

그렇지 않았습니다. Copernicus 자신도 자동 설을 하나의 가설로만 생각했고 그러한 생각을 카톨릭 신자들은 오히려 칭찬을 했고 그와 친했던 신부들은 Copernicus에게 용기를 북돋아 주기까지 했습니다. 물론 Luther파주의자들이 반발을 하고 나왔지만 그들의 영향력은 당시에는 미미했기 때문에 종교측으로부터의 박해는 거의 없었다고 보아야 타당합니다.

더 중요한 것은 당시의 과학계를 살펴보면 과학자가 자신의 생각을 빨리 발표할 필요가 없었다는 것입니다. 즉 당시에는 Priority의 문제가 없었다는 것입니다. 결국 발표의 지연을 놓고 Copernicus의 보수성을 논할 수 없을 것입니다.

마지막으로 발표자에게 감사드리고 토론을 들어주셔서 감사합니다.

프리스틀리와 라바지에 : 과학사상에서의 보수와 진보

덕성여대 유 지 영

I. 플로지스톤 이론과 산소 이론

17세기 말경부터 파라켈수스(Paracelsus, 1493~1541)의 3원리 이론에 바탕한 연소현상에 대한 설명이 자리를 잡게 된다. 3원리이론에 의하면 물질의 모든 성질은 세가지 근본 원리들 즉 가연성을 나타내는 황(sulphur), 유동성과 휘발성을 나타내는 수은(mercury), 그리고 고체성과 안정성을 나타내는 염(salt)을 통해 설명 할 수 있다. 그리고 이에 따르면 물질이 타는 연소현상은 다른 원소와 결합된 상태의 가연성 원리 황이 그 물질로부터 분리되어 나오면서 일어나는 것이다.

플로지스톤(phlogiston) 이론은 이같은 생각을 발전시킨 것으로서, 금속이 금속재(Metallic Calx, 금속산화물)로 바뀌는 과정은 유동

성의 원리인 수은을 잃는 것이며 유기물이 연소하여 재가 되는 과정은 가연성의 원리인 황을 잃는 것이라는 파라켈수스의 이론을 통합하여 분리되어 나오는 이 부분을 플로지스톤이라고 명명한 슈탈(Georg E. Stahl, 1660~1734)에 의해 주장되었다. 플로지스톤 이론에 따르면 기름, 나무, 숯과 같은 가연성 물질은 모두 플로지스톤을 포함하고 있고 이것들이 탈 때 플로지스톤이 빠져나오게 된다. 그리고 연소만이 아니라 금속의 하소(calcination) - 오늘날 우리는 금속이 공기중의 산소와 결합하는 현상으로 이해하는 - 도 플로지스톤이론에 의하면 금속이 포함하고 있던 플로지스톤을 내어놓고 금속재(calx)가 되는 현상인 것이다. 플로지스톤 이론은 18세기를 통해 화학 전반을 설명해 주는 이론체계로서 화학자들 사이에 폭넓게 받아들여져 있었다. 그러나 플로지스톤 이론에 아무런 어려움이 없었던 것은 아니었다. 무엇보다도 당시 점점 더 정확하고 정량적이 되어 가던 실험들에 의해 하소의 결과로 생겨난 금속재가 원래의 금속보다 무게가 더 나간다는 것이 밝혀졌고, 플로지스톤이 빠져나갔는데도 무게는 오히려 증가한다는 사실은 이 이론의 중요한 문제점으로 인식되었다. 물론 플로지스톤이 음의 무게를 갖는다는 식의 설명이 가능했지만, 왜 하소의 경우에는 무게가 증가하고 연소의 경우에는 감소하는가라는 질문은 그대로 남았다. 아직 연소시 생성되는 기체물질의 무게를 고려하지 못했던 상황에서 연소의 경우에도 무게가 증가 한다는 사실은 알지 못했기 때문이었다.

이런 시기에 스코틀랜드를 중심으로 해서 여러가지 기체들과 그 성질들에 대해서 연구하는 기체화학(Pneumatic Chemistry)의 전통이 형성되어 있었고 헤일즈(Stephen Hales, 1677~1761), 블랙(Joseph Black, 1728~1799), 캐번디쉬(Henry Cavendish, 1731~1810), 프리스틀리(Joseph Priestley, 1733~1804)등이 이 전통의 중요한 기체화학자들이었다. 이들은 1750년대부터 기체가 한가지만이 아니라

여러가지가 있다는 것과 그것들이 서로 다른 물질이라는 것을 알게 되면서 모든 기체를 “공기”(air)라는 한가지 물질이라고 여겼던 당시까지의 믿음으로부터 벗어났다. 그들은 또한 공기 중에 들어있는 보통 공기와는 화학적 성질이 다른 기체들을 분리해 내었다. 해일즈가 처음 분리해 낸 “고정된 공기”(fixed air, 오늘날의 탄산가스)를 비롯해서, 캐번디쉬에 의한 “가연성 공기”(inflammable air, 수소), 프리스틀리가 찾아낸 “나빠진 공기”(vitiating air, 질소), “초석의 공기”(nitrous air, 일산화질소)등이 그 예들이었다.

이들은 플로지스톤 이론을 받아들이고 있었고 그들의 실험결과를 플로지스톤이론에 바탕해서 설명했다. 밀폐된 공간 속에서 물질을 태우면 어느 정도까지만 연소가 진행된 후 멈춘다는 사실에 대한 그들의 설명이 그것을 잘 보여준다. 물질이 연소하기 위해서는 물질로부터 플로지스톤이 나올 수가 있어야 하는데 밀폐된 공간이 받아들일 수 있는 플로지스톤의 양에는 한도가 있기 때문에 연소가 어느정도 진행된 후에는 그 공간이 “플로지스톤으로 포화된”(phlogisticated)상태에 이르러 플로지스톤의 방출을 멈추게 된다는 것이다.

1774년 8월 1일 플리스틀리는 산화수은(Mercury Oxide)을 가열하여 물에 녹지 않는 ‘조연성’의 기체를 얻게 된다. 수은을 낮은 온도로 가열하면 붉은 색의 산화물을 얻게되고 이것을 다시 높은 온도로 가열하면 분해되어 기체가 생성되었다. 프리스틀리는 이 새로운 기체를 “플로지스톤으로 포화된 초석화된 공기”(Phlogisticated Nitrous Air)라고 생각했다. 그것은 그가 수년 전 실험을 통해 질소의 산화물이 연소를 돕는 성질이 있음을 발견한 적이 있기 때문이었다. “보통공기(Common Air)”의 순도를 측정하는 Nitrous Air Test를 사용하여 이 새로운 기체가 보통공기와 비슷한 조성을 가진다는 잘못된 결과를 얻는다. 플리스틀리는 이 Test를 되풀이 하여 1775년 4월 이 새로운 기체가 보통공기 보다 4-5배

나 순수한 공기, 따라서 보통공기 보다 4-5배 정도 플로지스톤을 더 담을 수 있는 기체—보통공기 보다 4-5배나 플로지스톤이 빠져나간—라는 사실을 인식하게 된다. 따라서 이 반응은 바로 수은 산화물을 수은으로 바꾸는 환원반응이며 수은 산화물(수은금속재)이 공기중의 플로지스톤을 흡수하여 수은이 되었다고 생각했다. 따라서 새로 얻은 기체는 보통공기에서 플로지스톤이 빠져나가고 남은 부분이 된다. 그래서 그는 이 기체를 “플로지스톤이 없는 공기”(Dephlogisticated Air)라 불렀다.

한편 라와지에는 1772년의 황과 인의 연소 실험 이후 그의 가정에 입각하여 공기로 부터 얻은 “무엇”을 찾는 작업을 계속하였다. 1773~74년에 걸쳐 수은을 가열하여 수은의 금속재(오늘날의 산화수은)를 만드는 과정에 대한 유명한 실험을 통해서 이 과정이 수은과 공기의 일부인 특정한 “공기”와의 결합임을 확인했다. 이제 그에게 주어진 문제는 이 특정한 “공기”가 어떤 기체인가 하는 것이었다. 처음 그는 이 새로운 기체가 그때까지 가장 잘 알려져 있던 “고정된 공기”—즉 탄산가스—가 아닌가 생각했지만 그 기체는 연소를 지탱해 주지 못하며 그 속에서는 연소가 일어나지도 않는다는 점 때문에 이내 그 생각을 버려야 했다.

라와지가 계속 이 문제를 풀지 못하고 있던 1774년 프리스틀리가 파리를 방문했고 라와지에게 자신이 발견한 새로운 “공기”에 대해 이야기해 주었다. 1774년 11월 프리스틀리의 수은금속재의 환원 실험에 관한 소식을 듣고 자신이 찾는 기체가 플리스틀리가 발견한 기체—Phlogisticated Nitrous Air—가 아닌가 추측하게 된다. 이것을 확인하기 위해 라와지에는 1774년 11월 수은산화물의 환원 실험을 하게 된다.

“처음 수은 산화물의 양이 1ounce이고, 환원시킨 수은의 양이 7gros, 18grains 이므로 그 차이는 54grains이다 …여기서 무게의 감소분 만큼이 기체

로 바뀌었다는 가정을 하면 얻어진 기체의 부피 78입방인치에 무게가 된다. 따라서 이 기체의 1입방인치당 무게는 54/78이며 이 수치는 일상적인 온도와 압력하에서의 보통공기의 수치 0.46과 큰 차이가 없으므로 이 새 기체는 보통 공기와 크게 다르지 않다.”

1772년 11월 라바지에는 비금속물질인 황과 인의 연소실험을 통해 연소후 생성되는 산의 무게가 반응전의 무게—황 또는 인—보다 증가한 것을 발견하였다. 그는 또한 밀폐된 용기속에 납과 탄소가루를 넣고 약하게 가열할 경우 금속산화물의 무게의 증가와 함께 용기내의 공기의 많은 양이 감소한다는 사실을 확인하였다. 라바지에는 이러한 실험을 통해 플로지스톤 이론과는 반대되는 생각을 조심스럽게 가정하게 된다. 즉, 금속의 산화나 비금속 물질의 연소시 플로지스톤이 빠져 나가는 것이 아니라 공기로부터 ‘무엇’이 더해진다는 생각이다.

결국 라바지에는 프리스틀리가 1775년 이 새로운 기체가 “조연성”의 그리고 “호흡하기 편한” “플로지스톤이 없는 기체”라는 사실을 발표할때까지 더 이상의 진척이 없다가 이 프리스틀리의 기체를 1772년 황과 인의 연소 실험 이후 계속 찾아왔던 “공기로부터 얻는 무엇”과 대치할 수 있으리라 생각하고 보다 정교한 실험을 통해 그의 “새로운 화학체계”를 세웠다.

“나는 이 실험에서 형성된 45grains의 붉은 물질을 작은 증류기에 넣고 추출될 지 모르는 액체나 기체 생성물을 받을 적당한 장치를 했다. ……증류기가 거의 붉은 색으로 가열되었을 때 붉은 물질은 점차 부피가 줄어서 몇 분내에 완전히 사라지고 41.5gr.의 액체 수은이 수집기에 모아졌으며, 7-8입방인치의 기체가 모아졌다.”

분석 결과 붉은 금속재가 수은으로 되돌아갈 때 배출된 이 기체는 “호흡과 연소를 지탱해 주는 능력이 보통공기 보다 훨씬 큰”것을 알아냈으며 프리스틀리가 발견한 바로 그 기체임을 확인할 수 있었다. 반응물과 생성물

의 질량의 보존을 염두에 둔 이 실험을 통해서 라바지에는 다음의 결론을 이끌어 냈다. 첫째, 수은금속재의 알맹이가 수은으로 바뀌는 과정과 수은이 금속재로 바뀌는 과정에 관여한 기체는 동일한 부피의 “호흡 가능한 공기”이다. 따라서 금속재는 수은으로 부터 플로지스톤이 빠져나가서 생긴 것이 아니라 용기내의 “호흡가능한 공기”와의 결합을 통해서 생성된 것이다. 마찬가지로 이 과정—하소, Calcination—이 멈춘 것은 이 기체가 다 소모되어 공기의 다른 부분들만이 남았기 때문이다.

II. 프리스틀리와 라바지에

I 절에서 화학혁명의 내용을 플로지스톤 이론과 산소이론을 통해서 아주 단편적인 면만을 살펴 보았다. 이런 류의 논의는 우리로 하여금 화학혁명에 관한 역사적 사실에 관한 지식의 확장에는 도움을 줄수도 있지만 프리스틀리와 라바지예를 서로 대비되는 두 전통—정성적, 정량적, 혹은 경험적, 분석적, 과학적 전통—에 속한 인물로만 파악하게 하거나 또는 화학혁명을 어떤 “결정적 실험(Crucial Experiment)”에 의존한 이론간의 대체로만 파악하게 하는 오류를 범하게 할 수 있다. 실제로 화학혁명은 플로지스톤 이론과 산소 이론과의 대체만이 아니라 명명법의 개혁을 통한 분석적 언어의 도입, 정량적—분석적 체계의 도입, 독자적인 학문 분야의 확립등과 같은 중요한 내용들을 포함한 복잡한 현상이었다.

“오래전에 꿈뜨가 관찰했듯이 라바지예의 화학혁명의 가장 두드러진 특징은 아마도 화학이 오래전에 이미 과학이 되어 있었던 천문학과 물리학과 비견할 만한 이론적 지식을 갖춘 독자적인 분야로 출현하게 되었다는 점이다.”

“사실상 화학혁명은 이미 존재하던 분야에서의 변화가 아니라 새로운 과학분야의 탄생에 가깝다. 1750년 이전의 화학은 독자적인 분야로 간주되기

는 어렵다. 화학은 오래전 부터 자신의 선조를 가졌으나 다른 분야에 종속 되어 있었다.”

라바지에의 방법론적 개혁의 핵심은 화학 언어의 개혁이었다. 라바지에게는 언어의 개혁은 새로운 화학체계와 불가분의 연관을 맺고 있었다.

“우리는 말이라는 매체를 통해서만 생각한다. 언어는 진정한 분석 방법이다. 모든 종류의 표현에서 가장 간단하고 가장 정확한 그리고 가능한 한 최선의 형태로 자체의 목적에 적응되는 대수학은 하나의 언어이자 동시에 하나의 분석적 방법이다. 추론의 기술은 잘 배열된 언어에 불과하다.”

콩디악(Etienne Bonnot Condillac, 1714-1780)의 이러한 생각은 라바지에서 자신의 방법론적 개혁의 방향을 제시해 주었다.

프리스틀리를 화학혁명을 통해 대체된 전통에 입각한 인물로 파악하는 경향은 상당히 일반적이다. 그에 대한 묘사는 “정규적인 과학교육의 배경이 없었으며 화학이론에 대해서 무지했던 우연적 발견의 연구자”로 특징 지워져 왔다.

“인내심이 많고 근면한 관찰자이나 이론가가 필요한 상상력이 결여된 인물 ... 당시의 종교적, 정치적, 사회적 문제에 대해서는 진보적(보다 옳게 표현한다면 급진적) 입장을 취했으나 과학문제에 있어서 만큼은 보수적 입장을 취했다.”

프리스틀리에 대한 이러한 평가에 대해 R. E. Schofield는 “프리스틀리가 상당히 훌륭한 과학교육 배경을 가졌으며, 당시의 과학자들 및 과학문헌들과 지속적으로 접촉했던 과학적 배경이 없는 우연한 발견가가 아님”을 지적한다. 프리스틀리에 대한 위의 인용문에서의 묘사는 상당부분 그가 라바지에의 새로운 화학을 거부하고 이미 낡아버린 플로지스톤 이론을 고수했다는 점에 기인한다. 그러나 프리스틀리가 단순히 타협할 줄 모른 완고한 고집장이었기 때문에 혹은 플로지스톤 이론을 헤쳐 나올 수 없었기 때문에 그랬던 것

처럼 보이지는 않는다. 실제로 그는 라바지에의 주장들이 설득력 있음을 인정했고 한동안 수용의 태도를 보이기도 했다. 그렇다면 왜 프리스틀리는 끝내 새로운 화학으로 개종하지 않았나?

원칙적으로 프리스틀리는 플로지스톤 이론과 산소 이론 모두를 “가설”로 취급하고 있다. 실험을 통해서 검증되지 않는 한 “가설은 주관적 견해”에 불과 할 뿐이다. 프리스틀리는 플로지스톤이 “그 존재가 증명되지 못한 상상력의 산물”이라는 프랑스 화학자들의 주장에 대해 라바지에의 새로운 화학도 플로지스톤과 그 물리적 지위가 다를 것이 없는 Caloric 산을 만드는 원리(산소), 염기의 원리(질소)등과 같은 원리들이 포함된 가설적 체계임을 지적한다.

“프랑스 화학자들이 무게를 많이 사용하지만 그들은 Caloric과 빛에 대해서는 그것을 적용하지 않는다.” 프리스틀리는 대체로 산소 이론이 가지는 설득력과 합리적인 면을 인정하지만 그에게 있어서 보다 중요 했던 것은 새로운 사실의 발견과 그것을 통한 인간의 지식의 확장이었다. 그는 “새로운 사실들이 지속적으로 축적되면 어느시기에 가서는 사실에 근거한 일반이론이 나타나게 되지만 지금은 그때가 아니라고 생각한다.”

“혼란스러운 지식의 상태가 덜 익은 사변을 통해서 나아지지는 않는다. 충분한 양의 새로운 사실의 발견을 통해서보다 일반화된 이론이 스스로 나타나게 될 것이다.”

“어느 시기에는 체계에 대한 우리의 추측이 새로운 사실들의 발견으로 이끌 수도 있다. 그러나 현재는 그러한 체계에 우리의 관심을 돌릴 때가 아니다. 자연철학에서의 발견은 호기심 가득차 있으나 조금은 덜 현명한 눈으로 무한한 노력을 기울일 수 있는 능력에 달려있다.”

라바지에의 새로운 체계를 그것이 지니는 가설적 경향 때문에 거부했던 프리스틀리가 왜 플로지스톤 이론을 고수했을까? 프리스틀리 자신의 언급처럼 플로지스톤 이론 역시

가설에 불과한 것이 아닌가? 프리스틀리에게 플로지스톤은 연소현상을 설명하는 데 유용했던 개념이자 동시에 새로운 사실들을 발견하고 분류하는데 필요한 개념이었다. 사실의 발견 그리고 사실과 사실간의 유비(analogy)를 통한 다른 사실의 발견을 통해 인간은 자연에 대한 이해를 심화시키고 이러한 자연철학적 지식의 진보를 통해 인간은 인간에게 부과된 현상들의 종교적, 정치적 편견을 제거하여 결국은 단일한 하나의 궁극적 원인인 신에 이르게 되는 것이다. 따라서 프리스틀리에게 플로지스톤은 이러한 작업을 수행하는데 필요한 Heuristic Hypothesis였다.

(토론1-숙명여대 김 명 자)

유지영 선생의 글은 18세기 영국의 기체 실험학자 Priestley(1733-1804)와 프랑스의 대표적인 화학자 Lavoisier(1743-1794)를 “과학에서의 보수와 진보”라는 각도에서 다루고 있다. 그 내용은 I, II부로 나뉘어, I부에서는 Phlogiston 이론과 산소 이론을 대비시키고, II부에서는 Priestley와 Lavoisier의 태도를 기존 연구로부터의 몇가지 인용문에 근거하여 그 차이를 보여주는 것으로 생각된다.

I부의 내용은 Phlogiston 이론의 출현 배경을 요약하고, 물질의 연소라는 현상과 금속이 금속재로 하소(calcination)되는 현상의 설명에 있어 두 경우 다 Phlogiston 이론이 기본적인 화학이론 체계로서 수용되고 있었음을 지적한다. 그리고, 과학에서의 정량화의 경향에 의해 Phlogiston이 빠져나간 금속재가 원래의 금속보다 더 무거워진다는 사실을 확인케 된 것은 Phlogiston의 무게가 음의 값이 돼야 한다는 결론이 이르게 함으로써, Phlogiston의 지위의 모호성과 아울러 Phlogiston 이론의 문제점이 제기된 상황을 설명하고 있다.

나아가서, 이 시기의 스코틀랜드 기체화학자들의 실험 결과들을 개괄적으로 정리하고,

이들 결과가 철저히 Phlogiston이론에 바탕하여 어떤 방식으로 설명되고 있었던가를 보여주는데 I부의 비중이 주어지고 있다. 특히 1772년부터 1774년까지 Priestley와 Lavoisier에 의해서 수행된 실험 내용의 기술에서 “de-phlogisticated air”의 정체를 밝히는 두 과학자의 접근 방식의 차이를 보여주고 있다.

앞에서 대략 살핀 바와 같이, 유선생의 글의 I부는 Priestley의 보수성과 Lavoisier의 진보성을 대비시키는 데 요구되는 구체적인 사료를 Phlogiston 이론을 중심으로 간략하게 제시한 것이라 볼 수 있다. 이 심포지움의 주제가 가리키듯이, 만약 진보와 보수의 대립이라는 관점에서 화학혁명의 성격을 조명하는 경우, 근대화학 체계의 출현에 있어 주로 변혁이었던 것으로 보이는 Phlogiston이론의 폐기라는 사건은 그것을 폐기한 측과 그것을 고수한 측의 양진영의 대표적 인물에 관한 논의에서 좋은 기준을 제시해준다고 생각된다. 유선생은 아마도 그런 맥락에서 I부의 내용을 II부에 비해 더 깊게 서술케 된 것이 아닌가 짐작되는데, II부의 서두에서는 그런 류의 논의가 몇가지 특징을 지니고 있음을 먼저 이야기하고 있다.

즉 Priestley Lavoisier를 대립시켜 서로 대비되는 두 전통속에 경직되게 가두거나, 화학혁명이 마치 Phlogiston 이론의 산소 이론에의 대체에 의해 단순하게 성취됐다고 보는 식의 오류에 관해 언급하면서, 화학혁명이 실제로는 명명법의 개혁을 통한 분석적 언어의 도입, 정량적-분석적 체계의 도입, 독자적인 학문 분야의 확립등을 포함했던 복잡한 현상으로서, 새로운 전문분야의 탄생으로서 화학혁명의 성격을 규정하는 연구 결과들을 인용하고 있다.

II부의 내용은 크게 나누어, Lavoisier가 화학이론의 혁신에 이르게 된 배경(Condillac의 영향 등)과 의도를 강조함으로써 소위 그의 진보성이라 볼 수 있는 성격을 분석하는 한편으로, Priestley에 관한 일반적인 기준 평가에 대한 비판 내용을 주로 인용함으로써, 그

의 보수성이라는 성격의 의미를 수정하는 것으로 이해된다. 다시 말해서 Priestley가 죽기까지 Phlogiston이론을 고수했던 것은 그리 완고한 보수성이나 고집 때문이 아니라, 두 이론이 모두 가설이기는 마찬가지인 형편에서, 새로운 사실의 지속적 축적에 의해 일반 이론이 형성되리라 생각했던 그의 믿음에 연유했던 것으로 보고 있다.

결국 Priestley가 두 가설 가운데 하나에 불과했던 Phlogiston이론을 자연계의 현상을 설명하는 개념으로 홀로 평생 지켜왔던 사실은 자연철학적 지식의 진보를 통해 신에게로 접근함에 있어 필요했던 Heuristic Hypothesis로서 Phlogiston이론을 받아들였던 것이라 결론 내리고 있다.

Priestley와 Lavoisier의 보수성과 진보성에 관한 발표자의 의도와 발표 내용을 파악하건데, 이 주제는 단순한 이론적 논의에서 다루어질 것이 아니라는 점을 표명한 것으로 짐작된다. 그러므로 글의 초점을 Priestley의 완고한 보수성을 강조하는 듯한 평가에 대해 비판적인 내용을 소개하는 것에 의해 그 보수성의 의미를 수정하고, Lavoisier의 접근의 특성과 그가 이룩하게 되는 변혁의 과학자가 비슷한 실험 결과를 해석함에 있어 어떻게 다른 결론에 이르게 됐는가를 보여주고 있다. 즉 발표자의 논지는 이들 사이의 진보와 보수의 성격이 그 어휘가 일반적으로 뜻하는 극단적인 차이가 아니었음을 보이려했다고 생각된다.

이 발표문의 요지를 이렇게 이해하는 것이 그나지 오해가 아니라면, 필자는 발표자의 관점에 대해 대체로 동의하는 입장이다. 다만 더 정리되었다더라면 하는 느낌이 있다. 그러나 발표자에 비해 이 주제에 대한 지식과 연구가 짧은 본 토론자의 입장으로서 위와 말한 바를 전제로 하여 일반적인 관점을 몇가지로 요약하여 다음과 같이 정리할 수 있겠다.

첫째로, "Priestley versus Lavoisier"에 관하여 "보수 대 진보"라는 주제로 논의하는 것

은 다분히 화학혁명 이후 Phlogiston 이론이 산소 이론에 의해 교체되고 난 뒤의 시각에 입각한 것이라 생각된다. 왜냐하면, 화학혁명 당시, 특히 앞에서 논의한 1770년대와 1780년대 전반의 상황으로는 이들 이론이 둘 다 가설적 성격을 띠므로써 Lavoisier의 물질 이론도 미흡하기는 마찬가지였기 때문이다. 그러나 Lavoisier보다 10년 일찍 태어나 10년을 더 오래 살았던 Priestley가 죽기까지 새로운 화학이론으로 전향하지 않았다는 것이 분명한 사실이고 보면, 이 발표문에서도 Priestley의 말년에서의 그의 심경에 관한 부분이 더 자세히 발굴되고 논의됐어야 할 것이라 생각된다.

둘째로, Priestley와 Lavoisier의 보수와 진보의 논의에서 Phlogiston이론의 폐기와 산소 이론의 출현이 논의의 초점이 되는 것은 적절하다고 생각된다. 왜냐하면, T.S. Kuhn의 견해와 같이 산소의 발견과 화학이론상의 혁명의 연관성은 분명해서, 물론 그 발견이 혁명의 원인 자체는 아니었다고 하더라도 Lavoisier로 하여금 Phlogiston이론이 어딘가 잘못 됐다는 생각에 형태와 구조를 갖추게 하는 요인으로 작용했기 때문이다. 그러나 산소 발견의 의미는 또 다른 측면을 보여주는 것으로 생각된다. 즉 산소의 발견이 한번의 단순 행위로 결말 지워져서 새로운 이론에 이르는 성격이 아니었다는 점에 주목한다면, 그 발견과 연관되는 새로운 이론의 정립에도 과도기적인 수용 시기를 거쳐야 했으리라는 사실을 쉽사리 이해할 수 있고, 따라서 Priestley에게서 보이는 태도가 단순히 진보에 역행한 것이라 평가하기 어려운 점이 있다.

셋째로, Priestley와 Lavoisier의 대비에 있어 고려돼야 할 사항은 당시의 영국과 불란서의 과학상의 특성이라고 생각된다. 앞에서 언급된 바와 같이, 영국의 기체화학의 전통은 보다 정량적 기법에 의해 불란서를 앞서가는 실험 결과들을 더 많이 얻고 있었으면서도 그 결과에 대한 새로운 해석은 거의 찾아볼 수 없는데 비해, 불란서의 경우에는 잡다한

경험적 사실의 축적 보다는 고도의 지적 통찰력에 바탕한 새로운 해석에 관심을 두고 있었음을 보게 된다. 그리고, 이러한 차이를 놓고 있었던 배경으로는, 예컨대 Academy of Science의 수학자, 물리학자들과의 교류를 통한 여타 분야의 과학의 영향도 고려돼야 할 것이다.

넷째로, 화학상의 혁명이 기존 분야의 수정 보완의 수준이 아니라 새로운 분야의 출현이었다고 볼 때, 이 분야의 출현에 미친 과학적 요소들의 영향을 고찰하는 것도 화학혁명에서의 “보수와 진보”의 의미를 해석하고 규정하는데 중요하다고 생각된다. 잘 알려진 바와 같이, 새로운 분야의 형성 및 출현에 있어서는 당대의 사조나 시대적 배경이 큰 영향을 미치게 되므로, 화학혁명의 시기에 관해서도 이런 관점이 고찰되는 것이 “보수와 진보”의 성격을 분석하는데 도움이 될 것이기 때문이다. 구체적으로 화학혁명은 사실상 계몽주의 시대였던 점을 고려하여 계몽사조와의 상호작용을 파악하고, Mechanical Philosophy의 신봉자였던 Priestley에게 그것이 어떤 형태로 영향을 미쳤는가를 고찰하는 것도 의미있다고 생각된다. 결국 이번 방식의 논의에서 우리가 새삼스럽게 깨닫게 되는 점은 과학활동의 결과는 과학 내적인 요소는 물론, 과학외적인 제반 요소들의 총체적 산물이라는 사실이 될 것이다.

〈토론2-덕성여대 김 제 현〉

발표논문 내용의 전반부는 화학혁명의 가장 핵심적인 부분, 즉 Lavoisier에 의해 새로운 연소이론의 발견에 대한 간결하고 잘 요약된 설명이라고 생각한다. 논문 후반부에 실려있는 발표자의 주장은 종래에 받아들여지던 화학혁명에 대한 견해에 문제를 제기하고 있다. 일반적으로 화학혁명은 Lavoisier의 정량적, 실험적 방법에 의하여 발견된 산화이론이 기존의 Phlogiston 이론을 대체하는 과정으로 이해되어 왔으며, Priestley는 그의 산소

분리 업적에도 불구하고 끝내 Phlogiston 이론을 고집한 보수적 화학자로 간주 되었다. 그러나 발표자는 Priestley가 끝내 Lavoisier의 연소이론을 받아들이지 않은 이유가 보수성보다 그의 실증주의적 태도에 있었다고 주장한다. 이는 마치 E. Mach의 실증주의적 태도가 Dalton의 원자론을 수용하기 어렵게 만든 경우와 비교될 수 있다고 생각한다. 이러한 Priestley에 대한 평가는 기존의 고정관념에 신선한 의문을 제기하고 있으며, 발표자의 주장에 대한 보다 깊은 연구를 요청하고 있다.

토론자로서 이 논문에 대하여 몇가지 아쉽게 느껴진 점이 있다면, 화학혁명에 대한 발표자의 관심이 너무 Lavoisier의 연소이론 발견에만 국한되어 있는 점이다. Priestley와 Lavoisier의 업적 및 진보·보수성이 평가되기 위하여는 화학혁명에 대한 보다 넓은 시야의 이해가 선행되어야 하며, 이러한 화학혁명의 역사적 맥락 속에서 그들의 업적이 평가되어야 한다. 즉, 넓은 의미에서, 화학혁명이란 Lavoisier의 연소이론의 등장부터, 그 결과 가능해진 화합물, 특히 산화물에 대한 올바른 이해와 정량적 분석법, 그리고 이에 따라 발전하게 된 화합물에 대한 분석적, 정량적 이해의 증가에 바탕한 Dalton의 근대원자론의 성립까지를 포함하는 일련의 과정으로 이해되어야 하며, Priestley와 Lavoisier의 진보·보수성은 이러한 화학혁명의 역사적 맥락에서 이해되어야 한다.

이러한 관점에서 볼때 발표자가 지적한 Lavoisier의 보수적 측면, 즉 Caloric이론 및 산·염기 이론 등은 화학현상의 정성적 설명에서부터 정량적, 분석적 연구로 전환하기 위한 진보의 과도기적 과정으로 이해될 수 있다. 기존의 Phlogiston이 담당하던 두가지 역할, 즉 화학반응시 발생하는 열과 빛의 원인이며 화학반응시의 물질적 변화의 원인의 이중적 역할이 Lavoisier에 의하여 Caloric과 산소에 분담되었다. 열역학이 성립되지 못한 단계에서 Lavoisier는 Phlogiston의 모호하고 복합적인 역할에서 열현상을 Caloric이란 입자

—비록 실증되지 못한 입자이지만—를 가정함으로써 산화현상의 물질적 변화원인으로서 산소의 역할을 명료화하였으며, 이를 통하여 산화현상의 정량적, 분석적 이해가 가능해졌다. 또한 그의 산·염기 이론은 17세기 이래의 화학적 전통, 즉 모든 화학 반응을 산과 염기의 반응으로 이해하려는 경향에서 비롯되었으며, Lavoisier는 산화현상이 곧 산을 형성하는 과정으로 이해하였다. 그의 산·염기 개념을 바탕으로 모든 화합물의 분석을 시도하였고, 그것이 산화현상에 대한 올바른 이해에 바탕하고 있음으로 해서 화합물의 분석적, 정량적 이해에 새로운 돌파구가 마련되었다.

결과적으로 Priestley에 의하여 지적된 Lavoisier의 가설적 이론은—발표자는 이를 Lavoisier의 보수적 측면으로 이해하는 듯 함—결국 화학혁명의 진보를 위한 과도기적 과정으로 이해될 수 있다. 또한, 만약 Priestley가 Lavoisier의 산화이론을 비실증적 가설로 이해하였다면 그는 어떠한 이유로 Phlogiston을 실증적 존재로 받아들였으며, 더우기 Lavoisier의 이론에 입각한 실험적, 분석적 결과가 쏟아져 나오던 1780년대 이후까지 그 이론을 받아 들이지 않은 점등에 대하여 적절한 설명이 요구된다. 논문의 말미에 발표자는 Priestley가 Phlogiston이론을 Heuristic Hypothesis라고 생각하였다고 주장하였는데 Phlogiston이론이 어떤 점에서 어떻게 'Heuristic'하였으며, 만약 그가 진정으로 실증주의자였다면 왜 Lavoisier의 이론을 하나의 'Heuristic'한 이론으로 수용하지 못했을까 등의 의문을 가져본다.

아인슈타인 대 코펜하겐학과

서울대 조인래

I. 서 언

Einstein이 죽을 때까지 양자역학에 대한 완고한 반대자로 일관했다는 것은 잘 알려진

사실이다. 이런 이유로 해서 그는 양자역학에 대한 정통적(혹은 Copenhagen)해석의 옹호자들에 의해 심지어 “반동적(reactionary)”이라 규정되곤 했다. Einstein자신도 동료과학자들이 이러한 비판을 잘 알고 있었다.

현 세대는 내 속에서 이단자(heretic)와 말하자면 죽어야 할 때가 지난 반동주의자(reactionary)를 동시에 본다.

그리고, Heisenberg의 Einstein에 대한 다음과 같은 언급은 옛 패러다임을 고수하는 늙은 과학자에 대한 Kuhn의 묘사를 연상시킨다.

대부분의 과학자들은, 새로운 경험적 자료들이 그들의 철학적 틀속에 잘 들어맞는 한, 그것들을 인정하고 기꺼이 받아들인다. 그러나 새로운 경험적 자료들에 대한 완전한 이해가 기존의 틀을 확대하고 사고과정을 그 구조에서부터 변화시킨 엄청난 노력을 요구하는 경우가 과학의 진보과정에서 발생할 수 있다. 양자역학의 경우 Einstein은 분명히 이러한 단계를 밟으려고 하지도 않았고, 아마 그렇게 할 수도 없었다.

양자역학에 대한 반대와 관련하여 Einstein을 보수적 또는 반동적 과학자라고 부르는 것이 별 의미없이 널리 받아들여져 왔음에도 불구하고, 석연치 않은 느낌을 불러일으키는 것 또한 사실이다.

왜냐하면, 20세기 과학적 혁명의 한 전형으로 여겨지는 상대성이론을 개발하고 뿐만 아니라 양자역학 발전의 초기단계에 있어 결정적 기여를 한 과학자가 보수적 과학자로 전락했다는 것은 이해하기 어려운 일이기 때문이다.

이 글의 목적은 Einstein이 양자역학에 반대한 이유를 밝히고, “보수적” 또는 “반동적”이라는 비판의 근거를 묻는 것이다.

II. 양자역학의 비고전적 특징들

어떤 고전역학적 물리계 S의 상태는 그 물리계에 속하는 동역학 변수들(dynamic vari-