

## 과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램의 영향

한수진 · 양찬호 · 노태희\*

서울대학교 화학교육과

(접수 2012. 9. 27; 게재확정 2012. 12. 18)

### Instructional Influences of Explicit and Reflective Scientific Inquiry Learning Program about Nature of Scientific Inquiry

Sujin Han, Chanho Yang, and Taehee Noh\*

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea. \*E-mail: nohth@snu.ac.kr

(Received September 27, 2012; Accepted December 18, 2012)

**요약.** 이 연구에서는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램을 개발하고 적용하여 그 효과를 과학 탐구의 본성을 직접 가르치지 않은 암시적 탐구 수업과 비교하였다. 또한, 개발된 프로그램 및 암시적 탐구 수업에 대한 학생들의 인식을 비교하였다. 중학교 2학년 학생들을 두 집단에 배치하였다. 처치 집단에서는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램을 실시하였고, 통제 집단에서는 과학 탐구의 본성과 관련된 내용을 제외하고 처치 집단과 동일한 탐구 활동을 사용한 수업을 실시하였다. 연구 결과, 처치 집단의 수업이 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 향상시키는데 효과적이었다. 그러나 두 집단의 과학 성취도와 과학 수업에 대한 즐거움에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 처치 집단의 학생들은 과학 탐구의 본성에 대한 소집단 토론 활동을 수업의 장점으로 생각하였으며, 소집단 토론 활동이나 과학 탐구의 본성에 대한 이해, 자신의 생각을 글로 쓰고 발표하는 활동 등을 어려움으로 인식하는 것으로 나타났다. 이에 대한 교육학적 함의를 논의하였다.

**주제어:** 과학 탐구의 본성, 인식론적 견해, 명시적·반성적 탐구 학습, 소집단 토론

**ABSTRACT.** In this study, we developed a explicit and reflective scientific inquiry learning program about nature of scientific inquiry, and compared its instructional influences with those of implicit scientific inquiry learning. We also compared students' perceptions of the program. Eighth graders at a middle school were assigned to the treatment and the control groups. The students of the treatment group participated in the program, while those of the control group participated in general scientific inquiry instruction. The analyses of the results revealed that the program was more effective in improving students' epistemological views on scientific inquiry than general scientific inquiry learning. However, there were no statistically significant differences in both test scores of science achievement and enjoyment of science lessons. The students of the treatment group perceived that group discussion on the nature of scientific inquiry was an advantage of the program. However, they still had difficulties in performing group discussion, understanding the nature of scientific inquiry, and writing and presenting their thoughts. Educational implications of these findings are discussed.

**Key words:** Nature of scientific inquiry, Epistemological views, Explicit and reflective scientific inquiry learning, Group discussion

## 서론

과학교육에서는 과학에 대한 인식론, 과학 지식과 그 지식의 발달 과정에 내재되어 있는 가치와 신념, 과학 지식을 구성하고 정당화하는 과학자의 역할과 그에 영향을 미치는 사회문화적 배경 등과 관련된 과학의 본성에 대한 이해를 과학적 소양의 함양을 위한 핵심적 요소 중 하나로 강조하고 있다.<sup>1,2</sup> 과학에 대한 인식론적 견해는 자연 세계를 이해하고 설명하는 방식인 과학 지식에 대한 인식론적 견해와 과학 지식이 구성되고 정당화되는 과정

의 본성인 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 포함한다.<sup>3</sup> 과학 지식에 대한 인식론적 견해는 가설이나 이론, 법칙과 같은 과학지식이 잠정적이고 변할 수 있으며 이론과 법칙은 그 역할이 다르다는 것 등과 같이 과학 지식 자체에 내재된 가치와 신념을 의미한다.<sup>4</sup> 과학 탐구에 대한 인식론적 견해는 과학자가 하는 일과 그 목적, 과학자 사회에서 과학 지식이 받아들여지는 과정 등과 같은 과학 탐구의 본성에 대한 이해와 관련된 측면이다. 즉, 과학자들이 과학 지식을 만들어내는 방법과 과학 지식이 과학자 사회에서 받아들여지는 과정 전반에 관한 것으로 과학

지식의 인식론과는 그 성격이 다르다.<sup>3</sup> 그럼에도 불구하고 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 향상시키기 위한 기존의 연구<sup>4-9</sup>에서는 과학 지식이 과학 탐구의 산물이므로 과학 탐구의 인식론을 넓은 의미의 과학 지식의 인식론에 포함시켜 소홀히 다루는 경우가 많았다.<sup>10</sup>

과학 교육과정에서 탐구가 강조되고 있고 실제 학교 과학 수업에서도 탐구 수업을 중시하고 있다. 그러나 학생들이 학교 과학 수업을 통해 경험하는 탐구는 교과서에 제시된 물음에 답하거나 일련의 활동을 수행하는 형태로, 정해진 절차에 따라 학습한 과학적 개념들을 강화하는 결론을 도출하기 위한 경우가 대부분이다.<sup>11,12</sup> 이에 학생들은 과학 탐구에 대한 인식론적 이해가 전반적으로 부족한 것으로 보고되고 있다.<sup>10</sup> 따라서 학생들이 과학 탐구에 대한 현대적인 인식론적 견해를 형성하도록 돕기 위한 방안을 마련할 필요가 있다. 이때, 과학 탐구에 대한 인식론적 견해와 같은 학생들의 신념은 쉽게 변화하지 않으므로<sup>13</sup> 학교 과학 수업에서 체계적인 계획을 통해 과학 탐구의 인식론적 측면을 지속적으로 강조해야 한다.

한편, 최근에는 탐구 수업 과정에서 과학의 본성 측면을 명시적으로 가르치는 방안이 일부 진행되고 있다.<sup>14-16</sup> 명시적 교수는 단순히 교사가 강의를 통해 과학의 본성 측면을 직접적으로 가르치는 것이라기보다는, 체계적으로 계획된 교수학습 활동을 통해 학생들이 과학의 본성에 대해 깨닫도록 하는 것을 의미한다.<sup>17</sup> 이를 위한 효과적인 방안으로 학생들이 자신의 활동과 관련된 과학의 본성 측면을 인식하고, 그에 따라 자신의 활동을 반성하도록 하는 명시적-반성적 접근이 제안되고 있다.<sup>16-18</sup> 따라서 명시적-반성적 접근을 통해 학생들이 과학 탐구의 본성 측면에서 그들의 활동을 분석하고, 실제 과학자들의 활동과 연결시키며, 과학 탐구에 대한 인식론을 스스로 도출할 수 있는 기회를 제공한다면 과학 탐구의 본성에 대한 이해의 향상에 효과적일 것으로 기대된다.

이때, 사회적 상호작용을 통해 합의된 지식의 내면화를 중시하는 사회적 구성주의에 기반한 반성적 소집단 토론은 명시적-반성적 과학 탐구 수업에 효과적으로 활용될 수 있다. 이는 학생들이 과학 탐구 활동을 수행하는 것만으로는 그에 내재된 과학 탐구의 본성 측면을 중요하고 의미 있는 것으로 인식하기 어려운데, 과학 탐구의 본성에 대한 토론 활동을 통해 다른 학생들과 상호작용하는 과정에서 자신의 탐구 경험에 대해 반성적으로 사고할 수 있으므로<sup>19</sup> 과학 탐구에 내재된 인식론적 측면을 보다 명시적으로 다룰 수 있기 때문이다.<sup>20</sup> 뿐만 아니라, 소집단 토론 활동은 과학 탐구가 과학자 집단과 같은 공동체 속에서 이루어진다는 점도 인식시켜줄 수 있으므로, 과학 탐구에 대한 인식론을 발달시키는데 적합한 학습 형태라

고 할 수 있다.<sup>21</sup>

그러나 과학 탐구의 본성 측면에 초점을 두고 그에 대한 학생들의 이해를 향상시키기 위한 프로그램을 개발하고자 하는 연구는 부족하며,<sup>22,23</sup> 개발한 프로그램의 효과를 조사한 경우는 거의 없다.<sup>24</sup> 또한, 이러한 프로그램들은 실제 학생들이 지니고 있는 인식론적 견해를 고려하여 개발되지 않았다는 한계가 있다. 그리고 과학영재를 대상으로 하거나<sup>22</sup> 대학 및 연구소와 연계된 도제식 프로그램이므로,<sup>23,24</sup> 교육 내용이나 수준 등에 있어서 일반 학교 과학 수업에 적용하기 어렵다. 따라서 학교 과학 수업의 탐구 활동에 과학 탐구의 본성에 대한 인식론의 측면을 접목함으로써 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론을 발달시킬 수 있는 탐구 학습 프로그램의 개발이 필요하다.

이에 이 연구에서는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램을 개발 및 적용하여 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해에 미치는 영향을 조사하고, 그 효과를 과학 탐구의 본성을 직접 가르치지 않은 암시적 탐구 수업과 비교하였다. 또한, 개발한 탐구 학습 프로그램이 학생들의 과학 성취도와 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 영향 및 탐구 학습 프로그램에 대한 학생들의 인식을 조사하였다. 이를 통해 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램의 영향을 다양한 측면에서 분석하고자 하였다.

## 연구 방법 및 내용

### 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램의 개발 절차 및 내용

학교 과학 수업에서 과학 탐구는 학생 중심의 활동을 통해 학생들이 탐구 과정 및 의미 구성에 능동적으로 참여할 수 있어야 한다. 이를 위해 Bybee<sup>25</sup>의 과학 탐구 교수의 세 가지 요소(과학 탐구 기술, 과학 탐구에 대한 지식, 교수를 위한 교육학적 접근)를 바탕으로 탐구 학습 프로그램을 개발하였다. 즉, 과학 수업에서 학생들이 과학 탐구를 직접 수행하고 이와 관련된 과학 탐구의 본성 측면을 함께 학습하도록 하며, 맥락화된 과학의 본성 교수 및 명시적-반성적 접근을 적용하였다.

먼저, 맥락화된 과학의 본성 교수는 과학의 본성 측면을 이와 연관된 과학 내용과 함께 교수하는 방식이다. 과학의 본성을 추가적으로 학습해야 할 요소로 보지 않으며 과학 활동의 맥락 속에서 과학의 본성을 다루므로 과학 지식의 형성 과정을 다루는데 적절하다.<sup>26,27</sup> 이러한 맥락화된 과학의 본성 교수는 과학의 본성에 대한 학생들의 견해를 향상시키는데 효과적인 방법으로 제안되고 있다.<sup>28,29</sup> 이에 학생들이 특정한 탐구를 수행하고 수행한 탐구의 맥

락에서 과학 탐구의 본성 측면을 학습하도록 함으로써 학생들이 구체적인 과학 활동의 맥락에서 과학 탐구의 본성을 이해할 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

또한, 명시적-반성적 접근에 따라 교사가 수업 과정에서 과학 탐구의 본성 내용을 도입하고, 학생들이 과학 탐구의 본성에 대한 반성적 소집단 토론 활동을 수행하도록 하였다. 이때, 반성적 소집단 토론은 학생들이 자신이 수행한 과학 탐구 활동과 활동에 내재된 과학 탐구의 본성 측면을 연결시켜 자신의 견해를 명료화하고, 다른 학생들과의 의견 교환 및 합의를 통해 현대적인 인식론적 견해를 형성할 수 있도록 하기 위한 활동이다. 이러한 반성적 소집단 토론 활동을 통해 학생들이 자신이 수행한 탐구 활동이 과학 탐구의 본성과 어떻게 연결되는지, 실제 과학자들의 활동과 어떤 유사점 및 차이점이 있는지 반성적으로 사고할 수 있도록 하였다. 그러나 소집단 토론 과정에서 학생들이 스스로 과학 탐구의 인식론에 대해 현대적인 인식론적 견해를 도출하기는 어려우므로 효과적인 소집단 토론을 촉진하기 위해 토론의 근거가 될 수 있는 여러 인식론적 견해들을 제공<sup>5</sup>하였다. 이때, 과학 탐구에 대한 현대적인 인식론적 견해와 함께 실제 학생들이 지니고 있는 것으로 나타난 대표적인 인식론적 선입견<sup>10</sup>을 함께 제시하여, 학생들이 과학 탐구의 본성에 대한 현대적인 인식론적 견해를 효과적으로 형성할 수 있도록 활동을 구조화하였다.

과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램은 중학교 2학년 '물질의 특성' 단원 중 밀도 개념을 목표 개념으로 선정하여 개발하였다. 교과서의 연구 대상 단원을 분석하여 5가지의 탐구 활동과 그와 관련된 4가지의 과학 탐구의 본성 주제를 선정하였다. 이 연구에서는 Schwartz 등<sup>3</sup>이 The Benchmarks for Science Literacy (AAAS, 1993)와 The National Science Education Standards (NRC, 2000), Guiding principles for scientific inquiry (NAS, 2002) 및 관련 문헌 연구를 바탕으로 정의한 과학 탐구의 본성 중 '과학적 탐구 방법의 다양성', '자료에 대한 타당한 해석의 다양성', '자료와 증거의 차이', '과학 탐구의 목적'을 중심으로 탐구 학습 프로그램을 개발하였다. 과학 탐구의 본성의 각 하위 영역에 대한 조작적 정의는 다음과 같다.

'과학적 탐구 방법의 다양성'은 과학자들이 연구 문제에 따라 여러 종류의 탐구 방법을 사용하며, 타당한 지식을 생성하기 위해 모든 과학자들이 따라야 할 단일한 과학적 방법은 없음을 의미한다. 예를 들어, 실험적 방법에서는 주로 가설을 세우고 변인의 통제 및 조작을 통한 가설 검증의 과정을 거친다. 그러나 과학자들의 과학 활동에서는 변인의 조작이 불가능하거나 연구 문제에 따라 변인의 조작이 불필요하여 변인에 대한 조작이 일어나지 않는

경우도 많다. '자료에 대한 타당한 해석의 다양성'은 유사한 연구 문제와 연구 방법을 사용하더라도 과학자들마다 가치관이나 전공 분야에 따라 자료를 해석하는 방식이 다른 경우 서로 다른 결론을 타당하게 도출할 수 있음을 의미한다. 과학 지식은 지식 주장의 정당화를 통한 의미 협상과 합의를 이끌어내는 과정을 통해 비로소 생성된다. 이때, 과학자들이 동일한 자료를 분석하더라도 지식 주장의 정당화 과정에서 서로 다른 결론을 이끌어낼 수 있다. '자료와 증거의 차이'는 자료와 증거는 과학 탐구 과정에서 사용되는 목적이 다르며 생성되는 방식도 다르다는 것을 의미한다. 자료는 과학자가 연구 과정에서 얻은 관찰 가능한 결과로 수, 기술, 사진, 음성, 물리적 샘플 등과 같이 그 형태가 다양하다. 증거는 자료의 분석과 해석을 통한 산출물로서 연구 문제 및 지식 주장과 직접적으로 연결된다. '과학 탐구의 목적'은 과학 탐구는 현상이 일어나는 이유를 설명하기 위한 것으로 그 결과는 사회적 문제들의 해결이나 유용한 기술의 개발, 인류의 생활 증진, 자연 세계에 대한 이해 향상 등을 위해 이용된다는 것을 의미한다. 또한, 과학자들은 개인적 호기심, 연구 결과의 사회적 영향, 경제적 측면 등의 다양한 요인들을 고려하여 연구 문제를 선정한다.

각 차시별 탐구 활동 및 목표, 과학 탐구의 본성 주제는 부록 1에 제시하였다. 수업에서 사용할 탐구 활동 보고서, 토론 자료 및 활동지 등을 제작하였으며, 개발된 자료는 과학교육 전문가 2인과 현직 교사 2인의 수차례에 걸친 검토를 통해 수정·보완하였다.

## 연구 대상 및 절차

서울시에 소재한 남자 중학교 2학년 학생들 중 학기 초에 실시한 진단고사 과학 성적이 유사한 2학년 67명을 대상으로 하였다. 한 학급을 처치 집단(32명)으로 다른 한 학급을 통제 집단(35명)으로 임의로 배치하였다.

연구 시작 전에 교사 오리엔테이션을 실시하여 과학 탐구의 본성 및 처치 수업 방식에 대해 안내하였다. 또한, 교사가 연구 대상이 아닌 1개 학급에서 처치 집단의 수업을 연습하도록 하여 새로운 수업 방식에 익숙해지도록 하였다. 연구자가 연습 학급의 모든 수업을 참관하여 수업이 의도대로 진행되는지 점검하였고, 교사와의 논의를 통해 수업 진행에서 미비한 점을 보완하였다. 한편, 학생들도 탐구 학습에 익숙하지 않은 경우가 많으므로 두 집단 모두에서 본 수업 직전 차시에 탐구 수업을 실시하여 학생들이 탐구 수업 방식에 익숙해지도록 하였다. 처치 집단에는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램의 진행 방식에 대한 구체적인 안내를 추가로 제공하였다.

사전 검사로 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였다. 과학 탐구에 대한 인식론적 견해에 대한 사전 검사는 실시하지 않았다. 이는 사전 및 사후 검사에서 동일한 형식의 검사를 실시하는 경우 사전 검사의 경험이 사후 검사의 결과에 영향을 미쳐 연구 결과의 내적 타당도에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문이다.<sup>30</sup> 또한, 사전 검사의 내용이 처치 집단의 수업 내용과 연결되므로 사전 검사를 실시하게 되면 학생들이 처치 수업 내용에 더 민감해져 연구 결과의 외적 타당도를 저해할 가능성도 있기 때문이다.<sup>30</sup> 한편, 과학 탐구의 본성에 대한 우리나라 중학생들의 이해가 상당히 낮은 것으로 보고되었고,<sup>10</sup> 연구가 진행된 학교의 과학 수업에서도 과학 탐구의 본성에 대한 수업은 거의 이루어지지 않고 있었다. 따라서 두 집단의 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 수준에 별다른 차이가 없을 것으로 판단하였다.

총 5차시 동안 수업 처치를 실시하였다. 처치 집단에서는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램을 실시하였고, 통제 집단에서는 과학 탐구의 본성과 관련된 내용을 제외하고 처치 집단과 동일한 탐구 활동을 사용한 수업을 실시하였다. 한 명의 교사가 모든 수업을 진행하였으며, 연구자가 두 집단의 모든 수업을 참관하여 수업 처치가 계획대로 진행되는지 점검하였다.

사후 검사로 과학 탐구에 대한 인식론적 견해, 과학 성취도, 과학 수업에 대한 즐거움, 수업에 대한 인식 검사를 실시하였다. 또한, 수업 처치가 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 형성에 어떤 영향을 미쳤는지 보다 구체적으로 조사하기 위해 처치 집단의 학생 중 임의로 10명을 선정하여 반구조화된 면담을 실시하였다. 면담에서는 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 보다 구체적으로 조사하기 위해 학생들이 각 문항에 대해 서술한 응답을 연구자에게 자세히 설명하도록 하였다. 연구자는 학생들의 생각을 충분히 이해할 수 있을 때까지 연속적으로 질문하였다. 또한, 처치 수업 전후에 그에 대한 자신의 견해에 변화가 있었는지 여부와 그 이유를 구체적으로 질문하였다. 면담에는 1인당 약 20분 정도가 소요되었으며, 모든 면담 내용은 녹음한 후 전사하여 분석에 사용하였다.

### 집단별 수업 과정 및 내용

**과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램을 적용한 수업:** 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램은 소집단 탐구 활동을 통해 밀도 개념을 학습하고, 소집단 토론을 통해 탐구 활동과 관련된 과학 탐구의 본성 주제를 명시적-반성적으로 학습하도록 진행되었다. 전반적인 교수학습 과정은 발생학

습 모형<sup>31</sup>의 예비, 초점, 도전, 적용 단계를 참고하여 설계하였다. 예비 단계는 수업 전에 이루어지는 단계로, 교사가 과학 탐구의 본성에 대한 학생들의 대표적 인식론적 견해<sup>3,10</sup>를 파악하였다. 초점 단계(약 25분)에서는 과학 개념과 탐구 학습 주제를 제시하고 과학 탐구의 본성에 대한 질문을 통해 학생들이 인식론적 선입견을 표출하도록 하였다(약 5분). 그 후, 자신의 선입견과 상반되는 결과를 경험하도록 계획된 탐구 활동을 실시하였다(약 20분). 이때, 탐구 활동은 NRC<sup>32</sup>에서 제안한 탐구 수업의 필수 요소를 포함하도록 설계하였다. 즉, 탐구 활동을 통해 학생들이 과학적 문제 해결에 참여하고, 증거의 우선순위를 결정하고, 증거로부터 설명을 만들고, 설명과 과학적 지식을 연결시키고, 설명에 대해 동료들과 의사소통하며 정당화하도록 하였다. 도전 단계(약 15분)에서는 수행한 탐구 활동과 관련된 과학 탐구의 본성에 대한 학생들의 대표적 선입견과 현대적인 인식론적 견해를 토론 자료로 제시하고, 소집단 토론을 통해 집단 별로 한 가지 견해를 선택하도록 하였다. 토론 과정에서 학생들이 두 가지 견해를 분석하고 비판한 후 합의된 결론을 이끌어낼 수 있도록, 강석진 등<sup>5</sup>의 연구에서 개발한 형식의 토론 활동지를 사용하였다(부록 2). 소집단 토론 후에는 전체 학급 토론을 진행하고 그 결과를 바탕으로 교사가 과학 탐구의 본성에 대한 현대적인 인식론적 견해를 소개하였다. 적용 단계(약 5분)에서는 학생들이 과학 탐구의 본성에 대한 확인 문제를 풀도록 하였다.

과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램을 적용한 수업에 대한 이해를 돕기 위해 처치 집단의 수업 중 3차시 수업을 예로 들어 구체적인 과정 및 내용을 제시하고자 한다. 초점 단계에서 교사는 학습 목표를 제시한 후, 실험 이외에 분류도 과학적 방법이 될 수 있는지 학생들이 각자 자신의 생각을 적도록 하였다. 탐구 활동은 같은 부피의 플라스틱 구슬과 쇠구슬을 물에 넣었을 때 뜨고 가라앉는 현상을 토대로 학생들이 조별 탐구 질문을 정하는 것으로 시작하였다. 탐구 질문에 대한 결론을 도출하기 위해, 학생들은 돌맹이(부석), 사과, 감자, 클립 중 물에 뜨는 물질과 가라앉는 물질을 예측하였다. 그 후 물질들을 실제로 물에 띄워보고 물에 뜨는지 여부를 관찰하였다. 학생들은 관찰 결과를 이용하여 물질들을 두 종류로 분류한 뒤, 물을 포함한 물질들의 밀도가 제시된 자료를 해석하여 물질들을 두 종류로 분류하였다. 분류 결과를 바탕으로 탐구 질문에 대한 결론을 도출하였으며, 조별 탐구 활동 결과를 발표하였다. 도전 단계에서 학생들은 각 조별로 분류가 실험처럼 과학적인 방법인지, 분류는 실험하지 않으므로 과학적인 방법이 아닌지의 두 입장으로 나뉘어 소집단 토론을 수행하였다. 토론

을 마친 후에는 조별로 최종 의견을 정하여 전체 학급 발표를 진행하였다. 모든 조의 발표가 끝난 후, 교사가 탐구는 어떤 현상이 일어나는 과정이나 이유를 설명하기 위한 것이므로 설명하는데 도움이 된다면 실험이든 분류든 모두 과학적인 방법이라고 할 수 있다는 현대적인 인식론적 견해를 소개하였다. 적용 단계에서는 학생들이 분류가 과학적인 방법이 될 수 있는지에 대해 자신의 의견을 최종 결정하고 그 이유를 서술하도록 하였다.

**과학 탐구의 본성을 직접 가르치지 않은 암시적 탐구 수업:** 통제 집단의 수업은 과학 개념과 탐구 학습 주제를 제시한 후 (약 5분) 학생들이 자신의 인식론적 선입견을 표출하도록 하는 과정을 제외하고 처치 집단과 동일한 소집단 탐구 활동을 통해 밀도 개념을 학습하였으며, 교사가 과학적 개념을 소개하여 탐구한 내용을 정리하였다(약 30분). 그 후, 탐구 활동을 통해 학습한 개념에 대한 형성 평가를 실시하였다(약 10분). 이 과정에서 과학 탐구의 본성에 대한 내용은 명시적으로 다루지지 않았다.

#### 검사 도구

과학 탐구에 대한 인식론적 견해 검사는 중등학생용 과학 탐구에 대한 견해 검사지인 VOSI-Sec(Views of Scientific Inquiry for Secondary)<sup>33</sup>를 한수진 등<sup>10</sup>이 번역한 검사지에서 발췌하여 사용하였다. 이 연구에서는 처치 수업에서 다른 과학 탐구의 본성 주제를 고려하여 과학 탐구의 목적, 과학적 탐구 방법의 다양성, 자료에 대한 타당한 해석의 다양성, 자료와 증거의 차이에 대한 4개의 개방형 문항으로 검사지를 구성하였다. 이 중 2개 문항은 2-4개의 하위 문항을 포함하고 있다.

과학 성취도 검사는 Bloom의 목표 분류표에 따라 지식 영역에서 2개, 이해 영역에서 4개, 적용 영역에서 4개로 총 10개의 선다형 문항으로 구성된 과학 성취도 검사지를 개발하여 사용하였다. 제작한 검사지는 과학교육 전문가 2인과 현직 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증받았으며, 이 연구에서 구한 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 .73이었다.

과학 수업에 대한 즐거움 검사는 TOSRA (Test of Science-Related Attitude)<sup>34</sup>의 과학 수업의 즐거움 범주 10개 문항을 사용하였으며, 모든 문항은 5단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 선행 연구<sup>35</sup>에 보고된 내적 신뢰도 계수(Cronbach's alpha)는 .91이었으며, 이 연구에서의 내적 신뢰도 계수는 사전 검사에서 .86, 사후 검사에서 .79였다.

수업에 대한 인식 검사는 수업의 장단점, 어려웠던 점에 대해 구체적으로 서술할 수 있는 개방형 문항으로 구성된 인식 검사지를 개발하여 사용하였다. 개발한 검사지는

과학교육 전문가 2인과 현직 교사 2인으로부터 검토를 받았다.

#### 분석 방법

Hughes 등,<sup>36</sup> Schwartz 등,<sup>3</sup> White<sup>37</sup>의 점수 체계를 종합적으로 고려하여 개발한 채점 기준에 따라 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 검사의 각 문항에 대한 학생들의 응답을 채점하였다. 응답이 구체적이고 현대적인 인식론적 견해와 일치하는 경우는 2점, 현대적인 인식론적 견해와 그렇지 않은 견해가 혼재되어 있거나 현대적인 인식론적 견해와 부분적으로 일치하는 경우는 1점, 현대적인 인식론적 견해와 전혀 일치하지 않는 경우는 0점의 점수를 부여하였다. 분석의 신뢰도를 높이기 위하여 2인의 분석자가 무작위로 선정한 응답지를 각자 채점하는 과정을 반복하여 분석자간 일치도가 90% 이상에 도달한 후, 분석자 중 1인이 모든 응답지를 채점하였다.

과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램의 영향을 분석하기 위해, 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 검사 점수는 수업 처치를 독립 변인, 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 검사 점수를 종속 변인으로 하는 독립표본 t-검증을 실시하여 분석하였다. 과학 성취도 검사 점수와 과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수는 각각 진단고사 과학 성적과 사전 검사 점수를 공변인으로 사용한 일원 공변량 분석(one-way ANCOVA)을 실시하여 분석하였다. 수업에 대한 인식 검사는 학생들이 서술한 응답을 범주화하고 백분율로 분석하였다. 또한, 사후 면담 결과는 녹음 자료를 바탕으로 전사본을 작성하고 학생들의 응답을 범주화하는 방식으로 분석하여 해석에 활용하였다. 연구 결과의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해, 수집된 자료들은 2인의 연구자가 공동으로 분석하고 해석하였다.

## 결과 및 논의

### 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해에 미치는 영향

과학 탐구에 대한 인식론적 견해 검사에서 처치 집단의 평균(2.03)이 통제 집단의 평균(1.37)보다 높았고, 그 차이가 통계적으로 유의미하였다( $t=-2.027$ ,  $df=65$ ,  $p=.047$ ). 이러한 결과는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램이 암시적 탐구 수업보다 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 향상에 효과적임을 의미한다. 이는 과학의 본성에 대한 인식론적 견해를 효과적으로 향상시키기 위해서는 과학의 본성에 대한 명시적 교수학습이 필요하다는 최근의 흐름<sup>16,27,38</sup>에서 과학 탐구에 대한 인식론적 견해도 명시적 교수학습을 통해 향상

시킬 수 있음을 보여주는 의미 있는 결과라 할 수 있다.

사후면담 결과, 10명 중 4명의 학생이 다음과 같이 기존의 과학 수업에서는 과학 탐구의 본성 측면에 대해 구체적으로 생각해보지 않았으나 그와 관련된 소집단 토론 활동을 수행하면서 과학 탐구의 본성에 대한 이해가 높아졌다고 응답하였다.

학생 A: (생각을) 더 하게 된 것 같아요. 원래 과학 배울 때는 과학이라는 게 그냥 무슨, 그냥 배우기만 했지 과학이 뭔지 그건 몰랐는데. 이번에 지금 수업을 배우고 나서, 토론할 때도 있고, 증거는 뭐고 자료는 뭐고 막 여러 가지 토론을 했잖아요. 그런 게 좀 더 깊게. ... (중략) ... 좀 더 깊게 생각할 수 있었던 것 같아요. 그러기 전까지는 교과서 과학, 배우기만 했잖아요. 배우기만 하고 과학은 뭔가 그럴죠. 그거는 ... (중략) ... (수업 활동이) 도움이 되는 것 같아요. 왜냐면 이렇게 과학 안에 있는 사실들은 알 수 있지만 정작 과학 밖에 과학이 뭔지는 모르고 있었잖아요. 과학이 뭔지도 모르고 과학을 배우느라고. 좀 이상하잖아요.

이로 미루어 볼 때, 학생들이 탐구 활동을 직접 수행하고, 소집단 토론을 통해 자신의 탐구 활동과 관련된 과학 탐구의 본성에 대해 반성적으로 사고하는 과정이 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 향상시키는데 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 특히, 학생들 중에는 소집단 토론에서 처음에는 구성원간의 의견이 달랐으나 합의를 통해 단일한 결론을 도출하는 과정을 직접 경험함으로써, 과학자마다 자료를 해석하는 방식이 다를 수 있으나 공동으로 일할 경우 서로 타협하거나 합의하므로 결론이 같아질 수 있다는 생각이 보다 강화되었다고 응답하는 경우도 있었다.

그러나 두 집단의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 검사 점수의 평균은 각각 1.37점과 2.03점으로, 만점이 8점임을 고려할 때 상당히 낮은 것으로 나타났다. 특히, 통제 집단의 학생들보다는 점수가 높았지만 명시적·반성적 탐구 수업을 통해 과학 탐구의 본성 측면을 학습한 처치 집단에서도 학생들의 인식론적 견해의 수준이 비교적 낮았다. 일부 처치 집단 학생들과의 면담 결과로부터 그 이유를 간접적으로 추론해볼 수 있다. 면담 결과, 처치 집단 학생들은 과학 탐구의 본성 중 일부 영역에서 공통적인 인식론적 선입견을 지니고 있는 것으로 나타났다. 예를 들어, 대부분(8명)의 학생들이 과학에서의 자료와 증거에 대해 잘못된 인식론적 견해를 지니고 있었다.

면담자: 자료랑 증거라는 게 같은 거라고 생각했는데 증

거의 예가 또 있을까요?

...(중략)...

학생 B: 경찰들이 수사할 때, 피해자의 옷에 있는 것이나 주변에 떨어진 것들을 증거로 써서 수사를 하면서 범인도 찾아내고.

면담자: 그러면 우리가 생활 속에서 쓰는 그런 증거랑 우리가 과학시간에 배웠던 증거랑은 같은 건가요?

학생 B: 같은 거라고 생각하는데. 똑같이 자신의 생각을, 자신의 생각이나 어떤 결론을 지을 때 쓸 수 있고, 그렇기 때문에 같은 거 같은데.

면담자: 자료랑 증거는 다르다고 했는데 그러면 증거는 어떤 건지 예를 들어서 한 번 설명해줄래요?

학생 C: 증거는 제가 음... 과학에서 설명을 하자면 사람들이 모여 있는 곳에서죠. 하나의 실험을 처음 사람들에게 보여주기 전에 자기가 하나의 실험 가지고 뭔가를 발견했을 때, 발견을 했는데 그건 사람들이 아직 봐주지 않아가지고 모르잖아요. 그거를 많은 사람들이 있는 앞에서 공개를 했을 때, 증거가 되는 거. 사람들이 봤으면 그게 목격자, 증거가 되는 거고. 증거를 또 경찰 쪽에서, 경찰이나 범인 수사 쪽에서 예를 들자면 범인이 보통, 사람들이 보통 지나다니는 것은 현장에 남잖아요. 근데 그거를 살인이나 만약 범죄를 저질렀을 때, 그게 목격자가 없으면 그게 증거라고 말할 수 없으니까 그 범인이 돌아다니는 흔적이나 그런 걸 증거라고 말할 수 있죠.

위와 같이 학생들은 과학에서의 증거를 이해하는데 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 증거물의 개념을 그대로 적용하는 경향이 있었다. 이에 증거를 자료 분석을 통해 도출한 생각이라고 여기지 못하고 단순히 결론을 뒷받침하는 자료의 일부라고 생각하여 과학에서의 자료와 증거의 차이를 제대로 구분하지 못하는 경우가 많았다.

또한, 과학 탐구의 본성 중 과학 탐구의 목적 영역에서는 과학 탐구의 목적이 사람들에게 도움을 주거나 일상생활을 편리하게 만들기 위한 것이라고 생각하는 것과 같은 도구주의적 관점을 지닌 경우가 적지 않았다(4명).

면담자: 과학자들이 왜 그런 식으로 증거랑 자료를 가지고 탐구를 하는 거라고 생각해요?

학생 D: 여태까지 사람들이 몰랐던 거요. 새로운 거 찾아서 사람들 좀 더 편하게 해주거나. 새로운 거 아는 거.

면담자: 새로운 거를 왜 알려고 할까, 과학자들이? 그러니까 편하게 한다는 거는 사람을 편하게 한다고

해서 그 이유를 알겠는데. 새로운 거는 왜 알려고 하는 걸까요, 과학자들이?

학생 D: 새로운 거요? 그러니깐 새로운 거 많이 알아가 지구요. 더 많은 지식 같은 거. 지식이 쌓이잖아요? 그러면 결국엔 그게 모이고 모여서 사람한테 또 도움이 되니까.

이상의 결과를 종합해보면, 과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 수업을 통해서도 과학 탐구의 본성에 대한 학생들의 인식론적 견해가 쉽게 변화하지 않음을 알 수 있다. 특히, 과학 탐구의 본성 중 ‘자료와 증거의 차이’ 나 ‘과학 탐구의 목적’ 등과 같은 일부 영역에서는 그러한 경향이 두드러지게 나타났다. 따라서 이 연구의 결과를 바탕으로 탐구 학습 프로그램을 수정·보완하기 위한 방안을 마련할 필요가 있다. 예를 들어, 학생들이 일상 생활과 과학에서의 증거의 개념을 구체적으로 비교하여 그 차이를 이해하도록 함으로써 과학에서의 자료와 증거의 차이를 보다 명확히 이해할 수 있도록 할 수 있다. 또한, 실제 과학자들이 수행하는 다양한 과학 탐구의 구체적인 사례들을 제시하고 학생들이 반성적 소집단 토론을 통해 과학 탐구의 목적에 대한 인식론을 스스로 도출할 수 있도록 한다면 그에 대한 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 향상시키는데 보다 효과적일 것으로 생각된다.

**학생들의 과학 성취도 및 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 영향**

학생들의 과학 성취도 및 과학 수업에 대한 즐거움 검사의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 Table 1에, 공변량 분석 결과를 Table 2에 제시하였다.

두 집단의 과학 성취도 검사 점수에는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 즉, 처치 집단의 수업에서 과학 탐구의 본성에 대한 내용을 추가적으로 다루었을 뿐 아니라 그에 대한 소집단 토론을 더 강조함으로써 탐구 활동 및 개념 학습의 비중이 통제 집단의 수업에 비해 상대적으로 적었지만, 과학 성취도 측면에서는 두 집단이 거의 유사하였다. 물론, 통제 집단의 수업도 전통적인 개념 학습이 아닌 탐구 수업이었기 때문에, 이 결과만으로 처치 집단의 수업이 학생들의 개념 학습에 미치는 영향을 구체적으로 논의하기는 어렵다. 그러나 탐구 수업에서 개념 학습의 비중을 줄이더라도 과학 탐구의 본성에 대한 반성적 사고를 촉진할 수 있는 활동을 포함시키는 것이 실제 교육 현장에서 과학 탐구의 본성을 교수하기 위한 방안이 될 수 있음을 알 수 있다.

처치 집단의 수업은 소집단 활동을 통한 탐구뿐 아니라 토론을 강조한 학생 중심의 활동으로 주로 진행되었기 때문에 통제 집단의 탐구 수업에 비해 학생들의 과학 수업에 대한 즐거움에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상하였다. 그러나 과학 수업에 대한 즐거움에 대한 사후 검사 점수에서 두 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 이는 학생들이 탐구 실험보다는 과학 탐구의 본성에 중점을 둔 수업 내용을 어렵게 느꼈기 때문일 수 있다. 또한, 주어진 수업 시간에 학생들이 수행해야 할 활동이 상대적으로 많아 학생들이 처치 집단의 수업에 인지적 부담을 느꼈을 가능성이 있다.

**과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램에 대한 인식**

수업의 장단점 및 어려움에 대한 각 집단의 학생들의 인식을 조사한 결과를 Table 3에 정리하였다.

**Table 1.** Means, standard deviations, and adjusted means of the test scores of science achievement and enjoyment of science lessons

	Science achievement <sup>1</sup>			Enjoyment of science lessons <sup>2</sup>		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
Control group (n=35)	5.83	2.83	5.78	35.06	5.50	35.12
Treatment group (n=32)	5.66	2.70	5.70	35.13	4.36	35.06

<sup>1</sup>The total score is 10. <sup>2</sup>The total score is 50.

**Table 2.** The results of one-way ANCOVA on the test scores of science achievement and enjoyment of science lessons

	SS	Df	MS	F	p
Science achievement					
Residual	337.054	1	337.054	133.871	.000
Treatment	.116	1	.116	.046	.831
Enjoyment of science lessons					
Residual	144.657	1	144.657	6.278	.015
Treatment	.066	1	.066	.003	.957

**Table 3.** The frequencies of the responses for advantage/disadvantage and difficulty of the lessons

	Responses	Frequency(%)	
		Control group (n=35)	Treatment group (n=32)
Advantage	It was a good opportunity to share and compare thoughts through group discussion.	1(2.9)	9(28.1)
	Discussion-based lessons were interesting and helpful in understanding science.	1(2.9)	8(25.0)
	Experiencing more scientific inquiry made the lessons interesting and made me understand the content easily.	14(40.0)	6(18.7)
	It led me to become close with friends by making more conversations.	-	5(15.6)
	The learning materials used in the lessons were helpful in learning.	3(8.6)	-
	Others	6(17.1)	2(6.3)
	No response	10(28.5)	2(6.3)
Disadvantage	Friends who were not engaged in activities hindered my study.	4(11.4)	5(15.6)
	The lessons which had to be done in the laboratory was not comfortable.	6(17.1)	2(6.3)
	It was difficult to understand the content in the lessons.	-	3(9.4)
	It needed more time to complete all activities in the lessons.	-	3(9.4)
	Others	1(2.9)	1(3.1)
	No response	24(68.6)	18(56.2)
Difficulty	It was difficult to perform group discussion.	-	8(25.0)
	Understanding the nature of scientific inquiry was difficult.	2(5.7)	6(18.8)
	It was hard to perform group activities because of friends who were not engaged in the lessons.	4(11.4)	5(15.6)
	Writing and presenting my opinions were difficult.	-	4(12.5)
	It was difficult to perform scientific inquiry.	4(11.4)	2(6.3)
	Lessons which moved on so fast made it hard to understand the content.	2(5.7)	-
	Others	4(11.4)	1(3.1)
	No response	19(54.4)	6(18.7)

처치 집단의 학생들은 소집단 토론을 통한 과학 수업이 이전 과학 수업 방법에 비해 보다 흥미롭고 과학을 이해하는 데 도움이 되었다(25.0%)거나, 다음과 같이 소집단 토론 과정에서 친구들과 의견을 공유하고 서로의 생각을 비교해볼 수 있었던 것(28.1%)을 탐구 학습 프로그램의 장점으로 인식하는 것으로 나타났다.

학생 D: 예전에는 이렇게 토론식으로 안 하고 각자 선생님, 따로 한 분단씩으로였잖아요. ... (중략)... 다른 애들은 결과가 어떻게 나왔는지 잘 알 수 없어요.

면담자: 그럼 이번 수업할 때는 다른 애들의 결과를 알 수 있었던 말이에요?

학생 D: 네.

면담자: 수업시간에 어떤 활동을 했기 때문에 다른 애들의 생각을 알 수 있었죠?

학생 D: 미실이랑 뭐 그런 거, 나눠준 거랑 그런 거요. 그리고 실험 결과 각자 조끼리 써가지고 서로 발표하는 것들.

면담자: 구체적으로 뭐가 이런 생각을 하는데 도움이 됐어요?

학생 E: 토론도 할 수 있고, 토론을 하면은 친구들의 생각 같은 거를 들을 수 있고 하면, 이제 제 생각을 좀 더 할 수 있게 되니까요.

반면에 통제 집단에서도 탐구 활동 중에 소집단 토론이 이루어졌으나 학생들이 이를 장점으로 언급한 경우는 거의 없었던 것과 비교하면 처치 집단의 학생들이 과학 탐구의 본성에 대한 소집단 토론 활동에 대해 긍정적으로 생각하고 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 과학 탐구의 본성에 대한 현대적인 인식론적 견해와 대표적인 선입견을 토론의 준거로 제공한 처치 집단의 구조화된 토론 방법이 소집단 토론을 보다 효과적으로 수행하는데 도움이 되었기 때문으로 해석된다.

처치 집단의 일부 학생들은 수업에서 다룬 내용을 이해하기 어렵다(9.4%)거나 수업에서 활동 시간이 부족했다(9.4%)는 점을 수업의 단점으로 인식하는 경우가 있었다. 이는 처치 집단의 수업에서 과학 탐구의 본성에 대한 내용을 명시적으로 다뤘고, 탐구 활동 후에 소집단 토론 활동까지 수행해야 했기 때문에 실제로 학생들이 수업에 대한 부담을 느낄 수 있음을 나타내는 결과라 할 수 있다. 또한, 두 집단 모두에서 수업에 잘 참여하지 않는 학생들

때문에 소집단 활동이 원활하게 이루어지지 못한 것이나 매 수업을 실험실에서 진행하는 과정에서 겪는 불편을 수업의 단점으로 생각하는 학생들도 있었다. 이는 매 차시를 소집단 활동을 통한 탐구 학습으로 진행하는 것이 과학 수업에 대한 부담으로 이어질 수 있음을 의미한다.

한편, 처치 집단의 많은 학생들이 소집단 토론 활동 수행(25.0%)이나 과학 탐구의 본성에 대한 내용을 이해하는 것(18.8%)을 수업의 어려움으로 인식하는 것으로 나타났다. 또한, 통제 집단과는 달리 자신의 생각을 글로 쓰고 발표하는 활동(12.5%)에 어려움을 느끼는 경우도 적지 않았다. 예를 들어, 처치 집단의 학생들 중에는 과학 탐구의 본성에 대한 토론 주제가 어려워 토론이 제대로 일어나기 어려웠다거나, 토론 과정에서 구성원 간에 의견이 팽팽하게 대립하여 소집단의 의견을 하나로 결정하는데 어려움을 겪었다고 응답하는 경우가 있었다. 반면에 탐구 활동을 수업에서의 어려움으로 응답하는 경우는 비교적 적었는데, 이로 미루어 볼 때 탐구 활동보다는 과학 탐구의 본성에 대한 소집단 토론과 발표 과정이 학생들에게 부담을 주는 요소일 수 있다.

## 결론 및 제언

이 연구에서는 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 조사한 선행 연구, 과학 탐구 및 과학의 본성 교수와 관련된 문헌 연구 결과에 기초하여 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램을 개발하고 적용하여 그 영향을 과학 탐구의 본성을 직접 가르치지 않은 암시적 탐구 수업과 비교하였다. 또한, 개발된 탐구 학습 프로그램에 대한 학생들의 인식을 조사하였다.

연구 결과, 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램이 암시적 탐구 수업보다 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해를 향상시키는데 효과적인 것으로 나타났다. 이는 탐구 수업에서 과학 탐구의 본성 측면을 명시적-반성적으로 교수하는 것이 학생들의 과학 탐구에 대한 인식론을 향상시키는데 효과적임을 의미한다. 또한, 처치 집단의 수업에서 탐구 활동 및 개념 학습의 비중이 상대적으로 적었음에도 통제 집단과 과학 성취도가 유사한 것으로 나타났다. 이는 학교 과학 탐구 수업에서 개념 학습의 비중을 줄더라도 과학 탐구의 본성을 수업 내용에 포함시켜 직접적으로 다루는 것이 학생들의 과학 탐구의 본성에 대한 인식론적 견해를 향상시키는데 현실적인 방안이 될 수 있음을 시사한다. 그러나 과학 수업에 대한 즐거움 측면에서 차이가 없었던 결과는 과학 탐구의 본성에 대한 명시적-반성적 탐구 학습 프로그램이 학생들에게 인지적 부담을 줄 가능성이 있음을 의미

한다. 실제로 학생들은 소집단 토론 활동이나 과학 탐구의 본성에 대한 이해, 자신의 생각을 글로 쓰고 발표하는 활동 등을 수업에서의 어려움으로 인식하였으므로 이에 대한 학생들의 부담을 줄이기 위한 방안을 마련할 필요가 있다.

한편, 처치 집단의 학생들도 과학 탐구에 대한 인식론적 견해의 수준이 여전히 낮은 편이었다. 그 원인으로 여러 가지가 있을 수 있으나 본 연구의 수업 처치 기간이 짧았던 것이 하나의 원인일 수 있다. 이는 학생들의 과학의 본성에 대한 인식론적 견해가 점진적으로 발달하는 특성이 있는 것으로 보고되고 있으므로,<sup>39</sup> 학생들이 과학 탐구의 본성에 대해 접하고 생각해볼 수 있는 기회를 가능한 많이 제공하는 것이 중요하기 때문이다. 또한, 학생들이 소집단 활동을 통해 탐구 및 토론을 수행하는 과정에서 다양한 어려움을 겪은 것으로 미루어 볼 때, 전통적인 강의식 수업에 익숙한 학생들이 새로운 수업 방식에 적응하여 능동적으로 수업에 참여하는데 시간이 더 필요할 수 있다. 따라서 프로그램을 장기간에 걸쳐 적용하여 그 효과를 조사할 필요가 있다.

개발한 탐구 학습 프로그램의 효과를 제고하고 미비점을 보완하기 위해서는, 학생의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해의 형성에 영향을 미칠 수 있는 요인들을 탐색하여 프로그램에 반영할 필요가 있다. 이를 위해서는 탐구 수업 과정에서 학생들이 거치는 학습 과정을 심층적으로 조사하고, 학습 생태학의 관점<sup>17</sup>에서 과학 탐구에 대한 인식론적 견해 형성에 영향을 미칠 수 있는 학생들의 인지적 요인뿐만 아니라 정의적, 문화적 요인들을 밝히기 위한 심층적인 연구가 계속적으로 이루어져야 할 것이다.

**Acknowledgments.** 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2009-327-B00641).

## REFERENCES

1. Schwartz, R. S.; Lederman, N. G.; Crawford, B. A. *Sci. Educ.* **2004**, *88*(4), 610.
2. Wong, S.; Hodson, D. *Sci. Educ.* **2008**, *93*(1), 109.
3. Schwartz, R. S.; Lederman, N. G.; Lederman, J. S. An instrument to assess views of scientific inquiry: The VOSI questionnaire. Paper presented at the International Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Baltimore, MD, 2008.
4. Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. S. *J. Res. Sci. Teaching* **2002**, *39*(6), 497.
5. Kang, S.; Kim, Y.; Noh, T. *J. Korean Assoc. Res. Sci. Educ.* **2004**, *24*(5), 996.
6. Kim, J.-N.; Kim, S.-K.; Kim, D.-U.; Kim, H.-K.; Paik, S.-

- H. *Elementary Sci. Educ.* **2008**, 27(3), 261.
7. Bang, M.; Kim, H.-N. *Elementary Sci. Educ.* **2010**, 29(3), 277.
8. Choi, J.; Nam, J.; Ko, M.; Ko, M. *J. Korean Assoc. Res. Sci. Educ.* **2009**, 29(2), 221.
9. Bartholomew, H.; Osborne, J.; Ratcliffe, M. *Sci. Educ.* **2004**, 88(5), 655.
10. Han, S.; Choi, S.; Noh, T. *J. Korean Assoc. Res. Sci. Educ.* **2012**, 32(1), 82.
11. Yang, I.-H.; Jeong, J.-W.; Kim, Y.-S.; Kim, M.-K.; Cho, H.-J. *J. Korean Earth Sci. Soc.* **2006**, 27(5), 509.
12. Chinn, C. A.; Malhotra, B. A. *Sci. Educ.* **2002**, 86(2), 175.
13. Lederman, N. G. *Handbook of Research on Science Education*, Vol. III; Lawrence Erlbaum Associates Publishers: New Jersey, 2007; p. 831.
14. Akerson, V. L.; Hanuscin, D. L. *J. Res. Sci. Teaching* **2007**, 44(5), 653.
15. Hanuscin, D. L.; Akerson, V. L.; Phillipson-Mower, T. *Sci. Educ.* **2006**, 90(5), 912.
16. Khishfe, R.; Abd-El-Khalick, F. *J. Res. Sci. Teaching* **2002**, 39(7), 551.
17. Abd-El-Khalick, F.; Akerson, V. L. *Sci. Educ.* **2004**, 88(5), 785.
18. Kim, K.; Noh, J.; Seo, I.; Noh, T. *J. Korean Assoc. Res. Sci. Educ.* **2008**, 28(1), 89.
19. Linder, C.; Marshall, D. *Learning and Instruction* **2003**, 13(3), 271.
20. Hsu, P.; van Eijck, M.; Roth, W.-M. *Int. J. Sci. Educ.* **2010**, 32(9), 1243.
21. Hofstein, A.; Lunetta, V. N. *Sci. Educ.* **2004**, 88(1), 28.
22. Park, J.; Kim, D. H. *J. Korean Assoc. Res. Sci. Educ.* **2008**, 28(2), 169.
23. Bell, R. L.; Blair, L. M.; Crawford, B. A.; Lederman, N. G. *J. Res. Sci. Teaching* **2003**, 40(5), 487.
24. Aydeniz, M.; Baksa, K.; Skinner, J. *J. Sci. Educ. Tech.* **2011**, 20(4), 403.
25. Bybee, R. *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*; American Association for the Advancement of Science: Washington, DC, 2000; p. 20.
26. Clough, M. P. *Int. J. Sci. Educ.* **2006**, 15(5), 463.
27. Khishfe, R.; Lederman, N. G. *J. Res. Sci. Teaching* **2006**, 43(4), 377.
28. Brickhouse, N. W.; Dagher, Z. R.; Letts, W. J.; Shipman, H. L. *J. Res. Sci. Teaching* **2000**, 37(4), 340.
29. Clough, M. P. Explicit but insufficient: Additional considerations for successful NOS instruction. Paper presented at the Annual Meeting of the Association for the Education of Teachers, St. Louis, MO, 2003.
30. Campbell, D. T.; Stanley, J. C. *Experimental and Quasi-experimental Designs for Research*; Rand McNally: Chicago, 1966.
31. Osborne, R. J.; Wittrock, M. C. *Sci. Educ.* **1983**, 67(4), 489.
32. National Research Council. *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*; National Academy Press: Washington, DC, 2000.
33. Lederman, N. G. How to assess nature of science and scientific inquiry, 2008; Retrieved from <http://msed.iit.edu/projectican/assessment.html>.
34. Fraser, B. J.; Walberg, H. J. *Studies Sci. Educ.* **1981**, 8(1), 67.
35. Kim, K.; Lee, S.; Noh, T. *Elementary Sci. Educ.* **2009**, 28(2), 121.
36. Hughes, R.; Molyneaux, K.; Dixon, P. *Res. Sci. Educ.* **2011**; DOI: 10.1007/s11165-011-9231-8.
37. White, K. Inservice teachers' understandings and teaching of scientific inquiry and nature of science. Ph. D. Thesis, Illinois Institute of Technology, Chicago, U.S.A., 2010.
38. Bell, R. L.; Lederman, N. G.; Abd-El-Khalick, F. *J. Res. Sci. Teaching* **2000**, 37(6), 563.
39. Khishfe, R. *J. Res. Sci. Teaching* **2008**, 45(4), 470.

**부록 1. 과학 탐구의 본성에 대한 명시적·반성적 탐구 학습 프로그램의 탐구 활동 및 목표, 과학 탐구의 본성 주제**

차시	탐구 활동 및 목표	과학 탐구의 본성 주제
1	고무찰흙과 양초의 질량, 부피를 여러 번 측정하고 단위 부피당 질량(밀도)을 계산한다. 고무찰흙과 양초의 질량, 부피, 밀도를 비교하여 밀도가 서로 다른 물질을 구별할 수 있는 물질의 특성이라는 결론을 도출한다.	<b>자료와 증거의 차이:</b> 서로 다른 물질의 질량, 부피, 밀도는 측정과 계산을 통해 얻은 자료이다. 이러한 자료만으로는 밀도가 물질을 구별하는 특성이라는 결론을 도출할 수 없다. 이러한 결론은 서로 다른 물질의 밀도를 비교해야만 나올 수 있으므로, 증거는 ‘서로 다른 물질의 밀도가 다르다’는 것이다. 즉, 과학에서 증거는 눈에 보이는 자료가 아니고 자료를 분석해서 나온 생각이다.
2	같은 부피의 수소와 이산화탄소 기체를 이루고 있는 분자를 일정한 크기의 용기에 각각 스티로폼 공 모형과 유리구슬 모형으로 나타내고, 일정한 크기의 용기에 담긴 모형들의 질량을 구함으로써 일정한 부피에 해당하는 물질의 질량이 다른 이유를 설명한다.	<b>과학 탐구의 목적:</b> 물질마다 밀도가 다른 이유를 분자 모형을 이용하여 설명하는 것처럼 과학 탐구는 현상이 일어나는 이유를 설명하는 것이라 할 수 있다. 과학 지식은 생활 속에서 이용되긴 하지만, 그것은 과학 탐구의 결과를 이용하는 것이다.
3	여러 가지 물질들을 물에 넣어, 물에 뜰지 가라앉을지 관찰한 결과와 물질들의 밀도 값을 이용하여 물질들을 분류함으로써 물질이 물에 뜨거나 가라앉는 것을 결정하는 것이 무엇인지에 대한 결론을 도출한다.	<b>과학적 탐구 방법의 다양성:</b> 과학 탐구는 어떤 현상이 일어나는 과정이나 이유를 설명하는 것이므로, 현상을 설명하는데 도움이 된다면 실험이든 분류든 모두 과학적인 방법이다. 물질이 물에 뜨고 가라앉는 현상을 설명하기 위해 분류를 사용하므로, 분류도 과학적 방법이다.
4	뜨거운 물이 위쪽, 찬 물이 아래쪽에 오도록 했을 때 물이 섞이지 않는 현상을 관찰하고, 그 이유를 각각 밀도와 대류로 설명한 의견 중 타당한 의견이 무엇인지 생각해 보는 과정을 통해 자료를 서로 다른 방식으로 해석하여 타당한 결론을 내릴 수 있음을 알 수 있다.	<b>자료에 대한 타당한 해석의 다양성:</b> 과학자마다 지식이나 경험에 차이가 있으므로 같은 자료라도 다르게 해석할 수 있다. 뜨거운 물과 찬 물이 섞이지 않는 이유를 밀도로도, 대류로도 타당하게 설명할 수 있는 것과 같이 자료가 같아도 어떻게 해석하는지에 따라 다른 결론을 도출할 수 있다.
5	주어진 준비물과 여러 가지 물질의 밀도자료를 이용하여 미지의 물질을 결정하기 위한 탐구를 계획하고 수행하여 탐구 질문에 대한 결론을 내리고, 탐구 질문을 해결하기 위해 사용한 과학 원리가 무엇인지 설명한다.	<b>자료와 증거의 차이:</b> 과학에서는 탐구 질문을 해결하기 위해 필요한 자료를 수집한다. 그러나 자료만으로는 결론을 도출할 수 없으며 미지의 물질의 밀도를 다른 물질들의 밀도와 비교해서 결론을 내리는 것이다. 따라서 결론을 뒷받침하는 근거는 밀도 자료가 아니라, 두 물질의 밀도가 같다는 증거이다.

부록 2. 과학 탐구의 본성에 대한 명시적 - 반성적 탐구 학습 프로그램에서 사용한 토론 활동지 예시

**토론여기**

☀ 덕만과 미실의 주장에 대해 조원들과 함께 토론해보자.

**덕만파**

**덕만의 주장**  
에스~! 분류도 실험처럼 과학적인 방법이야!

**미실파**

**미실의 주장**  
노~! 분류는 실험이지 않으니깐 과학적인 방법이 아니야!

**토론**  
실험 이외에 과학적인 방법이라고

근거

후대 조희 주장은...

그렇다면 ...  
☀ 설명하는데 도움이 되면, 분류도 과학적 방법이다. (O, X)

**문제**  
분류도 할 수 있을까?

근거

그 이유는...

☀ 과학적인 방법은 실험 뿐이다 (O, X)

**참고**

과학적 방법에는 실험만 있는 것이 아니라 분류도 있어. 지난 시간에 탐구가 어떤 현상이 일어나는 과정이나 이유를 설명하는 거라고 했잖아? 그러니까 설명하는데 도움이 된다면 실험이든 분류든 모두 과학적인 방법이라고 할 수 있어. 오늘 탐구에서도 물길을 묻어 뜨는 물길과 가라앉는 물길도 분류에서, 물길이 뜨고 가라앉는 것이 밀도 때문이라는 걸튼을 이끌어냈어. 이처럼 뜨고 가라앉는 현상을 설명하는데 분류라는 방법이 도움이 됐으니깐, 분류도 과학적 방법이야!

그런데 과학에서는 실험을 할 수 없는 주계도 있어. 예를 들어, 식물의 종류를 나누는 건 실험할 수 없어. 실험을 하려면 기체의 용해도 탐구처럼 알아보려는 것 외에는 목질이 해줘야 하는데, 식물의 목질을 침하는 디도 똑같이 만들 순 없잖아? 300년 전에 민네라는 과학자는 실험을 믿는지 아닌지에 따라 식물들이 분류에서 식물의 여러 특징을 설명했어. 이렇게 꼭 실험을 하지 않아도 분류들 통해 과학 지식을 얻을 수 있어. 다시 말해서, 분류도 과학적인 방법이야!