

世界科學技術史 (西洋篇)

近代的 科學的方法

宋 相 庸

〈韓國科學史學會 幹事〉

科學的方法에 관한 체계적인 연구는 멀리 아리스토텔레스까지 올라가지만 17세기처럼 방법론에 대한 관심이 두드러졌던 때도 찾아 보기 어렵다. 이때 나온 베이컨(Francis Bacon(1561~1626), 데카르트(Rene' Descartes(1596~1650), 갈릴레오(Galileo Galilei, 1564~1642)는 아리스토텔레스의 방법을 거부한 데서 공통점을 보였으나 서로 꼭 다른 과학적 방법을 내놓았다.

베이컨의 「새 器官」(*Novum organum*, 1620)은 책 제목부터 아리스토텔레스의 낡은 論理 Organon을 버리고 새 과학적 방법을 제시한다는 패기가 엿보인다. 그의 경험적방법은 두가지 면을 가지고 있다. 소극적 측면은 인간을 그릇된 판단으로 이끌기 쉬운 위험한 요소로 지적하는 것으로서 유명한 네가지 偶像(idola)이 바로 그것이다. 적극적측면은 과학자가 따라야 할 올바른 방법을 주는 것인데 그것이 歸納的方法이다.

아리스토텔레스 批判

귀납적방법을 처음 만든 것은 베이컨이 아니다. 아리스토텔레스와 그의 후계자들이 이미 과학을 하는데 그 방법을 썼다. 베이컨은 아리스토텔레스가 몇 개의 불충분한 관찰로부터 가장 넓은 一般化로 비약했다고 비판한다. 베이컨은 아래로부터 위로 비약하는 것이 아니라 특별한 것으로부터 더 일반적인 것으로 서서히 내려감으로써 관찰과 이성사이의 均衡을 구한다. 따라서 베이컨의 표준에서 보면 아리스토텔레스과학은 實在事物이 아닌 抽象을 다루는 텅 빈 구조이다.

베이컨에 따르면 자연에 관한 모든자료가 蒐集, 분류, 圖表化된 다음에야 그로부터 결론이 나올 수 있고

일반화가 이루어질 수 있다. 여기서 사실들은 경험, 믿을 만한 보고, 匠人의 傳承, 계획된 실험으로부터 수집된다. 사실들을 정리하는 방법은 예컨대 다음 과같다.

첫째, 存在表(tabula essentiae et praesentiae)는 연구하고자 하는 현상이 나타나는 事例들을 수집하는 적극적방법이다. 둘째, 不在表(tabula obsentioe)



F·베이컨(1561~1626)

는 연구하고자 하는 현상이 나타나지 않는 사례들을 모으는 소극적방법이다. 셋째, 程度表(tabula gradum)는 연구하고자 하는 현상이 정도의 차를 가지고 나타난 사례를 정리하는 비교방법이다.

베이컨의 방법은 지나친 形式化가 그 결함으로 지적된다. 그 자신 과학연구에서 복잡한 규칙을 엄밀히 못지킬 정도였던 것이다. 그러나 더욱 본질적인 비판은 그가 과학혁명초기에 그토록 성공적으로 이용된 數學的推論을 이해하지 못했고 假說의 중요성도 알지 못했다는 것이다. 이것은 부당한 비평이라는 異論이 없지 않으나 대체로 납득할 수 있는 평가인 듯하다. 베이컨은 경험주의자들이 자료만 모으는 개미이고 자연철학자들이 안으로부터 줄을 내어 짜는 거미인데 비해 과학자들은 꽃에서 짜내서 노력으로 다시 줄을 만드는 벌이 됨으로써 中道를 가야 한다고 말한바 있다. 그러

나 그가 이 말을 제대로 실천했는지는 의심스럽다.

科學者は 벌이 돼야

베이컨은 博物學者처럼 맹목적인 사실수집만 했지 창조적통찰력이 들어갈 여지를 두지 않았다. 그러나 베이컨체제의 첫 단계인 사실수집은 과학연구에서 가장 중요한 것이다. 그런데도 불구하고 사실수집이 경시되어 왔었는데 베이컨이 처음으로 그것을 중요시한 것은 높이 평가되어야 한다. 갈릴레오의 새 물리학에서 사실수집은 별로 중요하지 않았으나 觀念의 조직화가 덜 발달되고 자료가 훨씬 복잡미묘한 다른 과학에서는 정확한 정보를 충실히 얻는 것이 어설픈 概念化의 노력보다 더 효과적이다. 따라서 베이컨의 방법은 과학혁명후기에 생물학, 지질학에서 매우 유용했다.

데카르트는 모든 것을 의심하는 데서 출발했다. 그러나 다 의심해도 의심하는 나와 의심한다는 사실까지 의심할 수는 없다. 『나는 생각(의심)한다. 그러므로 나는 있다.』(Cogito ergo sum) 이렇게 해서 나의 존재가 증명된다. 그 다음 완전성의 개념을 쓰나 神의 존재를 증명하고, 차례로 外界의 존재를 증명한다.

데카르트의 회의는 方法的懷疑(la doute methodique)이다. 첫째, 세계에 관한 인식의 기초로서의 감각적경험이 가치가 있는가 하는 회의이다. 감각은 사람을 속이며 주관적이다. 따라서 감각적경험은 마음의 이미지에 지나지 않으며 그것이 外界의 사물과 같은지 알 수가 없다. 도대체 우리 마음밖에 사물이 존재한다는 증거도 없다. 둘째, 마음이 감각적경험의 主觀性을 넘어서서 외부세계에 관한 지식에 도달할 수 있는 힘을 가졌을까 하는 회의이다.

感官經驗을 철저히 불신하는 데카르트가 믿는 것은 理性이다. 왜냐하면 이성엔 신이 준 「自然의 빛」(lumen naturale)이기 때문이다. 그는 明哲하고 判明하게(clair et distinct)참이라고 생각된 것은 진리라고 한다. 즉 直觀에 의해 自明하다고 생각된 것은 확실한 지식이다. 그 대표적인 것은 수학지식, 그 가운데서도 幾何學的公理이다. 이 전체에서 출발해서 演繹에 의해 결론을 얻는다. 그렇다면 아리스토텔레스나 스킴라철학과 다른 것이 무엇이나는 의문이 나올 법하다. 물론 다른 점이 있다. 데카르트의 연역은 수학적연역이다.

空想科學小說家

이렇게 얻어진 결론을 데카르트는 경험에 비추어 확



R · 데카르트(1596~1650)

인하러 들지 않는다. 전제가 참이므로 연역추리과정엔 오류가 없는 한, 결론도 참일 수밖에 없는 것이다. 延長에 의한 물질의 정의, 眞空의 불가능함, 慣性法則, 입자들 사이의 충격법칙등 데카르트의 자연법칙들은 모두 명석·판명하게 참인 것으로 생각된 觀念으로부터 도출된 것이다. 이가운데는 運轉계 的中한 것도 있다. 신이 준 운동량이 보존되어야 한다는 전체에서 연역된 직선적관성법칙이 바로 그 예이다. 그러나 이것은 우연이고 實驗科學이 정착해 감에 따라 데카르트과학의 虛構性이 여지없이 드러났다. 데카르트의 제자 하이헌스(Christiaan Huygens)는 그러기에 스승을 「空想科學小說家」라고 비꼬았던 것이다.

데카르트方法的 장단점은 베이컨의 그것과 相補關係를 이룬다. 즉 데카르트가 가설과 수학적추론을 십이분 활용한 것은 그의 방법의 강점이다. 그러나 경험을 전적으로 무시한 결과 獨斷의인 과학을 낳았다. 그래도 데카르트의 방법은 과학혁명의 초기에 물리과학연구에서 무서운 위력을 발휘했고 그 뒤에도 계속 유용한 것으로 남았다. 그의 「方法論」(Discours de la methode, 1637)은 그것이 序文口實을 한 「屈折光學」, 「氣象學」, 「幾何學」이 거의 잊혀진 오늘까지도 不朽의 古典으로 남아 있다는 사실이 이를 증명한다.

갈릴레오는 데카르트보다는 덜하지만 역시 철저한 수학의 신봉자이다. 그는 「자연의 책은 幾何學的 기호로 씌어 있다.」고 단언한다. 자연이라는 책의 낯선 페이지를 解讀하는 방법은 그 속의 알파벳트를 찾는 것이며, 그것을 수학용어로 분석하는 것이다. 자연은 무자비한 不變의 법칙에 의해 운행되는데, 자연이 엄격한 必然性은 본질적으로 그 수학적인 성격에서 오는

것이다.

갈릴레오는 實在的진리와 수학적진리사이에 구별이 없다고 생각하며, 그런 의미에서 플라톤主義者이다. 그는 플라톤을 따라 잘 선택된 수학적논증은 기하학의 전통적인 주제인 길이, 넓이, 부피의 공간적측정을 넘어 시간, 운동, 물질의 양등 측정가능한 성질을 포함하는 물리세계의 어떤 문제에도 적용될 수 있다고 믿는다.

發見의 道具 數學

갈릴레오는 자연의 비밀을 여는 열쇠는 數學的論證이지 스큰라論理가 아니라고 한다. 논리학은 이미 발견된 논증, 결론에 모순이 없는가를 알게해주나 모순 없는 논증이나 결론을 찾는 방법을 가르쳐 줄 수는 없다. 즉 그에 따르면 논리학은 批判的 道具이고 수학은 發見의 도구이다.

갈릴레오의 자연에 대한 접근을 3단계로 나누어 볼 수 있다. 그는 경험의 직관적인 분석에 의해 일반화에도달하는데, 우선 감각의 세계에서 본질적인 요소를 분리하는 抽象化의 방법을 쓴다. 갈릴레오의 저서 「試金者」(Il Saggiatore, (1655)는 그 제목부터 이 방법을 단적으로 나타낸 것이다. 이것은 現象이 가장 쉽게 그리고 가장 완전하게 수학적형태로 번역될 수 있게 하기 위해서다. 이 단계가 끝나면 감각적사실은 더 이상 필요가 없게 된다.

이렇게 해서 얻어진 현상의 본질적 요소의 수학적관계를 분석한 다음, 假說을 세우고 그로부터 수학에 의한 연역적 논증을 하는 것이다. 여기서 결과가 나왔을 때 데카르트라면 끝이 나는 것인데 갈릴레오는 한단계 더 간다. 마지막으로, 수학적연역의 결과를 실험적으로 분석한다. 이것은 연역된 결과를 관찰과 비교함으로써 가설을 檢證하기 위한 것이다. 실험은 베이컨에게는 모르는 것을 발견하기 위한 것이었는데 갈릴레오에게는 이미 알려진 것을 확인하는 것이 된다. 다시 말하면 갈릴레오에게는 실험의 필요성이 크게 弱化된다.

갈릴레오는 「實驗科學의 아버지」로 널리 알려졌으나 실은 별로 많은 실험을 한 것 같지는 않다. 그는 많은 실험을 한 듯이 말하고 있지만 내용은 수적 데이터가 조잡한 것으로 보아 실제로 그런 실험을 한 증거가 희박한 경우가 많다. 만일 그 데이터가 측정의 결과가 아니고 架空的인 것이라면 마하(Ernst Mach)가 이른

바 思考實驗(Gedankenexperiment)임을 알 수 있다. 실상 그가 가진 기구로는 실험이 불가능한 경우도 적지 않았다. 당시에는 진공펌프나 정밀한 시계도 없었던 것이다. 측정이 정확하지 않으면 실험은 하나마나라는 것을 갈릴레오는 누구보다도 잘 알고 있었다.

近代는 갈릴레오에서

갈릴레오는 그의 결론의 참됨을 반대자들에게 증명하기 위해 여러가지 실험을 하지 않을 수 없었으나 자신의 단증을 위해서는 전연 실험을 할필요가 없는 것으로 믿었던 듯하다. 그러나 그가 고의로 실험을 회피한것 같지는 않다. 이미 결론이 나왔기는 했지만 그는 많은 실험을 했으며 그가운데는 놀라운 기술을 발휘한 것도 있다. 그는 初年에 기술적인 환경에서 자랐으며 그자신 기술자였으니만큼 실험을 펼치했을 이유는 찾기 어려울 것이다.

갈릴레오가 경험보다 理性에 크게 기울어진 것은 의심할 수 없는 사실이다. 아마도 우주의 數學的 구조에 대한 확신이 작용한 때문이었을 것이다. 그의 저서에서 보면 아리스토텔레스의 代辯者 심플리체오(Simplicio)가 경험을 강조하는 데 반해 갈릴레오의 대변자 살비아티(Salviati)는 늘 이성애 호소하고 있다. 그렇다고 해서 그가 전적으로 경험을 불신한 것도 아니다. 그가 거부한 것은 다만 아리스토텔레스가 의존한 常識的 經驗이었다.

갈릴레오의 방법에서 중요한 역할을 하는 실험은 단순한 경험과는 달리 「자연에 던져진 질문」이다. 여기에 답하기 위해서는 자연을 일정한 언어로 정식화해야 한다. 즉 수학적인 분석을 위한 준비태세를 갖추어야 한다. 따라서 갈릴레오에 있어 실험은 수학적추론과 불과분의 관계를 맺고 있는 특수한 경험이다. 이것은 분명히 베이컨의 그것보다는 한걸음 나아가간 경험이다. 더우기 그는 데카르트와 같이 理性一邊倒로 나가자 않고 약하나마 실험을 통제함으로써 독단적인 과학을 피할 수 있었다.

요컨대 갈릴레오의 과학적방법은 수학적추리를 주축으로 하고 실험적검증을 보충한 종합적인 성격의 것이었다. 이것은 아리스토텔레스과학에게는 致命的인 동시에 물리과학에게는 다시없이 좋은 무기였다. 近代科學이 갈릴레오와 더불어 시작되었다는 말은 결코 과장이 아님을 알 수 있다.