



예비 과학 교사의 과학, 과학 학습, 과학 교수에 대한 인식론적 신념: 인식론적 신념의 맥락 의존성

윤혜경^{1*}, 강남화², 김병석³

¹춘천교육대학교, ²한국교육대학교, ³루즈벨트대학교

Pre-service Science Teachers' Epistemological Beliefs about Scientific Knowledge, Science Learning, and Science Teaching: Context Dependency of Epistemological Beliefs

Hye-Gyoung Yoon^{1*}, Nam-Hwa Kang², Byoung-Sug Kim³

¹Chuncheon National University of Education, ²Korea National University of Education, ³Roosevelt University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 November 2014

Received in revised form

9 December 2014

24 December 2014

8 January 2015

Accepted 13 January 2015

Keywords:

epistemological beliefs,
pre-service science teachers,
science learning,
science teaching,
conceptual change

ABSTRACT

This study examined pre-service secondary physics teachers' epistemological beliefs about scientific knowledge, science learning, and science teaching in two different science content topics, Lamarckism and the impetus theory. Two sets of open-ended questionnaires, for each of the topics respectively, were developed in the same format. The pre-service teachers completed the questionnaires at one month intervals. The beliefs were analyzed in two dimensions, knowledge justification and knowledge change for each belief area. The findings show that the majority of pre-service teachers held sophisticated epistemological beliefs about scientific knowledge regardless of content topics. On the other hand, more pre-service teachers exhibited sophisticated beliefs about science learning in the context impetus theory than Lamarckism. In the area of science teaching, the majority of pre-service teachers demonstrated a sophisticated view in knowledge justification but a naive view in knowledge change. When consistency across science topics and belief areas were examined, few pre-service teachers held consistent epistemological beliefs across all topics and areas. The difference in the levels of sophistication in belief areas showed that the pre-service teachers did not connect their epistemological beliefs about science knowledge to their ideas about science teaching and learning. This disconnection seems to make the consistency across topics and areas complicated. The difference in epistemological beliefs about science learning and teaching between two science topics need further inquiry. Implications for teacher education are offered.

1. 서론

‘신념’의 사전적 의미는 ‘판단·주장의견 따위를 진리라고 생각하는 마음의 상태’ 혹은 ‘자기 생각을 굽히거나 의심하지 않으려는 의지 또는 정신적 태도’이다(Education research institute of Seoul national university, 1994). 신념은 철학, 심리학, 사회학 등의 다양한 분야에서 연구되고 있으며 연구자에 따라 다양한 의미로 사용되므로 그 정의를 단언하기 어렵지만 일반적으로 지식보다는 정의적, 감정적 측면이 강하며 지식과 독립적으로 작동하는 것으로 여겨진다(Nespor, 1987). 또한 행동에 대해 지식보다 더 강력한 예언자 역할을 하는 것으로 여겨진다(Pajares, 1992). 인식론이 지식의 본질과 기원, 지식 습득의 방법과 한계, 정당화의 근거에 관해 탐구하는 철학의 한 영역이라면, 인식론적 신념은 그에 대한 개인의 신념을 의미한다(Hofer, 2000). 즉 ‘인식론적 신념’이란 지식이란 무엇인지, 인간이 어떻게 지식을 얻게 되는지에 대한 개인적 믿음(Hofer & Pintrich, 2002)을 의미한다.

과학 교사는 과학 지식을 다루는 사람이므로 과학 교사가 과학 지식에 대해 어떠한 신념을 가지는가에 따라 그 교수 행동이 달라질 것이라

고 가정하는 것은 자연스럽게 보인다. 따라서 그동안 교사교육 분야에서는 교사의 신념이 교수 행동과 밀접한 관련이 있을 것이라는 가정 하에 교사의 신념에 대한 연구가 많이 이루어져 왔는데 특히 과학에 대한 인식론적 신념과 교수 실제의 관계에 관한 연구가 많이 이루어져 왔다. 그러나 교사의 과학에 대한 인식론적 신념 및 인식론적 신념과 교수 행동 사이의 관계에 대한 국내외의 연구들은 상반된 결과들을 제시하고 있다.

우선 교사들이 과학에 대해 비교적 현대적 인식론적 신념을 가지고 있다는 연구 결과(Abd-El-Khalick *et al.*, 1998; Kwon & Pak, 1995; Park, 2000)와 전통적인 인식론적 신념을 가지고 있다는 연구 결과(Akerson *et al.*, 2007; Yang *et al.*, 2005)가 양립하고 있다.

또 인식론적 신념과 교수 실제 사이의 관계에 대해서도 상반된 연구 결과가 존재한다. 과학에 대해 실증주의적 신념을 지닌 교사는 수업을 진행할 때 과학 지식을 효과적으로 전달하는 것에 중점을 두고, 과학에 대해 현대 인식론적 신념을 지닌 교사는 학생들이 스스로 탐구할 수 있는 학습 환경을 조성하는 것으로 보고되기도 하지만(Kang, 2008; Tsai, 2002) 실제 과학 교수 활동에서 교사의 과학에 대한 신념이 발현

* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cne.ac.kr)

** 이 논문은 2014년도 춘천교육대학교 교내 연구비 지원에 의하여 연구되었음.
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.1.0015>

되지 못한다는 연구 결과가 보고되기도 하였다(Lederman, 1999; Paeng & Paik, 2005; Yang *et al.*, 2005). 인식론적 신념과 교수 행동이 밀접한 연관이 있기는 하지만 이 둘은 단선적이고 간단한 관계가 아니고 서로 상호작용하기 때문에(Tobin, Tippins, & Hook, 1994) 인식론적 신념과 교수 행동 사이의 관계에 대한 연구는 더욱 복합적인 측면에서의 접근과 해석을 필요로 한다.

인식론적 신념과 관련된 이러한 다양한 연구 결과는 각 연구의 연구 대상 및 연구 상황, 연구에 사용한 검사 도구 및 검사 방법의 차이에 기인한 것일 수 있으며 이러한 다양한 연구 결과들은 교사의 인식론적 신념에 대해 연구자들이 보다 신중하게 접근해야 할 필요성을 말해주고 있다.

위와 같은 측면에서 본 연구에서는 교사의 인식론적 신념을 보다 심도 깊게 이해하기 위한 주요한 방편으로 인식론적 신념의 맥락 의존성을 고려할 필요가 있다고 보았다.

신념은 핵심 신념 혹은 중심 신념과 주변 신념으로 나뉘기도 한다. 신념의 내면화 정도에 따라 복잡한 계를 이루고 있다고 보는 입장이다. Rokeach(1968)는 신념 구조를 원자 구조에 비유하면서 핵과 주변계로 설명하였다. 중앙에서 핵을 형성하고 있는 중심 신념의 경우 내면화가 강한 신념이고 이것은 주변 계의 신념보다 중요하다고 할 수 있다. 이와 관련해서 Hammer and Elby(2003)는 신념이 내면화 될 때 상황에 무관하게 추상적으로 되기도 하지만 많은 경우는 상황과 연결하여 내면화되기도 한다고 주장했는데 이는 마치 학생들이 상황에 따라 다른 개념을 적용하는 것과 같다. 이때 신념의 내면화 정도는 오개념의 견고성에 비유할 수 있을 것이다. 따라서 내면화가 강하게 이루어졌는가의 여부와 맥락에 따라서 같은 신념이 나타나는가의 여부를 반드시 동일한 것으로 볼 수는 없다. 신념의 내면화의 정도를 알아보기 위해서는 별도의 접근이 필요하다고 생각된다.

지식에 대한 학습자의 신념을 최초로 연구한 Perry(1970)는 인식론적 신념에 대한 발달적 접근을 취하였고 이러한 발달이 영역과 무관하다고 보았다. 그러나 이러한 영역 일반성의 입장은 최근에 많은 도전을 받아왔다(Yoon, 2011). 한 개인은 맥락에 따라 상이하거나 심지어 상반된 신념을 가질 수 있으며 과학에 대한 신념이라 해도 학교에서 배우는 과학 지식과 일상적으로 습득되는 과학 지식에 대한 신념이 다를 수 있다(Hammer & Elby, 2002). Hammer and Elby(2002)는 인식론적 신념이 개인의 마음속에 내재하는 이론처럼 고정된 것이 아니라 상황이나 맥락에 따라 차별적으로 활성화되는 일종의 자원이라고 주장하였다. 개인은 특정 맥락에서 ‘세련된’ 신념을 가지는 동시에 또 다른 맥락에서는 ‘소박한’ 신념을 가질 수 있다. 상이한 맥락에서 각기 다른 신념이 작동하며 다양한 방향으로 활성화된다는 것이다(Yoon, 2012). 영역 일반성의 입장에서 연구된 연구의 경우, 맥락이 배제된 상황에서 교사의 인식론적 신념을 리커트 형태의 문항이나 일반적인 질문(예를 들면, ‘과학 지식의 특징은 무엇이라고 생각하는가?’)을 이용해 조사한 것이 많으며 이렇게 맥락이 배제된 상황에서 나타나는 신념은 구체적 맥락에서 나타나는 신념과 다를 수 있을 것이다. 그렇다면 과학 교사에게 주요한 ‘맥락’은 무엇인가?

본 연구에서는 우선 특정 과학 내용 지식을 주요한 맥락의 하나로 보았다. 과학 교수 학습 활동은 대부분 구체적인 내용 지식의 맥락에서 이루어지기 때문이다. 하나의 내용 지식 맥락에서 교사는 다시 과학 지식 자체, 학생의 학습 과정, 교사의 교수 활동에 대해 상이한 인식론

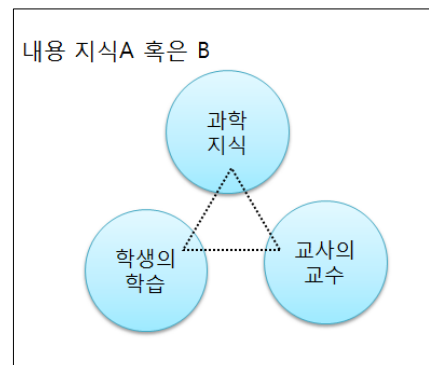


Figure 1. Contexts of science teacher's epistemological beliefs

적 신념을 가질 수 있다. 즉 과학자의 과학 지식과 학교에서 다루어지는 과학 지식에 대해 다르게 생각할 수 있으며 학습자가 학습하는 과정과 교사가 가르치는 과정에서 지식에 대한 관점이 다르게 나타날 수 있다고 보았다.

위의 Figure 1에서와 같이 인식론적 신념의 구체적인 맥락은 크게 어떠한 과학 내용 지식을 다루고 있는가, 과학 지식에 대한 것인가, 학생들의 과학 학습에 대한 것인가, 교사의 과학 교수에 대한 것인가 등으로 구분해 볼 수 있다. 그러나 과학 내용 지식과 나머지 맥락들은 동등한 차원의 것이 아니기 때문에 혼란을 피하기 위해 과학 내용 지식에 대해서는 ‘주제 영역’이라는 표현을 사용하고 과학 지식, 학생의 과학 학습, 교사의 교수에 대해서는 ‘상황’이라는 표현을 주로 사용하고자 하며 이 둘을 포괄하는 의미로 ‘맥락’이라는 용어를 사용하고자 한다. ‘맥락’이라는 말과 ‘상황’이라는 말은 유사한 의미이며 혼용 가능한 것이지만 이 논문에서는 의사소통의 편의상 위와 같이 구분하여 사용하고자 한다. 즉 과학 지식에 대한 인식론적 신념이라는 표현과 과학 지식 상황에서의 인식론적 신념이라는 말은 그 의미가 같으며 ‘상황’이라는 용어가 사용된 것은 단순히 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수를 주요한 맥락의 한 축으로 보기 위한 용어이다.

요컨대 이 연구에서는 교사의 인식론적 신념을 보다 복합적으로 이해하기 위해 1) 과학 지식에 대한 인식론적 신념, 2) 학생의 과학 학습에 대한 인식론적 신념, 3) 과학 교수에 대한 인식론적 신념으로 세분화하였고 이것이 특정 내용 지식 영역에서 어떠한 양상으로 나타나는지 살펴보고자 하였다.

또 인식론적 신념의 유형을 구분하기 위한 주요한 이론적 틀은 구성주의에 기초하였다. 구성주의는 개인적 구성주의, 급진적 구성주의, 사회적 구성주의, 사회문화적 구성주의 등 다양한 갈래로 분화되어 발전되어 왔지만 과학교육과 관련하여 과학교육 목표 설정, 교육과정 내용 선정과 조직, 교수 학습 방법 및 자료 개발, 평가 방법 및 도구 개발, 교사교육 프로그램 개발 등 폭넓은 영역에서 그 준거와 지침이 되어 왔다(Cho & Choi, 2002). 전통적인 행동주의 인식론에서 지식은 시간의 흐름에 따라 변하지 않는 고정불변의 것이며 간단한 별개의 사실들의 집합체이다. 지식은 외부에서 기원하며 참 아니면 거짓이라는 이원론적 관점에서 지식을 평가한다. 반면 구성주의적 관점에서 지식은 새로운 정보, 기술의 개발, 연구 및 이론들에 의해 끊임없이 변화되는 것이며, 복잡하고 상대적인 것이며, 다양한 이론과 증거들 사이의 관련성을 고려하고, 다른 사람들과의 상호작용을 통해 형성되는 것으로 보기 때문에 지식에 대해 다원론적 관점을 취한다(Kwak,

2001).

이러한 구성주의적 인식론은 현재 과학교육 그리고 과학 교사교육 과정의 근간을 형성하고 있고 예비 과학교사들에게 다양한 강좌에서 다양한 방법으로 소개되고 가르쳐지고 있다. 교사교육 과정을 이수하고 있는 예비 과학교사들이 과연 어떠한 인식론적 신념을 형성하고 있는지 또 이것은 맥락에 따라 어느 정도의 일관성을 보이는지 알아보는 것은 인식론적 신념에 대한 연구에, 그리고 과학 교사교육 과정에 대한 연구와 실천에 시사점을 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 예비 과학 교사의 인식론적 신념이 과학 내용 지식의 영역에 따라 그리고 과학, 과학 학습, 과학 교수 상황에 따라 어느 정도의 일관성이 있는지 인식론적 신념의 맥락 의존성을 고찰하고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 예비 과학 교사의 과학 지식, 학생의 과학 학습, 교사의 과학 교수에 대한 인식론적 신념은 어떠한가?
- 예비 과학 교사의 인식론적 신념은 과학 지식, 학생의 과학 학습, 교사의 과학 교수 상황에 따라, 또 주제 영역에 따라 어느 정도의 일관성을 보이는가?

II. 연구 방법 및 내용

1. 연구 대상

본 연구의 연구 대상은 K 대학교 물리교육 전공 3학년 22명과 4학년 학생 20명 총 42명이다(유효 응답 41명). 대상 학생들이 이수한 전형적인 교육과정은 1 학년에 일반 물리학 8학점, 3학년 1학기에 ‘과학교육론’, 4학년 1학기에 ‘물리교재론’을 전공 필수로 수강하였다. 대상 학생 중 3학년은 ‘과학교육론’을 수강하는 학기에 설문에 응하였고 대상학년 중 4학년 학생들은 ‘과학교육론’을 3학년에 수강하고 ‘물리교재론’을 수강하는 4학년 1학기 중에 설문에 응하였다. 이 두 강좌 중 ‘과학교육론’ 강좌에서는 본 연구의 설문과 연관이 되는 내용으로 과학철학과 그와 관련된 과학교육 문제, 학생의 개념변화에 관한 교수 학습 이론을 다룬다. 3학년의 경우는 그러한 내용의 일부를 다루는 중간에 설문에 응하였고 4학년은 그러한 내용을 이전 학년에 수강하였다. 과학 내용 지식에 관한 배경에 있어서는 연구 대상 학생 3, 4학년 대부분은 일반 물리 8학점과 일반 화학 8학점을 1학년에 수강하였다. 4학년 연구 대상 중 한 명이 생물을 부전공으로 하였고 나머지 대상자의 경우 아주 소수가 일반 생물 8학점을 수강하였다. 인식론적 신념에 영향을 줄 것으로 가정되는 과학철학 및 과학사에 관한 교양강좌는 4학년 중 두 명이 설문 응답을 하기 4년 전에 수강을 한 것으로 확인되었다.

2. 설문 개발과 실시

인식론적 신념을 조사하기 위한 기존의 도구는 내용 지식 영역이나 특정 맥락을 고려하지 않은 일반적인 형태가 많다. 예를 들면 인식론적 신념 조사를 위해 가장 많이 사용되는 EBI(Epistemic Beliefs Inventory, Schraw & Olafson, 2002)는 Schommer(1990)의 EQ(Epistemological Questionnaire)에 기초한 것인데 인식론적 신념의 차원을 ‘지식의 단순성(Simple knowledge)’, ‘지식의 확실성(Certain

knowledge)’, ‘지식의 권위의존성(Ommiscient Authority)’, ‘신속 학습(Quick learning)’, 그리고 ‘선천적 능력(Innate ability)’의 다섯 개 영역으로 구분하고 있다. 이 설문지는 5점 척도의 리커트 형태로 되어 있으며 진술문들은 대개 특정 맥락을 담고 있지 않다. 예를 들어 ‘지식의 권위의존성’에 해당되는 진술문으로는 ‘때때로 나는 권위 있는 사람이 하라고 하는 그것을 한다.’, ‘권위를 문제시 하는 사람은 대개 문제를 일으키는 사람이다.’와 같은 문항으로 되어 있다. Tsai(2002)의 논문에서는 과학 교수, 과학 학습, 과학의 본성에 대한 과학교사의 신념을 면담을 통해서 분석했는데 각각의 대해 ‘전통적’, ‘과정적’, ‘구성주의적’으로 교사 신념을 구분하였다. Tsai(2002)의 연구에서는 ‘과학의 중요한 특징은 무엇입니까?’, ‘과학을 가장 잘 학습하는 방법은 무엇입니까?’, ‘과학을 가장 잘 가르치는 방법은 무엇입니까?’와 같은 일반적인 질문이 사용되었다. 이와 같이 인식론적 신념 연구에서 맥락을 구체화 한 설문이나 검사 도구는 찾아보기 어려웠다. 따라서 인식론적 신념의 맥락의존성을 조사하기 위한 본 연구에서는 새로운 설문 개발이 필요하였다.

설문은 서로 다른 내용 지식 영역에 대해 두 가지가 개발되었는데 하나는 ‘용불용설과 자연선택설’을 배경으로 한 것이다(설문A) 다른 하나는 ‘임페투스 이론과 힘 개념’을 배경으로 한 것이다(설문B). 이 내용들은 학교 교육과정에 포함되어 있고 학생들의 오개념이 비교적 많이 알려져 있으며, 이러한 학생들의 오개념이 과학사에 나타났던 이론과 유사하기 때문에 선택하였다. 즉 과학 지식과 과학 학습, 과학 교수 상황에 동일한 내용 지식 맥락을 제공하기 위해 적절한 것으로 판단되었다. 각 설문은 과학 지식에 대한 인식론적 신념을 묻는 문항(3 문항)과 학생의 학습 과정에 대한 인식론적 신념을 묻는 문항(2문항), 교사의 교수와 관련하여 인식론적 신념을 묻는 문항(2문항) 총 7문항으로 구성되어 있으며 모두 서술형이다(부록 참조). 연구자 3인이 반복적인 토론을 통해 문항을 수정하였으며 내용 타당도를 검토하였다. 설문A, 설문B는 4주 간격으로 동일 대상에게 실시되었다.

3. 자료 분석

자료 분석은 두 단계로 진행되었다. 먼저 첫 번째 단계로 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수 각 상황에 대한 키워드 분석을 통해 귀납적으로 비슷한 내용을 묶어 가며 주요한 응답 유형 추출하였다. 주요한 응답 유형을 추출하고 재 범주화하는 과정에서 과학적 지식의 정당성 문제와 지식의 변화에 관한 입장이 응답 유형을 구분하는 주요 기준이 된다는 것을 발견하였다. 따라서 분석 기준을 ‘정당화’와 ‘이론 변화’의 두 개 차원으로 설정하였다. 두 번째 단계는 학생들의 응답을 다시 이 두 가지 차원 각각에 대해 순박한(보다 전통적인) 견해와 세련된(보다 구성주의적인) 견해로 코딩하는 과정이다. 각 예비교사의 인식론적 신념을 코딩하는 과정에서는 개별 설문 문항별로 응답을 분석하기보다는 설문 문항을 가로질러 응답자의 생각이 어느 쪽에 가까운가를 판단하였다. 즉 과학 지식에 대한 인식론적 신념은 이 내용에 해당되는 3개 문항 전체를 참조하며 코딩하였으며 과학 학습, 과학교수에 대한 인식론적 신념을 분석하는 과정에서는 이 내용에 해당되는 4개 문항의 응답 내용을 모두 참조하여 코딩하였다. 한 문항에 대한 응답 내용 중에 교수와 학습에 대한 것이 구분되지 않고 혼재되어 있는 경우도 있기 때문이다. 본 연구에서 과학 학습에 대한 인식론적 신념은 학생들

Table 1. The coding scheme for pre-service science teachers' epistemological beliefs about scientific knowledge, science learning, and science teaching

인식론적 신념의 구분		상황	과학 지식	과학 학습	과학 교수
정당화	세련된 견해	용불용설이나 임페투스론 또한 당시의 타당한 이론이다.	학생의 오개념은 타당한 지식이다. (오개념은 학생 나름대로의 경험적 증거와 추론을 통해 생긴 것이다)	교사는 학생의 오개념을 교수 과정에서 중요하게 고려해야 (포함시켜야) 한다.	
	순박한 견해	용불용설이나 임페투스론은 과학적 지식, 과학적 사고가 부재한 결과이다.	오개념은 타당하지 않은 지식이다. (과학적 지식에 대한 이해 부족의 결과이다)	오개념은 수업에서 중요하게 다룰(포함시킬) 필요가 없다.	
이론 변화 (개념 변화)	세련된 견해	증거가 제기되어도 이론 변화 과정에서는 논쟁이 불가피하다.	과학적 설명을 접해도 학생의 개념변화는 쉽게 일어나지 않는다.	교사는 학생이 두 설명을 비교하고 평가할 수 있는 기회(구성할 수 있는 기회)를 제공해야 한다.	
	순박한 견해	증거에 의해 이론이 쉽게 변화될 수 있다. (반증에 의해 이론이 변화한다)	과학적 설명이 제시되면 개념변화는 쉽게 일어날 수 있다.	교사는 오개념이 틀렸다는 것을 보여주고 정확한 과학적 설명을 제시해야 한다.	

의 학습 과정과 학습 결과에 대한 응답자의 반응으로 평가하였다. 반면 교수에 대한 인식론적 신념은 응답자가 어떻게 수업을 할 것인지, 교수 과정에 대한 응답자의 반응으로 구분하여 평가하였다.

Table 1은 두 번째 분석 단계에서 인식론적 신념을 두 가지 차원으로 코딩하는 과정에서 사용된 증거이다. 응답이 없거나 불분명하여 두 범주로 구분하기 어려운 경우는 ‘기타’로 구분하였다.

과학 지식에 대한 인식론적 신념의 ‘정당화 차원’은 예전의 과학 이론을 그 당시의 증거에 기초한 타당한 이론이라고 보는 세련된 견해와 과학 지식을 참, 거짓의 이분법적 사고에서 바라보며 예전의 과학 이론은 타당하지 않고 현재의 과학 이론이 타당한 것으로 보는 순박한 견해로 대별할 수 있다. 예전 과학 지식은 당시의 증거와 사회문화적 상황에서 타당한 지식이라고 보는 견해는 같은 현상에 대해 서로 다른 과학적 해석이 가능하다는 관점을 견지하는 것이다. 이에 대한 응답 예시는 다음과 같다.

라마르크는 다윈 이전 시대의 사람이다. 그는 생명체의 생식 및 유전과 관련된 나름의 법칙을 만들어서 자연 현상을 나름대로 설명하려고 하였다. 그는 생물체가 환경에 적응하면서 얻었던 특수한 형질인 획득형질이 생명체의 진화의 원동력이라고 설명하였는데, 그 당시 사람들은 그 이론이 합당하다고 생각하였다. (중략) 다윈이 진화론을 주장하면서, 그 당시 진화 현상에 관해 ‘상당히 과학적’으로 설명하는 용불용설과 대립하게 된 일은 필연적이였다. (13A)

과거의 과학자들은 힘과 에너지에 대하여 정확하게 구분 할 줄 몰랐기 때문이다. 이상적인 실험 상황이 아닌 현실을 생활의 경험을 바탕으로 하며... (중략)... 실험을 하지 않고 머릿속으로만 생각하여 과학을 구성하였다. 그래서 힘과 에너지에 대하여 혼동하여 생각했기 때문에, 물체의 에너지와 관련한 개념과 외부에서 주어지는 힘을 구분하지 못하였다. 이것이 임페투스 이론이 발전한 이유이다. (14B)

예전의 과학자들이 현재는 틀린 것으로 밝혀진 이론을 믿었던 이유에 대해서 용불용설이 그 당시의 ‘상당히 과학적’인 이론이었다는 표현이나 당시 사람들이 용불용설을 합당하다고 생각했던 것을 강조하는 것(13A)은 용불용설을 그 당시의 배경 지식과 증거에 입각한 합리적인 과학적 설명이라고 보는 입장이라고 볼 수 있으며 이것을 세련된 견해로 구분하였다. 반면 과거의 과학자들이 정확한 과학 지식이 없거나 올바른 과학적 방법을 사용하지 않아 임페투스론을 가지게 되었다

는 설명(14B)은 현재의 과학 지식이 참인 것에 반해 과거의 과학 지식은 부정확한 증거나 잘못된 과학적 사고의 결과라고 생각하는 순박한 견해에 해당한다.

과학 지식에 대한 인식론적 신념의 ‘이론 변화 차원’은 과학 이론의 변화 과정을 뚜렷한 증거에 의해 비교적 쉽게 이루어지는 것으로 인식하는 순박한 견해와 과학 이론의 변화 과정이 많은 논쟁과 증거의 축적을 필요로 하는 길고 쉽지 않은 과정임을 인식하는 세련된 견해로 대별된다. 몇 개의 응답 예시는 다음과 같다.

쉽게 인정 할 수는 없었을 것이다. 왜냐하면 기존에 오랜 시간동안 믿어져 왔던 이론이고 비록 타당한 증거에 의해서 반박되었을 지라도 기존 이론을 믿어오던 사람들은 그 반박을 방어할 수 있을만한 내용들을 찾기 위해 연구하였을 것이고 자연선택설 또한 완벽히 용불용설을 반박하기 위해서 다양한 변례들을 많이 찾아낼 것이므로 계속적인 논쟁이 이어졌을 것이다. (17A)

과학적 진술 즉 이론이나 법칙들은 언제든지 바뀔 가능성이 남아 있다. 반증주의에서는 이를 반증가능성이라고 한다. 지금까지의 여러 가지 사실들은 우리의 관찰에 바탕을 두고 여러 가지 논리적 상황을 전제하는 것인데 이것은 불안전함을 내포하고 있으며 아주 작은 증거만으로도 반증이 가능하기 때문에 불변의 진리라고 단정 짓는 것은 아주 위험한 진술이다. (1A)

현대의 과학에서 우리는 아인슈타인의 상대성 이론을 거의 확실한, 의심할 여지없는 자연의 법칙이라고 굳게 믿고 있는 것 같다. 상대성이론은 기존의 우리의 일상에서 기초한 시공간에 대한 메커니즘을 완전히 뒤집은 새로운 이론이지만 그것이 풀리지 않던 자연의 많은 것을 설명할 수 있었고 다른 분야의 내용과 구조적으로 많은 부분에서 아름답게 부합하므로 그것을 믿어 의심치 않는 것이다. 힘이 운동의 원인이라는 것도 마찬가지로 생각한다. 물론 그것이 일상에서의 직관적인 경험과는 일치하지 않을지 몰라도 그것이 ‘영원한 임페투스’와 같은 신적인 설명에서 벗어나 물체의 여러 운동들을 명쾌하게 설명해 주었다는 점에서 당시의 과학자들은 큰 논쟁 없이 쉽게 이론을 받아들일 수 있었을 것 같다. (22B)

자연선택설과 용불용설 간의 계속적인 논쟁이 이어졌을 것이라고 언급한 경우(17A) 새로운 과학 이론을 수용하기 위해서는 많은 논쟁과 증거의 축적이 필요함을 인식하는 세련된 견해로 볼 수 있다. 그러나 간단한 증거만으로 반증이 가능하다고 본 경우(1A)나 새로운 이론이 명쾌하게 현상을 설명하면 과학자들이 쉽게 새로운 이론을 받아들였

을 것이라고 생각하는 경우(22B)는 올바른 과학 이론이 나오면 이전의 이론은 쉽게 폐기될 수 있다는, 이론 변화 과정을 단순하게 보는 순박한 견해로 구분할 수 있다.

과학 학습에 대한 인식론적 신념의 '정당화 차원'은 지식으로서 학생의 오개념이 가지는 지위와 관련이 있다. 학생의 설명이 현재의 과학 지식에 비추어 틀리다는 이유로 지식으로서의 지위가 낮은 것으로 인식하는 경우 순박한 견해로 보았으며 학생의 경험과 추론이 과학적 사고의 일부로 학습 과정에서 가치 있는 것이라고 인식하는 경우 세련된 견해로 구분하였다. 이러한 학생 개념의 지위에 관한 신념은 학생들이 오개념을 가지고 있는 이유에 대한 응답에서 볼 수 있다. 그 예시를 살펴보면 다음과 같다.

학생들은 팔을 많이 쓰니 팔 근육이 발달하거나, 연습을 통해 축구를 잘하게 되는 것과 같이 일상생활에서 체험했던 후천적인 능력 습득을 유전 현상에도 적용시키고 있다. 즉 이렇게 필요에 의해 어떤 형질을 획득하는 것을 경험한 뒤, 진화 현상에서도 자신의 경험을 그대로 적용시키는 것이다.(21A)

학생들이 사용한 힘이라는 단어의 의미가 과학에서의 힘이라는 단어의 의미와 다르게 사용하였기 때문이다. 학생들이 사용한 힘이라는 단어는 물리적 의미의 힘이 아니고 실생활에서 주로 사용하는 뜻으로 체력과 유사한 의미이다.(6B)

학생들은 우리가 달려갈 때 공기 저항력과 같은 외부 힘이 작용하는 것을 모르기 때문에, 내부 힘이 있어야 가는 것으로 이해한 것 같다. 그리고 힘과 에너지의 개념과 혼동하고 있는 것 같다.(23B)

학생들이 과학적인 사고방법을 습득하지 못했기 때문이다. 아직 학생들은 과학적인 탐구를 행하지 못하고 직관적인 사고방법을 통하여 이야기하고 있다.(14A)

학생들이 용불용설 혹은 임페투스론과 유사한 오개념을 가지고 있는 이유에 대해 학생 자신의 경험을 통한 추론 과정을 설명하거나(21A), 일상생활과 과학에서 같은 용어를 다른 의미로 사용하는 문제(6B) 등을 언급하는 것은 학생들의 생각을 자연스러운 인지과정의 일부로 이해하고 있다고 볼 수 있지만 과학적으로 올바른 '힘'의 개념을 모르기 때문에(23B) 혹은 학생들의 사고방식이 과학적이지 않기 때문(14A)이라고 언급하는 것은 과학 지식과 학생의 개념을 맞거나 틀린 것으로 이분법적으로 뚜렷하게 구분하고 있는 것으로 볼 수 있다. 따라서 앞의 두 응답은 세련된 견해로, 뒤의 두 견해는 순박한 견해로 볼 수 있다.

과학 학습에 대한 인식론적 신념의 '이론 변화 과정' 차원은 학습자 외부에서 과학적 설명이나 증거가 주어지면 학생의 개념변화가 쉽게 일어날 것이라고 보는 순박한 견해와 학생의 지식이 단순한 사실의 집합이 아니므로 개념 변화 과정은 수동적으로 쉽게 이루어지지 않을 수 있음을 인식하는 세련된 견해로 구분하였다. 교사가 과학적 설명을 제시한 경우 학생들의 학습 결과는 어떻게 될 것인가에 대한 몇 개의 응답 예시를 살펴보면 다음과 같다.

많은 학생들이 선생님의 설명에 많은 혼란을 느낄 것이다. 기존의 생각에 따르면 사람들이나 주변 모습들을 보면 힘이 떨어져 운동하기 힘들다는 생각이

자리 잡고 있기 때문에 많이 헛갈릴 것이다.(25B)

올바른 이해를 할 것이다. 물체 내부에 어떠한 '힘'이 있어 운동을 유지한다는 임페투스 이론은 잘못된 것이고, 외부에서 작용한 힘이 물체를 운동하게 하는 원인임을 주장하는 이론이 옳음을 받아들일 수 있을 것이다.(12B)

제시된 사례도 어떻게 보면 용불용설로 이해 될 수 있는 측면이 있기 때문에 어떤 학생에게는 더 큰 의구심이 생기게 할 수도 있다. 따라서 제시된 사례로는 흥미를 자극하는 단계에서 그치는 것 같고 학생들이 완전히 그것을 받아들이고 자명하다고 생각할 수 있게 하기 위해서는 후천적 성질은 유전되지 않는다는 어떤 현대의 유전법칙들까지 설명을 해 주어야 할 것이다.(22A)

교사가 과학적 설명을 제시하더라도 학생은 자신의 이론으로 해석할 수 있기 때문에 혹은 인지감동이나 혼란을 겪을 수 있기 때문에 개념 변화가 쉽게 일어나지 않을 것으로 보는 견해(25B)는 개념 변화 과정이 학생의 능동적 의미 구성 과정임을 인식하는 세련된 견해라고 볼 수 있다. 그러나 교사가 과학적 설명을 제시하면 쉽게 개념 변화가 이루어질 것이라고 보는 견해(12B)와 교사가 설명한 것에 결점이 있으면 개념 변화가 일어나기 어렵고 논리적이고 정확한 설명이 주어지면 개념변화가 일어날 것(22A)이라고 보는 것은 외부의 정보나 설명에 의해 쉽게 개념변화가 일어난다고 생각하는 순박한 견해에 해당된다.

과학 교수에 대한 인식론적 신념의 '정당화 차원'은 교사가 학생의 개념을 수업과 관련하여 어떻게 생각하는가와 관련이 있다. 여기서는 학생의 오개념은 과학적 개념과는 다르기 때문에 수업에서 중요하게 다룰 필요가 없다는 순박한 신념과 학생의 오개념을 교수 과정에서 중요하게 다루어야 한다는 신념이 대조를 이루었다. 교수에 관한 신념은 설문지에서 제시한 교사의 수업 방안에 관한 의견에 대한 반응에서 주로 드러났다.

학생들이 임페투스 이론을 배움으로 인해 오히려 역효과적인 부분이 일어나지 않을 수는 없을거라 생각한다.... 오히려 혼란을 불러 일으킬 수 있기 때문이다.(41C)

학생들이 가지고 있는 오개념을 이용해 도입 부분에서 흥미를 유발하고 환경과의 상호작용을 통해 어떻게 진화가 유도되는지 논리적으로 설명할 것이다.(31A)

나는 학생들의 인지구조를 변화시키는 게 효과적이고 좋은 학습이라고 생각하기 때문에 이선생님의 설명처럼 임페투스에 대한 설명을 진행한 후 힘에 대한 내용을 수업하는 것이 좋다고 생각한다.(1C)

학생의 오개념이 학생의 학습에 방해가 되어 제외해야한다고 생각(41C)하거나 학생의 오개념이 단순히 흥미를 일으키기 위한 도구로써 수업 내용에서는 분석적으로 다룰 생각을 하지 않는 경우(31A)는 순박한 견해를 가졌다고 볼 수 있다. 반면, 학생의 오개념을 과학 개념의 이해 과정의 일부로서 학습 과정에 포함시켜야 한다는 생각(1C)은 학생의 오개념이 교수의 대상으로서 중요하게 다루어져야 한다는, 보다 구성주의적인 세련된 신념으로 볼 수 있다.

과학 교수에 대한 인식론적 신념의 '이론 변화 차원'은 학생의 오개

Table 2. Pre-service science teachers' epistemological beliefs about science content, science learning, and science teaching in two different science content topics

인식론적 신념의 구분	주제와 상황		용불용설			임페투스론	
		과학 지식	과학 학습	과학 교수	과학 지식	과학 학습	과학 교수
정당화	세련된 견해	82.9%	68.3%	85.4%	68.3%	70.7%	80.5%
	순박한 견해	14.6%	22.0%	4.9%	24.4%	19.5%	9.8%
	기타	2.4%	9.8%	9.8%	7.3%	9.8%	9.8%
이론 변화	세련된 견해	85.4%	12.2%	14.6%	73.2%	41.5%	7.3%
	순박한 견해	12.2%	80.5%	75.6%	19.5%	48.8%	82.9%
	기타	2.4%	7.3%	9.8%	7.3%	9.8%	9.8%

념을 수업에서 어떻게 다룰 것인가에 관해 학생의 오개념 변화를 용이한 것으로 보고, 간단히 다루려는 입장과 조심스럽게 의도를 가지고 다루려는 입장으로 나눌 수 있다. 이는 교사는 학생의 오개념을 굳이 다루지 않거나 단순히 오개념이 틀렸다는 것을 지적하고 과학적 설명을 제시하여야 한다는 순박한 신념과 학생의 개념과 과학적 개념을 비교할 수 있는 기회를 제공하여 학생 스스로 현상에 관한 서로 다른 설명을 평가할 수 있는 기회를 제공하여야 한다는 세련된 신념으로 구분된다.

자연선택설은 직관적이지 않으므로 학생들이 자신의 개념을 수정하는 것이 쉽지 않다. 따라서 용불용설을 제시하고 용불용설대신 자연선택설이 선택된 이유를 제시하여 학생들이 자신들의 용불용설 개념을 포기하도록 유도해야 한다.(21A)

과학적으로 타당한 것만을 알려주었을 때 모든 아이들이 과학적으로 타당한 사고만 한다면 타당하지 않은 사실을 굳이 가르칠 이유는 없겠지만 아이들은 다양한 사고를 하고 실제로도 많은 오개념을 가지고 있으므로 과학적으로 타당하지 않지만 아이들이 가지고 있는 사고를 수업시간에 다루어서 아이들의 사고를 반드시 수정해주어야 한다.(7C)

임페투스 이론은 아이들이 경험적으로 쉽게 가질 수 있는 생각이고 과거의 과학자들이 경험했던 실수이므로 이 이론을 설명함으로써 이 이론이 어딘가 잘못되었고 왜 새로운 이론이 받아들여졌는지 알게 함으로써 학생들은 자신의 경험적인 이론보다는 새로운 더 정확한 이론을 받아들이기 쉬울 것이다.(8C)

과학적 개념이 오개념 보다 더 논리적임을 제시하는 수업이 필요하다는 생각(21A)이나 구체적인 방안 없이 오개념을 수업에서 다루어야 한다는 생각(7C) 등은 학생의 개념 변화를 위한 수업을 단순하게 보는 순박한 견해로 볼 수 있다. 반면, 학생들의 오개념을 보다 분석적으로 다루어서 학생들이 오개념과 과학적 개념을 비교할 기회를 가져야 한다는, 학생의 보다 능동적인 인지적 참여를 고려한 교수법에 관한 생각은 보다 세련된 견해로 볼 수 있다.

III. 연구 결과

1. 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수 상황에서의 인식론적 신념

응답자들의 인식론적 신념을 ‘정당화’와 ‘이론 변화’ 차원에서 세련된 견해와 순박한 견해로 나누고 ‘과학 지식’, ‘과학 학습’ 그리고 ‘과

학 교수’ 상황에서의 빈도 분포를 조사하였다(Table 2).

우선 ‘정당화’ 차원을 보면 세 가지 상황 모두에서 세련된 견해가 주를 이루었는데 이는 용불용설(68.3%~85.4%)과 임페투스론(68.3%~80.5%) 두 주제 영역에서 비슷하게 나타났다. 다만, ‘과학 지식’ 상황에서 두 영역을 보다 자세히 비교해 보면 임페투스론보다 용불용설에서 14.6%만큼 더 많은 응답자들이 세련된 견해를 나타냈다.

‘이론 변화’ 차원을 보면 ‘과학 지식’ 상황에서만 세련된 견해가 용불용설(85.4%)과 임페투스론(73.2%) 모두에서 주를 이루었음을 알 수 있고 용불용설에서 12.2% 더 많은 세련된 견해가 나왔다. 용불용설에서는 ‘과학 학습’ 상황과 ‘과학 교수’ 상황에서 세련된 견해가 각각 12.2%와 14.6%로 나타났고 임페투스론에서는 세련된 견해가 각각 41.5%와 7.3%로 나타났다. 따라서 ‘과학 학습’ 상황과 ‘과학 교수’ 상황에서는 대부분의 응답자들이 ‘이론 변화’ 차원에서 세련된 견해의 빈도가 상당히 낮음을 알 수 있었다. 특이한 점은, ‘과학 학습’ 상황에서 인식론적 신념이 용불용설과 임페투스론에서 서로 다른 양상의 분포를 보인다는 것이다. 용불용설에서는 80.5%가 순박한 견해였고 단지 12.2%가 세련된 견해였던 반면, 임페투스론에서는 48.8%가 순박한 견해였고 41.5%가 세련된 견해를 보였다.

2. 인식론적 신념의 일관성

두 번째 연구 문제인 인식론적 신념의 일관성에 관해서 알아보기 위해서 분석을 세 단계로 나누었다. 우선, 응답자의 인식론적 신념이 정당화 차원과 이론 변화 차원에서 일관성 있게 나타나는지 비교 분석하였다. 그리고 다음 분석 단계는 응답자가 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수 상황에서 어느 정도의 일관된 인식론적 신념을 갖고 있는지 조사하였다. 마지막으로 응답자의 인식론적 신념이 용불용설과 임페투스론 두 주제 영역에서 일관적으로 나타나는지 분석하였다.

가. 정당화 차원과 이론 변화 차원에서 인식론적 신념의 일관성

각 연구 참여자들의 인식론적 신념이 두 차원에서 어떻게 분포하는지를 살펴보기 위해 4분면 도표로 나타냈으며 각 주제 영역과 상황에 따라 비교 분석하였다. 가령, ‘과학 지식’ 상황에서 한 응답자의 인식론적 신념이 ‘정당화’ 차원과 ‘이론 변화’ 차원에서 모두 세련된 견해를 보이는 경우 1사분면에(Figure 2), 모두 순박한 견해를 보이는 경우는 3사분면에 위치하고, 일관되지 않은 경우 각각 2, 4사분면에 위치한다. 이렇게 각 사분면마다의 빈도를 각 영역별 그리고 상황별로 비교 분석하였다.

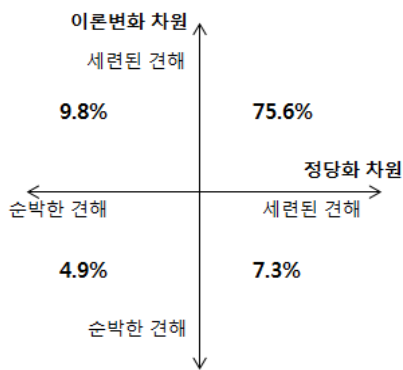


Figure 2. Epistemological beliefs about scientific knowledge in the context of Lamarckism

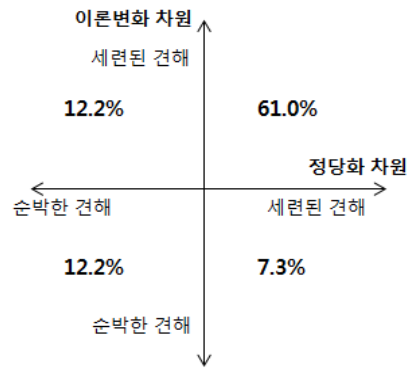


Figure 3. Epistemological beliefs about scientific knowledge in the context of the theory of impetus

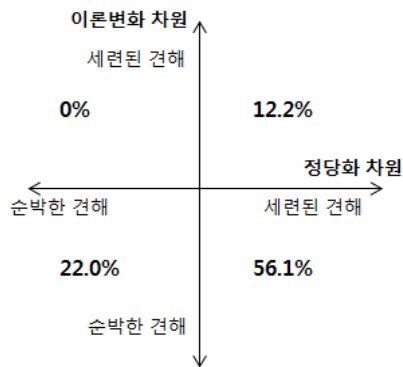


Figure 4. Epistemological beliefs about science learning in the context of Lamarckism

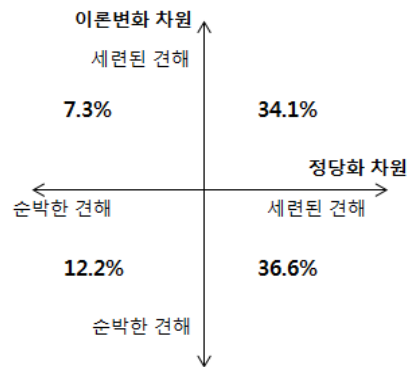


Figure 5. Epistemological beliefs about science learning in the context of the theory of impetus

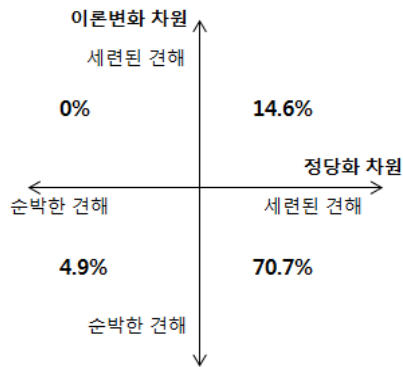


Figure 6. Epistemological beliefs about science teaching in the context of Lamarckism

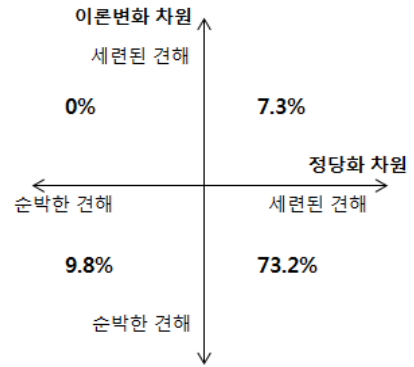


Figure 7. Epistemological beliefs about science teaching in the context of the theory of impetus

‘과학 지식’ 상황에서 ‘정당화’와 ‘이론 변화’ 차원의 일관성을 비교 분석했을 때, 75.6%와 4.9%(용불용설), 61%와 12.2%(임페투스론)의 응답자들이 두 차원에서 일관된 인식론적 신념(1사분면과 3사분면)을 나타냈다. 두 차원에서 모두 세련된 견해를 보인 빈도만 비교했을 때, 임페투스론보다 용불용설에서 세련된 견해가 15% 정도 많다는 것을 알 수 있었다(Figure 2, 3).

두 번째로 ‘과학 학습’ 상황에서는 ‘과학 지식’ 상황과 다른 경향을 보였다(Figure 4, 5). 단지 12.2%와 22%(용불용설), 34.1%와 12.2%(임페투스론)의 응답자들이 두 차원에서 일관된 인식론적 신념(1사분면과 3사분면)을 보여줬다. 용불용설보다 임페투스론에서 두 차원 간 일관된 신념의 빈도가 다소 높지만 전체적으로는 ‘과학 지식’ 상황에 비해 낮은 편이다. 이렇게 낮은 빈도는 응답자들의 인식론적 신념이

‘정당화’ 차원과 ‘이론 변화’ 차원에서 일관적이지 못하고 두 차원에서 서로 상반된 견해가 발견되었다는 것을 의미한다. 두 주제 영역을 비교해 보면, 용불용설에서 반 이상인 56.1%의 응답자들이 4사분면(정당화-세련된 견해, 이론 변화-순박한 견해)에 치우쳐 분포된 반면, 임페투스론에서는 70.5% 응답자들이 1사분면과 4사분면에 각각 34.1%와 36.6%로 비슷하게 나뉘어져서 다른 양상을 보였다.

세 번째로 ‘과학 교수’ 상황에서는 응답자들의 인식론적 신념이 두 차원에서 더욱 일관성 없게 발현됐다. 단지 14.6%와 4.9%(용불용설)과 7.3%와 9.8%(임페투스론)의 연구 참여자들이 두 차원 간 일관성 있는 인식론적 신념(1사분면과 3사분면)을 보여줬다(Figure 6, 7). 거의 대부분의 응답자들이 4사분면에 분포되었는데 이는 ‘정당화’ 차원에서 세련된 견해, ‘이론 변화’ 차원에서 순박한 견해를 나타낸다. 과학

Table 3. Consistency of pre-service science teachers' epistemological beliefs across scientific knowledge, science learning, and science teaching in two different science content topics

신념의 유형	용불용설(A)		임페투스론(B)	
	빈도	퍼센트	빈도	퍼센트
일관적 신념	3	7.3	4	9.8
연관적 신념	25	61.0	26	63.4
과학 지식과 과학 학습에 대한 신념이 같은 경우	2	4.9	11	26.8
과학 지식과 과학 교수에 대한 신념이 같은 경우	6	14.6	3	7.3
과학 학습과 과학 교수에 대한 신념이 같은 경우	17	41.5	12	29.3
비일관적 신념	8	19.5	7	17.1
기타	5	12.2	4	9.8

교수 영역에서의 응답자들의 인식론적 신념의 분포는 용불용설과 임페투스론에서 유사한 양상으로 나타났다.

나. 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수 상황에서 인식론적 신념의 일관성

과학 지식, 과학 학습, 과학 교수 세 상황에서 인식론적 신념의 일관성을 조사하기 위해 각 응답자가 사분면 도표의 어디에 해당하는지를 추적했다. 예를 들어, 한 응답자가 세 개의 상황에서 모두에서 같은 사분면에 위치하면 일관성 있는 인식론적 신념을 갖고 있다고 해석했다. 만약, 한 응답자가 2사분면에 위치한다면 비록 그 응답자의 인식론적 신념은 정당화 차원과 이론 변화 차원에서는 일관성이 없지만 이런 비일관성이 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수 상황에서 일관성 있게 모두 2사분면으로 나타나면 이것도 ‘일관적 신념’으로 해석했다. 그리고 세 개의 상황 중에서 두 개의 상황에서만 같은 사분면에 위치하면 ‘연관적 신념’으로 명명했고 한 곳에서도 일치하지 않았을 때 ‘비일관적 신념’이라고 해석했다.

Table 3에서 보이듯이 일관적 신념을 소지한 응답자는 3~4명, 10% 이하인 반면 연관적 신념은 60% 이상으로 가장 많은 빈도를 보였으며, 비일관적 신념은 20%에 가까운 분포를 나타냈다. 그리고 이런 빈도 분포는 용불용설과 임페투스론에서 서로 비슷하게 나타났다. 주목할 만한 점은, 연관적 신념의 빈도를 세부적으로 비교해봤을 때 그 분포가 용불용설과 임페투스론에서 서로 다른 양상으로 나타난다는 것이다. 용불용설 맥락에서는 61%의 연관적 신념 중 41.5%가 ‘과학 학습’과 ‘과학 교수’ 상황의 신념이 같은 경우이다. ‘과학 지식’과 ‘과학 학습’, 그리고 ‘과학 지식’과 ‘과학 교수’ 상황에서 신념이 같은 경우는 각각 4.9%와 14.6% 밖에 안됐다. 반면, 임페투스론에서는 63.4% 연관적 신념 중 ‘과학 지식’과 ‘과학 학습’ 상황에서 신념이 같은 경우가 26.8%, ‘과학 학습’과 ‘과학 교수’ 상황에서는 29.3%로 비슷하게 나타났다. ‘과학 지식’과 ‘과학 교수’ 상황에서는 단지 7.3%만이 같은 신념을 갖고 있었다. 연관적 신념 분포 중, 용불용설과 임페투스론 모두에서 일관성이 저조한 영역은 ‘과학 지식’과 ‘과학 교수’ 간이다.

다. 주제 영역 간 인식론적 신념의 일관성

용불용설과 임페투스론 두 주제 영역을 가로지르는 인식론적 신념의 일관성 역시 각 응답자의 인식론적 신념이 사사분면 중 어디에 위치하는지를 통해 분석했다. Table 4에서 보이는 것처럼 ‘과학 지식’,

Table 4. Consistency of pre-service science teachers' epistemological beliefs across two different science content topics

신념의 유형	과학 지식		과학 학습		과학 교수	
	빈도	퍼센트	빈도	퍼센트	빈도	퍼센트
일관적 신념	26	63.4	13	31.7	31	75.6
비일관적 신념	11	26.8	20	48.8	2	4.9
기타	4	9.8	8	19.5	8	19.5

‘과학 학습’, ‘과학 교수’ 상황에서 각각 63.4%, 31.7%, 75.6%의 응답자가 용불용설이나 임페투스론을 가로질러 일관성 있는 인식론적 신념을 나타냈다. 상대적으로 ‘과학 학습’ 상황에서만 일관적 신념의 빈도가 상당히 낮게 나왔고 거의 절반(48.8%)의 응답자들이 용불용설과 임페투스론에서 ‘과학 학습’에 대한 서로 상반된 신념을 보여주었다.

IV. 결론 및 논의

중등 과학 예비교사들의 인식론적 신념은 ‘정당화’ 차원과 ‘이론 변화’ 차원에서 분석되었으며, 인식론적 신념의 맥락은 용불용설과 임페투스론 두 개의 주제 영역에 대해 그리고 ‘과학 지식’, ‘과학 학습’, ‘과학 교수’ 세 상황에 대해 조사되었다. 본 연구의 결과를 통해 도출한 주요한 결론은 다음과 같다.

첫째, 예비교사들은 용불용설, 임페투스론 두 주제 영역에 상관없이 ‘과학 지식’ 상황에서는 ‘정당화’ 차원과 ‘이론 변화’ 두 차원 모두에서 세련된 인식론적 신념을 보여주었다.

응답자 대부분은 과학 지식의 발달과정에서 현대에는 버려진 이론이라 할지라도 과학사의 한 시점에서는 정당한 이론이었다고 보고 있으며 또한 과학 이론 변화 과정은 쉽게 반증되지 않고 많은 논쟁을 요구하는 과정임을 인식하는 세련된 관점을 나타냈다. 이런 결과는 예비교사들이 과학에 대해 순박한 견해를 소유하고 있다는 기존의 연구(Akerson et al., 2007; Yang et al., 2005)와는 상충되며 또한 고무적인 결과이다. 또 이러한 결과는 응답자들이 수강한 강좌에서 관련 해당 내용을 다루었기 때문일 수 있다.

둘째, ‘과학 학습’과 ‘과학 교수’ 상황에서 예비교사들의 인식론적 신념은 ‘정당화’ 차원과 ‘이론 변화’ 차원에서 상대적으로 일관적이지 않은 것으로 나타났다.

‘과학 학습’과 ‘과학 교수’ 상황에서는 ‘정당화’ 차원에서만 세련된 견해가 주를 이루고 이론 변화 차원에서는 순박한 견해가 많았다. 많은 예비교사들은 학생의 오개념도 과학적 관점에서는 틀렸다 할지라도 학생 나름의 논리를 갖고 있는 정당한 개념이라고 인정하는 세련된 견해를 보였다. 하지만 개념 변화 과정에 관해서는 학생의 오개념이 반증 사례에 의해 쉽게 변할 수 있다고 보는 순박한 관점을 보였다. 그리고 학생들의 오개념은 과학 교수에서 중요하게 고려되어야 할 것으로 인식하는 세련된 견해를 갖고 있었지만 개념 변화를 위해서 어떻게 가르칠 것인가에 관해서는 오개념을 지적하고 과학 개념을 잘 설명하면 학생들의 개념 변화가 쉽게 일어날 수 있다고 믿는 순박한 견해를 갖고 있었다. 따라서 예비교사들은 학생들의 오개념이 타당하고 학습에 중요하다고 믿지만 동시에 학습 과정과 교수 활동 과정에 관해서는 순박한 인식론적 신념을 갖고 있다고 할 수 있다.

셋째, 예비교사들의 인식론적 신념이 ‘과학 지식’, ‘과학 학습’, ‘과학

학 교수' 세 가지 상황에서 일관적인 경우는 극히 적었다.

두 가지 상황에서만 일치하는 연관적 신념이 대부분이었고 세 가지 상황에서 모두 서로 다른 유형의 인식론적 신념을 가진 비일관적 신념을 가진 비율이 일관적인 인식론적 신념을 가진 비율보다 많았다. 이러한 결과는 예비교사들이 이 세 가지 상황에서 통합된 인식론적 신념을 갖고 있지 못함을 의미한다. 부분적으로만 일치하는 연관적 신념의 분포를 살펴보면, 용불용설에서는 '과학 학습'과 '과학 교수' 상황에서 일치된 신념의 빈도가 높았으며 임페투스론에서는 '과학 지식'과 '과학 학습' 간, 그리고 '과학 학습'과 '과학 교수' 간에 일치된 신념을 나타내는 빈도가 높았다. 특이한 점은, '과학 지식'과 '과학 교수' 두 상황에 대해 일관적인 경우는 용불용설이나 임페투스론에서 모두 낮았다는 것이다. 이 결과는 과학 지식에 관한 세련된 인식론적 신념이 구성주의적 교수 활동으로 발휘되지 않는다는 기존의 연구 결과(Lederman, 1999; Paeng, 2004; Won, 2004; Yang *et al.*, 2005)에 대한 이유를 제공하는 것 같다. 본 연구의 결과는 예비교사들이 과학 지식에 관한 세련된 인식론적 신념을 가지면서도 동시에 과학 학습과 과학 교수에 대해서는 순박한 인식론적 신념을 가질 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어, 과학 이론의 변화는 몇 가지 반증 사례로 쉽게 이루어지는 것이 아니라 오랜 시간에 걸쳐 많은 논쟁 끝에 일어나는 현상이라고 믿으면서도 학생의 오개념은 반증 사례로 간단히 변할 수 있는 단순한 과정으로 인식할 수 있다는 것이다. 또한 과학 이론 변화에 대한 믿음과는 달리, 학생들의 오개념을 반증 후 과학적 개념을 잘 설명하면 학생들의 개념변화가 쉽게 이루어진다고 믿을 수 있다는 점이다. 따라서 예비교사들이 과학 지식 영역에 관해서 세련된 인식론적 신념을 갖고 있다고 해서 과학 학습, 과학 교수 영역에 관해서도 그에 상응하는 세련된 인식론적 신념을 기대할 수 없다. 그리고 과학 지식에 관한 세련된 인식론적 신념에도 불구하고 과학 학습, 과학 교수 영역에 관해서 순박한 인식론적 신념을 갖고 있는 예비교사로부터 구성주의적 과학 교수 활동을 기대하기는 힘들 것이다(Kang & Wallace, 2004). 또한, 본 연구 결과를 통해 인식론적 신념은 상황에 따라 다른 신념이 존재할 수 있는 맥락 의존성을 가진다는 것을 알 수 있다(Hofer, 2000).

넷째, 용불용설과 임페투스론 두 주제 영역을 가로질러 예비교사들의 인식론적 신념이 일관적인지 알아본 결과 '과학 지식'과 '과학 교수' 상황에서는 주제 영역과 관계없이 일관적 신념을 보인 비율이 높았으나(63.4%, 75.6%) '과학 학습' 상황에서는 주제 영역에 따라 인식론적 신념이 달라지는 경우(48.8%)가 일관적인 경우(31.7%)보다 더 많았다. 응답자들은 용불용설의 과학 학습 상황일 때 보다 임페투스론의 과학 학습 상황에서 더 세련된 인식론적 신념을 나타냈다. 이것은 정당화 차원보다는 이론변화 차원에 기인한다. 즉 용불용설의 경우 학생들의 개념 변화 과정이 과학적 설명이나 증거에 의해 비교적 쉽게 일어나는 것으로 생각한 반면 임페투스론의 경우 학생의 개념 변화가 수동적으로 쉽게 이루어지지 않고 학생들이 인지갈등과 혼란을 겪으므로 능동적인 의미구성이 필요하다고 생각하였다. 이러한 차이가 응답자들의 과학 지식 차이 때문인지, 즉 물리교육 전공 학생들이기에 때문에 생물 주제 영역보다 물리 영역 주제에 대해 깊은 이해를 가지고 있기 때문인지 아니면 교사교육 과정에서 학생들의 개념 변화에 대해 학습하면서 주로 물리 영역을 위주의 예를 학습하였기 때문인지 혹은 다른 요인 때문인지 확실하지 않다. 만약 응답자들이 임페투스론에 대해 좀 더 깊은 이해를 가지고 있었다고 가정하면 과학 지식에 대한

깊은 이해는 학생들의 오개념이 얼마나 그럴 듯한 것인지 이해하고 개념 변화가 쉽게 일어날 수 없음을 인식하는데 도움을 준 것으로 해석할 수 있다. 이에 대해서는 과학 지식에 대한 이해도 조사를 포함하는 후속 연구를 통해 살펴볼 필요가 있다.

'과학 지식', '과학 학습' 상황에 비해 '과학 교수' 상황에서 예비교사들은 두 내용 영역에 상관없이 상당히 일관적인 인식론적 신념을 보여주었다. 이것은 예비교사들이 '과학 학습' 상황에서는 주제 영역에 따라 세련된 혹은 순박한 인식론적 신념을 가지더라도 학생의 오개념을 지도하는 교사의 교수 행동에 있어서는 주제 영역에 관계없이 순박한 인식론적 신념을 가진 경우가 많다는 것을 의미한다. 이것은 예비교사들이 학생의 오개념을 실제로 지도해 본 경험이나 다양한 지도 사례, 지도 방법에 대한 지식이 부족한 것에 기인한 것일 수 있다.

세 가지 상황을 가로질러 또 두 주제 영역을 가로질러 인식론적 일관적인 인식론적 신념을 보이는 빈도가 낮은 것은 인식론적 신념이 고정된 것이 아니라 맥락에 따라 다르게 발현된다는 Hammer and Elby(2002)의 주장을 지지한다. 더불어, 다른 맥락에서 각기 다른 신념이 활성화되어 다양한 견해가 나올 수 있다는 Yoon(2012)의 주장과도 일치하는 것이다.

위 결론들을 토대로 예비교사들의 인식론적 신념은 부분적으로만 연관되고 전체적, 통합적으로 구성되어 있지 못함을 알 수 있다. 교사들이 일관된 인식론적 신념을 가지고 있을 때 과학 교수에 대한 자신감이 높아진다(Waters-Adams, 2006). 예비교사들이 일관된 인식론적 신념을 통합적으로 구성할 수 있도록 도와주기 위한 시사점을 본 연구 결과로부터 제시하면 다음과 같다.

우선 예비교사들이 보다 세련되고 일관적인 인식론적 신념을 갖도록 도와주기 위해서는 다양한 내용 지식 영역에서 정당화 차원, 이론 변화 차원의 인식론적 신념에 대한 토의가 이루어 질 수 있도록 조장하는 것이 중요할 것 같다. 용불용설과 임페투스론에서처럼 서로 다른 주제 영역에서 예비교사들이 서로 상반된 인식론적 신념을 갖고 있었을 때, 왜 자신들이 상반된 인식론적 신념을 갖고 있는지 명시적으로 반추하도록 조장하는 것은 보다 일관성 있는 인식론적 신념으로 발전 시키는데 도움이 될 것이다. 따라서 인식론적 신념에 대한 교사교육은 특정한 내용 지식, 특정한 주제 영역에서만 이루어지고 그치는 것이 아니라, 비록 한 주제에 대해 세련된 견해를 갖고 있다고 할지라도 다른 여러 주제에 대해 예비교사들의 인식론적 신념을 반추해 볼 수 있도록 지속적으로 지도할 필요가 있는 것 같다.

또한 예비교사의 인식론적 신념을 향상시키기 위해서 명시적 반성적 교수(explicit-reflective instruction, Lederman, 2007) 활동을 할 때, '과학 지식', '과학 학습', '과학 교수' 세 가지 상황에 관한 인식론적 신념을 통합적으로도 다루어야 할 필요가 있다. 특히, Kang and Wallace(2004) 연구 결과에서 보여주듯이, 교사가 과학자들의 과학과 학교 과학을 다르게 인식함으로써 비일관적인 인식론적 신념을 가질 수 있다. 교사가 구성주의적 인식론은 과학자들의 과학에만 적용하여 인식하고 학교 과학은 학생들이 수동적으로 과학 지식을 습득하는 활동으로 본다면, 과학 지식에 대해서는 세련된 인식론적 신념을 보이지만 과학 학습과 과학 교수에 관해서는 순박한 신념을 소유할 수 있다. 따라서 학생들이 과학 학습도 과학자들의 과학 활동처럼 학생들이 능동적으로 자신들의 개념을 구성해 간다는 것, 그런 능동적 학습을 조장하기 위해서는 구성주의적 교수법이 효과적이라는 신념을 길러줄 필

요가 있다. 구체적인 예로, 탐구 학습에 기초한 과학 수업에서 학생들이 본인들의 오개념에 기초해서 가설을 설정하고 실험을 했을 때, 그 실험 결과가 학생들의 오개념을 명확히 반증하는 사례라 할지라도 과학자들처럼 학생들도 자신들의 오개념을 쉽게 포기하지 않는다는 점, 똑같은 결과도 다른 시각에서 다르게 해석할 수 있다는 점, 그래서 과학자들처럼 학생들도 자신들의 개념과 보다 과학적인 개념에 대해 증거를 갖고 논의하고, 논쟁하는 과정이 필요하다는 점을 교사교육 수업에서도 다루어 줄 필요가 있다고 생각된다.

국문요약

교사의 인식론적 신념을 바라보는 이론적 입장은 크게 영역과 무관하게 발달된다는 입장과 상황이나 맥락에 따라 차별적으로 활성화된다고 바라보는 입장으로 나누어 볼 수 있다. 본 연구에서는 교사의 인식론적 신념을 보다 복합적인 구인으로 이해하기 위해 과학 교사의 인식론적 신념이 서로 다른 과학 내용 지식의 영역(용불용설, 임페투스론)에서 그리고 ‘과학 지식’, ‘과학 학습’, ‘과학 교수’라는 세 가지 상황에서 어느 정도의 일관성이 있는지, 인식론적 신념의 맥락의존성을 고찰하였다.

연구 결과 예비교사들의 인식론적 신념이 ‘과학 지식’, ‘과학 학습’, ‘과학 교수’ 세 가지 상황에서 일관적인 경우는 극히 적었다. 두 가지 상황에서만 일치하는 연관적 신념이 대부분이었고 세 가지 상황에서 모두 서로 다른 유형의 인식론적 신념을 가진 비일관적 신념을 가진 비율이 일관적인 인식론적 신념을 가진 비율보다 높았다. 또 용불용설과 임페투스론 두 주제 영역을 가로질러 예비교사들의 인식론적 신념이 일관적인지 알아본 결과 ‘과학 지식’과 ‘과학 교수’ 상황에서는 주제 영역과 관계없이 일관적 신념을 보인 비율이 높았으나 ‘과학 학습’ 상황에서는 주제 영역에 따라 인식론적 신념이 달라지는 경우가 일관적인 경우보다 더 많았다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 예비교사들이 보다 일관된 인식론적 신념을 통합적으로 구성할 수 있도록 도와주기 위한 시사점을 논의하였다.

주제어 : 예비 과학교사, 인식론적 신념, 과학 지식, 과학 학습, 과학 교수, 개념 변화

References

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural nature. *Science Education*, 82(4), 417-437.

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

Cho, H-H., & Choi, K. (2002). Science education: Constructivist perspectives. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(4), 820-836.

Education research institute of Seoul national university. (1994). The dictionary of educational studies. Hawoo publishing company.

Hammer, D., & Elby, A. (2002). On the form of personal epistemology. In B. K. Hofer, & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 169-190). Mahway, NJ: Erlbaum.

Hammer, D., & Elby, A. (2003). Tapping epistemological resources for

learning physics. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 53-90.

Hofer, B. K. (2000). Dimensionality and disciplinary differences in personal epistemology. *Contemporary Educational Psychology*, 25(4), 378-405.

Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (2002). *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kang, N-H., & Wallace, C. S. (2004). Secondary science teachers' use of laboratory activities: Linking epistemological beliefs, goals, and practices. *Science Education*, 89(1), 140-165.

Kang, N-H. (2008). Learning to teach science: Personal epistemologies, teaching goals, and practices of teaching. *Teaching and Teacher Education*, 24(2), 378-405.

Kwak, Y. (2001). Theoretical background of constructivist epistemology. *Journal of Korean Earth Science Society*, 22(5), 427-447.

Kwon, S., & Pak, S. (1995). Elementary preservice teachers' conceptions about and its changes in nature of science and constructivist view of learning. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 15(1), 104-115.

Lederman, N. G. (1999). Teachers' understanding of the nature of science and classroom practice: factors that facilitate or impede the relationship. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(8), 916-929.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Linn, M. C., Eylon, B., & Davis, E. A. (2004). The knowledge integration perspective on learning. In M. C. Linn, E. A. Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet environments for science education* (pp. 29-46). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Nespor, J. (1987). The role of beliefs in the practice of teaching. *Journal of Curriculum Studies*, 19(4), 317-328.

Paeng, A-J., & Paik, S-H. (2005). An analysis of science teachers' faith on inquiry lessons and their science classes. *Journal of the Korean Chemical Society*, 49(3), 300-310.

Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.

Park, Y. (2000). Secondary teachers' view on science and learning. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 20(2), 244-249.

Perry, W. G. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme*. New York: Holt, Rinehart, & Winston.

Rokeach, M. (1968). *Beliefs, attitudes, and values: A theory of organization and change*. San Francisco: Jossey-Bass.

Schraw, G., & Olafson, L. (2002). Teachers' epistemological world view and educational practices. *Issues in Education*, 8(2), 99-149.

Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 82(3), 498-504.

Tobin, K. G., Tippins, D. J., & Hook, K. (1994). Referents for changing a science curriculum: A case study of one teacher's change in beliefs. *Science and Education*, 3, 245-264.

Tsai, C-C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education*, 24(8), 771-783.

Waters-Adams, S. (2006). The relationship between understanding of the nature of science and practice: The influence of teachers' beliefs about education, teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 28(8), 919-944.

Yang, I-H., Han, K-G., Choi, H-D., Oh, C-H., & Cho, H-J. (2005). Investigation of the relationship between beginning elementary teachers' beliefs about the nature of science and science teaching and learning context. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 24(4), 399-416.

Yoon, C-H. (2011). The domain generality versus specificity of epistemological beliefs and their relations with educational context variables. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 25(3), 523-544.

Yoon, C-H. (2012). Students' epistemological beliefs: theoretical issues and pedagogical implications. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 26(1), 327-351.

부록: 설문 A

◎ 다음 글을 읽고 답하세요.

19세기 초 라마르크가 **용불용설**에 의한 진화론을 제시했고 19세기 중반에 다윈이 **자연선택설**로 생물의 진화를 설명하였다. 용불용설을 지지하는 생물학자들은 생물이 환경에 적응하면서 자주 사용하는 기관은 점점 발달하고 자주 사용하지 않는 기관은 점점 퇴화되는데 이렇게 변화된 형질이 자손에게 유전되면서 진화가 진행된다고 본다. 반면, 자연선택설 지지 학자들은 주어진 환경에 잘 적응하는 특성을 지닌 생물만이 생존해서 계속 번창, 번식하면서 생물이 진화된다고 본다.

1. 다윈 이전에 많은 과학자들이 현재는 타당하지 않은 것으로 밝혀진, 용불용설을 믿고 있었던 이유는 무엇일까?
2. 19세기 중반 이후 자연선택설이 제기되면서 생물학자들은 용불용설이 잘못 되었음을 쉽게 인정했을 것이라고 생각하는가, 아니면 계속적인 논쟁이 이어졌을 것이라고 생각하는가? 왜 그렇게 생각하는가?
3. 현대 생물학자들은 자연선택설을 정설로 받아들이고 있고 과학 교과서를 통해 학생들에게 가르친다. 자연선택설은 이제 불변의 과학 지식이 되었다고 생각하는가? 다음 중 하나를 선택하여 응답하시오.
 - 3-1. 자연선택설이 불변의 과학 지식이라고 생각한다면, 왜 그렇게 생각하는지 설명하시오.
 - 3-2. 자연선택설이 불변의 과학 지식이 아니라고 생각한다면, 왜 그렇게 생각하는지 설명하시오.

◎ 다음 글을 읽고 답하세요.

윤 선생님이 중학교 학생들과 진화론에 대해서 토론하고 있었다. “기린은 왜 목이 유난히 길게 진화해 왔을까요?”라고 묻자 대부분의 학생들은 사람이 자꾸 운동을 하면 근육이 발달하는 것처럼 기린이 더 높은 곳의 열매와 나뭇잎을 따 먹으려고 자꾸 목을 사용하다보니 목이 길어졌다고 대답했다.

4. 위 예문에서 대부분의 학생들은 라마르크의 용불용설과 비슷한 개념을 가지고 있다. 학생들은 왜 이와 같은 개념을 가지게 되었을까?
5. 당신이 교사라면 어떻게 수업을 진행해 나가겠는가? 수업 활동을 구체적으로 설명하고 또 왜 그렇게 진행할 것인지 이유를 함께 설명하시오.

◎ 다음 글을 읽고 답하세요.

학생들의 용불용설 개념을 수정하기 위해, 윤 선생님은 학생들에게 다윈의 진화론을 설명하기 시작했다. “100여 년 전 영국의 맨체스터 지방에는 흰 나방이 대부분이었고 검은 나방은 찾아보기 힘들었어요. 왜냐하면 그 곳 나무들에 하얀 지의류가 살고 있어서, 하얀 나방들이 그 나무들에 붙어 있으면 눈에 잘 띄지 않았지만 검은 나방은 눈에 쉽게 띄어서 새들에게 쉽게 잡혀 먹혔기 때문이에요. 그런데 산업혁명 후 도시가 점차 매연 등으로 오염되면서 나무의 하얀 지의류들이 죽고 나무껍질이 검게 변하면서 하얀 나방은 점점 사라지고 검은 나방은 눈에 잘 띄지 않아 수가 점점 많아졌어요.”
윤 선생님은 이 자료가 다윈의 자연선택을 증명하는 증거라고 설명했다.

6. 윤 선생님은 위와 같이 자연선택설의 직접적 증거를 제시함으로써, 학생들의 용불용설과 유사한 개념이 수정되고 학생들이 자연선택설에 대해서 올바른 이해를 하게 될 것이라고 기대했다. 여러분은 학생들의 학습 결과에 관해 어떻게 예측하는가?
7. 다음은 박 선생님과 이 선생님의 주장이다. 여러분은 누구의 의견에 동의하는가? 또 동의하는 이유를 설명하시오.



박 선생님

현재 과학에서 다윈의 자연선택설이 과학적 이론으로 받아들여지고 과학 교육과정에도 포함되어 있다. 교육과정에도 없고 과학적으로 타당하지 않은 용불용설을 수업에서 다룰 필요가 없다.

교육과정에 없고 과학적으로 타당하지 않더라도 학생들이 용불용설과 유사한 생각을 가지고 있기 때문에 용불용설을 수업 내용에 포함해서 다루어야 한다.



이 선생님