

과학에 대한 사회적 영향이라는 사상은 그러한 영향을 다루는 긴 역사를 가지고 있다. Marx와 Engels는 과학의 목적이거나 자료는 경제적 상황에 크게 의존한다고 보았다. 1930년대에 마르크스주의학자들에 의하여 생산된 몇편의 논문은 모두가 경제要因이론의 단순因果의 논리로서 진정한 과학사연구의 도움은 될 수 없었다.

머튼의 著作은 과학을 하나의 사회적 현상으로 분석함에 있어서 풍부한 서술적 자료를 뒷받침하여 제시되었다. 머튼이야말로 과학발전의 문화·사회·경제와의 관계에 대한 최초의 경험적 연구를 해낸 張本人이다. 머튼과 과학사회학자들에 의하여 제기된 문제들은, Hall이 인정하였던대로, 과학사의 現在에 매우 진실하고 직접적이다.

De magnete 에 나타난 William Gilbert의 자기철학의 구조와 성격

서울대 대학원 정 명 식

1600년에 London에서 출판된 William Gilbert^t의 *De magnete* (영역원제: On the Loadstone and Magnetic Bodies, and on the Great Magnet, the Earth)는 과학사상 매우 특이하면서도 중요한 위치를 갖는 책이다. 우선 그것은 교육받은 학자가 쓴 자연과학 분야의 책으로서는 최초로 실제적 관찰과 실험에 입각한 내용을 위주로 써어진 것이며, 또 자기현상 및 정전기현상을 체계적으로 다룬 최초의 연구서이기도 하다. 책 전반을 통해 관찰과 실험으로부터 얻어진 지식의 우월성을 주장할 뿐만 아니라 실제 내용의 많은 부분이 조직적으로 수행된 일련의 실험들의 결과와 그에 바탕한 논의들로 이루어져 있으며, 또한 전통적 권위에 대한 맹신이나 연금술적인 비전주의(esotericism)를 맹렬하게 비난하고 있는 점 등은, 17세기 이후의 근대실험과학을 예고하는 선구자로서의 이 책의 성격을 대표한다. 반면, 용어라든지 보다 기본적인 사고의 틀에 있어서 아직 Aristoteles 학파의 영향이 많이 남아 있고, 또 한편으로는 물활론적(animi-

stic) 세계관이 뚜렷이 표출되고 있는 점 등의 전근대과학적인 성격으로 인해 이 책에 대한 평가는 매우 이중적이기도 하다. 그러나 이 책의 개괄적 성격에 관하여서는 이상과 같은 점들이 여러 과학사가들에 의해 지적되어 왔지만, 책의 내용에 대한 깊이있는 분석을 바탕으로 한 구조적인 이해의 시도는 의외로 적었던 것으로 보인다.

*De magnete*는 6권의 책으로 구성되어 있는데, Gilbert는 제1권에서 자석에 관한 고대로부터의 여러 학설들을 비판하고 자신의 소위 “자기철학”(magnetical philosophy)의 요점들을 간략히 피력하였으며, 제2권부터 제6권까지에서는 자성물체에서 볼 수 있는 5가지 운동에 관해 한편씩 서술하였다. 자성물체의 5가지 운동은 Coition, Direction, Variation, Declination, Revolution으로 구분하였다. 각각에 관한 Gilbert의 논의는 관찰, 실험의 결과들을 위주로 전개되었으며, 고대로부터의 많은 혼란들을 일소하고 당대까지 알려진 자기 및 정전기현상에 관한 사실적 정보들을 체계적으로 정리하여 자기학의 기초를 놓았다는 점에서 의의가 크다. 이 논문에서는 먼저 *De magnete*에서의 이러한 사실적 측면의 연구들을 살펴 보겠다.

그러나 *De magnete*에서 보다 흥미를 끄는 부분은, 이를테면 사변적인(speculative) 측면의 논의들이다. 자기, 정전기에 대한 경험적 연구의 결과들을 설명하고 그것들을 보다 넓은 범위의 자연현상들과 연관되도록 체계화하는 이러한 이론적 논의들은, Gilbert 자기철학의 어떤 일관성있는 구조를 찾아내어 그의 생각을 재구성하는 데에 필요한 단서를 제공할 수 있을 뿐만 아니라, 당시의 여러 사상적 흐름들과의 상호작용을 보여 준다고 생각되기 때문이다. 그러므로 이 논문에서는 *De magnete*에 나타난 중요한 사색적 논의들로서, 자기 및 정전기현상의 원인(cause)을 설명하기 위한 물질이론과 제6권에서 주로 다루어진 우주론적 논의들을 차례로 분석해 보겠다. 그리고 위의 논의의 결과들을 종합하여 *De magnete*에 나타난 Gilbert 자기철학의 구조와 성격, 나아가 그 역사적 위치를 고찰

하고자 한다. 특히 그의 체계에서 지구가 자석이라는 그의 유명한 가설과 물질이론, 우주론적 논의들이 서로 얽혀 있는 구조를 밝히고 그 체계의 형성과정에 대해 생각해 보고자 하며, *De magnet*에 대한 여러가지 평가들의 타당성을 검토하여 그 복합적 성격을 규명할 것이다.

자석에 대한 경험적 지식들과 실험적 연구들이 Gilbert에 의해 처음으로 시작되었던 것은 아니었다. 그러나 지난 수세기 동안 자기학 분야에서 축적되어 온 경험적·실험적 지식들을 완전한 연구서의 수준에서 체계적으로 정리하고, Peter Peregrinus (c. 1269) 이래의 실험적 연구전통을 명백히 천명, 확립한 것은 그의 공헌이었다. 무엇보다도 Gilbert는 자기현상과 전기현상을 분명히 구분하였다. Gilbert에게 있어서 양자의 근본적 차이는 각각의 원인이 서로 전혀 다르다는 점에 있었으나, 현상적으로도 많은 차이가 지적되었다.

먼저 자기현상에 대해 Gilbert는, 자성물체들의 운동이 본질적으로 지구의 “균질한 부분들”(homogeneous parts)이 서로를 향하려는, 또는 전체지구의 “근본적 형상”(primary form)에 부합하려는 충동이라고 보았다. 지구의 균질한 부분들인 자성물체들이 보이는 5가지 운동은, 그것들이 지구의 근본적 형상인 자기력을 공유하고 있음에 기인하는 것이었다. 실제로 그의 실험은 자신이 “terrella”라고 명명한 구형자석을 써서 주로 이루어졌는데, 그는 terrella가 그 성질과 모양에 있어서 “지구의 참되고 균질한 자식”(true homogeneous offspring of the earth)이라고 주장하였다. 이러한 주장에는 이미 지구가 자석이라는 가설이 전제되어 있었다.

자성물체의 5가지 운동 중 우선 Coition에 대해, Gilbert는 자석의 인력을 attraction이라고 부르는 것을 불합리하다고 보고 자석과 자석, 자석과 철이 서로를 끌어당기는 점을 강조하여 Coition, conactus라는 용어를 주장하였다. 그리고 제 2권의 후반부에서 그는 terrella를 이용한 일련의 주의깊은 실험들을 통해 자석의 인력에 관한 많은 성질들을 조사하였다. 이러한 실험들은 자석의 많은 새로운 성질들을 밝혀 냈

을 뿐만 아니라, 진정한 의미에서 자연조작적이고 치밀하게 계획, 수행되었다는 점에서 근대적 실험의 특성을 잘 보여 준다. 한편 Direction 이하의 4가지 운동들에 대한 Gilbert의 논의는 항상 지구상에서의 나침반 자침의 운동과 terrella 상에서의 versorium의 운동과의 유비를 염두에 두고 이루어졌다.

전기현상은 제 2권에서 비교적 짧게 다루어졌지만, 책 전체의 구조 속에서는 적지 않은 중요성을 지녔다. 고대로부터 호박과 흑옥이 왕겨, 짚 등을 끌어당기는 성질은 널리 알려졌지만, Gilbert는 마찰시켰을 때 전기인력을 나타낼 수 있는 전기체들(electrics)은 그밖에도 매우 많음과, 전기인력에 의해 왕겨, 짚뿐만이 아니라 모든 가벼운 물체들이 끌어당겨질 수 있음을 주장하였다. 이러한 새로운 전기체들의 발견은 그가 versorium을 일종의 검전기로 사용하여 실제로 수많은 물질들을 대상으로 실험해 봄으로써 이루어질 수 있었다. 이 점은 Galileo에게 있어서 실험이 기본적으로 이론적 추론의 결과를 보여주는 역할만을 했던 것과 대조적이다.

Gilbert에 의하면 자기현상은 사물의 형상(forma)에서 연유하고, 전기현상은 질료(materia)에서 연유한다. 그러나 그는 자기현상의 원인이 되는 이 형상은 Aristoteles의 형상인(causa formalis)이 아니라 태초로부터 각 천체에 하나씩 부여된 독특한 원리라고 주장하였다. 지구에도 역시 하나의 근본적 형상이 있는데, 그것이 바로 자기력인 것이다. 그리고 지구에 부여된 이 자기력의 원리가 자성물체들의 운동의 원인이라는 그의 주장을 설명하기 위해 Gilbert는 독특한 물질이론을 고안하였다.

그의 물질이론에 따르면, 금속의 생성에는 금속액(metallic humour), 지구물질(earth), 그리고 적합한 모암(matrix)의 3대요소가 작용한다. 그의 물질이론에서 원소(element)라고 할 수 있는 물질은 하나밖에 없는데, 그것은 지구 자체를 구성하는 참된 지구물질(true earth matter)이다. 이 지구물질은 지구 내부를 형성하고 있고, 지상에 존재하는 모든 물질들은 지구 표면 근처에서 이 지구물질로부터 풍화, 변질된 것이

다. 금속액은 지구물질로부터 지표 근처를 향하여 뿜어나오는 발산기(exhalation)로부터 생기는데, 이 금속액이 참된 지구물질과 결합하여 적합한 모양 속에서 굳어지면 철광석, 자석이 생성되며, 변질된 지구물질(corrupted earth)과 결합하여 모양 속에서 굳어지면 다른 금속들이 형성된다. 이러한 이론에 의해 철, 철광석, 자석은 본질상 같은 물질들로서 참되고 균질한 지구의 부분들이며, 따라서 이들은 지상의 다른 모든 물질들과는 달리 지구의 자기적 형상을 공유한다는 주장이 성립되는 것이다.

한편 전기현상의 원인은 물질적인 것인데, Gilbert는 물질적 원인에 의한 작용은 접촉작용이어야 한다는 원칙을 당연한 것으로 받아들였으므로 전기인력을 작용시키는 물질적 매개체의 도입이 불가피했을 것이다. 그는 전기체의 표면을 마찰시키는 것이 전기인력을 작용시키는 데 필요하다는 점에 주목하여 마찰에 의해 따뜻해지고 부드러워진 전기체의 표면에서 전기소(electrical effluvium)가 방출된다고 생각했다. Gilbert는 액(humour) 또는 수분(moisture)이 만물의 결합원리가 된다고 생각하여 전기체들은 액을 그 주된 구성요소로 생성된 물질들이라고 주장하였다. 마찰시켰을 때 이러한 물체들의 표면에서 방출되는 “극히 희박한 액”(extremely attenuated humour)인 전기소는 주위의 공기속을 퍼져 나가서 근처의 가벼운 물체들을 전기체를 향해 끌어당긴다는 것이다.

자성물체와 전기체의 생성에 대한 이러한 Gilbert의 이론은 대체로 추상적, 사변적이며, 내용적으로는 Aristoteles 학파와 전혀 다르지만 용어상으로나 추론해 나가는 방식에 있어서 상당히 스콜라주의적인 느낌을 준다. 그리고 물질이론에 관계되는 Gilbert의 생각들이, 그로 하여금 실험의 결과를 자신의 생각과 잘 부합되는 쪽으로 해석하게 했던 경우도 있었던 것이 발견되어 흥미롭다.

자기현상의 원인을 지구의 근본적 형상이라고 본 Gilbert의 설명은, 이러한 형상에 의한 지구 자체의 운동과 관련하여 매우 중요한 우주론적 의미를 함축하고 있었다. Gilbert의 우주론적

논의는 제 6권에서 주로 다루어졌는데, 먼저 그는 지구의 자기적 형상이 본질적으로 살아 있는 영적인 형상(animate form)이라고 주장하였다. 지구를 포함하여 모든 천체는 그것들의 형상에 의한 조화로운 법칙성으로 보나 목적론적으로 보나 자체의 영혼을 가진 존재들이어야 한다는 것이다.

그리고 Gilbert의 자기철학은 천구의 회전이 아니라 지구의 자전을 주장하는 Copernicus 이래의 非Ptolemaios의 우주론이 안고 있던 많은 물리적 난제들에 대한 하나의 가능한 해결을 제시하였다. 우선 Aristoteles의 자연적 운동의 개념으로는, 흡원소로 이루어진 지구가 어떻게 자전운동을 할 수 있는가 하는 것이 가장 문제가 되었으나, Gilbert의 체계에서는 자석인 지구가 가지는 근본적인 회전운동의 속성으로 자전이 설명될 수 있었다. 그리고 우주 공간에서의 지구의 정향성의 문제는 참된 지구물질의 또 하나의 고유운동인 정향운동에 의해, 회전하는 지구가 붕괴되지 않는 이유는 지구물질들의 전기적 인력 및 자기적 인력에 의해, 또 중력의 문제는 중력을, 지구가 공기를 매개로 하여 지상의 물체들을 끌어당기는 하나의 물질적 인력이라고 생각함으로써 최소한 정성적으로는 그럴듯하게 설명되었다. 이러한 Gilbert의 설명들은, 물리적 문제들을 하나의 일관적이고 사변적인 우주론의 틀 안에서 정성적으로, 자연적 운동의 개념을 통해 설명하려 했던 점에서는 Aristoteles와 매우 유사하였다.

이제까지 살펴 본 자기철학의 요점들과 그 연관관계들을 자세히 고찰해 보면, 결국 지구가 자석이라는 생각이 이 체계의 이룰때면 최상급 가설의 위치를 가짐을 알 수 있다. 일단 지구가 자석이라는 생각을 받아들이면, 그의 물질이론에 의해 자석, 철이 지구의 근본적 형상인 자기력을 가진다는 것은 당연하며, 지상에서 볼 수 있는 모든 자기현상들의 설명이 가능하다. 동시에, 지구가 자석이라는 가설과 『천체의 자연적 운동과 부분의 자연적 운동은 같다』는 Aristoteles 이래의 기본가정을 결합하면, 지구의 참된 자석인 terrella의 운동에 대한 면밀한 연구로부

터 역으로 지구 자체의 자연적 운동과 이에 관련되는 우주론적 함의들이 도출될 수 있다는 논리가 성립된다. 따라서 Gilbert의 자기철학은 지구가 자기적 형상을 부여받은 거대한 자석이라는 기본가설 아래에서, 자기현상과 우주론적 문제들에 관한 다른 주요명제들이 동어반복적으로 진술되는 구조를 가지고 있는 것이다. 그리고 이 구조 안에서 지구물질과 자석, 철을 연결시키는 그의 물질이론과, 자석의 자연적 운동과 지구의 자연적 운동을 연결시키는 가정이 교량원리(bridge principle)로서 개입되고 있다.

이러한 Gilbert 자기철학의 체계가 어떤 과정을 거쳐 형성되었는지를 추적하기는 쉽지 않다. 그러나 Zilsel 등과 같이 Gilbert의 자기철학의 형성에 있어서 신흥 상류기술자층의 태도로부터 영향받은 객관적, 실험적 연구만을 지나치게 중시하는 것은, *De magnete*의 개념적 구조 및 이론의존적 성격을 간과한 피상적 이해에 그칠 위험이 크다. 한편 지구자석 가설이 Gilbert 자기철학의 중심가설임은 분명하고 그 체계의 형성 과정에서도 중요한 역할을 했을 것으로 보이지만, 그러한 가설이 비Ptolemaios적 우주론에 적합한 보편적인 물리학을 추구하는 과정 속에서 생겨난 것으로 생각하는 Freudenthal의 파악 또한 지나치게 일면적인 것이라고 생각된다. 그러므로 Gilbert 자기철학의 형성에 있어서는, 그 이전의 자기학의 연구전통, 당시의 천문학—우주론의 상황, 상류기술자층의 태도로부터 영향받은 실험적 객관적 연구태도, 이들 각각이 복합적으로 상호작용하였던 것이다. 뿐만 아니라, Aristoteles적인 자연이해의 틀이 여전히 Gilbert의 사고를 암암리에 지배하고 있었고, 자연조작적인 실험의 태도라든지 Copernicus적 우주체계에 대한 Gilbert의 근본적 선호 등에 있어서는 신플라톤주의-헤르메스주의로부터의 영향을 읽을 수도 있기 때문에, 그의 자기철학의 형성 과정을 이해하기 위해서는 이상의 여러 요소들의 역동적 상호작용을 고려하는 폭넓은 접근이 요구된다고 본다.

그리고 *De magnete*의 물활론적 성격에 대해 생각해 보자. 그가 각 천체의 근본적 형상을 영

적인 형상으로 보았고 우주 전체가 영혼으로 충만한 것으로 보았던 것은 사실이다. 그러나 Gilbert의 “영혼”(soul)은 각 천체들을 스스로 다스리는, 태초로부터 부여된 형상으로서, 조화롭고, 법칙적이며, 불변인 것으로 이해되었던 것이지 흔히 물활론이 수반하는 마술적이고, 임의적이며, 비법칙적인 의미로 이해되었던 것이 아니다. 그러므로 Gilbert의 이 개념은, 비록 그것이 영혼이라는 용어로 표현되었다고 해도, 순전히 “물활론”적인 의미로 사용된 것은 아니라고 하겠다. 그리고 이러한 맥락에서 다시 살펴보면, Gilbert 자신이 자연현상의 설명에서 신비적 원인(occult cause)을 거부했음에서 잘 드러나듯이, *De magnete*는 전형적인 르네상스 물활론으로부터는 분명히 벗어나 있는 성격의 책인 것이다.

마지막으로, *De magnete*에서 볼 수 있는 Aristoteles의 영향 내지 잔재를 지적하지 않을 수 없다. *De magnete*에서 받는 첫 인상이 놀랄 만큼 독창적이고 근대적인 것임에도 불구하고 이 책을 자세히 읽을수록 Aristoteles적인 자연이해의 틀이 점점 더 눈에 띈다. 우선 용어들이나 논리를 전개해 나가는 방식과 같은 분위기가 상당히 스콜라주의적인 부분들이 적지 않음은 앞에 말한 바 있다. 그러나 그밖에도 강한 목적론적 경향, 부분과 전체의 자연적 운동이 같다고 본 것, 물질적 작용을 접촉작용에 국한시킨 것, 자연은 진공을 피한다는 생각 등등 Aristoteles의 크고 작은 무의식적 영향은 거의 어디서나 발견된다. 무엇보다도 중요한 것은, Gilbert가 자기운동, 전기운동, 중력에 의한 운동 등 그의 주된 관심이 되는 모든 운동들을, 기본적으로 자연적 운동의 개념에 의해 정성적으로 설명하려고 했던 점이다. 즉 그의 체계가 내용적으로는 Aristoteles 학파와 전혀 다른 독창적인 것이었지만, 자연현상을 이해하고 설명하는 방식에 있어서 Aristoteles적 자연철학의 초이론적 틀을 많은 부분에서 따르고 있었던 것이다.

결론적으로 Gilbert의 자기철학은, 내용에 있어서는 Aristoteles와 전혀 다르면서도 어떤 면에서는 극히 Aristoteles적인, 또 분명히 물활

론적인 세계관을 보여 주면서도 어떤 의미에서는 그로부터 벗어난 복합적 성격을 띠고 있었다. 그리고 그 안에는 여러가지 점에서 진정 근대적인 실험과학으로서의 성격이 함께 포함되어 있었다. 그러므로 Gilbert의 자기철학에 대한 어떠한 특정 시각으로부터의 일면적 파악도 충분하지 못하다. 그의 자기철학은 기계적·역학적·정량적·수학화된 과학으로의 발전이라는 과학혁명의 주된 흐름으로부터는 벗어나 있었지만, 16세기말의 복잡한 사상적·사회적 상호작용 속에서 형성되었던 유럽과학의 독특하고 흥미있는 하나의 발전방향을 대표하는 것이다.

M. Faraday에 있어서 자기력선 개념의 형성과정에 대한 고찰

서울대 대학원 홍 성 욱

I

1820년대 이후 전기·자기현상을 설명하는 이론중 가장 정통적으로 받아들여지고 있던 것은 앙페르의 이론이었다. 이 이론에 의하면, 전류가 나타내는 자기현상은 본질적으로 전기현상이었으며, 따라서 자석이 나타내는 자기력도 자석 속에 존재하는 전기적 분자 상호간의 힘의 총합이었다. 그의 이론은 자기력이 궁극적으로 전기력이라는 간단한 가설에 기초하여 전류의 자기현상을 설명했으며, 또 이런 현상을 수학적으로 다룰 수 있었다. 이것은 궁극적으로 전기력, 자기력을 원거리작용의 인력과 반발력으로 설명했던 쿨롱의 전통, 더 크게는 18세기 이후의 뉴턴주의 과학의 전통에 위치하는 것이었다.

그러나 맥스웰에 이르러 완성된 근대 전자기학의 체계는 앙페르의 이론과는 근본적으로 다른 것이었다. 왜냐하면 앙페르와 그의 추종자들은 전자기력을 원거리작용의 인력과 반발력으로 간주했음에 반해, 맥스웰의 전자기체계는 정전기력, 전자기력 모두를 물체 주위의 매질의 특성에 의해 매개되는 것으로 파악하는 장론(場論: field theory)에 기초하고 있었기 때문이었

다. 원거리작용의 경우에는 힘의 작용은 순간적인 것이었으나, 장론의 경우에는 힘은 매질의 작용에 의해 한 물체에서 다른 물체로(일정한 시간을 가지고) 전파되는 것이었다.

맥스웰이 후에 발전시킨 장론에서 가장 중심 개념이었던 “장의 선”(field line)은 패러데이의 역선(力線: lines of force) 개념을 기하학화한 것이었다. 역선 개념 이외에도 힘의 전파가 순간적인 원거리작용이 아니라 일정한 시간을 필요로 하는 것이라는 설명도 패러데이의 역선을 통한 힘의 전파라는 이론에 근거한 것이었다. 전기력, 자기력의 본질이 원거리작용이 아니라 전기력선, 자기력선을 통해 전파되는 것이라고 처음 주장한 사람은 다른 아닌 패러데이였던 것이다.

이 논문에서는 1845년 이후 패러데이가 자기현상에 대해 집중적으로 연구한 기간에 걸쳐, 그의 자기력선 개념의 형성과정에 대해 고찰할 것이다. 그리고 이것에 대한 고찰은 다음과 같은 몇가지 질문에의 대답을 포함하게 될 것이다. 먼저, 패러데이가 1845년 자기력선 개념을 다시 도입했을 때, 그는 이것에 어떤 의미를 부여하고 있었는가? 왜 그는 1852년에 이르러까지 자기력선의 물리적 실재성을 주장하지 않았는가? 그리고 그가 자기적 전도 이론(磁氣的 傳導 理論: magnetic conduction theory)을 형성하는데 가장 결정적인 요인으로 작용한 것은 무엇인가?

II

1837년 패러데이는 정전기유도가 원거리작용이 아니라 인접한 입자들에 의한 작용임을 발표했다. 여기서 그는 이 인접한 입자들이 모여서 나타내는 역선을 유도력선(誘導力線: lines of inductive force)이라고 명명했으며, 정전기력은 이 유도력선을 통해 한 입자에서 다른 입자로 연속적으로 전달되는 것이라고 주장했다. 유도력선을 정의하면서 그는 이것과 자기력선과의 유추를 제시했는데, 그에 의하면 『유도력선이나 휘어진 역선이란 어구가 의미하는 것은, 우리가 자기력선이란 말을 사용할 때 이것이 의미하고