



글로벌 연구 보고서 미국

2010년 11월

JONATHAN ADAMS
DAVID PENDLEBURY

EVIDENCE



THOMSON REUTERS™



저자

Jonathan Adams는 연구 평가 디렉터로, 영국의 연구 성과 분석 및 해석 전문 기업인 **Evidence Ltd.**의 창립자이자 디렉터를 역임하였다.

David Pendlebury는 톰슨 로이터에서 계약 연구 서비스 매니저로 일한 바 있으며, 현재는 계량서지학 분석 컨설턴트로 일하고 있으며, 영국 타임스지(誌)의 교육 부문에 주간 칼럼을 기고 중이다.

본 보고서는 톰슨 로이터의 자회사인 Evidence에서 출간한 것이다.

Evidence Ltd.

103 Clarendon Road, Leeds LS2 9DF, UK

T/ +44 113 384 5680

F/ +44 113 384 5874

E/ scientific.enquiries.evidence@thomson.com

Copyright © 2010 Thomson Reuters

ISBN: 1-904431-28-3

글로벌 연구 보고서

미국

2010년 11월

미국은 더 이상 과학 논문을 쏟아내며 연구계의 지평을 장악하고 있던 30년 전과 같은 과학의 거상(巨像)이 아니다. 이제 그들은 EU 27개국과 아시아 태평양 지역의 국가들에게 과학의 영토를 조금씩 내어 주고 있으며, 점차적으로 동등한 입장이 되어가고 있다. 논문의 효용, 영향, 중요도 및 유사 개념을 나타내는 지표인 상대인용도의 측면에서 미국은 여전히 선두의 위치를 차지하고 있으나, 서서히 그러한 위치에도 손상이 오고 있다. 유럽이 인용 영향도에 있어서 미국에 필적할만한 성과를 보이기 시작했으며, 향후 10년 또는 20년 내에 아시아 국가들도 그러한 입장에 서게 되리라는 예측이 나오고 있다.

서문

본 글로벌 연구 보고서는 정책결정자들에게 글로벌 연구 기반의 변화 양상 및 역동성에 대한 정보를 제공하기 위해 톰슨 로이터에서 제작하는 출판물 시리즈의 일환이다. 이전 보고서에서는 소위 “BRIC” 국가, 즉 브라질, 러시아, 인도, 중국의 과학 기업에 대해 다룬 바 있다. BRIC은 많은 인구에서 나오는 거대한 경제적 잠재력을 지닌 영향력 있는 집단이다. 후속 연구에서는 일본 및 풍부한 천연자원을 지닌 두 지역, 호주/뉴질랜드와 아프리카에 대한 고찰을 통하여 이들을 글로벌 연구 기업의 키 플레이어 대열에 합류시킨 바 있다.

이러한 보고서는 글로벌 연구 기반의 강화와 톰슨 로이터에 의해 색인이 제공되고 있는 국제적으로 영향력 있는 저널들의 지형도 변화에 대한 주의를 이끌어내었다. 그러나, 역사적으로 볼 때 이러한 지수 색인은 지금까지 단 한 국가, 미국이 지배하다시피 해 왔으며, 이에 우리는 우리의 관심을 미국으로 다시 돌리게 되었다.

큰 국가 규모와 지속적인 R&D 투자, 수준 높은 교육 시스템의 덕택으로 미국은 제 2차 세계대전이 끝날 무렵 나온, 큰 영향을 미치고 높은 평가를 받은 Vannevar Bush의 “Science – the Endless Frontier”¹가 출간된 이래 전 세계 과학계에서 지배적인 역할을 수행해 왔다. 그러나, 21세기 들어 미국은 상황이 급변하는 것을 알아차렸다. 세계화와 치열해진 경쟁, 특히 빠르게 성장하고 있는 BRIC 국가들로부터의 경쟁 위협이 현재의 세계적 연구의 판세를 특징짓는 요소들이다.

그렇다면, 이러한 것이 미국의 현 지위, 다른 연구 분야에서의 관련 활동, 미국이 갖고 있는 빼어난 연구 중심 대학교의 상황에 어떠한 영향을 미치는가? 본 보고서에서 우리는 미국의 연구에 대한 상대적인 밀도에 관심을 두었다: 학제적으로, 미국은 생명과학 및 보건 관련 활동에 특별히 집중해 왔다. 또한, 위치적으로는 미국의 연구 대학의 엘리트 집단 내 활동의 비중이 점점 커져 왔다.

미국과 연구 출판물

30년 전, 미국 과학자들은 톰슨 로이터의 *Web of Science*SM에서 색인을 제공하는 저널 논문의 약 40%를 차지했다. 이러한 데이터 세트는 지속적으로 널리 알려진 표준으로 유지되는 데이터베이스를 지닌 세계 유수의 연구 문헌의 단면도를 대변해 준다. 현재 버전의 *Web of Science*에서 미국에 적(籍)을 둔 저자 또는 공동 저자를 포함하고 있는 문헌의 비율은 약 29%로 하락했다. 같은 기간, 유럽 연합 국가(예전 동구권 국가들의 가입으로 총 27개 회원국이 되어 "EU27"이라 한다)들이 연구 논문에서 차지하는 비율은 33%에서 36%로 약간 증가하였고, 이에 1990년대 중반 미국을 앞질렀다.

그러나, 가장 극적인 발전은 아시아 태평양 지역 국가들이 연구에서 차지하는 비율이 꾸준히, 그리고 점점 더 빠르게 증가하고 있는 것으로, 1981년 약 13%이던 비율이 2009년에는 31%까지 증가하였다. 2008년에는 아시아 국가들의 연구 문헌 출판량이 미국에 필적하게 되었으며, 이제는 미국을 앞질렀다. 또한, 아시아 국가들이 하나의 집단으로 볼 때 R&D 투자에서 2008년 미국을 앞질렀다는 사실 역시 주목할 만하다. 올해 아시아 지역의 투자액은 3,870억 달러, 미국은 3,840억 달러였으며, EU27의 투자액은 2,800억 달러였다.

물론, 각각의 지역에서 내놓은 논문의 수도 지속적으로 증가했다: 출간된 논문의 수가 감소한 적은 한 번도 없었다. 전세계 점유율 상의 수치 변화는 어떠한 지역 및 국가에서 연구 논문 수가 더 많이 증가했는지를 보여주는 상대적인 비율을 반영하고 있는 것이다. 아시아 태평양 지역은 미국과 EU27의 상대적으로 더 성숙한 연구 기업들에 비해 더욱 빠른 비율로 연구물의 출간량을 늘려 왔다. 대만, 한국, 호주, 인도, 그리고 특히 중국에서 주목할만한 증가를 보였다. 일전에 우리가 내놓은 중국에 대한 글로벌 연구 보고서에서 설명한 바와 같이, 톰슨 로이터에 기록된 중국 논문의 수는 1981년 1,745편에서 2009년 127,075편으로 증가하여 전세계 점유율 0.4%에서 10.9%로의 놀라운 변화를 보여주었다. 중국은 현재 단일 국가로서 미국에 이어 세계 제 2위의 논문 출간국이며, 향후 10년 내에 연구 논문 출간 수에서 EU의 27개 국가들을 앞설 가능성이 높다.

미국의 연구 포트폴리오

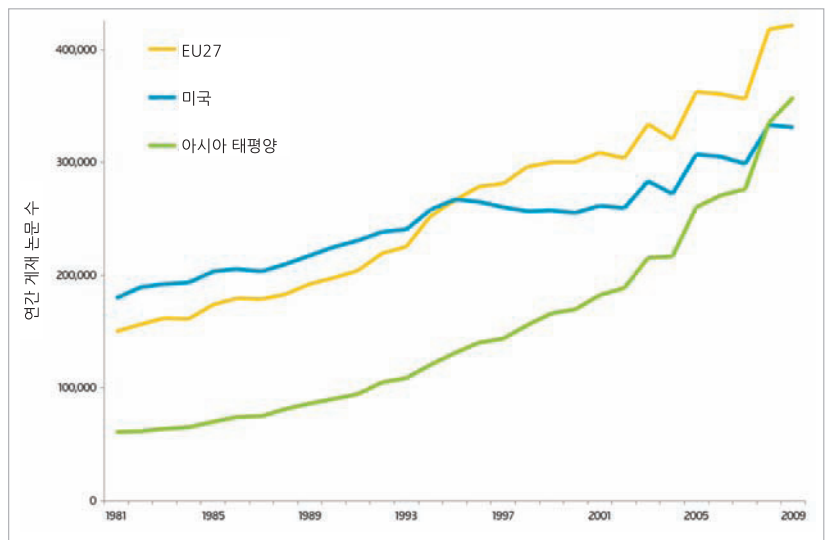
미 백악관 과학 자문을 맡고 있는 John Holdren은 미국 과학진흥협회(American Association of the Advancement of Science)의 최근 회의에서 다음과 같이 말했다. "우리가 언제까지나 모든 분야에서 선두의 자리를 차지할 것이라고 생각할 수 없다." 이러한 그의 의견은 그러한 시각이 미국 정부 지도자들의 연구 의욕을 저하시키는 것이라 생각한 이들 사이에서 논쟁을 불러일으켰다. 반면, 다른 이들은 이것이 점점 더해가는 연구의 세계화 추세와 과학의 최전선에서 경쟁하는 새로운 국가들이 등장하고 있는 현실을 직시하는 것에 불과하다고 생각했다.

연구 포트폴리오가 모든 지역에 걸쳐 고르게 균형을 이룬다고 생각해서는 안 된다. 국가의 역사, 경제, 천연 자원에 따라 서로 다른 결정이 내려진다. 특정 분야와 관련하여, 미국은 지난 20년 동안 생물 과학 분야의 투자를 지속적으로 늘려 기초 및 응용 연구를 위한 연방 기금의 약 40%가 이 분야에 투입되던 것이 현재는 약 50%까지 늘어났다.¹¹ 특히, 보건복지부 산하 국립보건원(National Institutes of Health)이 받은 자금은 국립과학재단(National Science Foundation), 에너지부, 국방부, 항공우주국(NASA) 및 기타 기관에 주어진 연구 자금보다 더 빠르게 증가해 왔다. 암, 심혈관 질환 및 기타 질병의 해결을 위한 연구 자금 지원이 인기를 얻은 정치적 역동성으로 말미암아 이러한 추세는 더욱 힘을 얻을 수 있었다.

생물학 및 생의학 분야에 집중된 투자는 1980년대 영국의 과학정책연구소(Science Policy Research Unit)의 국제 연구에서도 이미 지적한 바 있는 것이다. 결과적으로, 미국의 물리학 및 공학 분야 연구는 아시아 국가들이 막대한 자금을 공학, 물리학, 기술 분야에 집중시키고 있던 바로 그 때에 생물 과학의 뒷전으로 밀려나게 되었다. 뿐만 아니라, 미국에서 물리학(공학 및 컴퓨터 과학 포함) 석, 박사 학위를 받은 이들 중 많은 수가 외국 태생이다. 이들 중 미국에 남은 사람들이 현저한 공헌을 했음에도 불구하고, 미국에 남아 일했다면 현대의 지식 기반 경제에서 혁신을 이루는 데에 공헌을 했을 고학력 전문가들이 졸업 후 미국을 떠난 것은 미국에게 커다란 손실이었다.

그림 1

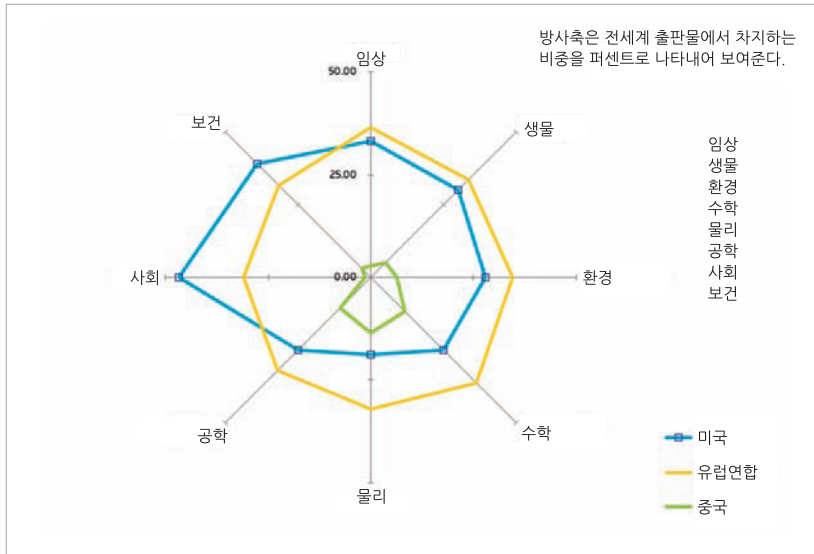
톰슨 로이터의 *InCites*TM 데이터베이스에 나타난 1981-2009년까지의 미국, 유럽연합(EU27)과 아시아 태평양 국가들의 연간 연구 분야 저널 논문 게재 수.



자료: Thomson Reuters *Web of Science*SM

그림 2

선택된 지역 및 국가의 연구 결과물에 대한 Research Footprint®. 방사축은 2004-2008년의 기간 동안 전세계 연구 결과물에서 차지하는 비중을 퍼센트로 나타내어 보여준다.



자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

그림 2에 나타난 Research Footprint®는 최근 5년의 기간 동안 중국의 연구 결과물이 미국에 비해 매우 적었다는 것을 보여준다. 중국은 물리 과학, 수학, 공학 분야에 상대적으로 집중해 왔다. 이와는 대조적으로, 미국은 (어쩌면 불균형적으로) 보건 관련 연구 및 사회 과학에 집중 투자를 해 왔다. 두 국가의 프로필 모두 EU27 국가들과 대조를 이루는데, 하나의 집단으로서의 EU27 국가들은 서로간에 현저한 상보성(相補性)을 보이고 있으며, 주요 연구 분야들에 걸쳐 균형 잡힌 모습을 보여준다.

과거의 경험으로부터 지각한 사실들은 거의 항상 시대에 뒤쳐진 내용들이다. 위의 그림 1에 나타난 연구 결과물의 양과 관련한 추세를 보여주면 많은 이들이-비단 미국인들뿐만 아니라-놀라움을 표시한다. 그러나, 연구 분야에 있어서의 미국의 하락세라는 사실에 더하여 고려해야 할 요소는 연구의 영향력 또는 효과이다. 연구 결과물의 상대적인 양적 비교는 해당 분야에서의 활동과 역량을 반영하여 보여주지만, 학문적, 경제적, 사회적 영향을 이끌어 내는 “질적인” 측면에 대한 고려 없이는 별다른 의미를 가질 수 없다.

개별 논문을 기준으로 했을 때, 출판 연도 및 분야에 대하여 측정된 상대 인용도 측면에서 미국 논문들의 평균적인 영향력은 여전히 다른 국가, 지역들에 비해 앞서 있으며, 지난 30년 동안 세계 평균보다 약 40%나 높았다. 지난 20년간 EU 국가들이 인용 영향도 면에서 미국과의 격차를 따라잡기 시작했다. 현재 영국의 전체적인 인용 영향도는 미국에 필적하는 수준에 이르렀다. 일부 분야(농업 과학, 생태학 및 환경 과학, 분자 생물학, 유전학, 약학)에서 영국 논문의 평균 영향도는 미국을 앞지른다.

이와는 대조적으로, 일본은 인용 영향도 측면에서 꾸준한 추세를 유지하여 현재는 세계 평균에 거의 근접하였다. 그러나 아시아 태평양 국가들을 하나의 집단으로 보면 상대 인용도 측면에서 여전히 세계 평균을 20% 밑도는 수준이다. 하지만, 특정 아시아 국가들-한국, 중국, 인도-은 지난 십 년간 인용 영향도를 극적으로 끌어올리는 모습을 보였다.

요컨대, 미국은 더 이상 과학 논문을 쏟아내며 연구계의 지평을 장악하고 있던 30년 전과 같은 과학의 거상(巨像)이 아니다. 이제 그들은 EU 27개국과 아시아 태평양 지역의 국가들에게 과학의 영토를 조금씩 내어 주고 있으며, 점차적으로 동등한 입장이 되어가고 있다. 논문의 효용, 영향, 중요도 및 유사 개념을 나타내는 지표인 상대인용도의 측면에서 미국은 여전히 선두의 위치를 차지하고 있으나, 서서히 그러한 위치에도 손상이 오고 있다. 유럽이 인용 영향도에 있어서 미국에 필적할만한 성과를 보이기 시작했으며, 향후 10년 또는 20년 내에 아시아 국가들도 그러한 입장에 서게 되리라는 예측이 나오고 있다.

연구 분야에 걸친 균형의 변화

Research Footprint®에 나타난 바와 같이, 미국과 다른 국가의 연구 성과에 차이가 있는 것을 볼 수 있다(그림 2).

이러한 현재의 상황을 뒷받침해 주는 것은 더욱 긴 기간 동안 이어진 역사적 사실들이다. 미국이 보건 관련 연구 및 생의학 분야에 이례적으로 집중 투자를 해 온 반면, 많은 아시아의 신흥 국가들은 자신들이 강점을 지니고 있는 산업 기반과 밀접한 관련이 있는 분야에 연구 개발 노력을 집중하여 서로 다른 연구 양상을 보여 왔으며, 이제는 이 대열에 중국이 합세하였다.

다음 세 개의 그림은 혁신, 경제성과 밀접한 관련이 있는 세 개의 주요 연구 분야(재료 과학, 공학, 분자 생물학 & 유전학)에 대한 미국, EU27, 아시아 태평양 국가들의 연구 출판물을 비교한 것이다. 이들 세 분야는 성장의 역동성이 분명하고 대조적인 패턴으로 드러나는 분야이기도 하다.

아시아 태평양 지역이 재료 과학 분야 연구 출판물에 있어 상승 곡선을 그리고 있다는 점은 분명한 사실로, 1996년에는 미국을, 2000년에는 EU를 넘어섰다. 유럽은 1990년대 달성한 수준을 유지하면서 약간의 증가세를 보이고 있으나, 미국의 경우에는 오히려 성장이 지체된 모습을 보이며 2009년에는 1994년과 비슷한 수준의 성과만을 거두었다.

(아시아 태평양 지역의 키 플레이어로서의) 중국은 가장 극적인 변화를 보여주고 있다. 재료 과학 분야에 있어서 아시아 전체의 연구 결과물은 1990년대 중반 이미 미국을 능가하였고, 중국 단독으로도 2004년에 미국을 넘어섰으며 2009년에는 전세계에서 23%의 점유율을 보였다. 이는 1981년 0.3%에 불과했던 수치에서 엄청난 변화를 보인 것이다. 미국은 1994년 재료 과학 분야에서 전세계 31%의 점유율을 차지하였으나, 2009년에는 15%에 그치며 30년간 최저점을 기록했다. EU는 이 분야에서 꾸준히 미국에 앞선 모습을 보였고, 2001년에는 38%의 전세계 점유율로 정점을 기록했으며 2009년에는 미국의 두 배에 달하는 점유율을 보였다.

재료 과학 분야에 있어서 미국은 이를 보강해 주는 역할을 하는 관련 기초 과학(물리학 및 화학) 분야보다 높은 상대 인용도를 기록했으나 1990년대 들어 현저한 하락을 보였으며, 2005-2009년 사이에 다시 회복하여 세계 평균보다 73% 높은 수치를 기록하였다. EU의 상대 인용도는 1981-1985년 사이 세계 평균을 10% 상회하였으나 1988-1992년 사이에는 7%로 하락했고, 이후 다시 상승하여 2005-2009년 사이에는 세계 평균보다 12% 높은 상대 인용도를 기록했다. 중국의 상대 인용도는 2005-2009년 사이 세계 평균을 22% 밑돌았으나, 지난 10년 동안 주목할만한 개선을 이루었다. 다만, 이러한 수치는 평균치라는 점에 유의할 필요가 있다. 아시아 태평양-그리고 중국-의 최고 연구 분야의 영향력은 세계 평균보다 훨씬 높다.

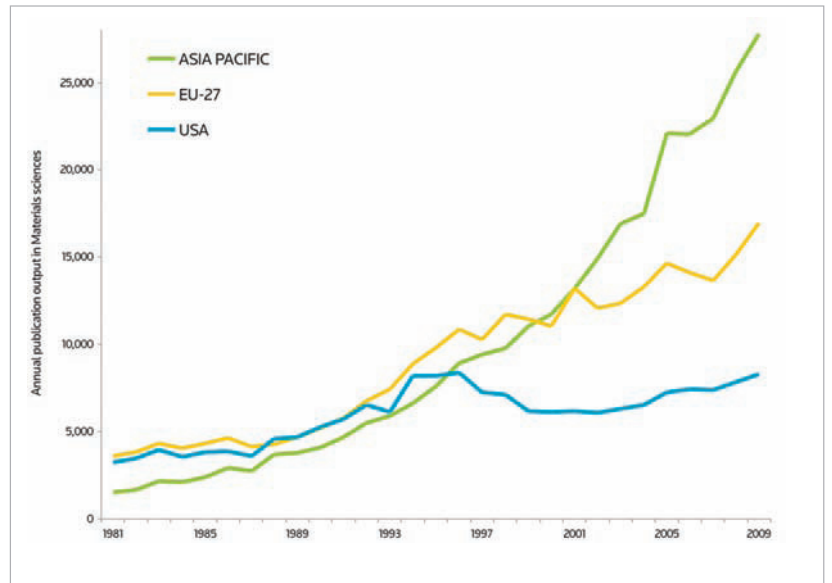
공학은 미국이 특별한 관심을 두고 있는 분야이다. 현업 공학자 10명 중 9명이 조만간 미국 외의 지역에서 활동할 것이라는 보고가 있으며, 미국 내에서 공학 박사 학위를 받는 이들의 50% 이상이 해외 태생이다. (그러나, 최신 통계를 보면 공학을 전공으로 선택하는 미국 대학 신입생의 수가 늘어나고 있다.) 지난 30년이 넘는 기간 동안 미국의 공학 분야 논문 점유율은 절반 가까이 하락하여 1981년 38%에서 2009년에는 21%로 떨어졌다. EU27의 논문 수는 1997년 미국을 앞질렀으며, 2009년 현재 해당 분야에서 33%의 점유율을 기록하고 있다. 그러나, 그림 4의 핵심 메시지는 역시 2000년 미국에 필적하고, 2002년 이를 넘어섰으며, 2005년에는 EU27을 넘어선 이후에도 여전히 상승 곡선을 그리고 있는 아시아의 약진이다. 아시아 지역 내에서 볼 때에는 중국의 상승세가 이와 마찬가지로 매우 역동적이다. 1981년 중국은 전세계 공학 논문의 불과 0.5%만을 차지했으나, 2009년 이 수치는 15%로 상승했다. 또한, 2012년에는 미국을 앞지를 것으로 예상된다.

중국의 공학 분야 논문의 평균적인 영향력은 이제 미국과 EU에 견주어서도 뒤지지 않는다. 상대 인용도 측면에서 미국과 EU는 지난 30년 동안 안정적인 점수를 기록해 왔다. 약간의 변동이 있기는 했지만, 2009년 기록한 수치는 30년 전과 거의 변함이 없었다. 미국은 2005-2009년 사이 세계 평균보다 25% 높은 수치를 보였고, EU의 해당 지수는 세계 평균보다 5% 높은 수준이었다. 1981-1985년 사이 공학 분야 상대 인용도에서 세계 평균을 42%나 밑돌았던 중국은 2005-2009년 세계 평균에서 단지 6% 아래에 위치해 있었으며, 몇몇 개별 논문의 상대 인용도는 이 수치보다 훨씬 높았다.

수학 분야에 있어서도 상황은 유사하다. 물리학에서도 역시 미국의 세계 점유율은 눈에 띄게 하락세를 그리며 2009년 기준으로 22%의 점유율을 기록했다. 화학 분야의 점유율 및 상대 인용도와 관련한 역사도 이와 유사하여 1981년 24%의 점유율을 기록한 미국의 화학 분야 논문 수는 2009년 18%로 하락했다. 중국은 1981년의 0.3%에서 2009년의 20%로 빠른 성장을 보였으며, 2007년에는 미국의 화학 분야 논문 수를 앞질렀다.

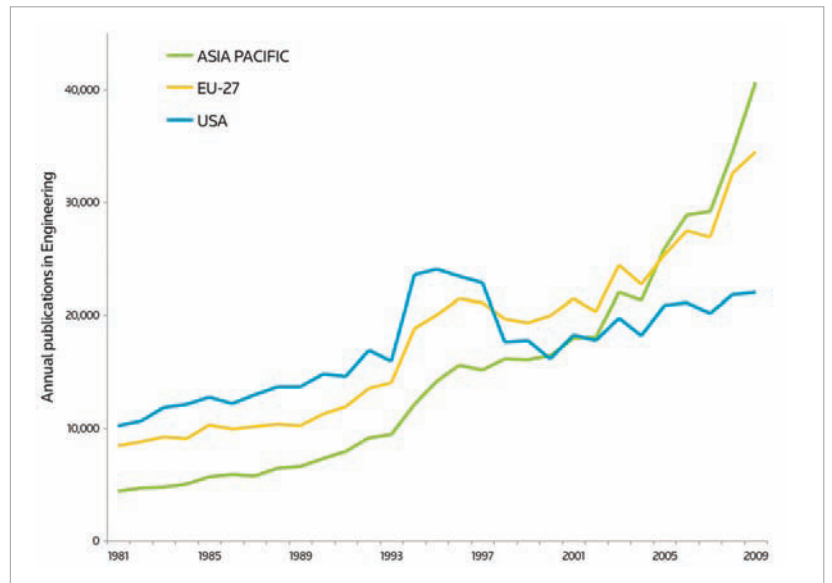
생물 과학 분야의 양상은 (그림 5를 예로 들어) 물리학과는 달라 보인다. 아시아의 신흥 국가들과 중국은 자신의 제조업 기반과 강한 연관이 있는 분야의 연구에 있어서 도약을 시작했다. 이러한 패턴은 그림 3(재료 과학)과 그림 4(공학)에 반영되어 있다. 그리고 이제는 투자의 초점이 생명 과학, 의학, 그리고 사회 과학으로 옮겨가고 있다. 아시아 태평양 지역의 국가들이 자신의 지위를 확장할 수 있는 가장 큰 기회를 가질 수 있는 분야가 바로 이곳이기 때문에, 이들 분야는 향후 10년간 가장 빠른 성장세를 보이는 분야가 될 것이다.

그림 3
재료 과학 분야의 연간 연구 출판물



자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

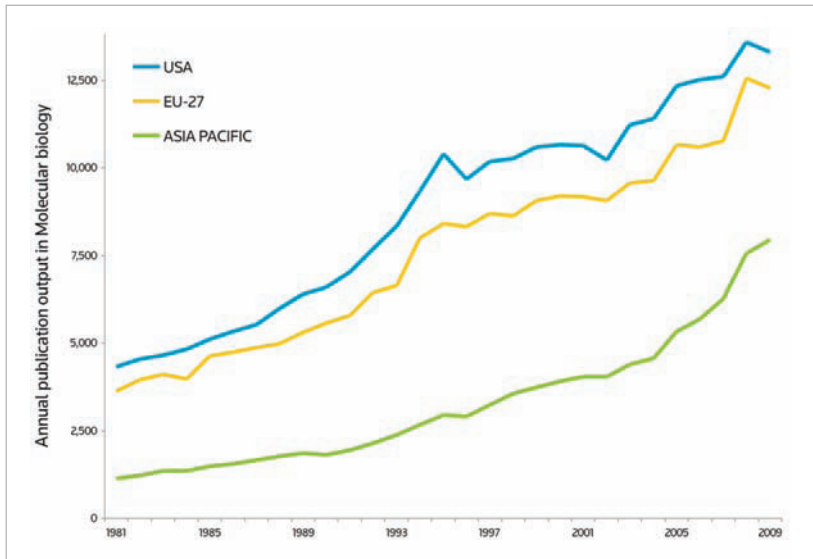
그림 4
공학 분야의 연간 연구 출판물



자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

그림 5

분자 생물학 & 유전학 분야의 연간 연구 출판물



자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

싱가포르의 이미 매우 경쟁력 있는 바이오 기술 기반을 갖고 있으며 강력한 경제적 잠재력을 지닌 것으로 인정 받고 있다. 이러한 싱가포르의 성과는 아시아 태평양 지역 전체에 걸쳐 또 다른 신흥 연구 집단에 반영될 가능성이 높다.

미국이 상대 인용도 측면에서 최고의 강점을 갖고 있는 분야는 미생물학, 생화학, 임상 의학이다. 그림 2와 그림 5를 보면 미국이 이들 분야의 연구 출판 활동에서 높은 점유율을 유지하고 있음을 볼 수 있다. 비평가들은 이제 생의학 분야가 경제적 혁신과 성장을 위한 가장 풍요로운 뒷발을 제공해 주는 시대로 들어서고 있다는 의견을 내놓고 있다. 아마도 미국은 그러한 성장을 주도 하는, 의문의 여지가 없는 최고의 자리에 오르게 될 것이다. 그러나, 예전에 미국은 제조업과 공학 분야에서도 한때 명백한 선두의 자리에 서 있었던 바 있다. 만약 이제는 미국의 이러한 지위가 더 이상 사실이 아님을 역사가 보여 준다면, 생물 과학에서 비롯된 미국의 미래 혁신과 경제 발전에 대한 기대 역시 불확실한 기반 위에서 세계 될지도 모른다.

미국 연구 대학들의 출판 활동

미국이 전세계에서 가장 뛰어난 연구 기관들을 갖고 있는 것은 분명하다. 이러한 사실은 지난 60 년 동안 지속되어 왔고, 오늘날에도 유효하다. 연구 결과물을 모든 과학 및 사회과학 분야에 걸쳐 지난 10 년 동안 톰슨 로이터에 의해 색인이 제공되는 저널에 게재된 논문의 측면에서 보면, 전세계 최고의 기관 20개 중 11개가 미국에 위치하고 있으며, 이들 중 대다수가 의학부를 포함하고 있다.

미국 밖에서 1, 2, 4, 12위의 논문 출간량을 기록한 기관들이 각각 개별적 연구 기관이 모인 네트워크인 중국 과학기술원 (Chinese Academy of Sciences), 러시아 과학아카데미(Russian Academy of Sciences), 독일 막스 플랑크 학회, 프랑스 국립과학원이라는 사실은 놀랄 만한 일이 아니다. 논문 출간의 측면에서 세계 선두의 위치에 선 다른 연구 기관들로는 일본 동경대(5위), 캐나다 토론토대(6위), 일본 교토대(14위), 영국 옥스포드대(16위)와 런던대(17위) 등이 있다.

따라서 미국은 국가 전체 측면에서 볼 때 인상적인 결과를 보여주고 있다. 그러나, 이러한 자료가 제시하고 있는 또 다른 측면은 수많은 미국의 개별 연구 기관들이 세계 유수의 연구 기관 목록에 이름을 올리고 있어 이러한 국가적 결과물이 상대적으로 집중될 수밖에 없다는 것이다.

톰슨 로이터의 자료는 300개 이상의 미국 고등 교육 기관에서 출간된 연구 출판물에 대한 기록을 제공하고 있다. 가장 많은 연구물을 출간한 25개의 기관이 각각 미국의 총 연구물 출간량의 1% 이상을 차지하고 있으며, 미국 대학 연합 (Association of American Universities: AAU) 소속 61개 기관들이 2005-2009년 사이에 미국이 출간한 모든 연구 출판물의 56%를 차지했다.

표 1은 미국의 연구 기반이 집중화되어 있다는 사실을 보여준다. 최근 5년의 기간과 이전의 기간(1981-1985년)을 서로 비교해 보면 이러한 집중 현상이 시간이 지남에 따라 증가해왔다는 것을 알 수 있다. 이러한 증가는 극적으로 보이지 않을 수도 있으나, 이미 집중되어있던 상태에서 시작되었다는 점을 고려해야 한다.

AAU는 2005-2009년의 기간 동안 미국의 총 논문 중 56%를 차지했다. 이들은 또한 대학에 제공된 연방 연구 기금의 58%를 차지했으며(2008 회계연도의 미 연방 학문 연구 지출은 180.1억 달러였다), AAU의 교원들은 명망 높은 미국 과학 아카데미(US National Academy) 회원인 모든 대학 교직원(2007년 기준 3,200명의 학술 연구자)의 80% 이상을 포함하고 있다. 또한 AAU 기관들은 노벨상 수상과 같은 사회적 존중을 나타내는 지표에서도 주목할만한 성과를 기록해 왔다.

기관 수준의 변화는 점진적이었으나(그림 6), 출판 과정의 경쟁적 속성을 고려하면 놀랄만한 일은 아니다. 표 1의 최상단에 위치하고 있는 하버드대의 경우 이러한 변화는 더욱 명확하다. 하버드는 분석 주기인 매 5 년마다 점유율을 증가시켜 특별한 우세를 보이고 있다.

표 1에 나타난 기관들은 다양한 연구 기관, 국립 실험 기관, 300개의 기타 고등교육 기관을 포함하여 미국에서 출간된 모든 연구 출판물의 약 1/3을 차지하였다. 그림 6에서 확연히 드러나듯이, AAU의 전체 성과물은 개별 기관 수준의 증가는 늘어난 협력의 효과 때문이 아님을(혹은 이것에 큰 영향을 받지 않았음을) 확실히 해 준다. 만약 미국의 연구 성과물 중에서 연구가 가장 활성화되어 있는 기관들이 차지하는 비중이 늘어났다면, 연구가 덜 활성화된 기관의 비중은, 이들이 연구 협력 파트너가 아닌 이상은 줄어들었을 가능성이 높다. 또한, 비(非)대학 연구기관의 점유율 역시 줄어들었을 가능성이 크다. 즉, 미국의 연구 기반은 이제 예전에 비해 다소 다양성이 줄어들었다고 할 수 있다.

표 1

2005-2009년의 기간 동안 가장 많은 논문을 발표한 미국 대학의 논문 수와 1981-1985년 사이 논문 수의 비교

1981-1985		기 관	2005-2009	
총 논문 수	미국 내 점유율 (%)		총 논문 수	미국 내 점유율 (%)
469,201	48.49	미국 대학 연합 (AAU)	905,522	56.1
25,630	2.65	하버드 대학교 (Harvard University)	68,146	4.22
13,071	1.35	미시건 대학교 (University Michigan)	33,084	2.05
10,567	1.09	존스 홉킨스 대학교 (Johns Hopkins University)	31,503	1.95
16,941	1.75	캘리포니아 주립대학교 로스앤젤레스 (University California Los Angeles)	31,108	1.93
12,841	1.33	워싱턴 대학교 (University Washington)	30,320	1.88
13,366	1.38	스탠포드 대학교 (Stanford University)	28,318	1.75
10,248	1.06	캘리포니아 주립대학교 샌디에고 (University California San Diego)	27,265	1.69
15,176	1.57	캘리포니아 주립대학교 버클리 (University California Berkeley)	27,021	1.67
11,646	1.20	펜실베이니아 대학교 (University Pennsylvania)	26,579	1.65
10,691	1.10	컬럼비아 대학교 (Columbia University)	26,427	1.64
10,219	1.06	메릴랜드 대학교 (University Maryland)	25,844	1.60
14,419	1.49	미네소타 대학교 (University Minnesota)	25,497	1.58
13,919	1.44	위스콘신 주립대학교 (University Wisconsin Madison)	24,553	1.52
14,222	1.47	코넬 대학교 (Cornell University)	23,483	1.45
10,166	1.05	플로리다 주립대학교 (University Florida)	23,226	1.44
7,483	0.77	피츠버그 대학교 (University Pittsburgh)	22,457	1.39
9,490	0.98	캘리포니아 주립대학교 데이비스 (University California Davis)	22,362	1.38
7,880	0.81	듀크 대학교 (Duke University)	21,954	1.36
8,715	0.90	펜실베이니아 주립대학교 (Penn State University)	21,689	1.34
11,150	1.15	예일 대학교 (Yale University)	21,676	1.34
8,792	0.91	오하이오 주립대학교 (Ohio State University)	21,380	1.32
8,889	0.92	콜로라도 주립대학교 시스템 (University Colorado system)	21,066	1.30
10,027	1.04	캘리포니아 주립대학교 샌프란시스코 (University California San Francisco)	20,691	1.28
11,651	1.20	메사추세츠 공과대학교 (MIT)	20,609	1.28
6,975	0.72	텍사스 A&M 주립대학교 시스템 (Texas A&M University system)	19,432	1.20

자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

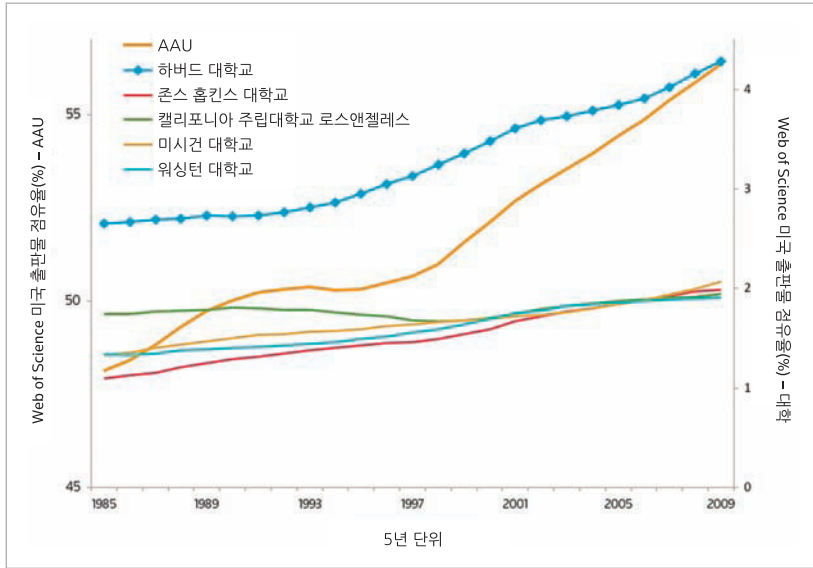
가장 자주 인용된 논문을 펴낸 미국의 연구 기관들을 더 자세히 들여다보기로 한다. 이러한 자료를 통해, 예를 들어 출간량에 관계없이 가장 높은 인용도를 기록한 기관을 살펴봄으로써 다양한 전망을 얻을 수 있다. 이러한 기관들의 목록에는 화이트헤드 연구소(Whitehead Institute)와 콜드 스프링 하버 연구소(Cold Spring Harbor Laboratory)를 위시한 빼어난 특화 연구기관들이 포함되어 있다. 또는, 제한된 시각을 통해 상대 인용도에서 전세계 상위 1% 내에 드는 논문을 발표한 기관들을 살펴볼 수도 있다. 본 보고서에서 우리는 2009년 최소 2천 편 이상의 논문을 발표한 기관들의 총 출판물들에 대한 평균 상대 인용도(분야 및 출판 연도에 대하여 정규화된)에 대하여 살펴보았다.

표 2에 나타난 개별 기관들은 1981-1985년의 기간부터 시작해 상대 인용도를 개선해 왔으나, 1993-1997년부터 살펴보면 모든 기관들이 상대 인용도의 개선을 보이지는 않았다. 세계의 다른 지역에 대한 상대적인 인용도의 '증가' 중 대부분은 분석 기간의 전반기에 이루어진 것이었다. AAU에 대하여, 또한 미국의 연구 대학들을 전체로 볼 때, 인용도의 평균은 본질적으로 오차범위 이내에서 향상성을 유지했다. 이는 최고 순위를 기록한 기관들이 더욱 앞으로 나아갔음에도 불구하고 전체의 평균이 더 나아지지는 않았다는 것을 의미한다.

지난 십 년간, 총 피인용 횟수에서 최상위 20개 대학교들이 미국이 발표한 전체 논문들이 피인용 횟수의 47%를 차지했다. 인용 영향도별로 보면 이들 기관은 논문 당 평균 22.08회의 인용 횟수를 기록했는데, 이는 미국 평균인 15.52회에 비해 42.3% 높은 것이다. 표 2의 상대 인용도를 평균해 보면(이들 기관이 특화되어 있는 다양한 분야에 대한 서로 다른 인용율을 고려하여), 상위 20개 기관이 일반적인 미국의 연구 기반이 지닌 영향도에 비해 36% 높은 것으로 나타났다. 따라서, 어느 방식으로 보든지 이들 연구 기관들은 미국의 연구 역량이 현저히 집중되어 있다는 것을 보여주는 것이다.

그림 6

1981-1985년에서 2005-2009년까지 연속적인 5년 단위로 본 미국의 총 연구 출판물 수에 대한 AAU(왼쪽 축)와 가장 많은 출판물을 발표한 상위 5개 대학(오른쪽 축)의 점유율 변화



자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

미국 대학들의 위상에 대한 또 다른 평가는 최근 발표된 영국 타임스의 세계 대학 평가 순위(런던)에서 확인할 수 있다.ⁱⁱⁱ 이 자료는 타임스를 위해 톰슨 로이터에서 수집 및 분석한 것으로, 출판물 및 인용에 대한 측정 자료를 포함하고 있을 뿐만 아니라 교육 및 연구에 대한 평가, 산업 기금, 국제적 다양성에 대한 고려까지 포함하고 있다. 계량서지학적 분석보다 더욱 폭넓은 시각을 지닌 이 분석에서, 하버드 대학교(1위), 캘리포니아 공과대학교(2위), MIT(3위), 스탠포드 대학교(4위), 프린스턴 대학교(5위), 캘리포니아 주립대학교 버클리(8위), 예일 대학교(10위), 캘리포니아 주립대학교 로스앤젤레스(11위), 시카고 대학교(12위), 존스 홉킨스 대학교(13위), 코넬 대학교(14위), 미시건 대학교(16위), 컬럼비아 대학교(18위), 펜실베이니아 대학교(19위), 카네기 멜론 대학교(20위) 등 최상위를 차지한 20개 대학 중 15개가 미국 대학기관이었다. 상위 20개 대학 중 미국 대학이 아닌 기관은 캠브리지 대학교, 옥스포드 대학교(공동 6위), 임페리얼 칼리지 런던(9위), 스위스 연방 공과대학교(15위), 토론토 대학교(17위) 등이다.

지난 30년 동안 미국의 연구는 성과물과 질이라는 측면 모두에서 집중화의 경향이 증가되어 왔다(표 1). 미국의 상위 15개 대학은 동부와 서부 해안 지역에 위치해 있다(표 2). 이러한 점은 다른 국가와 비교할 때 어떠한가?

표 2

2005-2009년의 기간 중 최상위의 평균 상대 인용도를 기록한 미국 대학(최근 최소 2천 편 이상의 저널 논문을 발표한 대학 중에서)들과 비교를 위해 제시한 5년 단위의 과거 두 기간에 대한 인용도 자료. 인용도 점수 1.00점은 논문의 분야 및 출판 연도를 고려한 전세계 평균 인용도를 의미한다. AAU와 미국 대학 전체 평균에 대한 자료 역시 제시되어 있다.

Institution	1981-85	1993-97	2005-09
메사추세츠 공과대학교 (MIT)	2.14	2.16	2.28
캘리포니아 공과대학교 (CALTECH)	2.13	2.02	2.18
프린스턴 대학교 (Princeton University)	2.19	2.07	2.11
캘리포니아 주립대학교 산타 바바라 (University California Santa Barbara)	1.75	2.28	2.04
스탠포드 대학교 (Stanford University)	2.05	2.08	1.96
하버드 대학교 (Harvard University)	1.98	2.14	1.94
캘리포니아 주립대학교 버클리 (University California Berkeley)	1.79	1.77	1.92
콜로라도 대학교 (University Colorado Boulder)	1.67	1.65	1.86
시카고 대학교 (University Chicago)	1.98	1.92	1.85
워싱턴 대학교 (University Washington)	1.78	1.76	1.82
펜실베이니아 대학교 (University Pennsylvania)	1.62	1.73	1.77
캘리포니아 주립대학교 샌프란시스코 (University California San Francisco)	1.86	1.89	1.76
존스 홉킨스 대학교 (Johns Hopkins University)	1.69	1.85	1.74
컬럼비아 대학교 (Columbia University)	1.70	1.83	1.74
캘리포니아 주립대학교 로스앤젤레스 (University California Los Angeles)	1.62	1.61	1.74
노스웨스턴 대학교 (Northwestern University)	1.62	1.69	1.73
보스턴 대학교 (Boston University)	1.35	1.59	1.71
예일 대학교 (Yale University)	1.91	1.89	1.71
로체스터 대학교 (University Rochester)	1.46	1.60	1.71
미국 대학 연합 (AAU)	1.51	1.55	1.49
미국 대학교 평균	1.37	1.40	1.37

자료: Thomson Reuters Web of ScienceSM

캠브리지 대학교, 옥스포드 대학교, 런던 대학교, 임페리얼 칼리지 런던은 영국의 연구 출판물 중에서 각각 6%씩을 차지하고 있으며, 이들 각각이 영국의 연구 결과물에서 차지하는 비중은 지난 30년 동안 증가해 왔다. 이들은 모두 영국 남동부 지역에 서로 50마일 거리 이내에 위치해 있다. 이는 매우 집중되어 있는 것으로 보이나, 영국의 연구 기반은 미국의 그것에 비하여 매우 작다. 사실, 영국에서 가장 많은 논문을 발표하는 16개의 대학-이들은 연구 보조금과 연구 계약의 58%와 연구 출판물의 57%를 차지한다-은 영국 지역 전역에 걸쳐 분산되어 있다.

이들 16개 대학 집단은 국가 연구 활동에서 차지하는 비중 면에서 미국의 AAU와 유사해 보일 수도 있다. 그러나 이는 공식적인 집단이 아니라 점유율 순으로 나열한 집단이며, 규모 면에서 AAU의 1/4에 해당된다. 이와는 대조적으로, 영국의 GDP는 미국의 1/6에 불과하며 R&D 지출(OECD에서는 GERD(Gross Domestic Expenditures on R&D)라 한다)은 약 1/10에 지나지 않는다. 2007년, 영국은 GERD에 329억 달러를 쓴 반면 미국은 3,100억 달러를 사용했다. 따라서, 미국의 연구 기반이 영국과 동일한 방식으로 분포되어 있다고 가정하면, 약 57-58%의 연구 투자/결과물이 AAU보다 훨씬 큰 집단에 걸쳐 분산되어 있을 것이라 예상할 수 있다. AAU의 구성원들이 반드시 대규모 연구기관인 것은 아니므로, 연구의 역량이라는 측면에서 볼 때 집중화 현상은 더욱 두드러져 보인다.

요약

상당한 자금 지원(GDP의 2.8%로 주요 경쟁국에 비해 상대적으로 높은 수준이다), 세계 각국의 인재들을 끌어 모으는 빼어난 학술 기관, 훌륭한 연구 노력, 혁신, 결과를 통해 세계를 주도하는 재능 있는 인력 등을 지닌 미국이 과학 연구에서 차지하는 위상은 여전히 강력한 것이다.

본 보고서에서 펼쳐 보인 다양한 관점은 미국 대학들이 연구에서 주도적인 역할을 수행하고 있음을 보여준다. 최고 수준의 미국 연구 기업들은 여전히 더욱더 발전하고 있다. 선도적인 연구 기관들은 유럽이나 아시아의 선두 기관들에 비해 압도적인 우위를 점하고 있다.

그러나, 상위 집단에 집중된 미국 대학 연구 체계가 나머지 연구 기반으로 하여금 이들을 본받아 발전할 수 있도록 이끌고 있지는 못하다는 징후가 나타나고 있다. 미국의 연구 기반은 연구 분야의 가장 강력한 경쟁국인 영국에 비해 더 집중화 된 것으로 보인다. 영국은 점점 심화되고 있는 글로벌 경쟁 가운데에서도 세계 연구 결과물에서 차지하는 비중을 꾸준히 유지하고 있는 집단 중 하나이다. 또한, 영국은 지난 사반세기 동안 상대적인 국제 연구 실적을 개선해 왔다. 이와는 대조적으로, 미국은 자신의 점유율을 잃어가고 있으며, 상대적인 국제 연구 경쟁력 역시 도전에 직면하고 있다.

미국은 세계적인 수준의 과학자들을 끌어 모을 수 있는 능력과 다른 국가들의 연구자들과의 상호작용 및 협력을 증가시키는 데에 있어서 세계화의 덕을 보았다. 그러나, 이와 동시에 상당한 어려움에 직면하고 있다. 미국과 EU 회원국(그리고 일본까지)들의 과학 기업들은 성숙한 기업들이다. 많은 존경을 받았던 지난 세대의 한 교육자는 다음과 같은 현언(賢言)을 남겼다. “사람과 마찬가지로, 국가 또한 역시 제도가 아직 확립되지 않고 자원이 얽매임 없이 사용 가능할 때에 자유로이 밑그림을 그리고 계획을 세울 수 있는 법이다. 시간이 지나 주사위가 던져지고 나면, 사람들은 자신이 선택했던 것들을 갖고 사는 수 밖에 없다.” 미국과 EU는 이미 ‘주사위를 던진’ 반면, 중국, 인도, 브라질과 같은 개발도상국들은 아직 미래를 위한 기반을 건설하고 있는 중이다. 앞으로 이들 신흥 국가들은 지금은 상대적으로 적은 수준인 GDP 대비 연구 투자 비율을 증가시킬 것이다. 그렇게 되면, 경쟁은 더욱 치열해질 수밖에 없다.

미국 국립 과학 아카데미의 빼어난 2007년 결산 보고서인 ‘Rising Above the Gathering Storm’^{iv}은 미국이 직면하고 있는 교육 및 혁신의 변화를 요약하여 설명하고 미국의 과학 및 공학 교육 체계의 기저에 있는 문제들을 지적했다. 미국 연구 기반의 구조가 미국이 현 지위를 차지하는 데에 기여한 요소였을지도 모른다는 의견에 대한 논쟁이 있지는 않은가? 이러한 논쟁에서의 핵심 질문은 ‘빼어난 성과로 세계 순위에서 항상 최고의 위치를 차지하는 뛰어난 연구 기관들이 모인 집단이 현 상황에 요구되는 창조적인 지식 솔루션을 제공하고 있는가?’ 하는 점이다. 국립 과학 아카데미가 설명한 문제점들에 대하여 그러한 집중이 최고의 해답이 되어줄 것인가? 그렇지 않다면, 전세계 다른 국가들의 빠르게 변화하는 지식 경제의 도전에 맞서기 위해 50개 주에 널리 퍼져 있는 재능 있는 인재들을 모아 줄, 좀 더 고르게 분포된 연구기관들의 네트워크를 통해 경쟁자들과 마찬가지로 민첩하고 혁신적인 반응을 필요로 하는가?

REFERENCES

- Thomson Reuters, *Global Research Report: Brazil*, June 2009:
<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/m/pdfs/GRR-Brazil-Jun09.pdf>
- Thomson Reuters, *Global Research Report: India*, October 2009:
http://science.thomsonreuters.com/m/pdfs/grr-India-oct09_ag0908174.pdf
- Thomson Reuters, *Global Research Report: China*, November 2009:
<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/m/pdfs/grr-china-nov09.pdf>
- Thomson Reuters, *Global Research Report: Russia*, January 2010:
<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/m/pdfs/grr-russia-jan10.pdf>
- Thomson Reuters, *Global Research Report: Australia/New Zealand*, March 2010:
<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/m/pdfs/globalresearchreport-anz.pdf>
- Thomson Reuters, *Global Research Report: Africa*, April 2010:
<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/m/pdfs/globalresearchreport-africa.pdf>
- Thomson Reuters, *Global Research Report: Japan*, June 2010:
<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/m/pdfs/globalresearchreport-japan.pdf>
- The UK's Science Policy Research Unit study on international comparative government funding of academic and related research was later published in a book by John Irvine, Ben Martin and Phoebe Isard, *Investing in the Future*,. (Edward Elgar, Brookfield Vermont: 1990) ISBN 1 85278 387 7
- Jonathan Adams, "Benchmarking international research," *Nature* 396 (6712): 615-618, 17 December 1998
- Jonathan Adams and Karen Gurney, *Funding selectivity, concentration and excellence: how good is the UK's research?* A report submitted by Evidence Thomson Reuters to the Higher Education Policy Institute (Higher Education Policy Institute, Oxford: March 2010 <http://www.hepi.ac.uk/466-1793/Funding-selectivity,-concentration-and-excellence---how-good-is-the-UK's-research.html>
- Gregory J. Hather, Winston Haynes, Roger Higdon, et al., "The United States of America and Scientific Research," *PLoS ONE* 5 (8): e12203. doi:10.1371/journal.pone.0012203
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0012203>
-
- ⁱ Vannevar Bush, *Science – The Endless Frontier*, (United States Government Printing Office, Washington, D.C.: 1945) <http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>
- ⁱⁱ National Science Board, *Science and Engineering Indicators 2010* (National Science Foundation, Arlington, VA: 2010) [NSB 10-01] <http://www.nsf.gov/statistics/seind10/>
- ⁱⁱⁱ Times Higher Education World University Rankings 2010: <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2010-2011/top-200.html>
- ^{iv} Committee on Prospering in the Global Economy of the 21st Century: An Agenda for American Science and Technology, Committee on Science, Engineering, and Public Policy, *Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America for a Brighter Economic Future* (The National Academies Press, Washington, D.C.: 2007) http://books.nap.edu/catalog.php?record_id=11463

Science Head Offices

Americas

Philadelphia +1 800 336 4474
+1 215 386 0100

Europe, Middle East and Africa

London +44 20 7433 4000

Asia Pacific

Singapore +65 6775 5088
Tokyo +81 3 5218 6500

한국지사 +82 2 2076 8100

EMAIL ts.info.korea@thomsonreuters.com
Website science.thomsonreuters.co.kr

For a complete office list visit:

science.thomsonreuters.com/contact

