

실험 결과와 이론 시험*

이 상 원**

실험 결과에 의거한 이론 시험은 합리적 기초에 토대해서 성립할 수 있다. 이를 논증하기 위해 이론망이라는 개념을 통해서 실험 결과에 기반한 이론 평가 과정이 어떤 식으로 이루어지는가를 분석할 것이다. 여러 과학철학자들은 뒤옴이 실험 결과에 의한 이론의 논박이 불가능하다는 점을 주장하고 있다고 해석해 왔지만, 사실 뒤옴은 이론의 평가가 이루어진다고 주장했음을 보여주고자 한다. 하지만 뒤옴은 매우 미약한 의미에서 이론 시험의 성립 가능성을 주장하는 데 그쳤고, 그는 이론 시험의 합리적 기준을 제시하지 못했다. 이 논문에서는 보다 강한 의미에서 어떻게 실험 결과가 이론 시험의 신뢰할만한 근거로 작동할 수 있는지를 논의할 것이다. 이를 위해 실험의 과정에서 특히 시험되는 이론과 독립적인 이론(예를 들면 통계 이론)을 어떻게 효과적으로 사용할 수 있는지에 주목하고자 한다.

【주요어】 실험 결과, 이론 시험의 성립, 이론망, 시험되는 이론과 독립적인 이론의 사용, 뒤옴의 ‘양식’

1. 실험 결과에 의한 이론 평가를 둘러싼 논란

과학 이론의 정당화(justification), 즉 경험에 의한 이론의 시험(test)은

* 이 논문은 2000년도 과학문화연구센터의 연구비 지원에 의한 것임. 그리고 이 논문은 2000년 포항공과대학교에서 개최된 “21세기 과학문화의 새로운 패러다임을 향하여”라는 주제의 워크숍에서 발표된 것을 수정, 보완한 것임. 익명의 심사위원들의 지적 사항은 논문을 다듬는 데 도움이 되었으며 이에 감사 드린다.

** 서울대 철학과 강사

논리 실증주의(logical positivism)의 등장 이래로 과학철학의 가장 큰 관심사가 되어왔다. 많은 과학철학자들은 '인간'이 만든 지적 산물의 하나인 과학 이론은 '자연'에서 오는 사실에 의해 입증되어야 하며, 이런 의미에서 과학은 객관성을 지니게 되며 다른 형태의 지식과 구별된다고 생각해 왔던 것이다. 이런 맥락에서 과학철학자의 과제는 이론의 사실에 의한 정당화 과정을 명료화하는 데에 초점을 두어야 하는 것으로 강조되었다.

하지만 경험에 의한 이론의 시험이 단순한 것이 아님은 이미 오래 전부터 몇몇 과학철학자에 의해 지적되어 왔다. 뒤엠(Pierre Duhem), 콰인(W. V. O. Quine), 쿤(Thomas S. Kuhn) 등을 그 대표적인 학자로 들 수 있다. 이론 시험을 놓고 전개되어 온 합리주의적 과학철학자와 상대주의적 과학철학자간의 논쟁은 과학철학의 본령이 되어 왔고, 과학철학 논의를 풍요롭게 했으며, 과학 이론의 본성을 날카롭게 이해하는 데에 커다란 도움을 주었던 것이다.

실험의 주된 역할은 크게 둘로 나눌 수 있다. 하나는 사실 획득 기능이다. 광속의 보다 정확한 측정, 중력 상수의 보다 정확한 측정, 전자의 하전량의 정확한 측정을 위한 일련의 실험을 그 예로 들 수 있다. 이 첫째 부류의 실험의 역할은 실험의 상당 부분을 차지한다. 이는 이론의 옳고 그름을 따지기보다는 자연에 대한 정보 취득과 관련된다. 근대 이후로 과학에 실험이 채용되면서 자연에 관한 경험적 정보량은 크게 증가하였다. 예를 들어 특히 19세기말 이후로 원자이하 세계를 다루는 실험 기법이 개발되면서 사실적 정보량은 폭발적으로 늘어나게 되었다. 이처럼 사실 획득은 실험의 대표적이고 주된 역할이라고 할 수 있다. 실험의 또 다른 역할은 이론 시험이다. 이는 산출된 실험 결과를 토대로 문제제되고 있는 이론의 수용과 거부를 결정한다는 관점에서 바라본 실험의 역할이라 할 수 있다. 예를 들면 토마스 영(Thomas Young)의 간섭무늬 실험은 빛의 파동설을 시험한 전형적인 실험이다.¹⁾ 실험이 이론을 시험하는 역할만을 갖는 것이 아니며 이론의 시험과는 관계없이 사실 획득을 위한 실험이 광범위하게 존재하는 것이 사실이고 최근의 실험철학²⁾(philosophy of experiment)은 이러한 대목에

1) 이러한 구분과 그 의미에 대해서는 이상원, 2002 “실험의 두 역할: 사실 획득과 이론 시험”, 『철학』 제 72집, 273-294를 참조할 것.

관심을 기울여야 한다고 강조한다. 이같은 강조는 과학의 변화에 대한 적절한 이해는 이론과 같은 관념에 대한 탐구뿐만 아니라 실험 도구와 같은 물질에 대한 탐구도 똑같이 요구하며 기존의 과학철학에서는 실험이나 도구와 같은 과학의 물질적, 실천적 측면에 대한 이해가 무시되거나 간과되어 왔다는 인식에 근거한 것으로 중요한 의미가 있다. 이러한 인식이 강조되는 것이 정당함에도 불구하고, 이론 시험이라는 전통적 주제를 굳이 멀리할 필요는 없는 것이며, 오히려 실험철학자는 실험 결과에 의한 이론 시험이라는 철학적 주제에 대해 전통적 과학철학자들 이상으로 적극적이고 유의미한 답을 제공할 의무가 있는 것이다.

이 글의 목적은 실험 결과의 신뢰성과 실험 결과에 의거한 이론 평가 기능을 일정한 수준에서 인정해야 한다는 점을 논의하는 것이다. 필자는 실험 결과는 이론 의존적이며, 이론 의존적이면서도 상대주의적 입장에 떨어지지 않을 여지를 충분히 지니고 있으며, 나아가 이런 입장에 서서 실험 결과의 이론 시험 기능을 인정할 수 있음을 주장한 바 있다.³⁾ 실험이 이루어지도록 도와주는 이론을 ‘도구 이론’(instrument theories)과 ‘해석 이론’(interpretation theories)으로 분류한 바 있고, 시험될 이론과 실험에 개입하는 이론들의 상호 연관 구조를 파악하는 틀을 ‘이론망’(theory-network)이라 명명했다. 또한 구체적인 실험 사례에 대한 분석을 토대로 이 같은 시각을 정당화했다.

경험에 의한 이론의 시험을 부정적으로 바라보고 있다고 평가되어 온 주요 입장 가운데, 뒤옴의 주장을 중심으로 논의하면서, 뒤옴의 견해가 갖는 의의를 재검토하고 이를 비판적으로 살펴보고자 한다. 실험 결과의 인

-
- 2) 실험철학은 과학철학의 주요 부분이며 최근 경향의 하나로서의 ‘실험에 대한 철학’을 의미한다. 즉 실험을 철학적 탐구의 대상으로 삼는 과학철학을 뜻한다고 할 수 있다. 그러므로 실험철학과 고중세의 자연철학과 대비되는 새로운 자연철학으로서의 근대 과학을 지칭하는 용어인 ‘실험적 철학’(experimental philosophy)을 구분할 필요가 있다. 실험적 철학의 대표자는 잘 알려져 있듯이 보일(Robert Boyle), 갈릴레오, 뉴턴 등등이다.
 - 3) 이상원, 1999 “이론망과 실험 결과의 유의미성”, 『과학철학』 제2권 제2호, 43-67; 이상원, 2000 “실험의 성격과 구조: 이론망에 기초한 인식적 접근”, 서울대 박사학위 논문.

식적 성격에 대한 이와 같은 필자의 이해 방식에 따를 때, 뒤엠과 같이 실험에 의한 이론 시험을 회의적으로 보는 견해를 논박할 수 있다. 하지만 필자의 논의가 뒤엠의 견해에 담겨 있는 경험에 의한 이론 시험에 대한 논의의 모든 측면을 전적으로 부정하는 것은 아니다. 실험 결과를 얻는 과정과 실험 결과를 기초로 이루어지는 이론의 시험이 상당한 정도로 이론의 도움을 필요로 한다는 필자의 견해는 뒤엠의 견해와 공유점을 갖는다. 따라서 필자의 입장과 뒤엠의 입장의 교집합에 해당하는 부분에 대해 분명하게 논의함으로써 뒤엠의 입장이 갖는 장점을 충분히 부각시키고자 한다. 또한 뒤엠의 입장에 대한 기존의 과학철학계의 부분적인 오해에 대해서도 명시적으로 검토할 것이다.

뒤엠은 시험의 복잡한 과정을 적절히 지적한다. 즉 그는 시험하고자 하는 이론이 단독으로 실험 결과와 대조되는 것이 아니라 그 시험하고자 하는 이론을 포함하는 어떤 이론의 군이 실험 결과와 대조된다고 주장한 바 있다. 뒤엠이 명백히 밝히지는 않았지만, 이론의 군에서 시험하고자 하는 이론을 제외한 나머지 이론은 필자가 도구 이론과 해석 이론이라 부른 것을 포함하게 될 것이다. 이런 측면에서 뒤엠은 이론 시험 상황의 복합적인 상황을 잘 보여주고 있으며 필자의 이론망에 입각한 실험에 대한 견해와 접목된다.

전통적으로 과학철학자들은 뒤엠이 그의 '뒤엠 논제'(Duhem thesis)를 통해 이론의 논박 불가능성을 주장했다고 이야기해 왔다. 하지만 이는 사실과 다르다. 뒤엠은 "양식"⁴⁾(good sense)이라는 개념을 통해 이론은 논박 가능하다고 주장한다. 즉 그는 이 양식을 통해 '매우 약한' 의미에서 이론이 시험가능함을 이야기 한 것이다. 뒤엠이 말하는 양식의 주된 내용은 이론의 '단순성'(simplicity)이다. 단순성을 기반으로 한 그의 양식 개념에 대해 과학철학자들이 거의 주목하지 않았으며 뒤엠은 이론의 논박 불가능성을 강조한 것으로 이해되어 왔다. 이처럼 과학철학자들이 거의 주목하지 않았던 이론 시험의 가능성을 긍정하는 뒤엠의 입장에 대한 주목 자체는 철학적으로 가치가 있는 작업일 것이다.

4) Duhem, 1974, *The Aim and Structure of Physical Theory*, Philip P. Wiener(tr.), New York: Atheneum, 216-218.

하지만 필자는 여기서 더 나아가 뒤옴의 양식에 기반하는 이론의 평가보다 더 강한 의미의 이론 시험의 근거를 이론망 개념에 근거해 실험 절차 안에서 찾을 수 있음을 보여주고자 한다. 단순성에 의한 이론의 선택은 실험 과학이 지니고 있는 이론 평가 능력을 제대로 보여주지 못한다. 양식에 의한 이론 시험은 이론 평가의 주관주의와 상대주의로 흐를 수도 있다. 단순성에 대한 정의가 객관적이고 정략적인 표준에 의해서 정의되기 힘든 것이라면, 서로 다른 과학자집단 간에는, 그리고 서로 다른 역사적 시기에 활동했던 과학자 집단 간에는 서로 다른 단순성에 대한 합의가 존재할 가능성이 크기 때문이다. 시험되는 이론과는 다른 이론과 경험적으로 안정된 이론의 사용이라는 방법론적 전락을 통해 믿을만한 실험 결과를 제공할 수 있으며 이 실험 결과를 기반으로 이론 시험을 가능하게 할 수 있다. 도구 이론과 해석 이론은 일반적으로 시험되는 이론과 다르다. 예를 들어 실험의 오류를 제거하기 위한 기법들과 자료를 처리하는 데 쓰이는 통계적 이론들은 시험되는 이론과 다르며 따라서 시험되는 이론과 중립적으로 실험의 과정에 쓰일 수 있는 것이다. 실험 결과를 얻는 과정의 합리성과 이에 기반한 이론 시험의 긍정적 가능성을 도구 이론과 해석 이론의 성격에 대한 검토를 통해 논변할 수 있다.

2. 이론 시험의 상황에서 실험이 갖는 의의

실험이 이론 시험 역할을 하게 될 때, 이론과 실험 결과가 어떻게 연결되는지에 논의를 집중시키기로 한다. 과학자는 창의력을 바탕으로 어떤 자연 현상에 대해 가설을 제기할 수 있다. 이어 이 가설을 시험하게 되며 이때 실험이 채용된다. 실험이 행해지고 그 실험의 결과가 가설이 이야기해주는 바와 부합하면 그 가설은 이제 이론의 지위를 얻게 된다. 이와 반대로 가설이 실험의 결과와 부합하지 않을 경우 그 가설은 폐기되거나 수정되어야 한다.

한 가설이 있을 때, 그 가설이 경험과 관련이 안 된다면 우리는 그 가설

을 경험적으로 의미 있는 것으로 받아들이기 힘들 것이다. 현대 과학을 표상하는 대표적인 과학이론의 하나인 아인슈타인(Albert Einstein)의 일반 상대성 이론(the general theory of relativity)도 그것에 대한 경험적 시험이 있기 전까지는 가설의 상태에 있었다. 일반 상대성 이론을 제시한 아인슈타인의 근본적인 의도는 물리학의 법칙이 어떠한 좌표계에서도 동일하게 나타나야 함을 보이려한 데 있었다. 이에 앞서 아인슈타인은 서로 등속도로 움직이는 좌표계에서는 법칙이 '불변'한다는 특수 상대성 이론을 제시한 바 있다. 일반 상대성 이론은 등속도 좌표계에 제한되어 있던 법칙 불변에 대한 주장을 모든 좌표계로 확대한 것이다. 이러한 일반 상대성 이론으로부터 경험적으로 확인이 가능한 내용을 도출해 낼 수 있었다. 그 대표적인 것이 질량체 부근에서의 공간의 변화였다.

일반적으로 어떤 가설 자체를 경험적으로 확인하기는 쉽지 않다. 보통 가설로부터 '특수한 실험 상황'을 전제로 경험적으로 입증 가능한 명제를 이끌어낸다. 그러한 명제는 일종의 '시험 명제'가 될 것이다. 일반 상대성 이론의 경우와 관련하여, 질량체 부근에서의 공간의 구부러짐과 같은 내용이 바로 시험 명제에 해당한다. 그리고 가설로부터 시험 명제로서 이끌어 낸 이러한 연역적 귀결이 실제로 경험과 부합하는지를 살펴보는 과정이 이론 시험이다. 일반 상대성 이론은 1916년에 발표되었고 몇 년 뒤에 놀라운 가설인 이 일반 상대성 이론의 한 경험적 귀결인 '질량체 부근에서 빛이 구부러진다'는 시험 명제가 실제로 시험에 놓이는 상황이 벌어졌다. 1918년 아프리카의 적도지방에서 일식이 일어나는 동안 태양 가까이를 지나는 별 빛의 구부러짐이 관찰되었다. 이 관찰 결과가 아인슈타인의 일반 상대성 이론을 입증했다고 1919년에 발표되었다. 이 결과로 아인슈타인의 일반 상대성 가설은 입증되어 일반 상대성 이론이 된 것이다.

우리의 감각 기관으로 직접 확인이 안 되는 미시적 세계를 다루는 가설은 그 가설의 입증 과정에서 거의 항상 시험 명제에 의존한다. 인간의 감각 기관으로 직접 관찰이 안 되는 세계를 연구하려면 일반적으로 도구를 써서 실험을 해야 할 것이다. 해킹(Ian Hacking)에 따르면, 실험은 우리가 직접적으로 관찰하기 어려운 현상이나 과정을 인위적으로 창조하는 작업이다.⁵⁾ 해킹적 의미의 실험과 연결된 한 경우는 고에너지 물리학이다. 양전자와

어떤 특정 소립자와의 충돌을 자연 상태에서 발견하기란 매우 어렵다. 하지만 실험자는 높은 에너지를 써서 실험실 안에서 인위적으로 창조해 내는 '실험적 조작'을 통해서 그러한 충돌을 얻어낼 수 있다. 고에너지 물리학 같은 분야에서는 이론이 상당히 추상적이기 때문에 그 추상적인 가설로부터 감각과 연결되는 시험 명제의 유도가 매우 중요하다. 만일 시험 명제가 없다면 그 가설이 아무리 수학적으로 완벽하다고 하더라도 그 가설은 경험과 연결이 안 되는 공허한 이론에 그치고 말 것이기 때문이다. 이러한 시험 명제는 실험과 직결되어 있다.

가설은 세계에 대한 표상이고 실험은 이 표상의 경험적 설명력을 시험하는 역할을 한다. 어떤 이론적 가설은 그 가설을 시험할 수 있는 특정한 실험 도구를 세울 수 있을 때에만 그 도구를 사용하는 실험에 의해 시험될 수 있을 것이다. 하지만 모든 가설이 실험을 통해 쉽게 시험받는 것은 아니다. 예를 들어 현대 대통일장 이론의 한 추구 형태인 '초끈 이론'(Super-string theory)은 현재는 아직 가설의 상태에 남아 있다. 초끈 이론은 그 수학적 내용은 상당히 우수하다고 평가받고 있음에도 불구하고 그 가설을 경험과 연결시켜줄 실험적 방법이 아직 존재하지 않기 때문이다. 그런 의미에서 볼 때, 과학 활동에서 가설을 만드는 일과 실험 도구를 세우는 일은 똑같이 중요하다.

어떤 종류의 가설을 시험하느냐에 따라 실험의 유형이 달라질 수 있다. 그러나 일반적으로 가설 자체는 실험이 어떤 형태를 띠어야 한다고 말해주지는 않는다. 만일 그렇다면 '이론가'가 갖는 실험과 관련된 고민이란 있을 수 없을 것이다. 실험의 설계와 도구의 개발은 시행착오를 통한 경험과 창의성에 의존한다. 실험에 동원되는 이론은 어떤 실험 형태를 창조해 내느냐에 따라 달라질 것이다. 즉 실험에 따라 상이한 유형의 이론이 쓰인다고 볼 수 있다. 필자가 제시하는 이론망의 관점에 따르면, 이론은 실험의 설계와 도구의 제작에 깊은 영향을 준다.

5) Hacking, Ian, 1983 *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press, 220-232.

3. 뒤엠 논제와 이론의 논박불가능성

뒤엠은 '논리적 측면'에서 볼 때 실험 결과에 의한 이론의 논박이 성립되지 않음을 다음과 같이 이야기하고 있다.

요약하면, 물리학자는 결코 고립된 가설을 실험적 시험에 놓이게 할 수 없고, 가설의 전체 군만을 그렇게 할 수 있다. 실험이 그의 예측과 불일치할 때, 그가 배우게 되는 것은 그 군을 이루는 가설 가운데 적어도 하나는 수용될 수 없으며 수정되어야 한다는 점이다. 그러나 그 실험은 어떤 한 가설이 변화되어야 하는지를 지적해 주지는 못한다.⁶⁾

이같은 뒤엠의 이야기는 두 가지 내용을 담고 있다. 첫째, 실험을 통한 가설의 시험과 관련된 사항으로, 단일한 가설은 시험될 수 없고 가설 군만이 시험된다는 점이다. 둘째, 부정적인 실험 결과가 나왔을 경우 가설 전체 군을 이루는 가설 가운데 적어도 어떤 하나의 가설이 잘못되었고 수정되어야 한다는 점은 알 수 있지만 정확히 어떤 가설이 그런지는 알 수 없다는 점이다. 결국 이러한 뒤엠 논제에 따르면 실험은 가설의 진위 판정, 이론 선택에서 결정적 기능을 하지 못한다.

여기서 뒤엠 논제가 제시하는 이론의 시험 상황을 간략히 표현하면 다음과 같다.

{시험하고자 하는 이론+ 보조 가설1 + ... +보조 가설n} ↔ 실험 결과

뒤엠에 따르면, 이 구도에서는 전체로서의 이론의 군이 실험 결과와 대조되므로 이론의 군 전체가 문제가 있다는 것은 알아도 그 이론 군내의 어떤 이론 성분이 정확히 문제가 있다고 지적할 수는 없다. 이는 일종의 전일론(holism)적 견해라고 볼 수 있다. 뒤엠의 주장은 과학철학자들에 의해 '이

6) Duhem(1974), 187.

론 미결정'(under-determination of theory) 문제와 관련하여 많이 다루어졌다.

뒤엠티 보았듯이, 가설이 실험에 의해 시험되는 상황은 단순하지만은 않다. 가설은 가설 자체로만 독립적인 방식으로 실험에 의해 시험되는 것이 아니다. 즉 단일 가설이 아니라, 가설에 더하여 여러 가설이 추가되어 시험되는 것이 일반적이다. 그런데 실험 결과가 시험하고자 하는 문제의 가설과 부합하지 않는 상황이 발생했을 경우, 시험하려던 원래의 가설이 틀려서인지 아니면 보조가설 가운데 이상이 있었던 것인지 알기가 쉽지 않을 수 있다는 점이 문제의 요지이다. 실험에 의거한 이론의 반증 상황은 간단하지가 않고 오히려 복잡하기에, 가설군 중 어느 것에 문제가 있는 것으로 선택을 해내야 할지 기로에 서게 된다.

뒤엠티의 이러한 인식에 입각할 때, 실험은 가설의 진위 판정, 이론 선택에서 결정적 기능을 하지 못한다. 즉 바로 이런 맥락에서 '결정적 실험'(crucial experiment)은 없게 된다고 뒤엠티는 주장하고 있는 것이다. "순수 논리"⁷⁾(pure logic)의 측면에서 보면, 부정적 실험 결과가 속출해도 가설들을 계속적으로 수정할 수 있으므로 이론의 논박은 불가능하다는 것이다.

4. '단순주의' :

뒤엠티의 '양식' 과 미약한 의미의 이론 시험

뒤엠티는 실험에 의한 가설의 시험 상황이 갖는 복잡성을 시험의 체계가 갖는 논리적인 문제와 관련지어 이처럼 매우 통찰력 있는 지적을 한다. 논리실증주의가 등장하기 전인 1905년에 실험과 관련하여 가설 시험이 갖는 논리적 문제를 적절히 입론화했다. 많은 과학철학자들은 이같은 뒤엠티의 주장에 대해 실험에 의한 이론의 시험은 성립되지 않는다고 뒤엠티가 분명히 말한 것으로 받아들여 왔다. 하지만 이러한 해석과는 달리 뒤엠티는 이론의

7) Duhem(1974), 217.

교체가 영원히 불가능한 것은 아니라고 본다는 데 유의할 필요가 있다.⁸⁾ 다음의 언급을 보기로 한다.

세부사항의 수정, 즉 약간의 보정이, 이론을 사실과 일치시키는 데 충분할 수 있으므로 두 번째의 물리학자가 거대하고 조화롭게 구성된 이론의 원리들을 뒤집어 버리는 성급함을 인정하지 않을 수도 있다. 한편 우리는 첫 번째 물리학자가 어떤 회생을 치르더라도, 모든 부분이 흔들리는 건물의 수없이 뒤엎힌 버팀목, 벌레 먹은 기둥의 계속적인 수리라는 대가를 지불하고서도, 끈덕지게 이론을 유지하고자 하는 일은 유지하고 비이성적임을 알 수 있을 터인데, 이때 이 기둥들을 무너뜨림으로써 단순하고, 우아하고, 견고한 체계를 구성하는 것이 가능할 것이다.⁹⁾

여기서 뒤엎이 주장하는 요지는 이론의 수많은 수정은 단순성의 파괴를 가져온다는 것이다. 즉 이론 자체의 힘이 아니라 수많은 보조 가설의 버팀목 역할에 의존해야만 붕괴를 피할 수 있는 그같은 이론을 지탱시켜 나가려는 태도는 비이성적이라고 뒤엎은 본다. 그가 보기에 과학사에 이런 사례는 수없이 많다. 그럼에도 불구하고 ‘논리적’ 관점에 볼 때는 이런 태도를 취하는 것이 불가능하지는 않다는 것이다.

여기서 보게 되는 뒤엎의 입장은 이론 평가에 있어 순수 논리의 불충분성을 지적하는 것이고 과학의 실천 과정에서 어떤 대목에 이르면 이론의 논박이 ‘가능’하다고 보는 입장이다. 뒤엎은 위 인용문에 나타난 상황에서 이론의 논박은 과학자의 “양식”¹⁰⁾에 의한다고 본다. 즉 논리적 측면에서

8) 이상원(2000), 94-99에서 뒤엎이 주장하는 이같은 측면에 주목한 바 있다.

9) Duhem(1974), 217.

10) 이영의는 이영의, 2001 “뒤엎 논제의 논리적 구조”, 『과학철학』 제4권 제1호, 1-30에서 뒤엎(이영의는 ‘뒤앙’이라 번역하는데, 뒤엎이 원 발음에 가깝다. 이에 대해서는 다음의 국제 발음 사전을 참조했다. Bearbeitet von Max Mangold in Zusammenarbeit mit der Dudenredaktion, 1990 *Duden; Aussprachewörterbuch*, Duden Band 6, Dudenverlag: Mannheim/Wien/Zürich, 259.)의 ‘양식’(good sense)을 ‘좋은 분별력’으로 번역하면서 이 개념에 적절히 주목하고 있다. 그리고 이영의는 뒤엎은 좋은 분별력에 기반을 둔 “합리적 선택 가능성”을 주장하고 있다는 의견을 제시한다. 하지만 이는 뒤엎의 ‘양식’에 대한 적절한 해석은 아니라고 본다. 도입부에서 지적했듯이, 이론 선택의 가능

볼 때는 부정적 실험 결과가 문제의 이론을 부정하도록 만들지는 못하지만, 과학자의 양식은 이를 가능하게 한다는 것이다. 원칙적으로 가설들을 계속 수정할 수 있지만 부정적 결과가 속출하는 데도 불구하고 이런 소극적 태도를 견지하는 것은 건전하지 못한 과학자의 태도라고 그는 이해한다. 과학자의 소극적 태도는 “열정과 이해”¹¹⁾(passions and interests)가 양식을 혼란시켜서 자신의 이론에는 관대하고 다른 이론에는 가혹한 태도를 취하게 함으로써 빚어진다는 주장이다. 뒤엠의 견해에 따를 때, 과학자는 반증 사례에 직면해서 이론을 원칙적으로 수정할 수 있지만, 양식이 있는 과학자는 과다한 수정을 거치는 과정에서 이루 말할 수 없이 지저분해지고 복잡해진 이론을 택하기보다는 단순성과 우아함을 갖춘 이론을 선택함으로써, 이론 평가를 이루어 내게 된다. 그래서 라카토슈는 뒤엠의 이러한 입장을 “단순주의”¹²⁾(simplicism)라고 부른다.

뒤엠은 경험 ‘그 자체’에 의한 이론의 시험 가능성은 의심한다. 하지만 이론의 시험은 일어난다고 주장한다. 뒤엠은 이때의 이론 시험은 경험 그 자체의 힘에 의해서라기 보다는 이론의 단순성에 있다고 본다. 경험으로 확인해 볼 수 있는 어떤 이론의 귀결과 배치되는 실험 결과를 얻었을 때, 뒤엠에 따르면, 원리적인 면에서 그 이론을 무한히 수정하는 것이 가능하다. 그러나 뒤엠은 실제로 과학자 사회에서 이러한 일은 일어나지 않으며, 마치 천문학 혁명기에 도달하기까지 수많은 ‘현상 구제하기’(saving the phenomena) 작업을 거쳐오면서 기괴하게 거대해지고 지저분해진 프톨레마이오스 우주체계가 의심받았던 것처럼, 보다 단순한 이론을 과학자들이 선

성에 대한 뒤엠의 언급에 과학철학자들이 주목하지 못했던 점을 비판하는 것은 중요한 의미가 있다. 하지만 뒤엠이 양식의 주된 내용으로서 이야기하는 단순성은 분명하지도 않고 정량적으로 말할 수 있는 것도 아니며, 따라서 이론 시험의 객관적 토대가 될 수 없다. 뒤엠은 아주 약한 의미의 이론 선택 가능성을 이야기하고 있는데, 필자는 이것 이상으로 이론 시험의 합리적 기초를 제 공할 수 있으며 제공해야 한다고 본다. 6절 이하의 논의에서는 이같은 합리적 기초의 구체적 내용에 대해 다룰 것이다.

11) Duhem(1974), 218.

12) Lakatos, Imre 1970 ‘Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes’, Imre Lakatos & Alan Musgrave(eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press, 91-196, 105.

호함으로써 이론의 선택이 일어난다고 주장한다.

라카토슈를 제외한 기존 과학철학자들의 논의는 뒤엎의 이같은 인식을 놓치고 있는 경향이 있다. 상당수의 과학철학자들은 뒤엎이 경험에 의한 이론의 시험은 불가능하다고 단언했다고 보는 해석을 무비판적으로 수용하고 있는 것으로 보인다. 하지만 뒤엎은 이론 시험의 성립 가능성을 단순주의에 기대어 주장했던 것이다.

하지만 뒤엎의 단순주의는 아주 ‘미약한’ 의미에서 실험 결과에 의한 이론 평가를 인정할 뿐이다. 뒤엎이 말하는 양식의 주된 내용은 이론의 단순성과 아름다움에 있다고 볼 수 있다. 하지만 단순성의 정확한 내용을 뒤엎이 명시적으로 지적하고 있지 않다. 사실 이를 명확히 지적하기란 대단히 곤란한 일이다. 왜냐하면 단순성이란 어떤 객관적이고 정량적인 기준에 의해서 평가되기 힘든 요소일 것이기 때문이다. 따라서 이런 면에서 볼 때, 단순성에 대한 뒤엎 견해는 상당히 ‘규약주의적’인 요소를 지니고 있다고 본다. 여기서 규약적이라는 의미는 다음과 같은 의미에서 그러하다. 즉 뒤엎이 주장하는 양식의 구체적 내용은 정량적인 방식으로 혹은 명시적으로 지적할 수 있는 것이라기 보다는 특정 시기의 과학자 사회에서 받아들여지고 있는 이론의 수준과 실험의 수준에 따른 과학자 집단의 약속 혹은 동의에 따를 것이기 때문이다. 이런 맥락에서 라카토슈는 뒤엎을 “보수적 규약주의자”¹³⁾(conservative conventionalist)로 여긴다. 뒤엎의 입장과 비교하면서 라카토슈는 포퍼의 후예답게 포퍼를 “혁명적 규약주의자”¹⁴⁾(revolutionary conventionalist)라고 부른다. 포퍼도 반증을 가능하게 하는 기초 진술(basic statements)의 규약적인 성격을 인정하지만, 뒤엎과 비교할 때 이론의 오류를 보여 줄 수 있는 훨씬 더 강한 능력을 기본 명제가 갖고 있다고 보기 때문이다.

6절과 7절에서는 이같은 뒤엎의 단순주의를 극복할 수 있는 적극적인 대안을 모색하고자 한다. 그에 앞서 뒤엎과 동일한 주장을 한 것으로 알려진 콰인의 입장이 진정으로 뒤엎의 입장과 동일한 주장인지를 비판적으로 검토하기로 한다. 뒤엎의 입장과 콰인의 입장의 동일시도 뒤엎이 미약한 형

13) Lakatos(1970), 106를 볼 것.

14) Ibid.

태로나마 이론 시험의 가능성을 주장했던 점을 간과하거나 무시하는 것만큼이나 과학철학계 널리 퍼져 있는 오해의 하나이다. 이러한 검토를 통해 콰인이 취하는 과학에 대한 '언어적' 접근과 뒤엠의 '실천적' 접근의 차이를 파악할 수 있고 뒤엠의 주장의 의의를 콰인의 입장에서부터 차별화할 수 있을 것이다.

5. 뒤엠과 콰인의 차이

뒤엠의 주장은 콰인의 주장과 유사한 것으로 이야기되며, 뒤엠 논제는 '뒤엠-콰인 논제'와 다름없는 것으로 또한 일컬어진다. 그러나 자세히 살펴보면 그들간에는 뚜렷한 차이가 난다. 뒤엠은 논리 실증주의 등장 이전에 '실험'을 중심으로 이론 평가와 선택의 문제를 취급했다. 즉 뒤엠은 검증 원리가 나오기 훨씬 이전에 자신의 주장을 했으며, 그렇기 때문에 이 두 입장간의 차이를 분명히 해야 할 필요가 있는 것이다. 그러므로 그의 접근은 언어적 접근과는 관련이 없다. 뒤엠과 술어 논리와는 많은 거리가 있는 것이다. 반면 콰인의 주장은 논리 실증주의의 환원론(reductionism) 논박과 직접적으로 관련되어 있다. 그의 입장은 전형적으로 문장의 문제와 결부되어 있다. 콰인의 잘 알려진 다음의 언급을 보면 이 차이를 뚜렷이 알 수 있다.

환원론의 교의는 동료 문장으로부터 고립시켜 취한 각각의 문장이 입증 혹은 무효화를 전적으로 승인할 수 있다는 가정 안에서 존속한다. 「구축」(*Aufbau*)에서의 물리 세계에 대한 카르납의 교의에 대해서부터 본질적으로 문제를 삼게 된 나의 반대 제안은 외적 세계에 대한 우리의 진술은 개별적으로가 아닌 합쳐진 몸덩이로서만 감각 경험의 법정에 설 수 있다는 것이다.¹⁵⁾

콰인은 이 문장에 주를 달아 이 원리가 뒤엠에 의해 잘 논의되었다고 이야

15) Quine, W. V. O. 1953 'Two Dogmas of Empiricism,' in *From a Logical Point of View*, New York; Haper & Row, 20-46, 41.

기한다. 원리적인 면에서 두 사람의 입장이 비슷한 것으로 볼 수도 있을 것이다. 그러나 주장이 나온 맥락과 논의의 대상으로 삼고 있는 상황은 다르다. 뒤엠은 물리학자로서 과학의 철학적 문제에 관심을 지녔던 이였고, 물리 이론과 실험의 관계를 취급하면서 위와 같은 주장을 한다. 반면 콰인은 논리실증주의의 검증 원리(verification principle)와 환원론을 직접적으로 비판하는 논문에서 유사한 주장을 했던 것이다. 그리고 콰인이 이야기하는 경험은 관찰 진술(observational statements)이라고 보아야 한다. 왜냐하면 검증 원리는 직접적 관찰 상황을 전제하는 논제이기 때문이다. 뒤엠은 직접적 관찰이 아니라 실험의 상황과 관련지어 자신의 입장을 표현한다. 뒤엠 논제는 실험 결과는 이미 얻어냈고 유의미하더라도 시험의 체계 때문에 이론의 논박이 불가능한 상황이 발생한다는 주장임을 놓쳐서는 안될 것이다.

6. 이론망과 시험의 성립: 단순주의의 극복

뒤엠의 견해와 달리, 이론의 시험은 단순성과 같은 심미적 기준에 있기보다는 실험적 절차에 내재하는 합리적 기제에 바탕해서 일어날 수 있다. 이론 시험이 합리적으로 일어나게 되는 기제와 그 근거를 필자의 이론망의 관점에서 파악하기로 한다. 이론망의 관점은 실험 결과의 획득의 문제에 주안점을 두고 있다. 이는 실험하기에서 이론이 어떤 식으로 관련되거나 영향을 주면서 신뢰할 수 있는 경험적 사실을 얻게 되는지를 이해하려는 의도에서 나온 실험에 대한 인식적 틀이다.

도구 이론과 해석 이론의 신뢰성 있는 사용가능성을 인정할 수 있다면, 이론의 평가는 가능하다. 즉 도구 이론과 해석 이론이 절대적으로 변경불가능하지는 않을지라도 지금까지 그것들이 실험 과정에 쓰이는 과정에서 별다른 인식적 문제를 일으키지 않는 방식으로 활용되어 왔다면 문제의 뒤엠 논제에서 시험되는 이론의 군 가운데 도구 이론의 오류 가능성을 일단 배제할 여지가 있다. 이론망을 구성하는 이론들의 신뢰가능성과 실험 과정에서 그 같은 도구 이론과 해석 이론의 활용 가능성을 받아들인다면 실험

결과의 신뢰성과 실험 결과의 이론 시험 기능을 인정할 수 있을 것이다. 뒤엎은 시험 당하는 가설군을 차별화 하는 데에는 관심을 두지 않았다. 즉 문제의 가설 이외의 가설의 인식적 지위에 대한 관심, 즉 그 이론들의 문제의 가설에 대한 상대적 안정성에 대해서는 주의를 기울이지 않았다고 본다. 이론망의 관점의 주요 내용은 바로 이 대목에 강조점을 두고 있다.

실제로 이론의 시험이 어떻게 실험에 의해 구체적으로 이루어지는가를 예를 통해 해명하기로 한다. 마이컬슨(Michelson) 간섭계¹⁶⁾에 나타나는 간섭 줄무늬(fringes)는 직접적 관찰 결과가 아니다. 그 줄무늬는 마이컬슨이 그의 간섭계를 만들기 이전에는 존재하지 않던 현상이다. 이 현상이 무엇인지 알기 위해서는 과연 마이컬슨이 어떤 식으로 도구를 세웠으며, 그 도구에서 나온 결과를 신뢰할 수 있는지에 대해 물어야 한다. 실험 결과는 자연으로부터 단순하게 과학자에게 주어지는 것이 아니다. 실험을 하기 위해서는 일반적으로 도구가 요구된다. 도구를 만들기 위해서는 일반적으로 이론이 필요하고, 도구에서 얻는 자료를 처리하여 이론적 예측과 유의미한 방식으로 연결짓기 위해서도 이론이 필요하다. 마이컬슨은 그의 실험 결과가 믿을 만하다는 것을 입증하기 위해 진동 방지, 열에 의한 간섭계의 변형 방지 등등의 목적으로 경험적 원리와 낮은 수준(low-level)의 이론을 사용했다. 여기서 주목할 것은 이같은 이론은 시험되고 있는 고수준(high-level) 이론과는 일반적으로 다른 이론이라는 점이다. 이론망을 이루는 이런 이론들이 시험하고자 하는 이론과 실험 결과의 대조 과정에서 구체적으로 어떻게 기여하는지를 보다 정밀하게 분석하기 위하여 도구 이론과 해석 이론이라는 개념을 도입할 필요가 있었다. 실험을 이해하기 위해서는 도구의 제작과 자료의 해석을 위한 이론을 필요로 한다. 이런 이론의 도움에 기반으로 실험 결과는 비로소 고수준 이론의 평가를 가능하게 해준다.

도구 이론은 일반적으로 이론의 집합으로 여길 수 있을 것이다. 이때 이러한 도구 이론에는 여러 수준의 이론이 속하게 된다. 아주 간단한 것에서부터 상대적으로 복잡하지만 경험적으로 상대적인 안정성을 갖는 이론까지의 여러 수준의 이론이 도구 이론에 담길 수 있다. 경험적 원리가 도구 이

16) 이 도구와 이 도구를 사용한 마이컬슨 실험에 대한 사례 연구에 대해서는 이 상원(2000), 102-128의 논의를 참조할 것.

론으로 중요하게 쓰인다. 그리고 경험적 원리는 고수준 이론에 의해 반드시 지지되지는 않아도 된다. 예를 들어 마이컬슨 간섭계에서 팔의 길이는 간섭계가 속해 있는 계의 운동 방향에 따라 길이의 변동이 없는 것으로 본다. 이때 팔의 길이가 변하지 않는다는 관념은 경험적 원리에 기초한다. 마이컬슨 간섭계의 일상적인 이용은 '논리에 의한 정당화'에 기초하기보다는 '사용에 의한 정당화'에 의거하는 것이다. 경험 법칙을 지지하거나 강화하기 위해 체계적 이론이 필수적으로 요구되는 것은 아니다. 즉 강체(rigid body) 이론에 의해서 팔의 길이가 실험의 과정에서 변동되지 않음이 입증되지 않더라도, 도구의 기존의 경험적인 사용에 의한 확인에 근거하여 도구를 사용하는 일은 특별한 문제를 일으키지 않을 수 있다. 즉 도구는 그 도구의 작동에 대한 이론이 어떤 제일 원리에서 유도되지 않더라도 경험적 원리에 의거하여 작동이 가능하다.

마이컬슨의 1881년 실험에 채용된 도구 이론 가운데 '빛의 간섭 이론'은 매우 안정된 이론이다. 이는 경험적인 확인도가 매우 높은 이론이기 때문이다. 빛의 간섭 이론은 빛의 본질이 궁극적으로 어떻게 판정 나든 그에 관계없이 똑같은 경험적 확인 가능성을 남겨둘 것이다. 왜냐하면 예를 들어 마이컬슨 간섭계는 수많은 세월이 흘러도 똑같은 형태의 간섭 무늬를 계속 보여줄 것이기 때문이다. 물리학 이론이 어떻게 발전하더라도 그 간섭 무늬는 최소한 파동의 간섭 이론이라는 경험적으로 확인된 하위 이론을 통해 이해되리라는 점에서는 변화가 없을 것이다. 이와 같이 간섭 무늬 출현의 안정성은 도구 이론으로 쓰인 빛의 간섭 이론을 계속 지지해 주게 된다. 마이컬슨 실험에서, 필자가 제시하는 개념인 도구 이론으로 쓰인 여러 이론은 고수준 이론 혹은 체계적 이론(systematic theory)은 아니다.

이와 같은 도구 이론은 우리가 일반적으로 이론이라고 부르는, 예를 들면 특수 상대성 이론이나 양자 역학과 같은 보다 체계적인 보편 이론과는 다르다. 그러한 고수준 이론이 변화한다고 하여 크게 동요되는 성격을 지니지는 않는다. 물론 그렇다고 해서 도구 이론이 고수준 이론과 모순이 되어도 좋다는 주장을 하고 있는 것은 아니다. 고수준 이론들이 오히려 이들을 합리적으로 수용해야만 하는 성격을 가진다. 이런 종류의 이론 이외에도 여타 종류의 이론이 도구 이론으로 쓰일 수 있다. 실험적 작업은 실천이고

기술(technology)이라고 할 수 있다. 물질과 도구를 쓰는 일은 체계적 이론보다는 경험 법칙이나 일상적 진리에 바탕한다.

이론망은 경험적으로 상이한 수준의 도구 이론과 해석 이론의 조직화를 통해 구성된다. 여러 수준의 이론이 각각 상이한 역할을 담당하면서 실험을 가능하게 해준다. 예를 들어 마이컬슨 실험에는 에테르에 관한 일반 이론이라 할 수 있는 프레넬 이론으로부터 도구 이론, 해석 이론과 같은 여러 이론이 관련되어 있고, 또한 도구 이론 안에서도 이론의 수준에서 차이가 난다. 이론의 조직 구조는 이론망 구성의 기초가 된다. 이러한 이론의 짜임에 의해 실험 결과가 산출된다.

정당화를 기다리는 고수준의 이론이 아니라 실험의 과정에 개입하는 이론에 대해 다룬 논의들이 존재한다. 이러한 성격의 이론에 대해 논의하는 대표적인 학자로는 그린우드(John D. Greenwood)와 코소(Peter Kosso)가 있다.¹⁷⁾ 그린우드는 실험을 작동하게 해주는 이론을 포괄적으로 탐구 이론(exploratory theory)으로 칭한다. 코소는 해명 이론(accounting theory)이라는 개념을 제시하면서 이를 도구의 작동을 설명해 주는 이론이라 부른다. 이들은 실험의 과정에서 여러 수준과 성격의 이론이 쓰이기 때문에 그러한 이론들을 분류할 필요성을 제기한 점에서 철학적으로 중요한 기여를 하고 있다. 하지만 그린우드와 코소의 기여에도 불구하고 그들의 논의 속에서 탐구 이론과 해명 이론이라는 개념이 아주 명확한 형태로 제시되지는 않았다. 탐구 이론이나 해명 이론은 필자가 제기한 개념 가운데 도구 이론에 가깝다. 필자는 도구 이론 개념을 통해 그린우드와 코소의 개념이 도구 이론의 일부로 들어오도록 그들의 개념을 비판적으로 확장하고 발전시켰다.

도구 이론과 해석 이론을 기초로 시험될 이론은 비로소 경험적인 양과 어떤 식으로 연결된다. 이론 시험 실험에서 해석 작업에 의해 실험 결과를 얻게 되고 이론적인 예측값을 실험 결과와 대조할 수 있게 된다. 도구 이론

17) Greenwood, John D., 1990 'Two Dogmas of Neo-Empiricism: The "Theory-Informity" of Observation and the Quine-Duhem Thesis', *Philosophy of Science* 57, 553-574; Kosso, Peter, 1992 *Reading the Book of Nature: An Introduction to the Philosophy of Science*, Cambridge: Cambridge University Press.

과 해석 이론은 시험할 이론과 특정 실험 장치를 채용한 실험의 상황에서 상호 관련되는 방식으로 측정하고자 하는 양에 대한 이론적 예측값을 만들어 낸다.

도구 이론은 그 도구 이론이 서로 다른 이론과 연관되는 상이한 실험들이 쓰이게 되더라도 시험되는 이론과 다르다고 앞서 지적했다. 그렇다면 이론이 개입한다는 사실이 실험에 대한 회의주의를 불러 오지는 않는다. 왜냐하면 앞서 주장했듯이 기존에 과학자 사회에서 받아들여진 그리고 공유되고 있는 이론이 실험의 과정에 채용되기 때문이다. 이러한 이론이 붕괴될 가능성은 적을 것이다. 지금까지 논의해 온 것처럼 이론망 관점에서 볼 때, 실험 과정에 도입되는 이론망은 그것의 상당 부분이 안정된 이론이고 잘 입증되어온 이론이며 더구나 문제의 가설과는 다른 이론이기 때문에 이론의 '미결정'이나 시험의 '순환성'(circularity) 문제를 야기하지 않는다. 즉 뒤옴 논제의 이론의 군 가운데, 보조 가설에는 이상이 없으며 시험되는 이론에 문제가 있다고 말할 이유를 갖게 되는 것이다. 그렇다면 실제의 실험 상황에서 뒤옴 논제의 의미는 그다지 강해 보이지는 않는다. 안정된 도구 이론을 문제의 이론의 보존을 위해 뜯어 고치는 일이 결코 쉽지 않을 것이기 때문이다. 따라서 이렇게 이해할 때, 이론망의 시각은 경험적 증거에 의한 '논박 불가능성' 문제에 대한 일종의 '적극적' 반론이 될 수 있다. 즉 실험으로 이론을 시험할 수 있는 경우를 온당하게 제시할 여지가 충분히 존재하는 것이다.

7. 시험되는 이론과 독립적인 해석 이론의 사용: 자료의 통계적 처리

앞 절에서는 이론망을 이루는 이론 가운데 주로 도구 이론의 성격을 중심으로 이론 시험의 성립가능성에 대해 논의했다. 이 절에서는 해석 이론의 성격에 논의의 초점을 두기로 한다. 해석 이론 가운데 의심의 여지를 거의 갖지 않는 한 가지 예는 통계적 이론이다. 도구 이론의 도움을 입어 세

운 도구가 적절히 작동한다고 해도 현상이나 측정값을 해석하는 과정에 어떤 오차(error)가 나타날 수 있다. 이때 이러한 오차의 처리에 관한 이론은 해석 이론에 포함된다. 실험 결과의 신뢰도를 가능한 범위에서 한정해 주는 역할을 하기 때문이다. 이러한 통계적 처리는 현장 실험 과학자에게 매우 중요한 요소가 되고 있다.

7.1. 통계적 오차

일반적으로 대부분의 실험 도구는 실험적 오차를 가질 수 있다. 이는 물론 실험 도구의 정확도 문제와 관련이 된다. 실험자는 실험적 오차를 최대한 줄이고자 한다. 하지만 실험자는 항상 어떤 기술적 한계 속에서 작업을 하게 마련이다. 그런데 어떤 실질적인 실험적 오차가 없다고 보거나 오차를 최대한 줄였다고 가정하더라도 나타나게 되는 오차가 존재한다. 이것이 '통계적 오차'이다. 통계적 오차는 일반적으로 실험적 사건의 유한 시행 상황 및 표본 선택과 모집단간의 관계에 대한 추론과 관련해서 나타난다.

이때 통계적 오차의 처리에 관한 이론은 해석 이론에 포함된다고 볼 수 있다. 실험 결과의 신뢰도를 가능한 범위에서 한정해 주는 역할을 하기 때문이다. 이는 현장 실험 과학자에게 매우 중요하고 심각한 요소이다. 예를 들어 어떤 전구의 수명이 얼마인지를 주장하고자 할 때, 이 수명을 재는 도구가 적절히 작동한다고(도구 이론이 타당하다고) 해도, 특정 종류의 전구에 속하는 전구를 무한 개 취해서 그것의 수명을 측정할 수는 없다. 따라서 대표성을 띤다고 여겨지는 일부의 전구를 표본으로 취해서 그것의 수명을 추정하게 된다. 수명의 분포가 가우스 분포(Gaussian distribution)를 따른다고 가정할 때, 예를 들면 평균 수명에 대한 90% 신뢰구간을 정할 수 있다. 그리고 통계적 추정 구간에 얼마의 확률에 속하게 된다는 주장을 할 수 있는 것이다. 이러한 통계적 이론은 통계학 교과서에 일반적으로 실려 있는 것이며, 현장 실험과학자들이 흔히 채용하는 것이다. 가우스 분포에서 일반적으로 $X \pm \sigma$ 구간에는 그 평균 수명을 따르는 표본의 68%가 포함되며, $X \pm 2\sigma$ 구간에는 95%가 포함된다. 여기서 X 는 표본의 평균이며 σ 는 표준 편차이다. 또 다른 예로서 특정한 방사능 물질의 반감기가 제시되어 있

을 때, 실험을 하여 그 물질에 속하는 몇 개의 표본에서 얻은 측정값을 기초로, 그것이 따른다고 추정되는 통계적 분포를 채택하여 일정한 확률로서 제시된 반감기와 대조할 수 있다. 이런 영역에서 주로 쓰이는 확률 분포는 푸아송(Poisson) 분포이다.

이러한 통계적 처리를 위한 이론적 기법에는 몇몇 종류가 있다. 현대의 각종 실험에서 대부분의 경우 이 같은 통계적 이론의 채용이 필수적이라고 할 수 있는데, 이런 기법의 도움이 없이는 실험 결과의 의미를 제대로 파악하는 데 상당한 장애를 겪게 될 것이다.

7.2. 중립적 이론으로서의 통계학 이론

통계적 이론은 시험되는 이론과는 일반적으로 일치하지 않는다. 즉 ‘중립적 이론’으로서 거의 ‘연장’처럼 쓰인다. 예를 들어, 프랭클린(Franklin, Allan)이 제시하고 있는 고에너지 물리학의 몇몇 사례에서 나타나는 실험 결과의 타당성을 주장할 때, 푸아송 분포에 근거해서 나온 여러 실험 결과를 이용하고 있다.¹⁸⁾ 실험적 방법 자체는 대부분 통계적 성격을 담고 있다. 이런 통계적 성격 때문에 어떤 이론도 절대적으로 옳거나 그르다고 보기가 어려운 측면이 있다. 하지만 통계적 방법은 확실성을 피해 가는 것이 아니다. 오히려 통계적 추론에 따를 때 상대적으로 우월한 지위에 있는 이론을 지지할 수 있게 되며, 모든 이론에 동등한 인식적 지위를 부여하기가 곤란하게 된다. 이러한 인식에 기초할 때, 측정값을 통계적으로 처리하는 이론은 해석 이론의 주요한 일부를 구성한다고 볼 수 있다.

메이요(Deborah G. Mayo)는 확률적 접근을 통해 실험 결과에 의한 이론 평가의 문제를 상세히 다룬다.¹⁹⁾ 메이요는 네이먼-피어슨(Neyman-Pearson) 통계학을 기반으로 실험 자료가 어떤 식으로 합리적으로 처리되는지를 잘

18) 그의 사례에 대해서는 Franklin, Allan, 1986 *The Neglect of Experiment*, Cambridge: Cambridge University Press와 Franklin, Allan, 1990 *Experiment, Right or Wrong*, Cambridge University Press를 볼 것.

19) Mayo, Deborah G., 1996 *Error and the Growth of Experimental Knowledge*, Chicago: The University of Chicago Press.

논의하고 있다. 그는 네이먼-피어슨 통계학과 같은 통계적 이론을 ‘오차 통계학’(error statistics)이라고 부른다. 메이요의 연구는 현대 통계학 이론의 발전에 기반을 두고 실험철학 분야에서 실험 결과에 의한 이론의 평가에 관한 새로운 대안을 제시한 대표적인 경우이다. 20세기 전반기에 발명된 네이먼-피어슨 통계학은 실험 자료의 처리를 위한 매우 중요한 방법이다. 이 방법은 해석 이론의 전형적인 경우이다. 이 같은 네이먼-피어슨 통계학은 실험 결과와 대조될 이론이 무엇이냐에 관계없이 이론 중립적으로 쓰이는 매우 활용도가 높은 이론이다. 이 방법은 물리 과학, 생물 과학같은 자연 과학, 공학, 의학 분야와 사회 과학에서 매우 널리 쓰이는 통계 이론이다.

이론망의 관점에서는 물론이고 뒤엀과 메이요의 논의에서 공통적으로 발견하게 되는 이론 시험에 대한 중요한 시사점은 이론(가설) 자체가 곧바로 ‘날 자료’²⁰⁾(raw data)와 대응하지 않는다는 것이다. 자료는 해석 이론의 도움을 거쳐 유의미한 실험 결과가 된다. 실험 결과는 분명히 있는 그대로의 자연적 사실이라고 보기는 어렵다고 할 수 있다. 일반적으로 자료가 이론의 개입에 의해 적절히 해석되는 과정을 거쳐야 비로소 얻어낼 수 있는 것이 실험 결과이기 때문이다. 이렇게 얻은 실험 결과가 비로소 이론에서 유도된 시험 명제와 대비된다. 이론망의 관점에서 볼 때, 논리실증주의자들이 강조한 직접적 관찰은 도구와 이론의 개입을 최소화한 경우에 해당할 것이다. 이는 경험의 일반적인 경우라기 보다는 특수한 경우에 속할 것이다. 따라서 논리 실증주의의 사실관은 상당히 협소한 것이라고 볼 수 있으며 이를 실험 결과 일반에 적용하기는 곤란한 것이다.

8. 결론

이론망의 관점은 실험 결과의 인식적 지위를 어떻게 평가해야 하는가에

20) ‘raw data’를 ‘날 자료’라 번역했다. ‘거친 자료’, ‘가공되지 않은 자료’ 등으로 옮겨도 별다른 문제는 없을 것으로 판단한다. ‘날 음식’, ‘날 것’과 같은 표현에서 쓰일 때의 ‘날’의 의미와 날 자료에서 쓰이는 날의 의미는 크게 다르지 않다고 본다.

대한 뚜렷한 입장을 갖고 있다. 이 관점은 도구와 몇몇 이론을 바탕으로 얻는 실험 결과를 유의미한 것으로 받아들이는 것이다. 이는 뒤옴 논제가 말해 주는 바와 달리, 실험 결과에 의한 이론 평가가 합리적인 기반 위에서 성립 가능하다고 보는 입장이다. 실험을 위해 요구되는 도구 이론과 해석 이론에 대한 이해는 이론과 경험의 대조라는 전통적 과학철학 주제에 대한 새로운 대안을 제시할 수 있을 것으로 기대한다. 이는 데카르트적인 또는 토대주의적인 절대적 확실성을 갖는 사실로서 보는 입장과는 차이를 갖는데, 왜냐하면 이론망을 기초로 얻는 실험 결과의 객관성을 인정하는 입장은 예를 들어 논리 실증주의의 관찰 문장을 기초로 한 합리성 옹호 입장보다는 상당히 완화된 합리성 또는 개선된 합리성을 옹호하기 때문이다.

도구 이론을 기초로 이루어지는 실험적 작업은 자연에 대한 일정한 정보를 얻게 해준다. 예를 들어 마이컬슨 간섭계에 나타나는 줄무늬는 간섭계가 자연과 별개로 만들어 내는 효과는 아니다. 자연의 존재자의 어떤 요소와 도구가 만나는 곳에서 실험 결과가 생겨나는 것이다. 이때 자연에서 무엇인가 온다고 보아야 한다.²¹⁾ 도구 이론과 해석 이론의 도움으로 얻어낸 결과는 객관적인 것으로 보아야 한다. 여기서 객관적이라는 표현은 물론 전통적인 실증주의적 의미에서의 객관적이라는 용어보다 더 넓은 의미에서 쓰인 것이다. 도구를 쓰지 않는 상태에서는 얻어낼 수가 없는 실험 결과를 근거로 이루어지는 현대 과학 속의 이론 시험의 실제 양상을 깊이 통찰한다면, 도구의 제작과 실험 결과에 경험적 의미를 부과하는 과정에서 요구되는 이론을 염두에 두지 않은 채 주장되는 실험 결과의 객관성과 이론망의 관점에서 있는 객관성은 차별성을 갖게 된다. 과학의 객관성은 바로 이러한 수준에서 이야기되어야 한다. 이론과 절연된 것으로서의 실험에 대한 이미지는 수용하기 어려운 것이다. 만일 이런 논의가 과학철학적으로 유의미하다면, 이는 과학적 탐구의 본성에 대한 전반적인 재검토와 새로운 관점을 제시하는 데 중요한 초석이 된다고 본다. 실험하는 과정에 이론이 개입하더라도 그 이론이 가설 시험의 상황에서 문제시되는 가설이 아니라면 시험의 순환성을 일으키지 않게 되기 때문이다. 우리는 앞서 통계학 이론

21) 이런 의미에서, 실험 과정에서 자연의 역할을 부정하는 사회구성주의자의 입장은 문제점을 지니고 있다고 파악된다.

을 예로 들어 이러한 측면을 살펴 보았다.

지금까지 논의한 이러한 관점은 다음과 같은 철학적 의의를 지닌다. 우선 과학철학자들이 강조해 온 과학 이론에 대한 전통적인 관심을 실험 결과라는 대상으로 확대, 전환하는 데에 있다. 전통적인 과학철학의 관점에서 볼 때, 이론은 언어나 관념의 이미지를 강하게 띠고 있다. 그런데 실험 결과는 이론과 깊은 관련이 있기도 하지만 그것은 이론 이상의 것이며, 실험 행위, 즉 실천적 행위로서의 도구를 쓰는 작업과 상당한 연관을 지닌다. 즉 이 연구는 관념으로서의 이론에 대한 관심을 실험에 대한 관심과 연결 지으며, 실험적 현상이라는 대상 혹은 이미지를 분석하는 것으로의 작업 전환을 시도한다는 점에서 그 중요한 의의가 있다. 이 같은 시도는 과학을 보다 실제적인 차원에서 이해하고 해명하려는 실험철학적 관심에서 나온 것이다. 또한 이 연구는 실험이 실제로 어떻게 이루어지며, 이론의 평가 과정에서 실험 결과가 어떤 식으로 기능하는지를 구체적으로 보여줌으로써 이론 시험이라는 과학철학의 전통적으로 주요한 주제에 대한 탐구에 새로운 활력을 불어넣는 작업이 된다고 본다. 즉 실험 도구의 제작과 자료의 분석과 같은 주제에 대한 연구를 통해 이론 시험이라는 주제에 적극적인 방식으로 대응할 수 있다.

참 고 문 헌

- 이상원, 1999 "이론망과 실험 결과의 유의미성", 『과학철학』 제2권 제2호, 43-67.
- 이상원, 2000 "실험의 성격과 구조: 이론망에 기초한 인식적 접근", 서울대 박사학위 논문.
- 이상원, 2002 "실험의 두 역할: 사실 획득과 이론 시험", 『철학』 제72집, 273-294.
- 이영의, 2001 "뒤앙 논제의 논리적 구조", 『과학철학』 제4권 제1호, 1-30.
- Bearbeitet von Max Mangold in Zusammenarbeit mit der Dudenredaktion, 1990 *Duden; Aussprachewörterbuch*, Duden Band 6, Dudenverlag: Mannheim/Wien/Zürich.
- Duhem, Pierre, 1974 *The Aim and Structure of Physical Theory*, Philip P. Wiener(tr.), New York: Atheneum, 217.
- Franklin, Allan, 1986 *The Neglect of Experiment*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Franklin, Allan, 1990 *Experiment, Right or Wrong*, Cambridge University Press.
- Greenwood, John D., 1990 'Two Dogmas of Neo-Empiricism: The "Theory-Informity" of Observation and the Quine-Duhem Thesis', *Philosophy of Science* 57, 553-574.
- Hacking, Ian, 1983 *Representing and Intervening*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Kosso, Peter, 1992 *Reading the Book of Nature: An Introduction to the Philosophy of Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakatos, Imre 1970 'Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes', Imre Lakatos & Alan Musgrave(eds.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge: Cambridge University Press, 91-196.
- Mayo, Deborah G., 1996 *Error and the Growth of Experimental Knowledge*,

Chicago: The University of Chicago Press.

Quine, W. V. O. 1953 'Two Dogmas of Empiricism,' in *From a Logical Point of View*, New York; Haper & Row., 20-46.

Experimental Results and Theory Testing

Sang-Won Lee

Theory testing by experimental results can be established on rational grounds. To argue this point, I will analyze how theory assessment is processed by experimental results in the light of my conception of theory networks. Many philosophers of science had understood that Duhem contended refutations of theories by experimental results are impossible, but I will show Duhem actually argues theory testing can be established in a very weak sense. Duhem, however, did not supply rational criteria for theory testing. I will argue how experimental results can work as reliable grounds for theory testing. In order to show this, I focus on especially how theories independent from to-be-tested theories can effectively used in the process of experimental processes.