사용한다는 점이다.

OECD는 Science Technology and Industry Scoreboard를 통해 국제 공동연구의 영향력 지표를 발표한다. 지표를 산출하는데 엘스비어사의 Scopus 데이터베이스를 이용하며, 정수계산방법으로 국제공저논문수를 계수한다.

① 국제공동연구의 영향력 지수

OECD에서는 논문수와 2003년부터 2011년까지 받은 피인용횟수를 이용하여 국제공저논문의 영향력을 측정한다. OECD에서 사용하는 정규화된 영향력 지수(Normalised Impact)는 각 국가가 발표한 논문들이 받은 평균 피인용횟수와 발행년, 문헌유형, 주제분야가 동일한 논문들의 전세계 평균 피인용횟수간 비율이다. 즉, 논문단위에서 영향력을 구하는 Item Oriented Normalized Citation Index 값이며, Average Normalized Citation Index (ANCI)이다.

$$\frac{\text{A국가의 국제공저논문의 피인용횟수}}{\text{A 국가의 국제공저논문과 동일한 발행년, 문헌유형, 주제분야에 속한 논문의 세계 평균 피인용횟수}}$$

이 값은 세계 평균 대비 각 국가의 평균 영향력의 관계를 보여준다. 세계 평균값은 1이다. NI 값이 0.8이라면 평균보다 20% 덜 인용됨을 의미하며, 1.3이라면 평균보다 30% 더 많이 인용됨을 의미한다. 논문 피인용 횟수는 논문들의 영향력 측정에 직접 중점을 두고 있다는 장점이 있지만 일부 분야에서는 인용이 발생하기 까지 시간이 많이 소요된다는 단점이 있다.

피인용횟수를 계산하는 범위인 인용범위(citation window)와 이 지표의 적시성(timeliness)은 서로 상충 관계이다. 인용영향력, 즉 피인용횟수를 측정하는 인용연도가 길어질수록, 이 지표의 적시성은 그만큼 줄어들게 된다.

VI. 주요국 국제공동연구 지표의 비교

주요국의 과학기술 경쟁력 보고서에 나타난 국제공동연구 지표들은 데이터베이스, 논문유형, 카운트 방식에 따라 다양하다. 미국과 일본은 톰슨로이터사의 SCI 데이터를 이용하며, 영국, 캐나다, OECD는 엘스비어사의 Scopus 데이터를 이용한다. 분석에 사용하는 논문의 유형은 원저논문, 리뷰, 컨퍼런스 페이퍼, 노트 등이다.

<표 1> 주요국의 계량서지적 국제공동연구 지표의 비교

	미국	영국	캐나다	일본	OECD
데이터베이스	TS SCI/SSCI	SCOPUS	SCOPUS	TS ESI	SCOPUS
논문유형	article, note, review	article, review, conference paper	article, review, conference paper	고피인용논문	-
카운트방식	정수계산식	정수계산식	정수계산식	정수계산식	정수계산식
분류	13 대분야 125 세부분야	10 주요분야 300 세부분야	22 대분야 176 세부분야	823 연구영역	-
생산성 지표	· 국가별/분야별 비율 · 국제공동연구 참여수준 · IIC	· 국가별 비율 · 연평균증가율 (CAGR)	· Collaboration Index	· 국가별/분야별 비율 · 국제공동연구 참여 국가/기관수	
영향력 지표		· FWCI			· Normalized Index
국가간 강도 지표	· 국제공동연구 선호국가	· 솔트지수	· Collaboration Affinity		

국제공동연구를 측정하기 위해 공저논문을 이용하는데, 공저논문의 수를 세는 대표적인 방법은 분수계산방식(fractional counting)과 정수계산방식(whole counting)이 있다. 분수계산방식은 공저 논문의 참여 부서나 기관의 참여 비중으로 크레딧을 나눈 후, 참여 기관이나 국가에게 크레딧을 부여한다. 정수계산방식은 한 편의 공저 논문에 참여한 모든 기관이나 국가에게 크레딧을 각각 1씩 부여하며, integer counting 방식으로 불리기도 한다. 주요국의 경쟁력 보고서에서는 국제공저논문의 수를 세는데 모두 정수계산방식을 채택하고 있다.

국제공동연구와 관련된 지표를 생산성, 영향력, 친화력, 강도 측면으로 구분할 수 있다. 생산성 관점에서 살펴보면, 미국, 영국, 일본은 논문수를 그대로 이용해 국가별, 분야별 국제공동연구 비율을 산출하고 있으며, 캐나다는 정규화한 지수를 산출한다. 영국과 OECD는 국제공동연구의 영향력을 FWCI, 정규화 지수를 이용해 측정하며, 이들은 국가의 과학기술규모에 의존하지 않는 지표이다.

국제공저논문수는 어떤 국가의 과학자들이 국제 공동연구 성향을 나타내는 신뢰할 수 있는 예측자가 아니다(Narin, Stevens, Whitlow 1991). 단순히 국제공저논문수나 피인용횟수를 비교하는 것은 국가 경쟁력을 벤치마킹하고자 할 때 이치에 맞지 않다. 논문을 많이 발표하는 국가가 더 많은 인용을 받기 때문이다. 그러나 정규화를 하게 되면 논문수 규모에 있어 커다란 차이를 보이는 두 국가간 비교가 가능하고, 인용패턴이 다른 두 분야간 비교도 가능해진다.

계량서지적 데이터의 생산을 주도하는 기관들은 인용영향력을 비교하기 위해 논문수, 주제분야별 차이들을 정규화한 계량서지지표들을 사용한다. 전통적인 국제공동연구 지표들에 비해 비교적 최근에 사용된 지표인

Collaboration Index, Collaboration Affinity, IIC, FWCI, Normalized Index는 정규화 과정을 거쳐 값을 산출한다.

국제공저논문은 해당 국가의 자국내 공저 논문에 비해 높은 인용 영향력을 가지고 있다. 국제공저논문이 모두 높은 인용영향력을 가지는 것은 아니며, 국가마다 분야마다 차이가 있다. 그리고 국제공저논문은 높은 인용 영향력 지수와 상관관계가 있음이 나타났다. 국제공동연구를 많이 수행하는 국가들이 최고의 글로벌 파트너를 선택함으로써 높은 인용 영향력을 얻게 되는 것인지, 아니면 영향력이 높은 연구결과를 산출하는 역량을 가진 국가들을 글로벌 파트너로 선택한 결과인지는 대답할 수 없다. 이에 대한 질문에 답하고자 미국, 영국, 캐나다는 두 국가간 국제공동연구의 규모를 측정하는 IIC(Index of International Collaboration)와 Collaboration Index, 국제공동연구의 강도를 측정하는 솔튼지수와 Collaboration Affinity, 국제공동연구의 인용 영향력을 측정하는 FWCI를 사용한다.

영국 BIS는 자국의 국제공저논문의 FWCI를 가로축에 플롯팅하고, 파트너 국가의 전체 국제공저논문의 FWCI를 세로축에 플롯팅하여 두 국가간 국제공동연구의 영향력을 비교하는 전략맵을 작성했다. 영국이 국제공저논문의 영향력을 측정하기 위해 사용한 FWCI는 MNCS (mean normalized citation score), Item Oriented Citation Index라고도 불린다. 영국 BIS는 영국과 일정기간동안 국제공동연구가 빈번했던 30개국의 국제공저논문을 이용하여 솔튼지수와 FWCI를 산출하고, 이 두 지수를 이용해 국제공동연구 네트워크를 작성했다.

V. 결론

최근 들어 과학연구에서 공동연구가 점점 증가하고 있다. 과학 논문은 단독 저자에서 여러 명의 연구자들이 공저자로 출현하고 있으며, 여러 공저자들이 참여하다 보니 단독 기관에서 여러 다양한 기관들 간의 협력으로, 한 국가내에서 수행되던 연구가 국제 연구로 점진적으로 바뀌어 가고 있다.

국제 공동연구가 늘어나고 있는 것은 여러 가지 이유 때문이다. 통신기술의 발전으로 인해 국제 공동연구가 더욱 용이해졌고, 그 속도를 더욱 가속화시켰을 뿐만 아니라 비용도 더 저렴해졌다. 초고속 인터넷 연결, 여러 펀딩 프로그램으로 인해 글로벌 파트너쉽을 통한 국제공동연구는 증가하고 있다. 기존의 국제공동논문 수, 국제공동논문 비율과 같은 전통적인 지표들로는 연구자간, 국가간 공동연구 패턴을 파악하지 못한다. 국제공동연구는 복잡하고, 다면적인 현상을 담고 있어서, 하나의 지표만으로는 국제공동연구를 완전히 파악할 수는 없기 때문이다. 국제공동연구의 패턴이 어떤지, 오늘날 과학기술 연구의 수행방식이 어떻게 변하고 있는지 반영하는 실질적인 트렌드 지표로 바라봐야 할 것이다.

고급 계량서지기법들을 이용해 국제공동연구에 대한 새로운 인사이트를 얻을 수 있다. 정책결정자와 분석가들에게 유사한 규모를 가지거나 유사한 구조를 가진 국가들과 비교할 수 있는 수단을 제공하는 지표가 필요하다. 이 지표를 이용해 바람직한 국가적 또는 초국가적 정책 목표를 향한 진보를 모니터링할 수 있을 것이다.

참고문헌

Ayaka Saka, Masatsura Igami (2014), "Science Map 2010 and Science Map 2012 : Study on Hot Research Areas (2005-2010 and 2007-2012) by bibliometric method," Tokyo : NISTEP.

- Glanzel, W. (2001), "National characteristics in international scientific co-authorship relations." *Scientometrics*, 51(1), 69-115.
- Leydesdorff, L. (2008), "On the normalization and visualization of author co-citation data: Salton's Cosine versus the Jaccard Index," *Journal of The American Society for Information Science and Technology*, 59(1) pp. 77-85.
- Melin, G. & Persson, O. (1996), "Studying research collaboration using co-authorships," *Scientometrics*, 36(3) pp. 363-377.
- Narin F, Stevens K, Whitlow E. (1991), "Scientific co-operation in Europe and the citation of multinationally authored papers." *Scientometrics*, 21(3):313-23.
- International comparative performance of the UK research base, <http://data.gov.uk/dataset/international-comparative-performance-uk-research-base>.
- NOWT, The Performance of the Dutch Scientific Establishment.
- Council of Canadian Academies (2012), "The State of Science and Technology in Canada, 2012."
- Science-Metrix (2010), "Canada-U.S. Collaborations in Clean Energy Research : A Scientometric Analysis (2005-2009)," Submitted to Environment Canada.
- National Science Board (2014), "Science and Engineering Indicators 2014."
- National Science Board (2012), "Science and Engineering Indicators 2012."
- National Science Board (2010), "Science and Engineering Indicators 2010."
- 42 U.S. Code § 1863 - National Science Board. <http://www.law.cornell.edu/uscode/text/42/1863>
- OECD (2013), "OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013," OECD Publishing. http://dx.doi.org/10.1787/sti_scoreboard-2013-en
- SciVal Analytics (2013), "International Comparative Performance of the Scottish Research Base in Chemical Sciences," A Report prepared by Elsevier for Scottish Enterprise 2013
- UK BIS (2014), "International Comparative Performance of the UK Research Base -2013," A report prepared by Elsevier for the UK's Department of Business, Innovation and Skills (BIS).
- UK BIS (2012), "International Comparative Performance of the UK Research Base -2011," A report prepared for the UK's Department of Business, Innovation and Skills (BIS).
- UK Wales (2013), "International Comparative Performance of the Welsh Research Base 2013"