

과학적 합리성의 지위*

조 인 래**

본 논문에서 나는 과학적 활동을 목표지향적 활동으로 보는 관점에서 실제로 어떤 목표들이 추구되어 왔는가를 역사적 조망을 통해 확인하고 이 목표들에 대한 평가가능성과 그 역사적 실상에 논의의 초점을 맞추어, 과학의 합리성이 도구적 수준을 넘어서는 수준에서 논의 가능한지를 논구한다. 그리고 그 결과를 토대로 하여 과학적 합리성에 대한 상대주의적 도전이 극복될 수 있는 가능성을 모색한다. 이와 관련하여 상대주의의 주요 논거로서 간주되어 온 이론 미결정성의 문제와 공약불가능성의 문제를 비판적으로 검토한다. 또한 과학적 활동의 주요 요소들, 즉 목표, 방법 및 이론이 상호 제약 및 정당화의 관계 속에서 자체 수정적 학습의 과정을 통해 변화하는 것으로 보는 공진화 모형을 채택함으로써, 과학의 목표와 방법이 역사적 과정을 통해 변한다는 입장에서는 상대주의적 결론이 불가피하다는 주장을 극복할 수 있다고 제안한다. 마지막으로, 과학적 합리성을 다른 부류의 합리성들, 즉 인식적 합리성 및 인간적 합리성과의 관계 속에서 그 지위를 조명한다.

【주요어】 과학적 합리성, 과학의 목표, 상대주의, 공진화, 인식적 합리성, 인간적 합리성

* 이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음. 이 논문의 초고는 한국철학회 1996년 춘계 학술발표회에서 발표되었다. 발표시 논평을 해주신 이종관 교수께 감사드린다. 초고의 일부는 그후 『철학』 별책 3권에 “과학적 합리성은 단순히 도구적인가?”라는 제목으로 발표되었는데, 이 논문의 2절과 3절은 그것을 약간 손질한 것이다.

** 서울대학교 물리학과 부교수 및 과학사·과학철학 협동과정 겸임교수.

1

과학적 합리성에 대하여, 논리경험주의자들이나 포퍼(K. Popper)와 같은 전통적 과학철학자들과 역사적 접근을 주로 하는 새로운 과학철학자들은 첨예하게 대립하는 것으로 이해되어 왔다. 이러한 이해는 중요한 측면에서 옳다. 먼저, 전통적 과학철학자들은 과학자들이 규칙에 따른 활동(rule-following activities)을 하는 것으로부터 과학적 합리성이 성립한다고 보았다. 특히, 그들은 과학적 가설이나 이론에 대한 평가가 진위 또는 신빙성이 상호 주관적으로 확인 가능하다는 의미에서 객관적인 관찰 자료를 토대로 하여 연산법적 규칙을 통해 이루어지는 데에서 과학의 합리성이 성립하는 것으로 보았다. 그리고 그들은 과학적 활동이 이런 관점에서 볼 때 전형적으로 합리적이라고 생각하였다. 예를 들어, 카르납(R. Carnap)은 수중에 있는 증거가 주어진 가설을 입증하는 정도(degree of confirmation)를 적절한 귀납적 체계 속에서 결정하는 방식으로 이론에 대한 평가와 선택이 이루어져야 한다고 생각하였다. 이와 달리 포퍼는 귀납적 추론이 정당화될 수 없다고 생각했기 때문에 이론을 그것이 용인되는 정도(degree of corroboration)에 의해 평가하고 연역적 추론에 해당하는 반증을 통해 과학적 판단을 내릴 것을 제안하였다.

반면, 역사적 과학철학자들은 이러한 연산법적 규칙에 의한 이론 평가를 과학적 활동의 핵심으로 보는 견해가 과학적 활동의 현실과 부합하지 않는다는 점에 주목하였다. 과학적 합리성에 대한 역사적 과학철학자들의 입장도 한결같지는 않다. 그들의 입장은 크게 두 부류로 나누어 볼 수 있다. 한 부류는 과학적 활동을 합리성의 전형으로 여전히 인정하는 입장인데, 쿤(T. Kuhn), 라카토슈(I. Lakatos) 등이 이에 속한다. 예를 들어, 쿤은 그가 정상과학이라고 부르는 일상적인 과학활동에서 과학자들은 자신이 채택한 이론을 시험하려는 태도를 취하지 않을 뿐만 아니라 이론 선택이 문제가 되는 과학혁명적 상황에서는 경쟁이론들이 공약불가능하기 때문에

On the Status of Scientific Rationality

Cho In-Rae

In this paper, first of all, I investigate the possibility of suggesting that scientific rationality is not merely instrumental. In doing so, I take scientific activities as goal-directed ones, try to identify the basic goals which have been actually pursued in the historical process of scientific inquiry, and examine the possibility of evaluating those goals and its historical realization. On the basis of such inquiry, I explore the possibility of overcoming a relativist challenge to scientific rationality. In this context, I critically examine the theses of theory-underdetermination and incommensurability, which have been taken to be two main grounds for relativism. I also face the challenge that a relativist conclusion is inevitable if we take goals and methods of science to vary in the historical process of scientific inquiry, and rebut that such a challenge can be overcome by adopting and arguing for a coevolutionary model of scientific change where main components of scientific activity, namely, goals, methods and theories, change through a self-corrective learning process of mutually constraining and justifying. Finally I examine the status of scientific rationality in its connection with other types of rationality, i.e., epistemic rationality and human rationality.

이론 선택은 연산법적 규칙이 아니라 과학적 “가치들”의 적용에 의해 이루어진다는 입장을 취한다. 따라서, 연산법적 규칙에 의한 이론 선택을 과학적 합리성의 필수적인 요소로 간주한다면, 쿤 같은 새로운 과학철학자들이 말하는 바의 과학적 활동은 더 이상 합리적이지 않다. 그렇다고 해서, 쿤이 과학적 활동을 비합리적인 것을 보는 입장을 취했던 것은 아니다.¹⁾ 이는 오히려 그가 연산법적 규칙에 의한 이론 평가와 선택을 과학적 합리성의 필수 요건으로 보지 않았음을 뜻한다. 다른 부류의 예로는 파이어어벤트(P. Feyerabend)를 들 수 있는데, 그는 과학이 합리성의 전형이라는 전통적인 입장을 아예 거부한다. 그리고 합리성에 대한 평등주의를 표방한다. 즉, 그는 어떤 시대의 과학도 다른 시대의 과학에 대해 합리적 우위(rational superiority)를 주장할 수 없다고 생각한다.

그런데, 과학적 합리성을 둘러싼 전통적 과학철학자들과 역사적 과학철학자들 사이의 첨예한 대립에도 불구하고, 그들 사이에는 중요한 공통점이 있는 것처럼 보인다. 과학적 합리성은 단순히 도구적인 것에 불과하다는 견해가 그것이다. 본 논문에서 나는 과학적 활동을 목표지향적 활동으로 보는 관점에서 실제로 어떤 목표들이 추구되어 왔는가를 역사적 조망을 통해 확인하고 이 목표들에 대한 평가가능성과 그 역사적 실상에 논의의 초점을 맞추어, 과학의 합리성이 단순히 도구적 수준의 것인지 아니면 그것을 넘어서는 수준에서 논의가 가능한지를 논구한다. 그리고 이러한 논구의 결과를 토대로 하여 과학적 합리성에 대한 상대주의적 도전이 극복될 수 있는 가능성을 모색한다. 이와 관련하여 상대주의를 위한 주요 논거로서 간주되어 온 철학적 논제들, 특히 이론 미결정성의 논제와 공약 불가능성의 논제를 비판적으로 검토한다. 또한 과학적 활동의 주요 요소들, 즉 목표, 방법 및 이론이 상호 제약 및 정당화의 관계 속에서 자체 수정적(self-corrective) 학습의 과정을 통해 변화하는 것으로 보는 공진화(coevolution) 모형을 채택함으로써, 과학의 목표와 방법이 역사적 과정을 통해 변한다는 입장을 취할 경우 상대주의적 결론이 불가피하다는 주장을 극복할 수 있다고 제안한다. 마지막으로, 과학적 합리성을 다른 부류의 합

1) 참조: Kuhn(1971), 143-4.

리성들, 즉 인식적 합리성(epistemic rationality) 및 인간적 합리성(human rationality)과의 관계 속에서 그 지위를 조명한다.

2

인간은 목표지향적인 활동(goal-directed activity)을 하는 동물이다. 이러한 목표지향적인 활동의 합리성에 대해서 두 가지 대립하는 견해가 있어 왔다. 먼저, 그러한 활동의 합리성은 설정된 목표를 달성하기 위해 사용되는 수단 또는 방법이 효율적인가에 의존하며 무엇을 근거로 하여 또 어떤 경로를 통해서 목표가 설정되는가와는 무관하다는 입장이 있어 왔다.²⁾ 이는 도구적 합리성을 합리성의 전부로 보는 입장이다. 따라서, 이는 합리성에 대한 도구주의적 입장이라 불릴 수 있다.³⁾ 다른 한 입장은, 도구적 합리성이 합리성의 전부가 아니라는 입장이다. 후자에 따르면, 인간의 목표지향적 활동이 합리성을 부여받으려면, 주어진 목표의 달성을 위해 사용되는 수단 또는 방법이 효율적이라는 것만으로는 부족하며(즉, 수단의 효율성이 충분조건이 아니며) 추구되는 목표 역시 정당화될 수 있어야 한다. 이러한 후자의 입장을 합리성에 대한 반(反)도구주의적 입장이라 부르자.⁴⁾

과학은 인간이 행하는 많은 목표지향적인 활동들 중의 하나이다. 그러므로, 과학적 활동의 합리성을 논하기 위해서는 목표지향적 활동의 주요 구성요소들을 먼저 확인할 필요가 있다. 목표지향적 활동은, 우선, 추구되는 목표가 존재함을 전제로 한다. 그 다음, 주어진 목표를 달성하기 위한 어떤 방법의 사용율, 그리고 가장 효율적으로 목표를 달성하게 만드는 방법이 최선의 방법이라는 기준의 채택을 전제로 한다. 나아가서, 어떤 목표를 추구하고 이를 위해 가장 효율적인 방법을 채택하고자 하는 활동 주체

2) Simon(1983, 7)에 따르면, "... reason is wholly instrumental. It cannot tell us where to go; at best it can tell us how to get there." Hempel(1979, 58) 역시 이러한 입장을 취하는 것으로 보인다.

3) 도구적 합리성에 대한 최근의 논의를 위해서는, 참조: Nozick(1993), 5장.

4) 반도구주의적 입장을 취하는 인물로는 Siegel(1985)을 예로 들 수 있다.

의 존재를 전제로 한다. 마지막으로, 활동 주체가 인간인 경우, 그는 세계와 자신에 대한 어떤 신념을 가지며 목표지향적 활동에서 요구되는 판단이나 선택은 이 신념을 토대로 하여 이루어진다.

과학자들은 실제로 어떤 목표를 추구하는가(또는 추구해 왔는가)? 그들이 추구하는 목표는 고정된 것인가 아니면 가변적인 것인가? 이 물음들에 대한 답은 기술적인 작업을 요구한다. 문제는, 이러한 물음들로부터 한 걸음 더 나아가서, 과학자들이 추구하는(또는 추구해 온) 어떤 목표의 정당성을 묻거나 한 목표의 추구가 다른 목표의 추구보다 더 잘 정당화된다고 말하는 것이 가능한가 하는 것이다. 후자의 물음들이 성립하지 않는다면, 우리에게 남겨지는 과제는 과학적 활동을 통해 역사적으로 어떤 목표들이 채택되어 왔는가를 사실의 수준에서 확인하고 그 목표들이 효과적으로 추구되어왔는지를 따지는 일이 될 것이다. 그리고 과학적 활동이 부여받을 수 있는 유일한 합리성은 도구적 합리성이 될 것이다. 실제로 일부 과학철학자들(예를 들어, 포퍼⁵⁾)은 과학의 목표를 규약으로 간주했다. 그리고 과학의 합리성은 그러한 목표를 효과적으로 달성하게 해주는 방법에서 비롯하는 것으로 보았다. 그러나, 과학의 목표들이 실제로 규약적인 것이라면, 목표에 대한 정당화의 물음은 채택된 목표들 사이의 정합성을 따지는 것 이상이 되기 어렵다. 즉, 상이한 목표들을 채택하는 과학공동체들에 대하여 내적 정합성을 요구하는 것을 넘어서는 합리적 중재의 길은 단혀 있는 것처럼 보인다. 과학 활동에서 추구되는 어떤 목표의 정당성을 따지거나 목표들 사이의 차별화를 시도하는 일은 과연 성립할 수 없는가? 간단히 말해서, 목표에 대한 평가는 불가능한가?

한 가지 가능성은, 목표들 사이에 일종의 계층적 질서가 성립하고 따라서 모든 목표가 균등한 것이 아니라 어떤 목표는 다른 목표에 대하여 수단의 관계에 있는 경우이다.⁶⁾ 이러한 상황에서는 수단에 해당하는 목표를 그 효율성에 의해 평가하는 일이 필요하고 또 가능할 것이다. 과학적 활

5) 참조: Popper(1959), 37.

6) McMullin(1993, 66-70) 역시 이런 관점에서 과학적 목표들 사이의 관계에 대해 논한다.

동의 경우, 그 실상이 어떠한가? 활동 주체로서의 과학자들은 어떤 목표들을 추구해 왔으며, 그 목표들 사이에는 어떤 관계가 성립하는가? 서양 과학사에서 과학적 분야로 가장 일찍 자리를 잡은 것은 천문학이었다. 고대 천문학은 두 가지 다른 전통을 형성했던 것처럼 보인다. 하나는 바빌로니아적 전통이다. 바빌로니아인들은 신들이 하늘과 땅에서 일어나는 전조(omens)를 통해 인간에게 메시지를 보낸다고 믿었다. 따라서, 그들은 월식과 같은 하늘의 전조들을 오랜 기간을 통해 꾸준히 기록하였고, 이는 자연스럽게 특정한 하늘의 사건들을 예측하고자 하는 관심으로 발전하였다. 반면, 그들은 천체의 운행 궤도를 추적하거나 그 운동 원인을 묻지 않았다. 이와 같이, 바빌로니아적 천문학은 정확한 예측을 위해 현상들을 가능한 경제적으로 조직화하는 것을 목표로 삼는 과학 전통의 효시에 해당한다고 볼 수 있다. 다른 하나는 그리스적 전통이다. 그리스인들은 사물의 본성에 대해 그리고 현상들의 원인(aitia)에 대해 물었다. 하늘의 현상들을 원운동들의 결합을 통해 구제하는 과제를 천문학자들에게 제시한 것으로 알려져 있는 플라톤도, 이러한 부류의 천문학과 구분되는 “참된” 천문학에 대해 말한다. 이 플라톤적 과제에 체계적인 해답을 제공한 최초의 인물인 에우독소스(Eudoxus)의 경우, 그의 모형을 이용해 하늘의 사건들을 예측하는 데 성공했다고 보기 어려우며, 그의 성공은 천체들의 불규칙한 겉보기 운동들을 일반적인 방식으로 이해할 수 있는 기제를 제의한 데 있다. 수정된 에우독소스 체계를 물려받은 아리스토텔레스는, 각 행성의 독립적인 운동을 허용한 데에 에우독소스 체계의 결합이 있는 것으로 보고, 행성들의 운동을 하나의 동역학적 체계에 의해 통일하고자 하였다. 이러한 작업은 그의 체계를 매우 복잡하게 만들었는데, 아리스토텔레스는 행성들이 왜 그들이 운동하는 방식으로 운동하는가를 설명하는 모형을 제시하기 위해 이러한 대가를 치러야만 했다. 단순한 예측을 추구하기보다는 현상의 원인을 밝히고 이를 통해 문제의 현상이 왜 일어나는가를 설명하고자 했던 그리스적 천문학의 성격은 아리스토텔레스가 그의 『분석편 후편(Posterior Analytics)』에서 제시한 이상적 과학의 모형에 의해 잘 이해될 수 있다. 아리스토텔레스에 의해 제시되는 그리스적 과학의 이상은, 직관

에 의해 파악된 확실하고 필연적인 원리들(archai)로부터 연역적 규칙을 통해 나아가는 논증적 과학(demonstrative science)이었다.⁷⁾ 그 후, 에우독소스의 동심원 모형에 대한 대안으로 주원(deferent)과 주전원(epicycle)을 사용하는 모형이 제시되었는데, 후자의 모형에서 주전원은 주원 위의 한 점을 중심으로 회전하는 원이었으며 이러한 회전 운동의 중심은 물리적인 의미를 부여하기 어려운 경우였다. 결국, 이 대안적 모형의 고도화에 해당하는 프톨레마이오스의 천문이론은 기존의 천문학적 관측자료들에 부합하는 계산 결과들을 산출하고 새로운 예측을 하는 데 성공적이었지만 현상들에 대한 인과적 설명을 제공하는 것과는 거리가 멀었다.⁸⁾

이와 같이, 고대 천문학의 성립과 전개 과정에서 두 가지 다른 과학적 목표, 즉, 경험적 적합성(또는 예측력)의 목표와 설명력(특히, 인과적 설명력)의 목표가 등장하고 추구되었음을 알 수 있다. 물론, 코페르니쿠스가 등장할 때까지, 천문학자들은 이 두 목표를 동시에 달성하는 데 성공하지 못하고 있었다. 그들은 전자의 목표를 어느 수준까지 달성하는 데 만족해야만 했으며, 후자의 목표는 주로 자연철학자들의 관심사로 남아 있었다. 그 후, 이 두 가지 목표의 동시적 만족은 근대의 천문학과 역학의 혁명을 통해서 이루어졌다.⁹⁾ 그리고 이 근대 과학혁명의 산물인 뉴턴의 자연철학이 과학의 모형으로 등장하면서, 경험적 적합성과 설명력은 과학 일반의 기본적인 목표로서 자리를 잡게 된 것으로 볼 수 있다.

인식적 목표로서의 경험적 적합성과 설명력을 포괄하는 과학의 목표를 설정한다면, 그것은 전통적으로 과학의 목표로 간주되어 온 진리의 추구일 것이다. 경험적 적합성의 추구가 관찰가능한 영역에서 현상들 사이에 성립하는 규칙성의 발견 및 그에 기초한 예측 활동으로 이루어진다면, 설명력의 추구는 그러한 규칙성의 이면에서 이를 산출하는 숨겨진 기제(mechanism) 또는 과정의 존재를 상정함으로써 왜 그러한 규칙성이 성립하는가를 이해하고자 하는 활동이다. 후자의 경우, 경험적 적합성의 제약

7) 참조: Aristotle, *Posterior Analytics*, 73a21, 74b5 & 100b5.

8) 이 문단에서의 논의는 McMullin(1984)에 크게 힘입었다.

9) 참조: Westfall(1971), Introduction, Ch. I, Ch. VII & Ch. VIII.

하에서 이루어지지만 이를 넘어서서 관찰불가능한 대상이나 과정에 대한 주장을 하는 것으로 보는 입장이 일반적이다. 실제로, 많은 경우에 과학적 설명력은 숨겨진 기제나 과정의 실재에 대한 주장을 기초로 하여 성립해 왔다고 할 수 있다. 따라서, 경험적 적합성의 추구하고 설명력의 추구는 두 다른 영역, 즉, 관찰가능한 영역과 관찰불가능한 영역에서 일어나는 같은 부류의 활동, 즉, 세계에 대해 참된 신념을 획득하려는 활동으로 볼 여지가 있다. 그러나, 모든 설명이 관찰불가능한 대상이나 과정에 대한 실재론적 공약(commitment)을 전제한다고 보는 것은 매우 강한 입장이다. 특히, 실재론적 진리 개념의 타당성에 대해 그 동안 많은 논란이 있어 왔다. 그 뿐만 아니라, 과학적 설명이 관찰불가능한 영역에 속하는 존재자들에 관한 참된(또는 근사적으로 참된) 신념을 획득하는 데 유력하고 신뢰할 만한 통로를 제공한다는 주장에 대해서도 많은 찬반 양론이 있어 왔다. 그러므로, 본 논문에서 나는 과학적 설명이 관찰불가능한 대상이나 과정에 대한 참된 신념을 근거로 해서만 성립한다는 입장과는 일정한 거리를 유지하고자 한다.

한편, 과학적 활동의 기본적 목표들이 경험적 적합성과 설명력에 한정된다고 더 이상 말하기 어렵다. 자연에 대한 기술적 지배(technical control)가 과학의 또 다른 기본적 목표로 자리잡았음을 부인할 수 없다.¹⁰⁾ 자연에 대한 기술적 지배가 과학의 기원에서부터 기본적 목표의 역할을 한 것은 아니다. 과학과 기술은 매우 오랜 기간 서로 소원한 관계에 있었다. 과학은 단순히 그것이 산출하는 기술적 이득 때문에 추구되어 온 것이 결코 아니다. 기원과 그 발달 과정에 있어 매우 상이한 두 활동인 과학과 기술이 실질적인 관계를 맺기 시작한 것, 즉, 과학에 대한 베이컨적 기대가 현실화되기 시작한 것은 19세기에 들어와서부터이다. 그러나, 현대에 와서 이 두 활동은 서로 분리불가능한 관계에 놓이게 된 것처럼 보이며, 적어도 잠재적인(또는 예상가능한) 기술적 이득과 연계되지 않는 과학적 활동

10) 인류의 이익을 위한 과학적 지식의 사용, 즉, 자연의 지배를 과학적 활동의 한 목표로 삼도록 제안한 대표적인 인물로는 베이컨을 들 수 있다. 참조: Bacon(1605), First Book, V, 11.

은 점점 생각하기(또는 설자리를 얻기) 어렵게 되어가는 것이 오늘의 현실이다. 물론, 경험적 적합성이 일차적으로 인식적 가치의 성격을 가지는 반면에, 자연에 대한 기술적 지배라는 목표는 전적으로 실용적인 가치에 해당한다.

지금까지 논의된 과학의 목표들, 즉, 경험적 적합성, 설명력, 그리고 자연에 대한 기술적 지배 이외에도 여러 가지의 목표들이 거론되어 왔다. 정합성(consistency), 다산성(fruitfulness), 통합력(unifying power), 단순성(simplicity) 등이 그것이다. 그런데, 이러한 과학의 목표들은 그 나름의 계층적 질서를 형성해 온 것처럼 보인다. 특히, 앞서 언급된 것처럼, 일부 목표들과 나머지 목표들 사이에는 목표와 수단의 관계가 성립하는 것처럼 보인다. 일단 인식적 목표들에 우리의 논의를 제한하면, 경험적 적합성과 설명력을 제외한 나머지 인식적 목표들은 전자의 가치들을 잘 구현하는 이론들을 확인하는 데 도움이 된다는 의미에서 수단의 역할을 하는 것으로 볼 수 있다. 예를 들어, 내적 정합성은 경험적 적합성이나 설명력 같은 인식적 목표들을 달성하기 위해 거의 필수적인 요건으로 볼 수 있다. 논리적 관점에서 보면 모순은 모든 주장을 함축하는데, 실제 세계는 모든 것을 허용하지 않는 것처럼 보인다. 그렇다면, 세계가 모순을 내포한다고 보기 어렵고, 따라서 모순적이지 않은 세계를 제대로 기술하기 위해서는 세계에 대한 신념 역시 모순적이어서는 안될 것이다. 그러므로, 세계에 대한 우리의 신념 체계가 정합성을 결여한 것으로 밝혀질 경우, 이는 궁극적으로는 정합성을 획득하는 방식으로 재조정되어야 한다.¹¹⁾ 외적 정합성, 즉, 한 이론과 주변 이론들과의 정합성에 대한 요구는 내적 정합성에 대한 요구에 비해 강도가 약한 것처럼 보인다. 왜냐하면, 외적 정합성에 대한 지나친 요구는 다소 근본적인 이론 변화를 원천적으로 봉쇄하는 결과가 될 것이기 때문이다.¹²⁾ 그렇지만, 근본적인 변화가 요구되지 않는 상황

11) Hempel(1979, 51)은 논리적 정합성의 요구에 대한 강한 의견을 표명한다. 즉, 그는 이를 과학적 신념의 합리적 체계가 만족시켜야 할 필요조건으로 간주한다. 그러나, 이 내적 정합성에 대한 논구는 인간의 제한된 인식능력을 고려하여 그 수위가 조절되어야 한다. 그렇지 않으면, 가능하지 않은 것을 요구하는 결과가 될 것이다. 이와 관련된 논의를 위해서는, 참조: Cherniak(1986), 16-18 & 59-71.

에서는, 외적 정합성 역시 경험적 적합성이나 설명력의 확보 및 증대를 위해 필요한 요건으로 보인다. 통합력은 위에서 언급된 어느 다른 목표들보다 설명력과 밀접한 관계를 가지는 것으로 보인다. 물론 양자 사이의 관계는 과학적 설명의 본성에 대하여 어떤 견해를 취하는가에 따라 달라진다. 과학적 설명은 주어진 현상이 왜 일어났는가에 대한 지적 이해를 추구하는 활동으로 널리 간주되어 왔다. 이런 관점에서 본다면, 현상들에 대한 지적 이해의 추구가 설명력 추구의 밑바닥에 자리잡고 있으며, 따라서 과학의 기본적 목표로서의 후자를 전자에 의해 대체하는 것이 적절하다고 해도 지나친 말은 아닐 것이다. 그런데, 과학적 설명이 어떤 형태를 가지며, 어떤 방식으로 이해를 산출하는가에 대해서는 이견이 있어 왔다. 한 전통적인 견해는, 현상들이 발생한 원인을 밝힘으로써 그들에 대한 이해를 산출하는 것이 과학적 설명에 해당한다는 입장이다. 예를 들어, 아리스토텔레스는 “원인(cause)”이라는 용어가 쓰이는 방식과 그의 존재론적 견해에 입각하여 현상의 원인들을 네 유형, 즉, 질료인, 형상인, 동력인, 목적인으로 분류하고, 각 유형의 원인을 모두 밝힐 때 비로소 어떤 현상에 대한 완전한 이해를 얻게 된다고 생각하였다.¹³⁾ 즉, 그는 어떤 현상에 대한 이해가 그에 대한 인과적 설명을 통해 이루어진다는 입장을 취하고 실제의 탐구에서 이를 실천하고자 하였다. 물론, 과학 활동 속에서 이루어진 모든 설명이 인과적 설명의 형태를 취했던 것은 아니지만, 그것이 과학적 설명의 한 주요한 형태에 해당함은 의심의 여지가 없다.¹⁴⁾ 다른 한편, 과학적 이론의 설명력은 그 이론이 관련된 현상들을 통합하는 능력과

12) 예를 들어, 16세기 중엽에 제시된 코페르니쿠스의 태양중심설은 그 당시 통용되고 있었던 아리스토텔레스 역학과의 정합성이 의문스러운 상황에 있었다. 만일 외적 정합성의 충족이 새 이론의 제안을 위한 필수 조건이라면, 코페르니쿠스의 천문 이론은 애당초 제시되기 어려운 상황에 있었다고 볼 수 있다. 나아가서, 이러한 사례는 예외적이지 않다. 왜냐하면 근본적으로 새로운 이론이란 거의 예외 없이 기존의 주변 이론들과 충돌하기 마련이기 때문이다.

13) 참조: Aristotle, *Physics*, 198a.

14) 모든 설명이 인과적 설명의 형태를 취해야 한다는 강한 입장을 위해서는, 참조: Lewis(1986).

밀접한 관계가 있는 것으로 보인다. 과학적 설명은 우리가 맹목적으로 받아들이는 사실들의 수를 최소화하고 그들로부터 도출해 낼 수 있는 결론의 수를 극대화하는 방식을 통해, 그리고 서로 무관한 것처럼 보이는 많은 현상들이 동일한 논증 양식을 통해 도출될 수 있음을 보여줌으로써, 현상들에 대한 이해를 산출한다는 일부 과학철학자들의 주장은 이런 관점으로부터 나온 것이다.¹⁵⁾ 방금 거론된 과학적 설명에 대한 두 견해는 최근의 철학적 논의에서 경쟁관계에 있는 주요한 대안들로 다루어진다. 그러나, 과학적 설명에 대한 하나의 정형을 고집하지 않는다면, 두 견해 모두 적어도 국소적 타당성을 인정받을 수 있는 것처럼 보인다. 역사적으로 보더라도, 과학 이론의 통합력과 숨겨진 인과적 기제나 과정의 설정은 항상 그런 것은 아니지만 자주 동반하는 관계에 있는 것으로 나타난다. 그러므로, 어떤 이론의 통합력을 그것의 설명력에 대한 주요 지표로 보아 무방할 것이다. 달리 말해, 통합력의 추구는 설명력의 확보를 위한 주요 방편으로 볼 수 있다. ‘다산성’은 새로운 현상들을 드러내거나 이미 알려진 현상들 사이에 알려지지 않았던 관계들이 성립함을 밝혀내는 이론의 능력을 지시하는 표현으로 사용되기도 하는데,¹⁶⁾ 이러한 방식으로 이해된 다산성은 통합력과 마찬가지로 설명력과 밀접한 관계를 가지는 것처럼 보인다. 앞서 언급된 목표들 중에서 다루기 가장 어려운 것이 아마도 단순성의 목표이다. 이는 무엇보다도 단순성의 정체를 분명히 하는 것이 용이하지 않다는 데 기인한다. 그러나, 어떤 이론의 단순성을 그 이론의 일부를 이루는 기본적 원리들의 수와 그들로부터 도출되는 현상들의 수 사이에 성립하는 비율로 본다면, 이런 의미의 단순성은 그 이론의 통합력과 매우 유사한 성격을 가진다. 따라서, 방금 소개된 그런 의미에서의 단순성은 통합력과 마찬가지로 설명력과 밀접한 관계를 가지는 것으로 볼 수 있다. 이와 같이, 과학적 활동과 관련하여 자주 언급되는 여러 목표들은 우리가 기본적인 목표라 부른 것들에 대해 수단의 관계에 있는 것처럼 보이며, 따라서 전자는 그것이 후자를 달성하는 데 얼마나 도움이 되는가에

15) 참조: Friedman(1974) & Kitcher(1981, 1989).

16) 참고: Kuhn(1977), 322.

의해 평가될 수 있다. 그러나, 계층적 질서의 정점에 놓여 있는 목표, 즉, 기본적 목표들 자체는 이러한 방식으로 평가될 수 없다. 그러므로, 과학의 목표들이 계층적 질서를 형성하는 상황에서는 일부 목표들에 대한 평가를 통해 과학적 합리성의 영역이 확장된다고 볼 수 있으나, 여전히 도구적 합리성의 태두리를 벗어나지 못하는 것처럼 보인다.

도구적 합리성의 영역을 넘어서는 목표 평가의 가능성은 없는가? 어떤 목표의 추구는, 그것이 당위적인 성격을 가진다면, 목표의 성취가능성을 전제로 한다. 물론, 어떤 목표의 추구는 단순히 해당 활동 주체가 그 목표의 달성을 원한다는 데서 비롯하기도 한다. 그리고 과학적 활동도 그것이 단순히 개인적인 관심과 투자에 의거해 이루어진 시기에는 당위적인 성격을 가졌다고 보기 어렵다. 그러나, 과학적 활동의 사회적 중요성이 인정되고 그 활동이 소속 사회로부터의 정책적인 지원에 크게 의존하게 되면서, 과학적 활동은 단순히 개인적인 관심의 추구하고 만족이라는 수준에서가 아니라 사회의 일부 구성원들이 추구할 필요가 있는 활동으로 되었다. 다시 말해서, 과학 활동은 단순히 개인적인 관심과 만족의 추구라는 동인에 의존하던 활동으로부터 사회적 필요성과 당위성이 인정되는 활동으로 변화한 것이다. 따라서, 과학적 활동 역시, 모든 당위적 요구는 그 실현가능성을 전제로 해야 한다는 격률의 적용 대상이 된다.

과학적 활동이 단순히 개인적 바람의 산물에 불과한 상황에서는, 그 목표의 실현가능성이 전제될 필요가 없는가? 채택된 목표가 실현가능해야 한다는 요구의 수준은 문제의 상황에서 다소 낮아질 것처럼 보인다. 그러나 과학적 활동은, 그것이 목표지향적 활동에 해당하는 한, 그 목표가 실현가능해야 한다는 요구를 원칙적으로 면제받기 어렵다. 달성불가능한 것으로 밝혀진 목표를 계속 추구하는 행위는 맹목적이라는 비판을 피하기 어려울 것이기 때문이다. 그러므로 과학적 활동은, 그것이 단순히 개인적 관심의 소산이건 사회적 요구의 소산이건, 그 목표의 실현가능성을 전제로 해야 할 것처럼 보인다.

과학적 활동의 목표는 실현가능한 것이어야 한다는 주장이 동전의 앞면이라면, 동전의 뒷면에 해당하는 격률이 있다. 과학적 활동의 목표는 실현

가능한 범위 내에서는 최대한 높은 수준에서 설정되어야 한다는 주장이 그것이다. 보다 높은 수준의 목표가 달성가능함에도 불구하고 낮은 수준의 목표를 고수하는 것은, 쉽게 달성될 수 있는 목표를 제시한다는 점에서 현실적이기는 하나, 행위 주체의 활동 범위를 부당하게 위축시키는 결과를 가져온다. 실제로, 이 최대화의 요구에 의해 보완되지 않을 경우, 실현가능성의 요구는 사소한 주장이 된다. 이는 실현가능성의 조건에 의해 과학적 활동을 상대적으로 평가하고자 할 때 더욱 그렇다. 왜냐하면, 과학의 목표를 하향 조정할수록 실현가능성의 기준을 통과하는 것이 더 용이해질 것이기 때문이다.

역사적으로 본다면, 과학적 활동의 목표가 때로는 지나치게 높은 수준에서, 그리고 때로는 너무 낮은 수준에서 설정되기도 했음을 알 수 있다. 예를 들어, 확실한 지식의 추구는 고대에서부터 근대에 이르기까지 과학의 전통적인 목표 역할을 해 왔다. 직관을 통해 절대적으로 확실한 제일 원리들을 밝혀내고 이를 출발점으로 삼아 여타의 지식들을 연역해 내는 논증적 과학의 추구는 아리스토텔레스와 데카르트에 공통된 목표였다. 뉴턴은 절대적으로 확실한 지식, 즉, 오류불가능한 지식의 추구로부터 과학적 활동을 해방시킨 대표적 인물에 해당하는데, 이러한 목표의 근본적 전환은 오랜 기간에 걸쳐 행해진 과학적 활동 경험을 통해 이루어진 것이다. 즉, 오랜 과학적 활동을 통해 비로소 오류불가능한 지식의 추구가 실현불가능한 목표라는 인식이 생겨나고 자리잡게 된 것이다. 다른 한편, 뉴턴은 과학적 지식의 추구를 현상들로부터 귀납적 추론을 통해 도달가능한 것에 제한하였고 이러한 태도는 18세기에 들어와 과학자들 사이에 일반화되었다.¹⁷⁾ 그러나 18세기 중엽에 이미 일부 과학자들의 활동은 이렇게 하향 조정된 과학의 목표를 넘어서고 있었고, 그들은 그 당시 통용되고 있었던 과학의 목표가 자신의 과학적 활동을 부당하게 제약하는 것으로 간주하였다.¹⁸⁾ 실제로 과학의 목표는 19세기에 들어와 관찰가능하지 않은 기체나 과정의 설정을 통한 현상들의 설명을 허용하는 방식으로 다시 상향 조정

17) 참조: Laudan(1981), 9-10.

18) 참조: Laudan(1981), 12-13.

되었다.¹⁹⁾

그러나, 어떤 특정한 목표의 실현가능성 여부를 결정하는 일이 결코 쉬운 것은 아니다. 오류불가능한 지식의 획득은 달성불가능한 목표라는 인식이 자리잡는 데 천년 이상의 시간이 걸린 것이 이를 입증한다. 앞서 과학적 활동의 기본 목표들 중의 하나로 지목된 설명력 역시 역사적으로 보면 순탄한 과정만을 거친 것이 아님을 알 수 있다. 근대에 이르기까지 가장 성공적인 자연과학적 활동의 산물로 여겨진 프톨레마이오스의 천문이론은 설명력을 결하고 있었고, 이 점에서 상대적으로 유리한 위치에 있었던 코페르니쿠스의 천문이론 역시 주전원의 수용을 인과적으로 정당화하는 데 성공하지 못했다. 이러한 사정은 역학의 경우에도 비슷하다. 아리스토텔레스의 물리학을 대체하는 근대 역학의 성립에 중요한 기여를 한 갈릴레오의 작업은 설명력의 추구를 의도적으로 자제함으로써 이루어졌고, 근대 역학 혁명을 완성한 뉴턴의 작업 역시 설명력의 추구를 배제하고 운동에 대한 기술적 정확성만을 추구한다는 입장의 천명을 통해 이루어졌다.²⁰⁾ 실제로 뉴턴의 비판자들은 그의 이론이 설명력을 결여한 것으로 간주하였다. 따라서, 경험적 적합성을 결여한 설명력은 허구에 불과하다는 보다 근대적인 인식을 통해 본다면, 설명력을 가지면서 동시에 경험적으로도 성공적인 이론의 등장은 뉴턴에 와서, 보다 분명하게 말한다면 그 이후에 성립한 사건으로 볼 수 있다.²¹⁾ 다시 말해, 과학의 기본적 목표로서의 설명력은 근대에 이르기까지 제대로 달성되지 않은 채로 있었으며, 실질적으로 달성되기 시작한 것은 최근 몇 백년 사이의 일에 불과하다.

목표의 실현가능성이 목표와 수단 사이의 관계에서 문제가 되는 사항이

19) 참조: Laudan(1981), 10-11.

20) 뉴턴의 이러한 입장은 특히 그의 *Principia*에서 강하게 나타난다. 예를 들어, 그는 다음과 같이 말한다.

... 나는 여기서 그 힘들의 원인이나 지위는 논외로 하고 그것들에 대한 수학적 개념만을 제시하고자 한다.(*Principia*, 5)

21) 뉴턴이 *Principia*를 통해 지상과 천상에서 일어나는 물체들의 운동에 대한 설명을 제공했는가는 논란의 여지가 있다. 그 당시의 과학자들 중 다수, 특히, 데카르트 주의자들은 뉴턴의 이론을 단순한 수학적 계산 장치로 여겼다.

라면, 일단 동등한 지위를 가지는 것으로 볼 수 있는 목표들 사이의 관계에서 비롯하는 평가의 문제가 있다. 목표들 사이의 정합성의 문제가 그것이다. 단순히 목표와 수단의 관계에 있지 않는 상이한 목표들은 서로 조화를 이룰 수도 있지만 갈등하거나 심지어 양립불가능한 관계를 가질 수도 있다. 앞서 과학의 기본적 목표들로 언급된 설명력, 경험적 적합성, 그리고 자연에 대한 기술적 지배의 경우, 과학적 활동의 시초부터 공존하면서 서로 조화를 이루는 관계를 맺어온 것은 아니다. 자연의 기술적 지배라는 목표는 근대 이전까지는 과학적 활동의 장에 등장조차 하지 않았으며, 설명력과 경험적 적합성은 처음부터 과학적 활동의 목표로 자리잡긴 했으나 근대에 이르기까지 서로 갈등하는 소원한 관계에 있었다. 설명력과 경험적 적합성이 상호의존적이고 보완적인 관계를 갖게 된 것은 근대에 들어와 두 목표를 동시에 성취하는 것처럼 보이는 이론이 구체적으로 등장하면서부터이다. 나아가서, 자연에 대한 기술적 지배가 과학의 기본적 목표로서 성립하여 이 두 목표와 밀접한 관계를 맺게 된 것도, 과학적 활동이 일부 과학이론의 응용을 통해 기술을 개발하고 이용하는 활동과 실질적인 관계를 가지게 되면서부터이다.²²⁾ 그러나 설명력, 경험적 적합성, 그리고 자연에 대한 기술적 지배의 추구가 항상 조화로운 관계를 유지하는 것으로 보기는 여전히 어렵다. 경험적 적합성은, 그 자체 과학의 전통적 목표 중 하나로서 그리고 설명력 있는 이론이 충족시켜야 할 전제조건으로서, 가장 폭넓게 받아들여지고 있는 과학적 활동의 목표로 볼 수 있다. 그런데, 과학적 이론의 설명력을 어떻게 이해하는가에 따라, 설명력의 추구는 경험적 적합성의 추구하고 긴장 관계를 형성하기도 하는 것처럼 보인다. 이는 특히 과학적 이론의 설명력이 이론에 대한 실재론적 공약에서 비롯하는 것으로 볼 때 그러하다. 예를 들어, 현대의 양자역학은 전통적인 실재론적 해석을 거부하는 것으로 널리 이해되고 있는데, 그런 이유로 실재론적 해석을 허용하는 변형된 양자이론이나 새로운 대체이론의 개발을 통해 과학적 설명력의 회복을 추구하는 물리학자의 입장은 기존 양자이론

22) 과학이 그 기술적 응용을 통해 산업에 실질적인 영향을 미치기 시작한 것은 19세기 후반에 들어와서였다. 참고: Basalla(1988), 28.

의 경험적 성공에 만족하고 이에 안주하는 다수 물리학자의 입장과 갈등하는 관계에 놓이는 것처럼 보인다. 그럼에도 불구하고, 경험적 적합성이 설명력의 획득을 위한 필수 요건으로 간주되는 한, 양자 사이의 관계는 상호 배타적이라기보다는 상호의존적이고 보완적인 관계에 있는 것으로 보는 것이 대체로 옳다. 설명력의 획득은 경험적 적합성의 확보를 필요로 하는 한편, 전자는 후자를 넘어서서 과학적 활동에 인식적 깊이를 주고 이를 통해 종종 후자를 이끄는 역할을 하기 때문이다. 예를 들어, 프톨레마이오스의 천문이론으로부터 코페르니쿠스 천문이론으로의 이행 과정에서 일어난 일은 경험적 적합성의 단순한 증가가 아니다. 경험적 적합성의 관점에서만 본다면, 두 이론의 실적은 차이가 별반 없다고 해도 좋을 것이다. 두 이론 사이의 실질적 차이는 설명력의 관점에서 후자가 전자보다 우위에 있었고, 이러한 설명력의 우위는 케플러로부터 뉴턴에 이르는 후속 작업을 통해 경험적 적합성의 획기적인 증가를 가져오는 기반을 제공해 주었다.

반면, 설명력의 추구하고 자연에 대한 기술적 지배의 추구 사이의 관계는 일단 조화를 기대하기 힘든 것처럼 보인다. 두 목표의 원천이 서로 다르기 때문이다. 설명력의 추구가 인식적 관심에 그 뿌리를 두고 있는 데 반해, 자연에 대한 기술적 지배의 추구는 전적으로 실용적인 관심의 소산이다. 따라서, 두 목표가 과학적 활동을 두 다른 방향으로 이끌으로써 서로 대립하는 양상을 드러내는 것은 당연한 귀결이라 할 수 있다. 그렇다고 하더라도, 문제의 두 목표가 공존불가능하거나 전혀 조화를 이룰 여지가 없는 관계에 있는 것으로 볼 필요는 없다. 앞서 이야기된 것처럼, 설명력과 경험적 적합성의 목표는 때때로 갈등하기도 하지만 대체로 상호의존적이고 보완적인 관계에 있다. 그런데, 경험적 적합성은 인식적 목표인 동시에 실용적 목표이기도 하다. 왜냐하면, 경험적 적합성의 일부를 이루는 예측력은 실용적인 관점에서도 유용하기 때문이다. 물론, 자연적 과정에 대한 예측과 그에 대한 지배는 별개의 문제이다. 즉, 미래의 어느 시점의 기상 상태를 예측할 수 있다고 해서 그것을 변경하거나 조종할 수 있는 것은 아니다. 그렇지만 전자의 예측은 여전히 유용할 수 있다. 따라서, 자연

에 대한 지배가 적극적인 의미에서 실용적이라면, 예측은 소극적인 의미에서 실용적이다. 그리고 자연의 지배는 흔히 그에 대한 예측을 전제한다. 그러므로, 경험적 적합성(특히, 예측력)과 그의 증가를 유도하는 설명력의 추구는 자연에 대한 지배력의 증대와 무관하지 않을 뿐만 아니라, 후자는 전자에 의존하기도 하는 관계에 있다. 나아가서 실험을 매개로 한 설명력과 경험적 적합성의 추구는 다양한 수준에서 자연을 조작할 수 있는 능력을 전제로 한다. 실험 기구를 제작하고 이용할 수 있는 능력이란 바로 자연을 조작할 수 있는 능력이기 때문이다. 이러한 사정은 최근에 올수록 과학 이론에 대해 기대되는 설명력의 고도화와 더불어 자연에 대한 조작 능력의 고도화 역시 요구되는 경향이 뚜렷하다는 데서도 잘 드러난다. 고에너지 물리학 분야의 숙원 사업이었던 초전도 초가속기(Superconducting Supercollider)의 제작은 그 좋은 예이다.²³⁾ 그렇다면, 설명력과 자연에 대한 지배의 추구가 서로 갈등하거나 반목하는 관계에 있는 것으로 보이는 이유는 무엇인가? 이는 후자가 예측력이라고 하는 제한된 경로를 통하여 경험적 적합성 그리고 더 간접적으로 설명력과 관계를 맺기 때문인 것처럼 보인다. 그 결과, 단기적이고 특정한 결실을 기대하는 입장에서 볼 때, 두 부류의 목표는 서로 무관하거나 심지어 대립하는 양상을 자주 드러낸다고 말할 수 있다.

3

지금까지 우리는 과학의 목표들, 특히, 기본적 목표들이 과학적 활동의 역사를 통해 어떻게 성립하였으며 서로 어떤 관계를 가지게 되었는가에 대해 논의하였다. 그러나, 과학의 목표들이 역사적 산물이라면, 그러한 목표들의 설정은 그 달성가능성과 내적 적합성에 있어 별 문제가 없다 하더

23) 초전도 초가속기(SSC)는 양성자의 에너지를 20조 eV까지 가속시킬 수 있는 원둘레 80여 km의 거대 가속기로서 미국 텍사스 주에서 건설되던 중 미 의회의 결정에 의해 그 건설이 취소되었음.

라도 그 역사적 우연성 때문에 정당화되기 어렵다는 문제가 제기될 수 있다. 이러한 문제 제기는 과학적 활동을 정의하는 어떤 성질들(defining characteristics)이 있는가라는 물음과 관계된다.

여기서, 과학의 목표들은 단순한 규약에 불과하다는 입장을 생각해 보자. 이는 실제로 일부 전통적 과학철학자들이 취한 입장이다. 예를 들어, 포퍼는 일단의 과학적 목표들이 내적으로 정합적인 한 철학적으로 비판가능하지 않다고 말한다. 라이헨바흐(H. Reichenbach) 역시 과학의 목표들을 선택하는 문제는 의지에 의한 결단(volitional decision)의 문제라고 말한다. 과학의 목표들이 이렇게 주관적 선택의 문제이며 따라서 정당화될 수 없는 것으로 본다는 점에서는 카르납이나 험펠도 마찬가지로 보인다. 그런데 이러한 주관주의적 입장은 다음과 같은 난점을 지닌다. 먼저, 규약으로 받아들여진 어떤 목표가 실현불가능한 것으로 밝혀지고, 따라서 문제의 목표를 포기하게 되는 상황이 발생한다고 하자. 이 경우, “과학적” 활동에서 채택되는 목표들의 집합에는 변화가 일어나게 된다. 그렇다면, 이렇게 달라진 목표들을 채택하는 활동은 여전히 과학적 활동으로 간주될 수 있는가? 이에 대해 한 가지 가능한 대응은, 변화된 목표들의 채택을 통해 과학적 활동 자체가 재규정된다고 말하는 것이다. 그러나, 이러한 대응은 그 나름의 문제를 지니고 있다. 기존의 목표들과 전혀 다른 목표들을 규약을 통해 채택하는 경우, 이 역시 과학적 활동으로 불릴 수 있는가라는 물음이 나올 것이기 때문이다. 만약 이 물음에 부정적으로 답한다면, 기존의 목표들은 규약을 통해 시간상 먼저 채택되었다는 이유만으로 과학적 목표의 지위를 누리는 것에 불과하다는 비판을 면키 어렵다.

그러면, 과학의 목표들을 역사적 산물로 보는 입장은, 과학의 목표들을 단순한 규약으로 보는 입장이 직면하는 문제들로부터 해방된다고 볼 여지가 있는가? 과학적 활동의 역사적 과정을 통해 우리 인간은 어떤 목표들이 추구할 가치가 있을 뿐만 아니라 실현가능한가를 배워 왔다. 즉, 과학적 활동의 경험을 통해 우리는 추구할 만한 가치가 있는 것으로 여겨지는 모든 목표가 실현가능한 것이 아님을 배우게 되었다. 예를 들어, 오류불가능한 지식의 획득은 인간이 지적 활동을 통해 오랜 기간 추구해 온 전통

적인 목표였다. 그러나, 되풀이된 실패의 경험을 통해, 이러한 목표의 달성은 비현실적이라는 인식이 근대(특히, 18세기)에 들어와 자리잡게 되었다. 반면, 앞서 이야기되었던 것처럼, 설명력의 목표와 경험적 적합성의 목표는 오랜 과리의 과정을 거쳐 동일한 이론을 통해 동시에 구현될 수 있는 목표들이 밝혀졌다. 이와 같이, 과학의 목표들은 많은 시행착오를 거쳐 수정되고 다듬어져 왔다. 따라서, 과학적 활동의 시초에 그들이 가졌을 자의성과 우연성은 역사적 과정을 통해 많이 불식된 것으로 볼 수 있다. 그런 까닭에, 특별한 이유 없이 기존의 활동에서 채택되어 온 과학의 목표들을 포기하고 새로운 목표들로 대체하는 결정은 그 자체가 자의적인 성격을 가지게 된다.

나아가서, 역사를 통해 과학의 목표들이 변화해 왔음에도 불구하고, 설명력과 경험적 적합성 같은 과학의 기본적 목표들은 과학적 활동의 시초에서부터 비교적 안정적으로 유지되어 왔을 뿐만 아니라, 거의 필수적인 요소로 자리를 굳힌 듯하다. 이들 사이의 관계도 오랫동안의 같던 관계로부터 상호의존적이고 보완적인 보다 성숙한 관계로 발전하였다. 뒤늦게 편입된 자연에 대한 지배력의 추구 역시 그 폐해에도 불구하고 현대 문명뿐만 아니라 미래 문명의 원동력으로서의 역할을 부인하기 어렵게 되었다. 이와 같이, 과학적 활동의 기본적 목표들 중 적어도 일부는 변화하는 가운데서도 상호관계를 정립 또는 재정립하고 이를 통해 자신들의 위치를 강화하는 과정을 밟아온 것으로 볼 수 있다. 특히, 현대라는 시대적 맥락에서 본다면, 설명력, 경험적 적합성 그리고 자연에 대한 지배력의 추구는 과학적 활동을 특징짓는 가치 체계를 형성하게 된 것처럼 보인다. 그러면, 앞서 논의된 기본적 목표들의 추구가 과학적 활동을 정의하는 특징에 해당한다고 볼 수 있는가? 어떤 대상에 대한 정의는 임의적이고 선택적인 성격을 가지는 것으로 이해한다면, 앞의 물음에 대한 답은 “아니다”가 되어야 할 것이다. 왜냐하면, 과학의 목표들은 단순한 규약이 아니라 오랜 기간에 걸쳐 형성된 역사적 산물인 까닭에 경험적이며, 역사적 과정을 통해 학습된 것인 까닭에 임의적이라고 말하기는 어렵기 때문이다. 그러나, 어떤 대상에 대한 정의가 그 대상을 다른 대상들로부터 구분하게

해주는 역할을 하는 것으로 이해한다면, 우리의 답은 “그렇다”일 것이다.²⁴⁾

4

과학의 목표들은 역사를 통해 변해 왔으며, 이에 따라 목표를 달성하기 위해 사용되는 수단으로서의 과학적 방법도 함께 변화해 왔다고 말한다. 이는 당연한 주장처럼 들린다. 주어진 목표를 효과적으로 달성하도록 만들어 주는 것이 방법의 역할이라면, 새로운 목표의 효과적 달성을 위해서는 기존의 방법과는 다른 방법을 사용할 필요가 생기는 것이 일반적이기 때문이다. 그러나, 과학의 목표들이 역사적 과정에서 안정성을 결여한다고 하자. 그러면, 주어진 목표들의 달성을 위해 사용되는 방법들이 각기 그 나름으로는 효과적이라 하더라도, 과학의 합리성은 극히 상대적인 것에 머물고 말 것처럼 보인다. 어떤 시대의 과학도 다른 시대의 과학에 대하여 합리적 우위(rational superiority)를 주장할 수 없다는 파이어아벤트의 말은 아마도 이러한 상황을 염두에 두고 나온 것이다.²⁵⁾ 이러한 과학적 합리성에 대한 극단적 상대주의를 받아들일 수 없는 사람은 다음과 같은 파이어아벤트의 도전에 응해야 할 것이다.

문제의 시기에 아리스토텔레스적 방법을 통한 아리스토텔레스적 목표의 달성이 이루어지지 않았음을 또는 그 당시의 과학자들은 아리스

24) 쿤(1977) 역시 과학적 가치들의 공유가 과학적 활동을 다른 활동들로부터 구분 지우는 역할을 하는 것으로 본다. 이러한 입장은 과학적 합리성이 방법론적 기준 보다는 가치의 공유에 의해 성립하는 것으로 본다는 점에서 로타(R. Rorty)의 입장과 유사하다. 그러나, 로타(1987)가 토픽 중립적인 가치들의 추구를 합리성의 정체(identity)에 해당하는 것으로 보고자 하는 반면에, 쿤은 과학적 활동에서 채택되는 가치들이 다른 분야의 활동에서 채택되는 가치들과 구분되며 과학적 활동 특유의 가치들을 추구하는 데에서 과학적 합리성이 성립하는 것으로 본다는 점에서 로타와 다르다.

25) 참조: Feyerabend(1975), 209.

토텔레스적 목표에 도달하는 데 많은 어려움을 겪었는데 반해 근대적 방법을 사용하는 “근대의 과학자들”은 그들 자신의 목표에 도달하는 데 그와 같은 어려움을 겪지 않았음을 보여 주거나, 아니면 근대적인 목표들이 아리스토텔레스적인 목표들보다 선호할 만함을 보여 주어야 한다.(1975, 208-9)

앞장에서의 논의를 배경으로 삼아 우리는 이러한 피어아벤트적 도전에 응할 수 있는 것처럼 보인다. 먼저, 아리스토텔레스 과학의 경우 그 목적과 방법 사이에 쉽게 메울 수 없는 괴리가 있었던 반면에, 근대 과학(특히, 근대 천문학과 역학)의 경우 그러한 괴리가 존재하지 않았거나 덜 심각했다고 우리는 말할 수 있다. 구체적으로 말하자면, 아리스토텔레스는 현상들에 대한 인과적 설명을 추구하는 한편, 논증적 과학의 방법을 채택하였다. 특히, 이러한 시도는 천문학의 경우 에우독소스의 동심원 모형의 채택으로 나타났는데, 이 모형의 아리스토텔레스적 수정판은 복잡하면서도 여전히 경험적 적합성을 결여하고 있었다. 반면, 근대 천문학과 역학의 경우, 천체들의 겉보기 운동과 지상 물체들의 운동에 대한 인과적 설명이라는 아리스토텔레스적 목표를 공유했을 뿐만 아니라 이를 그것들 나름의 방법을 통해 달성하고자 하였다. 특히, 근대 천문학의 혁명을 완성한 뉴턴의 경우, 귀납적(또는 귀추적) 방법을 채택하였고, 설명력에 있어서만이 아니라 예측력에 있어서도 현저하게 뛰어난 이론을 산출하는 데 성공하였다. 결과적으로, 근대 과학은 그 자신의 목표를 그 자신의 방법으로 성취함에 있어, 아리스토텔레스 과학보다 뛰어났다고 말할 수 있다. 나아가서, 근대 과학의 목표는 아리스토텔레스 과학의 목표보다 선호될 여지가 있다. 후자는 강한 의미에서 확실한 지식, 즉, 오류불가능한 지식을 추구하는 전통에 속해 있었고, 전자는 확실한 지식을 추구하였으나 오류가능성을 인정하는 입장을 취하였다. 이러한 입장의 변화는 목표의 임의적인 변경이 아니라, 오류불가능한 체원리들에 근거한 과학의 이상이 성취불가능한 목표라는 오랜 경험을 통해 얻어진 인식의 소산이었다.

결국, 아리스토텔레스의 과학으로부터 근대 과학으로의 이행이 과학적 합리성의 면에서 진보적이라는 견해는 다음과 같은 주장들에 그 근거를

두고 있다. 하나는, 두 과학의 목표들이 상당히 연속적일 뿐만 아니라, 목표의 변화가 일어나는 경우에도 이는 경험을 통한 비판적 수정의 성격을 가진다는 것이다. 다른 하나는, 두 과학이 공유하는 목표들에 대하여 근대 과학의 이론들이 아리스토텔레스 과학의 이론보다 그 성취도가 뛰어나다는 것이다. 그런데, 이러한 주장들은 일반적인 수준에서 성립하는가? 전자의 주장에 관해서는 앞의 장들에서 보다 자세하게 논의된 바가 있다. 여기서는, 후자의 주장에 초점을 맞추어 논의하고자 한다. 설명력이나 경험적 적합성 같은 과학의 목표들을 성취하는 정도와 관련하여 경쟁이론간의 차별화가 가능하다는 주장에 대해 두 가지 형태의 대표적인 반론이 있어 왔다. 하나는 경쟁이론들이 경험적 증거에 의해 차별화 되지 않는다는 주장, 즉, 이론 미결정성(theory-underdetermination) 논제에, 다른 하나는 과학혁명기의 경쟁이론들이 공약불가능(incommensurable)하다는 쿤적인 주장에 그 바탕을 두고 있다.

먼저, 전자의 경우를 생각해 보자. 20세기 전반의 보다 전통적인 과학 철학자들은 과학의 합리성이 과학 이론들에 중립적인 관찰과 그를 토대로 한 이론의 평가—특히, 평가과정에서 특정한 유형의 논리적 추론이 사용되는 것—로부터 비롯하는 것으로 보았다. 그러나, 평가 과정에서 어떤 형태의 논리적 추론이 사용되어야 하는가에 대해 그들은 의견을 달리하였다. 예를 들어, 논리경험주의자들은 일반적으로 귀납적 추론과 확률 개념에 의거하는 입증의 방법을 중시하였고, 포퍼와 같은 이들은 귀납적 추론의 사용을 배제하는 동시에 연역적 추론의 구조를 가지는 반증의 역할을 강조하였다. 이러한 세부적 차이에도 불구하고, 경험적 증거를 토대로 한 경쟁이론간의 차별화가 가능하다는 생각은 그들에게 공통된 것이었다. 따라서, 이론 미결정성 논제는 전통적 과학철학의 방법론적 전제와 정면으로 배치되는 심각한 도전으로 시도되었고 또 그러한 것으로 이해되어 왔다.

이론 미결정성 논제의 주된 논거는 경험적으로 동등한(empirically equivalent) 이론들이 존재한다는 주장(이후로는, EE라 표시하기도 함)이다. 그리고, (EE)는 “이론의 경험적 내용”이라는 개념에 의존하고 있으며, 후자는 전통적으로 관찰적/이론적 용어의 구분에, 그리고 보다 최근에는 관

찰가능한/관찰불가능한 부분의 구분에 의존해 왔다. 그런데, (EE)는 과연 이론 미결정성 논제를 지지하는 방식으로 성립하는가? 이와 관련하여, 몇 가지 현저한 문제점들이 있는 것처럼 보인다. 우선, 이론의 경험적 내용은 관찰가능한 그 자신의 논리적 귀결들만이 아니라 그 이론에 속하지 않는 진술들과의 결합으로부터 도출될 수 있는 관찰가능한 결과들을 포괄한다. 그렇다면, 이론의 경험적 내용은 불확정적이다. 왜냐하면, 문제의 이론과 결합하여 사용될 수 있는 진술들의 집합은 열린 상태이고 따라서 불확정적이기 때문이다. 이런 상황에서는 이론 미결정성 논제의 논거로 사용되어 온 이론간의 강한 경험적 동등성, 즉, 일시적이 아니라 통시적인 경험적 동등성이 성립할 수 없다. 다른 문제점은, 경험적 동등성에 대한 주장이 그 현실성을 결여하고 있다는 것이다. 경험적으로 동등한 경쟁이론들의 존재에 대한 주장은 흔히 논리적인 차원에 행해졌다. 그러나, 이론 미결정성이 과학활동의 현장에서 실질적인 의미를 가지려면, 그것은 경험적으로 동등한 경쟁이론들의 현실적 존재를 바탕으로 해야 한다. 문제는, 강한 의미에서 경험적으로 동등한 경쟁이론들의 존재를 과학사 속에서 찾아보기 힘들다는 것이다. 뿐만 아니라, (EE)의 성립 여부에 상관없이, 두 경쟁이론간에 증거상의 동등성(evidential equivalence)이 성립함을 입증할 수 있는 가능성은 현실적으로 극히 희박하다. 이런 문제점들을 살펴볼 때, 어떤 이론에 대해서나 경험적으로 동등한 경쟁이론들이 존재하며 따라서 이론 미결정성이 성립한다는 주장은 여전히 도그마의 수준에 머물러 있다고 할 수 있다.²⁶⁾

그러나, 지금까지 논의된 것보다 더 급진적인 형태의 이론 미결정성이, 20세기 후반에 들어와 논의되기 시작한 관찰의 이론적재성과 경쟁이론간의 공약불가능성에 대한 주장들로부터 비롯하는 것처럼 보인다. 동일한 대상 또는 사태를 두고 과학자가 무엇을 관찰하게 되는지는 그가 받아들이고 있는 이론에 의해 달라진다는 헨슨, 쿤 등의 주장은 논리경험주의적 과학철학에서 당연시되어 온 관찰의 이론중립성과 정면으로 배치될 뿐만 아니라, 후자에 의해 제시된 과학의 객관성을 그 근저에서부터 뒤흔드는

26) 보다 자세한 논의를 위해서는, 참조: 조인래(1994).

효과를 가지고 있었다. 경쟁이론간에 공약불가능성이 성립한다는 쿤, 파이어아벤트 등의 주장은, 관찰의 이론적재성에 대한 주장을 그 일부로 포함하는, 경쟁이론간의 불연속성에 대한 보다 포괄적인 주장에 해당한다. 이에 따르면, 상이한 경쟁이론(쿤의 경우, 패러다임)을 받아들이는 과학자들은 서로 다른 것을 관찰할 뿐만 아니라, 해결하고자 하는 문제들의 목록 및 해결의 기준을 달리하며, 공통된 용어들은 사용하는 경우에도 다른 의미로 사용하게 된다. 전통적인 과학철학자들은, 이러한 공약불가능성이 경쟁이론간의 비교불가능성을 함축하는 것으로, 따라서 과학자들의 이론선택이 합리성을 결여한다는 주장을 초래하는 것으로 이해하였다. 이에 대한 쿤의 대응은 크게 두 가지이다. 먼저 쿤에 따르면, 이론 선택은 연산법적 규칙에 의해서가 아니라 과학적 가치들의 적용에 의해 이루어지는데, 그렇다고 해서 이론 선택이 비합리적인 것이 되는 것은 아니다. 왜냐하면, 연산법적 규칙의 존재와 사용이 이론선택의 합리성을 위해 필수적이지는 않기 때문이다. 연산법적 규칙의 사용과 과학적 가치들의 적용은 구체적으로 어떻게 다른가? 전자는 과학자들이 동일한 이론을 선택할 수 있도록 객관적인 판단 근거를 제공해 주는 역할을 하는 반면, 후자는 과학자들이 상이한 이론들을 선택하는 것을 허용하면서도 과학적 활동을 다른 활동들로부터 구별하게 해 주는 것으로 간주된다. 특히, 후자의 경우, 과학자들이 동일한 가치들을 공유하면서도 상이한 이론들을 선택하는 것이 허용되는 것은, 그들이 문제의 가치들을 달리 이해하거나 다른 비중을 가지고 적용하기 때문이라고 쿤은 생각한다. 이러한 쿤의 견해에도 문제가 없지는 않다. 그는 정확성, 정합성, 적용범위의 넓이, 단순성, 다산성 등을 과학자들 일반이 공유하는 가치로서 열거하는데, 그중에서도 정확성은 어느 시기부터 가장 중시되어 왔을 뿐만 아니라 해석상의 이견도 적은 경우로 본다. 그런데, 경험적 적합성의 중요한 부분이 된 정확성과 같은 가치가 단순히 이론 내적인 적용을 넘어서서 다른 이론과의 비교에서 어떤 역할을 하려면, 경쟁이론들에 공통된 관찰 및 실험 자료들이 존재하여야 한다. 그러나, 쿤이 말하는 공약불가능성이 경쟁이론들 사이에 전면적으로 성립한다면, 이는 정확성과 같은 가치를 특정 패러다임의 테두리를 넘어서서

적용하는 데에 원칙적인 장애물이 될 것이다. 이러한 사정은 적용범위의 넓이나 다산성과 같은 가치의 경우에도 마찬가지이다. 공약불가능성이 비교불가능성을 함축한다는 지적에 대한 쿤의 또 다른 대응은 방금 언급된 문제를 해소하는 데 기여한다. 즉, 쿤(1983)은 그의 공약불가능성이 애당초 국소적인 것으로 의도되었으며 또 그러한 것으로 이해되어야 한다고 말한다. 상호 정의되는(interdefined) 일부 용어들을 제외한 나머지 용어들은 경쟁이론들 내에서 같은 기능을 하며, 따라서 번역의 문제가 애당초 제기되지 않는다는 것이다.²⁷⁾ 이렇게 온건하게 해석된 공약불가능성 논제는 경쟁이론들 사이의 비교를 위해 많은 공간을 제공한다. 실제로 우리는 공약불가능한 경쟁이론들의 대표적인 사례로 쿤이 간주하는 경우들에서 경쟁이론들에 공통된 경험적 토대가 성립하며, 이를 통해 경우에 따라서는 폭넓은 비교가 성립함을 확인할 수 있다.²⁸⁾

5

지금까지의 논의에서 우리는 과학적 합리성에 대한 논의와 관련되는 과학적 활동의 주요 요소들, 즉, 과학의 목표, 과학적 방법 그리고 과학 이론들이 역사를 통해 변화여 왔음을 인정하였다. 그리고 이러한 변화 가운데서도 과학의 목표들은 상대적으로 안정된 모습을 보여 주며, 과학 이론들의 변화 역시 주어진 목표들에 대하여 후속이론의 성취도가 선행이론의 그것보다 대체로 높은 방식으로 이루어져 왔다고 이야기되었다. 그러나, 어떤 이론의 성취도에 대한 판정은 주어진 목표와 방법에 의해 이루어진다. 또, 어떤 목표에 대한 평가는 주어진 방법과 이론의 실적에 의해 크게 좌우된다. 나아가서, 방법에 대한 평가는 이론이 주어진 목표를 성취하는 정도에 따라 달라지는 것처럼 보인다. 이와 같이, 각 요소에 대한 평가가 나머지 두 요소에 의존하여 이루어진다면, 이러한 평가 구조는 순환적이

27) 참조: Kuhn(1983), 669-670.

28) 보다 자세한 논의를 위해서는, 참조: 조인래(1996).

라는 지적을 면하기 어렵다. 이러한 순환 구조는 어떤 과학적 실천이 다른 과학적 실천보다 과학적 합리성의 면에서 우위를 점한다는 주장을 무효화하지 않는가?

과학적 합리성에 대한 평가가 순환적 구조를 가지는 것은 사실이다. 그러나, 악순환은 아니다. 왜냐하면, 각 요소에 대한 평가가 나머지 두 요소를 배경으로 하여 이루어지고 그 결과로 일어나는 변화는 자체 수정적 과정이기 때문이다. 예를 들어, 주어진 과학의 목표들에 대하여, 어떤 과학 이론을 근거로 한 과학적 방법의 선택, 그리고 선택된 방법에 의한 탐구의 결과로 일어나는 이론의 변화는 자체 수정적 과정이다. 즉, 어떤 과학 이론을 바탕으로 선택된 방법이 전자에 유리한 탐구 결과만을 산출한다는 보장은 없으며, 시간의 경과와 더불어 전자에 반하는 결과를 산출하게 되는 것이 오히려 일반적이다. 뿐만 아니라, 어떤 방법에 의거한 탐구 결과는 흔히 기존의 배경 이론에 변화를 불러일으키고, 변화된 배경 이론은 그러한 변화를 산출하는 절차상의 계기를 제공한 방법 자체의 변화를 불러일으킨다.

그런데, 지금 논의되고 있는 과학적 활동의 세 요소가 공변(covariance)할 경우, 과학적 합리성에 대한 상대주의적 결론은 피하기 어렵다. 라우든(L. Laudan) 역시 이러한 점을 지적하고 있다. 그(1984, 43 & 47)는 과학적 활동의 요소들(즉, 이론, 방법 및 목표)이 서로 밀접히 연계되어 있어 변화할 때는 모두 함께 변한다는 견해를 공변의 오류(the covariance fallacy)라 부르고, 이러한 견해와 더불어 과학의 목표에 관한 한 합리적 숙고(rational deliberation)가 불가능하다는 견해를 채택할 경우 과학적 논쟁에 대한 합리적 해결은 가능하지 않게 된다고 주장한다.²⁹⁾ 나아가서 그는 과학적 활동을 구성하는 요소들이 공변한다고 말할 방법론적 또는 역사적 이유가 없으며, 따라서 상대주의적 결론 역시 받아들일 필요가 없다고 주장한다. 그리고 라우든은 기존의 모형들을 대신하여 그가 그물망 모

29) 라우든(1984, 43-4 & 47)은 쿤이 패러다임의 변화가 항상 인지적 목표들의 변화를 동반하는 것으로 보는 견해를 취했다고 생각한다. 그러나, 이러한 해석은 적절하다고 보기 어렵다.

형(reticulated model)이라 부르는 과학 변동의 모형을 받아들일 것을 제안한다. 이 그물망 모형에 따르면, (i) 과학의 목표, 방법 그리고 이론은 각기 다른 요소들을 제약하는 동시에 정당화해 주는 역할을 하며, (ii) 세 요소는 항상 공변하지 않는다는 점에서 어느 정도 독립적이다. 그 결과, 한 요소가 변화하는 가운데서도 다른 요소들은 변화하지 않으면서 변화하는 요소를 합리적으로 평가할 수 있는 토대를 제공해 주는 상황이 성립한다는 것이 라우든(1984, 74-7)의 생각이다.

그러나 라우든의 이러한 제안은 좌우 양쪽으로부터 협공을 받아 온 것이 사실이다. 특히 과학적 합리성에 관해 보다 전통적인 시각을 견지하는 위롤(J. Worrall)은, 일단 과학적 활동의 세 요소가 모두 변화한다는 것을 인정하면 상대주의적 귀결은 불가피하다고 주장한다. 그의 논변은 대략 다음과 같다. 과학적 활동을 구성하는 요소들이 모두 변하면, 특히 평가 원리들이 변하면, 진보가 일어났다는 것을 입증할 객관적 관점이 존재하지 않으며, 따라서 상대주의적 결론이 뒤따른다는 것이다.³⁰⁾ 이러한 반론에 대한 라우든의 대응은, 위롤이 상대주의적 도전의 성격을 잘못 이해하고 있다는 것이다. 그(1989, 263)에 따르면, 인식적 상대주의자의 주된 주장은 과학적 평가의 기준들이 변한다는 것이 아니라 변화 여부와는 상관없이 그 기준들이 독립적인 근거를 가지지 못한다는 것이다. 따라서, 과학적 평가의 기준들이 변화하지 않는다는 주장만으로 상대주의의 위협이 척결되지 않는다는 것이 라우든의 생각이다. 이러한 반박에 대해 위롤은, 라우든이 이야기하는 그러한 형태의 상대주의에 대항하여 일정한 평가 기준들을 정당화할 수 있는 방법은 없으며 그러한 기준들에 의거한 판단이 합리적이라는 것을 일종의 규약으로 간주해야 할 것이라는 입장을 취하는 한편, 역사적으로도 일단의 고정된 기준들이 채택되어 왔다고 응수한다. 그러나 방금 언급된 위롤의 응수는 두 가지 점에서 불만스럽다. 먼저, 역사적 관점에서 볼 때 가장 기본적인 기준들의 변화가 없었다는 주장은 그 진실성이 의심스럽다. 왜냐하면 과학의 기본적 목표나 방법들조차 역사를 통해 어떤 형태의 변화를 겪어 왔다는 것은 부인하기 어려운 사실이기 때

30) 참조: Worrall (1988), 274-5.

문이다. 또한 특정한 평가 기준들에 따른 판단은 규약에 의해 합리적이라는 주장은 규약에 의해 다른 합리성의 기준들을 채택할 수 있는 여지를 허용할 뿐만 아니라 그러한 가능성이 현실화되었을 때 이를 비판할 중립적 토대를 갖지 못하기 때문에 결국 상대주의적 귀결을 피할 수 없다는 점을 인정해야 할 것처럼 보인다. 그렇지만 두 사람 사이의 논쟁에서 위물이 일방적인 패배를 한 것으로 보기도 어렵다. 라우든이 그의 그물망 모형에서 하고 있는 것처럼, 과학의 목표들이 과학적 활동의 다른 요소들과 공변하지는 않지만 시차를 두고 후자와 마찬가지로 변화한다면 주어진 맥락에 한정된 합리성은 성립할지라도 제한된 맥락을 벗어나 진보가 일어난다는 주장을 하기는 어렵다. 즉 진보의 이행성(transitivity)을 주장하기는 어렵다. 따라서 바로 그러한 점에서 그물망 모형이 상대주의를 극복하는데 실패한다는 위물의 지적은 설득력이 있다.

그러면, 과학적 활동의 세 요소가 변화한다는 것을 인정하는 한 상대주의의 극복은 불가능한가? 다행히도, 역사를 통해 볼 때, 과학의 목표, 방법 그리고 이론들은 변화 시기가 서로 엇갈릴 뿐만 아니라, 변화하는 템포가 서로 다른 것처럼 보인다. 우선, 과학의 목표들은 변화하는 가운데서도 매우 안정된 양상을 보여 준다. 특히, 설명력 및 경험적 적합성 같은 과학의 기본적 목표들은 그 지위에 있어서의 다소간의 기복이나 상호관계에 있어서의 변화에도 불구하고 비교적 일관되게 유지되어 온 것으로 볼 수 있다. 과학적 방법은 목표에 비해 상대적으로 잦은 변화를 보여 준다. 아리스토텔레스의 논증적 과학의 방법이 오랜 기간 주류를 형성한 것으로 볼 수 있지만, 근대(특히, 17세기)에 들어오면서 가설의 방법과 귀납의 방법이 각축하는 양상을 보여 준다. 과학 이론은 세 요소 중 아마도 가장 변화가 잦고 심한 요소이다. 그렇다고 해서, 과학 이론이 다른 두 요소로부터의 영향을 수동적으로 받기만 하는 경우로 보아서는 안된다. 왜냐하면 과학 이론은 다른 두 요소의 변화를 불러일으키는 기폭제 역할을 종종 해 왔기 때문이다. 이와 같이, 과학적 활동의 세 요소인 목표, 방법 그리고 이론은 공변하지 않을 뿐만 아니라 변화의 템포마저 달리한다.

나아가서, 이 세 요소들은 공진화(coevolution)하는 관계에 있는 것처럼

보인다. 여기서 공진화의 변화 양식이란 무엇을 말하는가? 세 요소가 서로 영향을 주고받으면서 함께 진보해 나가는 것을 의미한다. 과학의 기본적인 목표들은 일단 인간의 생물학적 구성과 생태적 및 사회적 환경에 그 연원을 두고 있는 것으로 볼 수 있다. 그러나, 그 시초에는 다소 우연적이고 임의적인 성격을 가지기 때문에, 경험을 통해 수정, 정련, 보완될 필요가 있다. 특히, 실현가능성, 내적 정합성, 최대화의 기준 등을 만족시켜야 한다. 그리고 기본적인 목표들의 달성을 위해서는 방법의 사용이 필요하고 궁극적으로는 그 목표들을 구현하는 이론이 산출되어야 한다. 따라서, 과학 이론의 산출은 과학의 목표들과 그 달성을 위해 채택된 방법의 제약 하에 이루어진다. 그러나, 이런 과정을 거쳐 산출된 과학 이론은 세계와 인간에 대한 정보를 제공하고, 이는 기존의 목표와 방법을 평가할 수 있는 기반이 된다. 물론, 기존의 목표와 방법에 있어서의 변화를 가져오기 전에 과학 이론이 일련의 변화를 겪는 것이 보다 일반적일 것이다. 이러한 변증적 상호작용을 통해 일어나는 변화 과정에서 주목할 만한 두 가지 점이 있다. 하나는, 각 요소가 다른 요소들의 제약 하에서 변화하지만, 그 결과는 그러한 변화를 제약한 요소들에 항상 우호적이지는 않다는 것이다. 이것이 바로 앞선 언급된 과학적 활동의 자체 수정적 성격이다. 다른 하나는, 한 요소가 다른 요소들의 제약 하에서 변화할 때, 이는 일반적으로 학습에 해당한다는 것이다. 예를 들어, 주어진 목표와 방법의 제약 하에서 산출되는 일련의 과학 이론이 어느 단계에서 역으로 기존 목표나 방법의 변화를 초래할 때, 이는 학습을 통해 세계와 인간에 대해 더 많은 그리고 더 정확한 신념을 가지게 된 결과로 보는 것이 옳다. 그리고 이런 과정을 거쳐 정립된 목표는 그 이전의 비현실적이거나 임의적인 성격을 한층 더 탈피한 것으로, 그리고 이런 과정을 거쳐 채택된 방법은 관련된 목표의 보다 효과적인 달성을 위해 조율된 것으로 보는 편이 옳다.

그러면 과학적 합리성의 공진화 모형은 상대주의의 극복과 관련하여 기존의 모형들에 비해 어떤 이점을 가지는가? 먼저 과학의 목표들에 대한 독자적 평가의 가능성을 인정하지 않으며 그것들의 규약적 성격을 강조하는 전통적 모형은, 역사적 현실과 부합하지 않을 뿐만 아니라, 상대주의의

도전에 도그마적 선언으로 맞서는 한계를 드러낸다. 다른 한편, 전통적 모형이 지닌 문제점들의 해결을 염두에 두고 제시된 라우든의 그물망 모형은, 과학적 목표들의 가변성에 대해 지나치게 관대한 입장을 취함으로써 오히려 역사적 현실과 괴리되는 우를 범할 뿐만 아니라, 그 결과 매우 약한 맥락적 합리주의의 확보에 머문다. 반면 공진화 모형은 역사를 통해 과학적 활동의 세 요소가 드러내는 변화 템포의 차이에 주목함으로써 과학적 목표들의 상대적 안정성을 부각시키고, 맥락적 합리성에 의존하면서도 그것을 넘어서서 진보의 이행성을 확보함으로써 상대주의를 극복할 수 있는 토대를 제공하는 것처럼 보인다.

6

과학적 합리성에 대한 논의에서 중심적인 위치를 차지하는 것은 역시 인식적 목표의 설정과 그에 도달하려는 노력에서 비롯하는 합리성, 즉, 인식적 합리성이다. 앞에서 논의된 바와 같이, 과학의 기본적 목표들 중 설명력은 보다 순수한 의미에서 인식적 목표에 해당한다. 설명력이 경험적 적합성과 무관하지 않다는 점에서 실용적 의미가 없는 것은 아니나, 실용적 효과의 추구가 설명력의 본령은 아니다. 다시 말해 설명력의 추구가 주어진 경험적 자료들의 이론적 조직화를 통해 이루어지는 것이 보통이고 이론적 체계가 경험적 자료들에 대한 추론적 매개자의 역할을 하기 때문에 진정한 설명력의 성취는 경험적 성공을 동반해야 한다는 점에서 실용적 의미가 없지 않으나, 설명은 경험적 현상의 발생을 그것의 원인이나 세계 속에서 성립하는 일반적 질서를 통해 이해하는 데 주안점을 두는 까닭에 인식적 의미가 우선적이다. 다른 한편, 경험적 적합성의 추구는 현상의 구체를 통해 이루어지는 까닭에 인식적 목표인 동시에 실용적 목표에 해당한다. 따라서, 고대에서부터 설명력과 경험적 적합성이 과학적 활동의 기본 목표로서 비교적 일관되게 추구되어 왔다는 역사적 고찰이 옳다면, 이는 인식적 목표의 추구와 그에서 비롯되는 인식적 합리성이 과학적 합

리성의 중요한 부분을 차지한다는 주장을 뒷받침한다.

그러나, 과학적 합리성은 인식적 합리성과 동일시되어서 안된다. 과학적 활동은 인식적 목표 외에 실용적 목표들을 가지며, 후자의 달성 과정에서 비롯하는 합리성의 문제가 있기 때문이다. 앞서 우리는 경험적 적합성의 추구가 인식적 의미뿐만 아니라 실용적 의미를 지닌다는 점에서 이중적인 성격을 가진다고 말한 바 있다. 그러나, 과학적 활동이 본격적으로 실용적 의미를 가지게 된 것은 자연에 대한 기술적 지배가 과학의 새로운 기본 목표로 편입되면서부터이다. 특히, 19세기에 들어오면서 시작된 과학의 기술적 응용이 20세기에 들어와 보다 본격적인 궤도에 오르면서, 과학적 활동에서 실용적 목표의 비중이 점점 커지게 된 것으로 볼 수 있다. 따라서, 과학적 합리성은 과학 활동에 대한 철학적 논의에서 주로 문제시되어 온 인식적 합리성뿐만 아니라 실용적 합리성까지 포괄하는 개념으로 이해될 필요가 있다. 과학적 합리성이 인식적 요소와 실용적 요소를 포함한다면, 그것에 대한 평가 역시 이 두 가지 요소를 포괄하는 방식으로 이루어져야 할 것이다.

그런데 과학 활동은 특정한 인지 능력을 가진 그리고 특정한 이해 관계에 속해 있는 판단 주체 및 행위 주체로서의 인간(특히, 과학자)을 매개로 하여 이루어진다. 따라서 개별 과학자의 과학적 판단은 그 자신의 지적 수준이나 배경 그리고 연구 여건에 의해 제약되고, 그 자신의 개인적 또는 집단적 이해에 의해 영향받기 마련이다. 이런 상황에서 개별 과학자가 내리는 과학적 판단의 합리성을 따지는 문제는 좀더 복잡한 양상을 띠게 된다. 먼저, 어떤 과학자 S는 인식적 관점에서 볼 때 경쟁이론 T*가 자신이 개발한 이론 T보다 훨씬 우수하며 T는 별 전망이 없는 이론임을 알게 되었지만 T를 포기하고 T*를 채택할 경우 처음부터 T*를 개발하는 데 참여해 온 과학자들과 경쟁이 되지 않기 때문에 T를 고수한다고 하자. S의 이러한 선택은 어떻게 평가되어야 하나? 주어진 상황에서 T를 고수하는 것이 S의 입장에서는 과학의 인식적 목표를 달성하는 데 더 많이 기여할 수 있는 방안이기 때문에 그의 선택은 여전히 합리적이라는 동정적인 평가를 내릴 수도 있다. 그런데 주어진 상황을 조금 변형시켜 보자. S가 매

우 유력한 과학자인 탓에 그의 선택은 별 전망이 없는 T의 연구에 많은 연구 자원이 흘러 들어오게 만들어 T*의 후속 개발을 실질적으로 저해하는 결과를 낳을 뿐만 아니라 S는 그러한 결과를 예상하면서도 다른 선택을 할 경우 과학자로서의 유력한 지위를 상실할 것이라는 우려 때문에 T를 고수했다고 하자. 이러한 상황에서도 S의 판단은 여전히 합리적이었다는 동정적인 평가를 내릴 수 있을 것인가? 한편으로, S는 과학자로서의 지위 유지라는 사적인 이익을 위해 과학의 효과적인 발달이라는 공익을 희생시켰기 때문에 더 이상 합리적인 판단을 한 것으로 볼 수 없다는 주장이 성립할 것이다. 다른 한편, S는 과학자이기 이전에 한 인간이며 한 인간으로서 사회적 경쟁에서 살아남으려는 목표를 추구하는 까닭에, 주어진 상황에서 T를 고수한 S의 행위는 그러한 생존 경쟁의 관점에서 볼 때 합리적인 선택을 한 것으로 이해되어야 한다는 주장이 성립할 것 같다. 이 두 주장을 동시에 받아들일 경우, 우리는 S가 합리적인 동시에 비합리적이었다는 모순된 주장을 하게 될 것처럼 보인다. 그러면 이러한 모순적 상황을 모면하기 위해서는 앞의 두 주장 중 하나를 포기할 수밖에 없는가? 대안은 합리성의 두 유형, 즉 공적 합리성과 사적 합리성을 구분하는 것이다. 이 구분을 도입할 경우, 우리는 S의 선택이 사적 차원에서는 합리적인 것일지라도 공적 차원에서는 비합리적이라는 평가를 할 수 있다.

또 다른 상황을 생각해 보자. 인식적 관점에서 볼 때 경쟁이론 T*이 T보다 훨씬 뛰어난 이론임에도 불구하고 과학자 S는 T*의 인식적 이점들을 제대로 인식하지 못해 T가 T*보다 더 우수한 이론으로 믿고 그것을 선택한다고 하자. S의 선택은 합리적인가? 한편 S는 그 자신이 아는 한 최선의 선택을 내린 것으로 볼 수 있고 따라서 합리적인 판단을 한 것으로 간주되어야 한다는 주장이 성립할 것 같다. 다른 한편 T의 인식적 이점들에 대한 S의 무지가 개방적이고 적극적인 태도나 노력의 결여에서 비롯되었으며 따라서 S의 판단은 합리성을 부여받기 어렵다는 주장이 가능하다. 여기서도 두 주장을 동시에 받아들일 경우, 주어진 상황에서 S의 판단은 합리적인 동시에 비합리적이라는 모순된 결론에 도달하게 되는 것처럼 보인다. 그러나 우리는, 소극적 합리성(negative rationality)과 적극적 합리성

(positive rationality)을 구분함으로써, 이러한 외관상의 모순을 피할 수 있다. 즉, 문제가 되고 있는 S의 판단은 소극적 의미에서는 합리적이었지만 적극적인 의미에서 합리적이었던 것은 아니라고 말할 수 있다. 물론, 우리는 S의 판단이 적극적 합리성을 부여받기 위해 S가 해야만 했던 적극적인 노력의 하한선을 적당한 선에서 그을 필요가 있다. 그렇지 않을 경우, 과학자들의 어떤 판단도 적극적 합리성을 부여받지 못하는 이상스러운 상황이 발생할 수 있기 때문이다.

합리성에 대한 이 두 가지 구분을 채택할 경우, 앞에서 언급된 인식적 합리성이나 과학적 합리성은 일단 공적 합리성의 특수한 형태들에 해당하는 것으로 간주될 수 있고, 과학적 활동은 소극적 합리성이 인정되기는 하나 적절한 수준에서 적극적 합리성의 추구가 요구되는 활동으로 이야기될 수 있다. 다시 말해, 과학적 활동은 공적 합리성으로서의 인식적 합리성 내지 과학적 합리성이 적절한 수준에서 적극적으로 추구되는 그리고 추구할 것이 요구되는 활동으로 형성되어 왔다. 과학적 합리성의 성격과 역할을 이런 방식으로 이해하면, 과학적 판단에 영향을 미치는 개별 과학자 또는 특정 과학적 집단의 사적 이해는 적어도 직접적으로는 과학적 합리성을 부여받을 수 없다. 따라서, 직접적으로 과학적 합리성을 부여받을 수 없는 과학자들의 판단과 행위를 이해하기 위해서는 과학적 합리성보다 더 포괄적인 부류의 합리성이 요구되는 것처럼 보인다.

과학적 합리성은 인간 활동에서 성립하는 합리성의 전형이기는 하나, 그것이 인간의 삶에서 문제시되는 합리성의 전부는 아니다. 오히려, 과학적 합리성은 인간적 합리성(human rationality)의 한 요소로 이해될 필요가 있다. 그러면, 인간적 합리성이란 무엇인가? 인간적 합리성의 정체를 자세하게 논구하는 것이 이 논문의 목적은 아니다. 그러므로 과학적 합리성의 지위를 이해하는 데 도움이 되는 범위 내에서 개략적인 규명에 그치도록 하겠다. 앞에서 이미 언급한대로, 인간은 목표지향적인 활동을 하는 동물이다. 과학적 활동은 그러한 활동의 한 가지 형태에 불과하다. 그리고 목표지향적 활동은 세 가지 요소, 즉 추구되는 목표들, 그것들을 달성하기 위해 사용되는 수단이나 방법, 그리고 활동 주체인 인간이 세계와 자신에

대해 가지는 신념들로 구성된다. 물론, 인간은 설정된 목표를 추구하는 데 가장 효율적인 방법을 채택하고자 하는 것으로 전제된다. 그리고 거의 예외 없이 모든 인간은 설정된 목표의 달성을 위해 자신이 아는 범위 내에서는 가장 효율적인 방법을 채택한다. 즉, 모든 인간은 거의 예외 없이 소극적 의미에서 합리적이며, 따라서 소극적 의미의 합리성은 흥미로운 논의의 대상이 되지 못한다. 합리성에 관한 논의에서 주된 문제는 역시 목표지향적 활동이 어떻게 객관성을 확보하는가 하는 것이다. 그리고 적극적인 의미의 합리성은 목표지향적 활동의 객관성을 문제삼을 때, 즉 설정된 목표의 정당성, 채택되는 방법의 효율성, 그리고 활동 주체가 가진 신념들의 진리성내지 개연성을 문제삼을 때 성립한다. 인간 사회에서 추구되는 모든 목표가 정당화의 대상이 되는가? 일단 원칙적으로는 그렇다고 답해야 할 것처럼 보인다. 진화론적 관점에서 본다면, 인간종의 보존은 선택의 여지없이 생명체로서의 인간이 추구하게 되어 있는 목표이다. 그러므로 진화론이 옳다면, 인간종의 보존은 정당화가 문제될 수 없는 인간 사회의 궁극적인 목표로 간주되어야 한다. 그러나 인간종의 보존이라는 목표조차도, 정당성이 문제되는 진화론에 의존한다는 점에서, 원칙적으로는 정당화의 대상이 된다. 결국, 과학적 합리성의 경우에서처럼, 인간적 합리성의 경우에도 세 구성 요소인 목표, 방법 그리고 신념이 상호 제약하는 가운데 정당화가 문제되는 관계 속에 있으며, 그 구조가 기본적으로 순환적이다. 그리고 과학적 활동에서처럼, 인간 사회에서 추구되는 목표들도 어떤 계층적인 질서를 형성한다고 보는 것이 옳을 것이다. 그렇다면, 어떤 것이 목표인가 아니면 수단인가 하는 물음에 대한 답은 맥락에 의해 결정된다.

인간적 합리성은 여러 가지 점에서 과학적 합리성보다 포괄적이다. 두 가지 점만 언급하자면, 하나는 과학적 목표들이 인간 사회에서 추구되는 목표들의 전부가 아니며 그 외에도 다양한 목표들이 추구된다는 것이다. 다른 하나는 과학적 합리성에 포섭되지 못하는 사적 합리성이 인간적 합리성에 포섭된다는 것이다. 예를 들어, 자본주의 사회에서는 각 개인이 자신의 경제적 이익을 추구한다는 것이 기본 전제로 간주된다. 그러므로 그 자신의 경제적 이익을 추구하는 데 효율적인 방법과 신념을 토대로 한 사

람의 판단과 행위는 합리적인 것으로 간주되기 마련이다. 물론 경제적 이익을 추구하는 데 동원되는 방법이나 신념이 그 자신에 의해 또는 그가 속한 사회에서 채택되는 다른 정당한 목표들의 추구하고 충돌할 경우 조정이 필요한 것은 사실이다. 다른 예를 들자면, 개인의 건강을 추구하는 것과 같은 목표는 정치경제적 체제를 불문하고 폭넓게 그 정당성이 인정되는 목표이다. 이와 같이 인간 사회에서는 여러 가지 형태의 사적 이익이 추구되고, 그러한 추구가 정당한 것으로 인정되며, 그러한 목표를 효율적으로 성취하는 데 동원되는 방법이나 신념은 합리성을 부여받는 것이 보통이다. 그러면, 인간 사회에서 사적 이익의 추구하고 공적 이익의 추구는 어떤 관계에 있는가? 이는 일률적으로 답하기 어려운 매우 복잡한 문제이다. 단지 여기서 분명히 할 점은, 과학적 합리성의 영역에서와는 달리, 인간적 합리성의 영역에서는 사적 이익의 추구가 제한된 형태 그리고 제한된 범위에서나마 그 합리성이 인정된다는 것이다.

다른 한편, 어떤 판단이나 행위가 과학적 합리성의 관점에서 볼 때 정당화된다고 해서 한층 더 포괄적인 인간적 합리성의 관점에서도 반드시 정당화된다는 보장은 없다. 전통적으로 과학적 지식은 가치중립적이라고 이야기되어 왔다. 그러나, 세계를 지배하는 인간의 능력이 과학적 지식을 바탕으로 하여 급격히 확대되면서 긍정적인 결과뿐만 아니라 부정적인 결과도 산출되었다. 특히, 생산력의 증가가 물질적 번영의 수준을 높이고 그 수혜 범위를 확대시키는 데 기여하였음은 부인하기 힘들다. 반면, 자연에 대한 지배력의 증대와 더불어, 인류의 생존과 번영을 위협하는 잠재적 위험의 수위와 폭 역시 급격히 높아지고 확대되었다. 자연과 자기 자신을 파괴할 수 있는 인간의 능력 역시 극대화된 것이다. 예를 들어, 자연의 자정 능력과 인간의 정화 능력을 넘어서는 자연 환경의 오염은 생태계의 미묘한 균형을 깨뜨려 장기적으로 보면 인류의 생존을 위협할 것이라는 전망을 낳고 있다. 뿐만 아니라, 전면적인 핵전쟁은 비록 그 가능성이 희박하다 하더라도 일거에 인류를 공멸시킬 수 있다. 물론 이러한 지적에 대하여, 그것은 어디까지나 과학적 성과를 응용하는 과정에서 발생하거나 발생할 가능성이 있는 사태이며 과학적 성과 자체는 여전히 가치중립적이

라는 반박이 가능하다. 그러나 이러한 반론은 과학적 활동이 현대에 오면서 가치가 적재된 맥락(value-laden context)에서 이루어지는 것이 급속도로 일반화되고 있다는 사실을 간과하는 데서 비롯한다. 따라서, 과학적 활동이 가치중립적이라는 소박한 견해는 더 이상 유지되기 힘들며, 과학적 합리성의 추구는 인간적 합리성이라는 보다 포괄적인 가치의 틀 안에서 비판적인 검토를 통해 이루어질 필요가 있다.

참고문헌

- 조인래(1994), 「이론 미결정성의 도그마?」, 『철학』 제42집, pp. 132-158.
- 조인래(1996), 「공약불가능성 논제의 방법론적 도전」, 『철학』 제47집, pp. 155-188.
- Aristotle, *Physics*.
- Aristotle, *Posterior Analytics*.
- Bacon, F.(1605), *Advancement of Learning*.
- Basalla, G.(1988), *The Evolution of Technology*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Cherniak, C.(1986), *Minimal Rationality*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Feyerabend, P.(1975), *Against Method*, 특히, ch. 1 & ch. 16, London: Verso.
- Friedman, M.(1978), "Explanation and Scientific Understanding", *Journal of Philosophy* 71: 5-19.
- Hempel, C. G.(1979), "Scientific Rationality: Analytic vs. Pragmatic Perspectives", in T. G. Geraets (ed.), *Rationality Today*, Ottawa: University of Ottawa Press, pp. 45-66.
- Hempel, C. G.(1983), "Valuation and Objectivity in Science", in R.S. Cohen & L. Laudan (eds.)(1983), *Physics, Philosophy and Psychoanalysis*, Dordrecht: D. Reidel, pp. 73-100.
- Kitcher, P.(1981), "Explanatory Unification", *Philosophy of Science* 48: 507-531.
- Kitcher, P.(1989), "Explanatory Unification and the Causal Structure of the World", in P. Kitcher & W. Salmon (eds.), *Scientific Explanation (Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. XIII)*,

- Minneapolis: University of Minnesota Press, pp. 410-505.
- Kuhn, T.(1971), "Notes on Lakatos", in R. C. Buck & R. S. Cohen (eds.), *PSA 1970*, pp. 137-146.
- Kuhn, T.(1977), "Objectivity, Value Judgement, and Theory Choice", in T. Kuhn(1977), *The Essential Tension*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 320-339.
- Kuhn, T.(1983), "Commensurability, Comparability, Communicability", in P. Asquith & T. Nickles (eds.)(1983), *PSA 1982, Vol. II*, pp. 669-688.
- Laudan, L.(1981), *Science and Hypothesis*, Dordrecht: D. Reidel.
- Laudan, L.(1989), "If It Ain't Broke, Don't Fix It", *British Journal for Philosophy of Science* 40: 369-375.
- Laudan, L.(1990), "Aim-less Epistemology", *Studies in the History and Philosophy of Science* 21: 315-322.
- Lewis, D.(1986), "Causal Explanation" in D. Lewis (1986), *Philosophical Papers ii*, Oxford: Oxford University Press, pp. 214-40.
- McMullin, E.(1984), "The Goals of Natural Science", *Proceedings of American Philosophical Association* 58: 37-64.
- McMullin, E.(1993), "Rationality and Paradigm Change in Science", in P. Horwich (ed.), *World Changes*, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 55-78.
- Newton, I., *Principia*, translated by A. Motte & revised by F. Cajori, University of California Press, 1934.
- Nozick, R.(1993), *The Nature of Rationality*, Princeton: Princeton University Press.
- Popper, K.(1959), *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson.
- Rorty, R.(1987), "Science as Solidarity", Reprinted in Rorty(1991), pp. 35-45.
- Rorty, R.(1991), *Objectivity, Relativism, and Truth*, Cambridge: Cambridge

University Press.

Siegel, H.(1985), "What is the Question concerning the Rationality of Science?", *Philosophy of Science* 52: 517-537.

Simon, H.(1983), *Reason in Human Affairs*, Stanford University Press.

Westfall, R. S.(1971), *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics*, Cambridge: Cambridge University Press.

Worrall, J.(1988), "The Value of a Fixed Methodology", *British Journal for the Philosophy of Science* 39: 263-275.