원자모형에 기초한 예비과학교사들의 과학의 본성에 대한 인식

안유라 · 김현주*
한국교원대학교

Recognition of the Nature of Science by Preservice Science Teachers on the Basis of the Atomic Model

An, Yu-La · Kim, Hyun-Joo*
Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to examine preservice secondary science teachers' understanding of the nature of science, by using nature of science (NOS) questionnaire on the basis of atomic model, and compare this to pre-studies. 'Understanding of nature of scientific model,' 'Tentativeness of scientific knowledge,' 'Subjectivity in science,' 'Use of inference and imagination,' 'Myths of the scientific method,' and 'Comparison between science and art.' were examined. Preservice teachers showed great comprehension of the tentativeness of scientific knowledge (the orbital model) and the subjectivity in science (the different interpretation about the experiment of particle scattering), but displayed the lowest comprehension of the scientific method. For understanding of nature of scientific model (the atomic model) and the comparison between science (Bohr's atomic model) and art (Picasso's work), pre-service teachers brought out a combination of ontological and constructivist perspective and showed the contradictory thought about imagination in science research.

In the result of comparison to pre-studies using the NOS instruments contains general terms, represented high levels of agreement about the tentativeness of scientific knowledge by using concrete examples of 'atomic model'. When concrete scientists such as Thomson, Rutherford, Bohr were presented, respondents revealed more informed views about the scientists' research method.

Key words: nature of science, atomic model, science and art, recognition surve

Ⅰ. 서 론

과학의 본성은 과학의 인식론, 즉 앎의 한 방법으로서의 과학, 또는 과학적 지식과 그것의 발달 과정에 대한 믿음과 가치로서 정의되며(김선영, 2010; Lederman, 1992), 이를 어떻게 이해하느냐는 학생들의 교수-학습 뿐 아니라 일상 생활 속의 의사결정 및 문제해결에 중요한 영향을 미친다(Meichtry, 1992). 이에 AAAS(American Association for the Advancement of Science, 1989, 1993)나 NRC(National Research Council, 1996)와 같은 과학교육개정문서 및 우리나라의 2007년 개정교육과정(교육인적자원부, 2007)에서는 과학의 본성에 대한 이해의 중요성을 강조하고 있다. 그에 따라 학생들과 교사들의 과학의 본성에 대한 이해를 증진시키기 위해 지난 수 십 년 동안 많은 연구가 이루어져 왔으며(Akerson *et al.*, 2000; Carey *et al.*, 1989; Solomon *et al.*, 1994), 학생들과 교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보기 위해 1954년 Wilson이 개발한 Science Attitude Questionnaire를 시작으로 현재까지 개발되고 있고(소원주 등, 1998; 임재항 등, 2004; Aikenhead *et al.*, 1987; Billeh & Hasan, 1975; Chen, 2006; Cooley & Klopfer, 1963; Cotham & Smith, 1981; Lederman *et al.*, 2002; Meichtry, 1992; Welch & Pelha, 1967-1968; Wilson, 1954), 이런 도구들을 사용하여 다양한 학년의 학생 및 교사들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 인식이 조사되었다(강순민 등, 2006; 김선영,

*교신저자: 김현주(hjkim21@knue.ac.kr)
**2011.01.05(접수) 2011.03.17(1심통과) 2011.05.16(2심통과) 2011.05.19(최종통과)

2010; 김영수 등, 2002; 오필석, 2009; 이금희 등, 2005; 조정일 등, 1996; 차정호 등, 2004; Aikenhead *et al.*, 1987; Bryan *et al.*, 2009; Ibrahim *et al.*, 2009; Kang *et al.*, 2005; Lederman, 1992; Meichtry, 1992; Solomon *et al.*, 1996).

이러한 과학의 본성에 대한 인식조사는 국내 · 외에서 여러 형태의 문항 및 질문을 통해 이루어졌다. 예를 들어, kang *et al.*(2005)이 6, 8, 10학년의 학생들을 대상으로 한 연구에서 사용된 질문에는 '과학 이론은 무엇입니까?', '많은 과학 이론은 새로운 이론으로 대체되곤 합니다.' 와 같은 문장이 포함되며, 오필석(2009)이 예비 초등교사들을 대상으로 한 연구에서는 '과학에서 사용하는 모델(또는 모형)은 무엇이라고 생각합니까?', '과학에서 모델을 바꾸어야 하는 경우가 있다고 생각하십니까?' 와 같은 질문을 사용한다. Ibrahim *et al.*(2009)이 물리과 학부생들을 대상으로 한 연구에서는 '자연은 정확한 법칙을 따르며 과학자들은 이런 법칙을 발견한다.', '과학자들은 자연에서 관찰한 것을 설명하기 위해 이론을 만든다.' 와 같은 문장이 질문에 포함된다. 이런 기존의 대부분의 선행 연구들은 공통적으로 질문 자체에 '과학 이론', '과학 법칙', '과학적 모델' 등과 같은 일반적인 용어들을 사용하여 응답자들의 과학의 본성에 대한 인식을 조사 연구하였다. 이에 대해, 백성혜(2006)는 응답자들이 이런 일반적인 용어를 많이 들어보았음에도 그 정확한 의미를 파악하지 못하고, '이론', '법칙', '과학적 지식' 등의 용어를 혼동하여 사용하고 있음을 지적한 바 있으며, Solomon *et al.*(1996)은 '실험', '이론', '과학적 지식' 과 같은 표현보다는 구체적인 예나 대상을 제시하였을 때 학생들은 좀 더 쉽게 자신의 의견을 표현함을 언급하였다. 이에 기존 연구에서는 '과학 이론(원자이론, 진화론 등)' 과 같이 문항에 사용된 일반적 용어와 함께 괄호 속에 예를 제시하거나, 전반적으로 일반적인 용어를 사용하는 검사지 내의 일부 문항에서 구체적인 사례를 적용(Kang *et al.*, 2005; Lederman *et al.*, 2002; Lederman & O'Malley, 1990)함으로 응답자들의 생각을 쉽게 이끌어 내고자 하는 노력들이 있어왔다. 하지만, 원자모형과 같은 하나의 구체적인 사례를 사용하여 과학의 본성에 대한 다양한 관점들을 전반적으로 연구하는 경우는 찾아볼 수 없다.

원자 모형이라는 과학지식과 관련하여 응답자들이 과학의 본성에 대해 어떻게 생각하는지를 알아보는 것은 과학의 본성이 독립된 또 다른 하나의 학습 내용으로 뿐 아니라 학교 과학수업에서 학습되어지는 과학지식과도 연계되어 교육되어야 한다는 시각에서 중요하다. 특히, '원자 모형' 은 현 교육과정 상에서 물리 및 화학을 전공하는 학생들에게 기본적이면서도 필수적인 학습 내용일 뿐 아니라 교과서 및 학습 내용 자체에서 원자 모형이 시간에 따라 변화해 오는 과정을 포함함으로 인해 과학의 본성에서의 잠정성, 주관성 등과 같은 주요 영역과 관련성이 깊다. 이에, '원자 모형' 이라는 과학지식과 관련하여 과학 교사들과 예비 과학교사들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 인식을 알아보는 것은 과학지식과 연계된 과학의 본성에 대한 인식이 그들의 교수 내용 및 교수 방법에 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구의 밑바탕이 될 것이며, 그들이 실제 교육 현장에서 교과 내용과 과학의 본성을 어떻게 접목시켜 교수하느냐에 따라 학생들의 과학의 본성에 대한 인식이 달라질 수 있다는 점을 고려할 때 더욱 중요해 보인다. 실제로 과학 교사들이 가진 과학의 본성에 대한 인식은 실제 수업에 반영되어 학생들의 과학개념의 형성에 영향을 미친다고 알려져 있다(Brickhouse,1989; Gallagher,1991).

이에 예비 과학교사들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 인식을 살펴보기 위해 과학의 본성 검사지들 중 '원자모형' 이라는 과학지식을 사용하여 최근에 개발한 'views on science questionnaire on the basis of experienced scientific knowledge, atomic model(VSAM)' 을 사용하였다(An *et al.*, 2010). VSAM은 '원자모형' 이라는 과학 지식을 사용하여 응답자들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아볼 수 있도록 개발된 도구로써, 리커트 형식을 취하고 있으며, 여러 세부 항목들에서 응답자들이 지닐 수 있는 혼재되고 헷갈리는 인식을 파악할 수 있도록 되어있다.

이에 본 연구에서는 'VSAM' 을 통해 '원자모형' 이라는 과학지식을 사용하여 예비과학교사들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 인식을 조사해 보고, 특정 과학지식과 관련하여 드러나는 과학의 본성에 대한 인식을 기존의 일반적인 용어를 사용하였을 때 나타난 과학의 본성에 대한 인식과 비교해 보고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상은 청주시에 소재한 K대학교에 재학 중인 예비 중등과학교사로서, 일반물리실험 수업을 수강하는 73명의 대부분 1학년에 재학 중인 학생들로 구성되었다. 이들은 모두 과학교육과(물리교육, 화학교육, 생물교육)를 전공하고 있으며, 고등학교 때나 그 이후에 원자모형에 대해 학습한 경험이 있는 학생들이다. 이들에게 검사지를 작성하도록 하고, 그 응답 결과를 분석하였다.

2. 조사도구

과학의 본성에 대한 예비교사들의 견해를 조사하기 위해 표 1의 문항의 예와 같이 원자모형이나 원자모형과 관련된 역사적 사실을 과학의 본성에 대한 개념과 관련지어 물음으로 응답자들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아볼 수 있도록 개발된 검사지(VSAM)를 사용하였다(An et al. 2010). 검사지는 6개의 문항으로 구성되어 있으며, 각 문항은 서로 다른 과학의 본성의 관점을 반영하고, 5~7개의 세부항목들로 구성되어 있다. 세부항목들은 경험적으로 유도된 리커트 형식을 취하며, 이런 형식은 응답자들의 혼재되거나 헷갈리는 생각들까지 파악할 수 있는 특징을 가진다(An *et al.*, 2010; Chen, 2006). 이 검사지는 원자 모형을 학습한 경험이 있는 학생이나 일반인을 대상으로 하므로, 본 연구에서 과학을 전공한 예비교사들을 대상으로 과학의 본성에 대한 인식을 살펴보는데 적합하다. 본 연구에서 검사지의 내적 신뢰도(Cronach's α)는 각 문항의 순서대로 각각 .63, .61, .72, .58, .61, .36이었으며, 전체 문항의 신뢰도는 .79이었다. 각 문항이 반영하는 과학의 본성의 관점과 각 문항의 예는 다음과 같다.

3. 분석 방법

본 연구에서 사용된 검사지는 리커트 형식을 취하는 세부항목들로 구성되며, 각 세부항목의 분석은 '매우 아니다'에 1점, '아니다'에 2점, '보통이다'에 3점, '그렇다'에 4점, '매우 그렇다'에 5점을 배당하여 채점하였다. 세부항목들은 과학의 본성에 대해 대부분의 과학교육자들이 인정하는 입장에 우선순위를 두고, 이와 다른 입장은 점수를 역으로 코딩하여 채점하였으며, 각 문항에 포함된 세부항목들의 코딩된 점수를 평균함으로 각 문항별 평균값을 얻었다. 본 연구에서는 통계적인 유의성을 통하여 의미를 부여하기 보다는 각 세부항목과 각 문항별 평균값을 통해 학생들의 상대적 이해 정도에 대하여 기술하였으며, 각 세부항목에 대한 학생들의 응답은 필요에 따라 '매우 아니다'와 '아니다'는 부정으로, '보통이다'는 보통이다로, '그렇다'와 '매우 그렇다'는 긍정으로 분류하여 기술하였다. 또한, 본 연구에서 원자모형이라는 과학지식의 사용을 통해 드러난 예비 과학교사들의 과학의 본성에 대한 인식결과는 비슷한 연구대상을 기준으로 다양한 선행연구들과 비교되었다. 오필석(2009)은 예비 초등교사를 대상으로, 홍미선(2010), 이금희 등(2005), 김선영(2010), Bryan et al.(2009)은 한국 예비 과학교사를, Ibrahim et al.(2009)은 물리과 학부생을, 조정일 등(1996)은 과학교사를 대상으로 연구하였으며, 이들의 연구 결과 중 본 연구에서 다루는 과학의 본성 관점 및 세부 항목들과 같거나 유사한 관점 및 항목들에 대해 비교하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1) (원자)모형에 관한 인식

문항1은 '원자모형은 실제의 원자모습을 나타낸 것일까?'라는 질문을 통해 예비 중등과학교사들의 과학적 모형에 대한 인식을 알아보기 위한 문항으로, 항목 1~4는 원자모형의 실재성, 항목5는 원자모형의 목적과 관련된다. 전체 응답자들은 문항1에 포함된 각 항목에서 표2와 같이 응답하였다.

문항1 내의 다섯 항목들의 전체 평균은 5점 만점에서 3.48로 나타났고, 항목3을 제외한 모든 항목에서 코딩 평균값이 3.5를 넘는 점수를 보였다.

세부항목을 살펴보면, 항목1 '좋은 모형이란 실제와 같게 만들어진 것이므로 원자모형은 실제 원자의 모습을 나타낸 것이다'와 항목2 '원자모형은 실험과 관찰을 통해 밝혀낸 실제 원자의 모습을 나타낸 것이다.'에서 평균값이 각각 2.22와 2.36으로 나타났다. 이는 원자모형은 실제 원자의 모습을 나타낸 것이 아

표 1
VSAM 검사지 문항이 반영하는 과학의 본성 관점 및 문항의 예

문항	문항이 반영하는 과학의 본성 관점	문항의 예
1	모형에 관한 인식 – 원자 모형은 과학적 모형의 대표적인 예로써, 과학적 모형은 실제 대상의 모습을 정확히 묘사한다거나 그 대상과 비슷하게 표현하기 위한 것이라기보다는 그와 관련된 실험이나 현상을 설명하기 위해 과학자의 상상력 및 창의성에 의해 만들어진 것이다.	원자모형은 실제의 원자모습을 나타낸 것일까?
2	과학 지식의 잠정성 – 과학 지식은 견고하여 쉽게 변하지 않지만, 변할 수 있다. 이런 변화는 새로운 증거로 인해 기존 이론이 수정되거나, 새로운 시각이나 기준으로 자료를 새롭게 해석함으로써, 기존 이론이 잘못된 것으로 받아들여지고 그에 대한 대안적 이론이 새롭게 등장하는 등의 다양한 이유로 일어날 수 있다.	원자모형은 지금까지 많은 수정과 변화 과정을 거쳐 현재는 최종적으로 구름원자모형이 되었다. 이 구름원자모형은 미래에 바뀔 수 있을까?
3	과학에서의 주관성 – 과학 지식은 주관적이며 이론의존적인 측면을 지닌다. 과학자의 신념, 선지식, 훈련, 경험, 기대 등은 그들의 연구에 실제적인 영향을 준다. 이런 요소들은 과학자가 어떻게 연구를 수행할지, 무엇을 관찰하고 안 할지, 그들이 관찰한 것을 어떻게 받아들이고 해석할지에 영향을 준다.	톰슨의 원자모형이 발표된 이후, Geiger와 Marsden(1909)은 알파입자 산란실험을 하였다. 이 실험이 알려진 후, 러더퍼드와 톰슨도 각각 알파입자 산란실험을 수행하여 같은 실험결과를 얻었다. 이들은 <u>같은 실험 결과</u>를 서로 <u>다른 원자모형</u>으로 설명할 수 있을까?
4	추론과 상상력의 사용 – 과학 지식은 부분적으로 사람의 추론, 상상력, 창의성의 산물이다. 과학은 과학자의 입장에서 굉장히 많은 창의성을 요구하는 이론적 존재(theoretical entities)의 발명을 포함한다.	톰슨은 음극선 실험을 통해 원자를 구성하는 전자의 존재를 밝혔다. 이 과정에서 톰슨은 자신의 상상력이나 추론을 사용하였을까?
5	과학적 방법에 대한 잘못된 신념 – 과학에 대해 가장 널리 퍼져있는 잘못된 신념 중 하나는 '보편적인 과학적 방법'이 존재한다는 것이다. 즉, 과학자가 과학연구를 수행할 때, 요리책 같은 단계적인 과학연구 과정이 존재한다는 것이다. 하지만, 확실한 과학 지식을 보장하는 '과학적 방법'이라는 것은 없다(Bauer,1994; Lederman *et al.*, 1998; Shapin, 1996). 과학자는 관찰, 비교, 측정, 시험, 사색, 가설 만들기, 개념적 도구의 창조, 이론이나 설명을 구성하는 등 연구 형태에 따라 자신에게 적합하다고 생각되는 고유한 절차를 설계하고 수행한다.	1. 과학자들의 연구 방법은 어떠할까? 2. 톰슨, 러더퍼드, 보어는 실험 등의 여러 연구과정을 거쳐 각각 자신의 원자모형을 제안하였다. 이 과정에서 톰슨, 러더퍼드, 보어의 연구 방법은 어떠했을까?
6	과학과 예술의 비교 – 과학적 창의성과 예술적 창의성은 상당한 유사성이 있으며, 예술에서와 마찬가지로 과학에서도 상상력(imagination), 직관(intuition), 감정(emotion), 시각화(visualization)의 중요성을 강조한다(김문환, 1995; 홍성욱, 2005; Miller, 1995). 과학 활동은 자연에 존재하는 사실과 법칙을 발견(discover)하는 것이 아니라, 예술과 마찬가지로 창조(create)와 구성(construct)의 측면을 가진다. 또한, 과학과 예술은 모두 미학(aesthetics)의 측면을 가진다(Engler, 1990; Miller, 1995).	다음 그림은 피카소가 의자에 앉은 여인을 모델로 하여 그린 그림으로, 모델에게서 느껴지는 행복한 마음을 밝고 아름다운 원색으로 표현한 작품이다. 일반적으로 이 피카소의 작품은 예술로, 보어의 원자모형은 과학으로 여겨진다. 피카소의 작품과 보어의 원자 모형은 무엇이 같고, 무엇이 다른가?

니라는 응답자들의 생각을 보여준다. 하지만, '보통이다'로 응답한 학생이 두 항목에서 각각 14명(19.2%), 원자모형은 실제 원자의 모습을 나타낸 것이라고 생각하는 학생이 각각 9명(12.3%), 13명(17.8%)으로 예비교사들의 1/3정도는 여전히 현대적 관점을 가지지 못한 것으로 나타냈다. 또한, 원자모형이 실제 원자의 모습을 나타낸 것은 아니라고 대답한 응답자들(약 2/3의 예비교사들)도 항목3에서 또 다른 인식을 드러냈다. 항목3 '원자모형은 실험과 관찰을 통해 밝혀낸 실제 원자의 모습을 최대한 비슷하게 나타낸 것이다.'의 평균값은 3.62로 문항1의 전체 다섯 항목들 중 가장 바람직하지 못한 인식을 드러냈다. 항목3에서 '매

표 2
(원자)모형에 관한 학생들의 응답

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
1	좋은 모형이란 실제와 같게 만들어진 것이므로 원자모형은 실제 원자의 모습을 나타낸 것이다.	18	32	14	7	2	2.22 (1.03)	3.78
2	원자모형은 실험과 관찰을 통해 밝혀낸 실제 원자의 모습을 나타낸 것이다.	14	32	14	13	0	2.36 (0.98)	3.64
3	원자모형은 실험과 관찰을 통해 밝혀낸 실제 원자의 모습을 최대한 비슷하게 나타낸 것이다.	5	7	16	28	17	3.62 (1.32)	2.38
4	원자모형은 과학자들의 상상력과 창의성이 반영되어 만들어진 것이다.	0	3	16	37	17	3.93 (0.62)	3.93
5	원자모형은 실제 원자의 모습을 표현하기 위한 것이 아니라, 원자의 구조와 관련된 실험이나 현상들을 설명하기 위한 것이다.	1	7	24	26	15	3.64 (0.93)	3.64

1: 매우아니다	2: 아니다	3: 보통이다	4: 그렇다	5: 매우그렇다

우 그렇다’라고 응답한 학생은 17명(23.3%), ‘그렇다’라고 응답한 학생이 28명(38.4%)으로 60%가 넘는 학생들이 원자모형은 실제 원자의 모습을 최대한 비슷하게 나타낸 것이라고 응답했으며, ‘매우 아니다’와 ‘아니다’라고 응답한 학생은 각각 5명(6.8%)과 7명(9.6%)에 불과했다. 즉, 많은 응답자들은 원자모형이 실제 원자의 모습을 그대로 나타낸 것은 아니지만, 실제 원자의 모습을 최대한 비슷하게 나타낸 것으로 인식하고 있으며, 원자를 눈으로 직접 볼 수 있든지 없든지 간에 실제로 존재한다고 믿고, 그 원자의 모습을 최대한 비슷하게 표현한 것이 원자 모형이라고 인식하는 순전한 존재론적 견해를 가진 것으로 여겨진다. 이는 오필석(2009)이 초등 예비교사를 대상으로 ‘지층의 모습’, ‘물의 화학식’과 같은 모형의 후보들을 제시하며 모형의 의미를 묻는 질문에서의 연구 결과와 비슷한데, 그 연구에서 예비 교사들의 상당수는 모형을 이론적 관념의 표상이라기 보다는 물리적 실재(reality)의 표상으로 인식하고 있으며, 실체적(physical)이고 시각적(visual)인 것만을 모형으로 여기는 경향이 있는 것으로 나타났다. 이에 대한 중등 예비교사 및 초등 예비교사들의 제한된 인식에 대한 개선의 기회가 교육적 차원에서 주어져야 할 것으로 생각된다.

반면, 항목4 ‘원자모형은 과학자들의 상상력과 창의성이 반영되어 만들어진 것이다.’의 평균값은 3.93으로, 문항1의 다섯 항목 중 응답자들은 이 항목에서 가장 바람직한 인식을 드러냈다. 이는 앞에서 언급한 항목1,2,3에서의 응답과 다소 일관성이 부족한 것으로, 예비 교사들의 원자 모형에 대한 인식이 내부적으로 일관되지 못함을 드러낸다. 실재로 Justi와 Gilbert(2003)는 현직교사, 예비과학교사, 대학의 과학교육자들 사이에서 모형에 관한 교사들의 인식이 다양한 관점과 수준에서 혼재하고 있음을 보고한 바 있으며, Van Driel 과Verloop(1999)의 연구에서는 본 연구와 매우 유사한 결과를 보고한 바 있다. 즉, 과학 교사들은 모형을 실재의 단순화된 표상이라는 존재론적인 관점과 함께 모형은 과학자의 생각을 묘사한 것이며, 창의성이 모형의 발전에 중요한 역할을 한다는 구성주의적 입장을 동시에 가지고 있는 것으로 보여 진다. 이에 대한 설명으로 교사들의 지식이 종종 암시적이고 내재적이므로 그들의 개념틀이나 ‘역할적 패러다임’(Lantz & Kass, 1987)에 따라 모형에 대한 다른 인식이 나타날 수 있음을 언급했다.

항목 5 ‘원자모형은 실제 원자의 모습을 표현하기 위한 것이 아니라, 원자의 구조와 관련된 실험이나 현상을 설명하기 위한 것이다.’에서 3.64의 평균값을 보였다. 이는 과학자들이 원자모형을 만들어 사용하는 목적에 대한 항목으로 예비 과학교사들은 원자모형을 그 대상이 되는 원자를 그대로 표현하기 위한 것으로 생각하기 보다는 원자 및 그 구조와 관련된 실험이나 연구 과정에서 설명을 위한 도구로써의 기능에 좀 더 무게를 두는 것으로 나타났다.

본 연구의 문항1을 통하여 우리나라 예비 중등교사들이 가진 원자모형의 실재성과 목적에 대해서 살펴보았다. 예비 교사들은 원자모형을 그 대상이 되는 실제 원자의 모습과 최대한 비슷하게 표현한 것이라는 존재론적 관점과 과학자의 창의성과 상상력을 반영하여 만들어진 것이라는 구성주의적 관점을 동시에 혼재하여 가지고 있는 것으로 나타났으며, 원자모형을 그 대상이 되는 원자를 표현하기 위한 도구라기보다는 설명을 위한 도구로 여기는 경향을 보였다.

2) 과학지식(구름원자모형)의 잠정성

문항2는 '원자모형은 지금까지 많은 수정과 변화과정을 거쳐 현재는 최종적으로 구름원자모형이 되었다. 이 구름원자모형은 미래에 바뀔 수 있을까?' 라는 질문을 통하여 현재의 과학지식이 변할 수 있는가에 대한 응답자들의 인식을 알아보고자 하였다. 문항2에 포함된 항목1~4는 (구름)원자모형의 가변성의 여부에 관하여, 항목5~7은 (구름)원자모형의 가변성의 이유에 관한 내용을 포함하며, 이에 대한 예비 교사들의 응답 결과는 표3에 제시하였다. 7개의 항목에 대한 전체 평균은 4.12로 다른 문항들과 비교하여 가장 높은 점수를 보였다.

세부항목을 살펴보면, '구름원자모형은 체계적이고 견고하여 쉽게 변하지는 않을 것이나, 미래에 바뀔 수 있다.' 는 항목1에서 평균값이 4.27로 '매우 그렇다' 와 '그렇다' 라고 응답한 학생들이 각각 28명(38.4%)과 40명(54.8%)으로 나타났다. 이는 전체의 90%가 넘는 예비교사들이 구름원자모형이라는 현재의 과학지식이 미래에 바뀔 수 있다는 생각을 보여준다. 이러한 생각은 '구름원자모형은 바뀌지 않을 것이다' 라는 내용을 공통적으로 포함하는 항목3과 항목4에서도 일관성있게 나타났는데, 이 두 항목에 대한 평균값은 1.60과 1.71로 대부분의 학생들이 구름원자모형이 바뀌지 않을 것이라는 내용에 부정으로 답함으로, 예비교사들은 과학지식의 잠정성에 대해 잘 이해하고 있는 것으로 드러났다.

또한, 이런 과학지식의 잠정성과 함께 고려되어야 하는 과학지식의 견고성에 대해서 항목1과 항목2를 비교해 봄으로 응답자들의 생각을 살펴볼 수 있었다. 항목1 '구름원자모형이 체계적이고 견고하여 쉽게 변하지는 않을 것이나 바뀔 수는 있다' 는 과학지식의 잠정성과 견고성이 함께 고려된 문장인 반면, 항목2 '구름원자모형은 지금까지 원자모형이 계속 변해온 것처럼 쉽게 바뀌고 변할 것이다.' 는 과학지식의 잠정성에 좀 더 무게를 둔 문장이다. 이 항목에서 항목1은 4.27

표 3
과학지식(구름원자모형)의 잠정성에 관한 학생들의 응답

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
1	구름원자모형은 체계적이고 견고하여 쉽게 변하지는 않을 것이나, 미래에 바뀔 수 있다.	1	1	3	40	28	4.27 (0.54)	4.27
2	구름원자모형은 지금까지 원자모형이 계속 변해온 것처럼 쉽게 바뀌고 변할 것이다.	2	30	29	7	5	2.77 (0.85)	3.23
3	원자와 관련된 여러 현상들을 충분히 잘 설명해 주는 구름원자모형은 옳은 것으로 증명되었으므로 바뀌지 않을 것이다.	35	32	6	0	0	1.60 (0.41)	4.40
4	구름원자모형은 현재 대부분의 과학자들에 의해 인정되고 받아들여지는 모형이므로 바뀌지 않을 것이다.	28	39	5	1	0	1.71 (0.43)	4.29
5	과학자들이 기존의 원자와 관련된 과학지식들을 새롭게 해석함으로써 구름원자모형이 바뀔 수 있다.	1	0	12	40	20	4.07 (0.56)	4.07
6	기술이 발달하고 새로운 과학지식이 축적되면서 구름원자모형이 바뀔 수 있다.	0	1	4	40	28	4.30 (0.41)	4.30
7	구름원자모형이 잘못된 것으로 증명되면 바뀔 수 있다.	2	3	4	26	38	4.30 (0.91)	4.30

1: 매우아니다	2: 아니다	3: 보통이다	4: 그렇다	5: 매우그렇다

의 높은 평균값을 보인 반면, 항목2는 평균값이 2.77로 응답자들의 생각은 구름원자모형이 쉽게 바뀌지는 않을 것이라는 생각에 조금 더 가까운 것으로 나타났다. 다만, 항목2에서는 '보통이다'의 응답이 29명으로 다소 높게 나타났는데, 이는 구름원자모형의 잠정성만 너무 강조된 문장에서 응답자들은 혼란을 겪으며 쉽게 답하지 못하는 경향을 보였다.

항목5에서 항목7은 구름원자모형이 변할 수 있는 이유를 3가지로 나누어 제시되어 있는데, 항목5는 '기존의 원자와 관련된 과학지식들을 새롭게 해석함으로써 구름원자모형은 바뀔 수 있다'고 하였고, 항목6은 '기술이 발달하고 새로운 과학지식이 축적됨으로써', 항목7은 '잘못된 것으로 증명됨으로써' 구름원자모형이 바뀔 수 있다고 제시되어 있다. 각 항목에 대한 응답의 평균값을 살펴보면, 항목5가 4.07, 항목6이 4.30, 항목7이 4.30으로 모두 비슷하게 높은 값을 나타냈다. 이를 통해 우리나라 예비교사들의 대부분은 구름원자모형이 기존의 과학적 현상이나 지식들을 새로운 시각이나 기준으로 재해석하거나, 기술의 발달로 새로운 과학지식이 추가되고 축적되거나, 구름원자모형이 잘못된 것으로 증명되는 등의 다양한 이유에서 새로운 원자모형이 등장할 수 있다고 생각하였다. 이는 예비교사들이 과학지식의 변화가능성에 대해서 특정 하나의 이유나 관점을 가진다기 보다는 다양한 이유를 복합적으로 고려하는 것으로 해석할 수 있다.

또한, 항목5, 6, 7의 세 항목의 전체 평균값은 4.22로 이는 일반적인 용어를 사용하여 과학지식의 잠정성을 묻는 기존의 선행연구에서의 결과와 다소 차이를 보였다. 예를 들어, 홍미선(2010)이 4개의 사범대학교에서 예비교사들을 대상으로 chen(2006)이 개발한 VOSE(Views on Science and Education Questionnaire)를 이용한 연구에서도 본 항목과 유사한 과학지식의 잠정성과 관련된 세 항목의 평균값은 3.46으로 나타났다. 이는 본 항목들에서의 평균값이 기존의 연구들에 비해 다소 높게 나타났음을 의미한다. 이런 차이는 본 연구의 검사지에는 구름원자모형이라는 구체적인 사례가 주어짐으로 나타난 현상일 가능성이 높다. 즉, 일반적인 용어인 '모형'이나 '이론'이라는 단어보다 '구름원자모형'이라는 이미 응답자들이 학습한 경험이 있는 특정한 사례가 응답자들의 생각을 좀 더 쉽게 이끌어내어 과학지식의 잠정성에 대해 보다 강한 확신을 표하게 한 결과일 것이다.

문항2를 종합하여 살펴보면, 예비교사들은 구름원자모형과 같은 현재의 과학지식이 체계적이고 견고하여 쉽게 변하지는 않을 것이나 변할 수 있다는 점에 대부분 동의함으로 과학지식의 잠정성과 견고성을 동시에 잘 이해하는 것처럼 보인다. 또한, 과학지식의 변화가능성에 대해 다양한 이유들을 복합적으로 고려하는 경향을 보였다. 또한, 예비교사들은 '모형'이나 '이론'과 같은 일반적인 용어를 사용할 때보다 '구름원자모형'이라는 구체적인 사례를 사용하였을 때, 과학 지식의 잠정성에 대해 보다 강하게 확신하는 것처럼 보였다.

3) 과학에서의 주관성에 대한 인식

문항3은 러더퍼드와 톰슨이 각각 알파입자 산란실험을 수행한 이후, 서로 같은 실험 결과를 서로 다른 원자모형으로 설명할 수 있을지를 물음으로 과학에서의 주관적 본성에 대한 응답자들의 인식을 알아보기 위한 것이다. 항목1~2는 같은 실험 결과를 바탕으로 서로 다른 원자모형으로의 설명 가능성의 여부에 관하여, 항목3~5는 서로 다른 원자모형을 제시할 수 있는 이유에 관하여 다루고 있다.

전체 응답자들은 문항3에 포함된 5개의 항목에서 표4와 같이 응답하였다. 이 다섯 항목들의 전체 평균은 5점 만점에서 3.87로 과학지식의 잠정성에 관한 문항2 다음으로 높은 값을 나타냈으며, 항목5을 제외한 모든 항목에서 4.0를 넘거나 그에 가까운 코딩 평균값를 보였다.

세부항목을 살펴보면, '같은 실험 결과를 서로 다른 원자모형으로 설명할 수 없다'는 항목1과 항목2에서 평균값이 각각 2.03과 2.07로 나타났다. 이 두 항목에서 '매우 아니다'라고 응답한 학생은 각각 16명(21.9%)이며, '아니다'라고 응답한 학생은 각각 42명(57.5%), 39명(53.4%)으로 75%를 조금 넘는 학생들이 같은 실험 결과를 서로 다른 원자모형으로 설명할 수 있다고 인식했다. 이는 오필석(2009)의 모형에 관한 연구에서 대다수의 예비 초등교사들이 과학자들은 동일한 대상에 대하여 하나 이상의 모형을 가질 수 있다고 응답한 것이나, 이금희 등(2005)이 대학생들의 과학의 본성에 관한 인식 조사에서 과학자마다 연구대상이나 연구 방법이 다양하여 그 결과가 다르게 나

표 4
과학에서의 주관성에 관한 학생들의 응답

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
1	같은 실험결과는 한 원자모형에 의해서만 올바르게 설명될 수 있으므로, 서로 다른 원자모형으로 설명할 수 없다.	16	42	12	3	0	2.03 (0.55)	3.97
2	잘 훈련된 과학자인 러더퍼드와 톰슨은 자신의 주관을 배제하고 객관적으로 실험 결과를 해석하였을 것이므로 서로 다른 원자모형으로 설명할 수 없다.	16	39	15	3	0	2.07 (0.59)	3.93
3	두 과학자가 가진 연구를 수행하는 능력(문제해결력, 사고력 등)의 차이로 인해 같은 실험결과를 다르게 해석함으로써 다른 원자모형으로 설명할 수 있다.	0	7	13	37	16	3.85 (0.77)	3.85
4	두 과학자가 가진 이론적 배경 및 선지식의 차이로 인해 같은 실험결과를 다르게 해석함으로써 다른 원자모형으로 설명할 수 있다.	0	3	8	45	17	4.04 (0.51)	4.04
5	두 과학자가 가진 가치관 혹은 개인적 성향의 차이로 인해 같은 실험결과를 다르게 해석함으로써 다른 원자모형으로 설명할 수 있다.	4	8	16	34	11	3.55 (1.11)	3.55

1: 매우아니다	2: 아니다	3: 보통이다	4: 그렇다	5: 매우그렇다

올 수 있다는 항목에 대해 80% 이상의 학생들이 긍정적인 반응을 보인 것과 유사한데, 우리나라의 많은 예비교사들이 과학 지식의 다양성에 대해 어느 정도 이해하는 것으로 보인다. 하지만, 이런 다양성의 이유에 대해서는 서로 상반되는 결과가 나오고 있다. 예를 들어, 오필석(2009)의 모형에 관한 연구에서는 예비교사들이 모형을 만드는 사람들의 생각이나 관점에 따라 서로 다양한 모형이 존재할 수 있음을 비교적 잘 이해하고 있다고 하였으며, 김선영(2010)은 예비 과학교사를 대상으로 한 연구에서 같은 자료를 보고도 다른 결론에 도달하는 이유에 대해 약 70%의 학생들이 과학자들 자신의 배경 지식과 주관을 그 원인으로 응답함으로써 과학 지식의 주관적 본성에 대한 이해도가 높은 것으로 나타났다. 반면, Bryan et al.(2009)이 우리나라 예비교사들을 대상으로 한 연구에서는 50%가 넘는 참여자들이 증거의 부족이나 과학과 기술의 낮은 수준 때문에 과학자들이 같은 자료를 다르게 해석한다고 설명함으로써 과학지식의 주관적 본성에 대한 이해도가 낮은 것으로 나타났다. 본 연구에서 사용된 검사지는 문항3의 항목3에서 항목5에 같은 실험결과를 서로 다르게 해석할 수 있도록 하는 과학자들의 여러 요인들을 나누어 제시하고 있으며, 이를 통해 응답자들이 과학자의 여러 요인들 중 어디에 좀 더 무게를 두고 있는지를 살펴볼 수 있었다.

항목3 '두 과학자가 가진 연구를 수행하는 능력(문제해결력, 사고력 등)의 차이로 인해 같은 실험결과를 다르게 해석함으로써 다른 원자모형으로 설명할 수 있다' 의 평균값은 3.85로, '매우 그렇다' 와 '그렇다' 로 대답한 학생들이 각각 16명(21.9%), 37명(50.7%)으로 70%가 넘는 학생들이 이 항목에 동의하였다. 또한, 항목4 '두 과학자가 가진 이론적 배경 및 선지식의 차이로 인해 같은 실험 결과를 다르게 해석함으로써 다른 원자모형으로 설명할 수 있다.' 의 평균값은 4.04로 항목3 보다 높은 값을 나타냈으며, '매우 그렇다' 와 '그렇다' 를 응답한 학생들도 각각 17명(23.3%)과 45명(61.6%)으로 85%의 학생들이 이 항목에 동의하였다. 이는 학생들이 과학자가 자라고 훈련받은 이론적 배경에 따라 혹은 기존에 가지고 있던 지식이나 이론에 따라 같은 실험결과를 다르게 관찰하고 해석할 수 있다는 과학에서의 주관적 본성을 잘 이해하고 있는 것으로 보인다. 또한, 과학자의 주관적 요소 이외에 과학자의 연구 능력에 따라서도 해석의 차이가 발생할 수 있다는 인식을 동시에 가진 것으로 보인다.

반면, 항목5 '두 과학자가 가진 가치관 혹은 개인적 성향의 차이로 인해 같은 실험결과를 다르게 해석할 수 있다' 의 평균값은 3.55로 위의 두 항목들과 비교하여 다소 낮은 값을 나타냈다. 물론, 항목5에 '매우 그렇다' 라고 응답한 학생이 11명(15.1%), '그렇다' 라고 응답한 학생이 34명(46.6%)로 대략 60%의 학생들이

이 항목에 긍정적으로 응답함으로써 과학자가 가진 가치관이나 개인적 성향과 같은 주관적 요소들도 실험 결과의 해석에 영향을 줄 수 있음을 인식하고 있는 것으로 나타났다. 하지만, 항목5는 다른 항목들(항목3,4,)과 비교하여 '보통이다' (16명, 21.9%)와 부정(12명, 16.6%)의 응답률이 높았던 점도 주목해 볼 만 한다. 이는 과학자의 이론적 배경이나 선지식은 실험결과의 해석에 영향을 줄 수 있으나, 과학자의 가치관 혹은 개인적 성향과 같이 보다 주관적인 요소들은 실험결과의 해석에 영향을 줄 수 없다고 인식하는 학생들도 일부 존재함을 의미한다. 이런 학생들은 과학이 객관적이라서 과학자의 주관이 과학 활동에 관여할 수도 있다는 사실을 받아들이기 어려워하는 경향이 있는 것으로 여겨진다.

4) 추론과 상상력의 사용

문항4는 톰슨이 원자를 구성하는 전자의 존재를 알아가는 연구과정에서 자신의 상상력이나 추론을 사용할지를 물음으로 과학에서의 상상력과 추론의 사용에 대한 예비교사들의 인식을 알아보고자 하였다. 본 문항은 7개의 항목을 포함하며, 항목1은 과학연구에서 추론과 상상력의 사용여부에 관하여, 항목2와 항목3은 추론에 관하여, 항목4에서 항목7은 상상력에 관하여 좀 더 깊이있는 예비교사들의 응답을 알아보고자 하였다. 예비교사들의 응답결과는 표5에 제시하였으며, 문항4에서의 전체 평균은 3.65로 나타났다.

항목1 '톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 직접 눈으로 관찰하였으므로 상상력과 추론을 사용할 필요가 없었을 것이다.' 에서의 평균값은 1.79로 '매우 아니다' 와 '아니다' 라고 응답한 학생이 각각 24명(32.9%)과 41명(56.2%)으로 약 90%에 해당하는 대부분의 학생들은 톰슨의 연구에서 상상력과 추론이 사용될 필요가 있다고 응답하였다. 이는 김선영(2010)이 예비과학교사들을 대상으로 한 연구에서 95%의 학생들이 과학자는 창의력과 상상력을 사용한다는 결과와 유사하다.

항목2와 항목3은 과학자가 과학연구에서 논리적이고 체계적인 추론 뿐 아니라 비논리적이고 근거없는 도약적 추론의 사용 가능성에 대한 내용으로 과학자는 과학연구에서 최대한 객관성을 유지해야 하지만, 때로는 비논리적인 도약적인 추론이 과학 연구를 한층 전진시키는 계기가 되는 경우도 많다.

항목2의 '논리적이고 체계적인 추론의 사용 가능성' 에 대한 평균값은 4.01로 약 85%의 대부분의 응답자들이 이 항목에 동의하였다. 하지만, 항목3의 '비

표 5
과학자의 추론과 상상력의 사용에 관한 학생들의 응답

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
1	톰슨은 음극선 실험을 통해 전자를 직접 눈으로 관찰하였으므로 상상력과 추론을 사용할 필요가 없었을 것이다.	24	41	7	1	0	1.79 (0.44)	4.21
2	논리적이고 체계적인 추론을 사용하였을 수 있다.	1	2	8	46	16	4.01 (0.57)	4.01
3	비논리적이고 근거없는 도약적 추론을 사용하였을 수 있다.	6	21	23	20	3	2.90 (1.06)	2.90
4	상상력은 객관적이고 논리적인 과학연구와는 어울리지 않으므로, 톰슨은 상상력을 사용하지 않았을 것이다.	28	38	6	1	0	1.73 (0.45)	4.27
5	상상력의 사용은 과학연구의 객관성 및 신뢰성을 감소시킨다.	21	26	22	3	1	2.14 (0.87)	3.86
6	상상력의 사용은 과학 연구에서 최대한 자제하여야 하지만, 톰슨은 상상력을 불가피하게 사용하였을 것이다.	3	12	23	30	5	3.30 (0.94)	2.70
7	상상력은 과학 연구를 수행하는데 있어 필수적인 도구이므로, 톰슨은 상상력을 사용하였을 것이다.	2	5	25	30	11	3.59 (0.86)	3.59

1: 매우아니다	2: 아니다	3: 보통이다	4: 그렇다	5: 매우그렇다

논리적이고 근거없는 도약적 추론의 사용 가능성'에 대해서는 평균값이 2.90으로 응답자들의 견해가 다소 나눠지는 현상이 나타났다. 즉, 이 항목에 대해 '매우 그렇다'와 '그렇다'로 응답한 학생은 각각 3명(4.1%), 20명(27.4%)으로 약 30%가 넘는 학생들이 동의했으며, '매우 아니다'와 '아니다'로 응답한 학생은 각각 6명(8.2%), 21명(28.8%)으로 약 40%에 해당하는 학생들이 부정했고, 나머지 23명(31.5%)의 학생들은 '보통이다'에 응답하였다. 이는 여전히 많은 학생들이 과학은 객관적이어야 한다는 인식 때문에 비논리적이고 도약적 추론이 과학자에 의해 과학연구에 사용될 가능성에 대해서는 잘 인식하지 못하는 것으로 여겨진다.

상상력과 관련된 항목들을 구체적으로 살펴보면, 항목4 '상상력은 객관적이고 논리적인 과학연구와는 어울리지 않으므로, 톰슨은 상상력을 사용하지 않았을 것이다.'에서 평균값은 1.73이었는데, 이는 항목1과 같은 결과로 대부분의 응답자들이 톰슨의 연구에서 상상력의 사용에 동의하는 것으로 나타났다.

항목5에서 항목7을 통해서는 상상력이 과학연구에 미치는 영향과 상상력의 사용의 중요성에 대한 응답자들의 인식을 알아볼 수 있었다. 항목5 '상상력의 사용은 과학연구의 객관성 및 신뢰성을 감소시킨다.'에서 평균값은 2.14로써 많은 학생들은 상상력이 과학연구의 객관성 및 신뢰성을 감소시키는 것은 아니라는 응답을 하였다.

항목6 '상상력의 사용은 과학연구에서 최대한 자제하여야 하지만, 톰슨은 상상력을 불가피하게 사용하였을 것이다.'와 항목7 '상상력은 과학 연구를 수행하는데 있어 필수적인 도구이므로, 톰슨은 상상력을 사용하였을 것이다.'는 서로 대립되는 의미를 내포한다. 즉, 응답자들이 과학연구에서 사용되는 상상력을 과학자가 완벽히 피할 수 없기에 어쩔 수 없이 사용되는 부정적 존재로 여기는지, 혹은 과학연구에서 반드시 필요한 필수적인 도구로 여기는지를 알아볼 수 있었다. 각 항목에 대한 예비교사들의 응답을 살펴보면, 항목6의 평균값은 3.30, 항목7의 평균값은 3.59로 두 항목 모두에서 평균보다 높은 값이 나왔으며, 항목7이 항목6보다 다소 더 높은 값을 나타냈다. 항목6과 항목7에서의 학생 개인별 응답을 살펴보아도 항목7에 더 높은 리커트 값을 준 학생은 24명(32.9%), 항목6에서 더 높은 리커트 값을 준 학생 19명(26.0%)으로 상상력을 최대한 자제되어야 하는 불가피한 것이라기보다는 과학연구에서 매우 중요한 필수적인 도구로 인식하는 학생들이 조금 더 많았다. 하지만, 모순적이게도 항목7에 긍정의 응답을 한 학생들(매우 그렇다 : 11명(15.0%), 그렇다: 30명(41.15)) 중 절반은 항목6에도 역시 긍정으로 응답하는 결과를 보였다. 즉 응답자들은 과학연구에서 상상력은 필수적인 도구인 동시에 최대한 자제되어야 하는 불가피한 존재이기도 하다는 것으로 상상력에 대한 이중적인 생각을 지닌 것처럼 보인다. 이에 대한 해석을 위해 Bryan et al.(2009)과 김선영(2010)이 예비교사를 대상으로 한 연구를 고려해 볼 수 있다. 그들의 연구에서 과학자가 상상력을 사용한다고 응답한 예비교사들의 대부분이 상상력은 계획 및 설계, 자료를 모으기 전이나 이후 등의 특정 과정에 국한되어 사용되며, 모든 연구과정에서 상상력이 사용된다는 응답은 매우 적었다. 이는 여전히 많은 응답자들이 과학의 특정 과정에서는 상상력이 사용되지만, 또 다른 과정에서는 상상력을 사용하지 않고 객관적이어야 한다는 생각을 가지고 있는 것을 의미한다. 본 연구에서 응답자들이 상상력에 대해 이런 이중적 생각(최대한 자제되어야 함 – 필수적인 도구)을 드러낸 것도 이러한 맥락에서 생각해 볼 수 있을 것이다. 또한, 항목5에서 항목7에서는 '보통이다'의 응답이 각각 22명(30.1%), 23명(31.5%), 25명(34.2%)으로 높게 나타났다. 이는 응답자들이 과학연구에서의 상상력의 사용에 대해 논의하거나 생각해 볼 수 있는 교육적 기회가 부족함으로 인해 자신의 견해를 분명히 드러내지 못하고 혼란스러워하는 것으로 여겨진다.

종합적으로 살펴보면, 예비과학교사들의 대부분은 톰슨이 자신의 연구에서 상상력과 추론을 사용하였을 것으로 생각한다. 하지만, 논리적이고 체계적인 추론의 사용가능성에 대해서는 높은 동의를 보인 반면, 비논리적이고 도약적인 추론의 사용가능성에 대해서는 다소 부정의 응답을 보였다. 상상력은 과학연구에서 객관성과 신뢰성을 감소시키는 원인이라기보다는 필수적이고 중요한 도구로 생각한다. 하지만, 이런 생각과 함께 상상력은 과학 연구에서 최대한 자제되어야 하는 불가피한 존재로 여기는 경향도 나타남으로 여전히 과학 연구에서의 상상력과 추론의 사용에 대해 혼란스럽고 제한된 인식을 보이고 있다.

5) 보편적인 과학적 방법에 대한 잘못된 신념

문항5는 ‘과학자들의 연구방법은 어떠할까?’와 ‘톰슨, 러더퍼드, 보어는 실험들의 여러 연구과정을 거쳐 각각 자신의 원자모형을 제안하였다. 이 과정에서 톰슨, 러더퍼드, 보어의 연구 방법은 어떠했을까?’라는 두 질문을 통해 응답자들의 인식을 알아보고자 하였다. 항목1~2는 ‘과학자’라는 일반적인 용어를 사용하며, 항목3~6은 ‘톰슨, 러더퍼드, 보어’와 같은 특정 과학자를 제시하여 그들의 연구방법에 관한 내용을 다룬다. 전체 응답자들은 문항5에 포함된 6개의 항목에서 표6와 같이 응답하였다.

보편적인 과학적 방법에 대한 이 문항의 전체 평균은 2.47로 본 연구에서 사용된 검사지의 전체 문항 중에서 가장 낮은 평균값을 보였다. AAAS(1993)는 과학적 방법은 특정 연구 내용과 독립하여 기술하기 쉽지 않음을 밝히면서 과학자들이 항상 따라야 하는 고정된 단계는 없으며, 어떤 경로도 과학자들을 실수 없이 과학 지식으로 유도하지 않는다고 하였다. 하지만, 본 문항에 대한 낮은 평균값은 여전히 많은 예비교사들이 과학자는 보편적으로 사용하는 과학적 방법이 존재하며, 과학자들은 그런 방법을 통해 연구를 진행한다는 잘못된 오개념을 가지고 있음을 보여준다.

세부 항목을 살펴보면, 항목1과 항목2는 과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법의 유무에 관한 내용이다. 항목1 ‘과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법이 있다.’에서 평균값은 3.84로 다소 높게 나타냈으며, ‘매우 그렇다’와 ‘그렇다’로 응답한 학생이 각각 10명(13.7%)과 46명(63.0%)으로 전체 학생의 약 75%는 보편적으로 널리 사용되는 과학적 방법이 존재한다고 생각하였다. ‘과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법이 없다.’라는 항목2에서도 응답자들의 생각은 동일하고 안정적으로 나타났다.

항목3에서 항목6은 예비 과학교사들이 이미 학습한 경험이 있는 톰슨, 러더퍼드, 보어라는 특정 과학자를 대상으로 그들 모두 혹은 일부가 과학적 방법을 사용하였는지, 아니면 각자 자신의 연구에서 적합한 자신만의 방법을 고안하여 연구하였는지에 대한 내용을 포함한다.

항목3 ‘이들 모두는 보편적으로 사용되는 과학적

표 6
보편적인 과학적 방법에 관한 학생들의 응답

5-1. 과학자들의 연구 방법은 어떠할까?

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
1	과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법이 있다.	2	1	14	46	10	3.84 (0.61)	2.16
2	과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법이 없다.	13	35	21	2	2	2.25 (0.77)	2.25

5-2. 톰슨, 러더퍼드, 보어는 실험 등의 여러 연구과정을 거쳐 각각 자신의 원자모형을 제안하였다. 이 과정에서 톰슨, 러더퍼드, 보어의 연구 방법은 어떠했을까?

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
3	이들 모두는 보편적으로 사용되는 과학적 방법을 따라 연구하였을 것이다.	3	20	26	20	4	3.03 (0.94)	2.97
4	이들 중 일부는 보편적인 과학적 방법을 따랐을 수 있고, 일부는 그렇지 않을 수도 있다.	1	0	9	44	19	4.10 (0.50)	1.90
5	이들 과학자들이 각자 연구하는 과정에서는 다양한 방법들을 사용하였을지라도, 자신의 연구결과를 검증하고 확정하기 위해서는 결국 보편적인 과학적 방법을 따랐을 것이다.	1	11	20	35	6	3.47 (0.81)	2.53
6	보편적인 과학적 방법은 없으므로, 이들 모두는 각자 연구에 적합하다고 여겨지는 고유한 연구방법을 사용하였을 것이다.	5	17	27	19	5	3.03 (1.05)	3.30

1: 매우아니다	2: 아니다	3: 보통이다	4: 그렇다	5: 매우그렇다

방법을 따라 연구하였을 것이다.' 에서 응답자들은 '매우 그렇다' 가 4명(5.5%), '그렇다' 가 20명(27.4%)으로 약 33%에 해당하는 학생들이 동의하였다. 하지만, 위의 항목1이나 항목2에서 과학자들이 보편적인 과학적 방법을 사용한다고 응답한 학생들 중 항목3에서는 '보통이다' (22명-30.1%)와 부정(12명-16.4%)에 응답한 학생들이 많았다. 즉, 이런 학생들은 보편적인 과학적 방법이 존재하지만, 톰슨, 러더퍼드, 보어라는 특정 대상이 주어졌을 때 이들 모두가 보편적인 과학적 방법을 사용한다고 생각하지는 않았다. 이는 항목1과 항목2와 같은 일반적 유형의 문장과는 달리 항목3에서는 특정 대상이 포함됨으로 인해 예비교사들이 좀 더 구체적으로 과학자의 연구방법에 대해 생각해 볼 수 있는 기회가 주어졌기 때문일 수 있다.

항목4 '이들 중 일부는 보편적인 과학적 방법을 따랐을 수 있고, 일부는 그렇지 않을 수도 있다.' 는 문항5에 포함된 항목들 중 가장 높은 평균값인 4.10이 나왔다. 이 항목에 대해 응답자들은 꽤 높은 동의를 표했는데, 이는 일반적으로 보편적인 과학적 방법이 존재하긴 하지만, 모든 과학자들이 이 방법을 사용한다기 보다는 일부의 과학자들에 의해 사용되며, 경우에 따라서는 이 방법을 사용하지 않을 수도 있다는 생각을 보여 주었다. 이러한 결과는 '두루 널리 사용된다' 는 의미를 지닌 보편적이라는 용어와는 다소 모순되는 듯 보이는데, 이는 '보편적인 과학적 방법' 에 대한 다양한 해석에서 기인하였을 수 있다. 우리나라에선 과학의 본성과 관련하여 가장 널리 퍼져있는 오개념인 '과학적 방법' 에 대한 연구가 매우 미비한 편이지만, 조정일 등(1996)의 연구에 의하면 과학교사들은 과학적 방법을 다양한 의미로 정의하고 있음을 알 수 있다. '보편적인 과학적 방법' 이라는 용어에 대한 다양한 해석과 관련하여 좀 더 연구가 필요해 보인다.

항목5 '이들 과학자들이 각자 연구하는 과정에서는 다양한 방법들을 사용하였을지라도, 자신의 연구결과를 검증하고 확정하기 위해서는 결국 보편적인 과학적 방법을 따랐을 것이다.' 에서 평균은 3.47로, '보편적인 과학적 방법을 따랐을 것이다.' 라는 내용을 공통적으로 포함하고 있는 항목3, 항목4, 항목5 모두에서 응답자들은 3점 이상의 평균값을 보여줌으로 보편적인 과학적 방법에 대한 믿음을 보여주었다.

항목6은 위 항목들과는 달리 '보편적인 과학적 방법은 없으며, 이들 모두는 각자 연구에 적합하다고 여겨지는 고유한 연구 방법을 사용하였을 것이다.' 라는 올바른 인식을 표현하는 내용이다. 본 항목에서의 평균값은 3.03으로 응답자들의 생각이 다소 나눠지는 경향성을 보였다. '매우 그렇다' 와 '그렇다' 라고 응답한 학생은 각각 5명(6.8%)과 19명(26.0%)이었으며, '보통이다' 에 응답한 학생이 27명(40.0%)으로 많은 비율을 차지했으며, '매우 아니다' 와 '아니다' 라고 응답한 학생이 5명(6.8%)과 17명(23.3%)으로 나타났다. 특히, 항목1의 '과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법이 있다.' 는 일반적인 문장에 대해 긍정으로 응답한 학생들 중 '보편적인 과학적 방법이 없으므로, 고유한 연구방법을 사용하였을 것' 이라는 항목6에서 '보통이다' (19명)나 긍정(17명)으로 응답한 학생들이 상당수 존재하였다. 이는 항목6의 경우, 톰슨, 러더퍼드, 보어라는 특정 과학자가 등장함으로 인해 응답자들이 좀 더 구체적으로 과학자들의 연구 방법에 대해 고민해 보게 되고, 그 결과 일반적인 문장에서와는 다른 응답을 나타내게 된 것이다. 이런 학생들의 응답결과는 간단히 해석할 수는 없어 보인다. 즉, 일반적인 문장에서의 응답과 특정 예가 주어진 경우에서의 응답 차이는 실제 응답자를 대상으로 보다 깊이 있는 인터뷰를 통해 살펴보아야 할 것으로, 어느 응답이 실제 응답자의 생각을 더 잘 반영하는 것인지는 쉽게 판단할 수 없다. 다만, 이런 일관성이 없는 응답결과와 보편적인 과학적 방법에 관한 본 문항이 설문지의 다른 문항들에 비해 '보통이다' 의 응답률이 높게 나타난 현상을 같이 생각해 볼 때, 응답자들은 과학자들의 연구 방법에 대해 다소 혼란스러워 하는 것으로 보인다.

종합하면, 대체적으로 대부분의 학생들은 보편적인 과학적 방법이 존재한다고 생각하였다. 하지만, 보편적인 과학적 방법에 대해 동의한 학생들 중 상당수는 톰슨, 러더퍼드, 보어라는 특정 대상이 주어졌을 때, 이들 모두가 보편적인 과학적 방법을 사용하지는 않으며, 이들 각자는 자신의 연구에 적합한 고유한 연구방법을 고안하고 사용할 것이라는 생각을 가진 것으로 나타났다.

6) 과학과 예술의 비교

문항6은 시각 예술의 하나인 피카소의 작품을 원자모형과 비교함으로써 과학이 지닌 창조와 구성, 미학의 측면 등에 대한 응답자들의 내재된 생각을 알아보

기 위한 것으로, 문항의 내용은 다음과 같다.

(문항6) 다음 그림은 피카소의 의자에 앉은 여인을 모델로 하여 그린 그림으로, 모델에게서 느껴지는 행복한 마음을 밝고 아름다운 원색으로 표현한 작품이다. 일반적으로 이 피카소의 작품은 예술로, 보어의 원자모형은 과학으로 여겨진다. 피카소의 작품과 보어의 원자 모형은 무엇이 같고, 무엇이 다른가?

본 문항은 6개의 세부항목을 포함하는데, 항목 1,3,4,5는 과학과 예술이 지닌 창조와 구성의 측면에 관하여, 항목2는 예술과 다른 과학의 측면에 관하여, 항목6은 과학에서의 미적 측면에 관하여 다룬다. 예비교사들의 문항6에 대한 응답 결과는 표7에 제시하였으며, 이 문항에서의 전체 평균은 3.36으로 나타났는데, 이는 보편적인 과학적 방법에 관한 문항5를 제외하고 가장 낮은 값을 보였다.

세부항목을 살펴보면, 항목1 '보어의 원자모형은 자연에 실재하는 원자의 모습을 '발견(discover)' 하고자 한 것이고, 피카소의 작품은 인간의 내면에 존재하는 심성에 따라 '창작(Create)' 된 것이다.' 의 평균값은 3.73으로 많은 학생들(매우그렇다-15명,20.5%; 그렇다-36명,49.3%)이 이 항목에 동의하였다. 이는 조정일 등(1996)이 과학교사를 대상으로 한 연구에서 참여자의 약 85%가 과학이론은 발견된다고 한 것이나, Ibrahim *et al.*(2009)이 대학생들을 대상으로 한 연구에서 많은 학생들은 자연의 법칙이 발견되기 위하여 이미 자연에 존재해 왔다고 응답한 것과 일맥상통하는 것으로, 여전히 많은 예비교사들은 과학이론이 과학자에 의해 발견되기까지 자연 속에 존재해 왔으며, 과학자가 마치 물건처럼 이미 존재하는 이론을 발견한다는 존재론적 입장을 가진 것으로 나타났다. 하지만, AAAS(1993)는 과학 이론의 형성이 발명적임을 분명히 기술하고 있는데, 세계가 어떻게 운행하는지를 상상하여 이론을 발명하고, 그 다음 그 설명체계가 실제 세계를 잘 설명하는지를 검증해보는 과정은 시를 짓고 작곡을 하고, 첨단의 건축물을 설계하는 것 만큼 창의적이다 라고 표현하면서 과학 이론이 인간에 의한 창작물임을 설명하고 있다.

항목2 '보어의 원자모형은 경험적 관찰이나 실험, 증거를 통해 그 모형이 지지되어야 하지만, 피카소의 작품은 그럴 필요가 없다.' 에서 응답자들은 3.88의 높은 평균값을 보여주었다. 이는 많은 예비교사들이 과학은 예술과 달리 자연세계의 관찰로부터 이끌어지는 것으로 경험적 관찰이나 실험, 증거를 통해 그 유용성이 지지되어야 함을 잘 이해하고 있는 것(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998)으로 보인다.

문항 1과 2의 결과 분석에 있어서 리커트 결과를 두

표 7
과학과 예술의 비교에 관한 학생들의 응답

	항목	1	2	3	4	5	평균 (분산)	코딩 평균
1	보어의 원자모형은 자연에 실재하는 원자의 모습을 '발견(discover)' 하고자 한 것이고, 피카소의 작품은 인간의 내면에 존재하는 심성에 따라 '창작(Create)' 된 것이다.	1	11	10	36	15	3.73 (1.01)	2.27
2	보어의 원자모형은 경험적 관찰이나 실험, 증거를 통해 그 모형이 지지되어야 하지만, 피카소의 작품은 그럴 필요가 없다.	1	6	11	38	17	3.88 (0.83)	3.88
3	보어의 원자모형과 피카소의 작품 모두에서 상상력과 창의성은 매우 중요한 요소이다.	0	2	8	41	22	4.14 (0.51)	4.14
4	보어의 원자모형과 피카소의 작품은 모두 인간이 자기 나름의 방식대로 자연을 설명하고 해석하는 인간정신의 산물이다.	1	3	17	33	19	3.90 (0.78)	3.90
5	보어의 원자모형은 보어가 없어도 누군가에 의해 그 원자모형이 밝혀졌을 것이나, 피카소의 작품은 피카소가 없었다면 그려지지 못했을 것이다.	8	24	14	14	13	3.00 (1.69)	3.00
6	피카소의 작품은 아름다움(aesthetics)을 추구하지만, 보어의 원자모형은 아름다움과는 상관이 없다.	10	12	24	18	9	3.05 (1.47)	2.95

1: 매우아니다	2: 아니다	3: 보통이다	4: 그렇다	5: 매우그렇다

문장 전체에 대한 동의 정도로 해석하였다. 그러나 문항 1과 2의 경우 두 문장으로 이루어져 있어 각각의 문장 중 일부는 동의하고 일부는 동의하지 않는 경우가 있을 수 있다. 리커트 검사 결과로 응답자가 어느 부분에 동의하고 동의하지 않는지 명확하게 알 수 없는 한계가 있어 다른 해석의 여지가 있을 수 있다.

항목3과 항목4는 과학과 예술의 공통점에 관한 항목으로 항목3 '보어의 원자모형과 피카소의 작품 모두에서 상상력과 창의성은 매우 중요한 요소이다.' 에서 평균값은 4.14이며, 항목4 '보어의 원자모형과 피카소의 작품은 모두 인간이 자기 나름의 방식대로 자연을 설명하고 해석하는 인간정신의 산물이다.' 의 평균값은 3.90으로 두 항목 모두에서 높은 값이 나왔다. 이는 항목1에서의 결과와는 다소 모순적으로 보이나, 응답자들은 항목1과 항목3,항목4 모두에서 높은 동의를 보였다. 실제로 항목1에서 동의를 나타낸 학생들 중 항목3과 항목4에도 동의를 나타낸 학생은 34명(46.6%)으로 상당수의 학생들이 과학이론은 발견되기 위해 자연 속에 존재해 있었다는 존재론적 관점을 가진 동시에 인간의 상상력과 창의성이 반영되며 인간에 의해 만들어지고 구성되는 인간정신의 산물이라는 구성주의적 관점을 혼재하여 가진 것으로 나타났다. 이는 본 연구에서 모형에 관한 인식과 관련된 문항1에서의 결과와 일맥상통한다.

항목5 '보어의 원자모형은 보어가 없어도 누군가에 의해 그 원자모형이 밝혀졌을 것이나, 피카소의 작품은 피카소가 없었다면 그려지지 못했을 것이다.' 와 항목6 '피카소의 작품은 아름다움(aesthetics)을 추구하지만, 보어의 원자모형은 아름다움과는 상관이 없다.' 에서 평균값은 각각 3.00과 2.95로 응답자들의 견해가 다소 나눠지는 경향을 보였다. 특히 과학이론의 미적 측면과 관련된 항목6에서 응답자들은 '매우 그렇다' 가 9명(12.3%), '그렇다' 가 18명(24.7%)로 약 37%의 학생들이 동의했으며, '보통이다' 가 24명(32.9%), '매우 아니다' 와 '아니다' 가 각각 10명(13.7%)과 12명(16.4%)로 약 30%가 부정의 의견을 보여 과학이 지닌 심미성에 대해서는 긍정과 부정이 거의 비슷한 수준으로 나타났다.

문항6을 종합하여 볼 때, 많은 응답자들은 보어의 원자모형이 자연 속에 실존하는 원자의 모습을 발견한 것이라는 존재론적 관점과 과학자의 상상력과 창의성이 반영되어 인간 나름의 방식대로 자연을 설명하고 해석한 것이라는 구성주의적 관점을 동시에 지닌 것으로 나타났다. 또한, 원자모형과 같은 과학이론은 경험적 관찰이나 실험, 증거를 통해 그 유용성이 지지될 필요가 있다는 과학지식의 경험적 본성에 대해서는 어느 정도 이해하는 것으로 보여지나, 과학의 심미적 측면에 대해서는 양분된 인식을 보여주었다.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 '원자모형' 이라는 과학지식을 사용한 검사지를 이용하여 예비 중등과학 교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 조사하였다. 예비 교사들은 원자모형은 실제 원자의 모습을 최대한 비슷하게 표현해야 한다는 존재론적 관점과 과학자의 상상력과 창의성을 바탕으로 만들어진 것이라는 구성주의적 관점을 혼재하여 가지고 있었다. 그리고 구름원자모형의 예를 사용하여 조사된 과학지식의 잠정성과 톰슨과 러더퍼드의 알파입자 산란실험의 예를 사용하여 조사된 과학지식의 주관성에 대해서 예비 교사들은 비교적 잘 이해하고 있는 것으로 나타났으며, 과학지식이 변할 수 있는 이유나 같은 실험 결과를 서로 다르게 해석할 수 있는 이유에 대해서는 특정 하나의 이유나 관점을 가지기 보다는 다양한 이유를 복합적으로 고려하는 것으로 나타났다. 또한, 예비 교사들의 대부분은 톰슨이 전자의 존재를 알아가는 것과 같은 과학 연구에서 추론과 상상력이 사용될 필요가 있다는 점도 잘 이해하고 있었다. 그러나, 과학 연구에서 때론 비논리적이고 도약적인 추론이 사용될 수도 있다는 점은 잘 이해하지 못하였으며, 과학 연구에서 상상력이 매우 필수적이고 중요한 도구라는 생각과 동시에 최대한 자제하여 사용되어야 하는 필수불가결한 존재라는 생각을 동시에 가지고 있는 것으로 나타났다. 예비 교사들은 보편적인 과학적 방법과 관련하여 가장 부적절한 인식을 보였는데, 대부분의 예비 교사들은 과학자들이 사용하는 보편적인 과학적 방법이 존재한다고 생각하였으며, 모든 과학자들은 아니지만 일부의 과학자들에 의하여 그 방법이 사용되고 있다고 여겼다. 하지만, 이러한 생각과 동시에 구체적인 과학자들의 예가 주어졌을 때, 과학자들은 자신의 연구에 가장 적합하다고 여겨지는 방법을 스스로 고안하여 사용한다는 생각을 혼재하여 가지고 있는 예비교사들도 상당수 존재하였다. 보어의 원자모형과 피카소의 작품

을 예로 들어 과학과 예술을 비교하는 관점에서 예비교사들은 과학에서도 예술과 마찬가지로 상상력과 창의성이 매우 중요하며, 과학 역시 인간에 의해 구성된 인간정신의 산물이라는 점을 잘 이해하는 것으로 나타났다. 그러나 또 다른 한편으로 과학은 자연 속에 존재해 오던 이론이나 법칙을 발견(discover)한 것인 반면 예술은 창작된 것이라는 바람직하지 못한 인식을 혼재하여 가지고 있었으며, 과학이 지닌 미적 측면에 대해서도 바르게 인식하지 못하였다. 이상에서와 같이 예비 중등과학교사들은 과학의 본성에 대한 몇몇 영역에서 올바른 인식을 보였다 할지라도, 다른 여러 영역들에서 혼재된 관점들을 보임으로 자신만의 뚜렷한 주관을 가지지 못한 것으로 나타났다. 이에 예비 교사들이 과학의 본성에 대해 깊이있는 생각을 해 볼 만한 시간 및 자신의 주관을 형성할 만한 충분한 기회를 제공할 수 있는 학습의 기회가 주어져야 할 것으로 생각된다.

'원자모형' 및 '원자모형과 관련된 사례' 라는 구체적인 예를 사용하여 과학의 본성에 대한 응답자들의 인식에 접근한 본 연구의 결과는 기존의 '이론', '모형' 과 같은 일반적인 용어를 사용하여 응답자들의 과학의 본성에 대해 조사한 기존의 선행 연구들과 몇몇 영역에서 차이를 보였다. 과학지식의 잠정성과 관련하여 본 연구 결과를 홍미선의 연구와 비교해 보면, '과학 이론' 이나 '모형' 이라는 일반적인 용어를 사용하였을 때보다 '구름원자모형' 이라는 구체적인 예를 사용하였을 때 응답자들은 '과학지식이 변할 수 있다' 는 생각에 좀 더 강한 동의를 나타냈다. 보편적인 과학적 방법과 관련하여 보편적인 과학적 방법이 있느냐는 일반적인 물음에 대해 많은 예비교사들은 보편적인 과학적 방법이 존재한다는 잘못된 신념을 보여주었다. 그러나 이런 응답을 한 예비교사들 중 상당수는 톰슨, 러더퍼드, 보어라는 특정 과학자가 주어졌을 때 보편적인 과학적 방법은 없으며, 그들은 모두 자신의 연구에 적합한 방법을 고안하여 연구할 것이라는 좀 더 바람직한 내면의 또 다른 생각을 드러냈다.

비록, 본 연구에서 사용된 검사지가 포함하는 과학의 본성 관점을 연구 방법 및 연구대상, 각 관점에 포함된 세부항목들의 내용 차이 등으로 인해 기존의 선행연구들과 모두 비교해 볼 수는 없었지만, 원자 모형과 관련된 특정 과학지식이나 인물들을 제시하는 것과 같이 보다 구체적인 상황 및 지식을 가지고 과학의 본성에 접근하였을 때 응답자들은 기존의 '과학 이론', '과학적 모델' 등과 같은 일반적인 용어를 사용하였을 때와는 다소 다른 양상을 드러내는 부분이 존재하였다. 이것은 특정 과학 지식과 관련한 상황에서 학생들의 과학의 본성에 대한 인식이 달라질 수 있음을 의미한다. 그러나 이 연구만으로는 구체적인 사례들에 따라 과학의 본성에 대한 인식이 달라질 수 있는지 단언하기는 어렵다. 조금 더 면밀하게 학생들의 과학의 본성에 대한 인식이 과학의 본성과 관련된 일반적인 용어들의 이해 부족에서 오는 어려움 때문인지, 또한 여러 가지 구체적인 과학적인 상황이나 지식 등은 과학의 본성에 대한 인식에 어떠한 영향을 미치는지 조사 연구되어질 필요가 있다.

추후 원자 모형이라는 과학 지식 뿐 아니라 다른 과학지식을 사용하여 과학의 본성에 접근하는 연구들이 행해짐으로, 특정 과학지식과 관련하여 응답자들이 가지고 있는 복잡하고 다양한 과학의 본성에 대한 인식을 살펴볼 수 있다. 이러한 시도는 과학의 본성에 대한 이해가 구체적인 과학지식에 적용되어 어떻게 이해되고 있는지를 보다 정확하게 알아 볼 수 있는 기회를 제공할 것이며, 이는 과학의 본성이 교과 내용 속에서 구체적으로 다뤄질 수 있도록 하는데 좋은 참고자료가 될 것이다.

국문 요약

이 연구는 원자모형 사례를 이용한 과학의 본성 검사지를 사용하여 중등예비 과학교사들이 가지고 있는 과학의 본성에 대한 인식이 '원자모형' 이라는 과학지식과 관련되어 어떻게 드러나는지를 살펴보고, 기존의 선행연구와 비교해 보았다. '모형에 관한 인식', '과학지식의 잠정성', '과학에서의 주관성', '추론과 상상력의 사용', '보편적인 과학적 방법에 대한 잘못된 신념', '과학과 예술의 비교' 라는 6 관점을 조사하였다. 연구결과, 예비과학교사들은 과학지식(구름원자모형)의 잠정성, 과학에서의 주관성(톰슨과 러더퍼드의 알파입자 산란실험에 대한 해석)에 대해 비교적 잘 이해하고 있는 것으로 나타난 반면, 보편적인 과학적 방법과 관련하여 가장 바람직하지 못한 인식을 드러냈다. 모형(원자모형)에 관한 인식과 과학(보어의 원자모형)과 예술(피카소의 작품)을 비교하는 영역에

서는 존재론적 관점과 구성주의적 관점이 혼재되어 나타났으며, 과학연구에서 상상력의 사용은 필수적인 동시에 최대한 자제되어야 한다는 다소 모순된 생각을 보여줬다.

'모형' 이나 '과학이론' 과 같은 일반적인 용어를 사용하여 조사된 기존의 선행연구들을 본 연구결과와 비교한 결과, 과학지식의 잠정성에 대해 보다 높은 긍정을 나타내게 했으며, 과학자의 연구방법에 대해 구체적인 과학자를 제시하였을 때, 응답자들은 좀 더 바람직한 인식을 드러내는 경향을 보였다.

주요어 : 과학의 본성, 원자 모형, 과학과 예술, 인식 조사

참고문헌

강순민, 임재항, 김경대 (2006). 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 26(6), 743-752.

교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정. 서울: 교육부.

김문환 (1995). 과학과 예술의 비교 ; 창조적 과정을 중심으로. 과학사상, 13, 7-23.

김선영 (2010). 예비 과학교사의 과학의 본성에 대한 인식 조사: 생물과 비생물 교사와의 비교. 한국과학교육학회지, 30(2), 206-217.

김영수, 곽대오, 성민웅 (2002). 과학의 본성에 대한 고등학생들의 견해. 한국생물교육학회지, 30(1), 1-12.

백성혜 (2006). 과학 교과서에 제시된 아보가드로 가설과 법칙에 관한 설명의 문제점. 과학 철학, 9(2), 159-184.

소원주, 김범기, 우종옥 (1998). 중등학교 학생들의 과학의 본성 개념을 측정하기 위한 도구 개발. 한국과학교육학회지, 18(2), 127-136.

오필석 (2009). 과학과 과학 교육에서 사용되는 모델에 관한 예비 초등 교사들의 인식. 초등과학교육, 28(4), 450-466.

이금희, 박현주 (2005). 과학적 소양의 관점에서 본 대학생들의 과학의 본성에 대한 이해. 한국과학교육학회지, 25(3), 390-399.

임재항, 강순민, 공영태, 최병순, 남정희 (2004). STS에 대한 고등학생들의 견해에 관한 평가도구 개발. 한국과학교육학회지, 24(6), 1143-1157.

조정일, 주동기 (1996). 과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사. 한국과학교육학회지, 16(2), 200-209.

차정호, 김영희, 노태희 (2004). 과학적 모델에 대한 중 고등학생들의 견해. 대한화학회, 48(6), 638-644.

홍성욱 (2005). 과학과 예술: 그 수렴과 접점을 위한 시론. 과학기술학연구, 5(1), 1-30.의 본성에 대한 이해의 발달. 한국과학교육학회지, 29(2), 221-239.

홍미선 (2009). 예비 지구과학 교사들의 과학 본성에 대한 학년에 따른 견해. 한국교원대학교 석사학위논문.

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The NOS and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science Education*, 82, 417-436.

Aikenhead, G. S., Fleming, R. W., & Ryan, A. G. (1987). High-school graduates' beliefs about science-technology-society. I. Methods and issues in monitoring student views. *Science Education*, 71, 145-161.

Akerson, V. L., Abd-El- Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of NOS. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(4), 295-317.

American Association for the Advancement of Science. (1989). Project 2061: Science for all Americans. New York: Oxford University Press.

American Association for the Advancement of Science. (1993). Benchmarks for science literacy: A Project 2061 report. New York: Oxford University Press.

An, Y. et. al (2010). Development of views on science questionnaire on the basis of experienced scientific knowledge atomic model, *submitted in Journal of Research in Science Teaching*.

Bauer, H. H. (1994). Scientific literacy and the myth of the scientific method. Champaign, IL : University of Illinois Press.

Billeh, V. Y., & Hasan, O. E. (1975). Factors influencing teachers' gain in understanding the NOS. *Journal of Research in Science Teaching*, 12(3), 209-219.

Brickhouse, N. W. (1989). The teaching of the philosophy of science in secondary classrooms: Case studies of teachers' personal theories. *International Journal of Science Education*, 11(4), 437-449.

Bryan, L. A., Seung, E. & 남정희 (2009). Korean pre-service teachers' understanding about the nature of science(NOS). 한국과학교육학회지, 29(3), 314-328.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. (1989). An experiment is when you try it and see if it works: A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, 11 (Special issue), 514-529.

Chen, S. (2006). Development of an instrument to assess views on NOS and attitudes toward teaching science (VOSE). *Science Education*, 90, 803-819.

Cooley, W., & Klopfer, L. (1963). The evaluation of specific educational innovations. *Journal of Research in Science Teaching*, 1(1), 73-80.

Cotham, J., & Smith, E. (1981). Development and validation of the conceptions of scientific theories test. *Journal of Research in Science Teaching*, 18, 387-396.

Engler, G. (1990). Aesthetics in science and in art. *The British Journal of Aesthetics*, 30, 24-31.

Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practicing secondary school science teachers' knowledge and beliefs about the philosophy of science. *Science Education*, 75(1), 121-133.

Ibrahim, B., Buffler, A., & Lubben, F. (2009). Profiles of freshman physics students' views on the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 248-264.

Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1369-1386.

Kang, S. J., Scharmann, L. C., & Noh, T. H. (2005). Examing Students' views on the NOS results from korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89(2), 314-334.

Lantz, O. & Kass, H. (1987). Chemistry teachers' functional paradigms. *Science Education*, 71, 117-134.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of NOS questionnaire toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of NOS. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.

Lederman, N. G., Farber, P. L., Abd-El-Khalick, F., & Bell, R. L. (1998). The myth of the scientific method and slippery debates in the classroom: A response to McCreary. The Oregon Science Teacher, 39(4), 24-27.

Lederman, N. G., & O'Malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74, 225-239.

Meichtry, Y. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 389-407.

Miller, A. I. (1995). Aesthetic, representation and creativity in art and science. Leonardo, 28, 185-192.

National Research Council. (1996). National

science education standards. Washington, DC: National Academic Press.

Shapin, S. (1996). The scientific revolution. Chicago : The University of Chicago press.

Solomon, J., Duveen, J., & Scot, L. (1994). Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.

Solomon, J., Scott, L., & Duveen, J. (1996). Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80(5), 493-508.

Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2002). Students' understanding of the role of scientific models in learning science. *International Journal of Science Education*, 24(4), 357-368.

Van Driel, J. F.& Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153.

Welch, W. W., & Pella, M. O. (1967-1968). The development of an instrument for inventorying knowledge of the processes of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 5, 64.

Wilson, L. (1954). A study of opinions related to the NOS and its purpose in society. *Science Education*, 38, 159-164.