

# 변화하는 미래 과학교육의 과제

## 과학의 본성(The Nature of Science) 측면의 고찰

김 상 달  
(부산대학교)

인류 역사의 전 과정을 통하여 인간은 물리적, 생물적, 심리적, 사회적 세계에 대하여 여러 가지 관련되고 검증된 개념들을 발전시켜 왔다. 이러한 개념들은 다음 세대가 인간과 그 환경에 대하여 더욱 포괄적이며 확실한 이해를 할 수 있도록 해 주었다. 이러한 개념들의 발달에 사용된 수단은 관찰, 사고, 실험, 검증 등의 특별한 방법들이다. 이러한 방법들은 과학의 본성에 대한 기본적 견해를 나타내며, 과학이 여러 형태의 지식과 다른 경향성을 나타내는 방법을 반영한다.

여기서 변화하는 미래의 과학교육을 위한 핵심적 과제인 과학의 본성에 대하여 과학적 세계관, 과학적 탐구 방법, 과학적 모험의 본성 등의 측면에서 이를 알아본다.

### 1. 과학적 세계관(THE SCIENTIFIC WORLD VIEW)

과학자들은 그들이 하는 일이 무엇인지와 자신들의 일을 어떻게 보는지에 대한 어떤 기본적 신념과 태도를 공유하고 있다. 이것은 과학을 통하여 무엇을 배울 수 있을 것인가와 세계관의 성격에 따라 실행되어야 한다.

#### 가. 이해 가능한 세계(The World Is Understandable)

과학은 우주에서의 현상이나 사건이 세심하고 체계적인 연구를 통하여 이해할 수 있는 안정된 형태로 일어난다고 가정한다. 과학자들은 머리를 사용하고 감각 능력을 확장할 수 있는 도구의 도움을 받아서 인간이 자연의 모든 현상의 유형을 발견할 수 있다고 믿는다.

또한 과학은 우주가 그 이름이 함축하듯이 어디에서나 동일한 기본 법칙을 가지는 광대한 단일 구조라고 추정한다. 우주의 한 부분을 연구함으로써 얻어진 지식은 우주의 다른 부분에서도 적용할 수 있다. 예를 들어 지표에서 낙하하는 물

체의 운동을 설명하는, 중력과 운동에 관한 동일한 법칙은 달이나 행성의 운동에서도 똑같이 설명할 수 있다. 세월이 흐름에 따라 일부가 수정된 동일한 운동법칙은 최소의 핵입자에서부터 가장 부피가 큰 별까지, 돛단배에서 우주선까지, 탄환에서 광선에 이르기까지 모든 운동에 가해지는 각각의 힘들에 적용된다.

### **나. 과학개념은 변화가능한 주제이다 (Scientific Ideas Are Subject To Change)**

과학은 지식을 산출하는 과정이다. 그 과정은 현상의 세심한 관찰을 하는 것과 그런 관찰의 결과를 이해하여 이론을 창안하는 것에 달려있다. 왜냐하면, 새로운 관찰은 현재 사용되고 있는 이론에 도전하려고 하기 때문에 지식의 변화는 불가피하다. 하나의 이론이 일련의 관찰들을 아무리 잘 설명한다고 하더라도, 또 다른 이론이 더 잘 맞을 수도 있고, 더욱 광범위한 관찰이 맞을 수도 있다. 과학에서는 그 이론이 새로운 것이냐 또는 오래된 것이냐를 막론하고 이론의 검증이나 개선, 부분적인 폐기작업이 항상 계속되고 있다.

### **다. 과학지식은 영속성이 있다(Scientific Knowledge Is Durable)**

과학자들이 절대적 진리를 얻겠다는 생각을 거부하고 자연의 일부로서 어떤 불확실성을 수용한다고 하더라도, 대부분의 과학적 지식은 영속적 성질을 가지고 있다. 과학자들은 과학지식의 완전한 거부보다 오히려 개념들에 대하여 점진적 수정을 통해 과학지식을 구성하는 것이 강력한 생명력을 가지고 광범위하게 수용되려는 경향을 가지고 있기 때문에 과학에서 과학지식을 만들어가는 기본적인 방법이다. 예를 들어, 상대성이론을 공식으로 나타내는데 있어서 앨버트 아인슈타인은, 뉴턴의 운동법칙을 부정하기보다는 오히려 좀더 일반적 개념의 범위 내에서 부분적 응용을 통한 근사 값으로 그것을 표현하였다.

### **라. 과학은 모든 의문에 대하여 완전한 해답을 제공하지는 않는다 (Science Cannot Provide Complete Answers to All Questions)**

과학은 모든 문제에 대해서 완전한 해답을 제공하지는 않는다. 과학적 방법으로 완벽하게 검증될 수 없는 많은 문제들이 있다. 예를 들어, 초자연적인 힘이나

생명의 존재나 생명체의 진정한 목적 등과 같이 매우 자연스러워서 증명될 수도 없고, 반증될 수도 없는 신념이 있다. 다른 경우로는, 정당한 과학적 연구방법이 기적이나, 예언, 점성술, 미신 같은 특정한 신념을 갖고 있는 사람들에 의해 부적절한 것으로 인식되어 거부될 수도 있다.

## 2. 과학적 탐구(SCIENTIFIC INQUIRY)

근본적으로 다양한 과학적인 훈련은 증거에 대한 그들의 신뢰, 가설과 이론의 사용, 사용된 여러 종류의 논리 등에서 똑같다. 그럼에도 불구하고 과학자들이 어떤 현상을 연구하는지와 자신들의 연구를 어떻게 진행해 가는지는 서로 간에 큰 차이가 있다. 즉, 역사적 데이터나 실험을 통한 발견 그리고 질적 양적 방법, 기본적 법칙에 대한 자료, 과학자들이 얼마나 많은 새로운 과학적 발견을 했는가? 등에서도 큰 차이가 있다. 그럼에도 기술, 정보, 그리고 개념들의 교환은 과학자들 사이에서 늘 이루어져 왔고, 과학적으로 타당성이 있는 연구를 수행하는데 그들 간의 공통적 이해가 존재한다.

### 가. 과학은 증거를 요구한다(Science Demands Evidence)

예전부터 최근까지 과학적인 주장의 타당성은 현상에 대한 관찰을 통해 결정되었다. 그러므로 과학자들은 정확한 데이터를 얻는데 주의를 집중한다. 그러한 증거들은 숲과 같은 자연 환경에서부터 실험실과 같은 완전히 인위적인 장소에 이르기까지 여러 상황에서 이루어진 관찰과 측정에 의해 얻어진다. 관찰을 위해서 과학자들은 그들 자신의 감각, 그러한 감각을 도와주는 현미경과 같은 기구, 자기장과 같은 인간이 느낄 수 있는 것과 전혀 다른 특징을 알아내는 기구를 사용한다. 과학자들은 수동적으로 지진이나 새의 이동을 관찰하기도 하고 암석이나 조개와 같은 것을 채집하기도 하고, 지구 표면을 시추하거나 실험을 위한 약품들을 사용함으로써 과학의 세계를 능동적으로 증명하기도 한다.

### 나. 과학은 상상과 논리의 혼합물이다

(Science Is a Blend of Logic and Imagination)

비록 모든 종류의 상상력과 사고가 가설과 이론들의 설정에 사용되었다고 할지라도 예전이나 최근이나 과학적 논쟁은 추론과 논증의 상식에 어떤 준거를 적용함으로써, 논쟁의 정당성을 검증하기 위하여 현재 사용되는 논리적 추론의 원리에 부합해야한다. 과학은 논리와 상상의 조화이다. 과학자들은 특정한 증거의 가치에 대해서나 혹은 이미 만들어진 특정 가정의 적정성에 대하여 종종 동의하지 않을 수도 있고, 그로 인해 정당화가 이루어진 결론에 대해서도 동의하지 않을 수 있다. 그러나 결론과 관련된 증거나 가설이 가지는 논리적 추리의 원리에 대해서는 의견을 같이하는 경향이 있다.

#### **다. 과학은 설명하고 예견한다(Science Explains and Predicts)**

과학자들은 현재 인정되고 있는 과학적 원리와 일치되거나 사용하는 현상들을 설명함으로써 현상에 대한 관찰의 의미를 이해하려고 노력하고 있다. 이러한 설명 이론들은 포괄적이거나 제한적일수도 있지만 설명 이론들은 논리적으로 확실하고 과학적으로 타당한 관찰의 중요한 부분을 포함하고 있는 것이 틀림없다. 가끔 과학적 이론의 신뢰성은 이전에는 관계없어 보이는 현상들 사이의 관련성을 보여주는 능력에서부터 온다. 예를 들어, 대륙이동설은 지진, 화산, 다른 대륙에서 발견된 화석의 일치나 대륙의 형상, 해양관의 형태 등과 같은 다양한 현상들 간의 관련성을 보여줌으로써 신뢰성을 높여왔다. 과학의 본질은 관찰에 의한 정당성이다. 그러나 그 과학적 이론은 이미 알려진 관찰에만 적합해서는 안 된다.

#### **라. 과학은 선입견 없이 증명해 내려고 노력한다 (Scientists Try to Identify and Avoid Bias)**

어떤 것이 진실이라는 주장과 직면했을 때, 과학자들은 그것을 지지하는 증거가 무엇인지를 먼저 물어본다. 그러나 과학적 증거는 어떻게 자료가 해석되었느냐, 어떻게 기록되고 보고되었느냐, 심지어 우선적으로 고려된 자료의 선택 등에 의하여 편견이 생길 수 있다. 과학자의 국적, 성, 인종, 나이, 정치적 신념 등은 하나 또는 다른 종류의 증거나 해석을 강조하거나 찾느냐에 따라 편견이 나타날 수 있다. 예로써, 수년간 남성 과학자들이 한 영장류에 대한 연구에서는 남성의 경쟁적 사회적 행동에 초점이 맞추어져 있다. 여성 과학자들이 이 분야의 연구를

시작할 때까지 여성 영장류의 공동사회 형성 행동을 인식하는 것은 중요하지 않았다.

#### 마. 과학은 독재주의가 아니다(Science Is Not Authoritarian)

다른 경우와 마찬가지로 과학에서 적절한 해결책은 적절한 훈련을 통하여 전문화된 사람들이 정보와 의견에 대한 정확한 자료에 의존하는 것이다. 그러나 존경받는 권위자들은 과학의 역사에서 여러 번에 걸쳐 오류를 범해 왔다. 결국 과학자는 아니지만 진리에 대한 특별한 접근방법을 가지고 있는 유명하고 고위직에 있는 사람들이 다른 과학자들에 의하여 신뢰를 받지 못한 사람들과 함께 유명한 과학자들의 범했던 오류를 해결할 수 있게 되었다. 과학자들이 그들의 연구를 기초로 하여 도달해야하는 미리 확립된 결론은 존재하지 않는다.

### 3. 과학적 모험심(THE SCIENTIFIC ENTERPRISE)

모험심으로서의 과학은 개인적, 사회적, 그리고 제도상의 특징을 가진다. 과학적 활동은 현대사회에 있어 과학의 중요한 특징의 하나이고 아마 다른 어떤 것보다 더 많이 옛날과 현대를 구분하게 한다.

#### 가. 과학은 복잡한 사회활동이다

##### (Science Is a Complex Social Activity)

과학적 과제는 여러 개인들이 하고 있는 여러 가지 다른 종류의 과제와 관련되고 전 세계의 모든 나라에서 어느 정도는 계속되고 있는 것이다. 모든 인종의 남과 여 그리고 국가적 배경은 과학과 그 응용에 참여하고 있다. 과학자, 공학자, 수학자, 의사, 기술자, 컴퓨터 프로그래머, 사서 등과 같은 사람들은 자신의 이익을 위하건 특별한 실용적 목적이건 과학적 지식에 초점을 맞출 수도 있고 자료의 수집과 이론의 수립, 도구의 제작, 의사의 소통 등에 관심을 가질 수도 있다.

#### 나. 과학은 내용교과로 조직되고 다양한 기관에 의하여 지도된다

(science is organized into content disciplines and is conducted in various institutions)

과학은 다른 과학적 분야나 학문 내용의 집합으로 생각되어질 수 있다. 인류학에서 동물학에 이르기까지 많은 학문 분야가 있다. 그들은 역사, 연구하는 현상, 사용되는 언어와 기술, 원하는 결과의 종류 등을 포함하여 많은 점이 서로 다르다. 그러나 목적과 원리에 관해서는 모든 학문은 과학적으로 같고 이들은 함께 동일한 과학적 시도를 한다. 학문이 가지는 이점은 연구와 연구결과를 체계화하는데 개념적인 구조를 제공해 주는 것이다. 단점은 그들의 견해차가 과학 세계의 연구방법과 반드시 일치하지 않고 의사소통을 어렵게 만들 수 있다는 것이다.

#### 다. 과학 연구에서는 일반적으로 받아들이는 윤리적 규범이 있다

(There are generally accepted ethical principles in the conduct of science)

대부분 과학자들은 과학의 윤리적인 규범에 따라 연구한다. 정확한 기록의 보존, 개방성, 반론 등에 대한 강력한 관례는 동료에 의해서 자신의 연구가 비판적으로 검토됨으로써 유지되고 대다수의 과학자들이 윤리적 전문적 행동의 범위를 벗어나지 않도록 하는 역할을 한다. 그러나 때때로 개념이나 관찰 결과를 처음 발표할 때 신뢰를 얻기 위해 받게 되는 압박은 과학자들로 하여금 정보의 공개를 억제하거나 심지어 결과를 위조하도록 만든다. 과학 본성에 대한 이런 모독은 과학 자체를 방해한다. 이러한 위반 행위가 발견되었을 때 과학 공동체나 연구비를 지원한 기관에 의해 강력한 비난을 받게 된다.

#### 라. 과학자들은 전문가와 일반시민의 입장으로 공무에 참여한다

(Scientists participate in public affairs both as specialists and as citizens)

과학자들은 공적 관심사에 관하여 정보, 통찰력, 분석적 기술을 발휘할 수 있다. 종종 과학자들은 공적인 것에 도움을 줄 수 있고 자연적이거나 기술적인 재해와 같은 사건의 원인을 이해하도록 설명을 할 수 있고, 다양한 농업방법의 경

제적 효과와 같은 계획된 정책의 효과를 추정할 수 있도록 도울 수도 있다. 그들은 무엇이 불가능한지를 증명할 수 있다. 충고를 하는 역할에서 과학자들은 심사숙고해서 결과를 조사하고 문제의 설명을 통하여 사실을 구별하도록 특별히 세심한 노력을 할 것을 요구받는다. 즉, 그것은 과학적 탐구의 원리를 충분히 활용하도록 요구받는다.