

# 국제적인 과학과 국지적인 연구:

한국 물리학의 발전에 대한 경험적 연구<sup>†</sup>

김기완\*

본 논문은 과학의 국제화에 대한 여러 논의들을 검토한 후, 국가 차원에서의 과학연구활동의 성공적인 제도화가 과학연구의 전지구적인 연계 강화의 전제가 되며 따라서 국지적인 연구활동의 강화를 통해 과학의 국제화가 촉진될 수 있음을 주장한다. 이로부터 도출되는 이론적 함의를 본 논문은 한국에서의 물리학의 발전을 예로 들어 경험적으로 분석한다. 주로 문헌지표분석(bibliometrics) 방법에 의한 분석 결과는 한국 물리학의 경우, 시간이 지남에 따라 연구활동의 국지적인 특성이 형성되는 방향으로 발전되어 왔음을 보여준다. 국제연구공동체로의 통합을 나타내는 국제연구협력은 양적으로는 뚜렷이 증가하지 않았지만, 내용 면에서 볼 때 국제연구협력이 보다 '대칭적인' 국제연구협력이 강화되고 있으며 따라서 국제연구공동체와의 긴밀한 네트워크가 증가하고 있음을 간접적으로 가리키고 있다.

【주제어】 과학의 국제화, 국지적 연구, 문헌지표분석(bibliometrics), 물리학, 사례연구

## 1. 서론

많은 과학기술에 대한 연구들은 과학연구가 국제화되어 가고 있다는 점을 지적하고 있다(대표적으로 Schott, 1993). 한편으로는 거대과학(big science)의

<sup>†</sup> 필자는 본 논문의 심사과정에서 유익하고 날카로운 논평을 통해 논문의 이론적, 방법론적 개선에 크게 기여해 준 익명의 심사위원들께 감사를 표한다. 그럼에도 불구하고 발견되는 오류는 전적으로 필자의 책임이다.

\* 한국과학기술기획평가원 부연구위원  
전자우편: kwkim@kistep.re.kr

등장에 따른 연구규모의 기하급수적인 증가와 이로 인한 국경을 뛰어넘는 과학자들 간의 연구협력에서 이러한 과학연구의 세계화는 두드러지게 나타나고 있다. 다른 한편 경제의 세계화와 다국적기업이 이 과정에서 차지하는 중요한 역할에 의해 응용기술 분야는 말할 것도 없고 상당 부분의 기초·원천 분야 연구의 연구성과들이 국가 간의 경계와는 상관없이 형성, 개발, 분배되고 있다는 점 역시 과학의 국제화 추세에 기여하고 있다.

하지만 국제적 과학(global science)<sup>1)</sup>에 대한 최근의 다양한 논의들은 몇 가지 이론적 문제점을 던져주고 있다. 근대과학의 발전과정에 대한 역사적 연구는 과학연구가 애초부터 국제적인 성격을 지니고 있었다는 점을 지적하고 있다. 유럽사회의 경우 근대과학의 발전은 소수의 계몽의식으로 무장한 선구적 과학자들의 활발한 네트워크를 통해 발전되어 왔으며(Stichweh 1984), 이러한 과학연구의 국제적인 성격은 지금까지도 해당분야 전문가 집단에 의한 동료평가(peer review)와 이를 통한 연구결과의 발표로 대변되는 과학의 자체통제 메커니즘에 그대로 살아 남아있다. 이러한 점에서 볼 때 과연 현재 부각되고 있는 과학의 국제화에 대한 논의가 과연 과학연구의 어떤 새로운 측면을 지칭하고 있는지가 우선 명확해져야 할 필요가 있다.

다른 한편, 이미 1970년대에 이루어진 민족국가(nation state) 차원에서 과학연구가 제도화되는 과정에 대한 연구들(예를 들어 Ben-David, 1972)을 언급할 필요가 있다. 과학기술에 대한 '제도적'(insitutional) 연구라고 불리워질 수 있는 이들 연구를 통해, 과학지식의 발전은 국제적인 연구공동체를 통해 결정화되지만, 각국이 과학기술이 경제사회적 발전에 미치는 중요성을 인식함에 따라 과학연구를 국가 차원에서 제도화하려는 다양한 노력들이 이루어져 왔으며, 이러한 제도화 과정을 통해 과학연구의 주도권이 영국, 프랑스

---

1) 이하에서는 오해를 피하기 위해 global science를 '국제적 과학'으로 번역하여 사용하고자 한다. 이의 번역으로는 '세계 과학'이라는 명칭도 가능하다고 판단되지만, 세계 과학은 전지구적으로 단일한 과학의 개념으로 국제적 과학보다 포괄적이며 또한 보다 엄밀한 정의가 요구된다고 보이기 때문에 사용하지 않는다.

등에서 독일로, 그리고 2차 대전 전후로 미국으로 이전되어 왔음이 지적되었다. 이 연구들은 과학의 국제화와 국가 차원의 과학의 제도화 및 이를 통한 국지적인 특성을 지닌 연구활동 간의 관계가 보다 복잡한 것이라는 점을 가리키고 있다.

본 논문의 목적은 이러한 문제의식 위에서 우리나라의 경우 과학연구가 어떠한 경로를 통해 발전되어 왔는지를 과학연구가 가지는 국제적인 성격과 국가 차원에서의 제도화를 통해 형성된 국지성(locality)이라는 두 축을 통해 고찰하는 것이다. 본 논문은 경험 분석을 위해 우리나라의 전체 과학 분야가 아니라 물리학을 분석 대상으로 삼는다. 여기서 물리학을 선택한 이유는 물리학이 여타 자연과학의 기초를 형성하기 때문에 우리나라의 경우에도 타 학문분야에 비해 비교적 일찍 제도화되었으며 따라서 상대적으로 긴 분석기간을 가능케 한다는 사실에 기인한다. 본 논문은 물리학 분야 연구활동의 제도화를 특히 문헌지표분석(bibliometrics)으로 대변되는 과학논문에 대한 정량적인 분석을 통해 접근하고자 한다. 과학논문에 대한 분석은 해당 분야 연구활동에 대한 근사 지표(proxy indicator)를 제공할 수는 있지만 실제 과학연구가 일어나고 있는 풍부한 맥락(context)에 대한 완전한 상을 제공하지는 못한다. 이러한 점에서 본 논문에서는 우리나라의 물리학 발전과정에 대한 일부 정성적 자료들도 활용되었다.

우선 2절은 과학의 국제성과 국지성에 대한 이론적 논의들을 검토할 것이다. 이를 통해 본 논문에서 분석의 틀로 삼게 될 과학의 국제화와 국지적인 연구의 제도화에 대한 관점이 제시된다. 3절은 한국 물리학의 발전에 대한 경험적 분석을 시도한다. 먼저 분석에서 주로 사용될 문헌지표분석 방법론과 분석을 위해 사용된 데이터에 대해 논의한 후, 경험 연구는 크게 두 부분으로 나뉘어 진행된다. 첫 번째 부분은 한국 물리학의 제도화 과정과 이를 통해 형성되어 온 한국 물리학의 특성에 대한 분석으로 이루어진다. 두 번째 부분에서는 물리학 분야 국제연구협력에 대한 분석을 통해 한국 물리학의 국제연구공동체와의 통합이 어떻게 진행되어 왔는지에 대한 논의가 이루어

진다. 마지막으로 4절은 앞서 두 부분으로 나누어 진행된 분석결과가 2절에서 제시된 과학의 국제화와 국지적인 연구 간의 관계에 비추어볼 때 어떠한 함의를 제공하고 있는지를 검토할 것이다.

## 2. 국제적인 과학과 국지적인 연구 : 이론적 논의

### 1) 과학연구의 국제화에 대한 이론적 쟁점

아마도 과학의 국제화에 대해 가장 활발한 논의를 편 사람은 토마스 스콧(Thomas Schott)일 것이다. 일련의 논문(Schott, 1991, 1993, 1994, 2001)을 통해 스콧은 현재의 과학은 다양한 국가 및 지역 차원의 연구공동체들이 단일한 전지구적 과학공동체로 통합되어져 있는 '세계과학(world science)으로 파악되어야 한다고 주장하고 있다. 하지만 세계과학의 본질을 구성하는 것이 무엇인가에 대한 스콧의 논의는 여러 논문에서 모호하게 표현되고 있다. 일부 논문에서 세계 차원의 과학공동체에 대한 그의 논의는 종속이론에서 제안되는 바와 같이 중앙(center)과 주변(periphery)의 개념을 통해 전개되는 반면(Schott, 1991), 다른 논문에서는 세계과학의 근거를 소위 '신제도주의' 사회학(대표적으로 Meyer, 1987)이 제기하고 있는 표준화된 과학 관련 제도의 확산에서 찾고 있다(Schott, 1993).

이론적 측면 뿐만 아니라 과학정책 측면에서도 과학연구의 국제화에 대한 논의는 활발하게 이루어지고 있다. 예를 들어 기번스 등(Gibbons et al., 1994)은 과학지식의 생산방식이 학문분야별 구분에 따라 주로 대학을 통해 생산되는 '모드 1'에서 학문분야의 경계를 뛰어넘는 빈번한 교류와 지식생산 주체의 탈중심화로 특징지어지는 '모드 2'로 전환되고 있음을 주장하면서, 국가간 및 학문분야간의 연구협력의 증가를 주요한 현대과학의 특징의 하나로 들고 있다. 또다른 과학정책적 측면에서 일부 연구자들은 특히 그간 주변부에 머물러 왔던 '제3세계'의 과학연구 활동의 증가에 주목하면서, 후발국의

과학기술 발전을 가속화시키기 위한 수단으로서 국제연구협력의 강화를 중요한 정책적 이슈로 제기하고 있다(UNESCO, 1998).

하지만 이러한 다양한 이론적, 정책적 관심에도 불구하고 과연 현재 제기되고 있는 과학의 국제화가 종전의 과학연구와 어떠한 점에서 차별성이 존재하는지에 대해 명확한 답변을 제시하지 않고 있고 있다. 이와 관련하여 주목해야 할 점은 근대과학의 발전에 대한 역사적 연구들이 제시하는 바와 같이 국제성(globality)이 19세기 이후 새로이 등장한 근대과학의 초창기에서부터 중요한 특징의 하나였다는 점이다(Crawford et al., 1993). 근대과학이 태동·발전되어 온 유럽의 경우 과학자들은 자신이 속한 국가에 상관없이 자유롭게 상호간에 의사소통하였으며 이를 통해 소위 ‘과학의 공화국’(republic of science)이 형성되었다(Polany, 1962). 과학공동체의 국제적인 특성은 20세기 초 이후 발전되어 온 학문분야별 전문저널의 확립이나 해당분야 연구자들의 평가에 기초한 연구성과의 검증과 출판이라는 통상적인 과학연구 결과의 통제 및 확산기제에서도 잘 드러나고 있다.

과학의 국제화와 연관지어 해명되어야 할 또다른 중요한 이슈는 역사적 연구를 통해 근대과학의 주요한 발전기제로 드러난 국가 차원의 제도화와의 연관성에 대한 질문이다. 이미 1970년대에 과학사회학자들은 서구 과학의 발전이 국가 차원의 제도화와 밀접한 연관 속에서 이루어져 왔다는 점을 지적한 바 있다(Ben-David, 1972). 벤-다비드의 선구적인 연구는 국가 차원에서의 제도화를 통해 근대과학이 지속적으로 발전할 수 있었으며 이러한 제도화 과정에서 다양한 사회적, 제도적, 정치적 요인들에 의해 영향을 받았고 그에 따라 세계 과학연구의 중심축이 이전되어 왔음을 지적하고 있다. 이와 동일 선상에서, 유럽의 과학발전에 대한 역사적인 연구들 역시 과학발전이 국가 내의 교육체제와 여타 제도적 요인들과 밀접한 연관 하에 놓여 있었으며, 19세기 이후 본격적으로 형성된 민족국가 차원에서의 과학연구의 제도화—연구기관의 설립과 여러 부문(대학, 산업체, 공공연구소)들 간의 연계체계 정착, 국가 과학정책의 수립과 집행 등—가 현대과학의 발전에서 있어 핵심적

인 역할을 수행하였음을 지적하고 있다(Stichweh, 1984, 1991).

이상의 다양한 논의들을 종합해 볼 때, 최근 들어 활발히 논의되고 있는 과학의 세계화에 대해서는 크게 두 가지 이슈가 제기된다. 첫 번째 이슈는 근대과학이 애초부터 국제적인 성격을 띠고 있었다는 점을 감안할 때 최근 대두되고 있는 과학의 국제화에 대한 논의들은 어떠한 새로운 현상에 주목하고 있는가 하는 점이며, 두 번째 이슈는 현대과학이 국가 수준의 제도화를 통해 발전되어 왔다면 이러한 과학연구의 국지적 발전과 국제화는 상호간에 어떻게 연관되어 있는가 하는 점이다.

첫 번째 이슈와 관련해서는 과학연구의 국제성 또는 국제화 경향을 보다 잘 설명해 줄 수 있는 이론적 틀의 제시가 필요하다. 다시 말해 국제성의 여러 측면을 구분하고 최근 부각되고 있는 과학연구의 국제화가 이 중 어떠한 측면을 반영하고 있는지를 포착하는 것이 필요할 것이다. 두 번째 이슈에 대해서는 과학의 국제화와 국가 수준에서의 과학연구의 제도화를 연결시킬 수 있는 이론적 고리가 필요하다. 필자는 이 두 가지 이슈에 대해 루만(Niklas Luhmann)의 체계이론(systems theory)에 기초하여 과학과 사회 간의 복잡한 관계에 대한 이론적 정교화를 시도하고 있는 슈티히베(Rudolf Stichweh)의 논의에서 풍부한 시사점을 찾을 수 있다고 판단한다. 다음 절에서는 슈티히베가 제안하는 세계화의 두 측면에 대한 구분을 바탕으로 과학의 세계화와 국지적인 연구활동을 연결시킬 수 있는 이론적 틀을 모색해 보고, 이후 3절에서 진행될 경험적 연구를 위한 가설들을 도출할 것이다.

## 2) 과학의 국제화의 두 측면 : 전지구적 확산과 전지구적 상호연계

앞서 언급한 슈티히베는 과학의 국제화를 보다 세부적으로 포착하기 위해 두 가지 측면, 즉 전지구적 확산(global diffusion)과 전지구적 상호연계(global interconnectedness)를 구분할 것을 제안하고 있다(Stichweh, 1996).

여기서 전지구적 확산은 하나의 모범사례로 구축된 과학연구와 관련된 제

도적 틀(institutional regime)—예를 들어 교육체계, 연구기관, 과학기술정책 등—이 전지구적으로 확산되어 가는 과정을 의미한다. 초·중·고등교육으로 이어지는 일련의 유사한 교육체계가 전세계 여러 국가에서 공통적으로 발견된다든지(Meyer 1992), 과학기술을 전담하는 정부조직(한국의 경우 ‘과학기술부’)이 여러 국가에서 유사한 시기에 동시에 설립되어가는 과정(Jang, 2000) 등이 그 예가 될 수 있을 것이다. 반면 전지구적 상호연계는 국가 차원의 제도화를 통해 정착되어진 여러 사회체계들이 국가의 경계를 넘어 상호간의 연관성을 증가시켜 가는 과정을 의미한다. 그 예로는 경제적 세계화의 과정을 통해 과학연구에서도 국가 간의 구분이 모호해지고 있는 현실이나 하나의 연구 주제에 대해 여러 국가의 관련기관들이 광범위하게 참여하는 대규모 프로젝트의 활성화 등에서 나타나고 있다. 물론 과학의 국제화에 대한 이들 두 측면들이 상호간에 명확히 구분되는 것은 아니다. 실제로 전세계로 과학연구가 확산되는 것은 국가 간의 상호연계의 강화를 위한 전제조건을 형성하는 반면<sup>2)</sup>, 상호연계의 강화는 또다시 일종의 ‘모범사례’(best practices)로 인식되어지는 제도적 틀이 여타 국가로 확산될 수 있는 계기를 마련한다. 따라서 이들 두 측면 간의 관계는 상호 보완적이라고 보는 것이 적절할 것이다. 그렇다면 과학의 세계화와 관련하여 이러한 개념적 구분은 앞에서 제기한 두 가지 이슈에 대해 어떠한 시사점을 제공하는가?

앞서 첫 번째로 언급한 현재 진행되고 있는 과학의 국제화의 새로운 특성에 대한 질문과 관련해서, 이러한 이론적 구분은 과학연구를 보다 세부적으로 구분하여 살펴볼 수 있게 해 준다. 역사적 연구들이 밝혀 낸 바와 같이 근대과학의 형성 자체가 국제적인 성격을 지니고 있었고 과학기술과 관련된 각종 사회제도들이 전지구적으로 확산되어 왔다는 점은 바로 전지구적 확산

2) 여기서 상호관계가 성립될 수 있기 위해서는 서로간에 준거로 삼을 수 있는 일정 정도의 유사성이 존재할 것을 전제로 한다. 사회학적 비교연구가 완전히 상이한 두 집단 간에도 이루어질 수 없지만 비교 대상의 집단들이 모든 측면에서 동일할 경우에도 성립될 수 없다는 것도 마찬가지로의 논리이다. 즉 비교연구는 일부 측면에서는 동일하지만 일부 측면에서는 차이가 존재할 경우에만 의미를 가진다.

의 과정으로 파악될 수 있다. 반면 최근 들어 부각되고 있는 과학의 국제화에 관한 다양한 논의들은 그간 국가 차원의 제도화를 통해 진행되어 온 과학연구의 발전을 통해 국가 경계를 넘어서 연구자들 간의 상호연계가 강화되어 가는 과정을 포착하고 있다. 단일국가 차원에서 형성된 시장경제가 유럽연합이나 북미자유무역지역(NAFTA)과 같은 경제블럭 또는 다국적기업이나 해지펀드의 예에서 보이는 것처럼 전지구적으로 연계되어 가고 있는 것과 마찬가지로, 과학연구 역시 최근 들어 개별국가가 가지고 있는 자원과 지식의 한계를 극복하기 위해 연구자 집단 간의 네트워크가 강화되어 가고 있다. 이러한 점에서 볼 때 과학의 국제화에 대한 최근의 논의들은 전지구적 확산 보다는 전지구적 상호연계의 강화에 보다 초점을 맞추고 있다고 할 수 있다.

앞서 제기한 두 번째 질문과 관련해서는 우선 과학지식의 산출 과정에는 각기 다른 원칙에 의해 작동하고 있는 다양한 체계들이 관여하고 있다는 점에 주목할 필요가 있다(Luhmann, 1990). 한편으로 과학적 연구와 그 결과의 승인은 기존 지식을 기초로 새로이 산출된 지식을 참(과학지식)/거짓(비과학지식)이라는 이분법에 의해 규정하는 과학 내부의 통제 메커니즘을 통해 이루어진다. 학문분야를 중심으로 과학지식을 산출하고 정당화하는 과학체계는 여러 국가에서 연구에 종사하고 있는 이들의 집단적인 노력에 의해 운영되며 국제적인 연구자들의 네트워크에 의해 이루어진다는 점에서 여기서 국가 간의 경계는 큰 의미를 가지지 않는다. 반면 근현대 과학연구의 발전은 학문분야별 분화 과정과 더불어 국가 차원의 연구활동의 제도화—다양한 형태의 연구기관의 설립, 연구비 지원 시스템의 확립 등—를 통해서만 가능해졌다. 이러한 과학연구의 제도화는 정치, 경제 등 여타 사회체계와의 직간접적인 연관 하에 놓여 있으며, 따라서 구체적인 과학연구 활동은 국가 차원의 사회경제적 제도에 의해 상이하게 조직되고 있으며 그 결과 동일한 연구 주제에 대해서도 연구 주제의 우선순위나 구체적인 활동도 면에서 국가 간에 차이를 가져오게 된다. 하지만 이러한 과학연구의 국가 차원의 제도화에 따른 국



지적인 특성의 강화가 과학연구의 분절화(segmentation)를 의미하지는 않는다. 새로이 생산된 과학지식이 기존의 과학체계 내에서 인정받고 과학지식으로 받아들여지기 위해서는 국가간의 경계를 넘어 긴밀한 네트워크를 형성하고 있는 과학자공동체의 통제과정을 거쳐야 한다. 또한 국가별로 형성된 연구 특성이나 강약점, 한정된 인적, 경제적 자원 등은 점차 복잡화되어 가는 연구주체에 대한 공동의 대응을 요구하고 있다. 이러한 점에서 국가 차원의 과학연구의 제도화는 국경을 넘어선 과학연구협력의 확대와 이를 통한 상호연계의 강화를 위한 발판을 마련해 준다고 할 수 있다.

지금까지의 논의는 과학의 국제화와 국지적인—주로 국가 차원의—연구활동이 서로 배타적인 과정이 아니라 상호 연계되어 있는 과정으로 파악하게끔 해 준다. 과학이 본격적으로 세계 각국에서 보편적으로 연구되기 위해서는 국가 차원에서의 제도화 과정을 거칠 수밖에 없다. 그 이유는 근대국가가 영토의 배타성이나 통치기구 및 행정수단의 정비, 재정적 독립성 확보 등을 통해 사회 내의 다양한 활동들의 제도화를 위한 가장 효과적인 수단을 제공해 왔기 때문이다. 이 과정에서 형성된 과학연구의 국가별 특성은 연구활동 및 성과에서의 차이를 가져오게 되고, 각국의 과학자들이 하나의 연구주체를 효율적으로 공략하기 위해서는 서로 협력할 수밖에 없게끔 한다. 따라서 과학의 세계 각국에서의 제도화는 과학연구의 국지적인 특성을 가져오게 되며, 이를 통해 강화된 각국의 과학연구 역량이 다시금 과학연구의 전지구적 상호연계 강화를 위한 토대를 형성한다고 할 수 있다.

다분히 추상적인 수준에서 이루어진 지금까지의 논의를 종합해 보면, 과학의 세계화는 국지적인 과학연구활동의 전개와 분리될 수 없는 특징을 지닌다. 이러한 상호연관은 특히 이미 형성되어 있는 기존의 과학지식을 도입하여 발전시키고 있는 한국과 같은 비서구국가의 경우 더욱 뚜렷하게 나타날 것으로 예상된다.

본 절에서의 논의를 바탕으로 아래에서는 한국의 물리학 연구가 어떻게 발전되어 왔는지를 연구활동의 국지적인 특징의 형성과 국제 연구공동체와

의 통합이라는 두 측면으로 나누어 살펴볼 것이다. 지금까지의 이론적 논의를 바탕으로 경험연구를 통해 살펴보려 하는 가설은 다음의 두 가지이다.

(1) 한국 물리학의 발전의 경우에도, 역사적인 과정을 통해 연구활동의 국지적 특성이 형성되어 왔을 것이다 (연구활동의 국지적 특성의 강화).

(2) 이러한 국지적인 특성의 형성은 국제 과학공동체와의 협력을 저해하는 것이 아니라 오히려 증가시키는 역할을 해 왔을 것이다 (국제적인 과학공동체로의 통합 강화).

다음 절은 주로 문헌지표분석 방법에 의존하면서 필요한 경우 정성적인 자료를 활용하여 한국 물리학의 발전 과정을 분석할 것이다.

### 3. 한국 물리학의 발전 과정에 대한 경험 연구

#### 1) 연구 방법론 및 데이터

문헌지표분석은 주로 출판된 문헌 형태로 존재하는 과학연구의 주요 성과물을 데이터로 활용하여 과학연구의 다양한 측면들을 분석하는 방법이다. 과학연구 성과의 공표와 확산은 동료평가를 거쳐 저널에 발표되는 방식으로 이루어진다는 점에서 문헌지표분석은 이러한 과학의 내부통제기제를 정량적인 방법으로 분석하는 것을 목표로 한다. 문헌지표분석에서 주로 다루어지는 지표들은 논문 수와 피인용횟수로서 이들은 각각 연구활동도와 연구의 영향력(impact)에 대한 ‘근사지표’(proxy indicator)로 간주된다. 여기서 근사지표라 함은 논문 수와 피인용횟수에 기초한 여러 지표들이 과학연구활동의 양적 또는 질적인 측면들을 일부 반영하는 것은 사실이지만 현실의 연구활동에 대한 절대적인 등가물로 간주될 수는 없다는 것을 뜻한다.<sup>3)</sup> 또한 논문 수 및 피인용횟수는 학문분야에 따라 상이하게 나타날 수 있다. 예를 들어

3) 이러한 점에서 일부 문헌지표분석 연구자들은 과학기술논문에 기초한 지표들을 ‘부분 지표’(partial indicators)라고 표현하기도 한다(Martin & Irvine 1983).

새로이 등장하고 있는 신흥 연구분야는 활발한 연구활동도와 피인용도를 보여주는 반면, 수학이나 천문학 등의 전통적인 분야는 대부분 낮은 피인용도로 특징지어진다. 이러한 이유로 인해 절대적인 논문 수와 피인용횟수를 학문분야별로 비교하는 것은 큰 의미를 가지지 않으며, 비교를 위해서는 상대지표(relative indicators)를 구성하는 것이 필요하다는 점이 지적되고 있다 (Schubert et al., 1988).

본 절의 경험연구는 크게 두 부분으로 나누어 진행된다. 우선 한국 물리학의 국지적 특성의 형성 과정에 대한 분석은 INSPEC<sup>4)</sup>을 사용하여 물리학 내 하위분야의 연구활동도를 전체 평균 대비 상대적인 논문 수로서 파악한다. INSPEC은 상대적으로 긴 기간(1969년부터)에 걸친 물리학 논문을 수록하고 있으며, 물리학 분야 논문을 미국의 저명저널에서 적용하고 있는 '물리학 및 천문학 분류체계'(Physics and Astronomy Classification Scheme: PACS)<sup>5)</sup>에 따라 분류한 정보를 포함하고 있다는 점에서 본 분석에 적합하다. 본 분석에서는 1970년부터 2000년까지 INSPEC 수록 논문 중에서 제1저자의 연구기관이 한국에 소재한 경우를 대상으로 하였다.

경험연구의 두 번째 부분은 한국 물리학자의 국제연구협력을 분석하기 위해 SCI(Science Citation Index)의 데이터를 활용하였다. 국제연구협력을 분석하기 위해서는 SCI 수록 데이터의 여러 항목 중 '연구기관 주소'(institutional address)를 이용한 공동저자분석(co-authorship analysis) 방법을 이용하였다. SCI는 연구공동체에서 높은 영향력을 가지고 있는 저널을 중심으로 논문에 관한 서지사항과 피인용정보를 포함하고 있는 데이터베이스이다. 분석에 사

4) 1898년 설립된 영국의 IEE(Institution of Electrical Engineering)가 제작하는 데이터베이스로 물리학, 전기·전자공학, 통신, 제어공학, 컴퓨터 및 정보기술 분야의 전 세계적으로 유명한 4,000여종의 저널(IEE,IEEE 수록), 2,000여 개의 학술회의에서 발췌한 문헌의 초록을 수록하고 있다.

5) PACS는 물리학을 다음과 같은 10개 분야로 구분하고 있다: 물리학 일반(00), 입자물리(10), 핵물리(20), 원자 및 분자물리(30), 고전적 현상(40), 유체 및 플라즈마(50), 응집물리 I-기계적 성질(60), 응집물리 II-전자기적 성질(70), 응용물리(80), 천체물리 및 기타 물리학 연구(90).

용된 국내 물리학자의 논문은 SCI의 “Web of Science” 버전에서 국가 검색을 통해 추출된 데이터를 기초로 구성되었다. 여기서는 최소 1명 이상의 한국 소재 연구기관의 연구자가 참여한 논문을 단일저자 논문, 연구기관 내부협력, 연구기관 외부협력, 국제협력의 네 가지 유형으로 분류하고 이를 통해 시간적인 연구협력의 증가 여부를 살펴보았다.<sup>6)</sup> 본 분석에서는 SCI 상에서 한국 소재 연구기관이 최초로 등장하는 1977년부터 2000년까지의 논문을 대상으로 하였다.

## 2) 한국 물리학의 발전 (1) : 연구활동도를 통해 본 국지적인 특성의 형성

본 절에서는 우리나라 물리학 논문이 출판된 수를 하위분야별로 분석해 봄으로써, 한국 물리학 발전과정에서 하위분야별로 활동도에서의 차이가 존재하는지를 분석한다. 하위분야별로 활동도의 차이가 존재한다면, 이는 한국 물리학의 발전 과정에서 특정한 분야에 상대적으로 집중된 연구활동이 이루어져 왔음을 의미하며, 따라서 물리학 발전에 있어서 한국에 특징적인 국지적 특성이 형성되어 왔음을 가리키는 것으로 해석될 수 있다.

연구 활동도에 대한 분석은 세계 평균에 대비한 각 분야의 상대적인 논문 수의 비중을 분석함으로써 이루어질 수 있다. 구체적인 분석 방법은 한 국가의 특정 분야에서 출판된 논문 수의 해당 국가의 모든 분야에 대한 논문 수에 대비한 상대적인 비중을 특정 분야의 전세계 논문 수가 전세계 모든 분야에 대한 논문 수에 비해 가지는 비중과 비교하는 것이다. 이 방법에 따른 분석은 국제평균과 비교했을 때 한 국가 내 특정 분야 연구활동도의 상대적인 강약과 나아가 한 국가 내 과학연구의 우선순위를 판단할 수 있는 정보를 제공한다(Winterhager & Weingart, 1997; Bhattacharya, 1997).

---

6) 본 논문에서는 동일한 연구기관(예를 들어 대학) 내의 상이한 하부단위(예를 들어 학과)의 과학자들 간의 공동저술의 경우에는 연구기관 내부협력으로 정의하였다. 따라서 본 분석은 연구기관의 범위 설정에 있어 매크로적인 접근을 취하고 있다.

아래에서 각 분야 연구활동도의 분석을 위한 지표로 사용되는 '상대 활동도 지수'(relative activity index: RAI)는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$RAI = \frac{(\text{한 국가, 한 분야의 논문 수}) / (\text{한 국가의 모든 분야 논문 수})}{(\text{전 세계, 한 분야의 논문 수}) / (\text{전 세계, 모든 분야 논문 수})}$$

위 식을 통해 얻어진 RAI는 한 국가 내에서 특정 분야의 연구가 세계 평균과 비교했을 때 얼마나 활발하게 이루어지고 있는지에 대한 정보를 제공한다. 여기서 1은 세계 평균과 동일한 활동도를, 1 미만과 1보다 큰 값은 각각 세계 평균보다 작거나 큰 활동도를 의미한다. <표 1>은 기간별로 물리학 내 하위분야들의 상대 활동도를 분석한 결과를 보여주고 있다.

<표 1> 한국에서의 물리학 하위분야별 상대 활동도 지수의 변화

년도	논문수	PACS 분류									
		00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
70-75	216	0.72	1.49	1.53	0.27	0.98	0.40	1.98	2.11	2.48	0.21
76-80	481	0.62	2.28	2.32	0.61	0.98	1.94	2.10	1.38	2.32	0.24
81-85	1,257	0.97	2.17	2.27	0.36	1.32	1.29	2.18	1.64	2.26	0.17
86-90	3,155	1.08	1.42	1.96	0.43	1.34	0.98	2.40	2.13	2.33	0.25
91-95	6,020	1.18	1.40	1.90	0.52	1.24	0.89	2.37	1.87	2.34	0.38
96-00	13,141	1.10	1.12	1.75	0.69	1.47	1.53	2.24	1.99	2.02	0.44

출처: INSPEC(1970~2000)을 기초로 자체계산

먼저 한국의 물리학 논문의 전반적인 추이를 살펴보면, 시간이 지남에 따라 논문 수가 기하급수적으로 증가함을 알 수 있다. 1970~75년 동안 216편에 머물렀던 INSPEC의 한국 논문은 1996~2000년에 이르러 13,141편으로 무려 60배 이상 증가하였다. 특히 논문 편수의 증가 추세는 1990년대 들어 두드러지고 있다.

<표 1>은 시간이 지남에 따라 일부 부침은 존재하지만, 특정 연구분야의 연구활동도가 타 분야에 비해 뚜렷이 크다는 점을 보여주고 있다. 특히 주목할 점은 응집물질의 기계적 및 전자기적 속성에 대한 연구를 위주로 하는 응집물리 분야(PACS 60 및 70)와 물리적 이론에 대한 응용연구(PACS 80) 분야가 모두 세계 평균에 비해 2배 이상의 높은 활동도를 보여주고 있다는 점이다. 반면, 입자물리(PACS 10)와 핵물리(PACS 20)의 연구활동도는 1970년대 후반 정점에 이른 후 점차 하락하는 추세를 보여주고 있다 (특히 입자물리의 경우 활동도의 하락세가 두드러지고 있다).

이러한 일부 분야에 대한 연구 활동도의 집중은 실제로 한국 물리학의 제도화 과정에서도 엿볼 수 있다. 1952년 창립된 한국물리학회는 많은 국내 과학자들의 해외유학 등으로 인해 제대로 활동을 할 수 없었으며 1961년에 이르러서야 공식학회지인 「새물리」를 창간할 수 있었다. 그 가운데에서도 가장 활발한 활동을 보인 분야는 입자물리(이론물리 포함)와 응집물리 분야였는데, 이 점은 1960년대 후반 입자물리분과(1967년)와 응집물리분과(1968년: 이후 응집물리와 반도체물리로 구분)가 물리학회의 하위 분과로는 최초로 설립되었다는 점에서도 잘 엿볼 수 있다(윤세원 외, 1996: 23 이하). 또 다른 예는 한국 물리학의 발전에 크게 기여한 서울대 물리학과와 발전과정에서 엿볼 수 있다. 1972년 당시 동승동 캠퍼스에서 현재의 관악캠퍼스로 이전을 하면서 서울대 물리학과는 큰 전환점을 맞이하게 되었다. 이에 따라 향후 물리학과와 주요 연구분야를 어떻게 설정할 것인가에 대해 당시 물리학과 교수진은 해외석학을 비롯한 다양한 이들로부터 자문을 받게 되는데, 이 때 최종적으로 우선순위가 놓여진 분야는 응집물리 분야였다. 그 이유는 당시의 최선연구동향과 더불어 당시 서울대 물리학과 교수진의 주된 전공분야 때문이었다고 서술되고 있다(서울대학교 자연과학대학, 1995).

초기 한국 물리학 발전에서는 이론물리 및 입자물리 분야가 상당한 비중을 차지하고 있었으나, 입자물리의 발전이 대규모 실험장비를 필요로 하게 됨에 따라 국내 연구에서 차지하는 상대적인 비중은 약화되는 추세를 보이

고 있는 것으로 보인다. 반면 응집물리와 응용물리의 경우에는 상업화와 직결되는 응용 및 개발연구에 초점이 맞추어져 있는 우리나라 과학연구의 전반적인 성향과 연관하여 꾸준히 활동도가 증가하는 추세를 보여준다. 특히 응집물리와 응용물리 분야의 연구가 활발한 것은 반도체, 전자부품 등의 산업발전에 의한 사회경제적 수요 증대와 이에 대한 연구자들의 적극적인 대응이 주요한 요인의 하나였다고 판단된다.

<표 2> 연구부문에 따른 물리학 하위분야의 상대 활동도 지수 (전체기간)

연구부문	논문수	PACS 분류									
		00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
대학	14,980	1.36	1.73	0.98	0.66	1.23	1.24	2.59	2.31	2.32	0.42
공공 연구소	7,892	1.25	0.76	2.69	0.44	1.92	1.17	2.45	1.68	2.57	0.35
산업체	1,163	1.00	0.07	1.35	0.07	1.69	0.99	3.41	1.83	3.74	0.07

출처: INSPEC(1970-2000)을 기초로 자체계산

<표 2>는 전체 분석기간 중의 물리학 논문을 연구부문별로 구분하여 분석한 결과이다.7) 예상할 수 있는 바와 같이, 연구부문에 따른 물리학 하위분야의 활동도의 차이는 두드러진다. 대학의 경우에는 전체 물리학 분야의 활동도 분포와 유사한 결과를 보여주고 있으나, 공공연구소와 기업체 연구소는 특정 분야—응집물리, 응용물리 및 핵물리(특히 공공연구소의 경우)—의 활동도가 월등히 높게 나타난다. 이는 특히 반도체 개발과 직간접적인 연관 하에 있는 응집물리 및 응용물리 분야가 주로 응용·개발연구를 위주로 하는 공공연구소와 기업체 연구소에서 활발히 수행되고 있음을 의미한다고 볼 수 있다. 공공연구소의 핵물리 분야의 높은 활동도는 원자력 연구에서 독보적인 위치를 차지하고 있는 '원자력연구소'(KAERI)에 기인한 것으로 보인다.

7) 여기서는 크게 대학, 공공연구소(국공립 및 정부출연연구소)와 기업체 연구소의 세 부문으로 구별하였다.

이와 같은 한국 물리학의 일부 하위분야에서의 높은 활동도는 한국에 특  
 징적인 국지적인 연구활동 패턴을 반영한다고 볼 수 있는가? 위의 상대 활  
 동도 분석은 세계 평균과의 비교를 포함한다는 점에서 이미 국제비교를 일  
 부 내포하고 있지만, 본 분석결과를 과학연구 활동의 국지적 특성에 대한 증  
 거로 보기 위해서는 여타 국가와의 본격적인 비교가 이루어질 필요가 있다.  
 <표 3>은 일부 국가를 대상으로 물리학 내 하위분야의 상대 활동도(1995년  
 기준)를 보여주고 있다. 분석의 편의상 <표 3>에서는 상대 활동도 지수를  
 --에서 ++까지 5단계로 구분하여 표시하였다.

<표 3> 물리학 하위분야 상대 활동도 지수의 국제비교(1995년)

	PACS 분류									
	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
한국	--	-	--	--	-	--	++	++	+	--
미국	○	○	+	○	○	+	-	-	○	++
독일	○	++	○	+	-	-	+	+	-	-
일본	--	--	○	--	-	+	+	+	+	--
인도	-	○	--	+	-	-	+	+	○	-
중국	○	-	-	-	+	--	+	+	○	--
브라질	++	++	○	+	--	○	-	++	--	+

출처: INSPEC(1995)에 따라 자체계산

주: -- 는  $RAI \leq 0.70$ , - 는  $0.70 < RAI \leq 0.90$ , ○는  $0.90 < RAI \leq 1.10$

+ 는  $1.10 < RAI \leq 1.30$ , ++ 는  $RAI > 1.30$ 을 의미함.

분석결과는 한국에서의 응집물리 및 응용물리 분야에서의 높은 활동도가  
 여타 국가와 뚜렷이 구별된다는 것을 보여주고 있다. 미국의 경우 예상할 수  
 있는 것처럼 가장 세계 평균과 유사한 하위분야별 활동도의 분포를 보여주  
 고 있으며, 한국의 경우 하위분야별 활동도의 분포는 일본과 매우 유사하게  
 나타나고 있다. 일부 국가에서 나타나고 있는 강한 분야별 활동도는 각국의  
 물리학 발전 과정에서 나타난 특수성을 반영하고 있는 것으로 보인다.



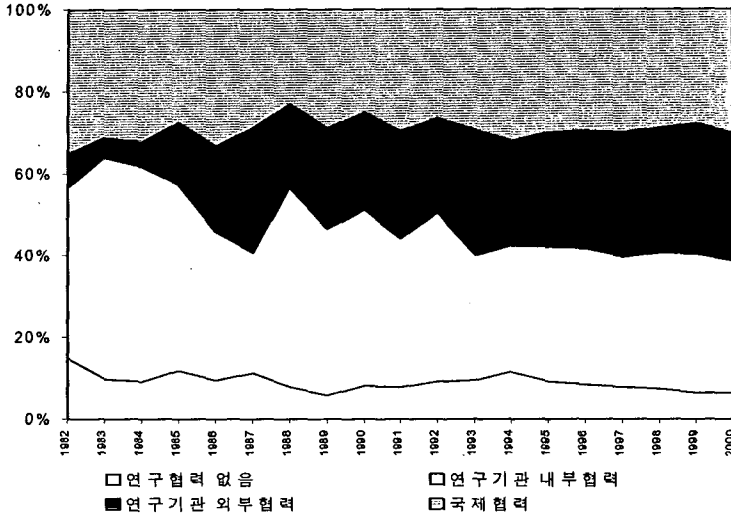
지금까지의 분석은 전반적인 한국 물리학 논문의 양적인 증가와 더불어 물리학 하위분야별로 연구활동도에서 차이가 존재함을 보여준다. 이는 우리나라에서의 물리학 연구의 제도화 과정이 고유한 사회제도적 배경에 의해 영향을 받았으며, 따라서 연구활동도 면에서 국지적인 특성을 지니는 방향으로 발전되어 왔음을 보여주고 있다. 이러한 국지적 특성의 형성에는 초기 물리학의 한국 내 제도화 과정에서의 특정분야에 대한 높은 관심과 이후 지속적인 연구활동을 위한 제도적 기반과 연구비의 획득 가능성, 그리고 1980년대 이후 급속히 발전하기 시작한 반도체 등을 포함한 산업체 R&D와의 연계가 주요한 역할을 한 것으로 보인다.

## 2) 한국 물리학의 발전 (2) : 국제연구협력의 발전

앞에서 분석한 연구활동의 국지적 특성의 발전과 더불어, 본 절에서는 한국 물리학 연구의 국제협력이 어떻게 진전되어 왔는지를 분석하고자 한다. <그림 1>은 연구협력의 유형에 따라 구분한 네 가지 유형의 비중이 분석대상 기간 중에 어떻게 변화해 왔는지의 추이를 보여주고 있다. 참고로 논문수가 지나치게 작음으로 인해 나타날 수 있는 통계적 편이를 제거하기 위해 <그림 1>에서는 1982년 이후의 국내 SCI 물리학 논문만을 대상으로 하였다.

<그림 1>은 시간이 흐름에 따라 단일저자 논문과 연구기관 내부협력을 통한 논문이 차지하는 비중이 점차 감소하는 반면, 연구기관 외부협력을 통한 논문의 비중이 뚜렷이 증가하고 있음을 보여준다. 한 가지 주목할 점은 적어도 물리학 분야에 있어서는 국제연구협력을 통한 논문 비중이 뚜렷이 증가하고 있지 않다는 점이다. 이 결과는 여타 문헌지표 연구에서 흔히 지적되어 온 국제연구협력의 증가 추세와는 상반되는 결과이다(Leclerc & Gagne, 1994; Zitt et al., 2000 참조). 전체 논문 중에서 국제연구협력을 통해 생산된 논문이 차지하는 비중은 대략 30% 선에서 안정적으로 유지되고 있다.

<그림 1> 연구협력 유형별 국내 SCI 물리학 논문의 비중 변화



출처: SCI(1982-2000)을 기초로 자체계산

국제연구협력에 대한 이 결과의 해석은 두 가지 방식으로 이루어질 수 있다. 우선 첫 번째로는 국제연구협력이 국내 물리학의 발전과정에서 초기부터 중요한 역할을 차지했다는 해석이 가능하다. 이 경우 국제연구협력을 통한 논문의 비중은 시간이 지남에 따라 크게 증가하지 않을 것으로 예측할 수 있다. 두 번째 해석방법은 비록 양적으로는 유사한 비중을 나타내지만, 실제 국제연구협력이 이루어지는 방식이 변화했다는 해석이다. 예를 들어 초기 단계 국제연구협력이 주로 외국에서 활동하고 있는 국내외 과학자와의 공동연구를 통해 최신의 이론과 실험결과를 공유하는 방식으로 이루어졌다면, 국내 물리학 연구가 본 궤도에 오르면서부터는 여러 국가가 참여하는 공동 프로젝트의 형식으로 주로 이루어질 것이라는 가정이 가능하다.

공동저자분석을 통한 문헌지표분석방법으로는 이러한 연구활동의 질적인 측면에 대한 분석이 사실상 어려운 실정이다. 하지만 제한적이거나 국제연구

협력 방식의 변화를 테스트하기 위해 본 논문에서는 논문 작성에 3개국 이상의 과학자들이 참여한 비율을 분석해 보았다. 두 국가 연구자 간의 국제협력력이 과학적으로 뒤늦게 발전한 국가의 경우 주로 앞선 지식과 기술의 전달 내지 습득 창구로 기능하는 반면, 3개국 이상의 과학자들이 공동으로 한 논문의 출판에 참여하는 경우에는 다분히 '대칭적인' 연구과정에서의 참여를 예상할 수 있기 때문이다. 분석 결과에 따르면 한국을 포함한 3개국 이상의 연구자들이 참여한 논문이 전체 국제연구협력 논문에서 차지하는 비중은 1980년대 말 10% 가량에서 1990년대 말 30% 가까이로 증가하고 있다. 이 결과는 한국 물리학자들이 다국적 프로젝트에 참여하는 비중이 꾸준히 증가하고 있으며, 그 결과 보다 '대칭적인' 방식으로 이루어지는 국제연구협력이 증가하고 있음을 보여준다. 하지만 이 결과는 매우 제한적이기 때문에 본 분석 결과에 대한 검증은 보다 충분한 데이터에 기초한 정교한 분석에 의해 보완되어야 할 것이다.

#### 4. 결론

지금까지 본 논문은 과학의 국제화와 연구활동의 국지성 간의 관계에 대한 이론적 논의들을 검토하고, 이를 바탕으로 우리나라 물리학의 발전 과정에 대한 경험 분석을 시도하였다. 이론적 논의를 통해 제시된 첫 번째 가설—연구활동의 제도화를 통한 국지적인 특성의 형성—은 물리학 하위분야의 연구활동도에 대한 분석을 통해 부분적이거나 검증되었다고 판단된다. 특히 응집물리 및 응용물리 분야에 대한 강조는 한국 물리학 연구에서 두드러지게 나타나고 있는 특성이며, 이는 한국 물리학이 발전해 온 지난 50여년 간 초창기 물리학자의 전공분야나 분야별 연구비 지원, 그리고 특정 산업분야와의 관계 등의 여러 요인에 의해 결정되어온 것으로 보인다. 이러한 국지적 특성의 형성은 국가 차원에서 물리학 연구가 성공적으로 정착·발전하는 과

정의 또다른 면이라고 볼 수 있을 것이다.

두 번째 가설—연구활동의 국지적 특성 형성과 동반되는 국제연구협력의 증가—에 대해서는 명백한 결과를 도출할 수 없었다. 양적인 수치로 볼 때는 국내 물리학 분야의 SCI 논문 중 국제연구협력을 통해 생산된 논문의 비중의 뚜렷한 증가를 관찰할 수는 없었다. 하지만 국제연구협력의 방식을 고려한다면 물리학 분야 국제연구협력이 보다 ‘대칭적인’ 방식으로 발전되고 있다는 결론을 도출해 낼 수 있었다. 이 결과에 따르면, 그간 진행되어 온 국가 차원의 과학연구의 성공적인 제도화와 발전을 바탕으로 국제적인 차원에서 보다 동등한 수준의 공동연구 참여가 확대되는 추세를 보여주고 있다는 해석이 가능하다. 하지만 이 결과는 매우 제한적인 것으로 향후 국내 연구활동에 대한 심도깊은 정량적, 정성적 분석에 의해 보완되어야 할 것이다. 여기서는 다만 차후의 연구를 위해 그 시사점만을 언급하는 것으로 그치고자 한다.

본 논문의 경험연구는 비록 물리학이라는 단일 학문분야에 대해서만 이루어졌지만, 비서구국가에서의 과학발전 과정에 대한 중요한 시사점을 던져주고 있다고 판단된다. 우선 지적되어야 할 점은 최근 논의되고 있는 과학의 국제화에 대한 논의는 국가 차원에서 이루어지는 과학연구의 제도화와 분리되어 생각될 수 없다는 점이다. 오히려 한 국가 내의 과학연구활동이 국제연구공동체로 원활히 통합되는 것은 국지적인 연구활동 특성의 강화를 동반한 자체 연구역량의 강화를 통해서만 가능해질 수 있다. 이는 경제적 세계화가 끊임없이 진전되고 있는 작금의 상황에서도 여전히 국가가 가장 효과적인 과학연구의 제도화 수단으로 기능하고 있기 때문이다. 따라서 향후 과학의 국제화에 대한 연구는 국가의 경계를 뛰어넘는 연구협력의 확대라는 수량적인 측면에만 주목할 것이 아니라, 학문분야별, 지역별, 국가별로 분화 및 분절화 되어가고 있는 속에서도 상호간의 네트워크의 밀도가 높아져 가는 이 중적인 과정을 포착하기 위해 노력해야 할 것이다.

□ 참고문헌 □

- 김정흠 (1962), '한국물리학회 10년사', 「새물리」, Vol. 2, pp. 90-93.
- 윤재원 외 (1996), '한국물리학회사', 「대한민국학술원 논문집 (자연과학 편)」, Vol. 35(별책), pp. 3-23.
- Ben-David, Joseph (1972), *The Scientist's Role in Society: A Comparative Study*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Bhattacharya, S. (1997), "Cross-national comparison of frontier areas of research in physics using bibliometric indicators", *Scientometrics*, Vol. 40, pp. 385-405.
- Jang, Y. S. (2000), "The worldwide founding of Ministries of Science and Technology, 1950-1990", *Sociological Perspective*, Vol. 43 ,pp. 247-70.
- Crawford, E., Shinn, T. and Sorlin, S. (1993), "The nationalization and denationalization of the sciences: an introductory essay", in: Crawford, E. Shinn, T. and Srlin, S. (eds.), *Denationalizing Science: The Contexts of International Scientific Practice (Sociology of Science Yearbook 1992)*, pp. 1-42, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gibbons, M. et al. (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London: Sage.
- Leclerc, M. and Gagn, J. (1994), "International scientific cooperation: the continentalization of science", Vol. *Scientometrics* 31 ,pp. 261-92.
- Luhmann, N. (1990), *Die Wissenschaft der Gesellschaft*, Frankfurt/M: Suhrkamp.
- Martin, B. R. and Irvine, J. (1983), "Assessing basic research: some partial

- indicators of scientific progress in radio astronomy", *Research Policy*, Vol. 12 ,pp. 61-90.
- Meyer, J. W. (1987), "The world polity and the authority of the nation state", in: Thomas, G. M. et. al. (eds.), *Institutional Structure: Constituting State, Society, and the Individual*, pp. 41-70, Newbury Park: Sage.
- Meyer, J. W. (1992), *School Knowledge for the Masses: World Models and National Primary Curricular Categories in the Twentieth Century*, Washington, D.C./London: Falmer.
- Polany, Michael (1962), *The Republic of Science: Its Political and Economic Theory*, Chicago: Roosevelt University.
- Schott, T. (1991), "The world scientific community: globalization and globalization", *Minerva* 29 ,pp. 440-62.
- Schott, T. (1993), "World science: globalization of institutions and participation", *Science, Technology, and Human Values*, Vol. 18 ,pp. 196-208.
- Schott, T. (1994), "Collaboration in the invention of technology: globalization, regions, and centers", *Social Science Research*, Vol. 23, pp. 23-56.
- Schott, T. (2001), "Global webs of knowledge: education, science, and technology", *American Behavioral Scientist*, Vol. 44, pp. 1740-51.
- Schubert, A, Glänzel, W. and Braun, T. (1988), "Against absolute methods: relative scientometric indicators and relational charts as evaluation tools", in: van Raan, A.F.J. (ed.), *Handbook of Quantitative Studies of*

*Science and Technology* (Amsterdam: North-Holland), pp. 137-76.

Stichweh, R. (1984), *Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen: Physik in Deutschland 1740-1890*, Frankfurt/M: Suhrkamp.

Stichweh, R. (1991), *Der fruehmoderne Staat und die europische Universitaet. Zur Interaktion von Politik und Erziehungssystem im Prozess ihrer Ausdifferenzierung*, Frankfurt/M: Suhrkamp.

Stichweh, R. (1996), "Science in the system of world society", *Social Science Information*, Vol. 35 ,pp. 327-40.

UNESCO (1998), *World Science Report 1998*, Paris: UNESCO.

Winterhager, M. and Weingart, P. (1997), *Forschungsstatus Schweiz 1995. Publikationsaktivitt und Rezeptionserfolg der schweizerischen Grundlagenforschung im internationalen Vergleich 1981-1995*, Bern: Schweizerischer Wissenschaftsrat.

Zitt, Michel et al. (2000), "Shadows of the past in international cooperation: collaboration profiles of the top five producers of science" *Scientometrics*, Vol. 47, pp. 627-57.

## **Global Science and Local Research :**

An Empirical Analysis of the Development of Physical Science in Korea

Kim, Ki-Wan

### **ABSTRACT**

This paper argues that globalization of science can be put forward only through successful institutionalization of science at the national level and that the strengthened local research activities will contribute to a better integration into the global research community. In order to examine hypotheses derived from the theoretical arguments, this paper analyzes the development of physical science in Korea using mainly bibliometric method. The results show that the physical science in Korea has developed local characteristics represented by different research activities across sub-fields of physics. International research collaboration of the Korean physicists has not increased substantially during the time period studied, but an additional analysis indicates that the mode of international research collaboration may have been changed towards rather 'symmetric' way, resulting in the strengthened networks of the Korean physicists with international research community.

### **Key Terms**

globalization of science, local research, bibliometrics, physics, case study