과학관의 전시 패널 글에 반영된 과학의 인식론적 측면 탐색

이선경¹ · 신명경² · 이규호^{3,*} · 최취임¹ · 백두성⁴ · 정광훈⁵ · 유만선⁵ ·
김선자⁵ · 손성근⁵ · 최현숙⁵ · 이강환⁵ · 이정구⁵

¹서울대학교 BK21 미래사회 과학교육연구사업단, 151-748, 서울시 관악구 관악로 1

²경인교육대학교 과학교육과, 407-753, 인천광역시 계양구 계산동 857-86

³한국지질자원연구원, 305-350, 대전시 유성구 과학로 92

⁴서대문자연사 박물관, 120-113, 서울시 서대문구 연희3동 산 5-58

⁵국립과천과학관, 427-060, 경기도 과천시 과천동 706

Exploring Epistemological Features Presented in Texts of Exhibit Panels in the Science Museum

Sun-Kyung Lee¹, Myeong-Kyeong Shin², Gyuho Lee^{3,*}, Chui Im Choi¹,
Doosung Baek⁴, Kwanghoon Chung⁵, Mansun Yu⁵, Sun Ja Kim⁵,
Sung Keun Son⁵, Hyun Sook Choi⁵, Kang Hwan Lee⁵, Jeong Gu Lee⁵

¹Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

²Gyeongin National University of Education, Incheon 407-753, Korea

³Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources, Daejeon 305-350, Korea

⁴Seodamun Museum of Natural History, Seoul 120-113, Korea

⁵Gwacheon National Science Museum, Gyeonggi 427-060, Korea

Abstract: This study was to explore epistemological features presented in texts of exhibit panels in the science museum located in Gyeonggi Province. Out-of-school or daily experiences allow more properly and potentially students to form informative science image, because the understandings of scientific epistemology were constructed tacitly through various experiences over a long period of time. The target for this study was panel texts of exhibits in a science museum as an of out-of-school context. The analytical framework was adopted from epistemological frameworks by Ryder et al. (1999). The research results were explored in the categories of relationship between scientific knowledge claims and the data, the nature of lines of scientific enquiry, and social dimension of science. It revealed that one exhibit might reflect the characteristics of one epistemological position: relating one data to one knowledge claim; generating knowledge claim from scientists' individual interests or from discipline's internal epistemology; scientists working as a community or an institution. Findings suggested that the exhibits of a science museum including panel texts and medium need to reflect the wide ranges of scientific epistemology.

Keywords: out-of-school science education, scientific epistemology, science museum, panel text

요약: 이 연구의 목적은 경기도 소재의 한 과학관 전시 설명에 반영된 과학의 인식론적 특징을 탐색하는 것이다. 과학의 인식론적 이해는 오랜 시간 다양한 경험을 통해 형성되는 암묵적 차원이 크기 때문에, 학교 밖의 일상 경험을 통해 학생들은 다소 안정된 과학의 이미지를 형성하게 될 가능성이 크다. 따라서 본 연구의 대상은 학교 밖 과학교육 맥락의 하나인 과학관의 전시 설명으로 정하고, Ryder 등(1999)의 인식론적 범주를 사용하여 분석하였다. 연구의 결과는 ‘근거와 지식주장의 관계’, ‘과학적 탐구의 본질’, ‘과학의 사회적 차원’의 범주로 나누어, 각 범주에 대한 인식론적 특징을 세부적으로 탐색하고 해당 범주의 전시 설명 사례를 제시하였다. 전시 설명 사례는 주로 한 범주의 인식론적 특징

*Corresponding author: gyupo73@snu.ac.kr

Tel: +82-42-868-3718

Fax: +82-42-865-3617

을 반영하는 것으로 나타났다. 하나의 근거와 하나의 지식주장을 연결하거나, 개인적 흥미 혹은 과학 학문내적 탐구를 통해 지식을 생성하는 과정을 기술하거나, 과학 공동체 혹은 기관 차원의 과학 활동을 소개하는 등이었다. 본 연구의 결과를 토대로, 과학관 전시물의 여러 매체를 활용하여 다양한 범위의 인식론적 특징을 반영할 것이 제안되었다.

주요어: 학교 밖 과학교육, 과학적 인식론, 과학관, 패널 글

서론

과학교육의 중요한 목표는 세계를 이해하는 데 있어서 현재 가장 훌륭한 지식 생성체계(premier knowledge institution)인 ‘과학’이라는 ‘인식의 문화’(epistemic cultures)(Knorr, 1990)로 학습자를 끌어들이는 것이다. 즉, 세계를 이해하는 가장 훌륭한 방식인 과학이라는 문화에 학습자가 흡수되고 능동적으로 참여할 수 있도록 하는 것이다. 이 광범위한 목표는 과학교육 체계 내에서 두 가지로 정리되었다. 하나는 학습자가 과학적 지식을 학습하는 것이고 또 다른 하나는 과학적 지식이 어떻게 형성되는지를 아는 것이다(NRC, 1996). 즉, 우리가 무엇을 알아야 하는지 뿐 아니라 어떻게 알게 되었는지를 포함해야 한다.

‘우리가 아는 것을 어떻게 아는가(how we know what we know)(Knorr, 1990)’는 인식론과 관련된 것으로서, 과학을 이해하고 실행하는 데 중요한 영역임은 분명하다. 인식론의 문제는 지식의 본질과 과정에 관계된 것으로, 인간의 지식과 세계의 관계에 대한 질문을 제기하고 해결하는 과정에 관한 것이다(Lidar et al., 2006). 그러나 그 동안의 과학교육 연구에서 인식론적 영역은 지식과 과정의 통합적 관점으로 다루어지지 않았다. 그 동안 지식과 관련된 인식론적 측면과 활동과정과 관련된 탐구적 측면은 ‘과학의 본성’ 영역에서 다루어져 왔다. 그러나 과학의 본성 연구에서 다른 것처럼, 과학 지식과 관련된 것을 인식론으로, 과학의 과정과 관련된 것을 탐구로 구분하여 보는 관점은 과학 실체의 본질에 비추어 적절하지 않다. 인식론과 탐구를 별개로 취급할 것이 아니라, 지식과 탐구의 통합적 관점인 실제적 인식론(practical epistemology)으로 재정립할 필요가 있다(이선경 외, 2010; Park, 2008; Sandoval, 2005).

과학 지식 및 탐구의 본질과 관련된 기존의 연구는 과학의 본성(Nature Of Science) 연구에서 광범위하게 찾아볼 수 있다. 과학의 본성 연구 영역은 현대 과학철학적 관점의 토대 하에 과학학습자가 이해해야 할 과학의 구성 요소와 특징을 명제적으로 제시하였다. 예를 들면, 지식의 잠정성, 창조성, 관찰 대 추론,

주관성, 이론과 법칙의 구별, 사회문화적 내포, 경험 기반 등이다(박은이와 홍훈기, 2010; 김미경과 김희백, 2008; 최준환 외, 2009; Lederman et al., 2002; Tsai and Liu, 2005). 이처럼 과학의 본성 연구는 과학 지식 혹은 탐구의 특징을 기준으로 표준화된 검사도구를 개발하고, 교사와 학생의 개념을 조사하는 연구를 수행하여 왔다. 그러나 이러한 연구가 갖는 한계는 응답자의 답을 제한하기 때문에, 개방형 질문과 인터뷰와 같은 대안적인 접근법을 사용하는 것으로 발전해 왔다(Lederman et al., 2002). 그러나 여전히 이러한 일반적인 검사도구로는 교사나 학생들의 실제적인 과학의 본성에 대한 이해를 알아보기 어려운 측면이 있다(Sandoval, 2005). 실행자의 응답과 실제로 탐구 과정에서의 실제에 대한 인식론은 차이가 있을 수 있기 때문이다(김미경, 2008). 이는 인식론적 측면이 과학 지식 및 과정의 본질과 이들의 통합적 차원이 역동적으로 잘 드러나야 한다는 점을 반증한다.

이와 더불어, 과학의 본성에 대해 다양한 범위의 지식이나 이해가 고려되지 않는다는 점이 지적되었다(Ryder et al., 1999). 과학의 본성 구인이 지식의 본질 즉, 얕이 무엇인가에 초점을 맞춘 반면, 개인적 인식론적 접근은 얕의 과정을 더하여 접근하고 있다(박병기와 채선영, 2006; Hofer, 2000). 즉, 지식의 본질의 하위 차원인 단순성(simplicity)과 확실성(certainty), 그리고 얕의 과정(지식의 타당성)의 정당화의 하위 차원인 원천(source)과 정당화(justification)가 그것이다. Havdala and Ashkenazi(2007)는 과학의 본성과 개인적 인식론적 구인들을 통합하여 과학 지식의 본질과 생성 과정에 대한 과학적 인식론의 중요한 특징들을 지식 주장과 근거의 조절 과정을 중심으로 제시하였다. 또한, 과학적 인식론의 특징을 지식 주장, 탐구 과정, 사회적 차원으로 확장해 가는 주장도 제기되었다(Ryder et al., 1999).

과학교육에서 과학의 본성에 대한 이해의 중요성이 강조됨에 따라, 학생들의 과학의 본성에 대한 이해가 어떠하며 어떻게 이루어지는지에 대한 오랜 주장과 논의가 이어지고 있다(Schwartz et al., 2004). 반세기

이상 동안 학생들이 지닌 ‘과학의 본성에 대한 이해’(knowledge about the nature of science)는 ‘과학의 이미지’라는 개념으로 다루어져 왔는데(Van et al., 2009), 그 이유는 과학의 본성에 대한 개념이나 인식이 오랜 시간 다양한 경험을 통해 형성되는 암묵적(tacit) 차원이 크기 때문이다(Ryder et al., 1999). 과학의 이미지는 크게 세 가지 맥락에서 형성된다고 알려져 있다(Van et al., 2009). 첫째는 학교 맥락으로서, 과학교실(Adb-El-Khalick et al., 1998; Bell and Lederman, 1996), 과학실험(Wellington, 1998), 교과서를 접하면서 형성된다. 예로, 학교 과학에서 교과서의 기술, 교사의 과학에 대한 인식론적 신념, 실험의 구조화 정도 등은 학생들이 과학의 이미지를 형성하는데 큰 역할을 할 것이다. 두 번째는 학교 밖 맥락으로서, TV 시청(Long and Steinke, 1996), 웹사이트(Steinke, 2004), 박물관 방문(Ramey-Gassert et al., 1994) 등을 통해 형성된다. 세 번째는 참과학이 이루어지는 맥락으로서, 참학교과학실험(Roth, 1995)이나 실험 인턴쉽(Ryder and Leach, 1999) 과정을 통해서이다.

‘학교 과학교육 맥락’은 학생들에게 과학의 본성에 대한 초보적인 견해를 갖게 한다고 보고되었다(Khishfe and Lederman, 2006; 김미경과 김희백, 2008). 일상적인 학교 과학에서는 지식이 생성되는 과정은 배제한 채 과학내용을 기억하는 것을 강조하는 수업이 이루어지거나(McComas et al., 1998), 학생들이 대부분 정해진 방법에 따라 실험을 수행하고 보편적인 과학적 방법을 적용하여 실험을 수행하게 되기 때문이다(김미경과 김희백, 2008; Chinn and Malhotra, 2002). 반면, ‘참과학이 이루어지는 맥락’은 최근 과학의 본성 학습을 위해 적극적으로 시도되고 연구되는 맥락이다. 학생들은 실제 과학이 이루어지는 활동을 하면서 혹은 인턴쉽 과정을 통해 과학의 본성에 대한 이해를 긍정적으로 성취했다는 연구 결과가 보고되었다(김미경과 김희백, 2007; Schwartz et al., 2004). 마지막으로 ‘학교 밖의 맥락’에서는 비구조화된 일상의 맥락으로서 다양한 일상적 과학 경험 이 이루어질 것으로 기대되는 맥락이다. 이 맥락에서는 과학자 및 과학 활동에 대한 직간접적인 경험이 이루어지고 이를 통해 다양한 과학의 이미지가 암묵적으로 형성될 수 있다.

이상의 세 가지 맥락 중에서 본 연구는 다양한 과학의 이미지가 암묵적으로 형성될 수 있는 ‘학교 밖

맥락’에 주목하여, 학생들에게 과학의 이미지, 특히 인식론적 신념 형성에 잠재적으로 영향을 미칠 수 있는 맥락을 고려하고자 하였다. 학교가 아닌 일상의 과학교육의 맥락은 대중매체, 도서, 과학 관련 박물관 등으로 매우 다채롭고 다양하다. 그 중에서 본 연구는 과학관 전시 설명에 반영되는 과학의 인식론적 측면에 주목하였다. 여기서 과학의 인식론은 지식과 과정의 통합된 관점으로 실제적 인식론으로 정의하고자 한다. 과학관의 전시 설명은 전시 매체를 구성하는 일부이지만 관람객은 전시 설명으로부터 가장 많이 학습하는 것으로 알려져 있다(McManus, 1989). 따라서 전시 설명에 반영된 과학의 인식론적 측면은 관람객의 과학의 본성 및 탐구의 본질적 측면에 대한 인식론적 이해에 잠재적으로 영향을 끼칠 수 있다. 이에, 본 연구는 과학의 인식론적 신념이 일상의 경험을 통해 매우 간접적이고 잠재적으로 형성된다는 관점을 토대로, 과학관 전시 패널 글에 과학의 인식론적인 특징이 어떻게 반영되고 있는지를 살펴보고자 한다.

연구 방법

연구 대상

이 연구의 대상은 경기도 소재의 한 과학관의 상설 전시관 중에서 ‘기초과학관’과 ‘천체투영관’의 전시 설명글이다. 기초과학관의 전시 중에서 물리 16개, 화학 14개, 생물 19개, 지구과학 12개 전시와, 천체투영관의 천체 12개 패널을 수집하고 분석하였다. 본 연구가 전시 글이 어떤 인식론적 범주를 많이 반영하는가를 알고자 하는 데 초점을 둔 것이 아니었으므로, 인식론적 특징을 구체적으로 보여주는 특징적이고 대표적인 전시 사례를 추출하고 그 특징을 기술하는데 주안점을 두었다.

연구 도구 및 자료 분석

과학관 전시 글에 반영된 인식론적 측면을 탐색하기 위해 가장 적당한 범주는 크게 과학의 본성 연구 맥락에서 밝힌 여러 가지 구인들을 사용하는 것이 적당하다고 판단되었다. 그러나 과학의 본성 구인들은 지식과 탐구의 통합적 과정이 드러나지 않거나 차원이 다른 구인이 섞여 있는 것이 한계로 작용했다. 이는 과학의 본성의 초점이 다양하게 움직이면서 구인을 추구했기 때문인 것으로 파악되었다. 따라서,

Table 1. The framework used to analyze texts of the exhibit panels (Ryder et al., 1999, 208-209)

Category	
A	Relationship between scientific knowledge claims, and the data
	Aa knowledge claims as description
	Ab knowledge claims as provable
	Ac knowledge claims go beyond the data
B	The nature of lines of scientific enquiry
	Ba Location in individual interests of scientists
	Bb Internal location in epistemology of discipline
	Bc External location
C	Social dimension of science
	Ca Individualist view
	Cb Recognition of community of scientists
	Cc Recognition of institutions of science

본 연구에서는 과학의 인식론을 지식 생성에 초점을 두고 그 과정을 포함하는 범위를 확장해갈 수 있는 분석 도구를 탐색한 결과, Ryder et al.(1999)의 인식론적 범주를 채택하였다(Table 1). 이들은 인식론적 범주를 과학의 활동을 지식 주장(A)으로부터 출발하여 탐구 과정(B)으로, 그리고 과학의 사회적 차원(C)으로 그 범위를 확장해가면서 다루고 있다는 장점을 갖는다.

Table 1의 범주를 자세히 살펴보면 크게 세 가지, ‘근거와 지식주장의 관계’, ‘과학탐구의 본질’, ‘과학의 사회적 차원’으로 구성된다. A 범주에 해당하는 ‘근거와 과학지식주장의 관계’는 세 가지 영역으로 살펴볼 수 있다. 첫째 Aa는 지식주장을 ‘기술’(description)하는 것으로, 근거와 지식주장이 구별되지 않는 영역이다. 이 말은 근거와 지식주장의 의미 문장 형태를 띠지 않고, 근거인지 주장인지 모호하게 기술되어 있거나 근거가 뒷받침되지 않은 채 주장만 기술되고 있다는 것을 의미한다. 두 번째 Ab는 지식주장을 근거와 구별하며 근거와 지식주장의 논증 형태를 갖고 지식주장을 증명가능한(provable) 것으로 보는 영역이다. 이때, 합리적 절차나 결정적 실험 등의 경험적 및 사회적 과정을 토대로 지식주장을 증명할 수 있다. 세 번째 Ac는 지식주장을 증거 그 이상으로(beyond the data) 간주하는 영역이다. 여기서는 지식주장을 증명하기보다는 평가하는 과정, 예를 들어 지식주장의 예측력(predictive power of the

knowledge claim), 설명력(its explanatory power), 간결함과 정밀함(simplicity and elegance), 다른 지식주장과와의 정합성(its coherence with other knowledge claims) 등을 고려한다. 이것은 경험적 과정이나 사회적 과정으로 이루어지며, 경쟁하는 지식주장을 평가할 명백한 근거는 없다고 보는 관점을 포함한다.

B 범주에 해당하는 ‘과학탐구의 본질’은 연구 질문이 어디서 시작되고 어떻게 탐구가 진행되는가와 관련된다. 이 범주에 대하여 탐구 질문과 수행이 과학자 개인의 흥미에서 비롯하거나, 학문 자체에서 이루어지거나, 외부로부터 시작된다는 다양한 영역을 포함한다. Ba의 과학자 개인의 흥미 영역에서는 과학자 개인의 호기심으로 탐구가 시작되고 수행된다고 본다. Bb의 학문 자체 영역에서는 학문의 주요 이론과 개념에서 과학자들이 질문을 만들어내고 연구를 수행한다고 본다. Bc 영역은 탐구 질문과 수행이 외부에서 비롯된다고 보는 관점으로, 인류에 혜택을 주고자 하는 욕구와 연구기금을 마련하기 위한 욕구로 탐구가 이루어진다는 의미를 갖는다.

C 범주에 해당하는 ‘과학의 사회적 차원’은 과학탐구의 방향을 결정짓는 사회적 역할과 과학기관의 존재와 기능에 대한 관점을 포함한다. Ca의 개인적 영역에서는 과학자를 다른 과학자와 상호작용하지 않으며 혼자 연구한다고 본다. Cb의 과학자 공동체 인식하는 영역에서는 과학자 공동체가 상호작용한다고 보는 관점이다. Cc의 과학기관 인식은 과학기관이 과학 연구 자금을 규제하며 새로운 지식주장의 타당성에 중요한 영향을 미친다고 보는 입장이다.

앞에서 언급했듯이, 이상의 A, B, C의 각 범주는 서로 배타적인 관점을 갖는 것이 아니라 뒤의 범주는 앞의 범주를 포함하면서 그 범위를 확장해가며 과학의 인식론을 다루고 있다. A 범주의 ‘근거와 지식주장의 관계’는 과학 지식 생성 과정에 있어서 근거와 지식주장이 어떤 관계에 있는지, 그리고 어떻게 조절해 가는지에 관한 다양한 범위(기술-증명-근거이상)의 인식론적 이해를 포함한다. B 범주의 ‘과학탐구의 본질’은 A 범주의 지식주장이 생성되는 과정으로서의 탐구의 출발과 전개에 관련된 것으로, 탐구 질문 제기과 수행 과정의 주체가 개인으로부터 학문, 과학공동체에 이르는 이해의 영역을 포괄한다. C 범주의 ‘과학의 사회적 차원’ 범주는 A 및 B 범주가 포함하는 탐구 주체의 목적과 활동 영역에 대한 이해를 포괄하는 것으로, 개인, 과학자 집단, 과학 기관

에 이르는 영역의 이해를 다룬다.

연구진은 Table 1의 인식론적 범주를 토대로, 기초 과학관의 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역과, 천체투영관의 천체 영역의 전시물의 패널 글을 분석하였다. 우선, 2인의 연구자가 각기 연구 대상의 전시 글을 인식론적 특징에 대해 분석하고 코딩하였다. 이때 연구 도구로 사용한 인식론적 범주의 특징을 토대로 전시 글에 반영된 다양한 차원의 인식론적 특징을 탐색하고 기록하는 데 초점을 두었다. 전시물에 대한 탐색과 기록을 각자 마친 후 연구자간 기록물을 대조하였고, 2인의 연구자가 동일하게 판단하고 해석한 전시물만을 선정하였다. 이 과정에서 전시 글에 반영된 인식론적 특징은 연구 도구의 인식론적 범주의 A, B, C 차원이 통합적으로 나타나는 경우는 거의 없었다. 따라서 각 범주의 인식론적 특징이 전시물에 어떻게 반영되어 있는지를 탐색하는 것으로 연구 결과의 범위를 정하게 되었다. 다음으로, 각 인식론적 범주에 해당하는 대표적 전시물 사례를 추출하고 연구 결과로 제시하고자 하였다.

연구 결과

본 연구의 결과로, 과학관의 기초과학관 및 천체투영관의 전시 패널 글에 반영된 과학의 인식론적 범주의 특징을 반영하는 대표적인 몇 가지 사례를 위의 도구의 특징에 따라 기술하고자 한다.

과학 지식주장과 근거의 관계(A)

기술로서의 지식주장(Aa): 지식주장을 기술하는 차원에서 다루는 것은 지식주장과 근거가 구별되지 않는 경우이다. 다음 두 가지의 사례를 통해 패널의 특징을 살펴보기로 한다.

전시 패널 사례 Aa-1

사례 Aa-1은 기초과학관의 화학 영역인 ‘원자의 구성입자’ 패널이다(Fig. 1). 이 패널은 원자의 구성입자는 화학적으로 가장 작은 단위의 입자라는 주장을 하고 있으며, 돌턴, 톰슨, 러더퍼드, 보어, 현대적 관점의 원자모형을 제시하고 있다. 전시 설명글을 살

(패널 글)

원자의 구성입자

화학적 방법으로는 더 이상 분할할 수 없는 입자이며 그리스어로는 “분할할 수 없는”이라는 뜻을 가지고 있다. 전자, 양성자, 중성자 등 원자보다 작은 단위의 입자의 존재가 발견되어 오늘날에는 궁극의 입자로 여겨지는 다양한 소립자가 연구되고 있지만, 원자가 화학 원소의 특성을 유지하는 가장 작은 단위의 입자라는 사실은 변함이 없다.

원자 모델의 발전

돌턴의 원자 모형 1. 실험적 사실을 설명하기 위해 고대원자론과 유사한 원자 개념이 도입된 돌턴의 원자 모형. 원자는 더 이상 쪼갤 수 없는 작은 입자로 구성되어 있으며, 같은 원자는 크기, 모양, 질량 등 모든 성질이 같고, 다른 종류의 원자는 서로 성질이 다르다고 설명함.

톰슨의 원자 모형 2. -중략-

러더퍼드의 원자 모형 3. -중략-

보어의 원자 모형 4. -중략-

현대의 원자 모형 5. -후략-

Fig. 1. The panel of ‘Particles composing an atom’.

(패널 글)

뇌지도

인체의 모든 활동을 조절하는 뇌는 여러 개의 영역으로 구분되며 각기 다른 기능을 담당합니다. 감각인지, 운동연령 등 단편적인 기능은 기능별 담당 영역이 뚜렷하며 감정, 사회인지, 종합적 판단 등의 고차원적 기능은 다수의 영역들이 복잡하게 관여합니다.

Fig. 2. The panel of 'Brain map'.

펴보면, 주장과 근거가 구별되지 않는다. 즉, 이런 설명에는 질문이나 문제가 제시되지 않고, 추상적인 개념이나 이론을 간단히 정의하거나 세부적으로 기술하는 특징을 보인다. 여러 원자모형 중에서 돌턴의 원자모형을 살펴보면, 돌턴의 원자모형을 “실험적 사실을 설명하기 위해 고대원자론과 유사한 원자 개념이 도입된 모형”으로 정의하고 있으며, 이 모형에서의 “원자는 더 이상 쪼갤 수 없는 작은 입자로 구성되어 있으며, 같은 원자는 크기, 모양, 질량 등 모든 성질이 같고, 다른 종류의 원자는 서로 성질이 다르다고 설명함”으로 기술하고 있다. 이처럼 설명글에서 ‘왜’ 혹은 ‘어떻게’라는 질문은 찾아보기 어렵다. 단순히 원자의 정의와 특징이 ‘확정적’으로 기술되고 있으며, 지식주장과 근거가 구별되지 않고 그 관계가 명확하지 않은 경우라고 할 수 있다.

전시 패널 사례 Aa-2

사례 Aa-2는 기초과학관의 생물 영역에 해당하는 ‘뇌지도’ 패널이다(Fig. 2). 아래 패널에서는 뇌 영역을 그림으로 제시하고, 각 영역이 담당하고 있는 기능을 기술하고 있다. 이 전시에는 패널과 함께 스위치가 설치되어 있다. 관람객이 스위치를 누르면 뇌의 특정 부위에 불이 들어오도록 하여, 특정 활동 기능

에 해당하는 뇌 영역을 확인하도록 하고 있다. 사례 Aa-1에서와 마찬가지로, 이 사례에서도 ‘왜’ 혹은 ‘어떻게’라는 문제 인식 보다는 ‘무엇’인가에 집중하고 있으며, 근거를 요구하지 않는다. 이처럼, 지식주장을 기술차원에서 하고 있는 글의 경우에는 주제에 대한 주장에 근거가 결여되고 있거나 구분되지 않는 것을 볼 수 있다.

증명을 통한 지식주장(Ab): 증명을 통해 지식주장을 하는 경우, 경험적이든 사회적이든 구체적인 근거가 필요하다. 이와 동시에 절대적인 증거가 항상 존재하지 않는다는 어려움에 대한 인식도 내포하고 있다. 즉, 지식주장에 대한 타당한 근거가 제시되거나 두 개 이상의 경쟁 이론이 존재하는 경우 근거제시의 어려움이 제시되어야 하는 것이다. 다음의 사례는 지식주장을 정당화하기 위해 근거를 제시하는 경우이다.

전시 패널 사례 Ab-1

사례 Ab-1은 기초과학관 물리 영역의 ‘달리는 차 안에서 공 던지기’의 전시이다(Fig. 3). 이 설명글에 따르면, 지식주장은 ‘움직이는 트럭 위에 있는 공을 수직으로 쏘아 올리면, 다시 정확하게 트럭 위에 공이 떨어진다는’ 것이며, 그에 대한 근거는 ‘등속 운

(패널 글)

물체에 외부의 힘이 작용하지 않으면, 물체가 현재의 운동 상태를 유지하려는 성질을 가지고 있는데 이것을 관성이라고 한다. 등속 운동하는 트럭 위에 있는 공도 트럭과 같은 속도로 움직이고 있다. 공을 수직으로 쏘아 올리면, 공은 위로 올라갔다가 내려오는 수직운동을 하는 동시에 트럭과 같은 속도로 수평으로 운동하므로 다시 정확하게 트럭 위에 공이 떨어진다.

Fig. 3. The panel of 'Pitching a ball in a running car'.

(패널 글)

물이 휘는 이유는?

대전 막대의 전기장 속에서 물 분자는 양전하(δ^+)를 띠는 수소 원자(H)가 대전된 막대를 향해 회전하여 규칙적으로 배열된다. 규칙적으로 배열된 물 분자들은 물줄기 전체적으로 (+)극과 (-)극의 전기적 치우침을 만들어 대전 막대 쪽으로 이끌린다. 무극성 분자인 기름 분자는 전기장의 영향을 받지 않으므로 대전된 막대를 가까이 대어도 휘지 않고 곧게 떨어진다.

Fig. 4. The panel of 'Reason for the water get curved?'.

동하는 트럭 위에 공도 트럭과 같은 속도로 움직이고 있다'는 것이다. 그 주장과 근거는 실제 작동을 통해 관찰 사실로 재현하고 있다. 즉, 지식주장과 근거를 전시 설명글로 제시함과 더불어 실제 트럭과 공의 움직임을 작동할 수 있게 장치해 놓아 관람객들이 실제 관찰하고 확인해 볼 수 있도록 하고 있다. 이 근거와 주장을 연결해주는 것은 '관성'이라고 하는 과학 법칙이다.

전시 패널 사례 Ab-2

사례 Ab-2는 기초과학관 화학 영역의 '물이 휘는 이유는?'에 대한 전시이다(Fig. 4). 이 전시 설명글에서는 제목 글을 질문 형태로 제시함으로써, '물이 휘다'는 주장을 암시하고 그 주장에 대한 근거가 자연

스럽게 뒤따라오기를 요구하고 있다. 즉, 물이 휘는 이유에 대한 근거로서 '물분자는 양전하를 띠는 수소 원자가 대전된 막대를 향해 회전하여 규칙적으로 배열된다. 규칙적으로 배열된 물 분자들은 물줄기 전체적으로 (+)극과 (-)극의 전기적 치우침을 만든다'라고 적고 있다. 이 근거는 직접 관찰할 수 있는 사실이 아니고 개념들의 구성으로 제시되어 있지만 거시 현상을 미시적으로 설명하기 위한 개념적 진술이다. 이와 더불어, 실제 물줄기가 대전 막대에 끌려가는 전 시물을 설치해 놓음으로써, 설명글에 대한 지식주장을 확인할 수 있도록 함과 동시에 근거와 주장으로 이루어지는 의미문장에 대해 추론할 수 있는 기회를 제공하고 있다.

(패널 글)
말하기와 뇌의 혼란
'자기가 말한 것을 자기가 듣는' 청각피드백을 통해, 뇌는 말을 하고자 하는 본래의 의도와 그 결과를 항상 비교하고, 사소한 착오라도 생기면 순간순간 수정해 나가게 된다. 따라서 청각피드백의 길을 끊어 놓으면 발성에 대한 뇌의 모니터링이 불가능해져 자신의 의도대로 말을 하지 못하거나 말을 더듬는 경우가 발생한다.

Fig. 5. The panel of 'Talking and cerebral confusion'.

전시 패널 사례 Ab-3

사례 Ab-3은 기초과학관의 생물 영역에 해당하는 '말하기와 뇌의 혼란' 전시이다(Fig. 5). 이 전시의 주제는 질문 형태는 아니지만, 말하기와 뇌의 혼란이 어떤 연관성이 있을지에 대한 의문을 암시하고 있다. 설명글의 주장은 '자기가 말한 것을 자기가 듣는' 청각피드백이 발성에 대한 뇌의 모니터링을 통해 이루어진다는 것이다. 그 근거로는 청각 피드백이 끊기면 말을 더듬게 된다는 경우가 생긴다는 것과 패널과 함께 설치되어 있는 '자신이 한 말을 스피커로 듣게 되는 체험'이 제시되어 있다.

과학탐구의 본질(B)

과학탐구의 본질은 탐구 질문이 어디서 제기되고 탐구가 어떻게 수행되는가에 관한 것이다. 과학탐구의 본질은 다음 세 가지 하위 범주를 포함한다. 첫째는 과학자 개인의 흥미에서 비롯되는 경우, 둘째는 과학 개념이나 이론 자체의 문제 제기에 따라 탐구 수행이 이루어지는 경우, 셋째는 인류에 혜택을 주기 위하거나 연구비 확보를 위해 학문 외부에서 문제 제기와 탐구 수행이 이루어지는 경우이다. 본 연구에

(패널 글)
라부아지에
1743. 8. 26 ~ 1794. 5. 8
업적
-중략-

근대 화학의 아버지로 불리는 라부아지에에 1743년 프랑스 파리의 부유한 집에서 태어났다. 그는 변호사이자 국제청장이었지만 과학에 관심이 많았기 때문에, 틈틈이 여러 이론을 발표하며 화학발전에 크게 이바지하였다. -후략-

Fig. 6. The panel of 'Lavoisier'.

서 살펴본 과학관의 전시에서는 학문 외부로부터 시작된 탐구 수행을 설명하는 경우는 살펴볼 수 없었다. 따라서 앞의 두 가지 범주에 해당하는 전시 사례를 제시하고자 한다.

과학자 개인의 흥미에 위치(Ba)

전시 패널 사례 Ba-1

사례 Ba-1은 기초과학관 화학 영역의 주기율표에서 '라부아지에'에 대한 설명이다(Fig. 6). 전시 설명글에서 라부아지에의 생애와 업적을 제시하면서, 그가 과학에 흥미를 갖고 연구를 했다는 표현을 하고 있다. 이러한 방식의 전시 설명글은 과학 활동이 과학자 개인의 흥미에 의해 이루어진다는 것을 간접적으로 내포하고 있다고 볼 수 있다.

전시 패널 사례 Ba-2

사례 Ba-2는 기초과학관 물리 영역의 '빛의 개념 변천'에 대한 전시이다(Fig. 7). 이 전시 설명글은 '빛

(패널 글)

빛의 속도를 측정했던 과학자들

인류는 어떤 과정을 거쳐 빛의 정확한 값을 알게 되었는가?

또한 그 광속 측정의 과학자는 누구인가?

철학자 아리스토텔레스를 비롯한 옛날의 천문학자들은 빛의 속도는 무한할 것이라고 주장하였다.

하지만 시간이 흐르면서 빛의 속도가 유한할지 모른다고 생각하는 과학자들이 나타나기 시작하였다. 이를 지지했던 갈릴레오는 직접 실험을 하였는데, 빛의 속도를 재기에 지구라는 공간은 너무나도 좁았고, 결국 지구를 벗어나 우주 공간에서 측정해야 할 것이라고 생각하고 실험을 포기했다. 뫼머가 구한 최초 빛의 속도는 21만km/s인데, 이는 실제보다 1/3작은 값이다. 그 당시(1675년)에는 아직 행성들 사이의 거리를 정확하게 몰랐기 때문이다. 그후 프랑스의 피조는 회전하는 톱니바퀴로, 푸코는 거울의 회전으로 가장 근사 값을 얻어낼 수 있었다.

현재 사용하는 빛의 속도는 299,792,458km/s이며, 이것은 1초에 지구를 일곱 바퀴 반을 도는 속도이다.

17세기 -중략-

19세기 -중략-

20세기 -후략-

Fig. 7. The panel of 'Changes on the concept of light'.

의 속도'를 알아내기 위해 노력했던 많은 과학자들을 세기별로 나누어 제시하고 있다. 즉, 여러 과학자들의 수행한 실험과 실험 결과로 제시한 이론 등을 나열함으로써 과학탐구의 본질이 과학자 개인의 과학 활동 수행에 있는 것을 잠정적으로 반영하고 있다.

과학(학문)의 인식론 내부에 위치(Bb)

전시 패널 사례 Bb-1

사례 Bb-1은 기초과학관 물리 영역의 '통일장 이론' 전시 설명글이다(Fig. 8). 이 전시 설명글에서는 과학 이론의 형성 목적과 과정을 다루고 있다. 패널 글을 살펴보면, 전시 주제인 '통일장 이론'이 우주에 존재하는 여러 가지 힘을 하나로 통일시키려 시도한 결과라고 기술하고 있다. 즉, 이론 발달을 과학자 중심으로 업적을 기술하기보다는, 이론 변화에 초점을 두고 그 과정을 조명하고 있다. 따라서, 과학탐구의 본질의 초점이 과학 개념이나 이론 자체의 발달을 꾀하는 활동에 집중된 것으로 해석할 수 있다.

과학의 사회적 차원

과학의 사회적 차원은 개인, 과학 공동체, 과학기관의 영역으로 살펴볼 수 있다. Ca에 해당하는 개인의 영역은 과학자가 다른 사람들과 상호작용하지 않은 채 순전히 혼자 연구하는 것에 해당한다. Ca는 Ba의 범주인 과학자 개인의 호기심으로 과학탐구가 수행되는 것과는 차이가 있다. Ba는 탐구 주체를 과학자로 본 것이고, Ca는 과학자의 사회적 관점을 고려하지 못하고 순전히 개인적 활동이라는 관점에 한해 본 경우이다. 그 외에 Cb는 과학자 집단의 기능과 역할을 강조한 것이고, Cc는 과학기관의 연구를 강조한 것이다. 본 연구에서 전시 설명문을 살펴본 결과, 과학자가 다른 사람들과 상호작용하지 않은 채 고립되어 연구하는 개인적 차원을 강조한 전시물은 살펴볼 수 없었다. 그보다는, 과학 공동체의 연구 활동 및 과학 기관의 연구 목적과 활동이 기술되어 과학의 사회적 관점을 반영한 전시물을 찾아볼 수 있었다.

(패널 글)

우주에 존재하는 여러 가지 힘을 하나로 통일시키려 시도한 결과에서 나온 이론 우주에는 크게 만유인력, 전기력, 자기력, 핵력(강력), 핵력(약력)의 다섯 가지 힘이 존재한다. 옛날부터 과학자들은 원래는 같은 힘이었던 이 다섯 가지의 힘이 우주에 대폭발로 팽창하여 온도가 낮아지면서 분리되었다고 생각하였다. 따라서 이 힘을 하나로 통일시키려 꾸준히 연구를 하였고, 그 결과로 나온 것이 통일장이론이다. 이 다섯 가지 중 전기력과 자기력은 전자기력으로 통일되었는데, 그것이 바로 빛이다. 우리가 무심코 보는 이 빛 속에는 전기와 자석(자성)이 교대로 진동하고 있는 것이다. 또한 약한 핵력이 전자기력의 일종으로 밝혀져 우주에 존재하는 기본 힘은 세 가지로 통일되었다. 이 세 가지를 하나로 통일시키려는 대통일장이론은 아직까지 아무도 완성하지 못하였다. 아인슈타인도 상대성이론과 함께 통일장이론을 연구했지만 큰 진전 없이 생을 마쳤다.

Fig. 8. The panel of 'Unified field theory'.

과학자 공동체의 인식(Cb)

전시 패널 사례 Cb-1

사례 Cb-1은 천체투영관 천체 영역의 '외계 행성 (계) 탐사' 전시이다(Fig. 9, 10). 이 전시에서는 우리와 같은 또 다른 생명체가 살고 있는 행성을 찾고 있는 과학 공동체의 활동 목적과 영역을 제시하고 있다. 패널 글에서 볼 수 있듯이, 행성 찾기를 주도하고 있는 연구팀과 그 팀의 활동 영역을 명시하고 있다. 또, 오즈마 프로젝트, 피닉스 프로젝트, 세린덱 프로젝트 등의 과학자 중심의 연구 프로젝트, 연구소 및 대학 중심의 연구 프로젝트 등을 소개함으로써 과학을 과학자 공동체가 수행하는 활동으로 표현하고 있음을 알 수 있다.

과학 기관의 인식(Cc)

전시 패널 사례 Cc-1

사례 Cc-1은 기초과학관 지구과학 영역의 전시로 국가 차원의 과학 연구 목적, 대상 및 활동 영역을 소개하고 있다. 이 전시에서는 남극에 설치된 극지연구소의 연구 활동을 소개함으로써, 과학의 사회적 차원으로서 국가적 수준의 과학 기관에 대한 정보를 제공하고 있다. 구체적으로 극지연구소가 국가수준에

서 설치되었고, 남극지역의 고기후 및 고해양 변화 연구, 대기, 지구물리, 해양학적 환경 특성, 동식물상에 대한 연구를 수행한다고 밝힘으로써, 과학 기관 수준에서 이루어지는 과학 활동의 예를 잘 보여주고 있다.

이상의 세 가지 범주 및 하위 범주에 해당되는 전시 패널 사례를 통해, 과학관 전시가 과학의 어떤 인식론적 측면을 반영하고 있는지를 탐색하였다. '근거와 지식주장의 관계', '탐구의 본질', '과학의 사회적 차원'의 각 범주에 해당하는 인식론적 특징을 반영하는 패널 사례를 제시하였다. 이를 토대로, 패널 전시 글에 반영된 인식론적 특징과 반영되지 않았지만 중요하게 고려되어야 할 점에 대해 논의하고자 한다.

'근거와 지식주장의 관계'는 지식주장이 기술, 증명, 근거를 넘어서는 것 등의 다양한 영역 중에서, 기술적 수준의 지식주장 사례와 근거를 토대로 증명을 통한 지식주장 사례를 탐색하였다. 이들 전시 사례를 통해, 지식주장에서 근거의 필요성을 재고할 수 있었으며, 지식주장과 근거가 구별되지 않거나 근거 없이 지식주장이 이루어지는 전시 설명글은 과학지식을 확정적으로 제시하고 있어 증명이 필요하지 않은 것으로 보였다. 한편, 근거를 토대로 한 지식주장을 전개

(패널 글)
외계 행성(계) 탐사

우리와 같은 또 다른 생명체가 우주 어딘가 살고 있을까?

-중략-

중력렌즈 현상에 의한 별의 밝기 변화와 이를 이용 발견된 외계 행성의 상상도(천문연 외계행성 탐사팀)

행성이 별 앞을 지날 때 별의 광도가 변화하는 것을 분석 행성 발견

행성 HD 2094586의 발견(Brown 등, 2001)

상기 방법을 이용한 지구형 행성 탐사 위성

2006년 발사된 유럽 우주국의 코로트 위성

현재까지 약 9개 외계행성 발견

Fig. 9. The panel of 'Elliptical galaxy'-a.

하고 있는 전시 설명글의 경우, 하나의 근거와 하나의 지식주장을 연결하는 방식으로 진술되는 경향이 있었다. 이때, 하나의 증거와 하나의 지식주장의 단순 인과관계에 한정되어 있어서, 근거와 지식주장의 조절, 즉 하나 이상의 근거와 하나 이상의 지식주장이 서로를 타당하게 하는 다중적 논증이 충분히 전개되지 않았다. 또한, 과학 지식주장을 함에 있어 근거만으로는 충분하지 않으며, 경쟁하는 지식주장이 존재할 경우 근거를 토대로 한 경험적 증명보다는 지식주장의 예측력, 설명력, 간결함과 정밀함, 다른 지식주장과와의 정합성 등을 토대로 더 나은 지식주장을 평가한다는 관점도 결핍되었다. 뿐만 아니라, 지

식주장을 생성하는 데 영향을 미치는 다양한 사회적 관점 (예, 과학자의 인식, 지위, 업적 등과 같은 과학자에 대한 신뢰)도 찾기 어려웠다. 이들 결과는 과학 활동이 증명 가능해야 한다는 특징을 반영한다는 점에서는 바람직한 것이라 하더라도, 실제 과학 활동의 모습을 지나치게 단순화시킬 가능성을 내포한다. 즉, 하나의 근거가 지식주장을 증명하는 데 충분하며 그 과정을 통해 생성된 지식주장이 진리인 것처럼 왜곡될 가능성도 배제할 수 없기 때문이다.

‘과학탐구의 본질’ 범주는 탐구질문이 어디서 제기되고 탐구가 어떻게 수행되었는가에 따라 과학자 개인, 학문 그 자체, 학문 외부와 같이 3개의 영역으로

(패널 글)

(좌측) 외계 지적생명체 탐사

1960년대부터 외계지적생명체에 대한 과학적 연구 시작

미국 코넬대 프랭크 드레이크 교수는 지구 문명권과 교신 가능한 우리은하내 문명권 수를 드레이크 방정식으로 추정(교신 방법으로서 전파천문지식과 기술을 적용)

오즈마 프로젝트

드레이크 교수가 실제 외계지적생명체와 교신을 추진한 SETI(Search for Extra-Terrestrial Intelligence, 외계지적생명체 탐사) 프로젝트(미국 그린뱅크 천문대 26m 전파망원경 이용)-외계신호 미검출

피닉스 프로젝트

미국 SETI 연구소가 추진. 1995년 호주 64m 파크스 전파망원경으로 시작. 그 후 프에토리코의 아렉시보 300m 전파망원경 이용, 200광년내 약 1000개 별들의 전파 조사-아직 외계 신호 미검출

(우측) 세린딕(SERENDIP) 프로젝트

캘리포니아 버클리대가 1999년 전파망원경에서 관측한 자료를 인터넷으로 일반인 컴퓨터에서 분석하여 외계 신호를 잡겠다는 SETI@home 운동-아직 외계 신호 미검출

Fig. 10. The panel of 'Elliptical galaxy'-b.

나눌 수 있다. 본 연구를 통해 알아본 현재 전시 패널 사례에서는 과학자 개인과 학문 그 자체와 관계한 경우만이 관찰되었다. 과학 활동 역시 인간에 의한 활동이므로 과학자 개인의 관심과 역량에 좌우되는 것은 자명한 사실이다. 따라서 전시 설명글의 내용이 과학자 개인으로부터 출발 및 수행된 것으로 구성되는 것 또한 당연하다 하겠다. 그러나 이러한 전시 설명글이 자칫 과학이 개별적인 과학자 개인의 활동으로만 국한되게끔 이해되는 것은 바람직하지 못할 것이다. 개별적인 과학 활동은 과학자 개인의 흥미로부터 출발하고 수행되었다 하더라도 그러한 결과의 총합이 과학의 개념 혹은 이론이 되므로 전시 설명글에서는 이러한 과학의 측면 또한 드러나야 할

것이다. 연구 결과의 한 사례로 제시된 ‘빛의 개념 변천’은 이러한 과학 활동의 특징을 잘 반영하고 있다. 탐구 질문의 시작과 탐구의 수행이 학문의 인식론 내부에서 이루어지는 과정이 전시 설명글에서 잘 드러나고 있었다. 과학 지식은 고정 불변의 것이 아니라 기존의 이론 체계에서 불완전한 부분을 보완하여 더 나은 이론 체계를 만들어 나가기도 하고, 때로는 그러한 불완전한 부분으로부터 기존의 지식 체계와는 전혀 다른 새로운 이론의 등장이 이루어지기도 한다. 이러한 과학의 모습, 즉 기존의 지식체계인 이론을 보완, 수정, 그리고 대체하는 과정 자체가 과학 활동임을 생각해 볼 때, 과학 활동이 학문 체계 그 자체에서 출발 및 수행되는 것도 전시 설명글에서

세종기지 대원들의 연구활동

우리나라는 1966년 33번째로 남극조약 서명 국가가 된 후 해양연구소 극지연구소를 설치하고 1988년 세종기지를 건설하였으며, 1989년 세계 23번째 남극조약협약국(ATCP)의 지위를 획득하였다. 극지연구소에서는 매년 월동연구대와 하계연구대를 파견하여 남극 지역의 고기후 및 고해양 변화 연구, 대기, 고층대기, 지질, 지구물리, 해양학적 환경 특성 규명, 기후 생산력, 동식물상에 대한 조사, 연구, 자원 조사 등을 수행하고 있다.

Fig. 11. The panel of 'Sejong crew of the research base'.

잘 나타났다. 또 다른 예로, '통일장 이론' 설명글은 과학 활동의 시작과 수행이 학문 그 자체에서 이루어지고 있음을 보여줌과 동시에 과학자 개인(아인슈타인)이 관계함을 같이 보여주고 있다. 과학 활동의 역사에서 과학자 개인의 역할이 부각되었으며, 따라서 관람객은 과학자 개개인의 활동과 학문 내부에서의 필요성이 한데 어우러져 과학이 발전하고 있음을 과학탐구의 본질과 관련된 두 하위 영역에 해당되는 전시 설명글을 통해 간접적으로 경험할 수 있을 것이다. 한편, 앞의 두 경우와 달리 본 연구의 전시 설명글에는 탐구 질문의 시작과 탐구 수행이 과학 외부에서 이루어지는 예는 드러나지 않았다. 오늘날의 과학 활동은 사회적 요구와 떼어 수 없음에도 불구하고, 과학 활동의 사회적 영향에 대한 조명은 잘 드러나지 않았다.

'과학의 사회적 차원'의 중요성은 과학이 이미 만들어진 진리체계가 아니라 '과정 중의 과학'(science in the making)이라는 실제적 인식론의 이해와 연관

된다. 즉, 과학적 활동 영역이 독립적인 개인인가, 과학 공동체인가, 과학 기관인가의 다양한 영역으로 표현될 수 있는데, 이것은 과학 활동의 주체로 과학자 혹은 과학자들을 내세움으로써, 과학이 절대적인 이성과 논리의 힘으로 이루어진 산물이기 보다는 과학자(들)의 끊임없는 노력의 과정 중에 존재하는 것으로 이해될 수 있기 때문이다. 전시 패널을 살펴본 결과, 과학의 사회적 차원은 과학자 공동체 혹은 과학 기관을 중심으로 한 프로젝트의 연구 목적, 진행과정, 산물에 대한 소개가 일부 발견되었다. 이러한 과학의 사회적 차원은 과학 지식의 본질적 차원을 이해하는 것 못지않게 복잡한 과학의 차원을 이해하는데 영향을 미칠 것이다.

결론 및 제언

본 연구에서는 과학의 인식론적 신념은 본디 '암묵적' 성격을 갖기 때문에 과학의 이미지에 대한 형성

은 일상 경험을 통해 다소 안정될 것이라는 전제 하에, 일상 맥락에서 과학을 경험하고 학습할 수 있는 자료의 하나로서 과학관 전시 패널 글에 반영되는 과학의 인식론적 측면에 주목하였다. 연구 결과, 인식론적 범주인 ‘근거와 지식주장의 관계’, ‘과학탐구의 본질’, ‘과학의 사회적 차원’의 특징을 반영하는 전시 패널 사례를 기술하였다. 본 연구의 목표는 과학의 인식론적 측면을 반영하는 전시물의 양을 측정하는 것이 아니고, 그 특징을 조망하는데 있었다. 따라서 다양한 인식론적 특징을 반영하는 연구 도구를 기준으로 대표적인 전시 사례를 추출하고 그 특징을 기술하였다.

연구 결과, 과학관 전시에 반영된 과학의 인식론적 측면은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 과학 지식주장이 기술되거나, 근거를 토대로 증명되는 사례를 발견할 수 있었다. 과학 지식주장이 근거를 토대로 증명되는 사례에서, 그 근거는 설명글뿐 아니라 작동 전시와 병행하는 경우가 있었다. 이 경우에 과학 지식주장이 더 설득적이라고 볼 수 있다. 그러나 지식주장과 근거의 관계를 나타낼 때 단일한 근거와 지식주장을 연결하는 데 그친 경우를 볼 수 있었는데, 이런 경우에는 과학 지식주장의 본질인 다중적 논증 전제가 부족하다 하겠다. 둘째, 과학탐구의 본질은 과학자 개인의 차원과 과학 학문의 인식론적 차원이 전시물에 반영되었다. 그러나 이들 모든 경우에도 과학자 개인 혹은 과학 학문의 탐구 질문이 어떻게 해결되어 지식이 생성되었는지의 그 과정을 반영하기 보다는 실험과 이론의 발달 과정을 과학자 개인을 중심으로 기술했는가 아니면 과학 이론의 변화로 기술했는가의 차이였다. 셋째, 과학의 사회적 차원에 대해서는 과학 공동체 차원과 과학 기관 차원의 과학 활동에 대한 기술이 발견되었다. 과학의 사회적 차원에 대한 기술은 과학 활동과 성과를 이룬 과학 공동체 혹은 과학 기관의 소개가 나타났다. 다시 말해, 과학의 사회적 차원이 과학지식 생성에 어떤 영향을 미치는지 혹은 어떤 역동적 상호작용을 했는가에 대한 측면은 찾아보기 어려웠다.

본 연구의 결과를 토대로 결론 및 제언을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 사용한 도구인 제시한 인식론적 범주는 A에서 B, 그리고 C로 갈수록 과학의 인식론의 범위가 확장되는 특징을 갖는다. 예를 들어, B 범주는 A 범주의 여러 가지 특징 중 하나 혹은 그 이

상을 잠재적으로 포괄한다고도 볼 수 있다. 예로, B 범주가 이론변화를 다룰 때 A 범주인 근거와 지식주장의 관계가 잠재적으로 놓임으로서 탐구의 본질인 지식 생성 특징을 포함하기 때문이다. 이처럼 본 연구에서 사용한 도구는 전시 글에 반영된 인식론적 특징을 지식 생성의 구체적인 차원에서부터 과학과 사회의 관계에 이르는 광범위한 차원에 이르기까지 해석할 수 있도록 해준다.

그럼에도 불구하고, 본 연구의 결과로 제시된 전시 글은 하나의 범주에 해당되는 것으로 기술되었다. 극히 소수이긴 하지만, 어떤 전시는 근거와 지식의 관계, 그리고 탐구 과정에 대한 측면을 담고 있는 경우도 있다. 예를 들어, 전시패널 사례 Ba-2의 경우 전체적인 흐름은 과학 탐구의 본질이 과학자 개인의 흥미에 위치한 것이지만 말뚝스에 대한 기술과 같이 내용의 세부 기술들은 Ab의 예들이 포함되어 있다. 그러나 이 경우를 제외하고는 대다수가 하나의 범주만을 대표하는 것으로 파악되었다. 따라서 다양한 범위의 인식론적 특징을 세부적이고도 종합적으로 기술하고자 했던 본 연구의 출발은 여러 차원의 인식론적 특징을 잘 보여주는 전시 글을 기술하는 것으로 만족해야 했다.

그런 의미에서, 이 연구의 결과는 전시 글이 인식론적 특징을 어떻게 얼마나 혹은 어떤 차원으로 기술해야 하는지의 기초 자료로 제공될 수 있다. 이 연구의 결과가 과학관 전시 글의 전형적 형태를 보여주는 것이므로 이에 대한 비판적 검토를 통해 전시 글의 향상을 꾀할 수 있다. 즉, 전시 글에서 단순히 현상을 기술하는 것에 머무르지 않고 증거를 토대로 지식 주장을 펼쳐나갈 것과, 증거와 지식 주장이 조 절해 가는 과정을 담아 탐구의 본질을 내포할 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다. 또 전시의 단위를 융통성 있게 조절하여 과학의 구체적인 지식 주장 수준에서 탐구 및 사회적 차원까지 반영할 수 있도록 한다면, 학생들의 일상 경험에서 과학의 본성에 대한 이해를 잠재적으로 향상시키는데 직, 간접적인 학습 자료의 역할을 하리라고 기대한다.

둘째, 과학관 전시 설명글은 적절한 근거를 토대로 한 지식주장으로 구성되어야 하는데, 근거의 제시를 글을 포함하여 다양한 방식(실물, 작동물 등의 다양한 전시 매체 활용)으로 제시되면, 과학의 인식론적 측면의 하나인 과학 지식주장과 근거의 조절(coordination) 과정에서 논증 과정을 강화하게 될 것이다. 이는 연

구 차원에서도 고려될 필요가 있다. 본 연구에서는 전시 매체 글을 주로 분석하고 일부 작동 전시를 포함하였지만, 다양한 매체로 구성되는 전시 내용에 대한 인식론적 측면을 분석할 필요가 있다.

셋째, 전시 설명글은 관람객인 과학 학습자에게 전달하는 입장이 아니라, 상호 의사소통하는 과정으로 초점이 되는 문제를 해결하고 핵심 주장을 이끌어낼 수 있도록 구성되어야 할 것이다. 그러므로 전시 설명글은 과학탐구의 출발이 문제 제기에서 있으며, 그 문제를 해결하기 위한 여러 경쟁 이론들이 어떤 증거를 토대로 지식주장을 해 나갔는지, 그 과정에서 실험과 추론은 어떻게 다루어졌는지를 포괄할 필요가 있다. 이렇듯 문제 제기와 실험, 추론 및 주장에 이르는 과정 혹은 근거와 지식주장의 조절 과정이 드러날 수 있어야 하기 때문에, 하나의 패널이나 전시 매체에 담기에는 무리가 있으며 여러 전시의 시나리오를 통합적으로 구성하고 조직할 필요가 있다.

넷째, 과학관 전시물이 과학탐구의 본질을 잘 반영할 수 있으려면, 지식 생성 과정으로서의 탐구라고 하는 부분을 전시 설명글에 포함시켜야 할 것이다. 또한, 과학 지식 생성 과정으로서 탐구의 중심에는 과학자들의 끊임없는 논증과 설득 과정이 있다는 점도 내포되어야 할 것이다. 이러한 과정을 통해 과학 이론이 변화하고 잠정적인 과정에 있으며 과학 이론이 사회적 경제적 영향을 받는다는 본질을 반영할 수 있는 과학 전시물의 기획이 필요하다. 이는 과학의 역사에서 살펴볼 때, 본질적으로 사람들, 사회, 경제, 국가 등의 다양한 시스템과 상호작용하는 활동이기 때문이다. 따라서 과학의 사회적 차원을 반영하면서도 과학 활동의 가치를 해치지 않는 전시의 기획이 요구된다 할 것이다.

다섯째, 본 연구가 관련 문헌을 토대로 연구자의 관점에서 분석한 것이기 때문에 실제 관람자의 인식론적 이해와는 차이가 있을 수 있다. 따라서 과학관 전시물에 대한 관람자의 인식론적 이해나 관점의 특징을 분석하거나, 전시물을 대상으로 다양한 상호작용(관람자간, 학예원과 관람자간, 도슨트와 관람자간, 연구자와 관람자간)의 맥락에서 발생하는 관람자의 인식론적 이해나 관점의 특징을 살펴보는 것도 본 연구의 결과를 확장하고 실제적 인식론을 확립하는데 기여할 것이다.

사 사

이 논문은 국립과천과학관 지원(정책연구2010-07)으로 수행되었음.

참고문헌

- 김미경, 2008, 개방적 참담구 활동에서 과학고등학교 학생들의 과학에 대한 인식론적 이해. 서울대학교 박사학위 논문, 191 p.
- 김미경, 김희백, 2007, 학생들이 제시한 질문의 유형 분석을 통한 개방적 참담구 활동의 인지적 추론 측면의 효과. 한국과학교육학회지, 27, 930-943.
- 김미경, 김희백, 2008, 개방적 참담구 활동에서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 영향을 미치는 요인 탐색. 한국과학교육학회지, 28, 565-578.
- 박병기, 채선영, 2006, 사적 인식론의 재개념화 및 그 타당성 검토. 교육심리연구, 20, 829-854.
- 박은이, 홍훈기, 2010, 과학 영재를 대상으로 한 명시적 과학의 본성 프로그램의 효과. 한국과학교육학회지, 30, 249-260.
- 이선경, 유은정, 최종립, 김찬중, 한혜진, 신명경, 2010, 과학 및 과학 교수학습에 대한 과학교사의 인식론적 이해의 탐색. 한국과학교육학회지, 30, 218-233.
- 최준환, 남정희, 고문숙, 고미례, 2009, 과학사를 활용한 과학수업 적용을 통한 중학생들의 과학의 본성에 대한 이해의 발달. 한국과학교육학회지, 29, 221-239.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., and Lederman, N.G., 1998, The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. Science Education, 82, 417-436.
- Bell, R. and Lederman, N.G., 1996, Undergraduates' understandings of the nature of science: Is any progress being made? Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St. Louis, MO.
- Chinn, C.A. and Malhotra, B.A., 2002, Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. Science Education, 86, 175-218.
- Havdala, R. and Ashkenazi, G., 2007, Coordination of theory and evidence: Effect of epistemological theories on students' laboratory practice. Journal of Research in Science Teaching, 44, 1134-1159.
- Hofer, B.K., 2000, Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. Contemporary Educational Psychology, 25, 378-405.
- Khishfe, R. and Abd-El-Khalick, F., 2002, The influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented

- instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 551-578.
- Knorr Cetina, K., 1990, *Epistemic cultures: How the sciences make knowledge*. Harvard University Press, USA, 299 p.
- Lidar, M., Lundqvist, E., and Östman, L., 2006, Teaching and learning in the science classroom: The interplay between teachers' epistemological moves and students' practical epistemology. *Science Education*, 90, 148-163.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., and Schwartz, R.S., 2002, Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS): Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
- Long, M. and Steinke, J., 1996, The Thrill of Everyday Science: Images of Science and Scientist on Children's Educational Science Programmes in the United States. *Public Understanding of Science*, 5, 101-119.
- McComas, W.F., Clough, M.P., and Almazroa, H., 1998, The role and character of the nature of science in science education. In McComas, W. (ed.), *The nature of science education*. Kluwer Academic Publishers, Los Angeles, USA, 3-39.
- McManus, P.M., 1989, Oh, Yes, They Do: How Museum Visitors Read Labels and Interact with Exhibi Texts. *Curator: The Museum Journal*, 32, 174-189.
- National Research Council, 1996, *National science education standards*. National Academy Press, Washington, DC, USA, 272 p.
- Park, J., 2008, Discussion for linking the nature of science (NOS) with scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28, 749-758.
- Ramey-Gassert, L., Walberg, H.J.III., and Walberg, H.J., 1994, Re-examining connections: Museums as science learning environments. *Science Education*, 78, 345-363.
- Roth, W.-M., 1995, *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands, 297 p.
- Ryder, J. and Leach, J., 1999, University science students' experiences of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education*, 22, 945-956.
- Ryder, J., Leach, J., and Driver, R., 1999, Undergraduate science students' images of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 201-219.
- Sandoval, W.A., 2005, Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, 634-656.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G., and Crawford, B.A., 2004, Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88, 610-645.
- Steinke, J., 2004, Science in cyberspace: Science and engineering web sites for girls. *Public Understanding of Science*, 13, 7-74.
- Tsai, C.-C. and Liu, S.-Y., 2005, Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views toward science. *International Journal of Science Education*, 27, 1621-1638.
- Van Eijck, M., Hsu, P.-L., and Roth, W.-M., 2009, Translations of scientific practice to "students' images of science". *Science Education*, 93, 611-634.
- Wellington, J., 1998, Practical work in science. In Wellington, J. (ed.), *Practical work in school science: Which way now?* Routledge, London, 3-15.

2010년 11월 1일 접수
2010년 12월 29일 수정원고 접수
2011년 2월 16일 채택