

학생들의 학교 밖 과학 경험과 과학의 본성에 대한 견해 사이의 관계

강 석 진*

전주교육대학교 과학교육과
(접수 2012. 5. 1; 게재확정 2012. 5. 16)

The Relationship between Students' Out-of-school Science Experience and Their View on the Nature of Science

Sukjin Kang*

Jeonju National University of Education, 50 Seohak-ro, Wansan-gu, Jeonju 560-757, Korea

*E-mail: kangsj@jnue.kr

(Received May 1, 2012; Accepted May 16, 2012)

요 약. 이 연구에서는 학생들의 학교 밖 과학 경험과 과학의 본성에 대한 견해 사이의 관계를 조사하였다. 연구 대상은 서울시 소재의 학교에서 표집한 6학년 267명, 8학년 281명, 10학년 307명이었다. 과학의 본성에 대한 학생들의 견해 조사에는 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 과학적 모형의 성질, 과학 이론의 잠정성, 과학 이론의 기원에 관한 5 문항으로 이루어진 과학의 본성 검사지를 이용하였다. 학생들의 학교 밖 과학 경험은 7 문항으로 구성된 수정본 과학 경험 검사의 하위 범주를 이용하여 측정하였다. 연구 결과, 6학년에서는 학생들의 학교 밖 과학 경험과 과학의 본성에 대한 견해 사이에 통계적으로 유의미한 관계가 나타나지 않았다. 8학년의 경우, 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학적 모형의 성질에 대한 문항에서 현대 인식론적인 견해를 지니고 있었으나, 과학 이론의 잠정성 문항에서는 반증주의적 견해를 지니고 있었다. 10학년 학생들의 경우, 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 과학적 모형의 성질에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 하위 수준 학생들에 비해 인식론적으로 세련된 견해를 지니고 있는 것으로 나타났다.

주제어: 학교 밖 과학 경험, 과학의 본성, 초등학생, 중학생, 고등학생

ABSTRACT. In this study, the relationship between students' out-of-school science experience and their view on the nature of science was investigated. The participants were 267 sixth graders, 281 eighth graders, and 307 tenth graders from schools in Seoul. A test of views on the nature of science which consists of five items concerning the purpose of science, the definition of scientific theory, the nature of scientific model, the tentativeness of scientific theory, and the origin of scientific theory was administered. Students' out-of-school science experiences were measured with a subscale of the modified Science Experience Survey consisting of seven items. The results indicated that no statistically significant relationship was found between students' out-of-school science experience and their view on the nature of science in sixth graders. In eighth graders, high level students in terms of out-of-school science experiences were found to possess more contemporarily epistemological view in the item concerning the nature of scientific model but more falsificationist view in the item concerning the tentativeness of scientific theory. High level tenth graders in terms of out-of-school science experiences exhibited more epistemologically sophisticated understandings of the nature of science than their counterparts in the items concerning the purpose of science, the definition of scientific theory, and the nature of scientific model.

Key words: Out-of-school science experience, Nature of science, Elementary school student, Middle school student, High school student

서 론

과학적 소양은 학생들이 미래 사회의 시민으로서 직면하게 될 다양한 사회적 문제들에 대해 합리적인 의사결정을 내리는 데 필요한 지식, 기술, 태도 등을 포괄한다. 과학적 소양을 함양하기 위해서는 과학 지식이나 탐구 방법에 대한 이해와 더불어 과학의 본성에 대한 이해가

중요하다.¹ 우리나라의 과학교육과정에서도 학생들의 과학적 소양을 함양시키기 위해 과학, 기술, 사회의 관계 등 과학의 본성을 다루어야 함을 명시하고 있다.² 그러나 과학의 본성에 대한 학생들의 견해는 현대적인 견해와 큰 거리가 있으며, 학생들의 인지 구조 속에 정착되어 있어 쉽게 바뀌지 않는 것으로 보고되었다.³⁻⁵ 학교에서의 과학 학습도 이러한 학생들의 선지식을 제대로 고려하지 못하

고, 그 결과 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 변화시키지 못하는 것으로 알려져 있다.¹

학교교육을 통해 과학의 본성에 대한 학생들의 개념이 변화되지 않는 또 다른 원인으로 과학의 본성을 다루어 온 교수 방법이 지나치게 암묵적이었음이 지적되었다. 암묵적 접근에서는 학생들이 과학 탐구를 수행하는 과정에서 과학의 본성을 경험하게 되므로 자연스럽게 학습이 이루어진다고 가정한다.⁶ 그러나 기대와 달리, 암묵적 접근 하에서 학생들은 과학의 본성에 대한 현대적인 관점이 무엇인지 알기 어렵고, 학습 과정에서도 과학의 본성에 대해 생각해 볼 기회가 없는 경우가 많다.⁷ 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로, 과학적 개념과 마찬가지로 과학의 본성에 대한 이해도 계획적이고 의도적인 인지적 교수의 결과로 가정해야 한다는 주장이 제기되었다.⁸ 즉, 과학의 역사적, 철학적, 사회 문화적 요소 등과 같은 과학의 본성을 학생들에게 분명한 설명을 통해 직접적으로 가르치는 명시적 교수가 제안되었고, 선행 연구를 통해 그 가능성이 확인되었다.⁹⁻¹³ 그런데 이와 같은 명시적 교수가 효과적으로 이루어지기 위해서는 우선 과학의 본성에 대해 학생들이 어떤 생각을 지니고 있으며, 그러한 생각의 원천이 무엇인지에 대한 연구가 이루어질 필요성이 있다. 이러한 맥락에서 과학의 본성에 대한 학생들의 견해 연구가 꾸준히 이루어져 왔지만,^{3,5,14} 학생들이 잘못된 견해를 가지게 되는 원천에 대해서는 연구가 부족한 실정이다.

과학의 본성에 대한 학생들의 견해는 학교에서 이루어지는 과학 수업과 탐구 수행 경험에 기인하였을 가능성이 높다.⁵ 그러나 일부 선행 연구에서 보고된 것처럼,^{15,16} 학생들은 이미 초등학교 저학년 때부터 과학에 대해 고정된 이미지를 가지고 있다. 즉, 이러한 연구들은 학교에서의 과학 경험 이외의 다른 요인들도 과학의 본성에 대한 학생들의 견해에 영향을 미칠 가능성을 시사한다. Robottom은 과학에 대한 학생들의 이미지에 영향을 미칠 수 있는 가능한 원천으로 대중매체를 제안하였다.¹⁷ Aikenhead 역시 고등학교 학생들이 과학-기술-사회 사이의 관계에 대해 가지고 있는 인식이 대중매체의 영향을 받는다고 보고하였다.¹⁸ Song과 Kim의 연구에서도 학생들의 과학자에 대한 이미지가 영화, 애니메이션, 과학 잡지, 책, 만화책 등의 영향을 받는 것으로 나타났다.¹⁶ 즉, 학생들은 과학을 학교에서뿐만 아니라, 텔레비전, 라디오, 신문, 잡지, 책, 과학관, 도서관, 과학 행사 등 다양한 원천으로부터 다양한 방식으로 학습하고,¹⁹ 학교 밖에서 이루어진 과학 학습은 학교에서의 과학 학습과 상호작용을 일으킨다.^{20,21}

이와 같이, 전통적이고 형식적인 학교 학습과 대비하여 학교 이외의 상황에서 이루어지는 여러 가지 학습을 비

형식 학습(informal learning)이라고 한다. 비형식 학습 상황은 박물관 방문, 텔레비전 시청, 신문이나 책 읽기, 친구나 가족들과의 대화 등의 경험 등을 포괄한다. 비형식 학습은 학교에서 심화된 학습과 활동이 진행될 수 있도록 경험적 토대를 제공할 수 있으며, 학생들의 학습 동기를 유발할 수 있다. 비형식 과학 학습 경험은 과학 개념, 탐구 과정, 과학적 사고 등에 대한 학생들의 이해를 넓힐 수 있을 뿐 아니라,²⁰ 과학이나 기술 관련 분야로의 진로에 대한 학생들의 지식도 증진시킬 수 있다.²² 또한, 비형식 학습은 전통적인 학교 과학에서 소홀히 다루어진 과학에 대한 흥미, 열정, 동기 등의 증진에도 효과적이다.²³

미국과학교육위원회가 제시한 비형식 과학 학습의 여섯 가지 영역 중에는 과학에 대한 반성이 포함되어 있는데,²⁴ 과학에 대한 반성은 학생들이 과학이 이루어지는 과정, 즉 과학의 본성에 대해 생각해보는 것을 의미한다. 과학의 본성 교육이라는 관점에서 볼 때, 비형식 학습은 학생들이 과학의 과정을 체험할 수 있는 기회를 제공한다. 즉, 박물관이나 대중매체에서 과학 이론의 변천이나 첨단 과학의 발전에 대해 소개한다면, 학생들은 과학 지식이 어떤 과정을 거쳐 발전하는지 이해할 수 있을 것이다. 또한, 유명한 과학자들의 연구 과정과 역할을 체험할 수 있다면, 과학자들처럼 과학을 삶의 방식으로 이해할 수 있을 것이다. 즉, 과학 탐구 과정에는 다양한 방법과 도구가 사용되고, 같은 증거에 대해 여러 가지 해석이 가능하며, 여러 이론이 동시에 발전할 수 있다는 과학의 본성을 이해할 수 있을 것이다.

따라서 이 연구에서는 과학의 본성에 대한 학생들의 견해에 영향을 미치는 변인으로서 비형식 과학 경험의 가능성을 탐색하고자 하였다. 이를 위해, 6학년, 8학년, 10학년 학생들을 대상으로 학교 밖 과학 경험의 수준에 따라 과학의 본성에 대한 학생들의 견해가 어떻게 달라지는지 조사하였다.

연구 방법

연구 대상 및 절차

이 연구를 위하여 초등학교 6학년 학생 534명(남: 278명, 여: 256명), 중학교 2학년 학생 551명(남: 289명, 여: 262명), 고등학교 1학년 학생 617명(남: 320명, 여: 297명)을 선정하여 과학의 본성 검사와 학교 밖 과학 경험 검사를 실시하였다. 각 학년의 학생들은 서울시에 위치한 각각 5개의 초·중·고등학교에서 표집하였다. 검사는 학년 말에 실시하였고, 모든 문항에는 정답이 없으며 성적에 반영되지 않음을 학생들에게 설명하였다. 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 학교 밖 과학 경험 수준에 따라 비교

Table 1. Sample of students by the levels of out-of-school science experiences

Level	6th graders	8th graders	10th graders	Total
High	126	143	161	430
Low	141	138	146	425
Total	267	281	307	855

하기 위하여, 각 학년에서 학교 밖 과학 경험 검사 점수를 기준으로 상위 25%와 하위 25%만을 선정하여 결과를 분석하였다. 분석에 포함된 최종적인 연구 대상 학생은 Table 1과 같다.

검사 도구

과학의 본성 검사에는 선행 연구의 검사지를 사용하였다.⁵ 과학의 본성에 대해서는 연구자에 따라 정의가 다양하지만,^{5,25} 이 검사지는 선행 연구에서 공통적으로 제시된 요소 중 초등학생이나 중학생에게 적합한 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 과학적 모형의 성질, 과학 이론의 잠정성, 과학 이론의 기원 등에 대해 각각 1문항씩 총 5문항으로 구성되어 있다(Table 2). 모든 문항은 학생들의 견해에 기초하여 개발된 선다형 형식으로, 우리나라 학생들

에게 적합하도록 수정되어 있다. 또한, 검사지에 제시된 답지 이외의 견해를 지닌 학생들이 자신의 견해를 나타낼 수 있도록 모든 문항에 ‘기타’ 답지가 들어 있다.

학생들의 학교 밖 과학 경험 조사에는 Mason과 Kahle이 개발한 수정본 SES(modified science experiences survey)를 사용하였다.²⁶ 수정본 SES는 학생들이 학교 수업 이외의 상황에서 경험하는 다양한 과학적 자료나 활동에 대한 학생들의 참여 빈도를 바탕으로 학교 밖 과학 경험 정도를 계량한다. 수정본 SES 문항에 대한 요인 분석을 실시한 결과,²⁷ 생명과학, 물상과학, 그리고 과학 일반의 3개 하위 범주가 확인되었다. 이 연구에서는 하위 범주 중 과학 일반 범주를 번역하여 사용하였다. 과학 일반 범주에 포함된 과학 경험은 신문의 과학 기사, 과학 잡지, 과학이나 과학자에 대한 책, 텔레비전의 과학 프로그램, 과학에 관련된 취미 활동, 친구와의 과학 관련 대화, 뉴스의 과학 기사 등 7가지이다. 각 유형에 대한 학생들의 경험 정도는 선행 연구의 지침을 참고하여,²⁷ 자주(1주일에 한 번 이상), 가끔(1달에 한 두 번 정도), 드물게(1년에 한 두 번 정도), 거의 없음의 4단계로 측정하였다. 과학 일반 범주의 신뢰도 계수는 .81로 보고되었고,²⁷ 이 연구에서 구한 신뢰도 계수는 .82였다.

Table 2. The questionnaire on the nature of science

Question	Item
1	Scientists are those who are working on science. To put scientists' work in brief, it is ... (A) making new discoveries and adding them to the knowledge of nature. (B) investigating natural phenomena and explaining the reasons for those phenomena. (C) inventing things to make this world a better place to live in. (D) Other
2	What is a scientific theory? It is ... (A) a plausible but not yet completely proven fact. (B) an explanation about the reasons for how things happen. (C) a fact that has been proven by many experiments. (D) Other
3	Scientists think of all matter (solids, liquids, and gases) as being made up of tiny particles. This is because scientists ... (A) can see the particles under a high performance microscope. (B) have proven through many experiments that the matter is made up of particles. (C) can explain the reasons for many phenomena by thinking of matter as being made up of particles. (D) Other
4	Many old scientific theories have been replaced by new ones. This is because ... (A) ways of explaining about the same phenomena have now changed. (B) old theories have been proven wrong by the development of technology and the growth of knowledge. (C) a lot of knowledge has been added to old theories. However, new theories are almost the same as old theories in essence. (D) Other
5	Gold-miners "discover" gold because gold was under the ground all the time to be uncovered. On the contrary, composers "invent" songs because they make the songs for the first time exercising their imagination. Then, do scientists discover or invent scientific theories? (A) Scientists discover scientific theories. Though the scientific theories were there all the time to be uncovered, people did not know that before. Thus, scientists discover scientific theories. (B) Scientist invent scientific theories. Scientific theories did not exist in the world and come from the imagination of scientists. Thus, scientists invent scientific theories. (C) Sometimes scientists discover scientific theories, but sometimes scientists invent scientific theories. (D) Other

자료 분석 방법

이 연구에서 얻은 과학의 본성에 대한 학생들의 견해는 검사 도구의 성격상 계량화시킬 수 없으므로, 각 문항에서 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생과 하위 수준 학생들의 응답 빈도 분포에서의 차이를 카이제곱(χ^2) 검증을 이용하여 통계적 유의성을 확인하였다.

결과 및 논의

과학의 목적

과학에 대한 학생들의 이미지는 과학 인식론에 대한 학생들의 견해에 영향을 미치기도 하고, 반대로 영향을 받기도 한다.²⁸ 따라서 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 이해하기 위해서는 과학에 대한 학생들의 이미지를 아는 것이 중요하다. 이 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 각 학년 학생들의 응답 분포는 Table 3과 같다. 모든 학년에서 가장 많은 학생들이 지니고 있었던 견해는 과학의 목적이 세상을 개선하는 것이라는 도구주의적 견해(답지 C)였다.

학교 밖 과학 경험 수준에 따른 6학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=3.424, df=3, p=.331$)와 8학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=.426, df=3, p=.935$)는 통계적으로 유의미하지 않았다. 그러나 10학년 학생들의 경우, 응답 분포에서의 차이는 통계적으로 유의미하였다($\chi^2=14.829, df=3, p=.002$). 즉, 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학의 목적이 자연 현상이 일어나는 원리를 설명하는 것이라는 현대 인식론적 견해(답지 B)를 상대적으로 많이 지니고 있고, 반대로 학교 밖 과학 경험 하위 수준 학생들은 도구주의적 견해(답지 C)를 더 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 전

체적으로, 학년이 높아질수록 학교 밖 과학 경험이 많은 학생들이 과학의 목적에 대해 현대 인식론적인 견해를 상대적으로 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학교 밖 과학 경험이 과학의 목적에 대한 학생들의 견해에 영향을 미쳤을 가능성을 의미한다. 그러나 현대 인식론적인 견해를 지닌 학생의 비율이 전체의 20%에도 미치지 못했다는 점을 고려할 때, 그 영향력은 제한적일 가능성이 높다.

과학 이론의 정의

과학 이론은 자연 현상이 일어나는 이유에 대한 설명 체계이므로, 자연에 대한 이해를 추구하는 과학 지식 체계에서 가장 핵심적인 요소이며 과학 지식의 발달에서 중심적인 역할을 담당한다.²⁹ 그러나 학생들은 과학적 사실이 과학 이론만큼 중요하거나 오히려 과학 이론보다 더 중요하다고 생각하는 경향이 있다. 과학 이론의 정의를 다룬 이 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 각 학년 학생들의 응답 분포는 Table 4와 같다. 모든 학년에서 가장 많은 학생들이 지니고 있었던 견해는 과학 이론이 증명된 사실이라는 실증주의적 견해(답지 C)였다. 즉, 학생들은 과학이 증명된 진리이거나 적어도 증명되는 과정에 있는 진리에 매우 가까운 사실이라고 생각하는 경향이 많았다.

학교 밖 과학 경험 수준에 따른 6학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=5.496, df=3, p=.139$)와 8학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=1.069, df=3, p=.785$)는 통계적으로 유의미하지 않았다. 그러나 10학년 학생들의 경우, 응답 분포에서의 차이는 통계적으로 유의미하였다($\chi^2=8.728, df=3, p=.033$). 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학 이론에 대해 전

Table 3. Frequencies (and percentages) of students' responses to Question 1

Option	6th graders		8th graders		10th graders	
	High	Low	High	Low	High	Low
A	22(17.5)	17(12.1)	28(19.6)	24(17.6)	13(8.1)	22(15.1)
B	20(15.9)	23(16.3)	26(18.2)	24(17.6)	37(23.0)	15(10.3)
C	70(55.6)	91(64.5)	77(53.8)	74(54.4)	92(57.1)	100(68.5)
D	14(11.1)	10(7.1)	12(8.4)	14(10.3)	19(11.8)	9(6.2)
Total	126	141	143	136	161	146

Table 4. Frequencies (and percentages) of students' responses to Question 2

Option	6th graders		8th graders		10th graders	
	High	Low	High	Low	High	Low
A	19(15.4)	34(24.6)	18(12.7)	20(14.7)	39(24.2)	20(13.7)
B	38(30.9)	29(21.0)	41(28.9)	33(24.3)	40(24.8)	31(21.2)
C	60(48.8)	66(47.8)	72(50.7)	74(54.4)	73(45.3)	89(61.0)
D	6(4.9)	9(6.5)	11(7.7)	9(6.6)	9(5.6)	6(4.1)
Total	123	138	142	136	161	146

통적인 반증주의적 견해(답지 C)를 상대적으로 적게 지니고 있었으나, 과학이 자연 현상이 일어나는 이유에 대한 설명이라는 견해(답지 B)는 하위 수준 학생들과 비슷하게 지니고 있었다. 반면, 과학이 아직 증명된 사실의 경지에 이르지 못한 일종의 추측이라는 견해(답지 A)에서는 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들의 비율이 하위 수준 학생들에 비해 높았다. 즉, 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 반증주의적 견해를 포기하고 현대 인식론적 견해를 받아들이는 대신 다른 형태의 전통적 인식론적 견해를 선택하였으므로, 학교 밖 과학 경험이 과학 이론의 정의에 대한 학생들의 견해에 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

과학적 모형의 성질

과학 수업에서 자연 현상을 설명하기 위한 과학적 모형은 흔히 사용되지만, 실제로 학생들이 과학적 모형에 대해서 어떤 생각을 지니고 있는지에 대해서는 많은 연구가 이루어지지 않았다.³⁰ 과학적 모형의 성질을 다룬 이 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 각 학년 학생들의 응답 분포는 Table 5와 같다. 과학적 모형은 많은 실험을 통해 증명된 사실이라는 순진한 실재론적 인식론(답지 B)이 모든 학년에서 가장 많은 학생들이 지니고 있었던 견해였다. 즉, 학생들은 과학적 모형이 실재의 복사본이라고 생각하는 경향이 많았고, 선행 연구에서도 이러한 경험론적 입장을 지닌 학생이 많은 것으로 보고되었다.^{30,31}

학교 밖 과학 경험 수준에 따른 6학년 학생들의 응답 분포에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($\chi^2=14.993$, $df=3$, $p=.002$). 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학적 모형에 대해 증명된 사실이라는 견해(답지 B)를 많이 지니고 있었으나, 하위 수준 학생들은 과학적 모형이 실재를 나타낸 복사본이라는 견해(답지 A)를 상대적으로 많이 지니고 있었다. 그러나 두 견해는 근본적으로 과학적 모형의 실재성을 인정한다는 측면에서는 순진한 실재론적 인식론에 해당한다고 볼 수 있으므로, 응답 분포에서의 차이가 실질적인 의미를 지니는 것으로는 보기 어렵다. 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 8학년 학생들의 응답 분포에서도 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다

($\chi^2=10.051$, $df=3$, $p=.018$). 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학적 모형에 대해 현상을 설명하기 위한 시도라는 견해(답지 C)를 많이 지니고 있었으나, 하위 수준 학생들은 과학적 모형이 실재를 나타낸 복사본이라는 견해(답지 A)를 많이 지니고 있었다. 즉, 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 하위 수준 학생들에게 비해 현대 인식론적인 견해를 상대적으로 많이 지니고 있었다. 10학년 학생들의 경우에도, 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 응답 분포에서의 차이는 통계적으로 유의미하였다($\chi^2=10.117$, $df=3$, $p=.018$). 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학적 모형에 대해 현상을 설명하기 위한 시도라는 현대 인식론적 견해(답지 C)를 많이 지니고 있었으나, 하위 수준 학생들은 과학적 모형에 대해 증명된 사실이라는 순진한 실재론적 견해(답지 B)를 상대적으로 많이 지니고 있는 것으로 나타났다.

전체적으로, 6학년에서는 학교 밖 과학 경험 수준과 무관하게 과학적 모형의 성질에 대해 현대 인식론적 견해를 지니고 있는 학생의 비율이 낮았다. 그러나 8학년과 10학년에서는 현대 인식론적 견해를 지닌 학생들이 증가하였고, 그 중에서도 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들의 비율이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학년이 높아질수록 학교 밖 과학 경험이 과학적 모형의 성질에 대한 학생들의 견해에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다.

과학 이론의 잠정성

과학 이론은 새로운 연구 결과에 의해 혹은 과학자들이 세상을 바라보는 관점이 바뀌므로 인해 변하게 된다. 따라서 과학 이론의 잠정성은 과학 지식의 중요한 속성으로서, 과학 이론의 잠정성에 대한 이해는 과학의 본성에 대한 이해 중에서 가장 일차적인 목표로 다루어져 왔다. 그러나 선행 연구에서는 과학 지식의 잠정성에 대한 학생들의 이해가 높다는 결과와^{32,33} 부족하다는 결과^{5,31,34} 혼재되어 보고되었다. 과학의 잠정성에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 각 학년 학생들의 응답 분포는 Table 6과 같다. 과학 지식이 증가함에 따라 잘못된 과학 이론이 올바른 과학 이론으로 대체된다는 견해(답지

Table 5. Frequencies (and percentages) of students' responses to Question 3

Option	6th graders		8th graders		10th graders	
	High	Low	High	Low	High	Low
A	14(11.1)	40(29.0)	11(7.7)	24(17.6)	13(8.1)	15(10.3)
B	80(63.5)	61(44.2)	65(45.5)	69(50.7)	55(34.4)	72(49.7)
C	20(15.9)	22(15.9)	60(42.0)	39(28.7)	78(48.8)	46(31.7)
D	12(9.5)	15(10.9)	7(4.9)	4(2.9)	14(8.8)	12(8.3)
Total	126	138	143	136	160	145

Table 6. Frequencies (and percentages) of students' responses to Question 4

Option	6th graders		8th graders		10th graders	
	High	Low	High	Low	High	Low
A	20(16.3)	25(18.1)	7(4.9)	13(9.6)	5(3.1)	4(2.7)
B	73(59.3)	82(59.4)	118(82.5)	91(67.4)	127(79.4)	115(78.8)
C	25(20.3)	26(18.8)	15(10.5)	23(17.0)	20(12.5)	21(14.4)
D	5(4.1)	5(3.6)	3(2.1)	8(5.9)	8(5.0)	6(4.1)
Total	123	138	143	135	160	146

B)가 모든 학년에서 가장 많은 학생들에게 나타났다. 이러한 결과는 과학 이론이 증명된 사실이라는 실증주의적 견해가 많았던 문항 2의 분석 결과와 상반되는 것처럼 보인다. 그러나 Lederman과 O'Malley가 지적한 것처럼,³⁴ 학생들은 과학의 본성에 대해 일관된 견해를 지니고 있지 못하여 상황마다 서로 다른 반응을 보일 가능성이 있다. 한편, 학생들이 과학 이론의 잠정성은 인정하였지만 그 원인으로는 과거의 이론이 틀렸기 때문이라고 생각한다는 점을 고려한다면, 반증주의적 시각에서 벗어나지 못하였다는 측면에서는 나름대로 일관성을 가지고 있는 것으로 생각할 수 있다.

학교 밖 과학 경험 수준에 따른 6학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=.236, df=3, p=.971$)와 10학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=.377, df=3, p=.945$)는 통계적으로 유의미하지 않았다. 그러나 8학년 학생들의 경우, 응답 분포에서의 차이는 통계적으로 유의미하였다($\chi^2=9.022, df=3, p=.029$). 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학 이론의 잠정성에 대해 잘못된 과학 이론이 올바른 과학 이론으로 대체된다는 반증주의적 견해(답지 B)를 상대적으로 많이 지니고 있었다. 8학년 학생에게서 나타난 이 결과 역시, 과학의 잠정성에 대해 학생들이 일관되지 못한 견해를 지니고 있지 못한 사실에 기인한 것으로 볼 수 있다.

과학 이론의 기원

과학 지식은 세상에 이미 존재하는 조직된 사실을 단순히 지칭하는 언어적 활동이 아니다. 그러나 과학 이론의 기원에 대해서는 두 가지 상반된 시각이 존재하는데, 첫 번째는 과학 이론은 세상에 이미 존재하는 규칙성을 과

학자가 발견한 것이라는 논리 실증주의적 실재론적 시각이다. 나머지 하나는 과학 이론이 자연 현상을 이해하기 위해 과학자에 의해 창조된 것이라는 인식론적 시각이다.²⁸ 과학 이론의 기원에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 각 학년 학생들의 응답 분포는 Table 7과 같다. 모든 학년에서 가장 많은 학생들에게 나타난 견해는 과학 이론은 이미 존재하던 것을 발견한 것이라는 순진한 실재론적 견해(답지 A)였다. 선행 연구에서도 과학 지식이 형성되는 과정에 대해 결정론적 시각이나 실증주의적 시각을 강조하는 순진한 실재론이 학생들에게 많이 존재하는 것으로 보고되었다.³⁵ 그러나 이 연구에서는 과학 이론은 발견되는 경우도 있고 창조되는 경우도 있다는 견해(답지 C) 또한 그 비율이 낮지 않았다.

학교 밖 과학 경험 수준에 따른 6학년 학생들의 응답 분포에서 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($\chi^2=9.754, df=3, p=.021$). 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 과학 이론이 발견된다는 전통적인 실재론적 견해(답지 A)를 많이 지니고 있었으나, 하위 수준 학생들은 과학 이론이 발견되기도 하고 창조되기도 한다는 견해(답지 C)를 상대적으로 많이 지니고 있었다. 그러나 답지 A와 답지 B는 모두 전통적인 실재론적 견해에 해당하거나 일부 포함하고 있으므로, 학교 밖 과학 경험 수준과 과학의 본성에 대한 견해 사이에는 유의미한 관련이 없다고 볼 수 있다. 한편, 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 8학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=5.848, df=3, p=.119$)와 10학년 학생들의 응답 분포($\chi^2=6.566, df=3, p=.087$)는 통계적으로 유의미하지 않았다.

Table 7. Frequencies (and percentages) of students' responses to Question 5

Option	6th graders		8th graders		10th graders	
	High	Low	High	Low	High	Low
A	67(58.3)	55(42.3)	75(53.6)	60(45.1)	76(47.5)	66(46.2)
B	13(11.3)	13(10.0)	12(8.6)	6(4.5)	19(11.9)	16(11.2)
C	34(29.6)	55(42.3)	51(36.4)	62(46.6)	56(35.0)	60(42.0)
D	1(.9)	7(5.4)	2(1.4)	5(3.8)	9(5.6)	1(.7)
Total	115	130	140	133	160	143

결론 및 제언

학교 밖 과학 경험을 포괄하는 비형식 학습은 전통적인 학교 과학에서 소홀히 다루어진 과학에 대한 흥미, 열정, 동기 등의 증진에 효과적인 것으로 주장되었다.²³ 그런데 학교 밖 과학에서는 학생들의 흥미를 유발하기 위해 과학의 화려하고 극적인 측면을 부각시켜 묘사하는 경향이 있다. 이러한 의도된 과장은 과학의 본성에 대해 정확한 이미지를 전달해야 하는 학교 과학교육과정과 충돌을 일으킬 소지가 있다.²¹ 이와 같이, 학교 밖 과학 경험이 과학의 본성에 대한 학생들의 이해 형성에 중요한 역할을 담당할 가능성이 제안되었지만,²⁴ 학교 밖 과학 경험이 어떻게 학생들의 지식, 이해, 그리고 흥미에 영향을 미치는지에 대해서는 연구가 부족하다.³⁶ 따라서 이 연구에서는 학생들이 학교 밖 과학 경험의 양에 따라 과학의 본성에 대해 지니고 있는 견해가 어떻게 다른지 조사하였다.

연구 결과, 학교 밖 과학 경험과 학생들의 과학의 본성에 대한 견해 사이의 관계는 학년에 따라 다른 것으로 나타났다. 6학년 학생들의 경우, 모형의 성질에 대한 문항과 과학 이론의 기원에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따른 응답 분포가 유의미하게 달랐다. 그러나 두 문항 모두 학생들의 응답 분포가 달랐던 답지는 과학에 대한 현대 인식론적인 견해가 아닌 실증주의적 시각이나 실재론적 시각을 반영하는 것이었다. 따라서 6학년 학생들에서는 학교 밖 과학 경험 수준과 과학의 본성에 대한 견해 사이에 의미 있는 관련성을 발견할 수 없었다.

8학년 학생들의 경우에는 모형의 성질에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 현대 인식론에 가까운 견해를 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 그러나 반대로 과학 이론의 잠정성에 대한 문항에서는 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 전통적인 반증주의 인식론에 가까운 견해를 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 또한, 나머지 문항들에서는 학교 밖 과학 경험 수준과 학생들의 과학의 본성에 대한 견해 사이에는 유의미한 관계가 발견되지 않았다.

마지막으로 10학년 학생들은 과학의 목적, 과학 이론의 정의, 모형의 성질에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 수준에 따라 응답 유형이 유의미하게 달랐다. 과학의 목적에 대한 문항에서 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들은 현대 인식론적 견해를 많이 지니고 있었고, 하위 수준 학생들은 도구주의적 견해를 많이 지니고 있었다. 과학 이론의 정의에 대한 문항에서는 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 전통적인 반증주의적 견해를 적게 지니고 있었다. 또한, 모형의 성질에 대한 문항에서는 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 현대 인식론적 견해를 많이

지니고 있었고, 하위 수준 학생들은 순진한 실재론적 견해를 지니고 있었다.

즉, 전체적으로 6학년에서는 학교 밖 과학 경험 수준이 과학의 본성에 대한 학생들의 응답 분포와 유의미한 관련이 없었다. 8학년에서는 학교 밖 과학 경험 수준과 과학의 본성에 대한 학생들의 응답 분포 사이에 일관된 경향이 발견되지 않았다. 그러나 10학년에서는 학교 밖 과학 경험 상위 수준 학생들이 과학의 본성에 대해 현대 인식론적 입장에 해당하는 견해를 상대적으로 많이 지니고 있는 것으로 나타났다. 즉, 학년이 증가할수록 학교 밖 과학 경험의 양과 과학의 본성에 대한 현대 인식론적 견해 사이에 정적인 관련이 있는 것으로 볼 수 있다.

선행 연구에서는 과학 교과서와 과학 수업 시간의 탐구 경험이 오히려 학생들의 경험주의나 반증주의적 입장을 강화시킬 가능성이 제안되었다.⁵ 학교 과학교육의 목표는 과학자의 입장에서 탐구 활동 자체를 경험하는 것이 라기보다는 교과서에 제시된 탐구 활동의 절차에 따라 이론이나 개념을 학습하는 것이다. 즉, 학교 과학에서의 전형적인 탐구 활동은 현대 인식론과 상반된 견해를 학생들에게 전달할 가능성이 높다.³⁷ 그러나 선행 연구의 주장과 다소 상반되는 이 연구의 결과는 학생들에게 학교 밖 과학 경험을 제공함으로써 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 변화시킬 수 있는 가능성을 시사한다. 박물관, 현장 체험, 공동체 기반 활동 등의 비형식 학습 환경을 진정한 의미의 과학 탐구 경험을 제공할 수 있는 좋은 대안으로 제시한 선행 연구도 있다.³⁷

그러나 학교 밖 과학 경험과 과학의 본성에 대한 현대 인식론적 견해 사이에 의미 있는 관계가 나타난 것이 아직 10학년뿐이었고, 10학년에서도 일부 문항에서는 의미 있는 관계가 나타나지 않았음을 고려할 때, 연구 결과를 좀 더 신중하게 해석할 필요가 있다. 선행 연구에서 지적하였듯이,²¹ 비형식적인 과학 경험은 과학의 본성에 대한 사실적이지 않은 이미지를 제공할 수도 있다. 신문이나 텔레비전 같은 대중매체는 일단 독자의 시선을 사로잡아야 하기 때문에, 과학이 빠르게 발전하고, 확실한 진리를 제공하며, 극적인 상황에서 우연히 발견되는 것으로 묘사하는 경향이 강하기 때문이다. 따라서 추후 연구에서는 과학의 본성에 대한 현대 인식론적 견해에 영향을 미칠 수 있는 다른 변인들의 효과를 종합적으로 고려할 필요가 있다. 예를 들어, 저학년의 경우에는 학교 밖에서 과학을 경험하는 정도가 부모의 관심 여부에 관련되어 있을 가능성이 높다. 반면, 학년이 높아질수록 과학에 적성이 있거나 과학 관련 직종으로의 진로를 희망하는 학생들이 자발적으로 더 많은 학교 밖 과학 경험을 하였을 가능성이 있다. 따라서 여러 가지 가능성에 대한 고려를 바탕으

로 고학년과 특정 영역의 문항에서만 학교 밖 과학 경험과 과학의 본성에 대한 현대 인식론적 견해 사이에 의미 있는 관련이 나타난 이유를 밝힌 뒤, 이에 근거하여 학교 밖 과학 활동이 과학의 본성에 대한 이해 함양에서 담당하는 역할을 재정립해야 할 것이다.

Acknowledgements. 이 논문은 2010년도 전주교육대학교의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

1. Meichtry, Y. J. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, 29(4), 389.
2. Ministry of Education, Science and Technology *Science Curriculum*; Ministry of Education, Science and Technology: Seoul, 2011.
3. Noh, T.; Kim, Y.; Han, S.; Kang, S. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2002**, 22(4), 882.
4. Akerson, V.; Donnelly, L. A. *International Journal of Science Education* **2010**, 32(1), 97.
5. Kang, S.; Scharmann, L. C.; Noh, T. *Science Education* **2004**, 89(2), 314.
6. Moss, D. M.; Abrams, M. D.; Kull, J. A. *Journal of Science Education and Technology* **1998**, 7(2), 149.
7. Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. *International Journal of Science Education* **2000**, 22(7), 665.
8. Akerson, V. L.; Abd-El-Khalick, F.; Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching* **2000**, 37(4), 295.
9. Kim, K.; Noh, J.; Seo, I.; Noh, T. *J. Korea Assoc. Sci. Edu.* **2008**, 28(1), 89.
10. Kim, J.-N.; Kim, S.-K.; Kim, D.-U.; Kim, H.-K.; Paik, S.-H. *Elementary Science Education* **2008**, 27(3), 261.
11. Bang, M.; Kim, H.-N. *Elementary Science Education* **2010**, 29(3), 277.
12. Akerson, V. L.; Volrich, M. L. *Journal of Research in Science Teaching* **2006**, 43(4), 377.
13. Khishfe, R.; Abd-El-Khalick, F. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, 39(7), 551.
14. Noh, T.; Kang, S.; Lee, S. *Journal of the College of Education, Seoul National University* **1997**, 55, 89.
15. Newton, L. D.; Newton, D. P. *International Journal of Science Education* **1998**, 20(9), 1137.
16. Song, J.; Kim, K. S. *International Journal of Science Education* **1999**, 21(9), 957.
17. Robottom, I. *The Australian Science Teachers Journal* **1992**, 38(2), 19.
18. Aikenhead, G. S. *Journal of Research in Science Teaching* **1988**, 25(8), 607.
19. Wellington, J. *Physics Education* **1990**, 25(5), 247.
20. Schibeci, R. A. *Science Education* **1989**, 73(1), 13.
21. Wellington, J. *International Journal of Science Education* **1991**, 13(4), 363.
22. National Science Foundation *Elementary, secondary, and informal education program announcement and guidelines*; National Science Foundation: Washington, D.C., 1998.
23. Pedretti, E. *Studies in Science Education* **2002**, 37(1), 1.
24. Bell, P.; Lewenstein, B.; Shouse, A. W.; Feder, M. A. *Learning science in informal environments: People, places, and pursuits*; National Academic Press: Washington, D.C., 2009.
25. Lederman, N. G. *Journal of Research in Science Teaching* **1992**, 29(4), 331.
26. Mason, C. L.; Kahle, J. B. *Journal of Research in Science Teaching* **1988**, 26(1), 25.
27. Farenga, S. J.; Joyce, B. A. *Education* **1997**, 117(4), 563.
28. Ryan, A. G.; Aikenhead, G. S. *Science Education* **1992**, 76(6), 559.
29. Duschl, R. A. *Restructuring science education: The importance of theories and their development*; Teachers College Press: New York, 1990.
30. Grosslight, L.; Unger, C.; Jay, E.; Smith, C. L. *Journal of Research in Science Teaching* **1991**, 28(9), 799.
31. Solomon, J.; Scott, L.; Duveen, J. *Science Education* **1996**, 80(5), 493.
32. Elder, A. D. Characterizing fifth-grade students' epistemological beliefs in science. In *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*; Hofer, B. K.; Pintrich, P. R., Eds.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, 2002; pp 347-363.
33. Tamir, P. *Research in Science and Technological Education* **1994**, 12(2), 99.
34. Lederman, N. G.; O'Malley, M. *Science Education* **1990**, 74(2), 225.
35. Stein, S. J.; McRobbie, C. J. *Research in Science Education* **1997**, 27(4), 611.
36. Martin, L. M. W. *Science Education* **2004**, 88 (Suppl. 1), S71.
37. Kim, C.; Shin, M.; Lee, S. *Understanding informal science learning*; Bookshill: Seoul, 2010.