

글로벌 과학적 소양 함양을 위한 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 미치는 영향

유은정* · 오현석 · 김찬종

서울대학교 지구과학교육과, 151-742, 서울시 관악구 신림동 산 56-1

The Influence of Global Science Literacy-Oriented Instruction on Students' Views of the Nature of Science

Eun-Jeong Yu*, Hyun-Seok Oh, and Chan-Jong Kim

Department of Earth Science Education, Seoul National University, Seoul 151-748, Korea

Abstract: The purpose of this study is to investigate the influence of global science literacy-oriented instruction on students' views of the nature of science. The participants were 65 male students in 8th grade, and they were taught for five weeks about the Unit of "Earth and Star" that was designed based on global science literacy. Survey was conducted to determine the students' views of the nature of science before and after the instruction. Results revealed that it was hard to change students' views of the nature of science during the short period of time; however, in the sociological aspect, the students acquired relatively more improved students' views of the nature of science than the other aspects including philosophical, psychological, and historical aspects.

Keywords: global science literacy, earth systems education, nature of science

요약: 본 연구의 목적은 글로벌 과학적 소양 함양을 위한 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 어떤 영향을 주는지 살펴보는 것이다. 연구 참여자는 8학년 65명의 남학생이며, '지구와 별' 단원에 대하여 5주 동안 글로벌 과학적 소양 수업을 실시하였다. 수업 전과 후에 학생들의 과학의 본성에 대한 이해정도를 살펴보았다. 연구 결과 단기간의 글로벌 과학적 소양 함양을 위한 수업으로 학생들의 과학의 본성에 대한 관점을 변화시키는 것은 어려운 과제임을 확인할 수 있었다. 그러나 사회학적 측면에서, 학생들의 과학의 본성에 대한 이해가 철학적, 심리학적, 역사학적 관점에서 보다 상대적으로 향상된 것을 발견할 수 있었다.

주요어: 글로벌 과학적 소양, 지구계 교육, 과학의 본성

서론

오늘날 우리는 급속한 변화의 흐름 속에서 세계화를 직접 경험하며 살고 있다. 국가 간의 경계는 점차 약화되고 사회, 과학, 문화, 경제, 정치 등에 이르기까지 전 세계적인 연관성이 더욱 증대되고 있다. 정수복(2002)에 의하면 세계화란 근대 민족국가와 달리 정치, 경제, 문화, 환경 등의 영역에서 그 경계가 약화되면서 세계가 하나의 단위체로 통합되어 가는 과

정이라고 설명한다. 이러한 복잡한 과정을 통해 일어나는 사회변화와 관련된 세계화의 정의는 학자들마다 다양하지만(McCorquodale and Fairbrother, 1999) 세계화로 인해 오늘날 전지구적 상호의존이 점차 심화되었다(Waters, 1995; 박길성, 1996)는 점에서는 일치된 견해를 보이고 있다. 오늘날 인류는 과거 역사상 전혀 경험해 보지 못했던 밀접한 상호의존의 관계에 처하게 되었고, 이로 인해 국내·외적으로 다양한 정치적, 사회적, 문화적, 인적 교류로 인해 발생하는 갈등의 문제를 포용하고 해결해야 하는 문제에 직면하게 되었다. 일례로 오늘날 핵무기나 환경 위기 등의 세계적인 문제가 우리의 삶을 심각하게 위협하고 있으며, 이러한 문제는 우리의 생존권과도 직결되

*Corresponding author: gogil75@snu.ac.kr
Tel: 82-2-880-9270
Fax: 82-2-874-3289

는 문제이므로 인류 모두가 적극적으로 대처하지 않으면 해결할 수 없다. 따라서 '지구의 가치(earth appreciation)'와 '지구적 책임감(stewardship for the earth)'을 가진 자로서 미래의 바람직한 시민을 육성한다는 글로벌 교육(global education)의 목표(Heater, 1996)는 특정 교과뿐 아니라 전교과에서 강조하여야 할 목표가 되었다.

최근 모든 과학 교육 개혁운동의 가장 중심 목표는 과학적 소양을 함양하는 것이며, 이를 위하여 학생들에게 과학의 본성에 대한 이해를 돕는 것을 가장 중요하게 여기고 있다(NRC, 1996). 과학의 본성은 과학이 지닌 본질적인 속성을 의미하며, 과학지식의 속성과 그 지식이 이루어지는 과정과 방법, 그리고 과학 지식의 개발에 영향을 미치는 가치나 신념 등을 말하는 것이다(Lederman, 1992). 비록 이러한 과학의 본성에 대한 이해는 하나의 일치된 개념으로 정리되지 못하고, 학자들마다 조금씩 다르지만(Lederman, 1992; Abd-El-Khalick and Lederman, 2000) 지난 수십 년 동안 많은 학자들(Ennis, 1979; Matthews, 1994)은 과학 수업에서 과학의 본성을 암묵적으로든 명시적으로든 포함시켜야 한다고 제안해왔다. 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 발달시켜야 하는 이유에 대해 Ryder and Leach(1999)는 다음과 같이 설명한다. 학생들의 과학적 개념의 발달은 과학 지식의 본성에 대한 학생들의 견해에 의존하며, 적절한 과학의 본성에 대한 이해는 학생들이 일상생활에서 과학과 관련된 이슈에서 더 현명한 의사결정을 하도록 도움을 준다.

미래의 과학자보다는 과학적 소양인 양성을 위한 과학교육의 목표는 모두를 위한 과학 패러다임과 구성주의적 관점에서 비롯된 것이다. 여기에 더불어 새롭게 부각된 환경의 중요성은 과학 교육에서 물상과학 방법이 아닌 시스템 과학 방법의 필요성을 제기하게 만들었다. 이에 Mayer(2003)는 시스템 과학 방법을 통해 우리가 처한 지구 환경 문제를 총체적으로 이해하며, 지구의 아름다움과 가치에 대한 인식을 바탕으로 지구 환경에 대한 책임의식을 함양하며, 다문화에 대한 이해와 개방성 등을 통해 학생들에게 과학적 지식을 통합적으로 이해 할 수 있도록 하는 글로벌한 관점 함양을 위한 지구계 교육을 강조한다. 따라서 사회과학을 포함한 다양한 분야의 과학자들은 지구의 하위계들이 어떻게 작동하며, 어떻게 상호 작용하고, 인간은 또 그러한 지구계에 어떤 영향을 주

는지에 대해 서로의 전문적인 지식과 기술, 방법 등을 활용하여 협력해야 한다는 것이다. 이에 따라 미국, 영국, 일본, 중국, 독일, 싱가포르, 대만 등에서는 최근 글로벌 교육의 목표를 통합한 지구계 교육과정 개발 연구(Mayer, 2003)가 이루어지고 있다. 그러나 국내에서는 주로 시스템적인 측면에 초점을 맞추었고(Lee, 2003; 문병찬 외, 2004; 정진우 외, 2007), 글로벌 과학적 소양 관점에서 접근한 연구는 Nam and Mayer(2002)를 제외하면 찾아보기 힘들다. 한편 지구계 교육을 통해 과학적 소양을 함양하기 위한 프로그램 개발(Lee and Fortner, 2006)에 관한 연구는 있었으나, 실제적으로 이러한 프로그램이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 어떠한 영향을 주는지에 대한 구체적인 연구 결과가 거의 없었던 것으로 사료된다. 뿐만 아니라, 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에서 전통적인 오류가 상당히 발견되며(Khishfe and Lederman, 2006), 과학의 본성을 가르치기 위한 방법으로 과학적 탐구를 학생들이 직접 수행하도록 하는 것만으로는 과학의 본성에 대한 관점이 쉽게 변화되지 않는다(Khishfe and Abd-Ei-Khalick, 2002)고 보고한다. 또한 과학교사의 과학의 본성에 대한 이해나 인식론적 관점이 실제 수업에 반영되지 못하고 있다(Lederman and Zeidler, 1987)는 연구 결과도 있다. 즉, 과학의 본성을 효과적으로 학습하기 위한 방법에 대한 다수의 연구들이 있어왔으나, 실제 과학의 본성을 이해하기 위한 효과적인 사례가 몇몇 연구(강석진 외, 2004; 김지영과 강순희, 2007; Adist, 1997)를 제외하면 많지 않음을 확인할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 향상시키기 위한 구체적인 수업 방법의 하나로 글로벌 과학적 소양 함양을 위한 수업의 가능성을 탐색할 것이다. 즉, 현대의 다양성 속에서 공존과 협력을 모색하여 미래의 바람직한 시민 교육을 목표로 하는 글로벌 과학적 소양 함양을 위한 수업을 통해 학생들의 과학의 본성을 이해시키는 것이 가능할 것이라는 관점에서 출발한 것이다. 이에 본 연구에서는 Mayer(1997)의 글로벌 과학적 소양에 대한 정의를 바탕으로 지구계 교육 목표를 기반으로 하여 과학에 대한 동양적 관점과 글로벌 교육 목표를 통합한 개념을 글로벌 과학적 소양(Global Science Literacy: 이하 GSL)이라 정의하고, 이러한 목표를 강조하는 지구계 교육수업을 GSL 수업이라 언급할 것이다.

이를 위하여 우선적으로 GSL 수업 모듈을 직접 개발하였으며, 본 연구를 위해 개발된 GSL 수업 모듈이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점 변화에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다. 이 연구는 단순히 GSL 수업으로 학생들의 과학의 본성에 대한 이해가 얼마나 향상되었는지를 살펴보는 것이 아니라, 보편적으로 잘못 오해되고 있는 과학의 본성이 어떠한 것이 있으며, GSL 수업 모듈이 그러한 오해를 해소하는데 어떠한 공헌을 할 수 있는지에 대해 논의해 보고자 하는 것이다. 따라서 이 연구는 학생들이 겪는 과학의 본성에 대한 어려움을 구체적으로 이해하고 해결하기 위한 GSL 수업 모듈을 개발하는데 기초적인 토대를 마련해 줄 것으로 기대된다.

이론적 배경

GSL은 오늘날 인류가 받는 도전과 현재의 과학 교육과정에서 반영에서 비롯된 것으로 그동안 과학 교육과정에서 소외되었던 지구과학의 중요성을 새롭게 부각시키며 지구계 이해와 글로벌한 견해의 발달을 강조한다. 1995년 12월, UN의 IPCC(International Panel on Climate Change) 보고서에 처음으로 “기후에 대한 인간의 영향을 식별할 수 있는 증거들”이 제안되기 시작한 이래로(Mayer, 1997) 오늘날 우리는 세계도처에서 기상이변과 환경적 참사, 경제적 위기, 국제적 분쟁 등 국가 단위를 초월한 전 지구적 차원에서 해결해야 할 상호 연관된 문제들에 둘러싸여 있다. 이렇게 세계는 점점 상호 의존도가 심화되는 방향으로 변하고 있고, 우리는 그러한 변화의 한 가운데 살고 있다. 이러한 변화를 슬기롭게 대처하기 위하여, 과거 물리, 화학 등 “hard science”를 강조하며 기술의 발달을 중요시하던 과학 교육과정으로부터 전환이 필요한 때이다. 즉, 새로운 교육과정 개발에 지구과학의 중요성이 점차 인식되기 시작하였고, 과학 교육과정은 세계의 정치 혹은 경영 리더에게만이 아니라 일반 시민에게도 우리의 생활터전인 행성 지구가 어떻게 작동하는지에 대해 알려 주어야 한다고 NRC(1996)의 국제과학교육표준(NSSES)에서 제안하기에 이르렀다. 이러한 새로운 과학 교육과정 개발의 필요성이 제기된 이래로, AAAS의 Project 2061이나, NSTA의 SS&C와 같이 과학 교육과정 개혁을 위한 노력의 하나로 전개된 지구계 교육(Lee et al., 2004)은 과학적 소양에 대한 전지구적인 정의와 대학

이전의 과학교육과정의 국제적인 원칙을 제공하기 위하여 지구계를 중심으로 주제를 통합할 것을 강조한다. 지구계 교육은 지구의 심미적 가치, 지구에 대한 책임 의식, 과학적 문제해결 방법과 기술에 대한 적절한 이해, 하위계 간의 상호작용, 지구의 장구한 시간, 광대한 태양계 속의 지구, 지구계 관련 직업 등 일곱 가지 지구계 이해를 그 중심 목표로 한다.

미국의 오하이오주립대학교의 Mayer 교수와 일본의 효고대학교의 교사 교육 연구 팀은 지구계 교육을 통해 학생들이 과학적 소양을 함양하도록 노력하던 중, 그들은 시스템 사고와 방법이 자연을 바라보는 동양적 관점과 유사하다는 사실을 깨닫게 되었다. 서양적인 개념(인간을 자연과 구별하여, 자연 세계로부터 보호받아야 하고, 인간의 필요에 의해 자원을 활용해야 하는 것으로서 여기며, 물상 과학을 중시)과 대조적으로 동양적 개념에서는 인간을 자연과 조화시켜 자연에 의존하는 생명계의 중요한 한 부분으로서 여기고 다른 지구계와 인간의 상호관계를 중시한다. 따라서 지구계 교육은 물상 과학 철학과는 달리 인간을 지구계에 조화시키려는 과학 교육과정으로 동양적 사고방식을 반영한다. 이러한 자연에 대한 동양적 관점은 기존의 환경에 대한 기술과 과학의 부정적 이미지를 극복하는데 큰 도움이 될 수 있다. 이에 지구계 교육에 글로벌한 이미지를 도모하려는 노력으로 글로벌 교육목표까지 통합 하게 되었고, 그 결과 탄생한 개념이 GSL이다(Mayer, 1997). 따라서 GSL은 지구계 교육을 통해 자연에 대한 동양적 관점에서 나아가 다문화 사이의 의사소통과 이해를 확산시키는 것에 초점을 둔 것이라 할 수 있다. 왜냐하면 전 세계의 모든 과학자는 하나의 공통 대상인 지구와 하나의 공통 연구 방법이자 의사소통 방법인 과학적 절차를 공유하므로 과학이야말로 다양한 문화적 경험과 정체성을 가진 과학자 집단이 과학의 언어와 과학의 방법을 사용하여 의사소통 하는 인간 노력의 결정체이기 때문이다. 미래의 리더와 유권자는 현재 우리의 학생들이다. 그들은 자신과 전 세계 인과의 상호 연관성을 이해해야 하고, 어떻게 자신의 일상적 활동이 우리의 행성 지구와 지구자원에 영향을 주는지 이해해야 한다(Mayer, 1997).

이러한 GSL의 핵심 철학과 중요한 특징은 다음과 같다(Mayer, 2003). 첫째, GSL은 과학 내용을 교과목 중심이 아닌, 개념 중심으로 조직한다. 우주 속의 지구계와 환경은 모든 과목의 학습 대상이 되므로,

학생들은 단순히 실험실 맥락이 아닌 학생들에게 친숙한 맥락에서 발생한 개념을 다루게 된다. 이것은 학생들에게 지적 관심을 불러일으킬 뿐만 아니라, 심미적인 관점에서 과학을 이해하게 할 수 있을 것이다. NRC에 의해 개발된 내용 기준에 근거하여 GSL의 과학 내용 개발의 본성을 일곱 가지 지구계 교육 이해(Earth Systems Understandings: ESU)로 통합하였다(Mayer and Tokuyama, 2002). 둘째, 과학자들은 지구계에서 미를 발견할 수 있기 때문에 과학을 추구하게 된다고 말한다. 자연은 지구계의 아름다운 미를 보여주기에도 충분하다. 이러한 미적인 견해가 과학자들이 자신의 일에 몰두하게 만드는 중요한 동력이 되고, 결국 이것은 지구의 가치와 심도 있는 이해를 이끌게 한다. 이러한 심미적인 가치가 과학자들에게 중요한 연구 동기를 부여하게 되므로, 과학 교육자들 역시 과학 교육과정의 한 부분에 과학의 심미적 가치를 반드시 언급해야 한다. 따라서 과학 교사는 지구계를 가르치기 위한 하나의 맥락으로 지구의 심미적 가치를 포함시켜야 하며, 이것은 더 많은 학생들이 과학에 흥미를 갖도록 하는데 도움을 줄 것이다. 셋째, 그동안 전 세계의 거의 모든 중등학교에서 물상 과학 방법과 내용을 강조했다. 이러한 물상 과학 방법은 통제된 실험을 수행하는 것으로, 교사와 학생들에게 과학의 “질”을 높이기 위한 유일한 방법으로 여기게 하였으며, 실험을 가장 좋은 과학적 방법으로 여기도록 하였다. 그러나 이것은 지질학자와 생태학자들에 의해 사용되는 전형적인 과학적 탐구 방법을 무시한 것이다. Mayer and Kumano(2002)는 지질학에서 사용하는 과학적 방법을 “시스템 과학 방법”이라 불렀다. 이것은 다윈이 진화론을 설명하기 위해 사용한 방법일 뿐만 아니라, 지구 온난화로 인한 사회적, 환경적 문제를 해결하기 위한 유용한 방법이다. GSL은 이러한 시스템 과학 방법을 현대 과학 교육 프로그램의 주축들로서 통합한다. 넷째, 과학 탐구의 본성은 상호 문화적 협력과 이해를 도모하는 것이다. 지구계의 대상은 전 세계의 모든 과학자들에게 친근한 연구 대상이 된다. 과학의 방법은 다른 언어와 문화를 가진 참여자들 사이에 커뮤니케이션을 촉진한다. GSL은 글로벌 교육 목표를 교육과정에 통합하여 서로 다른 문화를 가진 학생들 간에 글로벌한 견해(양심, 지구 상황 인식, 상호 문화 인식, 글로벌한 역동성 인식, 인간의 선택)의 요소들을 과학 교육과정안에 포함시킨다. 왜냐하면 이러한 견해는 과학

의 본성 측면에서 보았을 때, 그 방법과 내용이 모두 지지 될 수 있는 것이기 때문이다. 다섯째, 인간을 지구계 속에서 허부계의 하나로 간주하는 동양적 사고는 서양적 개념(자연 세계로부터 인간을 구별)과는 대조적인 것이다. 서양적 개념에서는 인간은 자연 세계로부터 보호받아야 하고, 인간의 필요에 의해 자원을 활용해야 하는 것으로서 여기는 물상 과학을 중시한다. 그러나 이와는 대조적으로 동양적 개념에서는 인간을 자연 과정과 조화시켜 자연에 의존하는 존재로서 보았다. 시스템 과학 방법은 이런 동양적 사고 방식을 반영한다. 즉, 인간을 생명계의 중요한 한 부분으로서 여기고 다른 지구계와 인간의 상호관계를 묘사한다. 그러므로 GSL은 시스템 과학 방법을 통하여 시스템으로서 지구를 바라보게 해 줄 것이다.

연구 방법

연구 참여자

본 연구는 지구계 교육을 기반으로 자연에 대한 동양적 사고와 글로벌 교육 목표를 통합한 GSL 수업 모듈을 개발하고, GSL 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다. 이를 위하여 2007년 5월~6월 총 13차시에 걸쳐 ‘지구와 별’ 단원에 대해 5주 동안 GSL 수업을 실시하였다. 연구에 참여한 학생들은 수도권 소재 남자 중학교 8학년 2학급(65명) 학생들이며, 수업을 진행한 교사는 대학원에서 지구계 교육 강의를 수강한 4년 경력의 교사로서 수업 모듈을 구성하는데 직접 참여하였다. 수업 모듈은 과학교육 전문가 1인과 현직 교사 5인의 피드백을 받아 개발되었다. 이들 교사들은 모두 지구계 교육을 대학원에서 수강하였으며, 2명은 북콜로라도 대학에서 GSL 교사 연수를 한 기간 받은 경험이 있다.

GSL 수업 모듈 개발

GSL 수업 모듈 개발에 앞서 세 가지 측면(우리나라 과학 교육과정, 국내의 지구계 수업 모듈, GSL 교육과정 프레임워크)에서 검토를 시작하였다. 첫째, 우리나라 과학 교육과정을 분석한 결과 7차 교육과정의 10학년 지구과학 I ‘하나뿐인 지구’ 단원과 차기 교육과정의 10학년 과학 ‘지구시스템’ 단원에서 지구계를 언급하고 있었다. 둘째, 이미 개발되어 있는 국내의 지구계 수업 모듈과 GSL 수업 모듈을 검토한

Table 1. GSL middle school (year 6 to 9) curriculum framework (Mayer and Tokuyama, 2002)

E. Structure of the Earth System ESU 4					
E. Earth in the Solar system ESU 6	B. Structure and function of living system ESU 4	P. Transfer of energy ESU 4.	P. Properties and changes of properties in matter ESU 4, 5		S. Natural Hazards ESU 4
	P. Motions and forces ESU 4, 6				
	B. Populations and ecosystems ESU 4	B. Populations, resources and environments ESU 2			
E. Earth's history ESU 5	B. Reproduction and heredity ESU 4	B. Diversity and adaptations of organisms ESU 4	B. Regulation and behavior ESU 4	S. Personal health ESU 1, 2, 4	S. Risks and benefits ESU 2
	H. History of science ESU 3				
	H. Nature of science ESU 3	S. science and technology in society ESU 2, 3, 7			
	G Humankind as an entity interconnected across space and time ESU 4, 5, 6	G Earth, humankind's ecological and cosmic home ESU 1, 4			

결과 지질, 해양, 지구물리, 대기 분야에 비해 천문 분야가 상대적으로 부족하게 개발되어 있었다. 따라서 천문단원의 수업 모듈 개발의 필요성이 제기 되었다. 마지막으로 Mayer and Tokuyama(2002)에 의해 개발된 GSL 교육과정 프레임워크를 살펴보았다. 중학교의 경우 태양계 속의 지구, 지구의 역사, 시공간을 가로질러 상호작용하는 실체로서 인류, 지구(인류의 생태학적 우주의 고향), 위험과 이점, 자연재해, 지구계의 구조 등에 관해 다룰 것을 제안하고 있었다. 한편 고등학교의 경우 역사적·문화적 관점, 과학 지식의 본성, 지역적·국가적·국제적 변화 속에 과학, 지구계 에너지, 지구계 진화와 기원, 우주의 진화와 기원, 자연 자원 등을 목표 개념으로 제시하고 있다. Table 1은 중학교 GSL 교육과정 프레임워크를 제시한 것으로, E는 지구와 우주 과학 표준, G는 글로벌 교육의 목표, S는 개인적 사회적 관점에서 과학, H는 과학사와 과학의 본성 표준, B는 생물학 표준, P는 물상과학 표준을 의미한다.

이상의 검토를 바탕으로 가장 공통된 우선순위 주제인 천문 단원을 처음 접하는 8학년 학생을 대상으로 태양계 속의 지구를 다루는 “지구와 별” 단원에 대한 GSL 수업 모듈을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 ‘지구와 별’ 단원에 대한 전체적인 GSL 수업 모듈의 개요를 Appendix 1에 제시하였다. 그 중 한 차시의 수업 모듈의 예를 들면 Fig. 1와 같다. 이 수업 모듈의 개발 의도는 UN이 정한 지구의 해(2007년-2009년)를 맞아 우리의 유일한 생활 터전이자 보

기 드문 아름다움과 위대한 가치를 지닌 소중한 지구에 대해 인식하는 기회를 제공하기 위한 것이다. 또한 본 교수 학습 자료의 구성은 생각해 보기, 활동하기, 정리하기의 세 단계로 구성되어 있다. 첫째, 생각해 보기에서는 고갱의 1897년 작품인 “우리는 어디서 왔는가?”를 보여주고 학생들에게 우주의 진화의 기원 속의 일부분으로서 우리는 어떻게 태어났는가라는 인류의 가장 원초적인 질문을 던진다. 이러한 생명의 기원과 우주의 실체에 대한 의문은 태양계 행성인 지구의 심미적인 가치를 인식시키고 지구에 대한 인간의 책임의식을 느끼게 하며, 나아가 지구계 속의 자연과 조화를 이루어 살아가는 인간의 존재를 인식하게 된다. 둘째, 활동하기에서는 우주 달력을 참고로 하여 나의 근원을 찾아 시간을 계속 거슬러 올라가는 활동을 한다. 학생들은 본 활동을 통해 피아노의 음계 88개가 조화를 이루어 아름다운 음악을 만들 듯 자연에 존재하는 원소 90여개가 조화를 이루어 물질(인간)을 만들어 냈을 깨닫게 된다. 마지막으로 정리하기에서는 학생들에게 본 수업을 바탕으로 자신의 느낀 점을 발표하게 하고, 우주의 진화과정 속에서 생성된 머나먼 우주의 후손인 나 자신을 돌아보는 과학적 글쓰기를 시도한다. 즉, 137억 년 전 빅뱅으로부터 시작된 우리 몸속의 수많은 수소 원자 중 하나가 되어 우주의 대 순환 역사의 소용돌이 속에서 태양계와 인류가 탄생된 과거의 시간 속으로 여행을 떠나도록 한다. 본 수업 자료는 지구계의 미(GSL #2)와 동양적 사고 도모(GSL #5)를 목표로 구

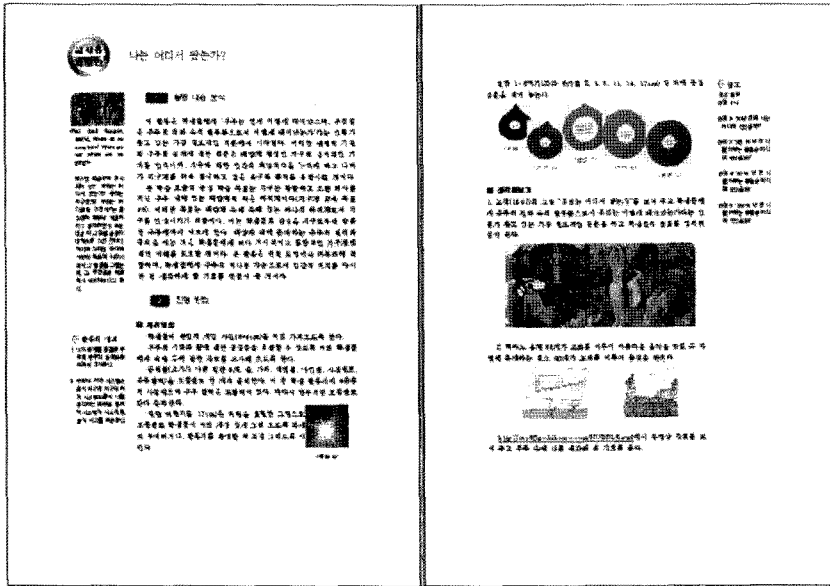


Fig. 1. An example of GSL instruction module.

성된 수업으로 우리의 자연계에 대한 이해를 위한 과학 목표를 실현하기 위한 모듈이라 할 수 있다.

자료수집 및 분석

완성된 GSL 수업 모듈이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 어떠한 영향을 주는지 살펴보기 위하여 McComas(1998)가 제시한 “Some of Myths about the Nature of Science”를 바탕으로 설문지를 작성하였다. 이것은 과학에 대한 왜곡된 이미지에 관한 것으로, 가장 보편적으로 널리 알려져 있으나 잘못된 과학의 본성에 관한 개념들을 15개 항목으로 정리한 것이다. 이 설문지는 GSL 수업을 진행하기 전과 후 약 두 달 간격으로 학생들에게 실시하였다. 각 문항마다 O 혹은 X로 응답하게 하였고, 그러한 응답을 한 이유를 직접 서술하도록 하여 학생들의 과학의 본성에 대한 오해를 구체적으로 이해하도록 하였다. 또한 본 설문지를 번역함에 있어 오역으로 인한 문제점을 최소화하기 위하여 과학교육 전문가 1인의 도움을 받아 번역 상에 오류가 없는지를 검토 받는 과정을 몇 차례 거쳤다.

본 연구에서 이러한 설문지를 사용하여 학생들의 과학의 본성을 살펴 본 이유는 다음과 같다. 앞서도 언급하였듯이 과학 교육과정에서 과학의 본성의 중요성에 대해서는 누구나 동의하지만 과학의 본성으로 무엇을 가르쳐야 할 것인가에 대해서는 의견차이가

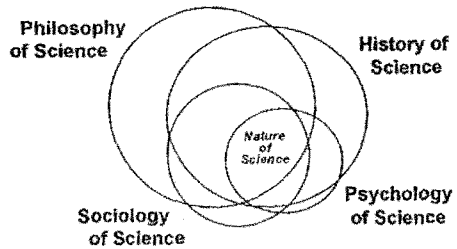


Fig. 2. A proposal for the disciplines that add to our understanding of the nature of science based on a content review of various science education standards documents (McComas and Olson, 1998).

존재한다. 따라서 본 연구에서는 McComas and Olson (1998)이 5개국(USA, Australia, England/Wales, New Zealand, Canada) 8개의 미국국가과학교육기준(NSES)에서 추천하고 있는 과학의 본성의 내용에서 공통적인 내용들을 추출한 것을 바탕으로 하였다. 이들은 Fig. 2과 같이 4개의 학문적(철학적, 사회학적, 심리학적, 역사적) 영역으로 범주화 하여 각각을 설명하고 있다. 즉, 과학의 철학적 관점은 과학의 목적, 과학지식의 형성과 특성에 대한 진술이며, 과학의 사회학적 관점은 과학자들이 어떻게 연구하는가에 관계되는 요소로 과학자들의 의사결정에 관계된 진술이다. 또한 과학의 심리학적 관점은 과학자의 품성에 관한 것으로 과학자가 과학지식을 형성하는 태도에 관한 진술이며, 과학의 역사적 관점은 현재의 과학

Table 2. Questionnaire item for four perspectives of NOS

NOS perspective	Questionnaire Items	Principal elements
Philosophy	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13	Theory, Law, Hypothesis, Scientific method, Evidence, Scientific knowledge, Model
History	12, 14	New scientific ideas, Technology
Sociology	11, 15	Peer review, Human endeavor
Psychology	7, 9	Creative, Theory-laden

지식이 사회적·역사적 맥락에서 어떻게 영향을 받아 왔는지에 관한 진술이다. 특히 과학 교육학자들이 과학의 교수학습에 영향을 미치는 과학의 본성을 위의 네 가지 측면으로 나누어 그 속성을 기술하고 있기 때문에 본 연구에서도 McComas(1998)가 제시한 “Some of Myths about the Nature of Science”를 위의 네 가지 관점에 의해 분류하였다(Table 2). 각 문항에 대한 학생들의 이해 정도는 Lederman et al. (2002)과 같이 초보적(naive), 세련된(informed)으로 분류하여 결과에 구체적으로 기술하였다.

연구 결과

약 2달 간격으로 과학의 본성에 대한 오류 설문은 65명의 학생들에게 GSL 수업 전과 후에 실시한 결과 사전·사후 모두 총 15문항 중 5-8개를 맞힌 학생들이 상대적으로 많은 정상분포 곡선을 보였다(Table 3, Fig. 3). 뿐만 아니라 사전 사후에 맞힌 문항수의 변동도 이들(5-8개)에게서 상대적으로 높게 나타났다.

Table 3. Number of correct answers on NOS quiz

Number of Correct Answer	Number of Student (%) (n=65)	
	Pre	Post
0	1 (1.5)	1 (1.5)
1	2 (3.1)	1 (1.5)
2	1 (1.5)	4 (6.2)
3	5 (7.7)	5 (7.7)
4	6 (9.2)	6 (9.2)
5	5 (7.7)	14 (21.5)
6	13 (20.0)	15 (23.1)
7	9 (13.8)	7 (10.8)
8	14 (21.5)	6 (9.2)
9	5 (7.7)	2 (3.1)
10	2 (3.1)	2 (3.1)
11	2 (3.1)	2 (3.1)
12	.	.
13	.	.
14	.	.
15	.	.

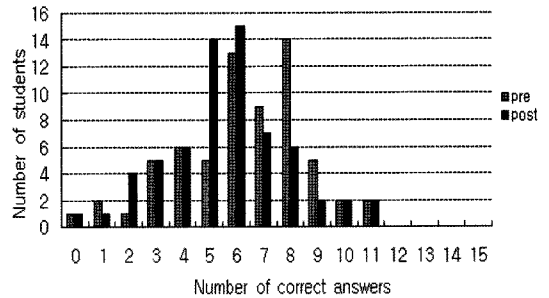


Fig. 3. Number of correct answers on NOS quiz.

따라서 연구에 참여한 학생들의 과학의 본성에 대한 오류 인식 정도는 전반적으로 중간 수준이었으며, GSL 수업 모듈의 영향 역시 이들에게서 상대적으로 높게 나타났다고 말할 수 있을 것이다.

또한 Table 4과 Fig. 4에서 보면 각 문항별로 학생들의 과학의 본성에 대한 이해가 상당히 다름을 확인할 수 있다. 이러한 양적인 결과를 기본으로 하여 학생들의 과학의 본성에 대한 이해 정도를 각 영역별로 세부적으로 살펴보고자 한다.

Table 4. Number of correct answers on NOS perspective

NOS perspective	Quiz #	Number of student (%) n=65	
		Pre	Post
Philosophy	1	32 (49.2)	24 (36.9)
	2	39 (60.0)	31 (47.7)
	3	22 (33.8)	12 (18.5)
	4	8 (12.3)	13 (20.0)
	5	19 (29.2)	15 (23.1)
	6	30 (46.2)	31 (47.7)
	8	51 (78.5)	49 (75.4)
	10	7 (10.8)	4 (6.2)
History	13	42 (64.6)	43 (66.2)
	12	6 (9.2)	8 (12.3)
Sociology	14	36 (55.4)	33 (50.8)
	11	22 (33.8)	28 (43.1)
Psychology	15	34 (52.3)	50 (76.9)
	7	33 (50.8)	36 (55.4)
	9	36 (55.4)	34 (52.3)

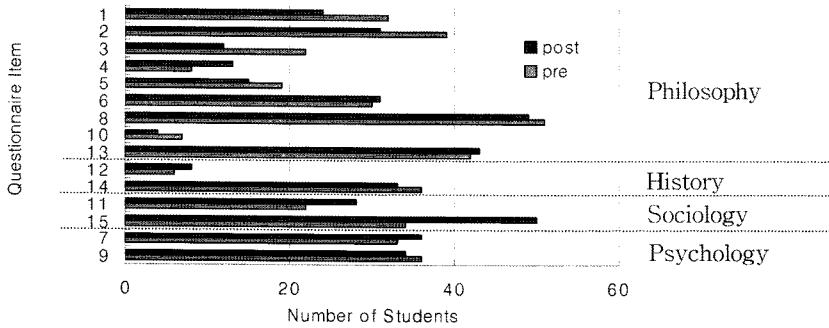


Fig. 4. Number of correct answers on NOS perspective.

철학적 관점

과학의 본성에 대한 철학적 관점은 과학의 목적, 과학지식의 형성과 특성에 대한 진술로, 학생들의 이해 정도가 문항마다 상당히 다양하였다. 학생들은 이 영역에서 가장 높은 정답률과 가장 낮은 정답률을 동시에 보여주었으며, 과학 지식에 대한 관점과 과학 지식 형성방법에 대한 관점에 있어 학생들의 견해가 대조적인 양상을 보였다. 대부분의 학생들은 과학과 과학적 방법이 모든 질문에 답할 수 없음을 인정하면서도, 법칙과 실험을 각각 절대적인 사실과 절대적 근거를 제공한다고 믿는 경향이 강했다. 또한 가설, 이론, 법칙을 위계적인 관계로 인식하고 있었으며, 실험을 과학지식을 형성하기 위한 유일한 방법이자 가장 중요한 수단이라 여겼다. 즉, 과학적 문제 해결 방법을 주로 환원적 과학방법인 몰상 과학방법에 한정하는 경향이 강했으며, 해석적인 내러티브를 중시하는 시스템 과학방법은 거의 고려하지 못하고 있었다. 특이한 점은 GSL 수업 이후에 오히려 정답률이 감소하는 문항들이 상당히 발견되었는데 이것은 대부분의 학생들이 이러한 철학적 오류와 관련된 문항 자체를 제대로 이해하지 못하는 경향이 강했기 때문인 것으로 해석된다. 또한 본 GSL 수업 모듈에서 학생들이 관찰 혹은 실험을 통해 과학 지식의 생성과정에 직접 참여할 기회가 거의 없었던 점도 가설, 이론, 법칙 등에 대한 이해를 어렵게 했던 점으로 보인다.

오류 1. 가설이 발전하면 이론이 되고, 결국에는 법칙이 된다.

1번의 경우 사전 정답률 49.2%에서 사후 정답률 36.9%로 학생들의 이해가 사후에 오히려 감소한 것으로 나타나지만(Table 4), 학생들의 응답을 살펴보면 정답자나 오답자 모두 사실과 관찰, 가설, 이론, 법칙

에 대해 상당히 초보적(naive)인 견해를 보이고 있음을 알 수 있다. “모든 사람이 그 가설을 지지하면 법칙이 된다”, “가설과 이론을 뒷받침하는 증거가 있으면 법칙이 된다” 등의 대답을 통해 이론과 법칙이 과학에서 서로 다른 역할을 함을 인지하지 못하고 있었다. 이들은 대부분 이론이 부가적인 증거에 의해 법칙이 되는 것으로 인식하고 있었다. 즉, 이론과 법칙을 서로 상하위의 위계적인 관계로 이해하는 경향이 강했다. 한편 정답자도 “가설은 가설일 뿐이다”, “가설은 발전 할 수 없다” 등의 이유를 들며, 가설이 과학 사회에서 근본적으로 인정되는 유력한 증거나 사실에 의해 이론이나 법칙으로 변하게 됨을 전혀 인식하지 못하고 있었다. 따라서 오류 1번에 대해서는 세련된(informed) 인식을 하고 있는 학생은 수업 전 후 모두 찾아보기 힘들었다.

오류 2. 과학적 법칙은 절대적인 사실이다.

2번의 경우 사전 정답률 60.0%에서 사후 정답률 47.7%로 감소하는 경향을 보였으나(Table 4), 학생들 대다수가 특별한 이유 없이 사전에 정답을 맞힌 것에 반해, 사후에는 “과학적 법칙 중 주관적인 것도 있다”, “과학이라고 무조건 사실은 아니다”, “과학도 오차가 있을 수 있다” 등의 근거를 들며 과학적 지식은 견고하나 잠정적인 특징이 있음을 인식(informed) 하고 있었다. 그러나 여전히 오답을 한 학생들은 사후에도 “법칙이므로”, “많은 사람들이 인정했기 때문”, “과학적 법칙은 증명된 사실이니까” 등의 이유를 들며 법칙에 대한 절대적인 믿음을 강하게 내포하고 있었다(naive). 이것은 위의 오류 1번과도 연관된 것으로 법칙을 가장 상위의 과학 지식으로 이해하는 경향을 보여주는 증거라 할 수 있다.

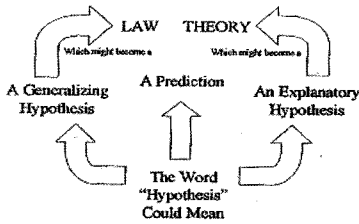


Fig. 5. Multiple definitions of hypotheses (McComas, 1998).

오류 3. 가설은 경험에 근거한 추측이다.

3번의 경우 사전 정답률 33.8%에서 사후 정답률 18.5%로 감소한 것으로 보이지만(Table 4), 사전에 정답을 맞힌 학생들 대부분이 “가설은 실험에 근거한 추측이므로”와 같이 경험과 실험을 다른 맥락으로 이해하고 있어 기인된 결과였다(naive). 따라서 실질적으로는 사후에 정답률이 감소한 것이라기보다는 사후에 경험과 실험을 같은 맥락으로 해석할 수 있게 된 것으로 보인다. 오답을 한 학생들의 경우 “가설은 경험이 아니라 단지 생각해서 쓴 글이므로” 등과 같이 실험실에서 학생들이 가설을 제안할 때 단순히 추측하는 경우만을 가설로 생각하는 제한적인 이해를 보여주었다(naive). 결과적으로 정답자와 오답자 대부분이 가설이 Fig. 5와 같이 다양한 정의(1.가설의 일반화로 잠정적 법칙이 된다. 2.설명적 가설은 임시적인 이론이 된다. 3. 가설은 단순한 추측 또는 예상이다.)로 표현된다는 사실을 이해하지 못하고 있음을 나타낸다. 그러나 사후 정답자 가운데 “공룡 멸종 가설은 어떻게 설명할 것인가”라며 가설의 정의를 다양한 각도로 고려하는 학생을 발견 할 수 있었다(informed). 이것은 과학적 문제 해결 방법이 항상 환원적 과학 방법만 있는 것이 아니라 해석적인 내러티브를 중시하는 시스템 과학방법도 있음을 이해하고 있는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

오류 4. 일반적이고 보편적인 과학적 방법은 존재한다.

4번의 경우 사전 12.3%에서 사후 18.5%로 정답률이 약간 증가하는 경향을 보였으나(Table 4), 사후 정답자 가운데 “아무리 일반적이라도 그것을 알려면 엄청난 이해가 필요하므로 보편적인 방법이라 할 수 없다”, “일반적이고 보편적인 방법은 과학적 방법이 될 수 없다” 등의 응답을 통해 보편적, 일반적이란 의미를 쉽고, 간단한 것으로 잘못 해석한 데 기인한

것임을 알 수 있다(naive). 따라서 사후 정답률이 상승했다고 판단하기 어렵다. 또한 오답자의 경우도 “과학은 누구나 다 인정해야만 과학이므로 보편적인 방법이 있다”와 같이 상당히 과학적 방법에 대한 정형화된 이미지를 가지고 있음을 드러냈다(naive). 이것은 소위 학교 실험실에서 과학적 방법이라 불리는 문제정의, 정보수집, 가설설정, 관찰, 가설검증, 결론도출, 결과 보고 등의 전형적인 단계를 유일한 과학적 단계로 잘못 인식한 데서 비롯된 오류인 것으로 보인다.

오류 5. 축적된 증거들은 확실한 지식이 된다.

5번의 경우 사전 정답률 29.2%, 사후 정답률 23.1%를 보였다(Table 4). 정답자의 경우 “확실하지 않은 증거들도 있을 수 있다” 등의 응답으로 보아 과학적 지식이 주로 관찰과 실험적 증거에 바탕을 두고 있으나 한편으로는 과학적 지식이 회의에 의존함을 대체로 이해하고 있음을 알 수 있다(informed). 그러나 오답자의 경우 “축적된 것이 쌓이면 지식이 점점 커지므로”, “증거가 있으니 확실한 지식이 될 수 있다”, “실험으로 증거물이 있기 때문”과 같이 전형적인 베이컨의 지식 생성 방법인 귀납법에 국한된 초보적(naive)인 견해를 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

오류 6. 과학과 과학적 방법은 절대적인 증거를 제공한다.

6번의 경우 사전(46.2%)과 사후(47.7%) 정답률이 거의 변동이 없었다(Table 4). 이것은 앞의 2, 5번과 연관된 문항으로 정답을 맞힌 학생들의 경우 “때로는 오차가 있기 때문”, “알 수 없는 사건은 과학으로도 할 수 없다”와 같이 과학은 자연현상을 설명하려는 시도로 과학의 잠정성을 인식하고 있음을 보여준다(informed). 반면 오답자의 경우 “과학적이면 증거를 제시할 수 있을 것 같다”, “절대적 증거를 제공해야 과학적 방법이 되기 때문”, “많은 사람이 지지했기 때문”과 같이 과학적 지식이 실험적 증거와 관찰을 토대로 한다면 절대적인 증거가 될 수 있다고 믿는 경향을 보였다(naive).

오류 8. 과학과 과학적 방법은 모든 질문에 답할 수 있다.

8번은 사전(78.5%), 사후(75.4%) 모두 대다수의 학

생들이 정답을 맞힌 문항으로 전체 과학의 본성 오류 문항 중 가장 높은 정답률을 보였다(Table 4). 소수의 학생들만이 “과학은 모든 질문에 답할 수 있으므로”와 같이 과학을 맹신하는 태도를 보였다(naive). 그러나 대다수의 학생들은 “과학적 방법으로 해결 할 수 없는 것도 있다”, “밝혀진 것이 많지 않아서”, “때론 과학으로 못 푸는 것이 있다”, “사회적인 문제를 과학적으로만 해결할 수 없기 때문” 등과 같이 과학은 자연현상을 설명하려는 인간의 시도로, 비록 어떤 전망을 줄 수는 있지만 윤리적, 종교적, 미학적, 사회적 문제 등에 대해서는 답할 수 없음을 잘 인식하고 있었다(informed).

오류 10. 실험은 과학적 지식을 형성하는데 가장 중요한 수단이다.

10번은 사전 10.8% 사후 6.2%로 과학의 본성 오류 문항 15개 가운데 가장 정답률이 낮은 문항이었다(Table 4). 대부분의 학생들이 “생각만으로는 알 수 없으므로 실험이 가장 중요한 수단이다”, “실험을 통해 진실을 말하기 때문”, “실험을 통해 눈으로 봐야 한다. 백문이不如一見. 백번 봐도 한 번 실험하는 것만 못하다”, “실험을 통해 그게 지식이 되고 법칙이 된다”, “실험이 없으면 100% 장담 못한다”, “실험을 해야 과학이 증명되기 때문” 등과 같이 실험을 과학적 지식을 형성하기 위한 가장 질 높은 방법으로 인식하는 경향이 상당히 강했다(naive). 정답을 맞힌 소수의 학생들만이 “중요하긴 하지만 실험으로 할 수 없는 경우도 있다”고 대답하였다(informed). 따라서 앞의 6번과 연관 지어 설명하면 대다수의 학생들은 과학적 지식이 실험적 근거를 토대로 하며, 실험은 유일한 과학적 방법이라 믿고 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

오류 13. 과학 모델은 실체를 표현한 것이다.

13번은 사전, 사후 정답률이 각각 64.6%와 66.2%였다(Table 4). 많은 학생들이 “실제로 있는 것이 아닐 수도 있기 때문”, “어디까지나 모델이기 때문에”, “외계인도 실체를 표현한 것은 아니므로” 등과 같이 모델은 자연현상이나 이론에 대한 지적 영상이나 표상이므로, 자연 현상을 이해하는데 도움을 주기 위한 것임을 대체로 잘 인식하고 있었다(informed). 그에 반해 오답자의 경우 “과학 모델은 과학을 토대로 만든 것이므로”, “실체를 표현하려고 만든 것이 아니라

면 왜 만들었나”, “실제로 눈으로 볼 수 없는 것을 모델을 통해 알 수 있게 하므로” 등과 같이 과학모델이 곧 실체를 그대로 재현한 것이라고 믿는 초보적(naive)인 견해를 보였다.

역사적 관점

과학의 본성에 대한 역사적 관점은 과학적 개념이 역사적, 사회적 맥락에서 어떠한 영향을 받는가에 관한 진술로, 과학과 기술의 상호 보완적인 관계를 인식하고 있는 학생들과 과학과 기술을 전혀 별개로 생각하는 학생들로 상반된 양상을 보였다. 또한 과학적 지식이 사회에 해를 주는 경우가 아니면 거절당함 없이 즉각적으로 받아 들여 진다고 믿는 경향이 대체로 강했다. 즉, 대부분의 학생들이 새로운 과학적 지식이 거절되는 경우를 고려하지 못하였으며, 과학은 격변적인 성격과 점진적인 성격을 모두 갖고 있다는 사실을 인식하지 못하는 경향을 보였다. GSL 수업 모듈에서 태양계 행성 중 명왕성의 퇴출과 관련된 기사를 소개한 후 학생들이 토론 할 기회를 주었던 점이 학생들에게 과학 지식의 잠정성과 주관성, 과학자들의 사회적 역사적 환경 등에 관해 다시 고려해 볼 수 있는 기회를 제공해 주었던 것으로 보인다. 그러나 GSL 수업 모듈에서 과학사를 도입하여 과거에서 현재까지의 우주관을 소개하는 것만으로 과학의 본성의 역사적인 측면을 향상시킬 수 없음을 확인 할 수 있었다. 또한 GSL 수업 모듈에서 기술은 지구계에 대해 인류가 더 많은 것을 발견할 수 있도록 유용한 도구를 제공해 주었음을 강조하였으나, 많은 학생들이 여전히 과학은 기술발달을 위한 기초이며, 기술은 응용과학이라고 생각하는 경향을 보여주고도 하였다.

오류 12. 새로운 과학적 지식은 즉각적으로 받아들여진다.

12번은 사전(9.2%) 사후(12.3%) 모두 정답률이 10% 내외로 정답률이 낮은 문항 중 하나이다(Table 4). 오답을 한 학생들은 “과학적 지식이 늘수록 수명이 늘고, 생활이 편리해 지는 것이 증명되었기 때문에”, “과학지식을 받아들이면 점점 앞으로 나갈 수 있으므로”, “여러 과학지식이 모여 다른 이론이 생기기 때문에” 등과 같이 새로운 과학적 지식은 거절되는 경우 없이, 즉각적으로 받아들여진다고 생각하는 경향이 강했다(naive). 일부 정답자 가운데 “새로운

과학지식이 오히려 하락하게 만들 수도 있으므로”, “그것이 잘못된 지식이라면 망할 수도 있으므로” 등과 같이 새로운 과학적 지식이 거절되는 경우를 오직 잘못된 지식이거나 해가 되는 지식으로만 한정하고 있는 경향을 보였다(naive). 따라서 과학에 있어서 변화는 대체로 천천히 일어나며, 격변적으로 일어나는 경우는 그 당시 유행하는 효과적인 패러다임에 의한 것임을 대다수의 학생들이 이해하지 못한 것으로 해석된다. 이런 점을 고려하면 실제 정답률은 더 낮았을 것임을 추측할 수 있다.

오류 14. 과학과 기술은 동일한 것이다.

14번의 경우 사전(55.4%) 사후(50.8%) 모두 약 50%의 정답률을 보였다(Table 4). 대부분의 정답자는 “과학은 없는 것을 증명하는 것이고 기술은 만드는 것이다”, “과학은 생각이고 기술은 인력 인 것 같다”, “비슷하긴 하지만 과학은 보이지 않는 것을 연구 하고 기술은 보이는 것을 연구하는 것이다”, “과학을 이용한 기술이 많고 기술은 과학이 뒷받침 돼서 이루어지니까”와 같이 과학과 기술은 서로 영향을 주고 있으며, 과학은 반드시 실용적일 필요가 없는 순수과학을 포함한 포괄적인 제언임을 대체로 잘 이해하고 있었다(informed). 그러나 일부 정답자 가운데 “과학 수업과 기술 수업이 너무 다르므로”, “과학과 기술은 딴 판인 것 같다” 등 과학과 기술을 전혀 별개의 것이라고 인식하거나(naive), “과학은 실험하는 것이고 기술은 만드는 것이다”처럼 과학을 단순히 실험으로 정의하는 초보적(naive)인 견해를 보였다. 따라서 실제 정답률은 이보다 낮았을 것임을 예상 할 수 있다. 한편 오답자의 경우 “여러 과학이 모인 것이 기술이다”, “과학이 있으니까 전자제품 등이 존재한다”, “과학을 하려면 기술이 필요하다”와 같이 과학이 기술에 주는 영향만을 고려하거나 기술이 과학에 주는 영향만을 고려하는 등 과학과 기술의 관계를 일방적인 관계로 인식하는 경향도 볼 수 있었다(naive).

사회학적 관점

과학의 본성에 대한 사회학적 관점은 과학자들이 어떻게 연구하는가와 관련된 것으로 의사결정에 관한 진술이다. 사회학적 관점에 해당하는 문항이 모두 사후에 정답률이 상승하는 경향을 보여 주었으며, 가장 높은 정답률 상승을 보여 준 문항 역시 이 관점에 속하는 문항이었다. GSL 수업 모드를 진행하던 5주

의 기간 내내 학생들은 모둠 활동을 통해 계속적으로 의사결정 과정에 직접 참여하였다. 이러한 모둠 활동을 통해 학생들은 상호 의견을 교환하며, 때로는 모둠원과 의견이 엇갈리는 경험을 하였고, 그러한 과정에서 효과적인 의사전달 방법에 대해 고민했을 것이다. 이러한 과정이 과학의 본성의 사회적 측면을 이해하는데 상당히 도움을 주었던 것으로 보인다. 그러나 과학의 본성의 모든 특징이 과학적 지식이 변할 수 있다는 근본적 원리를 제공하고 있음에도 불구하고, 많은 학생들이 과학적 결론은 정확히 검토된 것으로 인식하는 경향을 보이기도 하였다. 따라서 과학자들은 동료 과학자의 검토와 반복을 위하여 정확히 기록하고 보관해야 하며, 윤리적인 의사결정을 해야 한다는 사실을 인식시켜야 할 것이다. 한편 일부 학생들은 과학에 기여하는 서로 다른 문화 배경을 가진 사람들을 고려하지 못하고 오히려 독단적으로 연구하는 과학자의 이미지를 가지고 있었다.

오류 11. 과학적 결론은 정확히 검토된 것이다.

11번은 사전 33.8%에서 사후 43.1%로 정답률이 증가하는 경향을 보였다(Table 4). 정답자의 경우 “과학 이론이 틀린 것일 수도 있다”, “과학적인 것 중에 불확실 한 것도 있다”, “검토를 해도 틀린 것이 나올 수 있다”와 같이 과학은 인간의 노력이므로, 과학적 결론은 계속해서 비판에 개방적으로 보고되어야 함을 인식하고 있었다(informed). 그러나 오답자의 경우 “실험 과정을 통해 정확히 증명된 것이기 때문에”, “과학은 정확하기 때문에” 등과 같이 동료과학자의 반복적인 검토가 필요함을 고려하지 못할 뿐만 아니라, 과학적 지식이 새로운 관찰과 기존의 관찰을 재해석함에 따라 변할 수 있음을 고려하지 못하는 경향을 보였다(naive). 앞서의 철학적 관점에서도 과학적 방법으로 실험을 가장 중요한 수단으로 인식하였던 것과 마찬가지로, 많은 수의 학생들이 실험을 통해 검토 하였으므로 그 결론은 정확히 검토된 것이라고 믿는 경향이 강했다(naive).

오류 15. 과학은 서로간의 협조보다는 주로 혼자서 하는 작업이다.

15번은 사전 52.3%에서 사후 76.9%로 정답률이 가장 높게 증가한 문항이다(Table 4). 정답자의 경우 “혼자서 살아갈 수 있는 사람도 없듯이 과학도 혼자서 못 한다”, “처음에는 자신의 생각이지만 나중에는

협조 한다”, “서로간의 협조가 있어야 자신감이 생기고 더 많은 것을 얻을 수 있다”, “실험도 여러 명이 하는 것처럼 과학도 동일하다” 와 같이 문화배경이 다른 모든 과학자들이 협동적으로 일하며 과학에 기여함을 인식하고 있었다(informed). 그러나 여전히 오답자의 경우 “유명한 과학자들은 꼭 혼자 이름밖에 알려 지지 않았다”, “서로간의 협조는 의견이 엇갈릴 것 같다”, “서로의 의견이 안 맞을 수도 있으니까”, “과학은 협조를 하기는 하지만 혼자서 하는 것이 더 조용히 생각하고 좋다고 생각 한다”와 같이 과학자들이 혼자 독단적으로 연구하고 발표한다고 오해하는 경향을 보였다(naive).

심리학적 관점

과학의 본성에 대한 심리학적 관점은 과학자가 과학지식을 형성할 때 가져야할 품성에 관한 진술로, 과학을 창의적이라고 생각하는 입장과 객관적이라고 생각하는 입장으로 극명히 나뉘어져 있었다. 즉, 과학 지식의 일반화 과정에서 창의적 도약인 귀추를 고려하는 학생과 전형적인 베이컨의 지식 형성 방법인 귀납만을 고려하는 학생이 비슷한 비율로 나타났으며, 관찰이 이론 의존적임을 인식하지 못하는 경향을 보였다. GSL 수업 모듈을 통해 학생들에게 심미적인 지구계의 가치를 강조하는 등 과학에 대한 동기와 흥미를 갖도록 하는데 상당한 도움을 준 것으로 보이며, 이러한 심미적 이해가 과학자를 새로운 눈으로 바라볼 기회를 제공하였을 것이다. 그럼에도 불구하고 과학을 절차적이고 매우 객관적인 학문으로 바라보는 학생들이 여전히 과반수를 차지한 것으로 보아 학생들은 과학이라고 하면 시스템 과학 보다는 물상 과학을 떠올리는 경향이 강함을 보여주었다.

오류 7. 과학은 창의적이기 보다는 절차적인 것이다.

7번의 경우 사전, 사후 정답률이 각각 50.8%와 55.4% 였다(Table 4). 정답을 맞힌 학생들은 “창의적으로 생각하기 때문에 과학이 발전할 수 있다”, “과학은 창의적인 생각에서 탄생 한다”, “창의적인 과학도 있고 절차적인 과학도 있다”와 같이 과학자들에게 창의적인 특징이 반드시 필요한 요소임을 잘 인식하고 있었다(informed). 그러나 오답자의 경우 “절차적으로 지식을 쌓아 과학이 발전하는 것이다”, “과학은 창의적이지 않을 것 같다 왜냐하면 법칙이니까”, “창의적이기 보다는 절차적이어야 사람들이 믿을 것이다

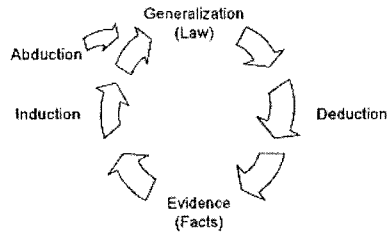


Fig. 6. Knowledge generation process with creative leap (McComas, 1998).

”라고 응답하였다. 이것은 Fig. 6과 같이 과학 지식의 일반화 과정에서 창의적인 도약(귀추)이 아주 중요한 요소임을 인식하지 못하는 경향(naive)을 보여 준다. 이런 점에서 절반정도의 학생들이 생물학이나 지질학은 귀납으로 지식을 생성할 수 없는 경우가 많음을 인식하지 못하였고, 과학적 지식이 전적으로 관찰과 실험적 증거에 바탕을 두고 있다고 믿는 경향을 보여 주었다(naive).

오류 9. 과학자는 특히 객관적이다.

9번 문항도 앞서의 문항과 같이 사전, 사후 각각 55.4%, 52.3%의 정답률을 보였다(Table 4). 정답자의 경우 “주관적일 수도 있다”, “객관적이지 않은 사람도 있다”등과 같이 비교적 간단히 응답하였다. 이것은 앞서의 7번 응답 결과와 같은 맥락에서 해석해 본다면, 과학자들이 새로운 아이디어에 개방적이며 창의적인 특징이 있음을 고려하고 있다고 볼 수 있다(informed). 그러나 오답자의 경우 “실험으로 과학적 지식을 습득했기 때문에 객관적일 수 있다”와 같이 여전히 실험을 과학적 방법의 가장 객관적이고 절대적인 잣대로 생각하는 모습을 재차 확인할 수 있었다(naive). 즉, 많은 학생들이 관찰이 이론 의존적임을 인식하지 못하고 있는 경향을 보였다(naive).

결론 및 제언

본 연구에서는 지구계 교육에서 자연에 대한 동양적 관점과 글로벌 교육 목표를 통합한 GSL 수업 모듈을 개발·적용하여 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 어떠한 의의가 있는지 살펴보았다. 결론적으로 과학의 본성은 과학이 지닌 본질적 속성에 대한 가치와 신념이므로 단기간의 GSL 수업 모듈로 변화시키기 어려운 과제임을 확인할 수 있었다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서 개발된 GSL 수업은 상대적으로

로 과학의 본성의 이해 수준이 중간 수준에 해당하는 학생들에게 있어 변화의 여지를 준 것으로 해석되며, 특히 과학의 본성의 사회학적 측면에 있어서 상대적으로 긍정적인 변화를 발견할 수 있었다. 그러나 GSL 수업 모듈이 시스템 과학 방법을 강조함에도 불구하고 학생들은 여전히 실험이 유일한 과학적 방법이라고 굳게 믿고 있었다. 이것은 시스템 과학 탐구의 본성이 그동안 거의 주목을 받아오지 못했다는 Mayer(2003)의 언급과도 일치된 결과다. 따라서 Millar and Osborne(1998)의 주장처럼 과학적 방법으로서 내러티브의 사용을 더욱 확대할 필요가 있을 것이다. 더구나 지구과학의 탐구 대상은 시간적, 공간적 규모와 시스템적인 특성으로 인해 조작 및 접근이 어렵고 고려할 사항들이 상당히 복잡한 경우가 많다. 따라서 지구과학의 “시스템적인 과학방법”의 본성이 반드시 과학 교육에서 고려되어야 할 것이다.

본 연구 결과는 특정 지역 남학생을 대상으로 5주라는 짧은 기간 동안 GSL 수업 모듈을 적용한 사례 연구이므로 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 GSL 수업 모듈이 어떠한 영향을 미치는지를 알아보는 데 한계점을 갖는다. 또한 이러한 변화가 일시적인 것인지 지속적인 것인지를 판단하기에 어려움이 있다. 따라서 좀 더 포괄적이며 종합적인 이해를 위해 보다 다양한 방법과 대상, 기간, 단원에 대한 후속 연구가 필요할 것이다. 또한 GSL을 이용한 수업 모듈의 과학의 본성이란 측면 이외에 다른 장점들에 대해서도 그 효과를 검증해 볼 필요가 있을 것이다. 무엇보다도 GSL 수업을 통해 미래의 바람직한 시민 양성이라는 과학 교육의 중심 목표를 실현하기 위해 전 지구적 규모의 인류 공통의 직면 과제에 대한 과학의 역할과 본성을 인식할 뿐만 아니라 실천으로 연결될 수 있도록 하는 구체적인 방안을 강구해야 할 것이다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 과학의 본성을 향상시키기 위한 수업 방법으로서 GSL 수업 모듈을 개발함에 있어 고려할 사항을 논의하면 다음과 같다. 첫째, GSL 수업 모듈을 통해 학생들의 과학 철학적 측면에 대한 오해를 해소할 수 있도록 분석적, 실험적 방법 이외에 기술적, 해석적 내러티브, 역사적인 방법들을 다양하게 경험해 볼 수 있도록 해야 할 것이다. 왜냐하면 이러한 시스템 과학 방법은 GSL의 가장 핵심적인 특징이며, 연구 결과에서 드러났듯이 학생들이 가장 오해하고 있는 과학의 본성 중 하나

이며 쉽게 바뀌지 않는 특성을 가지고 있기 때문이다. 둘째, 많은 학생들이 과학자의 윤리와 양심 또는 잘못된 과학 개념으로 인해 인류에게 끼칠 부작용 등을 고려하는 등 상호 문화적 협력과 이해를 중요하게 여기고 있음을 확인할 수 있었다. 특히 GSL 수업 이후 과학은 서로간의 협조가 필요한 학문이라는 인식의 변화가 두드러졌던 점은 GSL 수업의 중요한 의의라 할 수 있을 것이다. 즉, GSL 수업 모듈을 개발함에 있어 학생들이 과학의 본성의 과학 사회학적인 측면에 대한 이해를 확대하기 위하여 모둠원 사이의 의사소통 기회를 활발히 제공해 주어 공통의 과제를 해결 하는 과정에서 서로를 배려하고 공동체 의식을 가지고 전 인류의 삶을 생각하고 책임의식을 배양 할 수 있도록 해야 할 것이다. 셋째, GSL 수업 방법으로 과학사 소재를 도입하는 것만으로는 학생들의 과학의 본성에 대한 역사적 관점이 향상되지 않는다는 점을 주목할 필요가 있을 것이다. 학생들은 과학사를 접할 때 그 시대적 관점이나 당시의 상황을 고려하기 보다는 현재 자신의 관점에서 이해하고 해석하려는 경향이 있다(Abd-El-khalick and Lederman, 2000). 따라서 학생들이 직접 그 시대적 인물이 되어 보는 간접경험을 통해 과학적 지식이 점진적 때로는 격변적으로 발달되어 나가는 상황을 몸소 체험해 보도록 하는 것도 좋은 방법이 될 수 있을 것이다. 또한, GSL의 기본 요소 중 하나인 과학에 대한 동양적 관점을 강조하여 과학과 기술에 대한 부정적인 시각을 해소시키고, 과학과 기술의 상호 의존적인 관계를 학생들이 파악할 수 있도록 하는 것도 과학의 본성의 과학사적인 부분에 대한 오류를 줄이는데 도움이 될 것으로 사료된다. 마지막으로, GSL 수업 모듈을 통해 과학의 본성의 심미적인 측면을 이해시키기 위하여 지구계의 심미적인 측면을 부각하고, 통합적인 지구계 교육의 주제를 다양한 영역에서 도입해 보는 것도 바람직한 것이다. 이러한 시도는 학생들에게 과학에 대한 흥미와 동기를 부여 할 것이며, 좀 더 과학에 친숙하게 접근함으로써 과학자들의 창의적이고 개방적인 태도를 이해하게 하고 나아가 과학 관련 직업에 대해서도 고려해 보는 계기를 마련해 줄 수 있을 것이기 때문이다.

참고문헌

강석진, 김영희, 노태희, 2004, 과학사를 이용한 집단 토론

- 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 이해에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 24, 996-1007.
- 김지영, 강순희, 2007, 가설 연역적 탐구 실험 수업이 학생들의 과학의 본성에 대한 관점에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 27, 169-179.
- 문병찬, 정진우, 경제복, 고영구, 윤석태, 김해경, 오강호, 2004, 예비교사들의 탄소 순환에 대한 지구시스템의 관련개념과 시스템 사고의 적용. 한국지구과학회지, 25, 684-696.
- 박길성, 1996, 세계화: 자본과 문화의 구조변동. 사회 비평사, 서울, 366 p.
- 이수경, 1999, 고등학교 학생들과 예비교사 현직교사의 과학적 소양 평가. 서울대학교 석사학위 논문, 91 p.
- 정수복, 2002, 시민의식과 시민 참여: 문명전환을 꿈꾸는 새로운 시민운동. 아르케, 서울, 438 p.
- 정진우, 김윤지, 정구송, 2007, 물의 순환에 대한 예비 지구과학 교사들의 인식. 한국지구과학회지, 28, 697-704.
- Abd-El-Khalick, F. and Lederman, N.G., 2000, Improving Science Teachers' Conceptions of The Nature of Science: A Critical Review of the Literature. *International Journal of Science Education*, 22, 665-701.
- Adist. D.J., 1997, Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule-discovery tasks. *The Journal of General Psychology*, 124, 19-34.
- Ennis, R.H., 1979, Research in Philosophy of Science Bearing on Science Education. In Asquith, P.D. and Kyburg, H.E. (eds.), *Current Research in Philosophy of Science*. Philosophy of Science Association, 138-170.
- Heater, D., 1996, *World Citizenship and Government: Cosmopolitan Ideas In the History of Western Political Thought*. St. Martin's Press. NY, USA, 192 p.
- Khishfe, R. and Lederman, N., 2006, Teaching nature of Science within a Controversial Topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 395-418.
- Khishfe. R. and Abd-Ei-Khalick. F., 2002, Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of research in Science Teaching*, 39, 551-578.
- Lederman, N.G. and Zeidler, D.L., 1987, Science Teacher's Conceptions Of The Nature Of Science: Do They Really Influence Teaching Behavior? *Science Education*, 71, 721-734.
- 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, 331-359.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.I., and 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, 497-521.
- Lee, E.A. and Fortner, R.W., 2006, Development of the K-12 science Literacy Education Program focused on the Earth System and Environment. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27, 723-729.
- Lee, H., 2003, A Comparison of Korean and American Secondary School Students' Understanding about Earth Systems Concepts and Environmental Topics. In Mayer, V.J. (ed.), *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 81-91.
- Lee, H., Fortner, R.W., and Mayer, V.J., 2004, Earth systems Education: An Integrated Science Curriculum Construct for Korea. *Secondary Education Research*, 52, 397-426.
- Matthews, M., 1994, *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Routledge, NY, USA, 108 p.
- Mayer, V.J. and Kumano, Y., 2002, The Philosophy of Science and Global Science Literacy. In Mayer, V.J. (ed.), *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 37-49.
- Mayer, V.J. and Tokuyama. A., 2002, Evolution of global science literacy as a curriculum construct. In Mayer, V.J. (ed.), *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 3-24.
- Mayer, V.J., 1997, Global Science Literacy: An Earth System View. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 101-105.
- Mayer, V.J., 2003, *Implementing Global Science Literacy*, The Ohio State University, Columbus, USA, 293 p.
- McComas, W.F. and Olson, J.K., 1998, The Nature of Science in International Science Education Standards Documents. In McComas, W.F. (ed.), *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 41-52.
- McComas, W.F., 1998, The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 365 p.
- McCorquodale, R. and Fairbrother, R., 1999, Glottalization and Human Rights. *Human Rights Quarterly*, 735-736.
- Millar, R. and Osborne, J., 1998, *Beyond 2000: Science education for the future*. London University, London, UK, 36 p.
- Nam, J. and Mayer, V.J., 2002, Assessment In A Global Science Literacy And Korean Context. In Mayer, V.J. (ed.), *Global Science Literacy*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 147-156.
- National Research Council, 1996, *National Science education standards*. National Academy press, washington, DC, USA, 262 p.
- Ryder, J. and Leach, J., 1999, University Science Students' Experiences of Investigative Project Work and their Images of Science. *International Journal of Science Education*, 22, 1069-1084.
- Waters, M., 1995, *Glottalization*, Routledge, NY, USA, 185 p.

2008년 5월 14일 접수
2008년 8월 4일 수정완료 접수
2008년 9월 23일 채택

Appendix 1. GSL-oriented instruction Module about “Earth and Star” unit

Unit	ESE	ESU	GSL
1 단원도입	-지구의 푸른색과 녹색에 초점을 맞추어 생명체가 살아 숨 쉬는 곳과 그 속의 문명을 비롯한 지구 시스템의 상호작용에 대한 소개 및 ‘우주송’ 부르기 -BBC의 ‘행성 지구’ 동영상을 통하여 지구의 극에서 적도까지의 모습과 계절에 따른 변화를 통해 아름다운 살아 숨 쉬는 지구를 설명	#1 지구의 심미적 가치 #2 지구에 대한 책임의식 #4 지구계 상호작용	#2 지구계의 미 #4 글로벌한 견해(양심, 지구상황 인식, 상호문화 인식, 글로벌한 역동성 인식, 인간의 선택) #5 동양적 사고(자연과 인간의 조화)
2 1. 지구는 정말로 둥근 모습일까? ?	-지구의 모양(세계관)에 대한 과거 미술작품 또는 상상을 보여주며 수업(과학사 이용) -‘지구송’ 노래 모듈별로 만들기	#1 지구의 심미적 가치 #3 과학적 문제 해결 방법 #7 지구계 관련 직업	#2 지구계의 미 #3 시스템 과학 방법
3 2. 지구는 얼마나 클까?	-우주공간 속의 나를 생각해 볼 수 있는 동영상 자료 -우주 속의 나의 근원 찾기 활동(토의 학습)	#1 지구의 심미적 가치 #5 지구의 깊은 시간 #6 태양계 속의 지구	#2 지구계의 미 #5 동양적 사고(자연과 인간의 조화)
4	-지구본을 이용한 지구 크기 측정	#3 과학적 문제 해결 방법	#3 시스템 과학 방법
5 3. 우주를 향한 창-망원경과 우주 탐사선	-우주의 기원 및 과정, 진화를 연구하는 사람들에 대한 소개(과학사 이용) -최초의 우리나라 우주인 선발에 관련된 우주 탐사 관련 내용 소개(NIE 수업) -망원경 조작 및 실습	#2 과학적 문제해결 방법 #6 태양계 속의 지구 #7 지구계 관련 직업	#3 시스템 과학 방법
6	-7박 8일간의 우주여행 게임(무중력 상태, 우주식, 훈련과정, 우주여행 등 간접 경험)	#3 과학적 문제해결 방법 #6 태양계 속의 지구 #7 지구계 관련 직업	#1 개념 중심 조직 #4 글로벌한 견해(양심, 지구상황 인식, 상호문화 인식, 글로벌한 역동성 인식, 인간의 선택)
7 4. 달과 태양의 모습은	-NASA 홈페이지를 이용하여 다양한 태양과 달 사진 보여주기 -달과 태양 관련 전래 동화, 미술작품 활용(영화, 서적 이용)	#1 지구의 심미적 가치 #6 태양계 속의 지구	#2 지구계의 미
8 5. 행성에는 생명체가 살고 있을까?	-인간에 의한 의식적 무의식적 심각한 환경 파괴 문제 토의(토의 학습) -모듈별로 태양계 행성 리모델링 활동지 만들기 및 발표 -모듈별로 태양계 ‘행성송’ 만들어 부르기 -국제 천문학회의 명왕성 퇴출에 관한 논의	#1 지구의 심미적 가치 #2 지구에 대한 책임의식 #6 태양계 속의 지구 #7 지구계 관련 직업	#4 글로벌한 견해(양심, 지구상황 인식, 상호문화 인식, 글로벌한 역동성 인식, 인간의 선택)
10 6. 오늘날에는 어떤 별자리를 볼 수 있을까?	-Starry night 활용하여 별자리 학습(신화 소개) -북두칠성 관련된 전래 동화 활용	#1 지구의 심미적 가치 #3 과학적 문제해결 방법 #6 태양계 속의 지구 #7 지구계 관련 직업	#2 지구계의 미 #3 시스템 과학 방법
11 7. 태양과 북극성 중 어느 것이 더 밝을까?	-Starry night 활용하여 천체 학습	#1 지구의 심미적 가치	#2 지구계의 미
12 8. 별들의 고향-성단성운	-NASA에서 다양한 천체 사진 감상 -은하수 관련 전래동화 활용	#6 태양계 속의 지구 #7 지구계 관련 직업	#5 동양적 사고(자연과 인간의 조화)
13 9. 은하수의 정체는?			