예술 고등학생들의 명시적 과학의 본성 수업을 통한 개념 변화의 특성

김희정 · 김성원*

이화여자대학교

The Characteristics of Perceptual Change of High School of the Arts Students through Explicit Instructions on the Nature of Science

Kim, Hee-Jung · Kim, Sung-Won*

Ewha Womans University

Abstract: The goal of this study is to explore the characteristics of perceptual change among students majoring in arts on the nature of science and apply the results to science education. According to the study, it is important to consider the results of interaction between learners' aptitude and teaching method. Teaching the nature of science to first grade students explicitly, experimental inquiry strategy was applied to fine arts students, and teaching strategy of scientific history to music students. To find out which elements of the nature of science have come into view on modern philosophy of science, pre and post tests on the nature of science (VNOS-C) were conducted on the students.

To find out specifically why views on the nature of science have changed, a case study was conducted focusing on students who showed changes in their views on the elements of the nature of science. In conclusion, this study suggests that by using experimental inquiry strategy and strategy of scientific history properly, it is possible to change students' viewpoints on the elements of the nature of science and on modern philosophy of science. Through explicit instruction, we were able to find some positive conceptual changes on the nature of science and the modern philosophy of science in terms of both quantity and quality. This shows that the students studying arts are experiencing a constructivist conceptual change on the nature of science, and that conceptual ecology and learning strategy are involved in this process. Therefore, it is thought that this study offers an important implication in organizing science education on the nature of science.

Key words: nature of science, explicit instruction, strategy of experimental inquiry, strategy of scientific history, conceptual ecology

I. 서 론

21세기의 과학교육의 목표는 과학적 소양을 지닌 시민을 양성하기 위한 과학의 본성에 대한 올바른 이해이다(National Research Council, 1996). 학생들은 생활 속에서 겪게 될 다양한 문제들에 대해 합리적 의사 결정을 내리는 데 필요한 지식, 기술, 태도의 함양을 위한 과학의 본성을 필수적으로 이해하고 있어야 한다(Meichtry, 1992). 특히 과학을 전공하지 않을 예술 고등학생들은 과학의 내용에 대한 인지학습보다 그들의 예술적 경험과 더불어서 생기는 과학에

대한 올바른 인식이나 태도를 교육하는 것이 더 의미 있는 일이 될 것이다. 또한 예술 교육에 있어서 과학의 본성 교육은 그들의 작품에 투영될 과학의 이미지를 생각하면 더욱 중요할 것이라 생각된다.

과학의 본성에 대한 이해를 도울 수 있는 효과적인 교육 방법에 대해서는 계속적인 연구가 필요하다. 과학을 하는 것만으로는 과학의 본성에 대한 바람직한 관점을 형성할 수 없으므로 과학의 본성에 대한 명시적인 교육이 필요하다(Lederman *et al.*, 2002). 실질적으로 기존의 학교 교육만으로 이루어지기 어려운 과학의 본성에 대한 교육을 보완하기 위해서는, 어떠

*교신저자: 김성원 (sungwon@ewha.ac.kr)

**2012.11.02(접수), 2013.02.25(1심통과), 2013.03.09(최종통과)

한 교육적 맥락으로의 접근이 더 효과적이고 더 나은 교수법으로 활용될 수 있는지 연구할 가치가 있다. 그럼에도 불구하고 아직까지 과학의 본성에 대한 교수 맥락과 학생들의 과학의 본성 학습 사이의 관계에 대해서는 거의 알려진 바가 없다(Khishfe & Lederman, 2006).

실험 탐구는 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키기 위한 교수법 중 하나로 과학 교육에서 강조되어 왔으며(AAAS, 1993; Schwartz *et al.*, 2004). 여러 학자들은 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키기 위한 수업 방법으로 과학사를 도입한 수업을 제안하였다(Duschl, 1990; Irwin, 2000; Solomon *et al.*, 1992). 따라서 과학의 본성을 이해하기 위한 다양한 접근법들 중에서 실험 탐구와 역사적 사례의 교수법에 대한 구체적인 연구가 필요하며(Lederman, 2007), 예술고 학생들이 자신의 전공과 관련하여 가장 많이 인식하고 있는 과학의 본성 요소를 토대로(김희정과 김성원, 2012), 실험 탐구와 과학사의 명시적 접근법을 적용한 수업의 효용성에 대한 연구가 필요하다고 하겠다.

이 연구에서는 예술고 학생들의 과학의 본성에 대한 개념의 인식이 실험 탐구와 과학사의 명시적 수업 활동을 통한 두 가지 교수 상황에서 구체적으로 어떻게 변화하는지를 알아보고자 한다. 이러한 명시적 과학의 본성 수업을 수행하면서 과학의 본성에 대한 어떤 요인이 어떻게 변화되어 가는지, “개념생태(*conceptual ecology*)” (Posner *et al.*, 1982)를 도입하여 알아보았다. Strike와 Posner(1985)는 개념생태의 요소로 변칙사례, 유추와 은유, 인식론적 기준, 형이상학적 신념과 개념, 다른 영역의 지식, 사례와 이미지, 과거 경험 등을 제시하였으며 그 후 개념생태의 요소를 찾는 다양한 연구들이 이루어져 왔다. Park(1995)은 7명의 고등학생을 대상으로 하는 심층면담 연구를 통하여 인식론적 확신근거, 형이상학적 신념, 정의적 영역 및 감정적 특면, 지식의 본성 및 학습의 본성, 개념의 본성, 과거의 경험, 문제 해결 전략, 개념, 문화, 언어를 개념생태 요소로 들었으며, 개인의 개념생태의 특성은 과학현상을 이해하는 데 영향을 미친다고 하였다. 국내에서는 송현미(1999)가 생물 존재 필요성에 대한 중학생을 대상으로 한 연구에서 Park의 틀을 사용하였고, 가장 영향을 미치는 요소는 형이상학적 신념 및 다른 영역의 개념 이해였다고 하였다. 또한 기

현희(2008)는 정신모형 이론에 기반한 지식 신념들을 이용하여 중학생의 전력에 관한 개념생태를 조사하여 지식, 신념, 환경, 학습활동이라는 요소를 얻었다. 그리하여 과학의 본성을 하나의 개념으로 보고 현대적 관점으로 개념변화가 일어날 수 있도록 하는 개념생태의 요소를 알아보는 것이 필요하다는 것이다. 이 연구에서는 선행 연구에서 적용된 개념 생태의 요소와 이와 상호작용하는 과학의 본성 요소를 학생들의 과학의 본성 개념 변화 과정을 분석하는 틀로 사용하였다. 명시적 과학의 본성 수업을 수행한 예술고 학생의 학습의 맥락을 형성하는 개념 생태의 범주와 하부 요소를 알아보고, 이러한 요소들이 과학의 본성에 대한 개념 변화에 어떻게 영향을 끼치는지를 알아보았다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

경기도에 소재한 K예술 고등학교의 1학년 6학급을 선정한 후, 예술고 학생들의 과학과 본성과 예술의 속성에 대한 인식을 조사한 연구 결과를 토대로(김희정과 김성원, 2012), 수업을 구성하였다. 미술 전공 3학급의 110명은 실험 탐구를 이용한 집단으로 음악 전공 3학급의 97명은 과학사를 이용한 집단으로 배치하였다. 수업 실시 전 사전면담을 한 학생 중 명시적 과학의 본성 수업과 관련한 사전·사후 과학의 본성 검사의 결과가 과학의 본성의 요소별로 뚜렷한 변화가 생긴 총 10명의 학생을 초점학생으로 선정하여 사후 면담을 실시하였다.

2. 검사 도구

과학의 본성의 검사로 Lederman 등(2002)이 개발한 검사 Views of Nature of Science(VNOS-C)를 수정하여 사용하였다. 이 검사는 과학의 정의, 과학 지식의 경험적 본성, 과학적 방법, 과학 지식의 잠정성, 과학의 추론적 특성, 이론 의존성, 과학지식의 사회적 구성, 과학의 창의적 특성에 관한 문항들로 구성된 개방형 질문지 형태이다. 검토를 통해 설문에서 사용된 용어를 연구 대상에 맞춰 수정하였으며, 어려울 것으로 판단되는 6번(원자의 구조) 문항을 삭제하고 과학적 지식과 관점의 차이를 묻는 VNOS-B의 6번

문항으로 교체한 총 9문항을 사용하여 검사를 실시하였다. 이 수정된 VNOS-C의 내용타당도와 안면타당도는 3명의 과학교육 전문가에 의해 검토되었다.

3. 명시적 과학의 본성 수업의 개발

이 연구에서는 박종원, 김두현(2007)이 개발한 “과학적 탐구상황에서 과학의 본성 이해를 위한 포괄적인 학습 자료”들 중 실험 탐구와 과학사를 소재로 한 명시적 과학의 본성 수업을 선정하여 수업 안을 구성하였다. 실험 탐구의 명시적 과학의 본성 수업은 실험 탐구를 소재로 하며, 과학적 탐구 기능, 과학적 탐구 과정과 방법, 과학적 탐구의 사회성을 포괄하며, 또한 과학사의 명시적 과학의 본성 수업은 과학사를 소재

로 하고 있으며, 과학 지식의 생성, 과학 지식의 수용과 평가, 과학 지식의 변화 발달을 포괄하는 명시적으로 과학 지식의 본성의 개념변화를 목표로 하는 수업을 말한다.

예술고 학생들이 인식하고 있는 과학과 예술의 본성에 대한 관련성 중 ‘탐구적인 태도’를 가장 많이 인식하고 있는 미술 전공의 3개 학급에는 실험 탐구를, 역사적 맥락에서의 ‘가변성’을 가장 많이 인식하고 있는 음악 전공의 3개 학급은 과학사를 이용한 명시적 수업 전략으로 실시하였다(김희정과 김성원, 2012). 각 집단 별로 총 8개의 수업 지도안이 선정되었으며, 각기 두 집단이 총 8차시에 걸쳐 수업을 진행하였으며 그 내용은 <표 1>과 같다.

표 1
명시적 과학의 본성 수업의 실험 탐구 집단의 활동 내용

차시	활동 내용	과학의 본성 요소
1	연역적으로 실험 설계하기 기존의 것으로 새로운 것 설명하기	과학 지식의 경험적 본성
2	좋은 과학적 가설이란? 다양한 주장이 가능할까?	가설의 평가 과학 지식의 이론 의존성
3	실험 탐구 연구의 주관성 연구의 신뢰성	과학의 주관적인 측면 과학적 방법
4	과학적 관찰하기 관찰하고 추론하기	관찰은 이론에 의존하며 객관적이지 않음 관찰과 추론의 조합으로서의 과학
5	집단 이론적 연구와 실험적 연구	과학적 탐구에는 실험적 · 이론적 과정이 포함
6	협동적인 과학 연구	과학적 탐구는 협동적으로 수행됨
7	측정하기	측정값의 오류
8	자연 현상의 기술과 설명 지지 증거와 반대 증거	이론과 법칙의 차이와 관계
1	전기 개념의 발달 역사	과학 지식의 임시성
2	다양한 주장이 가능할까? 연구의 주관성	과학 지식의 이론 의존성
3	과학 지식과 윤리 다양하게 가설 제안하기	사회 문화적 함축 다른 가설이 동일한 실험 결과를 예측함
4	과학사 새로운 과학 받아들이기	과학 지식의 수용과 평가
5	집단 원자 모형의 발달 이야기	과학 지식은 불안정한 상태로 제안되고 임시적임
6	과학 탐구와 윤리	과학적 탐구는 윤리에 의해 제약받음
7	과학지식 정하기	과학 지식의 창의적이고 상상적인 본성
8	과학 개념의 발달 역사	과학 지식은 급진적이고 진화적으로 발달함

가. 실험탐구를 이용한 명시적 과학의 본성 수업 안의 구성

과학 탐구의 방법인 연역적인 실험 설계와 가설의 생성에 필요한 귀추적 사고에 대한 수업 안을 선정하였다. 가설의 검증이 이루어지기 위해서는 가설의 생성이 이루어져야 하고 가설 연역적인 탐구 과정은 가설을 설정하고 검증하는 모든 단계를 거치므로 학생들이 직접 생성한 가설을 검증하게 된다. 학생들이 제안된 가설을 검증하기 위하여 직접 실험을 설계하고 가설을 평가한다. 이 연구에서 사용한 가설 검증에 대해 학습하는 활동지의 실례는 <그림 1>과 같다.

나. 과학사를 이용한 명시적 과학의 본성 수업 안의 구성

과학사에서 원자모형의 발달에 대한 내용을 선정하

였다. 과학지식은 어느 날 한 과학자에 의해 불현듯 떠올려지는 것이 아니라, 오랜 기간에 걸쳐 여러 과학자들의 생각과 연구를 기반으로 하여 발달되어온 역사를 가지고 있다. 과학지식의 잠정성에 대하여 학습하는 활동지에 대한 실례는 <그림 2>와 같다.

4. 자료의 수집

2009학년도 4월에 두 집단을 선정한 후 각 집단에 대하여 과학의 본성에 대한 사전 검사(VNOS-C)를 실시하였다. 그 후 5월부터 10월까지 각 집단에 처치된 8차시의 명시적 과학의 본성 수업을 실시하였고, 수업이 끝난 2009년 10월 말에 각각 동일한 사후 검사를 실시하였다. 또한 연구자는 명시적 과학의 본성 수업 실시 전 의도적으로 표집된 37명의 학생을 대상

3. 실험을 설계할 때 중요한 것은 (1) 실험방법 뿐 아니라, (2) 실험에 의해 어떤 결과가 예측될지도 말해 주어야 한다. 그리고 (3) 예측되는 결과에 따르면 가설이 옳다는 것인지를 리라는 것인지를 말해 주어야 한다. 각각의 실험방법에 대해서 예측되는 결과를 쓰고, 그에 따른 가설의 옳고 그름을 판단해 보자.

(1) 영희의 가설이 옳은지 알아보기 위한 실험방법에서 예측되는 결과와 그에 따른 가설의 평가

① 예측되는 결과: _____

② 가설의 평가: _____

(2) 철수의 가설이 옳은지 알아보기 위한 실험방법에서 예측되는 결과와 그에 따른 가설의 평가

① 예측되는 결과: _____

② 가설의 평가: _____

그림 1 가설 검증 단계의 수업 활동지의 실례

4. 과학지식은 한 번 제안되면 절대 변화하지 않는가? 1913년 때 보어의 원자모형과 1923년 때 보어의 원자모형을 비교하여 설명해 보아라.

그림 2 과학지식의 잠정성에 대한 수업 활동지의 실례

으로 개별적으로 사전 면담을 실시하였고, 그들 중 과학의 본성에 대한 사후 검사에서 개념 변화가 생긴 10명의 초점 학생들을 선정하여 수업 후 2번의 사후 면담을 하였다.

사전 면담은 37명의 학생이 수업 전에 작성한 과학의 본성 검사지에 대한 보충 면담 형식으로 진행되었다. 면담 시작 전 학생들에게 자신이 작성한 검사지를 주고 자신의 응답을 확인하는 질문을 던졌다. ‘다음은 여러분의 응답 내용입니다. 본인의 응답에 대한 기억을 되살려 답해주시 바랍니다.’ 연구자는 참여자가 자신의 인식을 말하는데 개념을 명료화하거나 적절한 예를 제공하거나 구체적으로 설명하도록 도움을 주었으며 참여자의 생각을 이끌어 내기 위하여 추가 질문을 하였다.

사후 면담은 초점 학생들이 수업 후에 작성한 동일 검사지를 바탕으로 수업 도중이나 그 외에 과학의 본성 요소의 개념 변화에 영향을 준 요소들을 자세히 설명하도록 하였다. 연구자는 질문지를 사용하여 학생들의 관심을 면담 내용에 집중시키고 관련된 질문을

계속하는 반구조화된 형태의 면담을 진행하였으며, 초점 학생들에게 공통적으로 물어보았던 질문 내용은 다음과 같았다.

- 과학이 무엇이라고 생각하는가? 과학의 본성 검사지의 질문에 대한 답변이 의미하는 것은 무엇인가?
- 과학의 본성에 대한 개념이 변한 이유가 무엇이라고 생각하는가?
- 활동지의 활동이 과학의 본성에 대한 개념 변화에 영향을 주었는가? 구체적으로 어떤 과정이 영향을 주었는가?

5. 자료의 처리 및 분석 방법

과학의 본성에 대한 검사(VNOS-C)의 결과는 Lederman 등(2002)의 연구에서 제안한 고전적 관점(novice view)과 현대적 관점(informed view)으로 구분하여 분석하였으며, 검사의 문항이 측정하는 과학의 본성 요소와 분석틀은 <표 2>에 제시하였다.

표 2
과학의 본성 검사(VNOS-C)의 분석틀

NOS 요소	고전적 관점	현대적 관점
과학의 정의	· 귀납주의, 실증주의, 사실주의, 과학주의에 해당한다.	· 상대주의, 도구주의, 상황주의, 구성주의에 해당한다.
과학지식의 경험적 본성	· 이론을 확인하는 과정이다. · 과학 지식을 증명하기 위한 과정이다.	· 가설 검증을 위한 과정이다. · 새로운 사실을 발견하는 과정이다.
과학적 방법의 다양성	· 실험은 과학의 발달에 반드시 필요하다.	· 실험 이외의 다른 탐구방법도 있다.
과학지식의 잠정성	· 변하지 않는다.	· 변한다.
이론과 법칙의 차이	· 이론은 변하며 법칙은 불변의 진리이다. · 이론이 법칙으로 된다.	· 이론은 설명, 법칙은 기술이다. · 이론과 법칙은 대등관계이다.
지식과 관점의 차이	· 지식은 진리, 관점은 설명 도구이다.	· 지식은 검증된 것, 관점은 의견이나 생각이다.
관찰의 이론 의존성	· 자료의 부족이나 부정확하기 때문이다. · 사실을 확인할 수 없을 때에는 추측만 하게 되므로 여러 가지 결론이 나올 수 있다.	· 생각하는 관점의 차이, 배경지식이 다르기 때문이다. · 다른 가설을 세웠기 때문에 그 가설에 합당한 자료를 찾으려고 한다.
사회문화적 내재성	· 과학지식은 보편적 가치를 반영한다.	· 과학지식은 사회적 문화적 가치를 반영한다.
창의적 상상력	· 실험의 설계와 구상 단계에서 창의성이 발휘된다. · 자료를 해석할 때 창의성이 발휘된다.	· 탐구의 모든 단계에서 창의성이 발휘된다.

분석은 2명의 과학교육 전문가에 의해 이루어졌고, 일치도가 90%에 이를 때까지 반복되었다. 각 집단별로 사전·사후 검사의 Wilcoxon 검증을 실시하였으며, 모든 통계 분석은 SPSS 18.0 프로그램을 사용하였다.

과학의 본성에 대한 개념 변화의 원인을 알아보기 위해 Miles와 Huberman(1994)의 방법을 사용하여 사전·사후 면담을 분석하였다. 이 방법은 연구 결과를 다양한 그림으로 도식화할 수 있는 장점이 있으며, 분석은 코딩, 자료변환, 내용분석의 단계로 이루어졌다. <표 3>은 분석결과 나온 면담의 예이며, 사례 학생이 상황적 맥락에서 경험하는 과학의 본성의 변화

를 서술, 유형화하고 분석하기 위하여 과학의 본성의 개념 변화 과정에 영향을 준 것으로 판단되는 개념 생태의 요소들을 조사한 것이다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학의 본성 검사 (VNOS-C)

검사 문항 중 사전 사후 가장 점수가 낮은 것은 실험 탐구 집단은 ‘이론과 법칙의 차이’였으며, 과학사 집단은 ‘이론과 법칙의 차이’와 ‘과학적 방법의 다양성’ 문항이었다. 가장 높은 점수를 나타낸 문항은 두

표 3
분석틀을 사용한 개념생태 요소의 분석 예

면담 발췌문	개념생태요소	하위요소
과학이 어떤 공통된 현상에 대해서 탐구하고 연구하는 학문이잖아요.	인식론적 확신 근거	설명적 이상
사람들이 원래 가지고 있는 배경지식이나 가치관의 차이라 생각해요.		일반적 견해
저작권이랑 비슷하게 생각하면 될 것 같아요. 그러니까 다윈이 진화론을 냈는데 그 건 고유한 다윈의 것이니까 다윈 이론이니까 누가 건드리면 안 된다		설명 일관성
실험은 어떤 사실, 결론을 도출하기 위한 방법이라 생각해요. 대학에서 영재캠프를 참여했는데... 현미경 등을 보는 것과 실험하는 경험이 많았어요.		관찰 또는 경험
제가 가지고 있는 종교적인 지식으로는 그런 것이 아니니까 진화론이 잘못 되었다고 나오는 증거도 여럿 배우는데		신학적 근거
과학이 사회적 가치에 영향을 받는다고 생각했는데, 면담 이후 엄마와 이야기를 하는 중에 엄마는 과학이 가치중립적인 것이기 때문에 보편적이어야 하지 않겠냐 하셨고... 생각해 보니 그럴 것 같아서 생각이 바뀐 것이어요.	형이상학적 신념과 개념	권위
실험 도중 상상력을 쓰는 것은 위험하다고 생각했어요.		주관적 평가
어느 과학자가 자신의 아들에게 실험한 것에 대해서 결과가 좋아서 그렇지 만약 나쁜 결과가 초래되었다면 윤리적으로 문제가 되었을 것 같고.		형이상학적 신념
이론은 사람이 꾸며서 만들어놓은 것, 법칙은 원래 있는 것을 간단히 만든 것.	지식	개념
인간 복제가 필요한건 하죠...저는 악용 할 생각이 없을 거 아니어요.		변칙사례
얼마 전 다큐에서 본 끈이론도 새로운 시각과 이론, 사실에 의해 점차 변화하더라구요. 사람들이 전기가 플러스에서 마이너스로 흐르는 것을 규명하지 못하고,...종교적 관점 때문에 어디로 흐른다 정도만 생각했었는데, 과학이 발전하면서 전자가 반대방향으로 흐르는 것을 알게 된 것이 생각나서 이론이 변화한다고.		사례와 이미지
독일 사람들이 이태리 오페라를 싫어했어요. 너무 드라마틱하고 그래서 억지로 모차르트한테 틀을 쥐서 억압을 주었다. 그런 것이 비슷한 것 같아요.		다른 영역의 지식
기둥(이론)을 찰흙으로 만들어서 지금은 약간의 변화는 있을 수 있다		비유와 은유

집단 모두에서 ‘과학지식의 잠정성’과 ‘관찰의 이론 의존성’에 대한 인식이었다. 이러한 결과는 과학지식의 잠정성에 대한 학생들의 이해도가 높게 나온 노태희 등(2002)의 선행연구 결과와 일치하는 것이며, 관찰의 이론 의존성에 대한 학생들의 인식이 높게 나온 김지영과 강순희(2007)의 선행연구 결과와도 일치하는 것이다.

실험 탐구 집단의 과학의 본성에 대한 개념 변화를 알아보기 위한 사전·사후의 Wilcoxon 검증 결과는 다음 <표 4>와 같다. 실험 탐구 집단의 유의미한 변화 요소는 ‘과학적 방법의 다양성’과 ‘과학지식의 잠정성’에 대한 문항이었다. 변화의 원인은 ‘이론적 연구와 실험적 연구’라는 활동을 수업하면서 과학 지식이 실험 이외의 방법으로도 발전한다는 것과 관찰의 이론 의존성이나 추론적 특성의 수업을 하며 영향을 받은 결과로 판단된다.

이러한 학생들 중에서 ‘과학의 잠정성’에 대한 항목에 변화가 생긴 학생 A의 응답은 다음과 같았다.

(사전) 이론은 변화하지는 않으나 추가적으로 덧붙여

진 내용은 있을 것이다. 근본 이론은 변하지 않으므로 변화를 거쳤다고 보기는 어렵지 않을까?

(사후) a. 이론이라는 것은 현상을 토대로 과학자가 내린 결론이기 때문에 불완전한 면이 있을 가능성은 충분히 존재한다. 시간이 흐름에 따라 과학이 발전하여 약간의 변화 과정도 거칠 것이다.

b. 기본적인 교양이다. 지금까지의 이론을 배경 지식으로 갖고 있어야 다음 단계로 넘어갈 수 있다.

또한 ‘과학적 방법의 다양성’에 대한 항목에 변화가 생긴 학생 B의 응답은 다음과 같았다.

(사전) 실험을 필요로 한다. 중세 시대 플로지스톤설에서는 모든 물체를 가열하면 무게가 가벼워지며 이는 그 무게만큼의 플로지스톤이 빠져나갔기 때문이라고 했다. 라부아지에의 수은을 가열하는 실험을 해 보임으로서 질량이 증

표 4
수업 전후의 VNOS-C에 대한 실험 탐구 집단의 개념 변화

항목	검사	고전적 관점	현대적 관점	유의확률
과학의 정의 (VNOS 01)	사전	70(63.6)	40(36.4)	$p = .500$
	사후	65(59.1)	45(40.9)	
과학지식의 경험적 본성 (VNOS 02)	사전	18(16.4)	92(83.6)	$p = .670$
	사후	20(18.2)	90(81.8)	
과학적 방법의 다양성 (VNOS 03)	사전	104(94.5)	6(5.5)	$p = .046^*$
	사후	96(87.3)	14(12.7)	
과학지식의 잠정성 (VNOS 04)	사전	16(14.5)	94(85.5)	$p = .012^*$
	사후	6(5.5)	104(94.5)	
이론과 법칙의 차이 (VNOS 05)	사전	104(94.5)	6(5.5)	$p = .197$
	사후	99(90.0)	11(10.0)	
지식과 관점의 차이 (VNOS 06)	사전	78(70.9)	32(29.1)	$p = .456$
	사후	83(75.5)	27(24.5)	
이론 의존성 (VNOS 07)	사전	12(10.9)	98(89.1)	$p = .655$
	사후	14(12.7)	96(87.3)	
사회문화적 내재성 (VNOS 08)	사전	73(66.4)	37(33.6)	$p = .411$
	사후	68(61.8)	42(38.2)	
창의성 (VNOS 09)	사전	96(87.3)	14(12.7)	$p = .513$
	사후	93(84.5)	17(15.5)	

빈도(%)

가하는 물체도 있다고 반박했다. (산화수) 실험을 충분히 하지 않으면 잘못된 과학지식이 성립될 수 있다.

(사후) 반반이라고 본다. 화학물질 간의 반응이나 물리적인 힘의 측정 등은 우리가 실험을 계획하고 이를 토대로 발전해 나갈 수 있다. 그러나 우주나 지구과학, 지구의 역사 등은 실험으로 모든 것을 알아내기엔 한계가 있다.

과학사 집단의 검증 결과는 <표 5>와 같으며, 유의미한 변화 요소는 ‘과학지식의 잠정성’과 ‘과학의 사회문화적 내재성’에 대한 문항이었다. 과학사적 맥락에서 과학지식의 변화를 수업한 결과이며, ‘과학 탐구와 윤리’의 활동을 수업하면서 특히 생명윤리에 있어서 사회문화적 가치를 반영되어야 한다는 개념 변화를 가져온 것이라 볼 수 있다.

이들 중 ‘사회문화적 내재성’ 항목에 변화를 보인 학생 C의 응답은 다음과 같았다.

(사전) 과학은 보편적. 과학 이론이 주변 환경에 의해 다르게 주장되고 믿어지게 된다면 혼란이 생길 것이다. 혼란을 넘어서 과학의 의의(?) 같은 것을 상실하고 안 좋게 내세워지므로.

(사후) 반영해야 한다. 전에는 보편적인 것이라고 생각했는데 선생님과 인터뷰 중 인간복제에 대한 이야기로 생각이 바뀌었다. 인간복제처럼 비윤리적인 실험 등이 성행해서는 안 되기 때문에 현재의 윤리관이라던 지 사회적 가치가 관여해야 한다고 본다.

또한 ‘과학의 잠정성’ 항목에 변화를 보인 학생 E의 응답은 다음과 같았다.

(사전) 이론이 변화되지 않아서 우리가 지금 과학시간에 그것들을 배우고 있는 것 아닌가?

(사후) a. 뭔가 다른 것이 발견되어서, 과학자들이 새로운 실험을 하면서 사실을 밝혀내고 있다.

표 5
수업 전후의 VNOS-C에 대한 과학사 집단의 개념 변화

항목	검사	고전적 관점	현대적 관점	유의확률
과학의 정의 (VNOS 01)	사전	79(81.4)	18(18.6)	$p = .847$
	사후	80(82.5)	17(17.5)	
과학지식의 경험적 본성 (VNOS 02)	사전	31(33.0)	66(67.0)	$p = .117$
	사후	22(22.7)	75(77.3)	
과학적 방법의 다양성 (VNOS 03)	사전	90(92.8)	7(7.2)	$p = .257$
	사후	93(95.9)	4(4.1)	
과학지식의 잠정성 (VNOS 04)	사전	21(20.6)	76(79.4)	$p = .002^*$
	사후	6(6.2)	91(93.8)	
이론과 법칙의 차이 (VNOS 05)	사전	93(95.9)	4(4.1)	$p = .366$
	사후	90(92.8)	7(7.2)	
지식과 관점의 차이 (VNOS 06)	사전	80(81.4)	17(18.6)	$p = .835$
	사후	80(82.5)	16(17.5)	
이론 의존성 (VNOS 07)	사전	16(16.5)	81(83.5)	$p = .827$
	사후	15(16.5)	82(83.5)	
사회문화적 내재성 (VNOS 08)	사전	56(56.7)	41(43.3)	$p = .035^*$
	사후	41(42.3)	55(57.7)	
창의성 (VNOS 09)	사전	83(86.6)	14(13.4)	$p = .655$
	사후	85(87.6)	12(12.4)	

빈도(%)

- b. 이론을 배우는 것은 씨앗을 심는 것과 같기 때문이다.

2. 과학의 본성에 대한 개념 변화의 사례연구

실험 탐구 집단에서 ‘과학적 방법의 다양성’ ‘이론과 법칙의 차이’ ‘과학의 사회문화적 내재성’ 과 수업에서는 다루지 않았지만 집단 비교에서 유의미한 변화가 있었던 ‘과학지식의 잠정성’의 요소에 변화가 생긴 학생을 선발하였다. 또한 과학사 집단에서 ‘과학지식의 잠정성’ ‘창의적 상상력의 특징’ ‘관찰의 이론 의존성’ ‘과학의 사회문화적 내재성’의 요소에 변화가 생긴 학생을 선발하였다. 10명의 초점 학생들의 과학의 본성 요소별 사전·사후 과학의 본성 검사에 대한 과학 철학적 관점 변화는 <표 6>에 나타내었다.

초점 학생들과의 면담은 개념생태의 분석틀로 분석하고, 과학의 본성에 영향을 주는 개념생태의 요소, 개념 변화의 조건과 학습상황을 도식으로 기술하였다. 각 사례에서 먼저 어떤 개념생태의 요소가 과학의 본성에 대한 개념 형성에 관여하는지를 찾아내어 표현 도식에 반영하고, 개념 생태의 요소가 나타난 상황에 대한 발췌문 요약과 함께 제시하였다. 이 도식에 대한 예시는 부록 1에 제시하였다.

학생 A는 수업의 모든 활동과 동료와의 토론, 일상에서의 경험 등이 전체적으로 ‘과학 지식의 잠정성’의 요소에 영향을 주어 개념이 통합되는 통합적 변화를 하였다. 다음으로 학생 B는 ‘과학적 방법의 다양성’ 이, 학생 C와 D는 과학의 ‘창의적 상상력의 특징’의 요소가 다양한 사례 상황으로 확장 적용되면서 이

해가 증가된 확장적 변화를 하였다.

앞의 두 변화 유형이 과학의 본성 요소의 개념 변화의 경험 사례가 양적으로 증가한 경우라면, 학생 E는 ‘과학 지식의 잠정성’의 요소에 대한 질적인 개념 변화이다. 학생 E의 개념생태의 인식론적 기준을 형성하는 과학자에 대한 권위는 근본적으로 과학 지식은 변하지 않는다는 개념을 변화시킨 심층적 변화이다. 이와 유사하게 학생 F의 사례는 ‘관찰의 이론 의존성’을 묻는 과학의 본성 검사에 제시된 공통 멸종이라는 예시가 자료의 부족이라는 상황의 오해를 불러일으키면서 현대의 과학 철학적 관점과의 불일치가 있었다. 그러나 연구의 주관성에 대한 수업 후 검사지의 사례 상황을 다른 사례로 교체하면서 오개념을 해결하는 과정을 보이는데, 이를 통해 학생 F의 ‘관찰의 이론 의존성’의 요소가 보다 정교하게 개념 변화가 이루어지는 정합적 변화가 일어났다.

앞의 사례들이 양적 풍부함이나 질적 수준을 높이는 변화라고 하면 다음은 반대의 경우라고 할 수 있다. 학생 G의 개념 변화에 영향을 준 개념생태의 인식론적 근거는 주관적인 학습 성향이다. 이 학생은 ‘이론과 법칙의 차이’라는 요소를 학습하고 피상적 학습이 이루어졌지만, 이론과 법칙의 관계를 심도 있게 이해하는 것은 실패하여 개념의 피상적 변화가 일어났다.

또한 학생 H와 I는 ‘과학의 사회문화적 내재성’에 대한 수업 활동 후에 현대의 과학 철학적 관점으로 변화되었다고 하였으나, 면담 결과 여전히 과학이 보편적 가치를 지니고 있는 부분이 있을 것이라고 하였다. 이처럼 과학이 보편적 가치와 사회문화적 가치를 둘

표 6

초점 학생들의 과학의 본성 요소별 개념 변화

요소 \ 대상	학생A	학생B	학생C	학생D	학생E	학생F	학생G	학생H	학생I	학생J
과학적 방법의 다양성	N→N	N→I*	N→N	N→N	N→N	I→I	N→N	N→N	N→N	N→N
과학 지식의 잠정성	N→I*	I→I	I→I	I→I	N→I*	I→I	I→I	I→I	I→I	I→I
이론과 법칙의 차이	N→N	N→N	N→N	N→N	N→N	N→N	N→I*	N→N	N→I*	N→N
관찰의 이론 의존성	I→I	I→I	I→I	I→I	N→N	N→I*	I→I	I→I	I→I	I→I
과학의 사회문화적 내재성	N→N	N→N	N→I*	N→N	I→I	I→I	N→N	N→I*	N→I*	I→N*
창의적 상상력의 특징	N→I*	N→N	N→I*	N→I*	N→N	N→N	N→I*	N→I*	I→I	N→N

(N: 고전적 관점(novice view), I: 현대적 관점(informed view), *:관점 변화가 생긴 경우)

다 가지고 있다고 인식하게 되는 부분적 변화의 개념 변화 과정을 보였다.

마지막으로 학생 J는 ‘과학의 사회문화적 내재성’에 대한 요소가 동료들과의 대화에서 영향을 받아 사회문화적 가치를 지녀야 한다고 하였으나 부모의 권위에 의해 과학이 보편적 가치를 지녀야 한다고 본래의 관점으로 돌아가는 회귀적 변화를 보였다. 그리하여 초점 학생의 사례를 과학의 본성 요소의 개념 변화 유형별로 요약하여 살펴보면 <표 7>과 같다.

이상의 변화 유형에서 ‘통합적 변화’는 수업 요인과 더불어 학생 개인의 내적·외적 요인을 통합하여 얻어지는 변화라고 볼 수 있다. 그리고 ‘확장적 변화’가 사례 학생 중 가장 많았으며, 직접적으로 수업 활동에 영향을 받아서 변한 것이다. 이런 변화는 과학의 본성 요소의 개념 변화에 여러 사례 상황을 연결하는 것으로서, 학생이 과학의 본성을 학습할 때 다른 사례보다 효과적으로 영향을 주는 결정적 예가 있다는 것이다. 이는 학생마다 다르다는 조광희(2005)의 연구를 볼

표 7
초점 학생들의 과학의 본성 요소의 개념 변화

변화 유형	학생	변화 정도	변화된 과학의 본성 요소	개념 변화 요인	개념생태요소
통합적 변화	학생A	-	· 과학 이론의 잠정성	활동을 통하여 과학의 본성에 대한 유연한 사고를 하게 되고 동료와의 토론, 일상에서의 경험을 통하여 이론이 변한다는 현대적 관점으로 바뀜	· 인식론적 확신 근거- 경험
	학생B	+	· 과학적 방법의 다양성	활동지의 다양한 실험과 활동 5의 이론적 연구와 실험적 연구를 통하여 과학적 방법의 다양성에 대한 현대적 관점으로 바뀜	· 지식- 사례와 이미지
확장적 변화	학생C	+	· 과학의 사회문화적 내재성 · 과학의 창의적 특징	활동2에서 가설에 대한 평가를 하려면 모든 단계에서 창의성의 영향을 받을 것이라고 현대적 관점으로 바뀜	· 인식론적 확신 근거- 주관적 평가
	학생D	+	· 과학의 창의적 특징	활동4의 대륙이동설과 활동5의 원자모형을 학습하고 창의성이 탐구의 모든 단계에 쓰인다고 현대적 관점으로 바뀜	· 지식- 사례와 이미지
심층적 변화	학생E	++	· 과학 이론의 잠정성	활동5의 원자 모형의 발달 이야기를 학습하고 이론이 변한다고 현대적 관점으로 바뀜	· 인식론적 확신 근거- 권위
정합적 변화	학생F	-	· 관찰의 이론 의존성	활동 2의 연구의 주관성을 학습한 후 관찰의 이론 의존성에 대한 좀 더 정확한 현대적 관점이 형성됨	· 지식- 사례와 이미지
피상적 변화	학생G	-	· 이론과 법칙의 차이	활동 8의 자연현상의 기술과 설명을 학습 후 이론은 설명이고 법칙은 기술이라는 정확한 의미를 알게 됨	· 인식론적 확신 근거- 주관적 평가
부분적 변화	학생H	+-	· 과학의 사회문화적 내재성 · 과학의 창의적 특징	활동6의 중두법의 사례를 학습하고 비윤리적이라고 생각하여 과학이 사회문화적 내재성의 현대적 관점으로 바뀜	· 지식- 사례와 이미지
	학생I	+	· 과학의 사회문화적 내재성	면담에서 인간복제라는 변칙사례를 접하고서 과학이 사회문화적 내재성을 가져야 한다는 현대적 관점으로 바뀜	· 지식- 변칙사례
회귀적 변화	학생J	--	· 과학의 사회문화적 내재성	부모의 권위의 개입으로 과학이 보편적이어야 한다는 고전적 관점으로 바뀜	· 인식론적 확신 근거- 권위

(++: 매우 많은 변화, +: 많은 변화, +-: 부분적 변화, -: 적은 변화, --: 변화 없음)

때, 수업상황에서 확장적 변화가 촉진되기 위해서는 학생과 관련된 적절한 사례 제시가 결정적인 개념변화를 이끈다고 볼 수 있다. 또한 과학의 본성의 내용을 ‘심층적 변화’를 통해 보다 이해하기 쉽게, ‘정합적 변화’를 통해 더욱 정교성 있게 학생들에게 명시적으로 설명을 해야 개념 이해를 높일 수 있다는 것을 알 수 있었다. 앞의 경우와는 달리 ‘피상적 변화’와 ‘부분적 변화’는 학생들의 심도 있는 이해를 이끌어 내지 못한 경우이며, ‘회귀적 변화’는 결국은 개념 변화에 실패한 과정이라고 할 수 있다.

이러한 결과에서 과학의 본성의 이해가 예술 고등학생들의 개념생태와 관련된 수업상황에 대부분 관련되어 있으며 관찰된 특징들을 분석하여 다음과 같은 사실들을 알 수 있었다.

첫째, ‘과학지식의 잠정성’과 ‘관찰의 이론 의존성’은 연관되어 있다. 대부분의 학생들이 과학지식의 잠정성을 이해하면 관찰의 이론 의존성도 함께 이해하고 있었다. 관찰의 이론 의존성을 안다는 것은 과학지식의 잠정성과 관계된 기존자료의 재해석의 가능성을 알고 있다는 것이기 때문일 것이다.

둘째, ‘이론과 법칙의 차이’를 학습한 후에도 오개념이 고쳐지기 힘들다는 것이다. 명시적으로 수업을 한 후 이론과 법칙의 정확한 개념을 이해하고 있으나 여전히 이론과 법칙의 관계를 이해하지 못한다는 것은 피상적 이해에 그쳤다는 것을 뒷받침한다.

셋째, ‘과학의 사회문화적 내재성’을 많은 학생들이 완전하지 못한 부분적인 이해를 하고 있는 것을 알 수 있었다. 과학의 보편적 가치를 믿고 있는 학생들은 ‘과학의 사회문화적 내재성’요소를 학습하고도 예외의 경우라던가 사회문화적 가치도 있다고 이해했다가 다시 보편적 가치로 회귀하는 모습을 보였다.

넷째, 과학의 ‘창의적 상상력의 특징’을 현대적 과학 철학적 관점인 창의성이 탐구의 모든 단계에 쓰인다고 이해시키기 위해서는 이에 맞는 창의성의 개념 정의가 필요하다는 것이다. 학생들이 생각하는 창의성에 대한 의미에 따라서 답변이 달라지므로 과학의 본성 검사(VNOS)에 쓰이는 문항의 정확성을 위해서는 과학적 창의성에 대한 정확한 정의가 학생들에게 선결되어야 한다.

IV. 결론 및 논의

과학의 본성 교육은 무엇보다도 학습자 개개인의 능력과 자질의 최적의 수업방법에 따라 달라질 때 효과가 있다고 할 수 있다. 그리하여 이 연구에서는 예술 고등학생들을 대상으로 명시적으로 과학의 본성 수업을 실시한 후 수업 이전과 비교하여 유의미하게 변화된 과학의 본성 요소를 찾고 변화 유형을 중심으로 고찰하였다. 실험 탐구와 과학사의 수업 전략을 세워 명시적인 과학의 본성 수업을 수행한 결과 구체적으로 명시적 수업 내용과 관련된 변화가 있었으며, 이는 실험 탐구와 과학사의 수업 전략이 학생들에게 과학의 본성 요소와 관련하여 각기 다른 영향을 줄 수 있다는 것을 뜻한다. 이에 구체적으로 과학의 본성 요소에 대한 개념 변화의 원인을 알아보기 위하여 개념 변화가 생긴 학생들과 면담 후 그 내용을 개념생태 이론으로 분석하였다.

과학의 본성의 개념 변화의 원인을 분석하여 특성들을 정리하면 다음과 같다.

첫째, ‘과학적 방법의 다양성’은 개념 변화가 어려울 것이라 생각되었으나, 수업 후 많은 학생들에게서 실험만이 과학적 방법이 아니라는 개념 변화가 확인되었다. 그러나 면담 결과 이는 단순한 사례의 확장에 그친 것으로 실험 이외의 방법이 있음을 확인한 정도이며 구체적으로 과학지식에 발달에는 실험 이외에도 많은 다양한 방법들이 있다는 것을 직접 학생들이 탐구하며 체험할 수 있도록 가르쳐야 할 것이다.

둘째, 많은 학생들이 ‘과학지식의 잠정성’에 대해 불완전한 이해를 하고 있다는 사실을 알 수 있었다. 과학의 본성 요소 중 ‘과학지식의 잠정성’은 개념 변화가 쉬운 요소이지만, 많은 학생들이 새로운 기술의 발명이나 새로운 자료의 출현만을 그 이유로 생각하고 있기 때문에(최준환 등, 2009) 과학지식의 잠정성에 대해 교수할 때에는 기존자료의 재해석 같은 잠정성의 이유도 명시적으로 가르쳐야 할 것이다.

셋째, ‘이론과 법칙의 차이’는 개념 변화가 어려운 요소로 평가된다. 이 연구에서도 이론과 법칙의 차이를 명시적으로 교수하였으나 학생들의 개념 변화가 유의미하지 않게 나타났으며, 개념 변화가 있었던 학생과의 면담 결과도 피상적 이해에 그쳤다는 것을 확

인할 수 있었다. 이에 이론과 법칙에 대한 교수를 할 때 이론과 법칙의 차이 및 과학지식에서의 이론과 법칙의 관계와 지위에 대한 명시적인 학습이 같이 이루어져야 할 것이다.

넷째, ‘과학의 사회문화적 내재성’은 많은 학생들이 중두법의 사례를 학습하거나 인간복제와 같은 생명 윤리와 관련된 사례를 접하고서 현대의 과학 철학적 관점으로 변화를 보였다. 하지만 면담 결과 과학이 모든 면에서 사회문화적 가치를 지녀야 한다는 완전한 변화가 아닌 중도적이거나 부분적인 변화라는 것이 확인되었다. 이를 토대로 ‘과학의 사회문화적 내재성’은 학습만으로는 완전한 개념 변화가 쉽지 않은 요인임을 알 수 있었으며, 수업 외적인 요인 중 어떤 요인이 학생들의 개념 변화에 영향을 주는지 연구해야 할 필요가 있을 것이다.

다섯째, 대부분의 학생들은 ‘창의적 상상력의 특징’에 대해 창의력이 주로 가설 설정 단계에 쓰인다고 인식하고 있었다. 학생들의 창의적 상상력을 현대의 과학 철학적 관점인 탐구의 모든 단계에 쓰인다고 변화시키기 위해서는 창의력이 가설 설정 단계 이외에 쓰이는 사례나 가설에 대한 평가, 과학과 예술 분야에서 쓰이는 창의성에 대한 정의 학습 등이 요구된다. 창의성이 무의식이나 영감에 의존하여 우연히 발견되었다는 사례의 강조보다는 과학자의 부단한 노력과 지식을 쌓음으로 창의적인 업적을 이룰 수 있었다는 사례에 대한 학습이 필요할 것이다. 가설에 대한 올바른 인식을 심어주어 단순한 착상이나 아이디어가 아닌 가설의 지위를 학습시켜야 할 것이다. 또한 창의성에 대한 정의를 좀 더 유연하게 확장시켜 학생들에게 창의성이란 특정 과학자나 예술가에게만 부여된 것이 아니라 모든 사람이 노력하면 가질 수 있는 것이라는 교육이 이루어져야 할 것이다.

여섯째, 과학의 본성 요소들은 따로 떨어져서 존재하는 것이 아니라 대부분 연관되어 있다(Bartholomew & Osborne, 2004). 주관성은 관찰의 이론 의존성과 추론적 특징으로 연결되어 결국에는 잠정성으로 이어진다. 이는 실험탐구 집단에서 유의미하게 관점의 변화가 나타난 ‘과학지식의 잠정성’ 요소의 경우 명시적으로 수업하지 않았음에도 불구하고 변화가 있었다. 이는 ‘과학지식의 잠정성’에 대한 개념이 관찰의 이론 의존성과 추론의 특성과 관련된 수업을 수행하였기에 생긴 효과라고 판단된다. 이와 관련하여 과학의 본성

요소들이 구체적으로 어떻게 연관되어 있는지에 대한 연구가 요구된다 하겠다. 특히 관찰의 이론 의존성과 과학지식의 잠정성에 대해 실제로 학생들이 그 연관성을 얼마나 인식하고 있는지를 조사할 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 예술 고등학생들을 대상으로 명시적으로 과학의 본성 수업을 실시한 후 수업 이전과 비교하여 개념이 변화된 과학의 본성 요소를 찾아 변화 유형별로 고찰하였다. 학생들에게 어떤 과학의 본성 요소가 변화했는지를 알아보기 위해 과학의 본성 검사(VNOS-C)를 실시한 결과 실험탐구 집단은 ‘과학적 방법의 다양성’ 및 ‘과학지식의 잠정성’의 요소가, 과학사 집단은 ‘과학지식의 잠정성’ 및 ‘과학의 사회문화적 내재성’의 요소가 유의미한 개념 변화를 보였다. 이러한 결과는 명시적 수업의 구체적 내용과 관련된 변화이며, 각각의 수업 전략이 강조하는 점이 과학의 본성 요소에 영향을 끼친 것이다. 과학의 본성 요소의 개념 변화를 가져온 구체적 원인을 밝히기 위해 10명의 초점학생들을 선별하여 면담을 진행하였고, 과학의 본성 요소에 긍정적 또는 부정적으로 작용하는 원인과 그에 따른 영향을 총체적으로 이해하고자 하였다.

학생들은 명시적 수업의 효과로 현대의 과학 철학적 관점으로서의 통합적이고 심층적인 개념 변화가 있었으나, 분석 결과 학생들은 ‘과학적 방법의 다양성’의 요소에 대해 부분적으로 ‘이론과 법칙의 차이’의 요소에 대해 피상적으로, ‘과학의 사회문화적 내재성’ 역시 불완전하게 이해하고 있다는 것도 알 수 있었다. 또한 ‘창의적 상상력의 특징’의 요소에 대해서 학생들 자신이 인식하고 있는 창의성의 정의에 따라 창의성이 관여하는 탐구 단계를 다르게 인식하고 있다는 사실을 알 수 있었다.

결론적으로 예술 고등학생들에게 실험탐구와 과학사 전략을 적절히 사용함으로써 각기 다른 과학의 본성 요소를 현대의 과학 철학적 관점으로 양적 질적 측면에서 변화시킬 수 있었다. 이러한 결과는 명시적 과학의 본성 수업을 통하여 예술 고등학생들이 구성주의적인 과학의 본성에 대한 개념 변화를 경험하고 있으며, 이 과정에 학생들의 개념생태와 수업전략이 관여함을 알 수 있었다. 따라서 실제 학교 현장에서도 이

연구 결과를 바탕으로 과학의 본성 수업에 대한 과학 교육 과정을 수립하는 데 있어 중요한 시사점을 줄 수 있다고 하겠다.

주요어: 과학의 본성, 명시적 교수법, 실험탐구 전략, 과학사 전략, 개념생태

참고 문헌

- 강석진, 김영희, 노태희 (2004). 과학사를 이용한 소집단 토론 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 24(5), 996-1007.
- 기현희 (2008). 전력 학습에 관한 중학생의 어려움 이해: 개념생태 이론과 지식 신념들을 중심으로, 서울대 석사학위 논문.
- 김지영, 강순희 (2007). 가설 연역적 탐구 실험 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 27(3), 168-179.
- 김희정, 김성원(2012). 과학의 본성과 예술의 속성에 대한 예술고 고등학생들의 인식. *한국과학교육학회지*, 32(4), 586-603.
- 노태희, 김영희, 한수진, 강석진 (2002). 과학의 본성에 대한 초등학생들의 견해. *한국과학교육학회지*, 22(4), 882-891.
- 박종원, 김두현 (2007). 과학적 탐구상황에서 과학의 본성 이해를 위한 포괄적인 학습 자료의 개발, *한국학술진흥재단 연구보고서(KRF-2006-721-B00029)*.
- 송현미, 정완호 (2001). 생물 존재 필요성에 대한 중학생의 개념생태 특징, *한국과학교육학회지*, 21(4), 648-657.
- 조광희 (2005). 과학수업에서 예의 사용과 학생의 개념 이해: 중학교 역학을 중심으로. 서울대학교 박사학위 논문.
- Bartholomew, H., & Osborne, J. (2004). Teaching students "ideas about science": Five dimensions of effective practice. *Science Education*, 88(5), 655-682.
- Choi, K., Chong, H. J., Lee, K., & Chang, H. (2005). Need and significance of STS education at the university level. *한국과학교육학회지*, 25(6), 650-657.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and development*. New York: Teachers College Press.
- Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
- Khishfe, R., & Lederman, N. G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. *Handbook of research on science education*, 869-872.
- 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.
- 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(4), 389-407.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (2009). *질적자료분석론*. 박태영 외 공역. 서울: 학지사. 원전: *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage Publications, Inc. 1994.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Park, H. J. (1995). *A study of the components of students' conceptual ecologies*. Doctoral dissertation, University of Wisconsin-Madison.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., & Gertzog, W.(1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change, *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Solomon, J., Duveen, J., McCarthy, S., & Scott, L. (1992). Teaching about the nature of science through history: Action research in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 409-421.
- Strike, K. & Posner, G.(1985). A conceptual change view of learning and understanding. In L. West & L. Pines(Eds.), *Cognitive structure and conceptual change* (pp. 211-230). Orlando: Academic press.

부록 1. 초점 학생들의 과학의 본성에 대한 개념 생태 요소와 개념 변화 조건의 도식

1) 통합적 변화 사례

* 학생 A: '과학지식의 잠정성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 6 학생A의 과학의 본성에 대한 개념생태 요소와 개념변화 조건

2) 확장적 변화 사례

* 학생 B: '과학적 방법의 다양성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 7 학생B의 과학의 본성에 대한 개념생태 요소와 개념변화 조건

* 학생 C: '과학의 사회문화적 내재성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 8 학생C의 과학의 본성에 대한 개념생태 요소와 개념변화 조건

* 학생 D: '창의적 상상력의 특징'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 9 학생D의 과학의 본성에 대한 개념생태 요소와 개념변화 조건

3) 심층적 변화 사례

* 학생 E: '과학 지식의 잠정성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 10 학생E의 과학의 본성에 대한 개념상태 요소와 개념변화 조건

4) 정합적 변화 사례

* 학생 F: '관찰의 이론 의존성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 11 학생F의 과학의 본성에 대한 개념상태 요소와 개념변화 조건

5) 피상적 변화 사례

* 학생 G : ‘이론과 법칙의 차이’에 대한 이해가 변화한 학생

그림 12 학생G의 과학의 본성에 대한 개념상태 요소와 개념변화 조건

6) 부분적 변화 사례

* 학생 H : ‘과학의 사회문화적 내재성’에 대한 이해가 변화한 학생

그림 13 학생H의 과학의 본성에 대한 개념상태 요소와 개념변화 조건

* 학생 I : '과학의 사회 문화적 내재성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 14 학생 I의 과학의 본성에 대한 개념상태 요소와 개념변화 조건

7) 회귀적 변화 사례

* 학생 J : '과학의 사회 문화적 내재성'에 대한 이해가 변화한 학생

그림 15 학생 J의 과학의 본성에 대한 개념상태 요소와 개념변화 조건