9. 과학혁명의 성격과 필연성

이렇게 살펴봄으로써 우리는 드디어 이 에세이에 제목을 부여한 그 문제들을 고려할 수 있게 되었다. 과학혁명이란 무엇인가? 그리고 그것은 과학의 발전에서 어떤 기능을 하는가? 이들 질문에 대한 대답은 앞서 다룬 장들에서 상당 부분 예측되어왔다. 특히 바로 앞 장의 논의에 따르면 여기서 과학혁명이란, 보다 옛 패러다임이 양립되지 않는 새 것에 의해서 전반적이거나 부분적으로 대치되는 비축적적인 발전에서의 에피소드들로 간주되었다. 그러나 이외에 말해야 할 것이 더 있는데, 그 본질적 요소는 한 가지 물음을 더 제기함으로써 잡힐 수 있다. 패러다임의 변화는 어째서 혁명이라고 불러야 하는가? 정치적 발전과 과학의 발전 사이에는 엄청난 본질적인 차이가 있음에도 불구하고 어떠한 유비 관계가 양쪽에서 혁명을 발견하는 은유를 정당화시키는가?

그러한 유사 관계의 한 측면은 앞의 논의 과정에서 이미 뚜렷해졌음에 틀림없다. 정치혁명이란, 기존 제도가 주위 상황에 의해서 제기되는 문제들을 이제 더 이상 적절하게 해결할 수 없다는 의식이 흔히 정치적 사회의 집단에 편재되어 팽배하면서 시작된다. 이와 상당히 비슷한 방식으로 과학혁명이란, 기존 패러다임이 자연 현상에 대한 다각적인 탐사에서 이전에는 그 방법을 주도했으나 이제 더 이상 적절하게 구실을 하지 못한다

는 의식이 과학자 사회의 좁은 분야에 국한되어 점차로 증대되면서 시작된다. 정치적, 과학적 발전의 양쪽에서 위기로 몰고 갈 수 있는 기능적 결함을 깨닫는 것은 혁명의 선행 조건이다. 더욱이, 분명 그 은유를 제약하기는 하지만, 그런 유비 관계는 코페르니쿠스와 라부아지에의 경우와 같은 주요 패러다임 변화에 적용될 뿐만 아니라, 산소나 X선처럼 새로운 현상의 동화와 연관된 국부적인 패러다임 변화에서도 역시 성립된다. 과학혁명은, 제5장 끝에서 보았던 것처럼, 그들의 패러다임이 그 혁명들로부터 영향을 받는 사람들에게만 혁명 같아 보이면 된다. 그밖의 무관한 사람들에게는, 20세기 초의 발칸 혁명과 같이, 발달 과정에서의 정상적인 일면으로 보일 것이다. 예컨대 천문학자들은 X선을 지식 더미에 단순히 하나 더 추가된 것으로 받아들였는데, 왜냐하면 그들의 패러다임은 새로운 복사선의 존재로 달라질 것이 없었기 때문이다. 그러나 연구 과정에서 복사 이론 또는 음극선 관을 다루었던 켈빈, 크룩스, 뢴트겐 같은 학자들에게 X선의 출현은 새로운 다른 패러다임을 창출하게 되면서 하나의 패러다임을 위배할 수밖에 없었다. 이것은 어째서 이들 복사선이 정상 연구에서 우선 무엇인가가 잘못된 후에야 발견될 수 있었는가의 이유가 된다.

정치적 및 과학적 발전 사이의 이러한 원천적 유사성의 측면은 더 이상 의심할 여지가 없다. 그러나 그 원천적 유사성의 의미도 제2의 보다 심오한 측면을 지니고 있다. 일반적으로 정치혁명은 기존 정치제도 자체가 금지하는 방식으로 그것들을 개혁하는 것을 겨냥하다. 그러므로 정치혁명의 성공은 다른 제도를 위하여 기존 제도의 일부를 파기하는 것을 필연적으로 요구하며, 그러는 동안 사회는 기존 제도에 의해서 완전히 통제되지 못한다. 이미 앞에서 위기가 패러다임의 역할을 약화시키는 것을 보았듯이, 당초 정치제도의 역할을 약화시키는 것도 위기뿐이다. 수효가 늘어가면서 점차로 많은 사람들이 정치 생활로부터 소원해지고 그 속에서 점점

더 정상 궤도를 벗어나게 행동한다. 다음, 위기가 심화됨에 따라서 이런 사람들의 대부분은 새로운 제도의 틀 속에서 사회를 재구성하는 어떤 구체적 대안을 밝히게 된다. 그 시점에 이르면 그 사회는 여러 갈래의 경쟁적 진영이나 당파로 나뉘게 되는데, 한 편은 옛 제도를 옹호하는 입장을 취하고, 다른 한 편은 새로운 제도의 수립을 추구하게 된다. 그리고 일단 진영의 양극화가 발생하면, 정치에의 의존은 무너져버린다. 그들 진영들은 그 속에서 정치적 혁명이 수행되고 평가되는 제도적 모형에 대해서 의견을 달리하기 때문에 그리고 혁명에서의 차이를 조정하는 데에 제도 이상의 골격을 알지 못하기 때문에, 혁명의 투쟁에 나선 당파들은 결국 흔히들 무력을 포함한 대중 설득의 기술에 호소해야 하기에 이른다. 혁명은 정치제도의 진보에서 결정적인 역할을 해왔지만, 그런 역할은 혁명이 부분적으로 정치 외적인 또는 제도 외적인 사건들이라는 사실에 의존한다.

이 에세이의 나머지 부분은 패러다임 변화의 과학사적 고찰이 과학의 진화에서 매우 유사한 특성을 드러낸다는 것을 증명함을 목표하고 있다. 서로 경쟁하는 정치제도들 사이의 선택과 마찬가지로, 경쟁하는 패러다임들 사이의 선택은 과학자 사회 생활의 양립되지 않는 양식 사이에서의 선택이라는 것이 밝혀진다. 그것이 그런 특성을 띠고 있는 까닭에, 선택은 단순히 정상과학에 대한 특성적인 평가 방법에 의해서 결정되는 것이 아니며 그렇게 결정될 수도 없다. 이유는 선택이 부분적이고 특정 패러다임에 의존하고 있으며 그 패러다임이 바로 논의의 주제가 되고 있기 때문이다. 패러다임이, 반드시 그래야 하는 것처럼, 패러다임 선택에 관한 논쟁에 끼어들게 되면, 패러다임의 역할은 필연적으로 순환성을 띠게 된다. 그룹마다 제각기 그 패러다임을 옹호하는 논증에 그 고유의 패러다임을 이용하기 때문이다.

물론 그에 따르는 순환성이 논쟁들을 잘못된 것으로 또는 무력한 것으

로까지는 만들지 않는다. 오히려 패러다임의 방어 논쟁에서 그 패러다임을 전제로 삼는 사람은 과학 활동이 자연의 새로운 견해를 받아들이는 사람들에게 어떤 모습일 것인가에 관해서 명백한 증거를 제시할 수 있다. 그런 증거는 엄청나게 설득력이 클 수도 있으며, 흔히 그렇게 밀어붙인다. 그럼에도 불구하고, 그 위력이 무엇이든 간에, 순환적 논증의 상태는 다만 설득의 상태일 뿐이다. 그것은 논리적으로 또는 심지어 확률적으로 그 순환에 끼어들기를 거부하는 사람들을 억지로 끌어들일 수는 없다. 그렇게 하기에는 패러다임에 관한 논쟁의 두 파에 의해서 공유되는 전제와 가치는 포괄성이 부족하다. 정치혁명에서처럼 패러다임 선택에서도 마찬가지이다 —— 해당 집단의 동의보다 상위인 기준이란 존재하지 않는다. 그러므로 과학혁명이 어떻게 달성되는가를 알아내려면, 자연과 논리의 충격뿐만 아니라 과학자 사회를 구성하는 상당히 특이한 집단 내에서의 효과적 설득의 논증 기교를 검토해야 할 것이다.

패러다임 선택이라는 이 주제가 논리와 실험만으로 확고하게 풀릴 수 없는 이유가 무엇인가를 찾기 위해서, 우리는 곧 전통적 패러다임의 지지자들을 혁명적인 후계자들과 구별짓는 차이들의 성격에 관해서 살펴보아야 한다. 그러한 검토를 하는 것이 이 장과 다음 장의 주요 목표이다. 그러나 우리는 이미 앞에서 그런 상이점에 관한 여러 가지 실례를 보았으며, 어느 누구도 역사가 다른 사례들을 다수 제공할 것임에 의심의 여지가 없을 것이다. 그런 예증의 존재보다 실로 미심쩍은 그리고 우선 고려되어야 할 것은 그러한 사례들이 자연의 본질에 대한 결정적 정보를 제공한다는 것이다. 패러다임의 폐기가 역사적 사실이었다는 점을 받아들인다면, 그것은 인간의 쉽게 믿어버리는 경향과 혼돈 이상의 것을 밝혀주는 것인가? 새로운 종류의 현상이나 새로운 과학 이론의 동화가 그것들보다 구식인 패러다임의 폐기를 강요해야만 하는 본연적 이유가 존재하는 것인가?

우선 만일 그런 이유들이 존재한다면, 그것들은 과학적 지식의 논리적 구조로부터 유도되지 않는다는 것을 주목해야 한다. 원칙적으로 새로운 현상은 과거의 과학 활동의 어느 부분에도 파괴적인 영향을 미치지 않으면서 출현할 수 있다. 달에서 생명체를 발견하는 것은 오늘날 현존 패러다임에는 파괴적이겠지만(이들 패러다임은 달에서의 생명체의 존재와 모순되어 보이는 것들을 우리에게 말해준다), 은하계의 보다 미지의 장소에서 생명체를 발견한다면 그렇지가 않을 것이다. 마찬가지 이치로, 새로운 이론은 그것에 선행했던 다른 것과 모순되어야 하는 것은 아니다. 양자이론이 20세기 이전에는 알려지지 않았던 원자 이하의 입자들의 현상을 다룬(그러나 유의미하게 다룬다는 것이지 완벽하게 다룬다는 뜻은 아니다) 것에서처럼, 새로운 이론은 예전에는 알려지지 않았던 현상을 전적으로 다룰 수도 있다. 또는 새로운 이론은 이전에 알려졌던 것들보다 단순히 수준을 좀더 높인 이론일 수도 있는데, 그것은 보다 낮은 차원의 이론들의 전체 집합을 별다른 변형 없이 한데 연결시킨 이론이다. 오늘날 에너지 보존 이론(theory of energy conservation)은 역학, 화학, 전기학, 광학, 열 이론 등 사이에서 바로 그런 연결을 맺어주고 있다. 이런 것말고도, 옛 이론과 새로운 이론 사이에는 서로 양립될 수 있는 관계들이 얻어질 수 있다. 그런 관계들은 전부 과학이 전개되어온 역사적 과정들에 의해서 예시될는지도 모른다. 만일 그러하다면, 과학의 발전은 원천적으로 축적적일 것이다. 새로운 종류의 현상이란, 이전에는 아무것도 보이지 않았던 자연의 한 측면에서 규칙성을 노출시키는 것일 따름이다. 과학의 진화에서 새로운 지식은 다른 모순되는 종류의 지식을 대치하기보다는 무지(無知)를 대치하게 될 것이다.

물론 과학(또는 아마도 보다 덜 효과적인 다른 학문 활동)은 그렇게 완전히 축적적인 양식으로 발전했는지도 모른다. 많은 사람들이 그렇게 발

전했다고 믿어왔고, 여전히 대부분은 그런 축적성은 적어도 역사적 발전이 그렇게 자주 인간에 의해서 왜곡되지 않았더라면 드러내었을 이상(理想)이라고 생각하는 것 같다. 이렇게 믿는 데에는 그럴 만한 중요한 이유들이 있다. 제10장에서는 축적으로서의 과학관(view of science-as-cumulation)이 지식을 가공되지 않은 데이터 위에 정신에 의해서 직접 세워진 구조물인 것으로 여기는 지배적인 인식론과 얼마나 밀접하게 얽히는가를 보게 될 것이다. 그리고 제11장에서는 효과적인 과학 교수법에 의해서 뒷받침되는 바로 그런 발달사관(發達史觀)에 대한 강력한 지원에 관해서 검토할 것이다. 그러나 그러한 이상적 이미지의 강렬한 개연성에도 불구하고, 그것이 과학의 이미지가 될 수 있는가의 여부를 의심할 만한 이유가 점증되고 있다. 패러다임 이전 시기 후에, 모든 새로운 이론의 동화 그리고 거의 모든 새로운 종류의 현상의 동화는 실상 이전의 패러다임 파괴와 과학 사상의 여러 경쟁 학파 사이에서의 갈등을 초래했다. 예기치 못했던 새로움을 축적적으로 쌓는 일은 과학적 발전의 규칙에 거의 실재하지 않는 예외라는 것이 밝혀진다. 역사적 사실을 심각하게 받아들이는 사람은 과학이 그 축적성이라는 우리의 이미지가 제시한 이상을 향해서 나아가는 것이 아니라고 생각할 수밖에 없다. 아마도 과학은 그것과는 다른 종류의 활동일 것이다.

그러나 이처럼 저항적인 사실들이 우리를 쉽사리 믿기지 않게 한다면, 이미 살펴본 근거를 다시 생각해봄으로써 새로움의 누적적 축적은 실제로 드물 뿐만 아니라 원칙적으로 가능성이 희박하다는 것을 알 수 있다. 축적되는 성격인 정상과학이 그 성공을 거두는 것은 과학자들이 규칙적으로 이미 존재하는 것들에 근사한 개념적 및 기기적 기술로 풀 수 있는 문제들을 선정하는 능력 덕분이다(이것은 기존 지식이나 기술에 대한 관계에 상관없이, 유용한 문제들에 지나친 관심을 두는 것이 과학적 발전을 쉽사리 방해할 수 있는 이유가 된다). 그러나 기존 지식과 기술에 의해서 정의된 문제를 풀고자 애쓰는 사람은 단순히 둘러보는 것이 아니다. 그 사람은 자신이 성취하고자 하는 것이 무엇인지를 알고, 자신의 도구를 고안하여 거기에 맞게 그의 사고를 끌고 간다. 예기치 못했던 새로움, 즉 새로운 발견은 자연에 대한 그의 예측과 그의 도구가 틀린 것임이 밝혀진 경우에만 출현할 수 있다. 그로부터 유래되는 발견의 중요성은 흔히 그 자체로서 발견의 징후를 보이는 이상 현상의 정도와 완강함에 비례할 것이다. 그 다음에는 분명히 이변을 드러내는 패러다임과 후에 이상 현상을 법칙처럼 만들어줄 패러다임 사이에 갈등이 생길 것이다. 제6장에서 검토한 패러다임 파괴를 거치는 발견의 사례는 우리를 단순한 역사적 우발 사건에 부딪치게 한 것이 아니었다. 발견이 일어날 수 있는 이밖의 효과적인 다른 방법이란 존재하지 않는다.

이와 똑같은 논거는 새로운 이론들의 창안에 보다 분명하게 들어맞는다. 원칙적으로 새로운 이론이 전개되는 데에는 오로지 세 가지 종류의 현상만이 있을 뿐이다. 첫번째 것은 기존 패러다임에 의해서 이미 잘 설명된 현상들로 이루어지며, 이것들이 이론 구축에 대한 동기라든가 새 출발의 시점을 제공하는 일은 거의 없다. 제7장의 마지막에서 논의한 세 가지 유명한 예측에서처럼, 그런 현상들이 동기나 출발점을 부여할 때에는 그 결과로 나타나는 이론들이 수용되는 일이 드물다. 그 이유는 자연은 판별할 수 있는 근거를 제공하지 않기 때문이다. 두번째 부류의 현상은 기존 패러다임에 의해서 그 본질은 지시되지만 상세한 내용은 이론의 보다 진전된 명료화를 통해서만 이해될 수 있는 것들로 구성된다. 이것들은 과학자들이 많은 시간을 연구에 집중하는 현상들이지만, 그런 연구는 새로운 패러다임의 창안을 겨냥하기보다는 기존 패러다임의 명료화에 목표를 둔다. 명료화를 위한 이들 시도가 실패하는 경우에 한해서 과학자들은

세번째 형태의 현상과 마주치게 되는데, 이것들은 인식된 이상 현상들로서 그 특성적 성격은 기존 패러다임에 동화되기를 강경히 거부한다는 점이다. 이 세번째 형태의 현상만이 새로운 이론들의 작인(作因)이 된다. 패러다임은 이상 현상을 제외한 모든 현상에 대해서 과학자의 시각에서의 이론-결정적인 위치를 부여한다.

그러나 만일 자연 현상에 대한 기존 이론의 관계에서 이상 현상을 해결하기 위해서 새로운 이론을 환기시키게 하려면, 성공적인 새 이론은 어딘가 그 이전의 것으로부터 유도된 것들과는 다른 예측들을 줄 수 있어야 한다. 만약 두 가지가 논리적으로 양립될 수 있는 경우라면 그 차이는 발생하지 않을 것이다. 동화되고 있는 과정에서, 두번째 이론은 첫번째 것을 대치시켜야 한다. 오늘날, 독립적으로 확립된 이론들을 통해서만 자연에 관계를 맺는 논리적 체계로 보이는 에너지 보존과 같은 이론조차도, 역사적으로 보면 패러다임의 파괴 없이 전개되지는 않았다. 오히려 그것은 뉴턴의 역학과 열의 칼로릭 이론의 최근 공식화된 어떤 결과 사이의 상충이 핵심 요소였던 위기의 국면으로부터 출현한 것이었다. 칼로릭 이론이 폐기된 후에야 에너지 보존 법칙은 과학의 한 부분이 될 수 있었다.[1] 그리고 그것은 얼마 동안 과학의 일부로 머문 뒤에 그 이전 것들과 모순되지 않는 논리적으로 보다 차원 높은 형태의 이론으로 보일 수 있게 되었다. 어떻게 해서 새로운 이론이 자연에 관한 믿음에서의 이러한 파괴적 변화가 없이도 나타날 수 있는가를 이해하기는 힘들다. 논리적 포괄성은 잇달아 나타나는 과학 이론들 사이의 연관성에 관한 허용될 만한 관점으로 자리함에도 불구하고 역사적으로는 개연성이 없다.

한 세기 전이었다면 나는 아마도 과학혁명의 필연성에 관한 경우를 이 점에 머물게 할 수 있었을 것이라고 생각한다. 그러나 앞에서 전개된 주제의 견해는 과학 이론의 성격과 기능을 설명하는 현대의 가장 유력한 해

석이 인정받는 경우에는 유지될 수가 없기 때문에 오늘날은 불행히도 그렇게 될 수가 없다. 초기의 논리실증주의와 밀접하게 관련되었고 그 후계자들에 의해서 범주상으로 폐기되지 않았던 그런 해석은 수용된 이론의 범위와 의미를 제한시킬 것이기 때문에, 어느 똑같은 자연 현상에 대해서 예측한 그후의 다른 이론과 아마도 모순될 수는 없을 것이다. 과학 이론에 대한 이런 제한된 관념을 보여주는 경우로서 가장 잘 알려지고 분명한 것은 현대의 아인슈타인 역학과 뉴턴의 「프린키피아」로부터 파생된 보다 오랜 역학의 관계식 사이의 관련성에 대한 논의에서 잘 드러난다. 이 에세이의 관점에서 본다면, 이들 두 이론은 코페르니쿠스의 태양중심 체계와 프톨레마이오스의 지구중심 체계에 대한 관계에서 설명된 것과 마찬가지로 근본적으로 서로 모순된다. 아인슈타인의 이론은 뉴턴의 것이 잘못되었다는 것을 인식함으로써만 수용될 수 있다. 그러나 요즈음에 이것은 소수의 견해로 머물고 있다.[2] 그러므로 우리는 이에 대한 가장 유력한 반대 의견을 검토해야만 한다.

이들 이견(異見)의 요점은 다음과 같이 전개될 수 있다. 상대론적 역학은 뉴턴 역학이 잘못된 것임을 증명할 수 없다. 뉴턴의 역학은 아직도 대부분의 공학자들에 의해서 매우 성공적으로 이용되고 있으며, 다수의 물리학자들에 의해서도 선별적으로 적용되고 있기 때문이다. 더욱이 보다 옛 이론의 이러한 이용의 타당성은 여타의 응용에서 옛 이론을 대치한 바로 그 이론으로부터 증명될 수가 있다. 아인슈타인의 이론은 소수의 제한 조건이 충족된 모든 적용에서 뉴턴 방정식의 예측들이 우리의 측정 기기만큼 훌륭한 구실을 할 것임을 증명하는 데에 이용될 수 있다. 예컨대 만약 뉴턴 이론이 그럴듯한 근사적 해(解)를 제공하려면, 고려되는 물체들의 상대 속도는 빛의 속도에 비해서 작아야만 한다. 이 조건과 그밖의 몇 가지 조건이 만족된다면, 뉴턴 이론은 아인슈타인 이론으로부터 유도될

수 있는 것으로 보이므로, 따라서 뉴턴 이론은 아인슈타인 이론의 특수 경우가 된다.

그러나 반대 의견은 계속되어서, 어떤 이론도 그것의 특수 경우들 중의 하나와 모순될 수 없다고 한다. 만일 아인슈타인의 과학이 뉴턴 역학을 틀리게 만드는 것으로 보인다면, 그것은 뉴턴주의자들의 일부가 뉴턴 이론이 완벽하게 정확한 결과를 준다거나 또는 상대 속도가 매우 빠른 경우에는 뉴턴 이론이 잘 맞는다고 경솔하게 주장했던 까닭에 한해서였을 뿐이다. 뉴턴 학파의 그 사람들은 그런 주장을 뒷받침할 만한 어떤 증거도 갖출 수 없었으므로, 그런 주장을 했을 때 그들은 과학의 규범을 벗어나 버렸던 것이다. 뉴턴 이론이 타당한 증거에 의해서 뒷받침되는 참으로 과학적인 이론이 되는 범위에서의 주장은 여전히 성립된다. 그 이론에 대한 엉뚱한 주장들——정통 과학의 일부가 되지 못했던 주장들——만이 아인슈타인에 의해서 잘못된 것으로 밝혀질 수 있었다. 이들 원초적 인간성의 무모함을 배제한다면, 뉴턴 이론은 도전받았던 적도 없었으며 또한 도전받을 수도 없는 것이다.

이런 논의의 어떤 변형은 유능한 과학자의 유력한 그룹에 의해서 사용된 어느 이론이든지 공격을 면하도록 만들기에 꽤 충분하다. 이를테면, 결함투성이의 플로지스톤 이론도 여러 가지 물리적, 화학적 현상에 규칙성을 부여했다. 플로지스톤 이론은 물체가 왜 타는지를 설명했고——그 물체에는 플로지스톤이 풍부하기 때문이라고——금속들은 왜 광석 상태보다 공통성을 훨씬 많이 지니고 있는가를 설명했다. 금속은 모두 상이한 원소성 토류(earths)가 플로지스톤과 결합된 복합성 물질이었으며, 플로지스톤은 모든 금속에 공통으로 있으므로 그들에게 공통되는 성질을 부여하는 것이었다. 덧붙여서, 플로지스톤 이론은 탄소와 황 같은 물질의 연소에 의해서 산(酸)이 생성되는 여러 반응에 대해서도 설명해주었다. 또한 플

로지스톤 이론은 한정된 부피의 공기 중에서 연소가 일어날 때 부피가 감소되는 현상을 설명했다——연소에 의해서 방출되는 플로지스톤은 마치 불꽃이 철사줄의 탄성을 "망치는" 것처럼, 그것을 흡수한 공기의 신축성을 "손상시킨다."[3] 만약 이런 것들이 플로지스톤 이론가들이 그들의 이론을 옹호하는 데에 이용했던 유일한 현상들이었다면, 그 이론은 결코 도전을 받을 수 없었을 것이다. 이와 비슷한 식의 논의는 어떤 영역의 현상에서든 성공적으로 적용되어온 어느 이론에 대해서나 충분히 성립될 것이다.

그러나 이런 방식으로 이론들을 구제하려면 그것들의 적용 범위는 손안에 든 실험적 증거가 이미 다루었던 현상들에 그리고 그런 관측의 정확성에까지 제한되어야 한다.[4] 여기서 한 단계만 더 나아가면(그리고 그 단계는 일단 첫걸음을 내디딘 뒤에는 어쩔 수 없이 따라오게 마련인데), 그러한 제약은 과학자로 하여금 이미 관찰되지 않은 현상에 관하여 "과학적으로" 얘기한다고 주장하지 못하도록 만든다. 현재의 형태로서도 그 제약은, 그런 연구가 이론에 바탕한 과거의 과학 활동에서 아무런 전례를 제공하지 않은 분야로 들어가거나 또는 정확도를 추구하는 때에는 언제나, 과학자로 하여금 그 자신의 연구에서 이론에 의존하지 못하도록 막는다. 이러한 금지는 논리상 예외적이 아니다. 그러나 그것들을 수용한 결과는 과학이 그것을 통해서 더욱 발전할 수 있는 연구 전통의 종말이 될 것이다.

이쯤 되면 이 요점 역시 사실상 동어 반복이다. 어느 패러다임에 매이지 않고는 정상과학이란 있을 수 없다. 더욱이 그런 공약은 완벽한 전례가 없는 분야들에까지 그리고 전례가 없는 정확도로까지 확장되어야 한다. 만일 그렇지 못하다면, 그 패러다임은 일찍이 풀리지 않았던 퍼즐을 전혀 제공할 수가 없었을 것이다. 게다가 패러다임에의 공약에 의존하는 것은 정상과학뿐만이 아니다. 만일 현존 이론이 과학자를 기존 응용에 대

한 관계에만 묶고 있다면, 거기에는 놀라움도 이상 현상도 또는 위기도 존재할 수가 없다. 그러나 이런 것들은 바로 비상과학을 향한 노정을 가리키는 표지가 된다. 어느 이론의 합법적인 응용 범위에 대한 실증적 제약을 글자 그대로 받아들인다면, 과학자 사회에서 어떤 문제들이 근본적 변혁에 이르게 하는가를 말해주는 메커니즘은 그 기능을 멈춰야 한다. 그리고 이런 일이 벌어지면, 그 과학자 사회는 패러다임 이전 상태와 흡사한 어떤 것으로 되돌아갈 수밖에 없는데, 그것은 모든 구성원이 과학을 수행하기는 하나 그들의 총체적 산물은 도대체 과학을 닮은 경우가 드물게 되어버리는 상황이다. 유의미한 과학적 진보의 대가는 잘못되어가는 위험을 무릅쓰는 책임이라는 것이 정말 이상한 일인가?

보다 중요한 것은 우리를 곧바로 혁명적 변화의 성격으로 다시 안내할 실증주의자의 논증에는 논리적 허점이 뚜렷이 드러난다. 뉴턴의 역학은 참으로 상대론적 역학(relativistic dynamics)으로부터 유도될 수 있는가? 그러한 유도는 과연 무엇처럼 보일 것인가? 한데 모여서 상대성 이론의 법칙들을 구체적으로 구현하는 E_1, E_2,……E_n으로 표시되는 한 벌의 서술 형태에 대해서 상상해보라. 이러한 서술에는 공간적 위치, 시간, 정지 질량 등을 나타내는 변수(variable)와 파라미터(parameter)가 포함된다. 논리 및 수학의 장비와 더불어, 그것들로부터 어떤 것들은 관찰에 의해서 검증될 수 있는 온전한 한 벌의 서술형이 더 유도될 수 있다. 뉴턴의 역학이 하나의 특수 경우로서 성립됨의 적절함을 증명하려면, 파라미터와 변수의 범위를 제한하게 되는 $(v/c)^2 \ll 1$과 같은 것을 E_i의 부가적 진술에 첨가시켜야 한다. 그 다음 이렇게 확장된 한 벌의 서술은 뉴턴의 운동 법칙, 중력의 법칙 등과 형태가 같은 새로운 한 벌의 N_1, N_2,……N_m 조로 계산되기에 이른다. 뉴턴의 역학은 거기에 몇 가지의 제약 조건을 붙임으로써 아인슈타인 이론으로부터 유도된 것이 분명하다.

그럼에도 불구하고 유도는 적어도 이 시점까지의 논의에서 보기에는 눈속임으로 보인다. N_i는 상대론적 역학의 법칙들의 특수 경우이지만, 그것들은 뉴턴의 법칙들은 아니다. 또는 적어도 그들은 아인슈타인의 연구 이전까지는 불가능했을 방식으로 그들 법칙들이 재해석되지 않는 한, 뉴턴의 법칙들은 아닌 것이다. 아인슈타인의 E_i 묶음에서 공간적 위치, 시간, 질량 등을 나타냈던 변수와 피라미터는 N_i 조에서도 여전히 나타난다. 그리고 그것들은 거기서 여전히 아인슈타인의 공간, 시간, 질량을 표시한다. 그러나 이들 아인슈타인 개념의 물리적 지시 대상은 동일한 이름을 지닌 뉴턴 개념의 그것들과 결코 같지는 않다(뉴턴의 질량은 보존된다. 아인슈타인의 질량은 에너지로 변환될 수 있다. 상대 속도가 느린 경우에 한해서 이 두 가지는 같은 방법으로 측정될 수 있으나 그런 경우라고 할지라도 그 둘을 똑같은 것으로 보아서는 안 된다). N_i 묶음에서의 변수들에 대한 정의를 변화시키지 않는 한, 우리가 유도한 진술은 뉴턴의 법칙이 되지 않는다. 만일 그들 정의를 바꾼다면, 적어도 요즈음 일반적으로 받아들이는 '유도(derive)'의 의미에서는, 뉴턴의 법칙을 유도했다고 말하기가 곤란하다. 우리의 논증은 물론 뉴턴 법칙들이 어째서 잘 맞는 것처럼 보였던가의 이유를 설명했다. 그렇게 하는 중에, 이를테면 자동차 운전사가 마치 그가 뉴턴의 우주에 사는 것처럼 행동하는 것을 합리화시켰다. 이와 동류의 논증은 천체 관측가들에게 지구 중심의 천문학을 가르치는 것을 정당화하는 데에도 이용된다. 그러나 그 논증은 아직까지 정작 해야 할 것을 증명하지 못했다. 다시 말해서, 그것은 뉴턴의 법칙들이 아인슈타인 법칙의 하나의 한정된 경우라는 것을 증명하지 못했다. 왜냐하면 그 제약에 이르는 경로에서 변화를 겪은 것은 법칙의 형태만이 아니었기 때문이다. 형태 변화와 동시에 우리는 그 법칙들이 적용되는 우주가 구성하고 있는 기본적인 구조적 요소들을 바꾸지 않으면 안 되었던 것이다.

이미 확립된 친숙한 개념들이 의미하는 바를 뜯어고쳐야 하는 이런 필요성은 아인슈타인 이론의 혁명적 충격에 핵심되는 요소이다. 지구중심설(geocentrism)로부터 태양중심설(heliocentrism)로, 플로지스톤으로부터 산소로, 또는 입자로부터 파동으로의 변화보다도 더 미묘함에도 불구하고, 그 결과로 나타나는 개념적 변환은 이전에 확립된 패러다임의 파괴 못지않게 결정적으로 파괴적이다. 우리는 그것을 과학에서의 혁명적 재배치의 원형(原型)으로 보아도 좋을 것 같다. 그것이 사물 또는 개념을 추가적으로 도입하지 않았다는 이유 때문에, 뉴턴으로부터 아인슈타인 역학으로의 천이는 특히 명징적으로 개념적 조직망 —— 과학자들이 그것을 통해서 세계를 보는 —— 의 변화로서 과학혁명을 기술한다.

이들 언급은 또다른 철학적 배경에서는 당연하게 여겨질 수 있는 무엇을 보여주기에 충분할 것이다. 적어도 과학자들에게는 폐기된 과학 이론과 그 후속 이론 사이의 명백한 차이는 대부분 실제적인 것들이다. 시대에 뒤진 이론은 항상 그 최신의 후속 이론의 특수한 경우로 간주될 수 있지만, 그렇게 되려면 그 목적에 맞게 변형되어야 한다. 그리고 그 변형은 뒷궁리의 이익, 즉 보다 최신 이론의 명시적인 지시에 의해서만 이루어질 수 있는 것이다. 더욱이 그런 변형이 옛 이론을 해석하는 데에 적용되는 합법적 도구였다고 할지라도, 그 응용의 결과는 크게 제약받는 이론이 될 것이므로 이미 알려진 것을 재서술할 수 있을 따름일 것이다. 그 경제성으로 해서 그런 재설명은 유용성을 띠겠지만, 연구의 지침으로서 충분하지는 못할 것이다.

그러므로 이제 우리는 여기서 잇달아 나타나는 패러다임 사이의 차이는 필연적이며 동시에 양립 불가능하다는 것을 당연하다고 받아들이기로 하자. 그렇다면 그런 차이들이 어떤 유형의 것인가에 대하여 보다 명시적으로 말할 수 있는가? 가장 뚜렷한 형태의 차이는 이미 앞에서 누차 설명한

바 있다. 계속 이어지는 패러다임은 우리에게 우주의 구성 요소에 대하여 그리고 그것들의 특징적 거동에 관하여 서로 다른 사항들을 일러준다. 다시 말하면, 원자 이하의 입자들의 존재, 빛의 물질성 그리고 열 또는 에너지의 보존 등과 같은 물음에 관해서 그들 패러다임은 서로 다른 이야기를 한다. 이런 것들은 계승되는 패러다임들 사이의 상당한 차이이며, 그것들은 더 이상의 예증을 필요로 하지 않는다. 그러나 패러다임은 물질 이상의 것에서 차이를 보이는데, 그 까닭은 패러다임이 자연에만 관련된 것이 아니라 그 패러다임을 생산한 과학을 지탱하는 것이기 때문이다. 패러다임은 방법들의 원천이요, 문제 영역이며, 어느 주어진 시대의 어느 성숙한 과학자 사회에 의해서 수용된 문제 풀이의 표본이다. 따라서 새로운 패러다임의 승인은 필연적으로 상응하는 과학을 재정의하도록 만드는 경우가 많다. 옛날 문제들은 더러 다른 과학 분야로 이관되거나 또는 완전히 '비과학적인' 것이라고 선언된다. 이전에는 존재하지 않았거나 또는 사소해 보였던 여러 문제들이 새로운 패러다임의 등장과 더불어서 유의미한 과학적 성취의 원형 바로 그것이 될 수도 있다. 그리고 문제들이 바뀜에 따라서 단순한 형이상학적 추론, 용어 놀음, 또는 수학적 조작으로부터 참된 과학적 해답을 구별짓는 기준도 바뀌는 일이 흔하다. 과학혁명으로부터 출현하는 정상과학적 전통은 앞서 간 것과는 양립되지 않을(incompatible) 뿐만 아니라, 실상 동일 표준상의 비교 불능한(incommensurable) 것이다.

과학의 실제에서 17세기의 정상과학 전통에 미친 뉴턴 연구의 영향은 패러다임 변동의 미묘한 효과를 보여주는 사례 중 걸작이라고 하겠다. 뉴턴이 태어나기 전, 그 16세기의 '새로운 과학'은 물체의 에센스(essences of material bodies)로서 표현되는 아리스토텔레스주의자 및 스콜라 학파의 설명을 거부하는 데에 드디어 성공을 거두었다. 돌멩이가 땅으로 떨어

지는 것은 그 '본성(nature)'이 그 돌을 우주 중심을 향해서 떨어지게 만들기 때문이라고 말하는 것은 하찮은 동어 반복의 말놀이——예전에는 그렇지 않았던 것——로 보이도록 만들어버렸다. 그후로는 색깔, 맛, 심지어 무게까지를 포함하는 감각적 외양의 전체 현상은 모두 크기, 모양, 위치 그리고 바탕 물질의 기본 입자들의 운동이라는 개념을 써서 설명하도록 되었다. 여러 성질들을 기본 원자들 탓으로 돌리는 것은 마술적 요소에 의지한 것이었으며, 따라서 과학의 경계를 벗어난 것이었다. 아편의 효력은 잠이 오게 하는 효능 때문에 최면제로 작용한다고 설명하는 의사를 비웃던 바로 그때에, 몰리에르는 새로운 영감을 얻었다고 했다. 17세기 후반에 많은 과학자들은 아편 입자의 둥그런 모양이 그 입자들로 하여금 그 알갱이들이 움직이는 주위의 신경을 진정시킬 수 있도록 하는 것이라고 설명하는 것을 선호했다.[5]

그보다 이전 시대에는 신비적 성질에 의한 사물의 설명이 생산적인 과학 연구의 불가분의 요소였다. 그렇기는 했지만, 17세기의 역학적-입자적 설명에의 새로운 공약은 많은 과학 분야에 대해서 막강한 성과를 나타냄으로써, 과학으로부터 널리 인정받는 풀이를 거부해왔던 문제들을 제거시키고 그 대신 다른 문제들을 제안하게 되었다. 역학에서는, 예컨대 뉴턴 운동의 세 가지 법칙은 신기한 새 실험들의 산물이라기보다는 잘 알려진 관찰 결과를 일차적인 중성의 입자들의 운동과 상호 작용의 맥락에서 다시 설명하는 시도의 결과였다. 구체적인 설명을 한 가지만 들어보자. 중성의 입자들은 접촉에 의해서만 서로가 작용을 미칠 수 있으므로, 자연에 대한 역학적-입자적 견해는 과학적 관심을 충돌에 의한 입자의 운동의 변화라는 전혀 새로운 연구 주제로 향하도록 만들었다. 데카르트는 이 문제를 선언했고, 최초의 추정적 풀이를 제안했다. 호이헨스, 렌 그리고 월리스는 그것을 더욱 확장시켰는데, 일부는 충돌하는 추의 움직임에 관한

실험에 의해서였으나, 대부분은 이미 잘 알려졌던 운동의 특성을 새로운 문제에 적용시킨 것이었다. 그리고 뉴턴은 이들이 얻은 결과를 그의 운동 법칙에 내재화했다. 제3법칙에서의 동일한 '작용(action)'과 '반작용(reaction)'은 충돌에 의해서 양쪽이 겪게 되는 운동량의 변화들이다. 그것과 똑같은 운동의 변화가 제2법칙에 내포된 역학적 힘의 정의를 제공한다. 이것은 17세기의 다른 여러 경우에서처럼, 입자적 패러다임은 새로운 문제를 야기시키고 또한 그 문제 해결에서의 큰 부분을 담당했던 것이다.[6]

그러나 뉴턴의 연구는 많은 부분 역학적-입자적 세계관으로부터 유도된 구체화된 표준들과 문제들을 지향하고 있었음에도 불구하고, 그의 연구로부터 파생된 패러다임의 영향은 과학에 합당한 문제와 표준에서의 심층적인 그리고 부분적으로는 파괴적인 변화로 나타났다. 중력은 물질의 매 입자쌍 사이의 본유적 인력이라고 풀이되면서, 스콜라 학파의 '떨어지려는 경향(tendency to fall)'이라는 용어가 그러했던 것과 같은 의미의 신비적 성질이었다. 그러므로 입자설의 규범이 영향을 발휘하는 반면에, 중력에 대한 역학적 설명에의 추구는 「프린키피아」를 패러다임으로 인정한 사람들에게 가장 심각한 도전을 제기하는 문제의 하나가 되었다. 뉴턴은 이 문제에 많은 관심을 기울였으며, 18세기 그의 후계자들도 마찬가지였다. 단 하나의 명백한 대안이란 중력을 설명하는 데에 실패한 것으로 인해서 뉴턴 이론을 배격하는 것이었으며, 그 대안 역시 널리 채택되었다. 그러나 이들 견해 중 어느 것도 궁극적으로 성공하지 못했다. 「프린키피아」가 없이 과학을 수행하는 것이 불가능하거나 또는 그 연구를 17세기 입자설의 규범에 따르게 할 수 없는 상황에서, 과학자들은 점차로 중력은 참으로 본유적인 것이라는 견해를 받아들였다. 18세기 중엽에 이르러서는 그런 해석이 거의 보편적으로 인정되었으며, 그 결과는 스콜라 철학의 규범으로의 진정한 복귀(퇴보와 똑같은 것은 아닌)였다. 물질에 본래 내재

하는 인력과 반발력은 물리적으로 비환원성인 물질의 일차적 성질로서 크기, 모양, 위치 그리고 운동과 함께 자리하게 되었던 것이다.[7]

그 결과로 물리과학의 규범과 문제 영역에서 나타나게 된 변화는 다시 한번 필연적이었다. 1740년대까지, 예컨대 전기학자들은 한 세기 이전에 몰리에르의 상대로서 의사 선생이 겪었던 조롱을 당하지 않으면서 전기적 유체의 끌어당기는 '힘(virtue)'에 관하여 얘기할 수 있었다. 그렇게 함에 따라서 전기적 현상은 점차 접촉에 의해서만 작용을 나타낼 수 있는 역학적 전기소(電氣素)의 영향이라고 간주했던 것과는 다른 규칙성을 나타내게 되었다. 특히 서로 떨어진 위치에서의 전기적 작용이 그 자체의 중요성 때문에 연구의 주제가 되었을 때는, 오늘날 이른바 유도에 의한 충전이라고 하는 현상이 그 효과 중의 하나로서 인식될 수 있었다. 그 이전에는 이런 현상이 어쩌다 관찰되는 경우, 전기적 '대기(atmospheres)'의 직접 작용 때문이라거나 또는 어느 전기 실험실에서나 있게 마련인 누전의 탓으로 돌려졌다. 유도 전류 효과에 대한 새로운 견해는 이어서 라이덴병에 관한 프랭클린의 분석에 관건이 되었고, 따라서 전기에 대한 새로운 뉴턴식의 패러다임 출현에 관건이 되었다. 물질의 본유적 힘에 대한 탐사의 정당화에 의해서 자극된 과학 분야는 역학과 전기학만이 아니었다. 화학적 친화력(chemical affinities)과 치환 계열(replacement series)에 관한 18세기 문헌의 대부분도 역시 뉴턴주의의 이런 초역학적 관점으로부터 유도된다. 다양한 화학종 사이에서의 이렇게 구별되는 인력을 믿었던 화학자들은 이전에는 상상하지도 못했던 실험들을 꾸몄고, 새로운 종류의 반응을 찾아내려고 했다. 그 데이터와 그런 과정에서 전개된 화학적 개념이 없었더라면, 라부아지에의 후기의 연구와 더욱이 돌턴의 연구는 이해될 수가 없었을 것이다.[8] 허용되는 문제, 개념 그리고 설명을 다스리는 기준에서의 변화는 과학을 변형시킬 수 있다. 다음 장에서 나는 그런 기준들

이 세계를 변화시킨다는 의미에 대해서 제안할 것이다.

이어지는 패러다임들 사이에 이처럼 사소한 차이를 보이는 다른 실례들은 과학의 발전에서 거의 어느 시대의 어느 과학의 역사에서든지 찾아낼 수 있다. 여기서는 우선 두 자리의 간단한 실례만으로 만족하기로 하자. 화학혁명 이전에 화학이 안고 있던 과제들 가운데 하나는 화학 물질의 성질에 관해서 설명하고, 화학 반응을 거쳐 일어나는 이들 성질들의 변화에 관해서 설명하는 일이었다. 소수의 기본적인 '원리들(principles)'——그 중 플로지스톤 이론도 하나였다——의 도움으로 화학자는 왜 어떤 물질은 산성이며, 또 어떤 것은 금속성, 연소성 등등인가에 대해서 그 이유를 설명하려고 했다. 이 방향에서 어느 정도 성공한 바도 있었다. 이미 앞에서 플로지스톤 설을 이야기하면서 왜 금속들은 서로 그렇게 비슷한가를 알 수 있었다. 우리는 산(酸)에 대해서도 그와 비슷한 논의를 전개할 수 있었을 것이다. 그러나 라부아지에의 개혁은 결국 화학적 '원리들'로부터 벗어났고, 따라서 화학으로부터 약간의 사실적 그리고 상당한 잠재적 설명 능력을 박탈함으로써 마무리되었다. 이런 손실을 보상하기 위해서 기준의 변화가 요구되었다. 19세기의 상당 기간 동안 화합물의 성질을 설명하는 데에 실패한 것은 화학 이론에 대한 유죄 판결은 아니었다.[9]

또는 다시, 클러크 맥스웰은 19세기 빛의 파동 이론의 지지자들과 뜻을 같이함으로써, 빛의 파동이 물질 에테르를 통해서 전파되는 것임에 틀림없다고 확신했다. 빛의 파동성을 뒷받침하는 역학적 매질을 고안하는 것은 당대의 가장 우수한 학자들 다수에게 하나의 표준 문제가 되었다. 그러나 맥스웰 자신의 이론인 빛의 전자기 이론은 빛의 파동성을 뒷받침할 수 있는 매질에 대하여 전혀 고려하지 않았으며, 그 이론은 분명히 예전에 여겨졌던 것보다 설명을 더욱 어렵게 만들었다. 이런 이유로 해서, 초

기에는 맥스웰 이론이 널리 배격되었다. 그러나 뉴턴 이론과 마찬가지로, 맥스웰 이론은 버리기에 어려운 것임이 밝혀졌고, 패러다임의 지위로 올라섬에 따라서 그것에 대한 과학자 사회의 태도가 바뀌었던 것이다. 20세기 초 몇십 년간은 역학적 에테르가 존재한다는 맥스웰의 주장이, 물론 단호한 것은 아니었으나, 점점 더 말뿐인 허구로 들리게 되었고, 그런 에테르 매질을 고안하려는 노력은 포기되었다. 이제 과학자들은 대치되고 있었던 것을 밝히지 않은 채 전기적 '변위(displacement)'에 대해서 논하는 것을 더 이상 비과학적이라고 생각하지 않게 되었다. 그 결과는 또다시 새로운 문제와 기준의 출현이었으며, 이것은 결국에 가서는 상대성 이론의 탄생에 커다란 구실을 했던 것이다.[10]

과학자 사회의 합법적 문제과 기준에 대한 관념에서의 이들 특성적 변동은, 그것들이 항상 방법론적으로 낮은 차원으로부터 보다 높은 어떤 형태로 일어난다고 가정할 수 있다면, 이 에세이의 주제에 대해서는 별로 중요한 의미가 없을 것이다. 그 경우 그것들의 결과는 역시 축적적인 것으로 보인 것이다. 일부 과학사학자들이 과학사는 과학의 성격에 대한 인간의 관념을 꾸준히 성숙시키고, 갈고 닦는 것의 끊임없는 기록이라고 주장하는 것은 조금도 이상할 것이 없다.[11] 그렇기는 하지만, 과학에서의 문제와 기준의 축적적 발전의 경우는 이론 축적에서의 경우보다 그 달성이 더욱 힘들다. 18세기의 대부분의 과학자들에 의해서 포기되었던 중력에 대한 설명 시도는 본질적으로 합당치 않은 문제를 지향한 것은 아니었다. 본유적 힘에 대한 반대는 그리 비과학적인 것도 아니요, 어떤 경멸의 의미에서 형이상학적인 것도 아니었다. 그런 종류의 판단을 허용하는 외적인 규범은 존재하지 않는다. 실제로 발생했던 것은 기준의 몰락도 아니요 기준의 제기도 아니라, 단순히 새로운 패러다임의 채택에 의해서 요구되는 변화였던 것이다. 더욱이 그런 변화는 그후 다시 역전되었고, 또다시

역전될 수 있었다. 20세기에 아인슈타인은 중력에 의한 인력을 설명하는 데에 성공했으며, 이런 특정 관점에서 과학을 볼 때, 그 설명은 아인슈타인의 계승자들의 관점보다는 뉴턴의 전임자들의 관점과 더 비슷한 기준과 문제로 과학을 되돌려놓았다. 그리고 다시 제기된 양자역학의 전개는 화학혁명에서 유래했던 방법론적 금기를 뒤엎었다. 화학자들은 지금 그들의 실험실에서 사용하고 만들어낸 물질에 대해서 색깔, 상태, 기타 성질을 설명하려고 하며, 그것은 크게 성공적이다. 이와 비슷한 역전은 전자기 이론에서까지도 일어날 수 있다. 현대 물리학에서 공간은 뉴턴 이론과 맥스웰 이론의 양쪽에서 도입된 비활성이며 균질인 바탕(substratum)이 아니다. 공간의 새로운 성질 가운데 일부는 한때 에테르의 탓으로 돌렸던 것들과 다르지 않다. 우리는 언젠가 전기적 변위가 무엇인가를 알게 될 것이다.

패러다임의 인식적 기능으로부터 규범적인 기능으로 옮겨서 강조한다면, 앞의 사례들은 패러다임이 과학적 활동에 형태를 부여하는 방식에 대한 우리의 이해를 확장시킨다. 앞에서 우리는 주로 과학 이론에 대한 매체로서의 패러다임의 역할을 검토했다. 그런 역할에서 패러다임은 과학자에게 자연이 내포한 그리고 내포하지 않은 실체에 대해서 일러주고, 그들 실체가 작용하는 방식에 관해서 알려주는 기능을 한다. 그런 정보는 그 상세한 내용이 성숙한 과학적 연구에 의해서 밝혀지게 되는 하나의 지도를 제공한다. 그리고 자연은 무작위로 그 베일이 벗겨지기에는 너무 복잡하고 다양한 까닭에, 그러한 지도는 과학의 끊임없는 발전에 대해서 관찰이나 실험 못지 않게 필수적인 요소가 된다. 그것들이 구체화하는 이론을 통해서 패러다임은 연구 활동을 형성하는 구성 요소임이 밝혀진다. 그렇지만 그들은 또한 다른 관점에서도 과학의 구성 부분이 되는데, 그것이 여기서는 바로 요점이다. 특히 우리가 마지막에 든 실례는 패러다임이 과

학자들에게 지도뿐만 아니라 지도를 만드는 데에 필수적인 방향을 어느 정도 제시한다는 것을 보여준다. 패러다임을 익히면서 과학자는 이론적 방법과 기준을 모두 획득하게 되는데, 이것은 보통 한데 뒤엉킨 혼합체로 얻어진다. 그러므로 패러다임이 변화하게 되면, 통상적으로 문제와 제안된 풀이 등 양쪽의 타당성을 결정짓는 기준에서도 상당한 변동이 일어나게 된다.

이런 관찰은 우리를 제9장이 출발했던 요점으로 되돌리는데, 왜냐하면 서로 겨루는 패러다임 사이의 선택이 정상과학의 준거가 해결할 수 없는 질문들을 규칙적으로 제기하는 이유에 대해서 최초의 명시적 증거를 제시하는 것이 되기 때문이다. 과학의 두 학파가 무엇이 문제이고 무엇이 해결인가에 관하여, 불완전한 것에 못지 않게 의미 깊게 의견을 달리하는 한에서는, 그들은 각각의 패러다임이 지닌 상대적 장점을 논의하면서 서로서로 얘기를 나눌 수밖에 없을 것이다. 규칙적으로 나타나는 부분적 순환 논쟁에서 각 패러다임은 그것이 자체로서 지령하는 기준을 어느 정도 만족시키는 것으로 나타날 것이며, 그 적수에 의해서 지령되는 기준을 몇 가지 갖추지 못한 것도 드러날 것이다. 어느 경우에나 패러다임 논쟁을 특징짓는 논리적 접근의 불완전성에 대해서는 다른 이유들도 역시 존재한다. 이를테면 어느 패러다임도 그것이 정의하는 모든 문제를 풀어낸 적이 없었던 것과 그리고 두 가지 패러다임이 풀지 못한 문제들이 모두 같은 것도 아닌 까닭에, 패러다임 논쟁에는 항상 다음 질문이 개입된다. 어느 문제들을 해결한 것이 보다 의미가 있는가? 서로 겨루는 기준의 주제와 마찬가지로, 가치관에 대한 이런 질문은 총괄적으로 정상과학의 외곽에 위치한 기준에 의해서만 답해질 수 있으며, 그것은 패러다임 논쟁을 가장 확실하게 혁명적으로 만드는 외부적 기준에 의지하는 것이다. 그러나 기준과 가치보다 더욱더 근본적인 그 무엇이 또한 문젯거리가 된다. 나는

지금까지는 패러다임들이 과학을 구성한다는 것만을 논의했다. 이제부터 나는 패러다임이 그뿐 아니라 자연을 구성한다는 것의 의미를 밝히고자 한다.

주

1) Silvanus P. Thompson, *Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs* (London, 1910), I, 266-281.
2) 예컨대 *Philosophy of Science*, XXV (1958), 298에 실린 P. P. Wiener의 논평 참조.
3) James B. Conant, *Overthrow of the Phlogiston Theory* (Cambridge, 1950), pp. 13-16 ; J. R. Partington, *A Short History of Chemistry* (제2판, London, 1951), pp. 85-88. 플로지스톤 이론의 기여에 관해서 가장 완벽하고도 공감적으로 설명한 것은 H. Metzger, *Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique* (Paris, 1930), II부이다.
4) 전혀 다른 유형의 분석을 거쳐서 얻어낸 결론인 R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation* (Cambridge, 1953), pp. 50-87, 특히 p. 76과 비교하라.
5) 일반적인 입자설에 대해서는 Marie Boas, "The Establishment of the Mechanical Philosophy", *Osiris*, X (1952), 412-541 참조. 맛에 입자 모양이 어떤 영향을 미치는가에 대해서는 같은 책, p. 483 참조.
6) R. Dugas, *La mécanique au XVII^e siècle* (Neuchatel, 1954), pp. 177-185, 284-298, 345-356.
7) I. B. Cohen, *Franklin and Newton : An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof* (Philadelphia, 1956), vi-vii장.
8) 전기에 관해서는 같은 책, viii-ix장 참조. 화학에 대해서는 Metzger, 앞의 책, I부 참조.
9) E. Meyerson, *Identity and Reality* (New York, 1930), x장.
10) E. T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity*, II (London, 1953), 28-30.

11) 과학의 발전을 이런 프로크루테스의 침대에 맞추려는 기발하고 지극히 최신식의 시도에 대해서는 C. C. Gillispie, *The Edge of Objectivity : An Essay in the History of Scientific Ideas* (Princeton, 1960) 참조.

10. 세계관의 변화로서의 혁명

현대적인 사료(史料) 해석의 관점으로부터 과거 연구의 기록을 훑어본다면, 과학사학자들은 패러다임이 변화할 때 세계 그 자체도 패러다임 변화와 더불어 변화한다고 주장하고 싶어질 것이다. 새로운 패러다임에 의해서 유도되어 과학자들은 새로운 도구를 채택하고 새로운 영역을 들여다보게 된다. 보다 더 중요한 것은 혁명 기간 동안에 과학자들은 이전에 연구했던 곳에서 친숙한 기기를 써서 관측하면서 새롭고 색다른 것들을 보게 된다는 사실이다. 이것은 마치 전문가 사회가 돌연, 이전의 친숙한 대상들도 달리 보이고 미지의 것들과도 섞여 있는 다른 행성으로 옮겨가는 것과 흡사하다. 물론 꼭 이런 형태의 일이 실제로 일어나는 것은 아니며, 지역적인 이동은 없다. 연구실 바깥에서의 일상 생활은 예나 마찬가지로 지속되고 있다. 그럼에도 불구하고 패러다임 변화들은 과학자들로 하여금 그들의 연구 활동의 세계를 다르게 보도록 만든다. 과학자들이 그런 세계를 다루는 일은 오직 그들이 보고 행하는 것을 통해서인 만큼, 우리는 하나의 혁명이 있은 후의 과학자들은 새로운 세계에 대해서 반응하고 있는 것이라고 말하게 된다.

과학자 세계에서의 이러한 변형에 대한 기본 원형으로서, 시각적 게슈탈트에서의 친숙한 전환의 증거들은 매우 시사적인 것으로 밝혀진다. 혁