

## 제4부

### 1. 탈정상과학

- 패러다임과 정상과학을 넘어서 (홍성욱, 현재환)

탈정상과학(Post-Normal science)은 토머스 쿤(Thomas Kuhn)의 정상과학 개념을 논쟁적이고 불확실한 과학의 영역에 확장한 개념으로 과학기술자인 제롬 라베츠(Jerome Ravetz)와 그의 동료 펀토위츠(Silvio Funtowicz)가 1992년에 제안한 개념이다. 이 개념을 이해하기 위해서는 1960년대부터 지금까지 이르는 라베츠의 사상적 궤적을 따라갈 필요가 있다. 라베츠는 원래 마르크스주의의 영향을 강하게 받았지만, 현대 과학기술의 문제를 해결하는 데 마르크스 주의가 크게 유용하지 못하다고 생각한 뒤에, 1960년대 내내 독자적으로 과학의 사회적 문제에 대해서 깊게 연구했다. 그는 이 과정에서 '과학자의 사회적 책임'에 관한 사회운동을 하는 미국과 영국의 과학자 운동 단체의 영향을 많이 받았고, 쿤의 패러다임과 플라니의 암묵적 지식 개념을 채택했다. 그는 과학이 본질적으로 혼란을 통해 그 분야에 고유한 숙련을 습득하고 이런 숙련에 근거해서 문제를 푸는 행동 이라고 보았다. 그렇지만 과학은 2차 세계대전 이후 1960년대에 이르기까지 '학술과학'(academic science)이 거의 종식을 고하고 이후 '산업화된 과학'(industrialized science)이 과학의 주류로 부상하는 커다란 변화를 겪었다. 그는 1971년의 저서 『과학 지식과 그 사회적 문제들』(Scientific Knowledge and its Social Problems)에서 자본 집중적이고, 지적 재산을 강조하고, 연구의 질보다는 연구비의 양에만 신경을 쓰고, 폭주하는(runaway) 기술과 결합한 산업화된 과학을 비판했다.

라베츠에게 산업화된 과학은 저질의 과학, 기업화된 과학, 조심스럽지 못한 과학, 더러운 과학이었다. 그렇지만 라베츠는 이 당시에 이런 산업화된 과학을 통제하는 방법으로 정부나 다른 행정조직의 힘을 빌려야 한다는 생각에 반대했다. 산업화된 과학도 과학이며, 과학이 던지는 질문과 실행은 너무 복잡하고 미묘해서 상품처럼 취급되어서는 안 되기 때문이었다. 그는 따라서 당시에 부상하던 과학 운동에서 새로운 과학의 가능성을 찾았고 이를 '비판과학'(critical science)이라고 불렀다. 이 비판과학은 자연의 일부로서 인간의 안녕을 최우선으로 생각하고, 인간의 고통에 공감하는 과학이었다. 비판과학은 환경이나 식량과 같은 자연의 문제를 다루지만 실험실에서의 실험을 통해 데이터를 생산하기 때문에, 여기에서는 실험실과 현장에서의 작업이 통합되었다. 또 비판과학은 자연 시스템과 인공 시스템 사이의 복잡한 인과관계를 밝혀야 하기 때문에, 학술과학이나 기술 연구에 비해 더 완벽한 해답을 요구하는 과학이기도 했다. 무엇보다 비판과학은 자연을 수동적 존재나 통제의 대상으로 보는 것을 지양 하면서, 자연에 대한 존경심을 토대로 연구를 진행하는 과학이었다. 라베츠는 이러한 비판과학이 산업화된 과학의 문제와 피해를 극복하게 해주는 해독제 역할을 한다고 보았다.

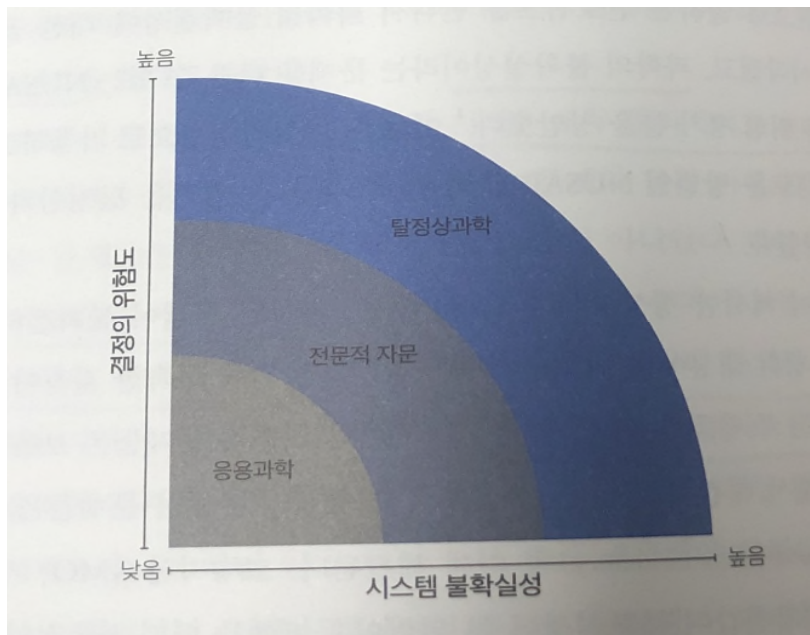
1971년 당시에도 라베츠는 과학적 지식은 모두 합리적이고 진리라는 단순한 과학관을 비판했다. 교과서에 나오는 문제와 달리 과학자가 해결해야 하는 문제들은 맞혀볼 정답이 존재하는 것이 아니었다. 따라서 이런 문제의 해답은 참이나 거짓이냐가 아니라, 과학적 논증과 증거들이 얼마나 적절한가로 평가되는 것이었다. 그는 이런 불확실성의 문제가 심각해지면, 과학 지식이 확실하다고 믿는 과학자 공동체에 패러독스를 야기할 수 있음을 언급했지만, 당시에는 이 문제를 더 깊게 탐구하지는 않았었다. 반면에 라베츠가 이로부터 약 20년이 지난 뒤에 제시했던 탈정상과학 개념에는 이 불확실성의 문제가 핵심적인 주제로 등장했다. 라베츠만이 아니라, 이 20년 사이에 과학 지식의 불확실성은 제한된 소수의 학자들만이 지적하던 문제에서 과학기술학계의 가장 첨예한 이슈로 바뀌어 있었다. 1990년대가 되면 과학기술학계에서

는 과학 지식이 불확실하다는 생각이 과학 지식이 확실하다는 생각만큼이나 과학을 특징짓는 것이 되어버렸으며, 이는 과학기술과 관련된 거버넌스에 대한 연구에도 큰 영향을 미쳤고 지금도 그러하다.

라베츠는 1970년대에 과학과 사회의 관계에 관심이 많았던 과학자 존 자이먼 (John Ziman) 과 함께 ‘과학과 사회 회의’(Council for Science and Society)를 조직해 위험의 수용 가능성에 대한 연구를 통해 과학과 사회 사이의 상호작용을 탐구했고, 1977년과 1978년에 영국의 유전자조작 연구규제 문제를 다루는 ‘유전자조작 자문 그룹’(Genetic Manipulation Advisory Group)에 참여했다. 그는 이 과정에서 과학적 불확실성에 더 깊게 주목하게 된 것으로 보인다. 이후 라베츠는 1980년대 초엽에 리즈 대학교에서 연구원으로 일하던 편토위츠를 만나서 과학적 불확실성에 대한 공동 연구를 시작했고, 과학의 불확실성이라는 문제를 다룰 수 있는 NUSAP라는 새로운 위험 평가 틀을 창안했다.<sup>1</sup> 이들은 곧 불확실성으로 가득하고 자신들의 새로운 방법인 NUSAP가 적용되는 과학의 영역을 탈정상과학 이라고 명명했다.

<sup>1</sup> NUSAP은 Numerical, Unit, Spread, Assessment, Pedigree 의 앞글자를 딴 용어다. 이 중 N, U는 정량적인 위험 지표이고, A, P는 정성적 지표이다. S는 이 둘을 잇는 역할을 한다. 이들의 NUSAP 시스템은 위험 계산이 낡는 정량적 지표를 무시하지 않으면서도, 정성적인 지표를 참조해서 결정을 내릴 수 있다는 이점을 가지고 있다(Funtowicz and Ravetz, 1990).

쿤이 제시한 정상과학과 달리, 탈정상과학은 사실이 불확실하고, 가치가 논쟁의 대상이 되며, 파급력은 크지만 동시에 신속한 결정이 이루어져야 하는 주제를 다루는 과학이다. 기존의 기술적 문제들은 보통 응용과학에 의해서 해결되었고, 이보다 조금 더 불확실성이 큰 문제들은 ‘전문적 자문’(professional consultancy)에 의해 해결된다. 그렇지만 GMO, 기후변화나 원자력발전같이 불확실성이 큰 위험의 문제에는 이런 전통적인 방법으로는 접근할 수 없는데, 이런 문제를 다루는 것이 탈정상과학이었다. 라베츠와 편토위츠는 불확실성이 팽배한 탈정상과학의 상황에서는 과학의 주체가 과학자 공동체가 아니라 해당 이해 집단과 시민을 포함한 확장된 공동체(extended community)로 바뀌고, 과학적 사실이 관련 시민과 주민의 경험과 역사를 포함하는 확장된 사실(extended fact)로 확대된다고 강조했다. 탈정상과학에서 발생하는 문제들은 기존의 정상과학적 실행으로는 해결될 수 없는데, 이는 탈정상과학 활동 자체가 다양한 이해관계자들과의 정치적 타협, 대화, 설득을 포함하는 더 넓은 사회적 성격의 활동으로 바뀌기 때문이다. 탈정상과학의 경우에는 시민 참여를 포함하는 확장된 공동체와 같은 거버넌스의 구조적 변화가 필수적이었다.



이런 탈정상과학론은 과학을 통해 위험의 문제를 해결할 수 있다는 위험 분석의 패러다임과 상충된다. 위험 분석을 선호하는 과학자들은 데이터 수집이나 연구, 기술의 발전 등을 통해 불확실성을 줄일 수 있다고 생각한다. 편토위츠와 라베츠는 탈정상과학의 불확실성이 사회적·문화적·제도적 요소를 복합적으로 갖고 있으며, 더 많은 데이터의 수집과 같은 과학적 연구를 통해서 해소될 수 없는 성격의 것이라고 보았다. 그 이유는 탈정상과학에서 직면하는 불확실성이 이전의 과학 활동에서 등장하던 불확실성과는 근본적으로 다르기 때문이었다. 이들에 따르면 응용과학의 경우에는 정도가 낮은 기술적 불확실성(technical uncertainty)이 문제가 되며 전문적 자문의 경우에는 중간 정도의 방법론적 불확실성(methodological uncertainty)이 등장하지만, 이와 달리 기후변화에 대한 모델링이나 GMO 같은 생명공학의 발전처럼 실제로 결정적인 테스트가 불가능한 탈정상과학의 경우에는 그 결과에 대해 거의 알 수 없는 인식적 불확실성(epistemological uncertainty)이라는 새로운 불확실성이 출현한다는 것이다. 이 각각은 기술적 부정확성, 가치의 개입에 따른 신뢰의 상실, 무지의 영역과의 조우라는 세 가지 다른 원인에 의해서 야기되며, 따라서 그 해결책도 다르다. 기술적 불확실성은 정상과학의 퍼즐 풀이 활동에 의해서 해결 가능하고, 방법론적 불확실성은 전문가적인 책임성, 숙련과 판단에 의해서 어느 정도 해결될 수 있다. 그렇지만 시스템의 불확실성이 고도로 높은 탈정상과학의 경우에는 이러한 해법이 통하지 않는다.

편토위츠와 라베츠는 탈정상과학 분야인 위험 연구, 독성학, 환경학, 생태학, 역학 같은 분야가 물리학 같은 '성숙한' 과학과는 매우 다른 발전 단계에 와 있고, 매우 다른 방법론을 사용해서 다른 대상을 다룬다는 점을 강조한다. 물리학 같은 정상과학은 폐쇄적인 공동체 속에서 자신들의 동료 평가를 통해 과학의 질을 유지할 수 있지만, 탈정상과학 분야는 불확실한 복잡계를 다뤄야 하며, 아직 모르는 변수가 너무 많고, 이론이 덜 발달되어 있으며, 주민들의 불안을 연구 주제에 포함시켜야 한다. 탈정상과학의 연구 결과는 이론적 관심이나 산업적 응용이라는 간단한 기준으로는 평가되기 힘들고, 환경과 인간의 건강 및 안녕을 얼마나 잘 다루었는가는 기준이 중요해진다. 따라서 탈정상과학에서 연구의 평가와 관리의 폐쇄적인 과학자 사회가 아니라 주민을 포함하는 '확장된 공동체'에 의해 이루어져야 하는 것이다.

몇몇 과학기술학자들은 탈정상과학의 확장된 공동체가 공청회, 합의회의, 시민 배심원 같은 다른 유형의 시민 참여와 다른 점이 없다는 비판을 제기했다. 이러한 연구자들은 라베츠와 편토워츠가 탈정상과학 연구를 수행하기 위한 구체적인 방법과 단계 등을 제시하지 않았고, 이 점이 탈정상과학 개념을 모호한 것으로 만들었다고 비판했다. 또 사회구성주의 학파에 속하는 이얼리(S. Yearley)는 탈정상과학의 범주에 핵폐기물 처리장 위치 선정같이 불확실성과 영향력이 동시에 큰 주제만이 아니라, 불확실성이 작고 영향력이 큰 것 (예를 들어 전통적인 자연재해와 산업재해)과 거꾸로 불확실성은 크지만 영향력이 작은 과학(예를 들어 우주론)이 몽뚱그려져서 포함되어 있다고 비판했다. 이 너무도 상이한 분야를 같은 탈정상과학으로 취급할 수 없다는 것이 그의 비판의 요지였다.

과학기술학자 윈(B. Wynne)은 탈정상과학의 인식론적 불확실성, 혹은 무지의 개념을 비판하면서, 다른 형태의 불확실성인 '미결정성'(indeterminacy)을 강조했다. 그는 불확실성의 종류를 크게 네 가지로 나누는데, 확률을 알 경우에 생기는 위험(risk), 주요 시스템 변수들은 알지만 그것의 확률을 알지 못하는 경우에 발생하는 불확실성(uncertainty), 우리가 알지 못한다는 것을 알지 못할 때 일어나는 무지(ignorance), 과학적 지식자체에 항상 존재하는 것으로 과학적 논리만으로 해결되지 않는 미결정성이 그것이었다. 그렇지만 윈은 불확실성의 경계가 고정된 것이 아니라 사회적으로 구성되는 것이라고 강조했다. 예를 들어, 독성 폐기물의 위험은 단지 그 물질의 내적 속성만으로 결정되지 않고, 어떤 것이 폐기물이고 어떤 것이 보통 물질인지 그리고 어느 수준에서 독성을 규제할 것인지를 어떤 행위자들이 정의하는가에 따라서 다르게 결정된다는 것이다. 이는 미결정성이란 불확실성이 사회적인 요소에 의해 결합함으로써 상이하게 정의되거나 해결될 수 있고, 따라서 응용과학을 포함한 모든 과학 지식에 내재할 수 있음을 보여준다. 즉, 윈은 편토워츠나 라베츠와 달리 현대 과학의 문제가 시스템 불확실성의 높고 낮음의 차이에 따라 다르게 나타나는 것이 아니라 모든 과학의 영역과 활동에 편재해 있음을 강조한다. 윈은 이렇게 과학적 지식 내에 미결정성이 존재하고 이 미결정성은 항상 사회적 요소에 의해 매워지기 때문에 불확실성을 줄이려는 것만으로는 문제가 해결되지 않으며, 과학과 연관되는 사회적 요소들을 근본적으로 검토해야 한다고 주장한다.

이런 비판들에 타당한 점이 없는 것은 아니지만, 이런 비판은 라베츠의 근본적인 관심이 불확실성과 모순으로 가득한 시대의 문제를 조망할 수 있는 높은 수준의 과학이 어떻게 가능할 것인가에 있다는 점을 충분히 감안하지 못한 비판이라고 볼 수 있다. 라베츠에 따르면 19세기 까지가 학술과학의 시대였고, 20세기 전반부가 산업화된 과학이 등장한 시기라면, 지금은 탈정상과학이 부상하면서 중요해지는 시대이다. 그런데 과거를 지배했던 학술과학이나 산업화된 과학의 방법론, 문제 풀이 전략, 질 관리 등이 탈정상과학에 그대로 적용될 수 없다는 것이 그의 핵심적 고민이었다. 이러한 문제의식은 1990년대를 전후해서 과학의 지식이 생산되는 맥락과 그 내용이 모두 급격하게 변했다고 주장한 기본스(M. Gibbons) 등의 논의와도 상통한다. 기본스 등은 이 시기에 과학 연구가 첫 번째 양식 (mode 1)에서 두 번째 양식 (mode 2)로 변했다고 주장했는데, 두 번째 양식의 과학 연구는 이해관계를 가지는 다양한 집단과의 협상 속에서 진행되면서 이들의 이해를 반영하고 동료들에 대한 책임만이 아니라 사회 전체에 책임을 져야 하며, 연구의 질도 학문적 우수성만이 아니라 경제적이고 사회적인 적절성 같은 변화하는 맥락에 의해서 시시각각 평가되어야 한다고 주장한다. 이들은 주민의 숙련과 경험을 포함하는 확장된 공동체를 강하게 주장하지는 않지만, 두 번째 양식의 과학의 발전에 다양한 이해 당사자들의 숙련과 사회적 표준이 통합되어야 하고, 연구팀에 다양한 숙련과 기술이 포함되어야 하며, 연구 과정에서 다양한 이해당사자들의 이해가 반영되어야 한다고 강조하는 점에서

라베츠의 탈정상과학의 핵심 주장과 공명한다. 라베츠와 기본스 등은 모두 기술 논쟁 시대에 민주주의가 가치를 생화세계에 확산하거나 '민주주의의 민주화'를 달성하는 것을 목표로 삼기 보다는, 시스템이 복잡해지고 연구 과정에 다양한 가치가 개입되는 시대에 새롭게 등장하는 과학이 어떻게 그 활동의 정직성과 질을 유지 하는가를 규명하는 것을 목표로 하고 있는 것이다.

#### 참고문헌

J. Ravetz, *Scientific Knowledge and its Social Problems*, Harmondsworth : Penguin Books, 1971.

S. O. Funtowicz and J. R. Ravetz, *Uncertainty and Quality in science for Policy*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990.

—, "Three Types of Risk Assessment and the Emergence of Post-normal Science", in S. Krimsky and D. Golding, eds., *Social Theories of Risk*, Westport: Praeger, 1992, pp.251-274

Brian Wynne, "Uncertainty and Environmental Learning: Reconceiving Science and Policy in the Preventive Program", *Global Environmental Change*, 1992, pp.111-127

S. Yearley, "Making Systematic Sense of Public Discontents with Expert Knowledge: Two Analytical approaches and a Case study", *Public Understanding of Science* 9,2000, pp. 105-122

M. Gibbons et al., *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 1994

## 2. 과학 논쟁

### - 저선량 방사선 논쟁으로 살펴보는 과학기술 논쟁의 경계 작업 (현재환)

2011년 3월 11일 일본 후쿠시마에서 완전 사고가 발생한 후, 저선량의 방사선 노출이 인체에 끼치는 위험에 대한 논란이 일어났다.<sup>1</sup> 그해 4월 일본 정부가 후쿠시마 지역의 한계 방사선량으로 연간 20밀리시버트(mSv, 시버트는 생물학적으로 인체에 영향을 미치는 방사선의 양을 나타내는 국제 단위로, 1시버트는 킬로그램당 1줄의 방사선량이며, 100렘에 해당한다)를 설정하고 이 기준치 이하로는 안전하다고 선언하자, 이에 대한 반발이 거세게 일었다. 일본의 시민과학자들과 시민운동가들은 이러한 안전기준치가 허구라고 주장했다. 그들은 매우 적은 선량의 방사선이라도 인체에 위험을 끼칠 수 있는 과학적 증거들이 있음에도 불구하고 원자력 산업의 보호를 위해 사람들을 죽음으로 내몬다고 비난했다. 일본 의사회와 같은 전문가 집단들 역시 일본 정부의 한계 방사선량 기준치 설정이 국제방사선방호위원회(ICRP)의 참고치 권고를 무분별하게 수용한 처사라고 평했으며, 일부 해외 전문가들 또한 일본 정부가 안전 수치로 제시한 20밀리시버트는 안전하지 않다고 일본 정부의 대응을 문제삼았다.

<sup>1</sup> '저선량'에 대한 학술적인 정의도 존재하지만, 이 글에서는 일반적으로 낮은 수준의 방사선 노출을 가리킨다.

이처럼 저선량 방사선 논쟁이 일본 열도를 달굴 무렵, 한국에서는 일본과 다른 맥락에서 논쟁이 벌어졌다. 후쿠시마 원전 사고로 방출된 방사능 물질이 한반도로 직접 유입될 것이라는 연구들이 언론에서 보도되자, 낮은 수준의 방사선에 노출되는 것만으로도 인체에 위험이 발생할 수 있는지에 대한 논란이 일었다. 한국 정부는 한반도에 유입되는 방사능량은 극미한 수준이므로 안전하며 그리 큰 영향은 없을 것이라고 공표했으나, 시민단체들과 일부 환경 전문가들은 이러한 정부의 주장을 반박했다. 이들은 저선량의 방사선 피폭만으로도 암이 발생할 수 있다는 과학적 증거들이 존재함에도 불구하고 이런 사실들을 은폐하려 한다고 비판했다. 반대로 정부 측 전문가들은 시민운동가들의 반응이 비합리적이고 비과학적인 우려라고 일축하며, 과학적으로 안전함을 올바르게 홍보해야 한다고 강조했다.

이러한 논쟁들의 추이를 살필 때 중요한 점은 저선량 방사선이 인체에 끼치는 영향이 안전하다는 입장과 위험하다는 입장 모두가 과학적 근거에 바탕을 두고 있다는 사실이다. 일본 정부나 한국 정부가 따르는 국제방사선방호위원회의 기준은 '원자력 산업 커넥션'이 만들어낸 허구의 기준이 아니라 지난 50여 년간 계속해서 축적된 데이터와 논쟁들을 바탕으로 수정돼오고 변경돼온 '과학적' 기준이다. 반대로 저선량 방사선의 인체 위험을 강조하는 시민운동가들이나 다른 전문가들의 주장 또한 과학적 사실에 대한 몰이해나 음모론이 아니라, 오랜 기간 축적된 저선량 방사선의 인체 위험에 대한 과학적 증거들에 기초한 '과학적'이고 합리적인 주장이다. 상식과 달리, 과학적 문제와 관련된 논쟁은 과학 대 비과학, 옳은 과학 대 틀린 과학, 합리성 대 비합리성의 대결이 아니다. 대개 과학 논쟁은 과학 전문가 대 과학 전문가의 대결이자, 과학적 증거에 대한 서로 다른 해석과 가정의 충돌이다. 과학은 온전히 합의된 지식만으로 이뤄져 있어 특정 논쟁에 해답을 주는 대상이 아니라 항상 논쟁 중이고 충돌 중인 것으로, 기실 과학의 건전성은 이 끊임없는 논쟁에 기초한다.

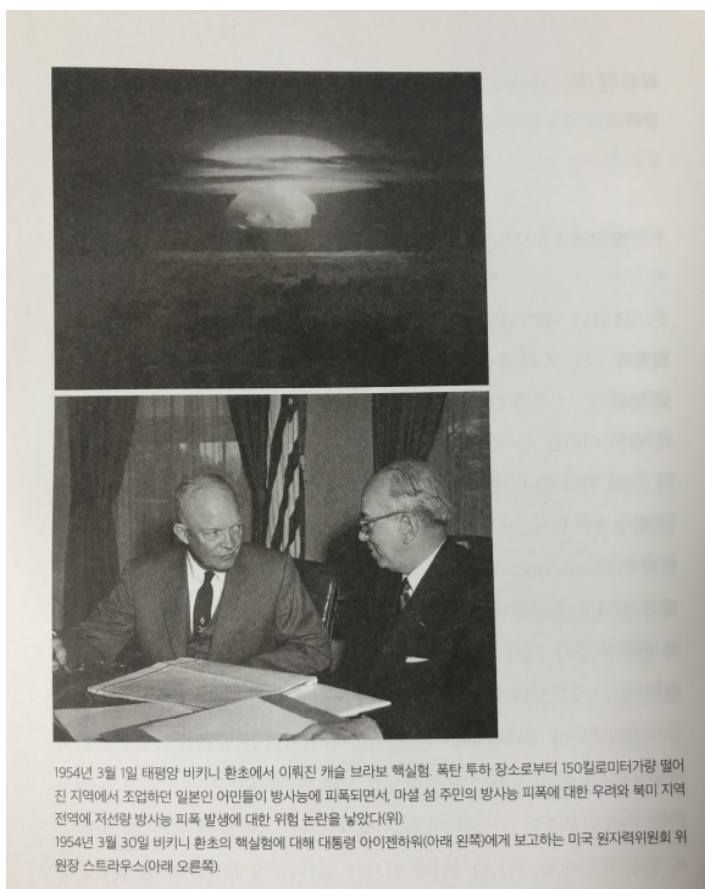
그렇다면 현재 벌어지고 있는 저선량 방사선 위험에 대한 과학적 논쟁을 어떻게 이해해야 할까? 과학기술학자들은 과거 미국에서 벌어진 저선량 방사선의 인체 위험에 대한 과학적 논쟁들을 여러 각도에서 분석해왔다. 이러한 과거 사례에 대한 검토는 현재 이뤄지고 있는 저선량 방사선 위험 논쟁을, 나아가 일반적인 과학 논쟁을 이해하고 평가하는 데 어떠한 실마리를

제공할 수 있을지도 모른다.

### 1950년대 방사성 낙진 위험 논쟁

1954년 3월 1일 태평양 연안의 비키니 환초에서 미국의 핵실험이 이뤄졌다. 그런데 이 폭탄의 폭발 범위는 관계자들이 예측했던 것보다 두 배나 넓었고, 그 결과 150킬로미터가량 떨어진 지역에서 조업 중이던 23명의 일본 어민들 등 300명가량이 방사능 낙진에 피폭되는 사고가 발생했다. 그에 따라 미국 내에서 방사성 낙진에 대한 위험 논란이 들끓었다. 사고 발생 3주 뒤에, 당시 미국 원자력위원회(ACE) 위원장이었던 루이스 스트라우스(Lewis Strauss)는 사고에 대한 청문회에서 방사성 낙진에 대한 오해가 있다고 주장했다. “낙진 피해자들은 금세 회복되었으며, 실험에 따라 발생한 방사능량은 인간이나 동물, 작물 등에 어떤 식으로든 피해를 가할 수 있는 수준보다 훨씬 낮기에 북미 지역에 끼칠 위해는 없습니다.”

캘리포니아 공대(Galtech)의 저명한 유전학자인 알프레드 스티트반트(Alfred Henry Sturtevant)는 핵실험으로 배출된 방사능은 미량이라 무해하다는 스트라우스의 주장에 의문을 제기했다. 그는 방사성 낙진 등과 같이 인공적으로 발생된 방사선에 인체가 피폭될 때 유전학적 변이가 발생해 피폭자와 그 자손들 또한 유전학적 피해를 입을 확률이 있다고 주장했다. 스티트반트는 미국과학진흥협회(American Association For the Advancement of Science) 강연에서 1954년의 핵실험이 수많은 사람들에게 생물학적 피해를 입힐 것이라는 건 명약관화하다고 경고했다. 그러나 다음 해인 1955년 2월에 미 원자력위원회는 당시 핵무기 실험의 결과로 일부 개인들이 피폭 되었지만, 그 양은 건강에 해를 끼치기에는 극히 경미하다고 보고했다.



이 논쟁에서 스트라우스를 비롯한 미 원자력위원회는 1954년 핵실험에 따른 낙진에 포함된 방사능의 양은 극히 경미하여 위해하지 않다고 주장한 반면, 스티트반트는 그것이 분명히 위험하다고 강조했다. 중요한 점은 이러한 주장이 모두 과학적 근거들에 기초했다는 것이다. 그렇다면 이 두 주장의 차이는 어디서 비롯되었을까? 우리는 이를 스티트반트와 스트라우스를 비롯한 미 원자력위원회 간의 과학 분과(discipline)에 따른 과학적 증거에 대한 이해의 차이에서 찾을 수 있다.

유전학자였던 스티트반트는 실험용 생쥐와 같은 동물들을 이용한 저선량 방사선 피폭 실험으로 얻은 데이터를 인체에 대한 방사능의 유전학적 영향을 평가할 때 적용할 수 있다고 믿었다. 그러나 의학 분과 출신의 의사들로 구성된 미 원자력위원회는 동물 연구가 인간에 대한 연구에 직접적으로 연결될 수 있다는 것을 인정하지 않았다. 그들의 관점에서 볼 때 저선량 방사선의 유전적 효과에 대한 직접적인 과학적 증거는 전무했고, 방사성 낙진이 몇몇 개인들에게 얼마나 많은 영향을 끼칠지를 평가하기에는 시기상조였다.

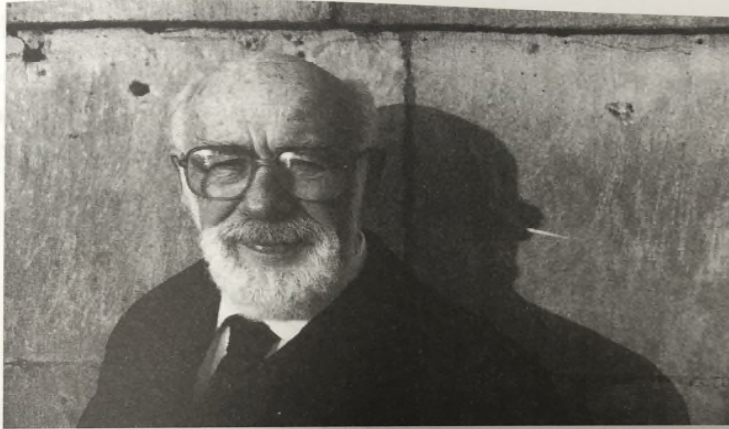
이러한 분과 간 과학적 증거에 대한 이해의 차이는 이후 1956년 미국 과학아카데미 연구 보고서에서도 나타났다. 여기서 스티트반트가 포함된 유전학위원회는 유전학적으로 위험하지 않은 방사능량은 없기 때문에 방사능 노출을 가능한 최소화해야 한다고 보고한 반면, 병리학자들과 방사선의학자들이 포함된 병리학 분과에서는 스트론튬 90의 방사능동위원소의 내부 피폭 위험에 대해 일정 역치 이상은 안전하다는 보고를 내놓았다. 유전학 분과 위원회의 유전학자들은 이러한 병리학자들의 결론에 매우 불만스러워했다.

### 1970년대 저선량 방사선 위험 논쟁

이처럼 분과 간 차이뿐만 아니라, 제도적 차이에 따라 서로 다른 과학적 가정에 입각해 같은 과학적 데이터를 두고 다른 주장을 펼치는 사례가 1970년대 저선량 방사선 위험 논쟁에서 발견된다.

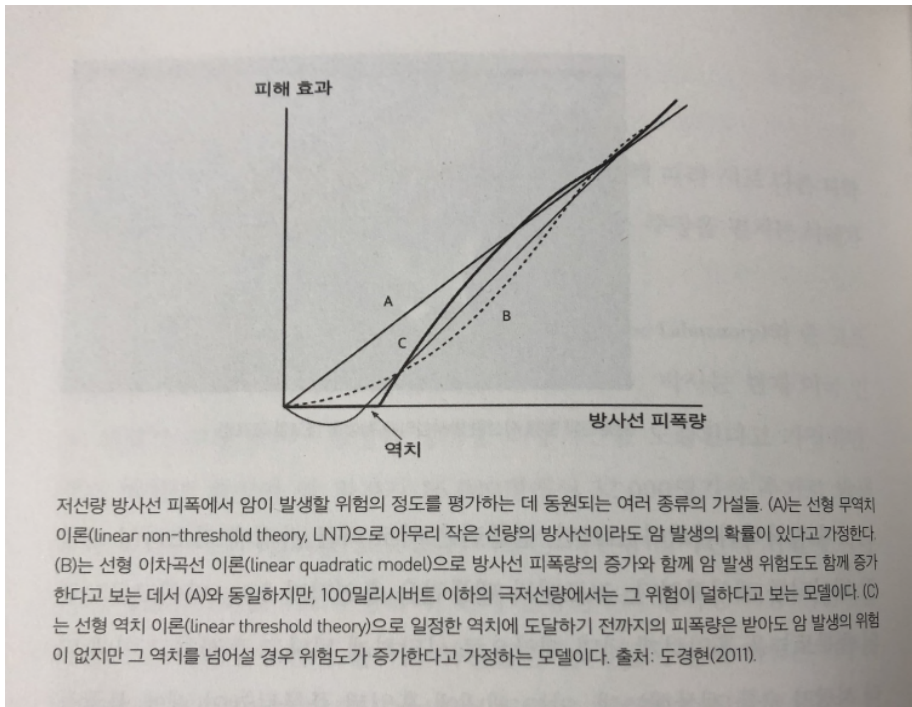
1969년 로렌스 방사선 실험실(Lawrence Radiation Laboratory)의 존 고프먼(John Gofman) 박사와 아서 탬플린(Arthur Tanplin) 박사는 현재 미국 인구 전체가 연방정부가 방사능 허용치만큼 노출된다고 가정하면, 매해 백혈병 환자와 암 환자가 16,000명에서 32,000명가량 추가로 발생하게 된다는 연구 결과를 보고했다. 이들은 저선량 방사선의 위험이 지나치게 과소평가되었다고 주장하며, 현재 연방정부의 방사능 허용 기준치를 10분의 1이하로 낮춰야 한다고 제안했는데, 이들 주장의 핵심은 아무리 미량의 방사선이어도 암을 유발할 수 있다는 것이었다. 이러한 주장은 미 전역에 저선량 방사선 위험에 대한 논란을 불러일으켰다. 미 원자력위원회는 가설에 대한 명확한 증거가 없다며 그들의 의견을 기각했지만, 고프먼과 탬플린의 계속된 문제 제기는 1972년 미국 국립 아카데미가 위원회를 꾸려 「이온화 방사선의 생물학적 효과 보고서」(Biological Effects of Ionizing Radiation Report, BEIR 보고서)를 통해 저선량의 경우에도 암 발생 위험의 가능성이 있음을 강조하는 선형 무역치 모델을 거부할 근거가 없다는 결론을 내리게 했다. 이후로 미 원자력위원회와 국제방사선방호위원회 등은 모두 이러한 「BEIR 보고서」의 결과를 반영하여 선형 무역치 이론과 선형이차곡선 이론을 규제의 기본 모델로 삼았다. 물론 100밀리시버트 이하의 방사선 피폭의 경우 직접적인 과학적 증거가 없다며 위의 이론을 그대로 적용하지는 않았지만 말이다.





템플린과 함께 저선량 방사선의 위험성을 경고한 고프먼

미 원자력위원회와 고프먼, 템플린은 서로 다른 가정에 기초하여 과학적 데이터를 해석하였다. 고프먼과 템플린은 흡연자가 0.011마이크로그램의 플루토늄을 흡입하게 되면 폐암으로 사망하게 된다고 추정하고 이에 따라 사망자 수를 계산했는데, 이는 체내에 흡입된 플루토늄이 폐에 불균등하게 분포한다는 '뜨거운 점'(hot spots) 가설에 따라 도출한 것이었다. 반면 원자력위원회가 고프먼과 템플린의 해석보다 과학적으로 더 타당하다고 채용한 연구는 흡입된 플루토늄이 폐 전체에 균등하게 분포한다는 '뜨거운 폐'(hot lungs) 가설에 기초했다. '뜨거운 폐' 가설을 따를 경우 플루토늄이 폐 전체에 고루 분포되어 피폭량에 따른 암 위험도가 매우 낮게 평가되지만, '뜨거운 점' 가설을 따를 경우 폐 조직의 한 부분에 플루토늄이 집중되어 연간 치사량에 달하는 양이 집적될 확률이 있기 때문에 암 발생률이 급격하게 올라간다. 위원회 및 고프먼과 템플린 양측 모두 같은 과학적 데이터를 분석했지만 한쪽에서는 안전하다고 판단하고 다른 쪽에서는 위험하다고 판단한 데에는, 한쪽이 비과학적이고 다른 한쪽이 과학적이어서가 아니라 이처럼 서로 다른 과학적 가정에 기초했기 때문이다.



당시에 존재하던 실험 데이터들은 두 가설을 모두 지지하는 것으로 보였다. 그렇다면 왜 원자력위원회와 고프먼, 템플린은 서로 다른 가설을 택했을까? 우리는 이를 제도적인 맥락의 차이에서 발견할 수 있다. ‘뜨거운 페’ 가설은 플루토늄 방사선 피폭량을 수치상으로 계산할 수 있게 만드는 방법이었다. 허용 기준치를 양적으로 제시해야 하는 원자력위원회로서는 위험 정도를 확실하게 계산할 수 있는 ‘뜨거운 페’ 가설이 온당하고 합리적인 생각이었다. 수치를 명확히 계산하는 것이 필요한 원자력위원회의 관점에서 볼 때, 고프먼과 템플린의 ‘뜨거운 점’ 가설은 명확한 수치를 제공하지 못하는 비과학적인 것일 뿐만 아니라 그것을 지지할 명확한 증거도 없는 이론이었다. 반면 이러한 제도적인 맥락에서 자유로운 고프먼과 템플린이 보기에 플루토늄이 페 전체에 고루 분포될 것이라는 가설은 말 그대로 가설이었지 그에 대한 어떠한 증거도 없었다. 이들이 보기에 원자력위원회가 ‘뜨거운 페’ 가설을 차용한 연구를 채택한 것은 폐조식의 한 부분에 플루토늄이 집중되어 금세 치사량이 페 내에 집적될 가능성을 무시한 비과학적이고 비윤리적인 처사였다.

#### 논쟁하는 과학: 과학과 비과학의 경계 작업

과학기술학자 셰일라 자사노프(Sheila Jasanoff)는 독성 화학물질에 대한 규제를 둘러싸고 일어나는 과학기술 논쟁들을 탐구하며 이 논쟁에 참여하는 행위자들이 자신들의 주장만이 과학적이고 상대방의 주장은 비과학적인 것으로 치부하는 경계 작업(boundary work)을 벌인다고 분석했다. 화학물질을 사용하는 화학약품 기업들은 해당 물질의 유독성에 대한 과학적 증거가 없다면 시민운동가 집단의 규제 주장을 비합리적이고 비과학적이라고 비난하고, 그 반대 진영에서 시민운동가들은 화학물질의 유독성에 대한 불확실성을 강조하며 이러한 지점을 고려하지 않는 기업들이 자신들의 이익 때문에 과학적 가능성을 은폐하고 있다고 비판했다. 자사노프는 이러한 양상들을 살피면서 규제를 놓고 벌어지는 논쟁의 여러 당사자들이 자신들이 추구하는 이해관계에 따라 불확실성을 각자 다르게 기술하는 상황을 드러냈다.

우리는 1950년대부터 현재에 이르기까지 계속해서 발생한 저선량 방사선의 위험성에 대한

논쟁에서도 자사노프가 지적한 경계 작업이 벌어져왔음을 확인하게 된다. 저선량 방사선의 위험을 주장하는 입장은 상대측이 정치적인 목적을 가지고 과학적 사실을 숨기려 한다며 저선량 방사선 피폭이 갖는 불확실성을 강조했고, 저선량 방사선 피폭의 안전성을 강조하는 측에서는 저선량의 피폭이 위험하다는 어떠한 직접적인 증거도 없다며 위험하다는 주장은 몰이해에서 비롯된 것이라고 몰아붙였다. 양측은 이렇게 상대방이 비과학적인 주장을 펼 뿐만 아니라 정치적인 이유에서 그런다는 것이고, 자신의 주장은 순수하게 과학에만 입각한 것이라고 규정함으로써 과학 논쟁을 자신의 승리로 이끌려고 노력했다.

물론 이러한 경계 작업은 논쟁 당사자들이 의도해서 피하는 전략은 아니다. 앞서 보았듯이, 저선량 방사선 피폭의 위험을 주장하는 전문가들과 안전을 주장하는 전문가들은 서로 다른 분야의 전문가이자 다른 제도적 상황에 처해 있던 사람들로, 어떠한 증거가 과학적으로 적합한지, 어떠한 가설이 해당 과학적 증거를 해석하는 데 옳은 것인지에 대해 서로 다른 평가 도구를 갖고 있었다. 그 결과 같은 데이터를 가지고도 한쪽은 안전하다고, 다른 한쪽은 위험하다고 주장했던 것이다.

이러한 과학기술학의 과학 논쟁에 대한 관찰은 현재 한국에서 일어나고 있는 저선량 방사선 논쟁을 어떻게 이해하고 평가해야 하는지에 대한 실마리를 제공한다. 한 전문가는 한국 정부가 명백한 과학적 사실인 선형 무역치 이론을 무시하며 저선량 방사선 피폭이 과학적으로 안전하다고 주장한다고 비판했다. 하지만 1972년 「BEIR 보고서」 이후 국제방사선방호위원회는 선형 무역치 이론과 선형 이차곡선 이론을 수용했고, 한국 정부 또한 이러한 이론에 기초한 국제방사선방호위원회의 기준을 따른다는 정황을 고려해볼 때 한국 정부가 선형 무역치 이론을 무시한다는 비판에는 무리가 따른다. 이렇게 상대방을 비과학적이라고 비난하는 것보다 필요한 것은 정부가 말하는 과학적으로 ‘안전’하다는 의미가 시민운동가들이 말하는, 그리고 우리가 말하는 ‘안전’과 같은 것이냐는 문제 제기이다. 우리가 보아왔듯이 방사능의 선량을 규제하는 미 원자력위원회는 제도적 · 분과적 맥락 때문에 위험의 불확실성을 낮게 평가하는 경향을 보였다. 정부가 ‘과학적으로 안전’하다고 말할 때, 그 ‘과학적’이란 단어가 틀렸다고 말하는 것이 아니라 ‘안전’이 이러한 불확실성을 포함한 안전인지를 물으라는 것이 과학기술학 연구의 제언이다.

## 참고문헌

- 도경현, 「저선량 방사선이 인체에 미치는 영향」, 『대한의사협회지』 54 (2011) 1253~1261쪽.
- 현재환, 「후쿠시마, 그 이후: 저선량 전리 방사선의 정치」, 『언던 사이언스: 무엇이, 왜 과학의 무대에서 배제되는가』, 뜨인돌, 2015, 200~225쪽.
- Alan Mazur, "Disputes Between Experts", *Minerua* 11 (1973), pp.243-262.
- Carolyn Kopp, "The Origins of the American Scientific Debate over Fallout hazards", *Social Studies of Science* 9 (1979), pp. 403-422.
- Helen Longino, "Beyond 'Bad Science': Skeptical Reflections on the Value-Freedom of Scientific Inquiry", *Science, Technology, & Human Values* 8 (1983), pp. 7-17
- J.Samuel Walker, *Permissible Dose: A History of Radiation Protection in the Twentieth Century*, California: California University Press, 2000.
- Sheila Jasanoff, "Contested Boundaries in Policy-Relevant Science", *Social Studies of Science* 17 (1978), pp. 195-230

## 7 위험 분석, 그 역사와 모델

### - 정량적 분석에서 피드백 모델까지 (홍성욱)

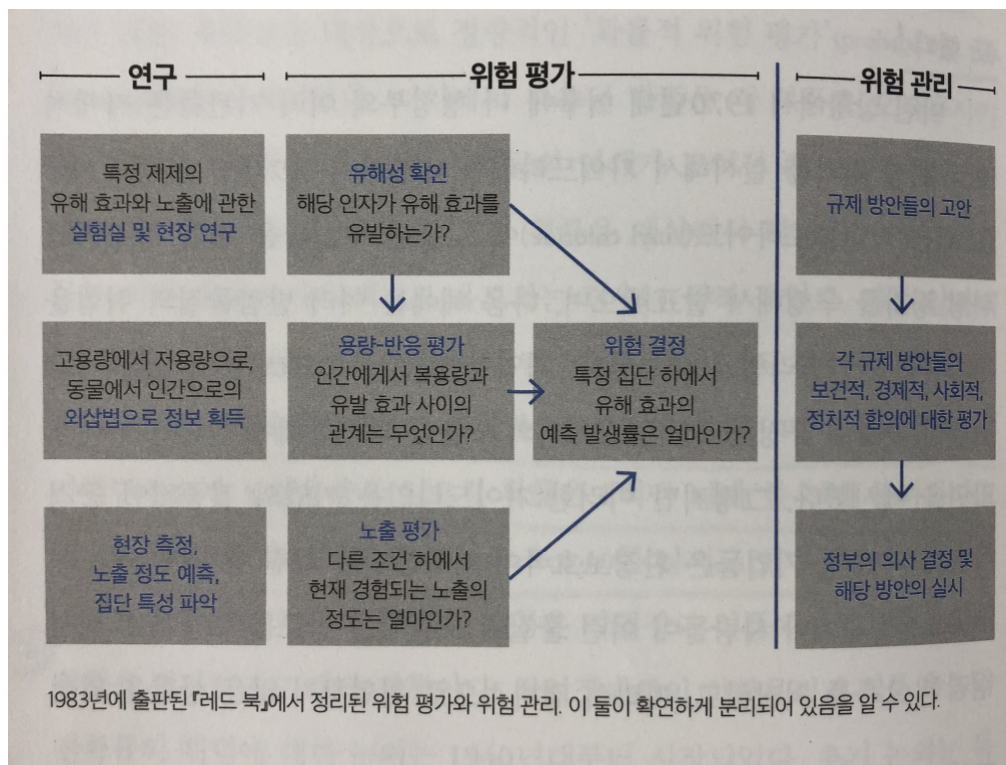
발암물질, 방사능, 환경오염, 복잡한 기술의 사고 위험 등을 분석하는 위험 분석(Risk Analysis)의 대부분은 위험에 대한 정량적 평가를 기반으로 한다. 이런 정량적 위험 평가는 20세기 중엽 이후에 발전한 두 가지 전통에 근거하고 있다. 그중 첫 번째 전통은 인공물이 오작동해서 사고를 일으키는 확률을 계산해서 위험을 산정했던 엔지니어링(engineering)전통이다. 1967년 아폴로 우주선 발사 실험 중에 조종사가 사망하는 사고가 생겼고, 이후 모든 우주선을 대상으로 정량적인 ‘확률적 위험 평가’(probabilistic risk assessment)가 시작되었다. 여기에서 사용된 방법은 각 부품을 오작동시키는 사건을 생각한 뒤에, 이런 사건들의 연쇄가 모여서 큰 사고를 낳는 시나리오를 만든 다음 이 시나리오의 확률을 계산해서 평가하는 것이었다. 물론 이런 확률이 수학적으로 유도되는 경우는 극히 적었고, 이를 알아내는 데에는 전문가들의 평가와 과거 비슷한 사건의 빈도 등이 사용되었다. 이런 방법은 원자력발전소의 위험과 안전을 계산하는 데 응용되었고, 원자력발전소가 노심용융을 일으킬 확률은 1백만 년에 한 건에 불과하다고 평가한 「라스무센 보고서」(Rasmussen Report)를 낳기도 했다.

정량적 위험 평가의 두 번째 전통은 작업장과 식품에서의 발암물질의 위험을 평가하려고 했던 전통이다. 작업장에서의 화학물질과 식품의 농약 잔류물의 위험에 대한 논의는 1940년대부터 시작되었다. 초기 논의는 독성 물질이 인체에 유래한 결과를 내기 위해서는 인체가 이런 물질을 포함 하는 환경에 특정한 정도 이상으로 노출되거나 특정한 정도 이상으로 이런 물질이 인체에 축적되어야 한다는 역치 이론을 낳았다. 이 역치 이론에 따르면 화학물질들이 독성 물질과 비독성 물질로 나뉘는 대신에, 역치 이하에서는 안전한 화학물질들이 역치 이상이 되면 독성을 나타낸다고 간주 되었다. 그렇지만 문제는 각각의 화학물질의 역치 값이 밝혀지지 않았고, 이것을 밝히는 것도 쉽지 않았다는 것이다. 연구자들은 짧은 시간 동안에 독성 물질에 많이 노출된 작업자들의 인체에서 나타나는 변화나 동물 실험을 사용에서 역치를 추정할 수밖에 없었다. 특히 방사능이 암을 유발하는 역치가 얼마인지를 놓고는 길고 격렬한 논쟁이 있었는데, 이에 대해서 물리학자이자 정책 자문이었던 와인버그(Alvin Weinberg)는 이 문제가 과학적으로 해결할 수 없는 ‘트랜스과학’(trans-science)에 해당한다고 주장하기도 했다.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 와인버그는 “과학이 질문할 수는 있지만 과학에 의해 답해질 수는 없는” 문제들에 트랜스과학(trans-science)이란 이름을 붙였다. 예를 들어 저선량 방사선이 생명체가 미치는 영향은 실험을 활용해서 연구될 수 있는 과학적 문제이지만, 얼마만큼의 방사능 노출을 허용할지를 결정하는 것은 트랜스과학의 문제였다. 그 이유는 아무리 동물실험을 해도 100%확실한 노출 허용 한도를 (쥐를 수십 억 마리 잡지 않는 한) 정확하게 알 수 없기 때문이다. 확률적으로 계산할 수 없는 자연재해, 미래의 불확실성을 안고 있는 신기술 출현 같은 문제도 이런 트랜스과학에 해당되었다. 와인버그는 이렇게 과학과 정치가 얽혀 있고 불확실성이 내포되어 있는 트랜스과학의 문제들은 실험실 과학만으로는 해결할 수 없고, 그 해결을 위해서는 다른 민주주의 의사 결정 과정처럼 대중의 참여가 허용되어야 한다고 보았다. 트랜스 과학은 불확실성을 안고도 해당 기술을 발전시킬 것인지 아닌지에 대해서 사회적인 결정이 필요한 영역이었다.

이런 상황에서 1970년대 이후에 미 행정부의 여러 기관들은 자체적으로 위험 평가를 실시해서 가이드라인을 내놓았다. 1975년 환경보호국(EPA)은 비닐클로라이드(vinyl chloride)에 노출된 주민들을 위한 정량적인 위험 평가를 수행해서 발표했으며, 다음 해에는 여러 발암물질의 위험을 평가하는 가이드라인을 내놓았다. 직업안전건강국(OSHA)은 벤젠을 가장 위험한 물

질로 규정하고 작업장에서의 노출을 최소화해야 한다는 가이드라인을 제시했다. 그렇지만 이러한 가이드라인은 기업의 집중적인 공격목표가 되었다. 기업들은 환경보호국이 화학물질에 대한 용량-반응(dose-response)의 관계나 사람들이 이런 물질에 노출되는 정도를 추정하는 데서 심각한 오류를 저질렀고, 따라서 결과적으로 위험하지 않은 상황을 위험한 상황인 것처럼 만들었다고 비판했다. 또 이들은 벤젠에 대한 직업안전건강국의 결정을 법원에 제소했고, 대법원까지 갔던 이 소송에서 법원은 벤젠의 위험을 과학적으로 평가했다고 보기 어렵기 때문에 가이드라인을 인정할 수 없다는 판결을 내렸다. 기업들은 이 판례를 근거로 삼아 환경보호국 같은 정부 기관이 아닌 독립된 과학자 단체가 위험 평가를 수행해야 한다고 주장했다.



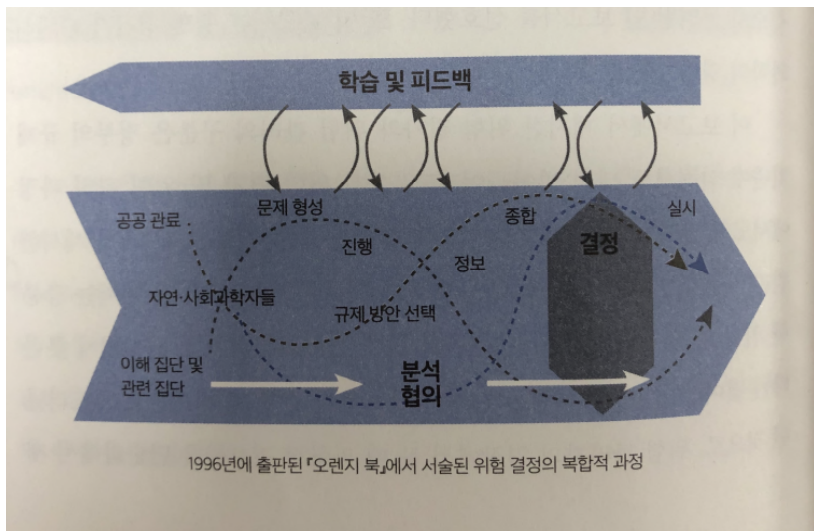
이런 맥락 속에서 등장한 것이 위험 평가에 대한 미국 과학아카데미(NSA)의 1983년 보고서였다(National Research Council, 1983), 흔히 『레드 북』(Red Book)이라고 불리는 이 보고서에서는 위험 평가가 과학과 정책이 혼재된 활동이라는 것일 인정하면서도, 위험 평가라는 과학적인 분석과 위험관리라는 정치적인 판단이나 결정이 엄격하게 분리되어야 한다는 ‘분리주의 원칙’을 천명했다.

우리는 규제기관들이 위험에 대한 평가와 위험 관리의 방안들에 대한 고려 사이에 분명한 개념적인 구분을 만들고 이것을 유지할 것을 권장한다. 즉, 위험 평가에 내포된 과학적 발견과 정책적 판단들은 규제 전략의 고안과 선택에 영향을 미치는 정치적 · 경제적 · 기술적 고려로부터 명백하게 구분되어야 한다는 것이다(National Research Council, 1983, 7쪽).

이 보고서에서는 위험 평가가 유해성 확인(hazard identification), 용량-반응(dose-response) 평가, 노출 평가(exposure assessment), 위험 결정(risk characterization)이라는 네 단계로 이루어져 있다고 정의했는데, 이 네 단계들은 외견상으로는 온전히 과학적이고 기술적인 고려만으로 구성된 것으로 보였다. 또한 이런 분석을 통해 사람들의 위험 인식(risk perception)에 영향

을 미치는 감정적인 요인들을 제거할 수 있다고 주장했으며, 사회적 · 문화적 · 정치적 · 경제적 요인들은 위험 평가 단계가 아니라 위험 관리 단계에서 규제 전략을 세울 때 고려되어야 한다고 언명했다. 앞서도 얘기했듯이 기업은 과학적인 위험 평가를 정부의 규제 기관의 영향을 받지 않는 방식으로 분리한 이 보고서를 선호했다. 또 이 보고서는 위험 평가가 순전히 과학의 영역이라고 생각한 과학자들에게도 환영받았다.

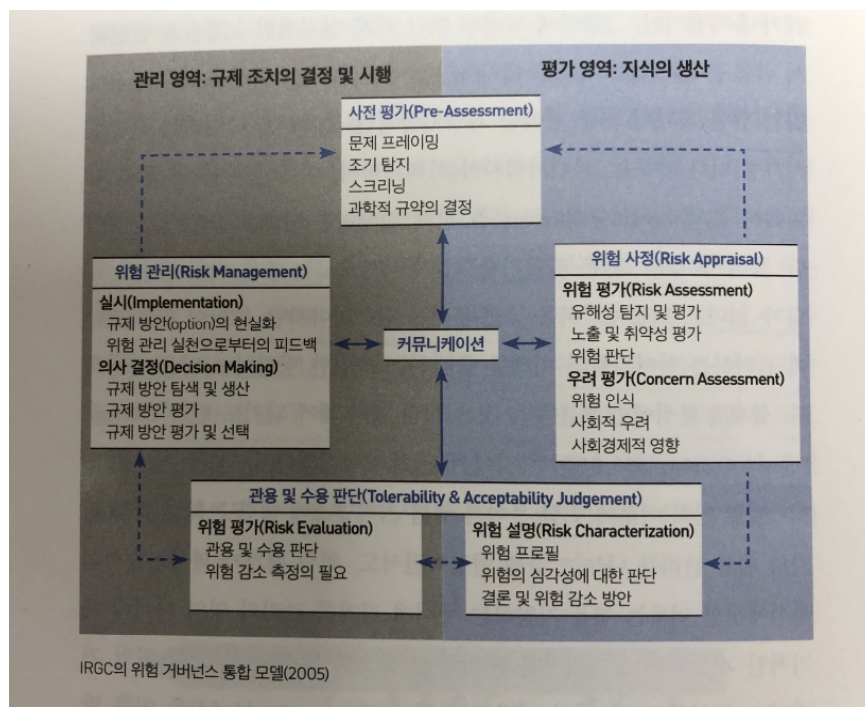
이 보고서에서 제시한 위험 평가와 위험 관리의 구분은 정부의 규제 기관에 의해서도 널리 받아들여지고, 실제 위험 평가 및 위험 관리 과정에서도 원용되었다. 그렇지만 이후의 실행들에서는 『레드 북』에서 제시한 원리가 두 가지 차원에서 너무 단순화된 것임이 드러났다. 첫 번째는 충분한 위험 평가가 바람직한 위험 관리 정책으로 자동적으로 이어지지 못한다는 것이었다. 이 문제는 실제 위험 정책에서 가장 큰 어려움으로 드러났던 것으로, 위험 관리자의 입장에서 볼 때 과학적 정보들을 단순화해서 제시하는 경우는 과학적 정보를 오용하는 결과를 낳고, 이를 모두 제공해줄 때에는 이해당사들이 과학을 믿지 못하는 결과를 초래하는 딜레마 상황을 의미했다. 즉, 이러한 경험은 정량적인 위험 평가보다는 이런 평가 결과를 주민이나 시민들과 어떻게 소통해야 하는가라는 위험 커뮤니케이션(risk communication)의 문제가 더 중요함을 보여주는 것이었다. 두 번째 차원은 위험 평가의 마지막 단계인 위험 결정의 단계가 기술적인 위해 평가만으로 이루어지지 않는다는 것이었다. 위험의 최종 결정에서는 항상 위험 관리 단계에서의 성과가 피드백을 통해 수정되어야 했고, 따라서 이런 피드백을 고려하면 위험 평가와 위험 관리의 두 단계는 일방적인 단계가 아니라 상호작용을 하는 단계가 되어야만 했다. 게다가 위험 결정이 효율적이기 위해서는 위험 관리 과정에 관여하는 여러 집단들, 즉 전문가 집단, 규제 기관, 주민들, 산업체 관계자들이 적절하게 대표되고 참여하는 것이 필수적이라는 사실이 밝혀졌다. 특히 시민이나 주민들이 실질적으로 참여하기 위해서는 이들이 전문가 집단에게 신뢰를 가지는 것이 관건이었다.



이런 이해가 반영된 것이 미국 국립과학아카데미에서 1996년에 발간된 보고서였다(National Research Council, 1996). 소위 『오렌지 북』(Orange Book)이라고 불린 이 보고서에서는 위험 평가와 위험 관리의 이원적인 체계가 유지됐지만, 그동안에 얻어진 여러 가지 실질적인 교훈들을 반영해서 위험 분석에 대한 새로운 패러다임을 제시했다. 그 핵심은 위험 결정이라는 위험 평가의 최종 단계를 과학기술적인 분석만을 종합하는 단계로서가 아니라 공무원, 자연과학

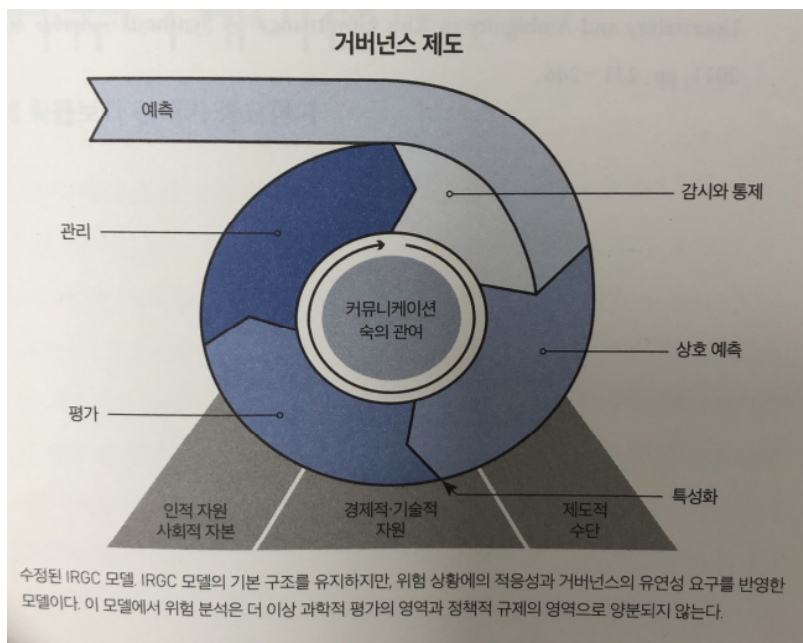
자와 사회과학자, 이해당사자들이 모두 참여해서 분석과 숙의(deliberation)를 함께 진행하는 단계로 보았다는 것이다. 특히 『오렌지 북』은 과학기술적인 분석만으로는 좋은 위험 판단을 내릴 수 없다고 보았다. “비록 좋은 분석은 필수적이지만, 그것이 위험 판단에 관여하는 참여자들의 이해를 증진하는 유일한 방법이 아님은 자명하다. 실제로 분석에만 의존하는 것은 이런 일에 해가 되기도 한다”(National Research Council, 1996, 35쪽)는 것이 이 책의 제안이었다.

이런 인식 이후에 위험 분석과 위험 거버넌스에 대한 논의는 위험 평가와 위험 관리를 나누는 것을 인정하면서도, 위험 평가가 과학기술적인 분석에서만 머무는 것을 지양하는 동시에 평가와 관리의 영역 사이에 유기적인 피드백의 상호작용을 포함하는 것으로 발전했다. 국제 위험 거버넌스 위원회(IRGC)에서 개발한 통합 모델(Integrative Model)은 이를 반영한 대표적인 모델이다. 이 모델에서는 위험 평가 대신에 위험 사정(risk appraisal)이라는 말을 사용하는데, 위험 사정에 정량적이고 기술적인 위험평가와 정성적인 우려 평가(concern assessment)를, 위험 사정과 위험 관리 사이에 ‘사전 평가’ 단계와 ‘관용 및 수용 판단’ 단계를 포함시켰다. 사전 평가 단계는 위험을 프레임링(framing)해서 위험에 대한 공통적인 이해를 얻어내고 그 심각성을 평가해서 우선순위 및 주요 가정과 절차적 규칙을 정하는 단계이다. 또 관용 및 수용 판단 단계는 이전 모델에서의 위험 판단에 해당하는 단계는 물론 위험의 사회적 수용 가능성에 대한 주로 정성적인 평가를 포함하는 것이었다.



IRGC의 모델에서는 위험 평가와 위험 관리의 영역 사이에 이 둘을 매개하는 정성적 성격의 두 가지 영역이 새롭게 포함되었고, 위험 커뮤니케이션은 사전 평가부터 위험 관리에 이르는 전 과정에서 전문가와 시민의 관심을 소통시키는 역할을 했다. 이 모델은 지금까지 위험과 관련해서 제시된 중요한 인식을 거의 모두 반영하고 있다. 그럼에도 불구하고 큰 관점에서 보았을 때 IRGC의 모델에서도 평가의 영역과 관리의 영역은 그 기능이나 주체가 상이한 두 영역으로 남아 있다고 볼 수 있으며, 이런 의미에서 IRGC의 통합 모델은 1983년의 『레드 북』에서

의 구분을 계승한 상태에서 이 문제점들을 보완했다고 할 수 있다. 이러한 특성 때문에 이 모델은 실제 복잡하고 불확실하며 모호한 위험을 현장에서 다루고 관리하는데 충분할 정도로 유연하지 못하다. 즉, 모델 자체의 적응적인(adaptive) 속성이 약하다고 볼 수 있다. IRGC의 통합 모델을 만드는 데 중요한 역할을 한 독일의 위험 연구자 오르트빈렌(Ortwin Renn)은 지식 생산을 담당하는 평가의 영역과 규제와 정책이 이루어지는 관리의 영역을 이분하는 모델 대신에 평가와 관리가 하나의 사이클에서 맞물려 있는 새로운 적응적 모델(Adaptive Model)을 제시했다. 정량적 위험 분석의 패러다임을 받아들인 연구자들은 실제 다양한 위험 상황을 놓고 이 모델의 타당성을 검토하고 있다.



### 참고문헌

National Research Council, Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process, National Academy Press, 1983.

—, Understanding Risk: Informing Decisions on a Democratic Society, National Academy Press, 1996.

Alvin Weinberg, "Science and Trans-Science", Minerva Vol. 10, 1972, pp. 209-222.

R. Cooke, "A Brief History of Quantitative Risk Assessment", Resource, Vol. 172, 2009, pp. 8-9

International Risk Governance Council, Risk Governance: Towards an Integrative Approach, White paper No. 1, Author O. Renn with an Annex by P. Graham, Geneva: IRGC, 2005.

Ortwin Renn, Andreas Klinke, and Marjolein van Asselt, "Coping with Complexity, Uncertainty and Ambiguity in Risk Governance: A Synthesis", Ambio 40, 2011, pp. 231-246



## 8 신뢰와 위험 커뮤니케이션

### - 왜 확률보다 신뢰가 중요한가 (홍선욱)

위험 커뮤니케이션 과정에서 가장 중요한 것은 전문가(관련 과학자는 물론 관료와 정치인 일부를 포함한)와 관련 시민들 사이의 신뢰 구축이다. 신뢰(trust)는 보통 (1) 지식과 전문성, (2) 개방성과 정직함, (3) 관심과 배려에 대한 인식에 기초하고 있다고 간주된다. 이런 인식은 상당히 주관적인 것으로, 상대방이 미래에 대한 방침을 가지고 있고 나를 배려하면서 위기나 기회를 받아들인다고 생각하면 신뢰가 증가한다. 신뢰가 (1) 목표에의 헌신, (2) 능력, (3) 배려, (4) 예측성을 특성으로 가진다고 보는 사람도 있고, (1) 역량, (2) 객관성, (3) 공정성, (4) 일관성, (5) 선의를 특성으로 가진다고 보는 사람도 있다. 비슷하지만 (1) 배려와 공감, (2) 몰입과 헌신, (3) 역량과 전문성, (4) 정직과 개방성을 강조하는 사람도 있다. 신뢰를 어떻게 정의하든 가장 중요한 것은 신뢰가 쌓기는 어렵고 잃기는 쉬운 비대칭성을 가진다는 것이다. 신뢰를 잃어버리면 나의 진심도 상대방에게 받아들여지지 않지만, 신뢰가 튼튼한 경우는 사소한 실수가 다 용서된다. 우리 일상생활에서 적용되는 신뢰의 규칙은 기술적 위험을 둘러싼 속의 과정에서도 그대로 적용된다. 과학자 집단과 대중들에게서 볼 수 있는 인식 차이로 인해 양자 사이에 원활한 소통이 어려운 경우가 많으며, 소통의 단절은 서로에 대한 신뢰의 위기를 가져올 수 있다.

독일의 철학자 루만(N. Luhmann)은 개인 사이의 신뢰를 확장해 시스템에 대한 신뢰를 만드는 것이 현대 사회의 핵심적인 문제라고 보았으며, 프랜시스 후쿠야마(Francis Fukuyama)는 특히 경제활동에서의 신뢰 문제에 주목했다. 후쿠야마는 지금 세계경제를 지배하는 나라들은 모두 가족 범위를 벗어난 사람들을 신뢰했던 고신뢰사회였고, 가족이 아닌 사람들을 회사 경영에 끌어들이는 방법을 채택한 국가라고 보았다. 그는 신뢰가 규범, 네트워크와 함께 '사회적 자본'(social capital)을 구성하는 중요한 요소라고 강조하면서, 신뢰를 "어떤 공동체 내에서 그 공동체의 다른 구성원들이 보편적인 규범에 기초하여 규칙적이고 정직하며 협동적인 행동을 할 것이라는 기대"로 정의했다.

과학에서의 신뢰의 문제를 일찍이 분석했던 바버(B. Barber)는 신뢰를 두 가지 범주로 나눈다. 첫 번째 유형은 전문성에 대한 신뢰이다. 사람들은 일반적으로 전문 지식을 가진 사람의 능력을 신뢰하는 경향이 있다. 두 번째 유형은 도덕적인 책임감에 대한 신뢰이다. 역시 사람들은 사적인 이익보다 도덕적인 규범에 맞춰서 사는 사람들에게 신뢰를 보낸다. 바버는 현대 사회처럼 과학기술(자)이 엄청난 영향력을 가지고 있는 상황에서 과학자는 그 내부에서만 아니라 외부의 다양한 제도와 대중들로부터 이 두 가지 기준을 획득해야 한다고 본다. 과학자가 신뢰를 얻기 위해 필요한 요소는, 첫 번째 범주에 해당하는 것으로는 과학 연구의 합리성, 실험적 증거에 의한 테스트의 공정성 등이 포함되며, 두 번째 범주에는 과학자 공동체가 공유한 규범, 즉 '조직적인 회의주의'(organized skepticism), '지식의 공유', '공평무사함'(disinterestedness) 등을 준수하는 태도가 포함된다. 과학 기술자가 기술적 규칙을 준수하지 못해 실수를 저지르면, 첫 번째 이유 때문에 과학기술자에 대한 신뢰가 떨어진다. 반면에 논문을 조작한다든가 하는 행동은 과학자의 도덕적인 규범에 대한 신뢰를 실추시킨다. 1970년대 이후 서구에서는 과학자들의 잘못과는 무관하게 전반적으로 과학에 대한 대중의 신뢰가 떨어졌다. 거기에는 대중의 교육 수준이 높아지고, 특정 집단의 인식론적·사회적 권위를 인정하지 않으려는 태도가 확산되며, 과학이 위해를 끼칠 수 있다는 생각이 퍼졌기 때문이다.

미국 사회의 경우, 유력한 조직(정부, 노동조합, 기업체, 과학자, 군대, 종교 집단)에 대한 대중의

신뢰와 불신의 감정은 이중적이다. 정부나 노동조합에 대한 대중의 신뢰도는 과학이나 의학 연구에 대한 것보다 훨씬 낮다. 여기에는 두 가지 이유가 존재하는데, 하나는 정부나 개인 기업의 영향력이 과학이 비해 훨씬 가시적이어서 대중들은 그들의 행동에 대해 더욱 많은 정보를 얻고 평가할 수 있기 때문이다. 두 번째는(일련의 과학적 참사 등이 발생하지 않는다면) 대중들은 과학이 대중 복지에 유익한 영향을 줄 것이라는 막연한 인식을 지니기 때문이다. 그럼에도 불구하고 대중들은 기존 과학자들에 대한 무조건적인 존경과 의존보다 그들의 실제 신뢰도를 판단하려고 다양하게 시도한다. 더군다나 원자력발전소 건설같이 논쟁을 불러일으킬 만한 문제의 경우, 대중들은 자신들의 입장과 비슷한 과학적 전문가들을 선택하여 그들의 의견을 받아들인다. 이런 모습은 대중들이 기존의 과학에 전적으로 신뢰를 보내지는 않지만, 그렇다고 해서 자신들의 입장을 지지할 만한 과학(자)을 받아들이지 않을 정도로 과학 일반을 불신하지도 않는, 이중적인(ambivalent) 양상을 드러낸다. 이런 상황에서 과학자들 혹은 전문가 집단이 대중의 신뢰를 얻기 위해서는 그 분야에서의 전문적인 유능함뿐만 아니라 자신들에게 부여되는 윤리적 · 도덕적 · 책임감에 더 충실할 필요가 있다.

위험 커뮤니케이션에서 가장 중요한 요소가 신뢰이다. 전통적인 위험 커뮤니케이션 이론에서는 정보의 발신자(정부나 과학 전문가 집단)와 수신자(대중)의 위치를 고정해놓고, 발신자의 정체(identity)나 정당성에 초점을 맞추기보다 발신자의 의도가 잘 전달되고 있는지 그리고 그 효과는 무엇인지에 초점을 맞추어왔다. 그 결과 위험과 관련된 다양한 주체들이 분절됨으로써 그들 사이의 관계가 간과되며, 따라서 전통적인 위험 커뮤니케이션으로는 현대 위험사회의 위험이 가지는 특수성을 파악하지 못한다. 반면 새로운 위험 커뮤니케이션 이론에서는 생산자의 정보 전달에 초점을 맞추기보다 이질적인 주체들 사이의 쌍방향적인 소통을 강조하고, 이런 소통에서 배제되거나 소외되는 사람들끼리 자신들에 맞는 새로운 소통 양식을 만들어내는 것에 주목한다.

위험에 대해서 대중들이 '님비'(NIMBY, Not-in-my-backyard)의 태도를 보이는 한 가지 중요한 이유는 전문가들의 언행이 이미 신뢰를 잃었기 때문인 경우가 많다. 위험과 관련된 속의 과정에서 신뢰를 유지하는 것은 특히 더 힘든데, 왜냐하면 위험에 관해서는 불확실성이 크고, 전문가들도 극과 극으로 나뉘지는 경우가 많으며, 대중들은 공포와 미지라는 기준을 가지고 위험을 평가하기 때문이다. 따라서 특히 그럴 때에는 서로의 의견을 끝까지 청취하는 태도와 지역사회 문화와 전통 등에 세심하게 주의를 기울이는 태도가 중요하다. 미국 네바다 주 유카 산에 설치하려 했던 핵폐기물 처리장이 반대에 부딪혀 좌절된 이유 중 하나는 주민들이 핵폐기물 처리장이라는 시설에 대해서 원자핵무기와 같은 부정적인 이미지를 가지고 있었던 데 있었다. 따라서 대부분의 전문가들은 핵폐기물을 안전하게 다룰 수 있다는 확신을 가지고 있었고 이를 주민에게 납득시키려고 했지만, 핵폐기물에 대해서 이미 부정적인 이미지를 가지고 있던 주민들은 자신들을 설득하려고만 했던 전문가와 정부에 대해 신뢰를 이미 상당히 잃어버린 상태에서 논의에 임했던 것이다.

미국 유타 주와 네바다 주의 방사능 낙진 피해자에 대한 보상 문제를 놓고 일어난 논쟁 과정에서 고안된 미 국립보건국(NIH)의 방사능 역학 조건표는 결코 해결책이 될 수 없었다. 주민들이 과학적 조건표를 받아들이지 않았던 이유는 이들이 과학적 증거 자체를 거부하거나 그것이 불충분하다고 생각했기 때문이 아니라, 정부의 제도를 불신했기 때문이다. 특히 방사능 문제와 관련해 정부에 대한 불신은 이미 상당히 고조되어 있었던 상태에서 국립보건국은 방사능 역학 조건표를 보상의 근거로 제시했다. 과학자들은 수학을 사용한 계량화를 통해 투명하고 객관적이고 예측 가능하며 합리적으로 보이는 결정이 내려질 것이라고 주장했고, 이런 이유

때문에 방사능 역학 조건표가 보상 문제에 대한 해법이 될 수 있다고 보았다. 그렇지만 이런 논지는 주민들에게 받아들여지지 않았고, 논쟁을 지연시키는 결과만 낳았다. 이 계량화된 조건표의 실패 사례는 신뢰가 깨진 상태에서 계량적 기법이 도입되었을 때 이런 기법은 불신과 차이에 대한 해법이 되기 힘들다는 점을 보여준다.

이러한 문제를 경험하면서 미국 환경보호국(EPA)은 1988년에 '위험 커뮤니케이션에서 핵심적인 일곱 가지 규칙'을 선포했고, 이 사건은 대중을 무시하거나 대중에게 위험 데이터를 더 잘 설명하려는 기존의 커뮤니케이션 전략을 뛰어넘어 대중을 대화 상대로 간주한 신호탄으로 평가된다. 이 일곱 가지 규칙은 다음과 같다. (1) 대중을 정당한 파트너로 받아들이고 관여하게 하라, (2) 대중에게 귀를 기울여라, (3) 정직하고 솔직하고 개방적이어야 한다, (4) 다른 믿을 만한 집단과 협조하고 협력하라, (5) 언론의 요구를 충족시켜라, (6) 공감을 가지고 분명하게 말하라, (7) 신중하게 계획하고 성과를 평가하라. 이런 일곱 가지 전략은 쌍방향적인 위험 커뮤니케이션의 원칙을 천명한 것이었다.

캐스퍼슨(R. E. Kasperson) 등에 따르면 바람직한 위험 커뮤니케이션은 대중과 시민을 온전한 파트너로 여기는 것인데, 이런 커뮤니케이션은 다음과 같은 다섯 단계로 이루어진다.

- 1) 상호 요구 사항들에 대한 평가: 이 평가는 정보의 쌍방향적인 흐름을 통해 이루어져야 한다. 여기서 전문가들은 대중이 균질적인 집단이 아닌, 다양한 그룹으로 구성되어 있음을 인식해야 하며, 요구 사항에 대한 평가는 이러한 다양한 요구 모두를 포함해야 한다. 또 분석가는 항상 자신이 실수할 가능성이 있다는 것을 받아들여야 한다.
- 2) 논쟁의 내용에 대한 평가: 논쟁이 발발할 때 분석가에게 대중의 참여는 문제를 분석하기 위한 수단인 경우가 많지만, 대중들에게는 참여 자체가 목적이 되는 경우가 대부분임을 인식해야 한다. 논쟁은 항상 사실에 대한 차이만이 아니라 기술과 윤리에 대한 서로 다른 가치체계가 부딪치는 경우임을 주지해야 한다.
- 3) 위험 커뮤니케이션의 설계: 커뮤니케이션을 설계하는 과정에 제일 중요한 것은 대중이 힘을 가지고 있다는 것을 인정하는 것이다. 이를 인정하고 정보와 권력을 공유하는 것이 핵심적이다. 특히 대중이 처음부터 논의에 참여하지 못했다는 이유 때문에 불신이 커져 있는 상태에서는 정보를 최대한 제공해야 한다. 정보를 막을 경우 대중은 다른 곳에서 (종종 왜곡된) 정보를 입수한다.
- 4) 위험 커뮤니케이션 전략과 방법: 대중과 대화할 때 가장 편리한 방법은 공청회이다. 그렇지만 위험 커뮤니케이션에서는 공청회가 유효하지 않은 경우가 많고, 초점 집단(focus group) 모임, 역할(role playing) 토론 등이 더 효과적이다. 이슈를 깊게 논의하기 위해 비공식적인 분위기에서 다양한 그룹이 참여하는 방식으로 논의를 진행해야 하고, 이 단계에서도 역시 대중이 다양한 그룹으로 구성되어 있음을 인지해야 하며, 재원에 가장 접근하기 힘든 그룹에 특히 많은 관심을 두어야 한다.
- 5) 평가: 참여를 전제로 한 평가 프로그램이 논의 초기부터 기획되어야 한다. 평가의 단계에서도 참여자 양측 모두가 공평하게 참여할 수 있는 기회가 보장되어야 한다.

최근 캐스퍼슨은 대중 참여적인 위험 커뮤니케이션과 위험 해결에 대한 많은 연구를 종합해서, 이를 다음의 여섯 가지 명제로 정리했다.

- 1) 대중의 참여를 통해 위험을 해결하는 과정에서 생기는 갈등은 대부분 기대하고 있는 수단과 목적의 차이에서 발생한다. 전문가들은 대중의 참여를 위험 갈등을 해결하는 수단으로 생각하지만, 대중은 참여가 생존이 걸린 절박한 문제, 즉 목적인 것이다.
- 2) 위험 커뮤니케이션의 성공은 위험 발생 초기의 커뮤니케이션과 지속적인 관심을 기반으로 한 대중의 참여에 달려 있다.
- 3) 전문가는 규제 집단에 대한 신용과 신뢰가 클수록 사람들은 위험 정보를 더 기꺼이 수용한다. 전문가

들이 전문 지식을 가지는 것은 위험 해결의 필수조건일 수는 있지만 충분조건은 아닌 것이다.

4) 위험 관련 지식이 더 민주적이고 공평하게 배분될 때, 진정으로 효율적인 대중의 참여가 이루어질 수 있다. 지식을 전문가가 독점하게 되면 불필요한 위험 공포를 야기할 수 있고, 이는 공중의 불신을 낳기 쉽다.

5) 대중은 비참여자에서 거의 전문적인 운동가에 이르기까지 관심과 참여도에서 차이가 나는 이질적인 집단으로 구성되어 있다. 따라서 이들에게는 서로 상이한 접근 방법이 필요한데, 참여도가 높은 대중에게는 목적을 공유하는 것이 효율적이고 참여도가 낮은 대중에게는 위험에 대한 지식과 정보를 제공해 위험 인식을 높이는 데 집중하는 것이 좋다.

6) 위험 커뮤니케이션의 일반화는 존재하지 않으며, 상황에 따라 서로 다른 방식의 커뮤니케이션 전략을 수립해야 한다.

허버트 사이먼(Herbert Simon)은 사람이 불확실한 상황에서 결정을 내릴 때 그 결정을 이끄는 원칙에 ‘절차적 합리성’(procedural rationality)과 ‘내용적 합리성’(substantive rationality)이 있음을 지적했다. 이를 위험 커뮤니케이션에 적용해보면, 합의를 만들어가는 절차상의 과정이 합리적이고 또 그 결과가 합리적으로 수용할 만할 때 위험 커뮤니케이션이 성공할 수 있다는 합의를 얻을 수 있다. 더 자세히 분석해보자면, 절차적 합리성이란 합의가 길고 어려운 과정임을 인정하고, 대중이 서로 다른 이해관계를 가진 다양한 그룹으로 구성되어 있음을 인식하며, 신뢰 구축에 최우선 목표를 두고, 모든 과정을 공개함으로써 대중이 자발적으로 자신의 이해관계를 따져볼 수 있게 하며, 가능한 범위 내에서 이득과 손해를 고르게 배분 하려는 노력을 의미한다. 안전에 합의하는 단계는 협의에 의해 선정된 독립적인 전문가 그룹이 이를 평가하고 지속적으로 점검하는 식으로 이루어져야 한다. 이때 주민들은 위험을 감시하고 문제가 생기면 위험 원인을 제거할 수 있는 권리를 부여받아야 한다. 결과에서의 합리성은 다양한 선택지 중 최선을 선택했다는 판단과 엄격한 안전 표준을 만족시켰다는 인식, 위급 상황에 대한 처리 절차 수립, 가능한 범위에서 위험을 분산시키는 노력, 경제적 · 교육적 · 사회적 보상의 일괄 제공, 현상을 유지하는 것보다 합의에 도달한 것이 더 현명한 선택이었다는 판단 등을 포함한다.

전문가 집단과 대중들 사이의 쌍방향 소통을 원활하게 하기 위해서는, 두 집단이 상대방을 어떻게 인식하고 있는지 이해할 필요가 있다. 여러 연구를 종합해보면, 우선 대중은 전문가들의 지식의 전문성을 인정하지만 동시에 이 전문 지식이 완벽하지는 않다고 생각하는 경향이 있으며, 특정한 주제에 대한 지식을 확산하고 규제하는 주체로서 전문가와 정치인, 규제 당국을 크게 구분하지 않고 하나의 ‘규제 체제’로서 인식하곤 한다. 그리고 대중은 공적인 임무를 담당하는 전문가와 사적인 이해관계에 묶여 있는 전문가를 구분하면서 후자에게 특히 불신감을 표출했다. 반면 전문가들은 대중에 대해 생각할 때, 이들을 하나의 전체 집단으로 상상하면서도 자신들이 직접 관계를 맺고 있는 특정 대중 주체들에 대해서는 따로 사고하는 경향을 동시에 보였다. 전자에 대해서는 일반적인 결핍 모형(deficit model)에 근거해 대응했지만, 자신들이 직접 관계를 맺는 집단에 대해서는 ‘건강한 비판을 제시하기도 하며’ 심지어 ‘자신들보다 훨씬 도덕적인 가치관을 가지고 있다’는 식으로 긍정적으로 평가하는 경우도 있었다.

또 다른 차이는 전문 지식의 역할과 관련된 것이었는데, 두 집단 모두 서로가 가진 전문적 과학 지식의 차이를 인정했지만, 전문가들은 대중이 전문 지식을 결여하고 있다는 것이 이성적인 판단을 하는 데서 결정적인 약점이라고 간주하는 반면, 대중들은 과학적 지식은 위험에 대한 판단기준의 일부일 뿐이며 사람들의 경험이나 감정도 중요한 기준이 될 수 있다고 생각하는 경향을 보인다. 게다가 과학자들은 자신들의 전문적 지식은 ‘안전한’ 결과를 도출하기에

‘충분히’ 확실한 것이라고 여기는 반면, 대중들을 보다 폭넓게 사고하는 편이다. 따라서 과학자들은 전문 지식의 내용, 그것의 정당성 및 실험 방법에 초점을 맞추는 반면, 대중들은 전문적 지식에 바탕을 둔 ‘규제과학’ 전반을 염두에 두는 것이다. 이러한 차이는 대중과 전문가의 소통이 신뢰를 바탕으로 하고 장기적인 합의의 과정이 되어야 함을 함의하고 있다.

신뢰는 위험 커뮤니케이션의 기반이 되어야 하며, 또 이 과정을 통해 점차 획득되고 공고해진다. 위험 커뮤니케이션에서 신뢰가 중요한 이유는 신뢰가 쌓였을 때 사람들은 전문가가 주장하는 과학적 사실을 더 기꺼이 사실로서 받아들여지게 되기 때문이다. 사실 사람들은 낮은 확률의 위험을 크게 받아들이기도 하지만, 반대로 높은 확률의 위험을 낮게 받아들이기도 한다. 신뢰는 과학적 분석과 위험 체감 지수 사이의 균형을 맞추는 지레의 받침대와 같은 것이다. 신뢰에 바탕을 두었을 때, 위험 관리는 과학적인 사실, 경제적인 고려 그리고 시민 참여가 균형을 이루어 달성될 수 있다. 신뢰를 유지하는 데 중요한 것은 위험 커뮤니케이션이 길고 힘든 과정이라는 점을 처음부터 인식하는 것이며, 눈앞의 합의를 위해 과장되게 선전하고 홍보하려는 태도를 지양하는 것이다. 또 시간 계획을 실질적으로(realistic) 설정하며, 논의 과정에서 항상 다양한 선택지를 열어두고 이 중 하나를 선택할 수 있게 하는 것도 중요하다. 하나밖에 선택할 수 없다면 대중은 그것을 선택이 아니라 강요로 받아들이기 때문이다. 물론 앞에서 여러 번 강조했지만, 이 과정에서 진실로 쌍방향적인 대화와 소통이 전제되어야 함은 물론이다.

#### 참고문헌

Richard G. Peters et al., "The Determinants of Trust and Credibility in Environmental Risk Communication: An Empirical Study", *Risk Analysis* 17, 1997, pp. 43-54

프랜시스 후쿠야마, 『트러스트: 사회도덕과 번영의 창조』, 구승희 옮김, 한국경제신문사, 1996.

Bernard Barber, "Trust in Science", *Minerva* 25, 1987, pp. 123-134

M. Parascandola "Uncertain Science and a Failure of Trust: The NIH Radioepidemiologic Tables and Compensation for Radiation-induced Cancer" *Isis* 93, 2002, pp. 59-84

Roger E. Kasperson, Dominic Golding and Seth Tuler, "Social Distrust as a Factor in Siting Hazardous Facilities and Communicating Risks", *Journal of Social Issues* 48, 1992, pp. 161-187

Roger E. Kasperson, "Introduction and Overview", on R. E. Kasperson and J. E. Kasperson, eds., *The Social Contours of Risk: Publics, Risk Communication and the Social Amplification of Risk*, Tucson: Arizona Board of Regents, 2005, pp. 1-16

Howard Kunreuther, Kevin Fitzgerald and Thomas D. Aarts, "Siting Noxious Facilities: A Test of the Facility Siting Credo", *Risk Analysis* 13, 1993, pp. 301-318

Anders Block, Matte Jesen and Pernille Kaltoft, "Social Identities and Risks: Expert and Lay Imaginations on Pesticide Use", *Public Understanding of science* 17, 2008, pp. 189-209