



## 저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

교육학석사 학위논문

한국과 일본의 지구과학 전공  
대학원생들의 과학의 본성에  
대한 인식

The differences between Korean and  
Japanese graduate students' perception  
about the nature of science

2013년 2월

서울대학교 대학원  
과학교육과 지구과학 전공  
김 소 요

# 한국과 일본의 지구과학 전공 대학원생의 과학의 본성에 대한 인식

The differences between Korean and  
Japanese graduate students' perception  
about the nature of science

지도교수 최 승 언

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함

2012년 12월

서울대학교 대학원  
과학교육과 지구과학 전공  
김 소 요

김소요의 석사 학위논문을 인준함

2012년 12월

위 원 장               김 찬 중               (인)

부위원장               최 승 언               (인)

위     원               박 경 애               (인)

## 국문초록

현대 과학 교육의 목표는 과학적 소양을 기르는 것이고 과학적 소양을 위해 과학의 본성에 대한 이해는 필수적인 요소로서 강조되고 있다. 본 연구에서는 지구과학을 전공하고 있는 한국과 일본 서울대와 교토대의 대학원생들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보았다. 같은 아시아 국가이지만, 지구과학적 조건 문화가 다른 두 나라의 비슷한 전공의 학생들의 인식에는 어떠한 공통점과 차이점이 있는지 vnos-c 개방형 설문지를 통해서 연구를 진행하였다. 서울대 13명의 학생 교토대 13명의 학생의 응답에 대한 분석을 통해 서울대 학생들의 경우 교토대에 비해, 사회문화적 영향, 과학의 이론 의존적 본성에 대한 인식이 높은 편이었고, 이론과 법칙, 상상력과 창의력에 대한 인식은 낮은 편이었다. 그리고 교토대의 경우는 이와 반대로 이론과 법칙, 상상력과 창의력에 대한 인식이 높고 사회문화적 영향, 과학의 이론 의존적 본성에 대한 인식이 낮은 편이었다. 서울대와 교토대 공통적으로 학생들이 인식하고 있는 것은 과학은 객관적인 학문이고 실증가능한 학문이라고 인식하고 있다는 것과 과학지식은 진보 발전해 나간다는 인식을 갖고 있다는 것이다. 또한 설계 단계에서의 창의성을 강조하였다. 서울대의 특징적인 인식은 첫째, 과학에 대한 본성의 이해가 정합적이지 않다는 점이었다. 과학의 사회문화적 영향과 관찰이 이론에 의존한다는 인식을 가지고 있었지만, 많은 학생들이 과학은 객관적이다라는 모순되는 인식도 가지고 있었다. 둘째, 상상력과 창의성의 사용에 관한 질문에 있어 결과를 해석하는 단계에서는 상상력을 배제해야 한다는 인식이다. 셋째는 법칙은 불변한다는 인식을 갖

고 있다는 것이다. 한편, 교토대 학생들의 특징적인 내용은 첫째, 과학은 객관적이고 보편적이어야 한다는 인식이 많았다는 것이다. 둘째, 상상력의 필수불가결성을 강조했다. 셋째는 절대 진리의 존재에 대한 회의에 대한 인식이다. 본 연구는 첫째로는 과학을 전공하고 있는 대학원생의 경우에도 직접 과학을 수행하고 있지만, 과학의 본성에 대한 이해는 높지 않은 편으로 대학과 대학원의 이공계 대학교육에서의 과학의 본성에 대한 교육의 필요성을 시사한다. 둘째는 대학과 대학원에서의 창의력에 대한 인식의 향상을 위한 교육의 필요성을 제기한다. 노벨상 수상자 7명을 배출하고 있는 교토대학교는 자유를 학풍으로 상상력을 중요시하는 연구중심의 대학 시스템을 갖추고 있다. 교토대 학생들의 답변을 통해 이러한 교토대학 특유의 배경과도 연결이 있다고 할 수 있다. 셋째로는 학생들의 답변에서 나타난 한국과 일본의 사회, 문화적인 배경과 관련있는 진화론 창조론, 원자력 지진, 절대 진리에 대한 회의, 긍정등의 요소를 통해서 사회, 문화적 요소 과학의 본성에 대한 인식에 구체적으로 어떠한 영향을 미치는지에 대한 후속연구의 필요성을 제기한다.

**주요어** : 과학의 본성, 인식

**학 번** : 2010-21547

# 목 차

I. 서론 .....	1
1. 연구의 필요성 및 목적 .....	1
2. 연구 문제 .....	3
II. 이론적 배경 .....	4
1. 과학의 본성 .....	6
2. 선행연구 .....	7
III. 연구 방법 .....	8
1. 연구 참여자 .....	8
2. 검사 도구 .....	8
3. 자료 수집 .....	10
4. 자료 분석 .....	11
IV. 연구 결과 및 논의 .....	13
1. 범칙과 이론 .....	13
2. 잠정성 .....	20
3. 상상력과 창의력 .....	25
4. 사회 문화적 영향 .....	31

5. 관찰의 이론 의존성 .....	37
6. 경험적 특성 .....	41
 V. 결론 및 제언 .....	 42
 참고문헌 .....	 47
부록. 설문지 .....	51
Abstract .....	58

## 표 목 차

표 1. 과학의 본성의 주요 측면 .....	6
표 2. 연구의 흐름 .....	10
표 3. VNOS-C 분석틀 .....	12
표 4. 법칙과 이론의 차이점 .....	14
표 5. 과학지식의 잠정성 .....	20
표 6. 상상력과 창의력의 사용 단계 .....	25
표 7. 상상력과 창의성에 대한 인식 .....	25
표 8. 사회 문화적 영향 .....	31
표 9. 사회 문화적 영향을 받는 예 .....	35
표 10. 관찰의 이론 의존성 .....	37
표 11. 경험적 특성 .....	41



# I. 서론

## 1. 연구의 필요성 및 목적

오늘날 과학교육의 목표는 학생들에게 단순히 과학지식만을 전수하는 것이 아니라 급변하는 사회 및 과학 기술의 변화에 대처하기 위한 과학적 소양을 갖추도록 하여 정보화 사회에서 학생들이 잘 적응하고 대처할 수 있도록 준비시키는 것이다(Millar & Osborne, 1998) 하병권(2000)은 현대 과학 교육의 목적은 단순히 과학의 개념과 방법의 습득에 있지 않고, 학생들이 올바른 과학 정신을 내면화하여 사회와 문화의 발전과 개인 생활에 유익한 기여를 할 수 있는 과학적 소양을 기르는 것이라고 하였다. 과학의 본성은 과학적 소양의 요소로서 중요하게 다루어지고 있다(AAAS, 1990) Meichtry(1992)는 학생들이 생활 속에서 직면하는 다양한 사회적 문제들에 대해서 합리적 의사결정을 내리는데 필요한 지식, 기술, 태도 등과 같은 과학적 소양을 함양하기 위해서는 과학의 본성에 대한 이해가 필수적이라고 하였다. 과학의 본성이라는 것은 과학의 인식론 사회학, 삶의 방식으로서의 과학, 과학적 지식과 발전에 대한 믿음과 가치에 대해 이해하는 것이다(Leaderman, 1992) 이러한 과학의 본성에 대한 특정한 이슈에 대해서 과학철학자, 과학사회학자, 과학자들은 일치되지 않은 견해를 보이고 있는데 과학적 지식과 마찬가지로 과학의 본성의 개념이라는 것도 잠정적이고 역동적이라고 할 수 있기 때문이다(Leaderman, 2002) 과학의 본성에 대한 다양한 관점들 중에서 Abd-EL-Khalick 등 (1998)은 과학적 지식의 영속성과 변화 가능성, 과학이 자연세계의 관찰에 기반하고 있다는 경험성, 과학 지식의 연구자에 의한 주관적이고 이론 의존성, 인간의 추론과 상상력의 산물, 과학의 사회적이고 문화적인 측면이라는 6가지 관점을 언급하였다.

Rubba&Anderson(1978) 은 초도덕성, 창의성, 발전성, 간결성, 검증 가능성, 통합성의 6개의 영역으로 과학 지식의 본성을 정의하였다.

선행연구에서는 초, 중, 고, 예비교사, 교사들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보기 위한 연구가 주를 이루었으며, 이과를 전공하여 과학을 연구하고 있는 대학생들에 대한 연구는 이뤄지지 않았다. 또한 서로 다른 문화에 놓여있다고 할 수 있는 국가 간의 비교연구는 미국예비교사들의 인식을 조사한 결과와 간접적으로 비교한 김선영(2010)의 논문에서만 찾아볼 수 있었다. cobern(1997)은 과학의 본성은 개인이 갖고 있는 세계관의 일부이거나 적어도 과학의 본성이라는 것은 세계관에 영향을 받는 것이라고 하였다. 또한 suterland와 Dennick(2008)은 세계관과 문화 언어가 과학의 본성의 인식에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다고 언급하고 있다. 국가 간의 인식 비교 연구는 과학의 본성에 대한 인식에 영향을 미치는 사회 문화적 요소에 대한 추측을 가능케 할 수 있다. 본 연구에서는 서울대학교 지구환경학부 대학원생들과 같은 아시아 국가이지만 지구과학적 환경이 다르고 문화가 다른 일본, 일본 내에서도 노벨상 수상자 7명을 배출한 교토대학교 지구혹성과학전공의 대학원생들을 대상으로, 과학의 본성에 대한 인식에는 어떤 공통점과 차이점이 있는지 알아보고자 하였다.

## 2. 연구 문제

본 연구는 서울대와 교토대의 지구과학전공 대학원생들의 과학의 본성에 대한 인식을 알아보고, 각각 학교의 학생들의 과학의 본성에 대한 인식의 공통점과 차이점을 알아보고자 하는 것이다. 연구문제는 다음과 같다.

- 1) 서울대와 교토대 학생들의 과학의 본성에 대한 인식은 어떠한가?
- 2) 서울대와 교토대 학생들의 과학의 본성에 대한 인식은 어떠한 차이점이 있는가?

## II. 이론적 배경

### 1. 과학의 본성

오늘날 과학교육의 목표는 학생들에게 단순히 과학지식만을 전수하는 것이 아니라 급변하는 사회 및 과학 기술의 변화에 대처하기 위한 과학적 소양을 갖추도록 하여 이러한 정보 사회에서 학생들이 잘 적응하고 대처할 수 있도록 준비시키는 것이다(Millar & Osborne, 1998) 하병권(2000)은 현대 과학 교육의 목적은 단순히 과학의 개념과 방법의 습득에 있지 않고, 학생들이 올바른 과학 정신을 내면화하여 사회와 문화의 발전과 개인 생활에 유익한 기여를 할 수 있는 과학적 소양을 기르는 것이라고 하였다.

과학의 본성은 과학적 소양의 요소로서 중요하게 다루어지고 있다(AAAS, 1990) Meichtry(1992)는 학생들이 생활 속에서 직면하는 다양한 사회적 문제들에 대해서 합리적 의사결정을 내리는데 필요한 지식, 기술, 태도 등과 같은 과학적 소양을 함양하기 위해서는 과학의 본성에 대한 이해가 필수적이라고 하였다. 과학의 본성이라는 것은 과학의 인식론 사회학, 앎의 방식으로서의 과학, 과학적 지식과 발전에 대한 믿음과 가치에 대해 이해하는 것이다(Leaderman, 1992) 이러한 과학의 본성에 대한 특정한 이슈에 대해서 과학철학자, 과학사회학자, 과학자들은 일치되지 않은 견해를 보이고 있는데 이는 과학적 지식과 마찬가지로 과학의 본성의 개념이라는 것도 잠정적이고 역동적이라고 할 수 있기 때문이다(Leaderman, 2002) 과학의 본성은 과학의 발달과 더불어 과학에의 본성과 과학이 작동하는 원리에 대한 체계적인 생각의 변화에 따라 변화해왔다(Abd-EL-Khalick & Leaderman, 2000a) 과학의 본성에 대한 의견이 완전히 일치하지는 않지만, 보편적으로 한 시대의 학자들이 과학의 본성에 대해 공유한 측면들은 과학의 본성의 교수와 학습, 평가의 기준으로

된다(Lederman, 2002) 7개국의 국제과학 교육표준에서 제시한 과학의 본성의 내용을 분석하여 McComas 등(1998)은 과학의 본성에 대한 합의된 관점으로서 과학 지식은 임시적이며, 과학을 하는데 한 가지 방법만 있는 것이 아니라는 것, 과학에 기여하는 사람들은 다양한 문화권에 살고 있으며, 관찰은 이론 의존적이고, 과학사는 점진적인 특성과 혁명적인 특성 둘 다를 나타내며 과학과 기술은 서로 영향을 주고받는다라는 관점 추출해 내었다.

또한 Abd-EL-Khalick 등 (1998) 은 과학적 지식의 영속성과 변화 가능성, 과학이 자연세계의 관찰에 기반하고 있다는 경험성, 과학 지식의 연구자에 의한 주관적이고 이론 의존성, 인간의 추론과 상상력의 산물, 과학의 사회적이고 문화적인 측면이라는 6가지 관점을 언급하였다.

Lederman(2002)는 과학의 본성의 8가지 주요 측면에 대해서 표 1과 같이 언급하였다.

Bartholomew와 Osborne(2004)는 학생들이 알아야 하는 과학의 본성에 대한 측면을 과학적 방법과 비판적 검증, 과학의 확실성, 과학적 사고의 다양성, 가설과 예측, 과학 지식의 역사적 발전, 창의성, 과학과 질문, 자료의 분석과 해석, 과학 지식 발전을 위한 협동과 공동 연구의 9가지 주제로 나누어서 정리하였다.

과학의 본성에 대한 교육은 우리나라에서도 제 5차 교육과정에서 과학 교육의 목표로서 과학의 본성의 이해를 다루기 시작하여 제 6차 교육과정에서는 과학의 본성에 대한 내용을 포함하였다. 제 7차 교육과정에서도 과학지식의 잠정성과 과학지식의 형성과정과 같은 과학의 본성에 대한 이해를 목표로 설정하고 있다(교육부, 1997)

표 1. 과학의 본성의 주요 측면

과학의 본성의 주요 측면	특징
경험적 본성	과학지식은 자연 세계에 대한 관찰에 기초한다.
과학적 방법의 다양성	절대적인 지식의 발달을 보장해주는 유일한 과학적 방법은 없다.
과학 지식의 잠정성	과학지식은 절대적이거나 확실한 것이 아니다. 사실, 이론, 법칙을 포함하는 지식들은 변할 수 있다.
이론과 법칙의 차이	법칙은 관찰 가능한 현상 사이의 관계를 서술하는 진술이며, 이론은 관찰 가능한 현상을 설명하는데 사용된다.
창의적이고 상상적인 본성	과학은 경험적이고 과학지식의 발달은 관찰을 통해 이루어지지만, 생성된 과학지식은 인간의 상상력과 창의력을 수반한다.
관찰과 추론	과학은 관찰과 추론에 기초한다. 관찰은 감각을 통해 이루어지며, 추론은 이 관찰을 해석하는 것이다.
이론 의존적 본성	과학자들의 이론적이고 학문적인 진술, 믿음, 선지식, 훈련, 경험, 기대 등은 그들의 연구에 영향을 준다.
사회 문화적 함축	인간 활동으로서 과학은 더 큰 문화적 맥락 속에서 수행되며, 문화의 다양한 요소와 영향을 주고받는다.

## 2. 선행 연구

과학적 소양에 대한 강조와 함께 과학의 본성에 대한 인식이 중요하게 여겨지게 되면서 과학의 본성에 대한 인식연구는 활발하게 진행되었다. 그 중에서도 학생들과 교사들의 과학의 본성에 대해서 어떻게 생각하고 있는지에 대해서 조사한 연구가 주를 이루었다. 특히 학생들의 과학의 본성에 대한 인식은 교사의 인식에 영향을 받는다는 연구결과로 인해 초, 중, 고등학교 학생들과 예비교사, 교사들의 인식에 대한 연구가 활발하게 이뤄졌다. 한편 선행연구 가운데 대학원생들의 인식에 대한 연구는 적은 편으로 송진웅, 권성기(1992)의 과학 철학을 수강하는 대학원생의 과학의 본성에 대한 인식의 변화를 조사한 논문만 찾아볼 수 있었다.

한편 일본의 과학의 본성 관련 선행연구에서는 角屋 重樹(1991)의 초등학교 학생들의 과학의 잠정성에 대한 인식에 대한 연구가 있었다.

### III. 연구 방법

#### 1. 연구 참여자

연구 대상자는 서울대학교 지구환경과학부 대학원생 13명과 교토대학교 지구혹성과학부 대학원생 13명을 대상으로 하였다. 교토대학교의 경우는 2011년 10월부터 2012년 9월까지 1년동안 교토대학교 이학연구과 지구혹성과학전공에서 교환학생으로 수학하면서 질문지에 대한 응답을 받을 수 있었다. 연구 대상으로 한 서울대학교와 교토대학교 26명의 학생들 중, 본 연구와 관련된 과학의 본성, 과학철학에 대한 내용의 강의를 들어본 적이 있는 학생은 서울대학교 지구환경과학부 박사과정 1명이 있었다. 이 학생은 학부 전공이 지구과학교육으로 과학교육과 과학사 수업 등을 통해 과학의 본성에 대한 내용을 접해 본 경험이 있었다. 과학의 본성에 대한 명시적인 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 높인다는 선행연구의 결과를 고려해 볼 때, 1명을 제외하고는 과학의 본성에 대한 강의를 들어본 적이 없기 때문에 설문지의 답변이 수업 등에 의한 사전지식의 영향을 받지 않았다고 할 수 있다.

#### 2. 검사 도구

서울대학교와 교토대학교 대학원생들의 과학의 본성에 대한 인식을 심층적으로 분석하기 위해 Lederman 등(2001)이 개발한 VNOS-C(Views on the nature of science questionnaire-From C)를 일본어와 한국어로 번역하여 수정하여 사용하였다. VNOS는 선택형과 단답형 설문지의 단점을 극복하기 위해서 학생들의 견해를 심도 있고 명확하게 검사하고자



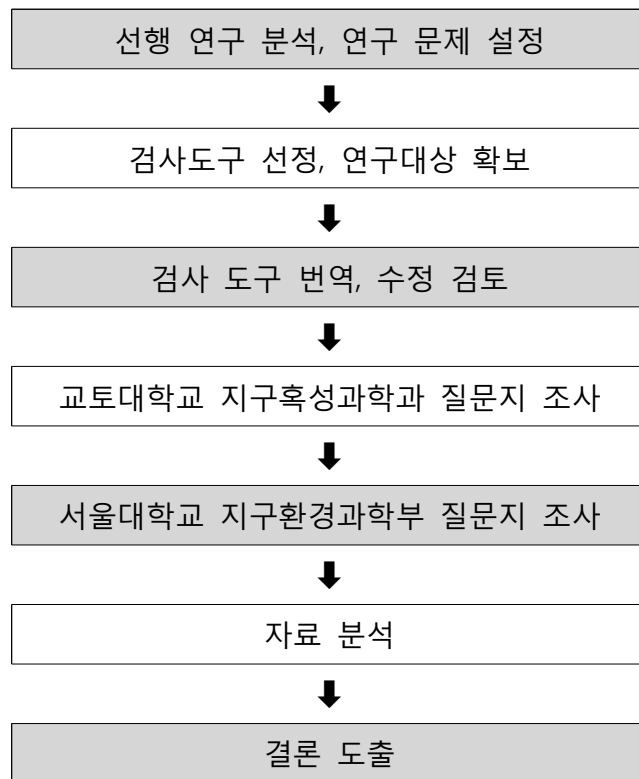
하는 목적에서 개발된 것으로 개방형 질문과 인터뷰와 같은 방법을 사용하고 있다(Lederman et al., 2002) VNOS 설문지는 크게 VNOS-A, VNOS-B, VNOS-C의 형태가 있다. VNOS-A는 Lederman과 O'Malley(1990) 고등학교 학생들의 과학의 잠정성에 대한 견해를 평가하기 위해 개발한 것이다. 이후 Abd-El-Khalick 등(1998)은 VNOS-B의 일부를 변형시켜 중등 과학교사들의 과학의 잠정적, 경험적, 추론적 창의적, 이론 의존적인 과학의 본성과 이론과 법칙 사이의 차이에 대한 견해를 알아보기 위해서 사용하였다. 그 후에 Abd-El-Khalick은 다시 VNOS-B의 검사지 문항에서 과학의 사회문화적 함의와 보편적인 과학적 방법이 존재하는지에 대한 점을 묻는 문항을 추가하여 VNOS-C형 검사지를 개발하였다. 이 검사지는 과학교육자, 과학사 전문가, 과학자들로 이루어진 집단에 의해 안면타당도와 내용타당도를 확인받았다.

교토대학교 대학원생을 대상으로 연구를 진행하기 위해 VNOS-C 설문지를 일본어로 번역하였고, 일본어 번역본은 교토대학교 과학철학 전공 박사과정 학생 1인에 의해서 검토, 수정이 되었고, 교토대학교 과학철학 전공 박사과정 학생 1인 과학 철학 전문가 1인의 검토에 의해 답변이 어렵다고 판단되는 원자의 구조와 종의 분류에 관한 문항은 제외하고, 과학의 정의와 과학이 종교, 철학과 다른 점을 묻는 1번 문항을 두 문항으로 나누었다. 또한 과학의 모델의 정의에 대한 물음을 추가하였다. VNOS-C의 설문지의 문항은 과학이론과 법칙, 과학지식의 잠정성, 과학자들의 창의성과 상상력의 사용, 이론의존적 본성, 과학의 사회, 문화적 영향, 과학의 경험적 특성 등에 대한 문항으로 구성되어 있다. 최종 완성된 일본의 과학 철학 전문가 1인의 검토를 받았다. 동일한 내용으로 VNOS-C 한국어 번역 설문지를 완성하였다.

### 3. 자료 수집

검사도구를 선정하고, VNOS-C 설문지의 한국어, 일본어 번역과 수정, 검토를 완료한 후, 먼저 교토대학교 연구대상자들에게 설문내용에 대한 구체적인 설명을 한 후 질문지를 의뢰하였다. 2012년 8월 교토대학교 학생들로부터 설문조사를 완료하였고, 서울대학교 연구대상자들로부터의 설문은 9월에 조사를 완료하였다. 전체적인 연구의 흐름은 표 2와 같다.

표 2. 연구의 흐름



## 4. 자료 분석

본 논문은 표 3에서 Leaderman 등(2002)이 제시하고 있는 과학의 본성에 대한 올바른 관점의 코딩방법에 따라 과학의 본성 과학법칙과 이론, 과학지식의 잠정성, 창의력과 상상력의 사용, 이론 의존적 본성, 사회 문화적 영향, 과학의 경험적 본성의 6가지 항목에 대해서 학생들의 관점을 초보자적 관점과 전문가적 관점으로 나누어 보았다. 그리고 각 항목별로 학생들의 답변을 구체적으로 분류화를 하여, 교토대와 서울대에서 공통적으로 나타나는 내용과 교토대와 서울대 각각에서 특징적으로 나타나는 내용으로 분류해 보았다. 분석의 과정에서 학생들의 답변의 내용을 이해하기 어려운 부분에 대해서는 메일을 통해서 문의하여 확인하였고, 연구의 신뢰성을 확보하기 위해서 지속적 비교를 실시하였으며 또한 초보자적 관점인지 전문가적 관점인지 나누는 과정과 답변의 분류화의 과정에 대해 과학교육 전문가 1명에 의한 검토가 이루어졌다.

표 3. VNOS-C 분석틀

NOS 항목	More naive view	More informed view
법칙과 이론의 차이	<p>법칙은 이론으로 출발하여 검증이 되면 법칙이 된다.</p> <p>법칙은 견고하며 사실로 입증된 것이다. 이론은 변하기 쉬우며 거짓으로 증명될 수 있다.</p>	<p>법칙은 현상, 사물 사이의 관계를 설명하고 이론은 일반 관찰에 따른 개념에 의해 이루어져 있고, 세계를 위한 새로운 설명 모델을 제안한다.</p>
과학의 잠정성	<p>이론은 반복되는 증거와 증명에 의해서 법칙으로 변한다.</p> <p>법칙이라는 것은 확정적이고 사실이나 이론은 변해가기 쉽고 언제든지 거짓이 될 수 있는 것이다.</p>	<p>과학은 새로운 증거와 증거의 새로운 해석으로 인해 변할 수 있기 때문에 100%확신할 수 없고 부정적인 증거는 법칙이나 이론의 수정을 가능케 한다.</p>
상상력과 창의력	<p>과학자는 데이터를 수집할 때만 상상력을 사용한다. 과학자는 객관적이어야 하므로 데이터 수집 후에는 상상력을 사용하지 않는다.</p>	<p>상상력과 창의력은 연구 전반에 걸쳐 또한 왜 그러한 결과가 관찰되었는지 혁명적인 아이디어를 형성하는데 필수적인 것이다.</p>
사회 문화적 영향	<p>과학은 사실이 관한 것이기 때문에 문화와 사회의 영향을 받을 수 없다.</p> <p>사회는 때로 어떤 과학적 연구에 재정을 지원할 수 없다. 과학 지식은 보편적인 것이고 장소에 따라서 변하지 않는 것이다.</p>	<p>사회와 문화의 모든 요소들은 과학적 아이디어를 받아들이는데 영향을 미친다.</p>
관찰의 이론 의존성	<p>공통의 멸종할 때 과학자들은 같은 시대에 없었기 때문에 서로 다른 결론이 나온 것이다.</p>	<p>같은 데이터를 가지고 다른 방식으로 해석했기 때문에 즉 과학자들 각자의 교육정도, 선 지식, 배경에 영향을 받았기 때문이다.</p>
경험적	<p>과학은 객관적인 것이고, 많은 사람들의 의견, 개인의 편견, 관점을 허용하지 않는 사실에 근거한 것이다.</p>	<p>과학지식은 자연세계에 대한 관찰을 기초로 한다.</p>

## IV. 연구 결과

### 1. 법칙과 이론

과학법칙과 과학이론은 차이가 있다고 생각합니까? 라는 질문에 대해서 서울대와 교토대 학생들의 답변의 분석을 통해 먼저, 학생들이 생각하는 법칙과 이론의 정의를 알아보았다. 빈도수와 관계 없이, 학생들의 답변에 나타나 있는 법칙과 이론에 대한 인식을 전부 추출하고, 공통적으로 나타난 인식과 각각의 학교에서만 나타난 인식들을 추출해 보았다.

#### 1.1. 법칙과 이론에 대한 인식

##### 1.1.1. 교토대 서울대 학생들의 법칙에 대한 인식 및 특성

법칙의 정의에 있어, 두 학교 학생들의 답변에서 공통적으로 찾아볼 수 있었던 인식은 법칙은 검증되어 신뢰성이 있음, 적용 범위가 넓음, 일정한 조건에서 성립하는 변수와의 관계라는 서술이다. 법칙이 검증되어 신뢰성이 있음, 적용범위가 넓다라는 인식은 상대적으로 서울대 학생들의 답변에서 많이 나타났다. 교토대와는 달리 서울대에서만 찾아볼 수 있었던 법칙에 대한 인식은 법칙은 불변한다는 것이다. 한편 교토대 학생들의 답변에서만 나타난 법칙에 대한 인식은 법칙은 이론 연구의 출발점이 된다는 것, 실험 결과에 공통적으로 있는 것을 정리한 것, 과학적 사실이라는 것이다.

### 1.1.2. 교토대 서울대 학생들의 이론에 대한 인식 및 특성

서울대와 교토대 학생들의 답변에서 공통적으로 나타난 이론에 대한 인식은 이론은 검증되어야 하는 것, 가변성이 있음, 적용범위가 좁음, 현상의 인과를 설명한다는 것이다. 이론이 검증되어야 하며 가변성이 있고, 적용범위가 좁다는 인식은 상대적으로 서울대 학생들의 답변에서 많이 찾아볼 수 있었다. 서울대 학생의 답변에서만 찾아볼 수 있었던 것은 이론은 시간적으로 최근에 만들어진 것이라는 인식이다. 한편 교토대 학생들의 답변에서만 찾아볼 수 있었던 것은 이론은 법칙을 바탕으로 하여 만들어진 지식체계라는 점이다.

### 1.2. 법칙과 이론의 차이점

표 4에서 보는 것과 같이 서울대, 교토대 각각 1명, 2명의 학생을 제외하고는 법칙과 이론은 차이가 있다고 보았다. 그러나 구체적으로 법칙과 이론이 어떤 점에서 차이가 난다고 생각하는지에 있어서는 다른 양상을 보였다. 서울대에서는 많은 학생들이 신뢰성의 정도를 법칙과 이론의 차이점으로 인식하였고, 가변성, 적용범위에 관한 기준은 서울대 학생들에게만 찾아볼 수 있었다. 교토대 에서는 이론은 법칙을 바탕으로 새롭게 창출한 지식으로 법칙이 이론이 기초가 된다는 인식이 있었고, 전문가적인 인식을 갖고 있는 학생이 서울대의 경우에 비해 높게 나타났다.

표 4. 법칙과 이론의 차이점

학생들의 인식	내용	서울대	교토대
차이가 있다.	신뢰성의 정도(법칙>이론)	9	2
	가변성의 유무(이론은 변함, 법칙은 불변)	(4/9)	
	적용범위의 정도(범위>이론)	1	
	법칙은 관계 이론은 인과설명	1	3
	이론은 법칙을 바탕으로 새롭게 창출한 지식		3
비슷하다.		1	2

### 1.2.1. 공통적인 인식

#### 1) 신뢰성의 정도

서울대 9명, 교토대 2명의 학생이 법칙과 이론의 차이점을 신뢰성의 정도로 꼽았다. 설문을 한 13명의 서울대 학생 중 과반수 이상이 신뢰성의 정도를 꼽은 데 반해, 일본에서는 2명에 불과했다. 신뢰성의 정도를 말한 대부분의 학생은 법칙은 충분히 검증되었기 때문에 신뢰할 수 있고 널리 인정받는 것이지만, 이론은 검증되어야 할 것으로 논쟁의 여지가 있는 것으로 설명하고 있다. 구체적인 학생들의 답변을 보면 다음과 같다.

-법칙은 널리 인정된 예외만을 제외하고 충분히 검증되어 온 옳은 명제이고 이론은 현재 검증 중이거나 검증해야할 여지가 있는 주장이다.(서울대)

-법칙은 이미 실험을 통해서 검증된 것이고 과학이론은 아직 실험으로 검증되지 않은 것이다(서울대)

-과학이론은 검증의 세월이 짧아서 확신이 없다는 차이가 있다. 뉴턴의 1법칙은 오랜 기간, 많은 과학자들에 의해 검증되어오며 통용에 문제가 없는데, 현재 진실로 믿고 있는 최신 과학들은 이론으로 인식된다. (서울대)

-과학법칙은 과학이론 중에서 보다 넓게 인정받은 것이라고 생각된다. 예를 들어 만유인력의 법칙도 발표되었을 때에는 처음에는 원격작용론으로서 이상한 이론으로 비난받았었는데, 지지하는 과학자가 늘어나면서 법칙으로 간주하게 되었다. (교토대)

법칙과 이론의 차이점으로서 검증되었는지 여부를 꼽은 학생들 중에서 서울대와 교토대 모두에서 이론은 법칙으로 발전한다는 인식이 발견되었다. Iederman, et al(2002)은 과학적 이론과 법칙 사이에는 어떤 위계적 관계가 존재하지 않으며 과학적 법칙은 현상사이의 정량적인 관계를 기술하고, 과학적 이론은 관찰과 일치하는 개념으로 구성되거나 세계를 위한 설명 모델을 제안하는 것이라고 제시하였다.

## 2) 법칙은 관계, 이론은 설명을 나타냄

전문가적 관점으로 법칙은 관찰 가능한 현상 간의 관계를 서술하는 진술이고, 이론은 현상에 대해서 설명하는 것이라는 진술을 서울대 1명의 학생과 교토대 3명의 학생에게서 찾아볼 수 있었다.

-법칙은 일정한 조건에서 변수간의 관계등에 대한 명제이며 이론은 사실의 인과를 기술하기 위해 정립된 이해과정이다. (서울대)

-과학법칙은 예를 들어 지구가 태양 주위를 일년에 걸쳐 공전한다는 사실을 나타내고 있는 반면, 과학이론은 왜 지구가 태양의 주위를 돌고 있는 지에 대해서 설명하는 (예를 들어 가속도나 원심력이라는 개념을 들어서) 설명하는 것이다. (교토대 )

서울대에서 유일하게 전문가적 관점을 나타낸 서울대 a학생은 현재 전공은 000 박사과정이지만, 학부에서 지구과학교육을 전공한 본 연구의 연구대상자들 중에서 과학교육, 과학사등의 과목을 통해 과학의 본성에 대해서 들어본 경험이 있는 유일한 학생이었다는 것이 특징적이다. 이것은 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 향상시키기 위해서는 명시적으로 과학의 본성에 대한 수업을 하는 것이 효과적이라는 선행연구의 결과와도 연결지어 볼 수 있다.



## 1.2.2. 서울대 학생들의 특징적인 인식

### 1)가변성의 유무

법칙은 충분히 검증되어 신뢰할 수 있고, 이론은 검증을 해야 하는 것이라고 생각한 서울대학교 9명의 학생들 중 4명은 법칙이 불변성, 변화하기 어렵다는 것에 대해서도 함께 지적하고 있다.

-이론은 완전히 검증되지 않은 것, 법칙은 완전히 규명되고 변하지 않는 것이다.(서울대)

-법칙은 애초에 그렇게 정의된 것, 이론은 그 법칙을 가정하고 추정한 것으로 모든 이론이 맞는 것은 아니다.(서울대)

-법칙은 매우 확정적인 과학 이론이다. 이론은 확정적이지는 않지만 설득할 만한 설득적인 이론, 내용이다. (서울대)

법칙은 변화하기 어렵고, 검증되었으며 이론은 변화하기 쉽고 검증되어야 한다는 생각은 많은 선행연구에서 오개념으로 지적되어 온 것이다.

### 2) 적용범위

서울대의 1명의 학생은 이론과 법칙의 차이점으로 적용범위를 들고 있다.

-법칙이라는 것이 더 강하게 느껴진다. 열역학 1법칙이라고 하면 끈 이론보다 더 광범위하게 예외없이 적용되는 듯 하다 (서울대)

### 1.2.3 교토대 학생들의 특징적인 인식

#### 1) 이론은 법칙을 바탕으로 만들어진 지식체계

교토대에서는 3명의 학생이 이론은 법칙을 바탕으로 새롭게 창출한 지식이라는 관점을 있었다. 이들 학생들은 법칙은 이론을 만드는 근간으로서 이론은 법칙을 바탕으로 만들어진 것이라는 인식을 보였다.

-과학이론은 보편적인 체계적인 지식, 과학법칙은 어떠한 일정한 조건하에서 반드시 성립하는 보편적인 관계, 과학이론은 몇몇의 과학법칙과 현상을 접목시켜 체계적인 현상을 설명한다. 예를 들어 판 구조론은 지학의 4대 법칙과 실제로 일어나고 있는 현상(조산운동, 대륙의 이동)을 체계적으로 정리한 결과 도출된 결론이다(교토대)

-과학법칙은 지금까지 얻어진 실험결과에 공통적으로 있는 것을 정리한 것, 과학 이론은 기존의 지식이나 과학법칙으로부터 새롭게 창조한 지식체계를 말한다.(교토대)

-과학법칙이라는 것은 이론연구를 하는데 있어 출발점이 되는 것으로 생각한다.(교토대)

법칙을 보편적인 관계, 실험결과에 공통적으로 있는 것을 정리한 것 등으로 다르게 표현하고 있지만 이론을 만드는 기본이 되는 것이라는 것에 동의하고 있음을 알 수 있다.

이러한 인식은 서울대 학생들의 답변에서는 찾아볼 수 없었던 것이다. 권재술 등(1998)에서는 법칙은 공리, 명제, 가설, 일반화와 같이 관계연명의 하나이며, 이론의 가정 초보적인 형태인 법칙 집합형 이론을 구성하는 요소라고 하여 법칙이 이론을 구성하는 요소로 보았다.

### 1.3. 서울대와 교토대 학생들이 나열한 법칙과 이론의 예

서울대 학생들이 법칙의 예로 나열한 것에는 샤를의 법칙, 열역학 1법칙, 뉴턴의 법칙이다. 한편 교토대 학생들이 법칙의 예로 든 것은 만유인력의 법칙, 스넬의 법칙, 지사학의 4대 법칙이 있다. 이론에 있어서 서울대 학생들이 예로 나열한 것은 진화론 창조론 양자이론, 원자의 운동성에 관한 이론, 초끈 이론이 있고, 교토대 학생들이 든 예는 고전물리학, 양자이론에 관한 것이다. 서울대 학생들은 이론과 법칙에 관한 전문가적 관점이 교토대 학생들에 비해 낮았음에도 불구하고 법칙과 이론의 예에 있어서는 올바른 예와 오히려 더 풍부한 예를 보여주고 있음을 알 수 있었다. 김선영(2010)에서도 예비교사들이 이론과 법칙의 차이에 대해서는 초보자적인 관점을 가지고 있지만, 법칙과 이론에 대해서는 올바른 예를 사용하고 있다는 결과를 보여주었다.

## 2. 잠정성

표 5. 과학지식의 잠정성

응답	서울대	교토대
공통적인 인식	새로운 증거, 사실의 발견으로 인해 변화 과학지식은 발전, 진보해 나갈 것임	
	이론에서 법칙으로 발전하 면서(4)	
특징적인 인식	이론의 근간인 과학법칙이 변하게 되면서(1)	
	절대적인 지식은 존재하지 않기 때문에(2)	
	인간은 완벽하지 않기 때문 에(1)	

과학지식은 변화한다고 생각합니까? 라는 질문에 대해서 설문은 실시한 서울대와 교토대 26명의 학생 모두가 과학지식은 변화한다고 답변을 하였다. 그러나 과학지식이 왜 변하는가에 대해서는 조금씩 다른 양상을 보였다. 서울대와 교토대의 다수의 학생에게서 찾아볼 수 있었던 것은 새로운 증거, 사실의 발견으로 인해 과학지식이 변화해 간다는 것이다. 한편 서울대 학생에게서만 찾아볼 수 있었던 답변은 이론에서 법칙으로 발전해 가면서 과학이론이 변화한다는 것(4명)이다. 이는 서울대의 설문을 한 다수의 학생들이 이론은 검증되어야 하고 변할 수 있는 것이며 법칙은 검증된 것이며 불변한다는 인식을 갖고 있는 것과, 이론과 법칙을 위계적으로 생각하고 있는 것에서 파생된 생각이라고 볼 수 있다. 한편 과학지식이 변하는 이유에 대해서 교토대의 답변에서만 찾아볼 수 있었던 것은 이론의 근간인 과학법칙이 변하게 되면서(1명), 절대적인 지식은 존재하지 않기 때문에(2명), 인간은 완벽하지 않기 때문이라는 것이다.(1명)

## 2.1. 공통적인 인식

### 1) 새로운 지식의 발견

서울대와 교토대의 많은 수의 학생들이 과학지식이 변하는 이유를 새로운 증거, 사실의 발견으로 꼽았다. 학생들의 답변을 살펴보면 다음과 같다. 이는 과학의 정의에 대해서 물어보았을 때 많은 학생들이 과학은 증거가 있고, 반증가능한 것이라고 꼽은 것과 관련이 있다고 할 수 있다.

-과학자가 이론을 개발한 다음에도 그 이론에 모순되는 새로운 입자나 생물 등이 발견되면 그 이론은 뒤집혀질 가능성이 있다. (교토대)

-시간이 지남에 따라 새로운 과학 분야가 개척되면서 또는 새로운 발견으로 인해 이론들의 융합으로 과학이론은 변화될 수 있다고 생각한다. (서울대)

### 2) 진보에의 기대

새로운 증거나 나오면서 과학 지식이 변화해 간다는 답변이 공통적으로 나왔던 것과 더불어 서울대와 교토대의 학생들은 과학이 변화해 가며 더 나은 방향으로 진보해 나갈 것이라는 기대가 공통적으로 드러났다.

-과학이론은 변화 자연현상 법칙을 더 정확히 설명하고 이해하는 방향으로 수정합의, 고전 역학에서 양자역학으로 천동설에서 지동설로 (서울대)

-시간이 지남에 따라 새로운 과학분야가 개척되면서 과학이론은 변화될 수있다. (서울대)

-자신의 이론이 훗날에 바뀌게 될 것에 대해서 거절감을 갖는 경우는 적다고 생각한다. 왜냐하면 이론이 바뀐다고 하여도 자신의 발견이 헛수고였다고는 생각하지 않기 때문이다. 인간이라는 것은 항상 어딘가를 둘러 가면서 진보에 나갈 수밖에 없기 때문이다. (교토대)

-처음부터 이론의 모든 것이 옳은 것이 거의 없고, 그 이론에 대한 연구가 발전해 감에 따라서 세부적인 부분이 변화해 간다. (교토대)

## 2.2. 서울대 학생들의 특징적인 인식

한편 서울대의 4명의 학생은 이론에서 법칙으로 발전해 가면서 과학지식이 변화한다는 답변을 보였다.

-과학 법칙도 이론에서 법칙으로 만들어지는 동안 수많은 오류를 수정하고 끝내 모두가 공감할 수 있는 이론 즉 법칙이 됨. 큰 틀을 기준으로 수많은 변화를 거쳐 만들어짐 (서울대)

-실험을 기반으로 하는 것 뿐 아니라 이론적인 것도 기존에 정립된 이론을 통합하여 여러 자연현상을 하나의 법칙으로 설명하기 위해 많은 노력이 이뤄지고 있다. (서울대)

이는 앞서 살펴본 이론과 법칙에 대한 생각과 맥을 같이 하는 것으로 법칙은 검증되고 변하지 않는 지식, 이론은 검증되어야 하는 변할 수 있는 지식이라는 생각이 근간이 되어 이론이 법칙으로 된다는 생각을 갖게 된 것이라고 볼 수 있다. 교토대의 답변에서도 이론이 법칙이 된다는 오개념을 살펴볼 수 있었지만, 법칙이 불변한다는 생각은 드러나지 않았기 때문에 즉, 법칙도 불변할 수 있다는 생각으로 인해 이론이 법칙이 되어 가면서 변화한다는 답변은 나오지 않은 것으로 판단된다.

### 2.3. 교토대 학생들의 특징적인 인식

교토대에서는 오히려 과학법칙이 변하게 되어 이론이 바뀌게 되는 경우를 한 학생이 언급하였다. 교토대에서는 법칙이 이론의 근간이 되는 것이라는 인식을 찾아볼 수 있었는데(서울대에서는 이러한 답변이 없음) 이러한 인식이 법칙의 변화로 인한 이론의 변화라는 생각을 가져오게 한 것으로 볼 수 있다.

-어떤 이론이 정당하다고 가정하고 논의를 전개하였던 그 가정, 즉 과학 법칙이 잘못되어 있다면 과학이론도 당연히 변하게 된다. (교토대)

서울대에서는 교토대와는 달리 특징적으로 법칙이 불변한다는 인식이 드러났던 것과 대비하여 교토대의 2명의 학생은 절대적인 지식라는 것은 존재하지 않기 때문에 과학지식이 변화한다고 언급하였다.

-과학이론은 항상 변화해 가는 것이라고 생각한다. 원래 보편적이고 절대적인 이론이라는 것은 거의 존재하지 않는다. 개인적으로 이 세계는 기본적으로 무질서하다고 생각한다. 그 중에 무언가 질서를 세워 생각하기를 좋아하는 인간이라는 생물이 자연현상을 보고 어떻게 질서를 세워 설명할 수 없을까 하고 고안해 낸 것이 이론이라고 생각한다. 따라서 당연히 무리가 있고 자의적인 면이 있기 마련이다. 그러나 현재의 지혜로 가장 그럴듯 하게 설명해 낼 수 있는 것에 과학자들은 관심을 갖고 있다. (교토대)

-변화할 가능성이 있다. 사물에 절대적인 것이라는 없다. 새로운 증거가 나오면 변화해 가는 것이다. (교토대)

교토대 c 학생의 경우를 보면 원래 절대적인 지식이라는 것은 없고 무

질서한 세계속에서 그럴듯하게 설명할 수 있는 것을 만들어 낸 것이기 때문에 항상 변화할 수 있는 것이라는 인식이 나타나 있다. 한국의 학생들은 절대적 지식이 있다고 보는지 아닌지에 대해서 명확한 답변은 나타나 있지 않지만, 과학의 정의, 과학과 종교, 철학과의 차이점을 묻은 질문에서 과학은 명확하고 답이 있는 것이다라고 표현한 경우가 있었다.

-과학은 명확하고 모호하지 않다.(서울대)

-과학은 답이 존재한다. (서울대)

이를 통해 간접적으로나마 과학이 묻는 물음에 답이 존재하는 것이라는, 어떠한 확정적 지식에 대한 긍정을 나타내는 것으로도 볼 수 있다. 교토대의 다른 1명의 학생은 인간의 한계를 지적하면서 변화의 가능성을 언급하였다.

-인간은 완벽하지 않기 때문에, 시간에 따라서 변화해 가는 이론도있다.  
(교토대)

교토대에서는 과학의 본성에 대해서 설명할 때, 서울대에서는 이러한 답변을 찾아볼 수 없었음에 비해 인간의 특성과 한계를 지적하는 답변을 찾아볼 수 있었다. 예를 들어 과학의 잠정성을 설명할 때에는 인간이 완벽하지 않기 때문에 과학지식이 변해간다는 것과 과학의 과정에서 창의성과 상상력을 사용하는 것에 대한 질문에서는 상상력과 창의성이 필요없다면 과학은 인간이 아니어도 할 수 있는 것이라는 답변, 과학의 관찰 의존성의 특성에 있어서는 동일한 자료를 갖고도 서로 다른 의견이 나오는 이유에 있어서도 모순된 것이 보이지 않으면 자신의 주장을 옳은 것이라고 생각하게 되는 인간의 한계라고 지적하고 있다. 인간의 한계, 특성에 관해 언급하는 답변은 교토대 학생들의 답변에서만 특징적으로 살펴볼 수 있었던 점이다.



### 3. 상상력과 창의력

표 6. 상상력과 창의력의 사용 단계

단계 구분	내용	서울대	교토대
특정 단계	설계구상	4	4
	자료분석	1	1
	설계구상, 자료수집	1	
	설계구상, 자료분석	1	1
모든 단계		5	7

과학자들이 연구조사를 할 때 상상력을 사용한다고 합니까? 사용한다면 실험 조사를 하는 어느단계에서 사용한다고 생각하십니까 라는 질문에 대해 서울대와 교토대의 26명의 학생은 모두 상상력을 사용한다고 하였다. 그러나 어느 단계에서 상상력과 창의성을 사용하는지에 대해서는 표 6과 같다. 대체적으로 서울대와 교토대의 많은 학생들은 설계구상의 단계에서 상상력을 사용한다고 보았다. 한편, 전문가적인 관점인 모든 단계에서 상상력을 사용한다는 답변은 교토대의 경우가 약간 많았다.

또한 상상력과 창의성을 사용하는 것에 대한 두 학교 학생들의 공통적인 인식과 특징적인 인식은 다음의 표 7과 같다.

표 7. 상상력과 창의성에 대한 인식

응답	서울대	교토대
공통적인 인식	설계 구상 단계에서의 창의성의 사용	
	결과 분석 단계에서의 상상력의 배제해야 함(3)	
특징적인 인식		상상력을 사용하는 구체적 인 예를 제시(2)
		상상력 사용의 필수불가결성을 강조(3)
		수식을 보며 사물을 파악할 때 상상력의 사용(1)

서울대와 교토대에서 공통적으로 나타난 인식은 설계 구상 단계에서 창의성을 사용해야 한다는 것이었다. 서울대의 3명의 학생은 결과 분석 단계에서 상상력을 배제해야 한다는 인식을 갖고 있었다. 한편 교토대 학생들의 답변에서만 특징적으로 살펴볼 수 있던 것은 상상력을 사용하는 구체적인 예를 들어 설명한 것(2명) 상상력 사용의 필수불가결성을 강조했다(3명) 상상력을 어느 특정단계에서 사용하는 것이 아닌, 수식을 보면서 사물을 파악할 때 사용한다는 인식(1명) 이었다.

### 3.1. 공통적인 인식

설계구상 단계에서만, 혹은 설계 구상과 자료 수집, 설계 구상과 자료 분석을 할 때 상상력과 창의성을 사용한다는 답변이 많은 것을 통해 학생들은 공통적으로 설계 구상 단계에서의 상상력의 사용을 인정하고 있음을 알 수 있다. seung et al(2009) 한국의 예비교사들에 대한 선행연구에서도 상상력과 창의성을 설계단계에서 사용해야 한다는 답변이 많다는 결과가 있었다.

-가설을 세우는 단계에서 상상력을 더 펼쳐서 가설을 세우는 경우에는 더 큰 발견으로 이어질 수 있다고 생각한다. (교토대)

-실험이나 조사를 할 경우 세밀한 실험 계획을 할 필요가 있고, 이 때 얼마나 자연에 가까운 환경을 재현할 수 있을까를 생각할 때 상상력을 사용한다고 생각한다. (교토대)

-자신이 보이고자 하는 결과를 위해 어떻게 하면 신뢰성 있게 실험, 연구 설계를 하는지 생각하는 능력이 작용한다고 생각한다. (서울대)

### 3.2. 서울대 학생들의 특징적인 인식

대체적으로 자료수집과 자료 분석에서의 상상력의 사용에 관한 답변은 적은 편이다. 특히 서울대의 세 명의 학생은 결과 분석 단계에서 상상력을 배제해야 한다고 응답을 하였다.

-설계와 구상은 아이디어로부터 출발한다. 어떤 자료 수집할 것인지도 아이디어지만, 그러나 자료 수집 후에는 창의성이나 상상력이 동원되어서는 안된다고 생각한다. (서울대)

-연구의 설계, 구상단계에서 창의성 상상력 요구된다. 어떠한 실험을 해야 원하는 답을 얻을 수 있는지 다방면으로 생각하여야 하기 때문이다. 그러나 수집, 분석의 단계에서는 주어진 자료를 정확히 해석하는 것이 중요하므로 상상력의 일정부분 배제가 필요하다. (서울대)

-자료 수집 후, 과학에 물든 사람일수록 이 경향성은 적어지겠지만, 대체로 해석하기 어려운 문제에 직면했을 때 창의성이 발현된다. (서울대)

구체적으로 어떠한 이유로 상상력을 배제해야한다는 것인지에 대한 이유는 세 명의 답변 모두에서 드러나 있지는 않지만, 상상력을 배제해야 한다거나, 원래는 상상력을 사용하지 말아야 하지만, 상상력을 사용하게 되고 만다는 의견을 보이고 있다. seung et al(2009)의 한국의 예비교사들에 대한 선행연구에 있어서도 과학자들은 자료를 수집할 때나 수집한 후에 상상력이나 창의성을 사용해서는 안된다는 응답이 있었고, 이러한 답변은 과학은 객관적이어야 하고 객관적인 방법을 따라야 한다는 인식과 관련이 있는 것이라고 하였다.

### 3.3. 교토대 학생들의 특징적인 인식

서울대의 학생들이 상상력을 사용하는 구체적인 예를 들지 않고 서술한 반면 교토대의 2명의 학생은 직접 자신의 연구 분야에서 상상력을 사용한 구체적인 예를 서술하였다.

-화산의 마그마 방과 같이 기술적으로 직접 보는 것이 불가능한 지하구조를 지진파나 중력으로 관측하려고 하는 경우 마그마 방의 구조 원형 일지 각진 모양일지 마그마로 가득 차있을지 아니면 다른 물질의 사이에 마그마가 끼어있을지 가정한 후 실험이나 조사를 한다. 이러한 가정을 할 경우 상상력이나 창의성이 사용된다. (교토대)

-특정의 활성단층의 움직임을 알고 싶은데 기존의 지진 관측점에서는 불충분한 경우가 있다. 이러한 때에는 어디에 관측점을 설치해야 단층의 움직임을 더욱 세밀하게 포착할 수 있을지 상상하는 것이 필요하다. 또한 지진 관측 데이터를 사용해서 지구내부의 구조를 파악하는 연구에서는 노이즈가 커서 지구내부구조의 이해에 어려움이 있다. 이러한 경우 노이즈를 줄이는 해석방법을 생각한다든지 노이즈에 의존하지 않는 새로운 해석수법을 독자적으로 고안하는 것으로 인해 내부구조를 세부적으로 이해하는 것이 가능하게 된다. (교토대)

교토대 a학생은 실험 설계 단계에서, 교토대 g학생은 실험 설계와 자료 분석의 단계에서 상상력을 사용하는 구체적인 예를 들었다. 특히 교토대 g학생은 자료 분석 단계에서 자료의 노이즈에 의존하지 않은 새로운 해석방법을 고안하여 연구한 석사논문이 일본에서 우수 논문상을 수상한 경험을 갖고 있다.

교토대의 학생들의 답변에서 특징적으로 살펴볼 수 있었던 것은 상상력의 필수불가결성에 대한 강조이다. 모든 단계에서 상상력을 사용해야 한

다는 응답이 서울대 학생들의 경우에도 적지는 않았지만, 모든 단계에서 사용하여도 특히 어느 단계에서 많이 요구된다고 하는 응답이 많은 편이었고, 상상력이 과학자에게 필수불가결한 것이라기보다는 과학자의 자질들 중의 하나로 보는 인식이 있었다.

-연구의 모든 단계에 있어 창의적인 사고가 필요하다고 생각한다. 이론을 주로 연구하는 경우에는 설계와 구상부분에 많은 노력이 필요할 것이고, 실험에 힘을 쏟는다면 자료 수집과 수집된 자료를 처리하는 부분에 많은 노력이 들어가기 때문이다. (서울대)

-과학은 끊임없이 새로운 것을 추구하는 것이기 때문에 창의성이 요구되고 때로는 설계단계에서 때로는 자료 수집에서 등 단계는 여러가지이다. (서울대)

-기본적으로는 실험 및 탐구를 수행하는 전 과정에서 자신의 창의성과 상상력을 사용한다고 생각한다. 그렇지만 설계와 구상 단계에서 가장 많은 창의성과 상상력이 요구된다고 생각한다. (서울대)

-상상력은 과학자의 자질 중의 하나이다.(서울대)

한편 교토대에서는 연구의 가치는 창의성에 의존한다는 인식과 상상력의 필수불가결성에 대한 인식이 나타났다.

-상상력이나 창의성은 항상 연구에 있어서 필요한 것이다. 왜냐하면 연구의 가치는 바로 창의성에 의존하기 때문이다. 과학자는 먼저 데이터를 취하고 그것을 모델에 맞춰가면서 분석한다. 그리고 얻어진 결과를 고찰한다. 이러한 때에 상상력이 필요하다. 기존의 물리법칙을 잘 가미한 위에 지금까지 상식으로 알려진 모델이나 지식을 파괴하는 것이야

말로 연구의 진짜 의미이고 과학자의 사명이라고 생각한다. 따라서 상상력은 빠뜨릴 수 없는 것이다. (교토대)

-모든 단계에 있어 상상력과 창의성이 필수불가결합니다. 상상력과 창의성이 없어도 된다고 하면 과학은 인간이 아니어도 할 수 있는 것이 된다. (교토대)

또한 교토대의 한 학생은 상상력으로부터 시작하는 연구를 이상으로 보고, 실패하였을 때도 상상력을 통해서 극복할 수 있다는 인식을 갖고 있었다.

-이상적인 것은 제일 먼저 상상력이나 창의성을 발휘하여 거기서부터 연구를 시작하는 것. 만약 가망이 없다고 생각하고 시작했어도, 다른 사람과 의논하고, 실패했을 때에도 상상력과 창의성을 발휘하여 생각지 못한 좋은 결과로 발전되는 것이 가능하다고 생각합니다. (교토대)

상상력을 설계 구상, 자료 수집, 자료 분석 등의 어느 특정 단계에서 사용하는 것이 아닌, 수식을 보면서 사물을 파악할 때 사용한다는 인식도 찾아볼 수 있었다.

-수학, 수식을 보면서 사물을 파악할 때, 실제로 볼 수 없는 양자의 세계나 우주 저편의 연구의 경우 현저하게 나타난다 (교토대)

실패했을 때, 혹은 수식을 통해 사물을 파악할 때 상상력과 창의성을 사용한다는 응답은 서울대의 설문결과에서는 찾아볼 수 없었던 것으로 앞서 살펴본 상상력에 대한 필수불가결적인 인식과 더불어 교토대에서 상상력의 다양한 역할을 인지하고 것을 알 수 있었다.

#### 4. 사회 문화적 영향

과학은 사회문화적 영향을 받는 것인지 보편적인 것인지에 대한 질문에 서울대와 교토대 학생의 답변을 분류화하면 다음의 표와 같다.

표 8. 사회 문화적 영향

구분	내용	서울대	교토대
사회문화적 영향	영향을 받음(연구 주제 선정, 결과가 평가될 때 등)	9	7
	영향을 받지 않고 끼침	1	
	보편적이어야 하지만 영향을 받게 됨	1	3
보편적	과학 지식, 과정 보편적	1	2

대체적으로 서울대와 교토대의 응답에서는 과학은 사회문화적인 영향을 받는다는 인식이 많았다. 특히 과학의 연구의 주제를 선정하거나 결과가 평가될 사회, 문화적 영향을 받는다는 입장이 많았고, 서울대에서는 과학은 사회문화적 영향을 받는 것이 아니라 끼치는 것이라는 인식을 가진 응답이 한 명 있었다. 한편, 과학은 보편적이어야 하지만 영향을 받게 된다는 인식이 서울대, 교토대 각각 1명, 3명이 있었다. 그리고 과학지식이라는 것은 보편적이라는 인식이 각각 1명, 2명이 있었다. 보편적이어야 하지만 영향을 받게 된다는 인식을 초보자적인 관점에 포함하여 볼 때, 교토대의 경우가 과학은 보편적이어야 하고 보편적이어야 한다는 비전문가적 관점을 가진 비율이 높다고 할 수 있다.

## 4.1. 공통적인 인식

### 1) 사회문화적 영향을 받음

공통적으로 어떠한 연구를 해야 할지 정하는 경우, 연구의 결과 발표되어 사회에서 평가될 때 사회문화적 영향을 받는 인식이 많이 나타났다.

-갈릴레오의 지구가 돈다는 주장은 지구 중심으로 돌아간다고 믿던 그 때에는 받아들여지지 않았다. (서울대)

-지동설 자체는 전에도 존재하고 있었지만, 사회적 이유로 인해 인정받을 수 없었다. (교토대)

-과학이 자연에 대한 호기심 뿐 아니라, 인간이 생활과도 관련해 좀 더 편리한 생활을 하도록 돕는 경우 가치가 반영된다.(서울대)

-기상학에서는 순수한 학술연구만 해서 되는 것이 아니고, 얼마나 실용성 있는 결과를 남길 것인가가 중요, 사회의 필요, 계산기 자원의 규모에 의존하는 부분이 크다.(교토대)

연구의 결과가 평가될 때 그 시대의 사회 문화적 영향을 받게 된다는 것 뿐 아니라, 연구를 할 때 어떠한 연구를 해야할지 정해야 할 때에도 사회의 요구, 가치에 의해 영향을 받게 된다는 인식을 찾아볼 수 있다.



## 2) 과학은 보편적임

과학은 보편적이라는 인식도 서울대에서 1명 교토대에서 2명의 학생의 답변에서 볼 수 있었다.

-과학에서 얻게 되는 법칙이나 이론은 보편적인 것이다.(교토대)

-과학 그 자체에 그 시대의 사회적 문화적 가치는 반영되지 않는다고 생각한다.(교토대)

-논리적 사고를 통해서 관측된 현상을 설명하는 과정은 보편적이다.(서울대)

## 3) 과학은 보편적이어야 하는데 영향을 받게 된다는 인식

과학은 보편적이어야 하지만, 사회적 문화적 영향을 받게 되고 만다는 인식은 서울대 1명, 교토대 3명의 학생에게서 찾아볼 수 있었다. 상대적으로 교토대의 학생들이 이러한 인식을 많이 보였는데, 이들의 답변에서 공통적으로 찾아볼 수 있었던 점은 사회적 문화적 영향을 받게 되는 것을 부정적으로 보고 있고 그러한 예로서 천동설과 지동설을 들고 있다는 것이다. 서울대 1명의 학생의 경우에도 종교적인 영향을 예로 들고 있음을 알 수 있다.

-과학은 보편적인 것이 되어야 하지만, 역사상 꼭 그렇지는 않았다. 천동설에 있어서도 사실이 왜곡되게 보였던 것은 당시 사람들의 눈이 사회적, 종교적 가치관에 덮여져 있었기 때문이다. 그러나 충분한 자료와 시간이 있다면 과학은 문화적인 측면으로부터 떨어져서 진실을 비추는 이데올로기로서 존재할 수 있다. (교토대)

-영향을 받지 않는 것은 역사에 이름을 남기는 일부의 천재뿐이고, 그 밖의 대다수는 그 시대의 가치관으로부터 빠져나올 수 없다고 생각한다. 천동설과 지동설(교토대)

-보편적이어야 하는 것이지만, 실제로는 그렇지 않다. 지동설과 천동설이 그 예. (교토대)

-보편적인 것이어야 하지만, 과거의 종교적, 사회적 인식에 의해 사실이 왜곡된 경우가 다수이다.(서울대)

#### 4.2. 서울대 학생들의 특징적인 인식

서울대 1명의 학생은 과학은 사회문화적 영향을 받는 것이 아니라 영향을 끼치는 것이라고 응답하였다. 과학과 사회 기술이 서로 영향을 주고 받는 것이 아닌, 과학이 기술에게 영향을 미치고, 사회에 영향을 미친다는 일방향적인 인식을 보여주고 있다.

-과학은 영향을 받는 것이 아니라 주는 학문, 철학 정치 사회에 크게 영향을 미친다. 기술은 과거의 과학의 발전에 의해 개발된 것이다.(서울대)

### 4.3 사회문화적 영향을 받게 되는 구체적인 예

과학이 사회 문화적 영향을 받는지에 대한 서울대와 교토대 학생들의 답변은 비율에 있어서 차이는 있었지만, 대체로 공통적인 인식이 많이 있었다. 그러나 사회문화적인 영향을 받는 것으로서 제시한 구체적인 예들에 있어서는 사회문화적 배경과 관련이 있다고 할 수 있는 특징적인 답변들을 볼 수 있었다. 서울대와 교토대의 학생들이 과학이 사회, 문화적 영향을 받게 된다는 예로 제시한 것은 다음의 표와 같다.

표 9. 사회 문화적 영향을 받는 예

예	서울대	교토대
천동설, 지동설	6	4
지구온난화	1	1
진화론, 창조론	2	
원자력, 지진		3

서울대와 교토대 모두 천동설과 지동설에 대한 예를 든 학생이 많았으며, 지구온난화에 대한 언급을 한 학생이 1명씩 있었다. 한편 서울대에서만 찾아볼 수 있었던 예는 진화론과 창조론에 관한 예이고, 교토대에서만 찾아볼 수 있었던 예는 원자력과 지진에 관한 예이다.

각각의 대학에서만 특징적으로 나타난 예는 한국과 일본의 사회, 문화적 배경과 관련이 있다고도 생각해 볼 수 있다. 먼저 진화론 창조론과 관련된 예는 종교적 배경과 관련이 있다고 할 수 있는 것으로 기독교 인구가 전체 인구의 약 25%인 한국에 비해 0.4%의 비율을 차지하고 있는 일본의 상황을 고려할 때, 기독교와 관련이 있는 창조론에 대한 지식이 일본에서는 희박하기 때문이라고도 볼 수 있다. 한편 교토대 학생의 답변에서 원자력과 지진에 관련된 예를 찾아볼 수 있었던 것은 일본이 경험한 동북대지진과 후쿠시마 원자력 발전소 폭발 사건의 영향이라고 생각할 수 있다. 다음은 교토대의 3명의 학생의 답변의 예이다.

-과학은 사회적, 문화적 가치가 반영되어 있는 것이라고 본다. 일본의 원자력 정책은 그 위험을 도외시 하고 있어서, 원자력의 문제점이 많이 지적되어 왔었지만, 지적한 과학자들은 배제되어 왔다. 원자력 공학은 원자폭탄의 개발, 전쟁에 의한 희생, 원자력발전 추진 정책에 의해 발전되어 온 것이라고 비판적으로 말할 수 있다.(교토대)

-과학은 그 시대의 사회나 문화와는 분리될 수 없는 것이다. 예를 들어 원자력에 있어서도 옛날에는 획기적인 기술이라고 생각되어 왔으나, 후쿠시마의 원자력 사고를 계기로 일시에 그 기술을 부정적으로 보게 되었다. 앞으로 원자력을 장려하는 교육은 하기 힘들어질 것이기 때문에 원자력의 기술혁신도 기대하기 힘들 것이다. (교토대)

-과학적인 연구의 프로세스에는 사회적 가치가 반영될 가능성이 있다. 예를 들어 지진예측의 연구는 지진을 미리 알아서 줄이고 싶은 사회적 요청이 강한 것과 관계가 있다. (교토대)

## 5. 관찰의 이론 의존성

공룡의 멸종원인에 대해서 과학자들이 이론이 두 가지로 나뉘는 이유에 대해서 묻는 질문에 대해서 서울대와 교토대 학생들의 답변은 다음과 같다.

표 10. 관찰의 이론 의존성

내용	서울대	교토대
배경지식, 사고방식의 차이로 인함	8	4
자료, 증거의 부족으로 검증이 어려워서	4	6
자료가 너무 적어서 과학자의 주관의 개입	1	1
모순이 보이지 않는 한 그것이 옳다고 생각하		1

서울대 학생들의 경우에는 상대적으로 전문가적 관점인 배경지식, 사고 방식의 차이를 지적한 학생들의 비율이 높았고, 교토대의 경우에는 초보자적 관점을 보인 자료, 증거의 부족으로 검증이 어렵기 때문이라는 비율이 높았다. 한편 자료가 너무 적어서 과학자의 주관이 개입되었다고 보는 답변도 각각의 대학에서 1명씩 있었다.

## 5.1. 공통적인 인식

### 1) 사고방식의 차이

-동일한 자료지만, 이에 가중치를 주는 방법이 달라서 그렇다고 생각한다. 과학자들의 세부전공이 다르듯이 각각의 관심분야가 다르고 이는 때론 과학자의 사고방식으로 나타난다. (서울대,)

-자연을 보는 관점이 다르기 때문이라고 생각한다. 대기과학을 전공하는 나는 두 이론 모두 결국에는 대기에 엄청난 양의 에어로졸을 가져오고 그것이 태양에너지를 차단해 빙하기와 같은 상태가 되어 멸종했다는 결론에 이른다고 생각한다. (서울대)

-과학자들은 선입견 없이 자료를 보고 있는 것이 아니고, 먼저 자신이 믿는 가설이 있고 거기에 합치하는 근거를 찾기 위해 자료를 보고 있기 때문이다. (교토대)

-같은 자료를 보아도 연구자의 백그라운드나 연구 테마에 의해서 사고방식이 다르기 때문에 다른 설이 나오는 것이다. (교토대)

-어떤 것을 더 중요하게 생각하는가에 의해서 견해가 완전히 달라지는 것이라고 생각한다. 그 사람의 신념이나 성격, 입장, 전공분야에 의해서 무엇을 중요하게 생각하는가가 변하는 것이다. 어떤 의미에서 가정을 세우는 것은 내기의 요소가 포함되어 있다. 과학자는 신념을 갖고 내기를 할 수 밖에 없고, 여기서 다양성이 발생하는 것은 필연의 결과이다. (교토대)

위의 답변은 과학자의 배경지식, 관심분야가 다르고, 이에 따라 과학자의 사고방식, 자연을 보는 관점이 다르기 때문에, 또한 선입견에 따라 가설을 먼저 설정하고 그 가설에 맞춰 자료를 보기 때문에 서로 다른 이론이 존재한다는 전문가적 관점을 보여주고 있다.

-데이터가 표현하는 정보의 해석의 근거와 논리의 합리성이 있고, 모순이 보이지 않는 한, 그것이 옳다고 생각하는 것이 인간이다. 또한 반증할 수 없는 경우, 제창한 가설을 부정할 수 없는 것도 인간의 특성이자, 한계점이다. 과학자가 인간인 이상, 그러한 한계를 넘기는 어렵기 때문에 상이한 패러다임이 존재하게 된다. (교토대)

교토대의 00학생은 모순이 보이지 않는 한 그것이 옳다고 생각하는 인간의 한계로 상이한 패러다임이 존재한다는 답변을 보였다. 교토대에서는 과학의 특성을 설명할 때 인간의 특성과 인간의 한계와 연결한 답변을 찾아볼 수 있었다는 것이 특징이다.

## 2) 자료의 부족

-한가지 큰 요인은 자료를 충분히 얻기가 힘들고, 결론에 이르기까지 가정이나 억측이 많이 포함되어 있기 때문에 또 한가지, 고고학의 결점으

로 실험불가능하기 때문에 그것을 검정해서 가정의 정확도를 높여가는 것을 할 수 없기 때문에 (교토대)

-거대한 운석이 떨어져서 그것이 전지구적인 영향을 주었다는 증거도 있고, 활발한 화산활동이 있었다는 증거도 있습니다. 그러한 사건을 공룡의 절멸과 함께 연결하는 증거가 희박하기 때문에 여러 가지 설이 나온다고 생각합니다. (교토대)

-자료만으로 얻는 정보만으로는 부족하여서 어떠한 가정도 그 시점에서 논리적으로 옳다고 보여지기 때문에, 또한 실증이 어렵기 때문에. (교토대)

-데이터가 결론을 논리적으로 이끌어낼 만큼 충분하지 않고 실제로 보고 확인할 수 없다. (서울대)

한편 자료, 증거가 부족하고 실험해서 증명할 수 없기 때문에 서로 다른 이론이 나온다는 초보자적인 인식도 있다.

### 3) 자료의 부족으로 인한 주관의 개입

-자료가 너무 적기 때문에 과학자 그룹의 주관, 세계관 사상이 들어가게 될 여지가 많았기 때문이다(교토대)

-과거 사건에 대한 단서가 부족하여 서로 가설이나 가정을 미리 세우고 결론을 이끌었기 때문에(서울대)

또한 자료가 너무 적어서 과학자의 주관이 개입하게 된 것이라는 답변

도 서울대 교토대에서 1명씩 있었다.

## 5.2. 서울대 학생들의 특징적인 인식

서울대의 답변에서 특징적으로 나타난 것은 서로 다른 이론이 존재하게 된 것이 사고방식이나 주관성 때문이라고 보든지, 자료, 증거의 부족이라고 보게 되었는지에 관계없이 결국에는 사실에 근접하게 되든지, 합의를 하게 될 것이라고 보는 의견이 존재하였다는 점이다. 교토대에서는 이러한 답변은 찾아볼 수 없었다.

과학의 잠정성에 있어서도 과학지식은 변화하는데 그러한 과학지식은 결국은 발전되는 방향으로 나아갈 것이라는 인식이 서울대와 교토대 모두에서 찾아볼 수 있었던 것과 관련하여, 관찰의 이론 의존성의 측면에 있어서도 서울대의 일부 학생에게서는 과학의 특성이자 한계점을 인식하기도 하지만 결국에는 발전해 나갈 것이라는 인식을 찾아볼 수 있었다.



## 6. 경험적 특성

표 11. 경험적 특성

내용	서울대	교토대
객관적(인간의 감정, 행위, 주관성이 배제된)	9	10
관찰에 근거한 것 경험적인 것.	3	2

과학과 종교의 차이에 대해서 묻는 질문에 대해서 서울대와 교토대의 많은 수의 학생들은 과학은 객관적인 것으로서 인간의 감정, 행위, 주관성이 배제된 것이라는 초보자적인 관점을 가지고 있었다. 서울대와 교토대 각각 3명, 2명의 학생만이 과학의 경험적인 특성인 과학은 관찰에 근거한 경험적인 것이라는 인식을 가지고 있었다.

### 6.1. 공통적인 인식

과학과 종교와 철학과의 차이점을 묻는 질문에서 위와 같이 과학은 객관적이고, 감정이 들어갈 여지가 없는 것, 명백한 증거가 있고 반증가능하며, 답이 있다는 인식을 볼 수가 있다. 과학영재를 대상으로 한 박은이(2010)의 연구 결과에서도 학생들은 과학이 명확한 사실에만 근거하며 증명가능하고, 관찰가능하며 반복적 규명이 가능한 정답과 오답이 명확하기 때문에 예술과 다르다고 언급하였다. 앞에서 살펴본 학생들은 과학의 사회 문화적 영향이나 관찰의 이론 의존성과 같은 주관성의 측면에 대해서 어느 정도 이해하고 있었음에도 불구하고 많은 학생들이 과학은 주관성이 배제된 객관적인 학문이라고 정의를 내리고 있는 모순적인 인식을 살펴볼 수가 있었다. 과학자들의 과학의 본성에 대해서 조사한 선행 연구 결과와 비교해 볼 때, 000의 연구 결과에 의하면 과학자들은 경험적인 특성에 대해서 대체로 잘 인식하고 있었음에 비하여, 이번 연구에서 과학을 실제로 수행하고 있는 대학원생들도 이전의 과학영재의 연구 결과와 마찬가지로 경험적 특성에 대한 인식이 낮았음을 알 수 있었다.

## V. 결론 및 제언

서울대와 교토대 총 26명의 학생들의 과학의 본성에 대한 인식의 조사를 통해 알 수 있었던 과학을 전공하고, 연구하고 있는 대학원생들의 과학에 대한 갖고 있는 공통적인 인식들은 다음과 같다.

첫째, 과학은 객관적이고 반증가능성이 있는 학문이라는 인식이다. 서울대와 교토대에서는 공통적으로 과학적 지식의 경험적 특성에 대한 초보자적인 관점을 갖고 과학은 인간의 행위, 감정 등이 배제되어 있는 객관적인 학문이라는 실증주의적인 인식을 갖고 있었다. 과학이 사회문화적 영향을 받고 관찰이 과학자의 이론에 의존한다는 인식도 가지고 있었지만, 과학이라는 학문의 특성으로서 많은 수의 학생들은 객관성을 꼽고 있었다.

둘째, 과학지식은 변화해 나가며 결국은 과학이 진보, 발전해 나간다는 인식이다. 과학지식이 변화하는지에 대한 질문에서 서울대와 교토대의 모두의 학생은 과학지식이 변화한다고 응답하였다. 절대적인 지식이 있는지 없는지, 절대적인 지식을 향하여 나아가는지 아닌지에 대한 생각에는 차이가 있었다고 할 수 있지만, 모두 새로운 발견 등으로 인해 과학지식은 발전해 나간다는 인식을 가지고 있었다.

셋째, 실험 설계의 단계에서 상상력과 창의성의 사용의 중요성에 대한 인식이다. 서울대와 교토대 모두의 학생이 과학자들이 실험, 조사 등을 할 때, 상상력과 창의성을 사용한다고 답하였고, 많은 수의 학생들이 실험 설계 단계에서 상상력과 창의성이 필요하다고 응답하였다. 한편 서울대와 교토대의 학생들의 과학의 본성에 대한 인식의 특징은 다음과 같다.

서울대의 특징적인 인식은 첫째, 과학에 대한 본성의 이해가 정합적이지 않다는 점이었다. 과학의 사회문화적 영향과 관찰이 이론에 의존한다는 인식을 가지고 있었지만, 많은 학생들이 과학은 객관적이다라는 모순

되는 인식도 가지고 있었다.

둘째, 전체적으로 여섯가지 과학의 본성의 영역에 대해, 서울대 학생들이 교토대 학생들에 비해 비교적 잘 인식하고 있는 것은 과학의 사회문화적 영향, 관찰의 이론 의존성 영역이다. 한편 이론과 법칙의 차이와 상상력과 창의성에 있어서는 교토대 학생들에 비해 전문가적 관점이 낮게 나타난 영역이다. 김선영(2010)의 논문에서도 미국의 예비교사들의 인식을 연구한 Abd-El-Khaklick(2005) 논문의 결과를 이용해, 한국과 미국의 예비교사들의 인식을 비교한 결과를 보면 한국의 경우 특히, 이론과 법칙에 대한 인식과 창의성에 대한 인식이 낮게 나왔다. 교토대의 경우에는 이와 반대로 이론과 법칙의 차이와 상상력과 창의성에 대한 인식이 높고, 사회문화적 영향, 관찰의 이론 의존성 영역에 대한 인식이 낮은 편이다. 과학은 보편적이어야 하고 자료와 증거의 뒷받침을 강조하고 있는 이러한 인식은 교토대의 많은 학생들이 과학은 인간의 행위, 감정, 주관에 배제된 객관적이 학문이라고 인식하고 있는 것 연결지어 생각해 볼 수 있다.

셋째, 서울대 학생들의 경우에는 법칙과 이론의 차이점에 대해서 1명을 제외하고는 많은 수의 학생들이 법칙은 검증된 지식이고, 이론은 검증되지 않은 지식이라는 초보자적인 관점을 가지고 있었던 데 비해서, 교토대의 경우는 비교적 다양한 답변이 나왔고, 전문가적 관점을 갖고 있는 학생들이 서울대에 비해서 높았다. 서울대의 경우에는 또한 이론이 검증되면 법칙이 된다는 인식이 교토대 학생들에 비해 많이 나타났다. 유은정 등(2008)의 연구에서 중학교 2학년 학생들에게서도 가설이 발전되면 이론이 되고 결국에는 법칙이 된다는 오류, 과학적 법칙은 절대적인 사실이라는 오류가 나타났고, 과학 이론과 과학 법칙의 차이에 대한 고등학생들의 인식 연구를 한 이은아 등(2008)에서도 과학이론은 아직 증명되지 않은 것이며 과학법칙은 확실히 증명된 것이라는 것과 과학 이론이 충분한 증거가 뒷받침되어 증명되면 법칙이 된다는 오개념을 가지고 있는 것으로 나타났다. 또한 김선영(2010)에서도 예비교사들의 과반

수 이상이 이론은 주관적이며 증명되지 않은 상태, 법칙은 실험에 의해 증명된 객관적 사실이라고 응답하였다. 중, 고등학생과 예비교사에 대한 선행연구를 통해서도 나타난 이러한 법칙과 개념에 대한 오개념은 과학을 연구하고 있는 대학원생에게도 볼 수 있었다. 또한 대학원생의 경우에도 법칙과 이론에는 어떠한 예가 있는지는 알고 있지만, 법칙과 이론이 무엇인지에 대한 메타적인 인식은 낮게 나타났다. 직접 과학을 하고, 법칙과 이론을 많이 사용한다고 하여서 과학의 본성중의 하나인 이론과 법칙에 대한 차이를 인식하는 것과 직접 연결이 된다고 보기에는 어렵다고 할 수 있다. 한편, 과학의 본성에 대한 명시적인 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 인식을 높여준다는 선행연구의 내용에 비춰볼 때, 본 연구의 설문에 응한 서울대 학생 중 과학의 본성에 대한 수업을 들은 적이 있는 1명의 학생만이 이론과 법칙에 관한 전문가적인 관점을 보인 것은 하나의 시사점이 있다고 할 수 있다. 과학의 본성에 대한 인식은 초, 중, 고등학교, 예비교사, 과학교사들에게만이 아닌, 과학을 하고 있는 연구자들도 공유해야 할 필요성이 있고, 이를 위해 대학원 교육에 있어서도 과학자체에 대한 메타적인 인식을 높여줄 수 있는 수업이 있는 것이 도움이 될 수 있다고 할 수 있다. 교토대의 경우, 어떠한 이유로 이론과 법칙에 대한 인식이 높게 나왔는지에 대해서는 본 연구에서는 이유를 규명할 수는 없지만, 교토대학교의 이학 대학, 대학원 교육의 내용의 분석 등을 통해 간접적으로 알 수 있게 될 것으로 생각한다.

넷째, 교토대 학생들은 연구를 할 때의 상상력과 창의성 사용의 필수불가결성을 강조하였다. 서울대 학생들의 답변에서는 상상력이 단순히 필요하다든지 상상력이 과학자의 하나의 자질로서 표현하고 있는 반면, 교토대 학생의 답변에서는 연구의 가치는 상상력에 의존한다는 등의 상상력의 필요성을 강조하는 것을 찾아볼 수 있었다. 또한 실험 조사의 특정 단계에서 상상력을 사용하는 것이 아닌, 수식을 보고 사물을 파악할 때, 실패했을 때 이를 극복하기 위한 방법으로서의 상상력의 사용 등 다양한 관점이 나타났다. 일본의 19명의 노벨상 수상자 중에서 7명의 노벨

상 수상자를 배출한 교토대학교는 자유로운 학풍을 건학이념으로 하고 있는 곳으로써 자유로운 연구와 개방성을 특징으로 하고 있다. 학생의 개성과 독창적인 관심을 중요시하는 학교의 풍토는 과학에서의 상상력과 창의성에 대한 긍정적인 인식에 기여했을 것으로 생각된다.

또한 상상력과 창의성의 사용과 관련하여 서울대 학생의 응답에서는 결과 분석단계에서 상상력의 사용을 배제해야한다는 인식을 찾아볼 수 있었다. 이것은 학생들이 과학의 경험적 특성에 관해 많은 학생들이 과학은 객관적인 것이어야 한다고 인식하는 것과 관련이 있다고 할 수 있다. seung at al. (2009)에서도 과학자들은 자료를 수집할 때나 수집 한 후에 상상력이나 창의성을 사용해서는 안된다는 예비교사들의 응답이 있었다.

서울대의 경우 앞서 살펴본 것과 같이 교토대에 비해 상상력과 창의성에 대한 전문가적인 인식이 낮은 편이고, 상상력의 배제에 대한 인식도 있는 것을 찾아볼 수 있었다. 중, 고등학교, 예비교사 뿐 아니라, 대학에서 과학을 전공하고 연구하고 있는 대학원생들에 대한 교육에 있어서도 상상력과 창의력에 대한 중요성을 강조할 필요가 있다고 생각된다.

다섯째, 과학의 본성에 대한 서울대 학생들의 경우에는 많은 학생들이 법칙이 불변한다는 생각을 가지고 있었고, 과학지식은 명확하고 답이 있다는 인식을 갖고 있었던 반면 교토대의 경우에는 법칙이 불변하는 지식이라고 인식한 학생은 없었으며, 절대적인 지식의 존재에 대한 회의를 보이는 학생들이 있었다.

여섯째, 과학이 사회문화적인 영향을 받는지에 대한 질문에 대한 서울대와 교토대 학생들의 응답에서 한국과 일본의 사회 문화적인 환경과 관련이 있다고 생각할 수 있는 응답을 찾아볼 수 있었다. 과학이 사회문화적 영향을 받고 있다는 예로서 서울대 학생들의 응답에서만 찾아볼 수 있었던 것은, 진화론 창조론의 예이고, 교토대 학생들의 응답에서만 찾아볼 수 있었던 것은 원자력, 지진과 관련된 예이다. 이는 한국과 일본의 종교적 배경의 차이, 지리학적 환경의 차이로 발생한 사회 문제 등이 학생들의 구체적인 인식에 영향을 준 것이라고 할 수 있다. 앞서 살펴본

절대적 지식의 존재 여부에 대한 생각도 한국과 일본의 종교적 배경의 차이가 반영된 것이라고도 볼 수 있다. 비슷한 전공으로 과학을 연구하고 있지만, 서울대와 교토대 학생들이 놓여있는 사회, 문화적인 환경은 다르므로 그들의 인식에는 이러한 외부적인 요소가 영향을 미친다고 할 수 있다. 본 연구를 통해서 설문지의 응답을 통해서 이러한 요소들을 살펴볼 수 있었지만, 구체적으로 이러한 사회 문화적 배경이 과학의 본성에 대한 인식에 어떻게 영향을 주었는지에 대해서 밝혀내기에는 한계가 있다. 추후에는 과학의 본성에 영향을 주는 요인에 대한 분석과 사회, 문화적 요인은 과학의 본성에 대한 인식에 구체적으로 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다고 생각한다. 또한 과학의 본성에 대한 연구에 있어 기존의 학생들과 예비교사들이 어떠한 인식을 가지고 있는지, 이러한 인식을 개선시키려면 어떻게 해야하는지에 대한 연구에서 과학의 본성에 대한 인식에 영향을 주는 구체적인 요소, 교사, 수업등의 학교적인 요소와 흥미 등의 내면적인 요소와 더불어 사회, 문화적인 요소에 대한 관심이 더욱 필요하다고 생각한다.

## 참 고 문 헌

- 곽대오, 김영수, 성민웅. (2002). 과학의 본성에 대한 고등학생의 견해. *한국생물교육학회지*, 30(1), 1-12
- 김경대, 강순민, 임재항. (2006). 과학영재들의 과학의 본성에 대한 인식. *한국과학교육학회지*, 26(6), 743-752
- 김문선. (2008). 과학의 본성에 대한 견해 조사들의 메타 분석. 전남대학교 대학원 석사학위 논문.
- 김미경, 김희백. (2008). 개방적 참탐구 활동에서 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 영향을 미치는 요인 탐색. *한국과학교육학회지*, 28(6), 565-578
- 김용덕. (2011). 초·중등학생들의 과학의 본성에 대한 인식 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 노태희, 김영희, 한수진, 강석진. (2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. *한국과학교육학회지*, 22(4), 882-891.
- 박현주, 이금희. (2005) 과학적 소양의 관점에서 본 대학생들의 과학의 본성에 대한 이해, *한국과학교육학회지*, 25(3), 390-400
- 박현주, 최병순(2001). 고등학생의 과학학습관, *한국과학교육학회지*, 21(1), 59-75

송진웅, 권성기. (1992) 과학 철학을 수강하는 대학원생의 과학의 본성에 대한 인식의 변화를 조사, *한국과학교육학회지*, 12(1), 1-9

조정일, 주동기. (1996) 과학교사들의 과학의 본성에 관한 관점 조사, *한국과학교육학회지*, 28(8), 955-963

American Association for the Advancement of Science. (1989). *Project 2061: Science for All Americans*. Washington: DC: AAAS

American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for Scientific Literacy*. Washington: DC: AAAS.

Abd-El-Khalick, F. (2005). Developing deeper understandings of nature of science: The impact of a philosophy of science course on preservice teachers' views and instructional planning. *International Journal of Science Education*, 27(1), 15 - 42.

Bartholomew, H., & Osborne, J. (2004). Teaching students "ideas about science": Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.

Coburn, W. W. (1989). A comparative analysis of NOSS profiles on Nigerian and American preservice, secondary science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 533 - 541.

Coburn, W. W. (2000). *Everyday thoughts about nature*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic.



- 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. (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., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497 - 521.
- Lederman, N. G., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F., & Bell, R. L. (2001). Preservice teachers' understandings and teaching of the nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, mathematics, and Technology Education*, 1(2), 135 - 160.
- Meichtry y, j. (1992). influencing student understanding of the nature of science :data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389 - 407
- Millar, R., & Osborne, J. F. (1998). Beyond 2000: Science Education for the Future. London: King's College London.

Schwartz, R. S., Lederman, N. G., & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610 - 645.

Sutherland, D., & Dennick, R. (2002). Exploring culture, language and perception of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 24(1), 25 - 36.

角屋 重樹. (1991) 中學生は科學の暫定性という特質をどのようにとらえているか [in Japanese] *日本教科教育學會誌* 15(1), 17-22.

## 부 록

### [부록 1] 과학의 본성 한국어 검사지

안녕하세요? 저는 서울대학교 지구과학교육과 석사과정 김소요입니다. 설문에 응해주셔서 진심으로 감사드립니다. 본 설문지는 교토대학교와 서울대학교에서 지구환경과학을 전공 하고 있는 대학원생 분들이 과학에 대해서 어떠한 생각을 가지고 있는지 알아보고자 하는 설문지 입니다. 본 설문지의 결과는 학술적인 목적으로만 사용됩니다. 여러분의 의견을 자유롭게 적어주시기를 부탁드립니다.

\*전공:

\*연구실:

\* 다음 중 해당하는 것에 체크를 해주세요.

1) 석사과정 2) 박사과정

\* 현재 무엇에 대해서 연구를 하고 계십니까?

\* 이과를 전공하게 된 계기, 이유는 무엇입니까?

\* 현재의 연구 분야를 연구하게 된 계기, 이유는 무엇입니까?

## <과학의 본성에 대한 견해>

1. 과학이 무엇이라고 생각하십니까?
  
2. 과학(물리, 화학, 생물, 지구과학 등)이 다른 학문(종교, 철학 등)과 다른 점이 무엇이라고 생각하십니까?
  
3. 실험이 무엇이라고 생각하십니까?
  
4. 과학 지식이 발전하기 위해서 실험이 꼭 필요하다고 생각하십니까?
  - 만약 그렇다면 생각하면, 그 이유를 설명해 주세요.
  - 만약 그렇지 않다고 생각하면, 그 이유를 설명해 주세요.
  
5. 과학이론과 과학법칙 사이에는 차이점이 있다고 생각하십니까? 예를 들어 설명해 주세요.

6. 과학자들이 과학이론(예를 들어 원자이론, 진화이론)을 개발한 후에, 그 이론은 변화를 거쳤다고 생각하십니까?

- 만약 과학이론이 변화되지 않는다고 생각하면 그 이유를 설명해 주세요.
- 만약 과학이론이 변화된다고 생각하면 그 이유를 설명해 주세요.

7. 공룡은 6천 5백만년 전에 멸종했다고 믿어지고 있습니다. 멸종을 설명하기 위해 과학자들이 세운 여러 가설 중에서 두 가지가 많은 지지를 받고 있습니다. 일단의 과학자들이 세운 첫 번째 가설은 6천 5백만년 전 거대한 운석이 지구에 충돌하였고, 그 결과로 나타난 일련의 사건들이 멸종으로 이끌게 되었다는 것입니다. 또 다른 과학자들이 주장한 두 번째 가설은 대규모의 격렬한 화산 폭발이 원인이라는 것입니다. 두 집단의 과학자들이 동일한 자료를 이용해서 자신들의 결론을 이끌어 내었음에도 불구하고 어떻게 이렇게 다른 결론을 내리게 되었다고 생각하십니까?

8. 과학은 그 시대의 사회적, 문화적 가치가 반영되어 있는 것이라고 생각하십니까? 아니면 과학은 보편적인(국지적, 문화적 경계를 넘어 그 시대의 사회적, 정치적, 철학적 가치에 영향을 받지 않는) 것이라고 생각하십니까? 예를 들어 설명해주세요.

9. 과학자들은 자신이 제안한 질문에 대한 해답을 얻으려고 할 때 실험/탐구를 수행합니다. 과학자들이 탐구를 수행하는 동안 자신의 창의성과 상상력을 사용한다고 생각하십니까?

- 만약 그렇다고 생각하면, 연구의 어느 단계(설계와 구상, 자료 수집, 자료 수집 후)에서 창의성과 상상력을 사용한다고 생각하십니까?
- 만약 과학자들이 상상력과 창의성을 사용하지 않는다고 생각하면, 그 이유를 설명해주세요.

## [부록 2] 과학의 본성 일본어 검사지

忙しい所、アンケートにご協力いただき有難うございます。  
本アンケートは京都大学で科学を研究している皆さんの科学に関する考えを聞くためのアンケートです。アンケートを通じて集めて意見は学術的目的のみに利用されます。  
どうぞよろしくお願ひします ^^  
ソウル大学大学院地球科学教育科修士課程 金昭耀

#。あなたは次のうちどれに当てはまりますか？

1) 修士課程 2) 博士課程

#。今何について研究されていますか？

#。理科を専攻することになったきっかけ・理由を教えてください。

#。今の研究分野を研究することになったきっかけ・理由を教えてください。

### <科学についての意見>

1. 科学はどのようなものだと思いますか。

2. 科学（物理、生物、化学、地学など）と他の学問（宗教、哲学など）の違いは何だと思われますか。

3. 科学にとって実験は何であると思われますか。

4. 科学的知識の発展のためには実験は必ず必要と思いますか。

- もしそうだと思う場合、その理由を教えてください。
- もしそうだと思わない場合、その理由を教えてください。

5. 科学理論と科学法則には違いがあると思われますか。例を挙げて教えてください。

6. 科学者たちが理論を発見した後（原子理論、進化理論など）その理論は変化するものだと考えますか。

- 科学理論が変わらないと思う場合、その理由を教えてください
- 科学理論が変わると思う場合、その理由を教えてください。



7. 恐龍は6500万年前に絶滅したといわれています。絶滅の理由を説明するために科学者たちが立てた仮説の中で、二つの主要な仮説が支持されています。一つ目の仮説は巨大な隕石が地球と衝突し、その結果起きたいろんな事件によって絶滅したという説です。二つ目の仮説は大規模な火山の爆発によって絶滅したという説です。

同じ資料を見ているのに、なぜこのように異なる二つの絶滅の原因を説明する科学者グループが出る結果になったと思われますか。

8. 科学にはその時代の社会的、文化的価値が反映されているものだと思いますか。それとも科学は普遍的な（局地的、文化的境界を超えその時代の社会的、政治的、哲学的価値に影響を受けない）ものだと思いますか。例を挙げて教えてください。

9. 科学者たちは研究問題の答えを得るために実験や調査をします。科学者たちが研究をする時、想像力や創意性は使われると思われますか。もし想像力や創意性を使うなら研究のどの段階で使われると思われますか（研究設計、データ収集、データ収集後）できれば例を挙げて教えてください。もし想像力や創意性などは使わないと思われたらその理由も教えてください。

## Abstract

# The differences between Korean and Japanese graduate students' perceptions about the nature of science

Kim, Soyo

Earth Science Major in Science Education Division

The Graduate School

Seoul National University

The goal of modern science education is to foster scientific literacy and an understanding of the nature of science for scientific literacy has been emphasized as an essential element. In this study, graduate student's perception of the nature of science was investigated.

13 graduate students who major in earth science at Seoul National University and 13 graduate students at Kyoto University was selected and by using vnos-c questionnaire their thinking about nature of science was investigated. 6 aspects of nature of science (theory and laws, tentativeness, imagination and creativity, social and cultural, theory-laden, empirical) was surveyed.

As a result, Seoul National University students have high awareness of social and cultural, theory-laden aspects of nature of science and have low awareness of the difference between theory and law, the use of imagination and creativity compared to kyoto university

students. Through this study some common thinking about the nature of science was founded. Graduate students at Seoul National University and Kyoto University, commonly recognized that science is the objective thing and scientific knowledge will be developed. and they emphasized creativity in the design phase. The characteristic of seoul national university students recognition about nature of science is that there is lack of consistency. Many students said science has social cultural aspects and theory-laden characteristic but many of them told that science is objective. Second some students mentioned that they have to exclude using creativity when scientists interpreting the results of experiment. And they have the perception that law is not changing.

The characteristic of kyoto university students is that science have to be objective and universal. Second they mentioned using creativity is essential factor for research Third some have skeptical opinion about the existence of absolute truth.

**Keywords : nature of science, perceptions**

***Student Number : 2010-21547***