

까?

역사의 진정한 위기는 바로 여기에 있다. 우리는 과학기술의 놀라운 발달이 던져 준 위대한 꿈 — 과학주의 — 을 잃었다. 인간의 理性을 해방하고, 과학기술을 더욱 발달시켜 가면 이 땅 위에 '신의 낙원'이 아니라 '인간의 낙원'을 만들어 갈 수 있으리라고 믿었던 그 과학주의가 몰락하고 있는 것이다. 과학주의의 가장 큰 산물의 하나였던 사회주의가 사양길로 접어 든 것은 그 증세의 하나일 뿐이다. 60년 전인 1932년에 베커는 그의 책 결론에서 러시아 혁명에 대한 기대를 이렇게 표현했다. "1세기가 지난 2032년에는 우리의 후손들이 '러시아 혁명'을 '프랑스혁명'과 함께 인간 역사의 위대한 승리로 기념하게 되지 않을까?라고." 오늘 아무도 베커의 기대를 함께 할 사람은 없다.

하지만 베커가 보여준 태도, 즉 "후손들에게 비칠 오늘의 우리 모습"은 어느 시대이나 역사가의 가장 큰 관심이 아닐 수 없다. 프랑스의 백과사전 편찬자이며 계몽사상가 디드로의 말마따나 "종교인들에게 來世가 있다면, 지성인들에게는 後孫이 있다."

그러기에 부리는 역사가 진보한다는 생각은 바로 인간이 후손에 대해 지는 책임 의식과 연결된 것임을 지적했던 것이다. 알고 또 모르는 사이에 역사는 후손에게 더 좋은 미래를 약속하게 마련인 것이다. 비록 종이 위의 약속에 불과하다는 것이 드러날 지언정……

그러나 과학이나 그밖의 모든 지식이 자연과 사회의 조작 수단, 즉 技術로 둔갑한 오늘의 세계에서 우리는 더 이상 우리 후손에게 보다는 세계를 약속할 용기를 잃어가고 있다. 아직 과학 발달의 위대한 힘을 예측하지 못했던 옛날부터 기술은 발달하고 있었고, 바로 그 시절에 이미 우리 선조들은 기술 발달의 위력을 인정하는 한편, 그 본질적인 위험성을 직관적으로 간파하고 있었다. 루크레티우스는 "새로운 발명은 언제나 새로운 요구를 만들어 줄

뿐"이라면서 기술의 발달이 무의미한 욕망을 자극하는 위험성을 경고했다.

기원전 1세기의 루크레티우스의 경고는 그보다 조금 전의 莊子에게서도 똑같이 발견된다. 한여름 땀을 뻘뻘 흘리면서 우물 물을 길어가 발에 붓고 있는 노인이 있었다. 그 노인에게 왜 길고(桔槔)를 세워 편하게 물을 끌어 대지 그러느냐고 묻자 그 노인은 이렇게 대답했다. "기계가 있으면 피를 부리게 되고, 피를 부리면 마음은 天性을 잃고 道를 저버린다"는 것이다.

과학기술은 17세기 이후 역사를 발전시켜 왔다. 적어도 많은 역사가들이 그렇게 믿는 동안은 과학기술은 역사 발전의 원동력으로 그 몫을 다 했다고 할 수 있다. 그러나 과학기술의 발달이 그 막강한 힘을 드러낼수록, 인간은 이를 인간이 바라는 역사 발전을 위해 활용할 길을 찾기가 난감해지고 있다 할 것이다. 과학기술은 아직도 발달을 계속하고 있지만, 역사 발전에 그것은 더 이상 힘이 되지 않는 단계로 들어갔다고 할 수 있는 것이다. 그것을 진정한 역사 발전의 힘으로 활용할 수 있는 길이 있다면 그것은 오늘의 인류가 장자가 말하는 道를 되찾는 일에서 시작할 수밖에 없을 것이다. 그것이 아무리 어려운 일이라 해도 후손을 위해 우리는 그 길을 찾아 나설 수밖에 없다. 그리고 오늘 우리에게 남겨진 進歩史觀은 바로 이 길일 수밖에 없다고 나는 생각한다.

빌헬름시대의 사회와 현대물리학

한국브리태니커 임 경 순

19세기 말에서 20세기 초에 이르는 동안 독일의 과학은 세계에서 주도적인 역할을 하였다. 따라서 이 시기에 독일의 정부·산업체·대학·지식인집단 등이 과학에 대해 보여준 반응

과 과학을 매개로 한 그들 상호간의 관계를 살펴보는 것은 20세기 과학에 미친 독일과학의 영향을 고려해 볼 때 현대과학의 사회적 성격을 규명하는 데 중요한 작업 중 하나가 된다. 또한 물리학에서는 이 시기에 고전물리학의 체계가 무너지고 상대성이론과 양자물리학을 기초로 하는 새로운 물리학 체계가 나타났기 때문에 물리학을 둘러싼 이 시기의 여러 집단들간의 관계를 규명하는 것은 현대물리학 성립의 사회적 배경을 이해하는 데에도 큰 의미를 갖는다.

1870~1914년 사이에 독일은 고도의 산업사회로 탈바꿈하였다. 독일의 경제성장은 이미 1870년 이전에 시작되었지만 독일제국의 성립과 함께 성장이 가속화되면서 1890년에서 1915년에 이르게 되면 철강생산을 비롯한 독일의 산업성장은 최고도에 달하게 된다. 빌헬름시대에는 특히 과학을 기반으로 해서 새롭게 생겨난 산업인 화학공업과 전기공업이 크게 발전하였다.

1850~60년대에는 영국과 프랑스가 독일에 비해 화학염료공업이 앞서 있었다. 그러나 1890년 경에 이르게 되면 Bayer, Höchst, BASF(Badische Anilin Soda-Fabrik), Agfa(A. G. für Anilin-Fabrikation) 등을 위시한 독일의 화학염료회사들이 세계의 염료산업을 지배하게 된다. 이렇게 된 데에는 여러 요인이 있을 수 있겠지만 우선 독일염료회사 내의 산업적 연구의 제도적 정착을 들 수 있다. 즉 1870년대 이후 독일의 화학염료회사들에서는 서로 경쟁적으로 대학(Universität)이나 고등기술학교(Technische Hochschule)와 연결을 맺기 시작했는데 1880년 중반 이후에는 산업체 내에 연구소가 제도적으로 정착되기 시작하면서 발명의 제도화가 진행되어 독일 화학공업의 성장에 커다란 영향을 미치게 된다.

화학공업과 더불어 빌헬름시대에 급성장한 전기공업은 새로운 전력공급체계를 바탕으로 독일사회의 모습을 크게 바꾸어 놓았다. 1887

년 독일에디슨전기회사(Deutsche Edison Gesellschaft für angewandte Elektrizität)가 모체가 된 AEG(Allgemeine Elektrizität-Gesellschaft)가 설립되면서 독일 전역에 전기가 본격적으로 공급되기 시작하였다. 당시 독일의 대도시를 환하게 밝힌 전기는 과학기술 진보와 새롭게 통일된 독일제국의 활기찬 성장의 상징이었다. 빌헬름시대에 나타난 이런 급격한 변화는 산업구조의 변화 뿐만 아니라 당시 독일인의 생활과 의식구조에도 커다란 영향을 미쳤다.

빌헬름시대에는 고도의 경제적 물질적 성장과 아울러 대학과 특히 고등기술학교의 성장이 뚜렷하게 나타났다. 독일 대학의 학생수는 1885년 27,000명에서 1911년에는 거의 56,000명으로 증가했다. 고등기술학교의 학생수는 같은 기간 동안 3,000명에서 11,000명으로 증가하여 대학에 비해서 그 증가율이 더욱 높았다. 이러한 학생수의 증가에 따라 전통적인 독일 지식인들은 교육수준의 하락을 우려했으며, 자신들의 가치관과는 다른 새로운 사고방식을 지닌 대중집단의 등장에 따라 자신들의 전통적인 지위에 대한 위협을 느꼈다.

18세기와 19세기를 거치면서 형성되었던 전통적인 독일 지식인 집단은 그들의 사회적 지위가 세습신분이나 부에 의해 형성되었다기보다는 교육과 지식을 바탕으로 형성된 비경제적 지식부르주아(Bildungsbürgertum) 집단이었다. 또한 독일의 전통적인 지식인들은 정치적 경제적 관심이 강했던 영국과 프랑스의 지식인들과는 본질적으로 다른 성격을 지니고 있었는데, 그들은 실용적·물질적인 지식보다는 추상적 형이상학적 미학적 지식에 더 많은 관심을 가지고 있었다. 그들은 학문을 추구함에 있어서 인격도야 및 전인적인 교양형성을 강조하는 신인문주의 전통을 강하게 공유하고 있었으며, 정치적으로는 국가의 문화적 대표자로서 보수적인 경향을 띠고 있었다.

이런 전통 속에서 1870년 이전까지 독일의

모든 대학생들은 교양교육의 일환으로 김나지움에서 그리스어와 라틴어를 비롯한 고전어를 배워야만 했다. 이에 따라서 19세기의 거의 모든 수학자들과 물리학자들도 신인문주의 전통 내에 있었던 김나지움에서 수학과 자연과학보다는 고전어를 위주로 해서 교육을 받았다. 당시 중등학교 내의 수학과 자연과학의 위치는 고전학을 비롯한 인문학에 비해 열악했다. 예를 들어 중등학교 내에서 수학이나 자연과학 교사들은 승진을 비롯한 학교 내의 여러 대우 면에서 고전학 교사들에 비해 심한 차별 대우를 받았다.

19세기 중반 이후부터 독일에서는 그리스어와 라틴어를 가르치던 전통적인 김나지움 이외에, 그리스어는 가르치지 않고 라틴어만 가르치던 Realgymnasium, 고전어를 전혀 가르치지 않던 Oberrealschule 등이 생겨났다. Realgymnasium에서는 그리스어 대신에 현대어와 약간의 수학과 자연과학을 가르쳤고, Oberrealschule에서는 그 대체 정도가 더욱 컸다. 프로이센의 Realgymnasium을 나온 학생들은 현대어와 자연과학을 전공하기 위해 대학에 진학할 권한이 있었고 1882년에는 같은 권한이 Oberrealschule에까지 확대되었지만, 1900년까지 대부분의 대학교육직과 정부요직은 이런 실과학교(Realanstalten) 출신에게는 폐쇄되어 있었다.

19세기 동안 줄곧 고등기술학교도 대학과 동등한 지위를 부여받지 못했다. 입학자격에 있어서도 전통적인 대학보다 수준이 낮았고 교육기간도 대학에 비해 짧았다. 이에 따라 독자적으로 박사학위를 수여할 수도 없었으며 고등기술학교의 교수는 동료급의 대학교수와 동등한 대우를 받지 못했다. 이런 갈등요소가 있었기 때문에 빌헬름시대의 급격한 경제적 사회적 변화 속에서 기존의 신휴머니즘 전통에 대한 강한 저항이 나타나게 되는데, 그 구체적인 형태로 중등교육 및 대학교육 개혁운동이 거세게 일어났다. 교육계에서 이런 개혁운동은 중등학

교 수학 및 자연과학 교사들, 고등기술학교의 기술자들과 교수요원들, 대학의 수학 및 물리학 교수들에 의해서 주도되었다.

대학교수들 중에서 이런 개혁운동을 가장 집요하고 영향력있게 추진한 사람은 유명한 수학자 펠릭스 클라인이었다. 클라인은 1872년 23세의 나이에 에를랑겐 대학의 교수로 임용될 때 그 뒤에 전개될 현대수학의 향방에 커다란 영향을 미치게 되는 소위 '에를랑겐 계획'을 내놓았다. 이 계획에서 그는 프랑스의 가스파르 몽주가 체계화시킨 화법기하학의 기본 개념을 더욱 발전시킴으로써 기하학적인 문제를 불변이론(Invariantentheorie)을 바탕으로 이해하고자 했다. 이 계획을 수행하는 과정에서 그는 비유클리드 기하학을 사영기하학의 관점에서 파악하였으며, 변환군을 바탕으로 하는 '군'(Gruppe)의 개념을 확립했다.

자신의 기하학적 선구자인 몽주의 사회적 활동도 계승한 것처럼 클라인은 빌헬름시대의 대학 및 중등교육 개혁과정에서 프랑스식의 이상형, 즉 파리의 에콜 폴리테크니크를 모범으로 삼고 교육개혁 운동을 진행시켰다. 프랑스혁명 과정에서 생겨난 에콜 폴리테크니크 출신의 우수한 수학자들은 상당수가 유명한 공학자들이기도 했는데 클라인은 이것이 바로 당시 독일의 대학이 본받아야 할 점이라고 생각했다. 그는 수학을 물리학이나 기술에 응용하는 데 지대한 관심이 있었으며 빌헬름시대의 교육개혁 과정에서 수학 자연과학 공학의 통합이라는 자신의 생각을 관철시키려고 노력했다.

20~30대에 이미 수학분야에서 세계적인 탁월한 업적을 낸 그는 40대부터는 학문활동보다는 과학조작가로서 수완있는 역할을 해냈다. 클라인의 과학조작가로서의 활동은 그의 절친한 친구이며 프로이센 정부관리였던 Friedrich Althoff와의 협력을 통해서 이루어졌다. 알트호프는 1882년부터 1907년까지 무려 4반세기 동안 프로이센 교육부(Kultusministerium)의 고등교육 및 대학행정 책임자로 있으면서 빌헬

름시대의 교육정책을 비롯한 과학 문화정책에 막대한 영향력을 행사했다.

알트호프는 수많은 양의 교육행정 업무를 오랫동안 권위주의적이고 관료적이며 심지어는 전체적인 형태로 지속적으로 추진하였다. 그는 또한 카이저를 직접 알현하며 카이저 앞에서 계속 강연을 하였고, 재무부(Finanzministerium)를 비롯한 다른 행정부처 사람들과 개인적인 친분이 있었으며, 심지어는 의회까지도 연결을 가지고 있었다. 후에 그는 “과학의 중재자”(moderator scientiarum)라고 일컬어졌는데, 프로이센의 대학개혁과 고등기술학교의 급성장, 중등교육의 개혁 등은 거의 대부분 그의 재직 중에 이루어졌다.

독일통일 후 교육은 제국의 관할 아래 있던 것이 아니라 개별 독일국가에 맡겨져 있었다. 그러나 프로이센의 교육개혁은 전체 독일어권 교육정책의 변화에 커다란 의미가 있다. 우선 프로이센은 독일의 개별 국가들 중에서 가장 크고 영향력이 강했으며, 당시 21개의 독일대학 중 10개를 포함하고 있었고, 1872년에서 1915년 사이에 세워진 23개의 대학 물리학연구소 중 10개가 프로이센이 세운 것이었다. 또한 프로이센의 교육정책은 다른 개별국가의 모범이 되었기 때문에 프로이센의 교육정책의 향방은 다른 개별국가의 교육정책의 흐름에도 커다란 영향을 미쳤다. 이런 의미에서 클라인과 알트호프의 연결은 그 역사적 의의를 갖는다.

1888년 클라인은 프로이센 교육부에 보낸 진정서에서 대학 내에서 인문교육과 과학기술교육이 괴리되어 있는 당시 독일대학의 문제점을 지적하면서 고등기술학교와 대학을 통합시키고자 하는 대학교육개혁안을 제안했다. 이와 때를 같이해서 그는 괴팅겐의 왕립과학아카데미에 수학 및 자연과학 분과 외에 공학 분과를 만들려고 하였다. 클라인이 이 아카데미 개혁안을 프로이센 교육부에 건의했을 때 정부당국은 아카데미 회원들의 반발을 염려해서 그것을 받아들일기를 주저했다. 그러나 클라인이 1893

년 뮌헨대학에서 자신에게 임용요청이 왔을 때를 이용해 뮌헨으로 떠나지 않는 대가로 프로이센 교육부에 자신의 계획을 강력하게 요청하자, 이 제안은 교육부에서 다시 재고되었고 클라인의 계획에 대해 알트호프가 한 강의를 들은 카이저는 이 제안을 흔쾌히 받아들였다. 그럼에도 불구하고 클라인의 이 계획은 아카데미 회원들의 강한 반발 때문에 실현되지는 못했다.

고등기술학교와 대학의 통합을 추진하던 클라인은 공학자들과의 긴밀한 관계를 유지하기 위해 1895년 대학교수의 신분으로 독일공학자협회(Verein Deutscher Ingenieure)에 회원으로 가입했으며, 공학자들에게도 박사학위를 수여하고 고등기술학교가 박사학위를 줄 수 있는 권한(Promotionsrecht)을 가지게 하기 위해 노력했다. 클라인, 알트호프의 끈질긴 노력과 카이저의 호의 속에서 마침내 고등기술학교는 1899년 박사학위를 수여할 수 있는 권한을 얻어 대학과 '공과대학'(Technische Hochschule)은 법적으로나마 동등한 대우를 받게 된다. 이와 더불어 중등학교 교육개혁도 보다 강력하게 추진되었는데 그동안 차별대우를 받던 Realgymnasium과 Oberrealschule도 이때를 즈음하여 전통적인 김나지움과 동등한 대우를 받게 된다.

이렇게 자연과학과 수학을 강조하는 중등교육의 개혁은 프로이센 이외의 다른 독일어권 국가에도 파급되었으며, 20세기 초에 큰 활약을 하게 되는 물리학자들의 학창시절 교육에 커다란 영향을 미쳤다. 1905년 26세의 젊은 나이에 고전전자기학의 에테르 개념과 고전물리학의 절대시공 개념을 부정하고 광속도불변의 원리와 새로운 동시성 개념을 바탕으로 특수상대성이론을 주창했던 아인슈타인에게 있어서, 프로이센 교육개혁의 영향을 받은 개혁 중등학교인 스위스 아라우 칸톤학교에서의 교육은 자신의 학문적 세계관과 독창적인 사고를 형성하는 데 큰 영향을 미쳤다. 또한 상대성이론의

형성과 수용에 직·간접적인 영향을 미쳤던 Ritz, Debye, Lenard, Wiechert, Bucherer 등도 개혁 중등학교 출신이었다.

한편 클라인은 알트호프의 도움을 받아 괴팅겐 대학을 비롯한 프로이센 교수임용에 막대한 영향을 미쳤다. 우선 수학분야에서 클라인은 다피트 힐베르트와 헤르만 민코브스키를 괴팅겐으로 임용하여 괴팅겐을 세계 수학의 메카로 부상시켰다. 괴팅겐 대학에서는 가우스 이래로 순수수학과 응용수학은 동등한 지위를 갖고 있었는데 이제 클라인의 집요한 임용정책으로 괴팅겐은 수학·자연과학·공학의 통일이념의 중심지로 발전하게 된다. 1908년 민코브스키가 아인슈타인의 상대성이론을 4차원 시공간 개념으로 재해석하고 1915년 힐베르트가 아인슈타인과 거의 동시에 일반상대론의 핵심인 중력장방정식을 얻어내게 되는 등 괴팅겐의 수학자들이 물리학의 영역인 상대성이론 분야에서 큰 공헌을 하게 되는 것도 이런 분위기 속에서 이루어졌다. 이외에도 괴팅겐 대학은 양자물리학, 지구물리학, 유체역학, 결정격자이론 분야 등을 수학화시키는 등 현대 이론물리학의 형성에 큰 역할을 하였다. 또한 클라인의 교수임용에 대한 영향력은 비단 수학에만 국한되지 않았으며, 자연과학과 공학 분야에도 막강한 영향력을 행사했다. 예를 들어 클라인의 지도 아래 Habilitation을 했으며, 후일 뮌헨 대학교수로서 양자론 분야에서 커다란 역할을 하게 되는 Arnold Sommerfeld는 클라인의 영향 아래 1900년 아헨 공대 기술역학(Technische Mechanik) 교수로 임용되었다.

클라인은 1898년 바이어 염료회사의 소유주이며 경영자로 화학분야의 기술연구를 위한 교육개혁을 추진하던 지방의회의원인 Henry Theodor von Böttinger와 함께 알트호프의 도움을 받아 괴팅겐응용물리진흥협회(Göttinger Vereinigung zur Förderung der angewandten Physik)를 결성하였다. 1901년 이 단체의 활동은 수학 분야까지 확대되었는데 이

것이 산업체와 대학을 연결하는 독일 최초의 산학협동협의체였다. 산업체의 도움을 받아 괴팅겐 대학은 다른 대학에는 없던 지구물리학연구소(1902), 응용전기학연구소(1905), 응용수학 및 역학연구소(1905) 등을 새롭게 설립할 수 있었다. 클라인은 이렇게 산업체의 재정적 지원 아래 설립된 대학연구소에 프로이센 교육부의 도움과 허가를 받아 자신이 원하는 연구 방향의 정교수 자리(Lehrstuhl)를 만들어 낼 수 있었다.

클라인은 또한 괴팅겐 대학 내의 유체역학 및 항공역학 분야의 육성에도 큰 역할을 하였다. 일찍부터 독일정부는 항공역학분야의 군사적 산업적 중요성을 인식하고 있었다. 클라인과 독일정부와의 협력으로 괴팅겐 대학은 유체역학 권위자인 L. Prandtl을 임용할 수 있었고 이런 노력의 결과로 1925년 '카이저빌헬름 유체학연구소'가 괴팅겐에 설립되게 되었다.

19세기 후반 독일의 물리학은 이론과 실험 분야에서 모두 높은 제도적 성장을 보였다. 19세기 중반까지 독일대학의 물리연구소는 교수의 개인적인 용돈(Taschengeld)에 의해 유지되던 사적인 물리학연구실(ein physikalisches Kabinett)이 대부분이었다. 그러나 1870년에서 1895년에 이르는 동안 독일의 이러한 사적인 성격의 연구실은 근대적인 물리학연구소(ein physikalisches Institut)로 바뀌게 된다. 국가에 의한 재정지원, 훌륭한 실험시설, 강의실, 학생들의 실험실습실, 한 명의 정교수(Ordinarius)와 한두 명의 부교수(Außerordinarius), 사강사(Privatdozent), 조교(Assistent), 정기적인 세미나와 콜로키움 등이 갖추어지면서 과학연구가 제도적으로 정착되고 좋은 연구 여건이 조성되게 된다.

또한 19세기 후반에 이르러 물리학 분야 내에는 이론물리학과 실험물리학의 체계적인 분화가 생겨났다. 물리학과 내에 물리학 정교수 자리가 늘어나는 한편 이론물리학 부교수 자리가 생겨나기 시작했다. 막스 플랑크의 임용과

승진과정은 이론물리학 분야의 분화와 제도화 과정을 잘 보여준다.

당시 베를린 대학에서는 이론과 실험을 동시에 담당했던 키르히호프가 죽자 그의 자리를 이론을 전공하는 물리학자로 대체하려 했다. 이 과정에서 베를린 대학은 당시 유명했던 볼츠만과 헤르츠를 끌어들이는 데 실패하자 그들 보다는 뒤쳐져 있던 막스 플랑크를 이론물리 담당 부교수로 임용했다. 이리하여 베를린 대학은 실험물리학을 가르치는 정교수 외에 이론을 가르치는 부교수를 갖는 체계가 된다. 그후 3년 뒤 플랑크는 정교수로 승진하여 전임자인 키르히호프와 같은 직위에 올라가고, 1894년 베를린 대학 물리학과와 내부적인 헬름홀츠가 죽자 플랑크는 헬름홀츠를 '보좌하는' 이론물리학자가 아니라 완전히 독자적인 위치를 굳힌 이론물리학 교수가 되게 된다. 같은 해 베를린 대학의 또다른 물리학 교수인 Kundt가 죽자 그의 후임으로 실험물리학자인 바르부르크가 임용되어, 이제 베를린 대학에서는 이론물리학 분야와 실험물리학 분야의 분화가 제도적으로 정착되게 된다.

이러한 제도적 정착과 더불어 독일대학 내에서 형성된 치열한 경쟁적 구조에 힘입어 19세기 말 독일대학은 높은 과학적 생산력을 나타내게 된다. 당시 독일의 교수들은 마치 요즈음의 프로운동선수들과 비슷한 행동유형을 지니고 있었다. 독일의 분권화된 교육정책과 상이한 역사적 배경에 따르는 강한 지역감정으로 인해서 각 개별국가들은 우수한 교수들을 스카우트하여 개별국가들의 위신을 높이려고 하였다. 또한 교수와 학생 모두에게 학문적 이동의 자유가 보장되어 있었기 때문에 교수들은 좋은 연구시설, 보다 나은 직위, 높은 연봉이 보장되지만 하면 언제라도 자신들의 조수 학생들과 함께 집단이주할 준비가 되어 있었다. 각 개별국가들의 이러한 치열한 스카우트 경쟁은 교수들의 연구의욕을 높이는 한 요인이 되었다.

또한 빌헬름시대에 독일에서는 급격한 산업

화로 인해 과학기술인력의 필요성이 급증했고, 더욱이 인구증가로 인해 학생수가 폭발적으로 증가했다. 대학은 증가하는 학생수를 감당하기 위해 사강사의 수를 계속 늘려 나갔다. 사강사는 대학교수와는 달리 국가에 의해 완전히 채용된 교직자가 아니며 대학에 일시적으로 고용되어 강의수나 학생수에 따라 약간의 급료를 받고 있는 사람들이었다. 그들은 교수로 임용되기를 기다리는 사람들이었지만 경제적으로는 아주 어려운 생활을 하는 일종의 대학 내의 프로레타리아였던 것이다. 학생수의 증가에 따라 사강사의 수가 계속 증가했지만, 엄격한 권위주의 사회 속에서 소수 특권을 누리고 있었던 독일대학 교수들과 교육당국은 이에 상응하는 교수수의 증가를 계속 억제했기 때문에 사강사가 교수가 되기란 더욱 어려운 일이 되었다. 19세기 말과 20세기 초 독일과학의 급성장은 이렇게 사강사들이 교수가 되기 위해 처절하게 경쟁을 하는 과정에서 얻어졌으며, 실제로 이 시기의 과학사에서 중요한 업적의 상당수가 과학자들의 사강사 시절에 이루어졌다. 예를 들어 특수상대성이론의 형성과 수용에 큰 역할을 했던 Max Abraham, Max Born, Max von Laue 등도 사강사 시절에 상대성이론에 관한 논문을 내놓았으며, 특히 Max von Laue는 1912년 뮌헨 대학 사강사 시절에 결정격자 내에서의 X-선 회절현상을 발견해 자기 스승 막스 플랑크보다 먼저 노벨상을 받았다.

한편 19세기 말부터 독일에서는 제국의 차원에서 지원한 거대연구소들이 나타났다. 1887년 독일 전기산업의 개척자인 베르너 폰 지멘스의 개인적인 노력과 독일제국정부의 협력으로 제국물리기술연구소(PTR : Physikalisch-Technische Reichsanstalt)가 설립되었다. 특히 이 연구소의 설립에는 영국이나 프랑스의 산업자본가들과는 달리 순수물리학에 대한 강한 애착을 가지고 새로운 순수물리연구소의 설립을 주창·지원했던 지멘스의 역할이 컸다. 국가의 산업발전에 필요한 표준을 정하는 일을 주로

담당했던 이 연구소는 과학적 기술적 산업적 차원에서 베를린에 위치했던 PTR은 독일제국이 새로이 획득한 정치적인 힘과 권위의 상징이었다. 이 연구소는 베를린의 샤를로텐부르크 공과대학(Technische Hochschule Charlottenburg)의 근처에 설립되었는데, 빌헬름시대에 와서 PTR과 샤를로텐부르크 공과대학은 기존의 베를린 대학과 함께 비약적 성장을 하여 베를린은 세계 물리학의 중심도시가 되게 된다.

베를린에 위치한 이 세 가지 물리연구소의 연구성과가 합쳐져 이루어낸 것이 현대 양자물리학의 시발점이 되었던 막스 플랑크의 흑체복사이론이었다. 1894년 PTR의 초대 소장이었던 헬름홀츠가 죽은 뒤 물리실험실을 조직화하고 관리하는 데 탁월한 능력이 있었던 실험물리학자 프리드리히 콜라우시가 헬름홀츠의 뒤를 이어 이 연구소를 맡게 되면서 PTR은 비약적 성장을 하게 된다. 이 시기에 PTR과 샤를로텐부르크 공과대학에서는 탁월한 능력을 지녔던 실험물리학자들인 Willy Wien, Otto Lummer, Ferdinand Kurlbaum, Heinrich Rubens 등이 정부의 재정적 지원을 비롯한 좋은 제도적 조건 속에서 연구활동을 하였다. 당시 급성장하던 독일 조명산업에서는 필라멘트에서 방출되는 스펙트럼의 가시영역과 비가시영역의 전자기적 에너지 분포를 비롯한 복사현상에 대한 보다 넓은 이해를 원했는데 PTR의 유능한 실험물리학자들은 독일 조명산업계의 이러한 현실적 요구에 제도적으로 부응하기 위해 복사현상에 대한 면밀한 실험을 행했다. PTR과 샤를로텐부르크 공과대학에 있던 실험물리학자들의 엄밀한 실험결과를 바탕으로 베를린 대학의 이론물리학 교수였던 막스 플랑크는 고전물리학의 범위를 벗어난 새로운 흑체복사법칙과 작용양자 개념을 얻어내게 되는데, 이 복사법칙이 1905년 아인슈타인의 광양자 가설에 의해 재해석되어 양자 불연속성 개념에 바탕을 둔 새로운 현대양자물리학이 시작되게

된다.

이 양자 불연속성 개념은 1910~20년을 거치면서 열복사분야로부터 고체비열·원자스펙트럼·원자구조·충돌이론 등의 분야로 계속 확대되어 1925~27년 사이 고전역학을 대체하는 새로운 양자역학이 탄생하게 된다. 이후 막스 보른의 양자역학에 대한 통계적 해석, 하이젠베르크의 불확정성원리, 닐스 보어의 상보성원리 등 양자역학에 대한 철학적 해석을 통해 고전물리학 체계 내에서 확고한 위치를 유지하고 있던 결정론과 인과율은 그 한계성을 드러내게 되고, 새로운 비인과적 비결정론적·통계적·세계관이 물리세계를 지배하게 된다.

한편 빌헬름시대에는 과학과 산업의 연결이 본격화되었고 이러한 상호 결합은 국가의 적극적인 개입에 의해서 더욱 강화되었다. 그런데 여기서 주목해야 할 점은 빌헬름시대의 과학은 산업적·군사적 의미 이상을 지니고 있었다는 것이다. 독일제국 내에서 과학은 국가의 명예와 위신 차원에서도 진흥 육성되었다. 모든 새로운 과학적·기술적 연구성과에는 소위 '국가의 스탬프'가 찍혀서 따라 다녔다. 1896년 초 뷔르츠부르크 대학의 윈트젠이 "새로운 종류의 광선"을 발견했다는 보고에 접한 카이저 빌헬름 2세는 이 새로운 발견을 치하하면서 다음과 같은 축하전문을 보냈다. "본인은 우리의 조국 독일에 인류를 위한 커다란 축복이 될 새로운 과학의 승리를 안겨준 하느님을 찬양합니다." 대학교수들이 요즈음의 프로운동선수들에 비견되는 성격을 지니고 있었다면, 세계를 놀라게 한 새로운 과학적 발견은 요즈음의 올림픽 금메달 획득 내지 세계선수권대회 우승에 해당되는 취급을 받았다. 빌헬름시대의 과학 발전은 이러한 국수주의적 발상과 맥을 같이 하고 있었다.

과학사학자 Pyenson은 독일의 물리학을 비롯한 정밀과학이 대외정책적인 차원에서 소위 '문화적 제국주의' 정책의 한 요소로 이용되었다고 주장한다. 독일이 제국주의 식민지 쟁탈

과정에서 외국의 경쟁자들을 문화적으로 압도하고 궁극적으로는 경제적·정치적 이득을 얻기 위해서 사모아, 중국 등지에 해외 과학연구소를 설립하는 등 정밀과학을 비롯한 추상적·문화적 활동을 대외정책적으로 이용했다는 면에서 Pyenson은 '문화적 제국주의'라는 용어를 쓰고 있다. 이런 측면을 고려한다면 빌헬름 시대의 과학기술은 독일의 국내외 정치문화화도 밀접한 연관이 있었음을 짐작할 수 있다.

과학의 중재자 알트호프는 그가 죽기 얼마 전에 새로운 형태의 물리 화학연구소를 세울 계획을 세웠다. 즉 그는 유능한 젊은 과학자들이 대학에 임용된 뒤 강의를 비롯한 일상적인 교육업무에 시간을 너무 많이 빼앗겨 연구활동에 많은 지장을 받고 있다는 것을 잘 알고 있었다. 이런 문제점을 해결하기 위해서 그는 과학자들이 강의로부터 해방되어 전적으로 연구에만 전념할 수 있는 연구소를 만들어야 한다고 생각했다. 알트호프의 이런 계획은 그가 죽은 뒤인 1911년 카이저 빌헬름협회(Kaiser-Wilhelm Gesellschaft) — 현재의 막스 플랑크 과학진흥협회의 전신 — 의 설립에 의해서 실현되었다. 이 협회의 기본 계획을 창안했으며 초대 회장이었던 Adolf von Harnack은 카이저에게 제안한 설립취지에서 기초과학의 연구는 산업의 발전에 필수적이며 군사력과 과학은 위대한 독일을 지탱하는 두 기둥이라고 강조했다. 신학자이며 역사학자였던 그는 이 보수적인 협회 내에서 전통적인 훔볼트식의 신인문주의 이념과 새로운 산업사회의 요구, 세계의 군사강국으로 부상하려 했던 독일제국의 요구 등을 결합시키는 정치적인 재치가 있었다. 국가에 대한 충성심과 자신의 학문분야에서 맡은 바 책임감이 강했던 보수적인 지도급 독일 지식인들은 정부의 엄청난 재정적 지원에도 불구하고 초기에 정부의 간섭을 배제하고 이 협회 운영의 자율성을 확보하는 데 성공했다. 당시 젊은 무명의 물리학자였던 아인슈타인이 플랑크와 네른스트의 노력에 의해서 1913

년에 새로이 설립된 카이저 빌헬름 물리학연구소의 초대 소장에 임명된 것은 이런 모습을 잘 보여준다. 프로이센의 재무부 장관은 아인슈타인이 이끄는 연구소에서 행하는 순수물리학 연구가 어떻게 산업적·군사적 측면에서 국가를 도울 수 있는지 이해할 수 없었다. 그러나 보수적 지식인들과 정부와의 상호신뢰와 공조관계, 그리고 곧이어 발발한 제1차 세계대전 덕분에 순수물리 분야에서도 협회의 자율성은 확보되었다. 아인슈타인은 이렇게 해서 맡게 된 카이저 빌헬름 물리학연구소에서 1915년 11월 그의 생애 최대의 업적인 일반상대성이론을 완성하게 된다.

카이저 빌헬름 연구소의 설립으로 기존의 대학 내에서는 감당할 수 없었던 방사화학(Radiochemie)을 비롯한 거대규모의 과학도 제도적으로 가능하게 되었다. 아인슈타인이 이끄는 물리학연구소, 프리츠 하버가 이끄는 물리화학연구소, 그외 다른 연구소의 설립으로 베를린은 세계 과학의 중심지로서의 위치를 다시 한번 굳혔다. 이리하여 제1차 세계대전이 발발하기 직전까지 독일은 세계의 과학을 주도할 충분한 능력과 그 바탕이 되는 구조적 조건을 갖추게 된다.

20세기 초 물리학을 뒤흔들었던 상대성이론과 양자물리학의 출현은 사회 속에서 격리된 과학자들의 활동만에 의해서 이루어진 것은 아니었다. 아인슈타인의 상대성이론이 형성되는데에는 넓게는 프로이센의 중등교육 개혁운동이 관계되어 있으며 펠릭스 클라인과 같은 과학조직가의 활동도 큰 영향을 미쳤다. 또한 강사들의 치열한 경쟁 속에서 상대성이론은 새로운 주제로서 제기되고 활발하게 논의되었으며, 결국 수용되어 시공개념을 바꾸어 놓았다. 양자물리학의 문을 연 플랑크의 복사법칙도 당시 독일의 이론 및 실험물리학의 제도화, 제국차원의 물리연구소의 출현, 빌헬름시대의 조명산업의 성장과도 밀접한 연관을 맺고 있다. 사회와는 관계가 거의 없는 것처럼 보이는 순수

이론물리학도 다른 여타의 인간활동과 마찬가지로 사회적·역사적 산물인 것이다.

〈참고문헌〉

Cahan, David C., "The institutional Revolution in German Physics, 1865-1914", *HSPS* 15(1985), 1-65.

———, *An Institute for an Empire: The Physikalisch-Technische Reichsanstalt* (Cambridge: Cambridge Univ. Pr., 1989).

Heilbron, John L., *The Dilemmas of an Upright Man: Max Planck as Spokesman for German Science* (Berkeley: Univ. of California Pr., 1986).

Jungnickel, Christa and Russell McCormmach, *Intellectual Mastery of Nature: Theoretical Physics from Ohm to Einstein* (Chicago: Univ. of Chicago Pr., 1986), Vol. II.

Manegold, Karl Heinz, "Felix Klein als Wissenschaftsorganisator: Ein Beitrag zum Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik im 19. Jahrhundert", *Technikgeschichte* 35(1968), 177-204.

McCormmach, Russell, "On Academic Scientists in Wilhelminian Germany", *Daedalus* 103(1974), 157-171.

Pyenson, Lewis, *Neohumanism and the Persistence of Pure Mathematics in Wilhelminian Germany* (Philadelphia: American Philosophical Society, 1983).

———, *The Young Einstein: The Advent of Relativity* (Bristol: Adam Hilger, 1985).

Ringer, Fritz K., *The Decline of the German Mandarins: The German Academic Community, 1890-1933* (Cambridge, Mass.: Harvard Univ. Pr., 1969).

Tobies, Renate, *Felix Klein* (Leipzig: Teubner, 1981).