

초등학생의 ‘증거’ 사용에 따른 ‘과학적 정당화’ 활동의 분석

장신호 · 정수진
(서울교육대학교)

Analysis of Elementary Students' Scientific Justification Activities based on Evidence

Jang, Shinho · Jeong, Sujin
(Seoul National University of Education)

ABSTRACT

For this study, inquiry-based learning program was developed for promoting elementary students' scientific justification activities based on their uses of scientific evidences. The program was applied to the 5th grade science class to examine the types of evidences and major features of scientific justification activities. Analysis of the data showed that the evidences used by students were classified into knowledge-based evidence, experience-based evidence and authority-based evidence. As for students' justification features, this study reports three major cases: a case evolving evidence and justification to become more valid and logical, as inquiry activities progressed, other case maintaining less valid and illogical evidence and justification, and final case revealing passive and reluctant participation in the inquiry activities. Overall, students' participation in scientific justification process became more valid and relevant, while there were some students who were unable to make the relevant relations between evidences and claims they made. The educational implications were discussed to consider more effective ways to improve the scientific classroom environment through social knowledge construction.

Key words : scientific inquiry, evidences, claims, scientific justification, social interaction

I. 서 론

과학교육의 중요한 목표 중 하나는 기본 과학 개념과 지식의 축적뿐만 아니라 과학 탐구 활동을 통해 과학적 사고력을 기르는 것이다. 이러한 관점에서 탐구의 중요성과 목적에 대한 다양한 논의들이 이루어지고 있으며, 과학 탐구는 단순한 실험 활동이 아니라 과학적 의사소통을 통해 이루어지는 사회적 문제 해결 과정으로 이해된다(National Research Council(NRC), 1996, 2000; Watson *et al.*, 2004).

그러나 학교 과학의 실제 탐구 활동에서는 학생

들의 사회적 의사소통이 원활하고 효과적인 탐구 활동으로 진행되는 데에 여러 가지 어려움이 따른다. 그 이유는 교사의 지시에 따라 기계적인 과정으로 일관하는 요리책식 실험 수업의 형태를 유지하는 경우가 많고(심규철 등, 2006; 장신호, 2006), 교사 자신이 과학 탐구 활동에 대한 이해와 지식이 부족하거나 탐구 수업을 실제로 어떻게 진행해야 하는지에 대한 교수 전략이 부족한 경우 또한 많기 때문이다.(박영신, 2006; 진순희와 장신호, 2007; Zembal-Saul, 2002).

학생들이 탐구를 위한 토론, 의사소통을 진행하

이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-327-B00560)

2010.6.10(접수), 2010.9.19(1심 통과), 2010.10.23(2심 통과), 2010.11.20(최종 통과)

E-mail: shjang@snu.ac.kr(장신호)

는 경우에도 고차원적 탐구 사고 활동보다는 단순히 정보를 교환하는 수준에 머무는 경우가 많다(김조연 등, 2001; 이현영 등, 2002; 전경문과 노태희, 2000). 초등학생의 과학적 증거와 설명 능력을 분석한 결과, 많은 학생들이 과학적 사고 능력, 증거 수집, 자료의 객관성, 증거의 관련성, 자료 해석 등의 능력이 결여되어 있는 것으로 나타났다(정혜선과 오은아, 2003).

최근에 학교 과학 탐구 기반 수업을 활성화 시키고 학생들의 과학적 의사소통 능력을 증진시키는 방안의 하나로 과학적 증거를 사용하여 학생들이 생성하는 과학 지식을 정당화하는 방안이 적극 논의되어 왔다(NRC, 1996, 2000; Wu & Hsieh, 2006; Zembal-Saul, 2002). 과학 활동에서의 ‘증거’란 학생들의 과학 탐구 문제에 대한 가설 · 주장을 뒷받침하기 위해 사용하는 과학적 사실이나 근거를 말하며, 이미 설정했던 가설이나 주장이 진실인지 아닌지 밝힐 수 있는 역할을 한다(Bell & Linn, 2000; Tytler *et al.*, 2001). 증거는 탐구 과정의 산물로서 도출하는 과학 지식과 주장을 뒷받침하고, 이의 타당성을 정당화하는 데에 중요하게 기여한다. 학생들이 과학 탐구를 진행함에 있어 수집한 증거 및 실험 자료의 가치를 판단하는 활동은 중요하다. 과학 탐구 과정에서 학생들이 자연 현상을 설명하고 탐구 결과를 해석하기 위해 증거를 효과적으로 이용하는 능력은 필수적인 탐구 능력에 해당하기 때문이다(Gott & Duggan, 1996).

과학자들의 지식 창출 과정은 증거에 기반하며, 자신의 주장을 과학 공동체에 제안하는 과학 지식의 정당화 과정을 반드시 포함한다(Driver, *et al.*, 200). ‘과학적 정당화’란 특정 과학 주제에 대하여 탐구 결과를 포함하는 증거를 바탕으로 자신의 의견이나 과학적 가설이 참이라는 것을 주장하고, 다른 사람을 이해 · 설득시키기 위한 탐구 활동을 말한다. 과학을 배우는 학생들 또한 과학자들의 과학 활동과 유사한 탐구 활동을 한다. 탐구 과정 동안에 학생 자신의 의견 · 지식에 대한 과학적 정당화 과정을 통해 과학적 사고를 정교화하고 과학적 탐구 능력을 함양할 수 있기 때문이다. 이러한 관점에서 과학적 정당화는 학교 과학 탐구 활동의 중요한 요소로서 다른 사람들에게 질문하고 증거를 평가하고 논리성을 검토하며, 같은 실험에 대해 여러 가지 대안을 펼침으로써 증거와 과학적 지식간의 관계를 견고히

하는 역할을 한다(NRC, 2000).

학생들은 과학 지식과 이론을 형성하기 위하여 사회적 의사소통 과정을 통해 자신의 의견과 지식을 과학적으로 정당화하는 과정을 거치게 된다. 이때 증거를 바탕으로 하는 탐구 활동은 효과적인 의사소통과 정당화 활동에서 중요한 역할과 기능을 한다(김희경과 송진웅, 2004; Newton *et al.*, 1999; NRC, 1996, 2000). 즉, 과학 탐구 과정에서 ‘증거’의 역할과 중요성을 학생들이 이해하고, 탐구 과정에서 과학적 정당화 활동을 효과적으로 전개하도록 지도하는 교사의 활동은 효과적인 탐구 학습을 촉진시키는 중요한 교수 방법이다.

이에 본 연구에서는 증거를 사용하여 과학적 정당화 활동을 촉진하는 탐구 학습 프로그램을 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 개발 · 적용하였다. 학생들이 탐구 수업에 참여하면서 사용하는 증거의 다양한 유형과 특징을 분석하였고, 학생들의 탐구 활동을 집중 관찰하여 초등학생들의 과학적 정당화 활동을 증거 · 주장의 타당성 및 논리성 측면에서 사례 분석하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 서울시에 위치한 R 초등학교 5학년 1개 학급(39명) 학생들을 대상으로 자신의 주장을 뒷받침하는 증거를 사용하여 과학적 정당화 활동을 촉진하는 과학 탐구 수업을 총 12차시(6주)에 걸쳐 진행하였다. 학생들의 증거 사용을 촉진하기 위하여 5학년 2학기 ‘5. 용액의 반응’, ‘6. 전기 회로 꾸미기’, ‘7. 태양의 가족’, ‘8. 에너지’ 단원의 내용을 중심으로 탐구 문제를 개발하고, 이를 해결하기 위해 수집한 증거를 이용하여 자신의 의견과 주장을 뒷받침하여 설명하도록 하는 과학적 정당화 활동을 진행하였다.

학생들이 탐구 수업 동안 사용하는 증거의 유형 및 과학적 정당화 활동의 특징과 변화를 분석하기 위하여 8명의 학생을 집중 관찰 그룹으로 선정하여 구체적인 자료를 수집하였다. 교사 및 동료 학생들과 상호작용이 활발하고 과학 시간에 언어적 참여 수준이 높은 학생을 선발하여 한 모둠에 4명씩 두 개의 모둠으로 나누어 구성하였다. 1모둠에는 보연, 태석, 선미, 정우를, 2모둠에는 다민, 준서, 수희, 경

민을 배정하였으며, 학생들의 이름은 가명을 사용하였다.

2. 과학적 정당화의 활동 분석틀

초등학생들이 사용하는 증거와 정당화의 유형 및 특징을 조사하기 위하여 (1) 증거의 유형과 (2) 과학적 정당화 활동을 분석하기 위한 분석틀을 개발하였다.

학생들이 사용하는 증거의 출처와 관련된 선행 연구를 참고하여(김희경, 2003; 김수미, 2008) 초등학생의 활동을 분석하는 데에 적합한 틀을 마련한 후, 과학교육전문가 3인과 함께 분석틀을 수정·보완하여 본 연구에 적합한 분석틀을 최종 도출하였다(정수진, 2008).

1) 증거의 유형 분석

본 연구에서는 초등학생들이 사용하는 증거의 유형을 분석하기 위하여, 학생들의 증거 사용과 관련된 선행 연구들 중에서 중학생의 과학탐구 과정(김희경, 2003), 대학생의 수학 정당화 활동(조경희, 2004)과 관련된 연구를 참고하여 초등학생들이 사용하는 증거의 유형을 경험, 지식, 외부 권위로 구분하였다(그림 1).

그림 1과 같이, 경험적 증거란 과학실험, 실생활의 경험처럼 학생들이 직접 활동하며 습득한 것을 증거로 제시할 때를, 지적(개념적) 증거란 과학 용어·개념, 신념에 의한 증거를 사용하는 경우로 나누어 분석하였다. 외부 권위에 의존한 증거로는 교사, 부모, 친구 등 사람과 교과서, 참고서, TV 등의 자료에 의존하는 경우로 구분하였다.

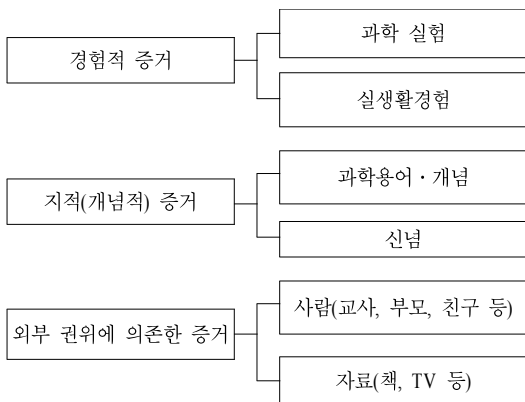


그림 1. 증거의 유형

2) 과학적 정당화 활동의 분석

증거는 과학적 정당화 활동을 촉진하는 탐구 기반 학습에서 주장을 뒷받침하는 데에 사용되며, 증거를 바탕으로 주장이 형성된다(그림 2).

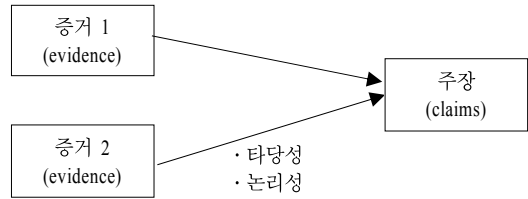


그림 2. 과학적 정당화의 활동 요소

그림 2와 같이 본 연구에서는 증거와 주장이 지니는 타당성, 증거-주장 사이의 논리성을 학생들의 과학적 정당화를 평가하고 분석하는 주요 요소로 설정하였으며, 학생들이 과학 수업 시간에 나타내는 정당화 활동을 분석하기 위하여 이를 이용하였다. 즉, 탐구 수업 과정 동안에 학생들이 전개하는 증거와 주장의 내용을 비디오 녹화하여 분석함으로써 학생들이 제시하는 증거와 주장의 내용이 과학적으로 타당한지(타당성 분석), 증거와 주장 사이의 관련성이 논리적인지(논리성 분석)를 구체적으로 조사하였다.

증거와 주장의 타당성(validity)이란 탐구할 주제에 대한 증거와 주장이 각각 과학적으로 옳은지를 평가하는 것이다. 예를 들어, 전구의 연결 방법에 따른 밝기를 알아보는 수업에서 학생들 간의 대화를 보면,

다민: (가장 밝은 회로는) 4, 5, 6번이었는데 ... 왜냐하면 전기가 그냥 어떤 선을 거치지 않고 바로 가기 때문에. 더 전류의 양이 많아질 거라고 생각을 했기 때문이야.
 태석: 1,2,3 회로가 제일 밝을 듯합니다. 왜냐하면 ... 전 예지할 수 있는 능력을 가졌습니다.

1, 2, 3번 회로는 전구의 병렬연결, 4, 5, 6번 회로는 전구의 직렬연결을 나타내고 있었고, 이에 따라 병렬연결인 1, 2, 3번 회로가 더 밝다는 내용이 과학적으로 옳은 경우였다. 이때 다민의 경우, 전구의 밝기가 가장 밝은 회로가 4,5,6이라고 하며, 옳지 않은 주장과 과학적으로 타당하지 않은 근거와 이유를 증거로 제시하고 있다. 태석의 경우에는 1, 2, 3

번이라고 옳은 주장을 하지만 자신의 뛰어난 능력 때문에 그렇게 생각한다고 하며 적절한 증거를 제시하지 못하고 있다.

증거와 주장 사이의 논리성(logicality)이란 탐구할 주제에 대한 주장을 펼 때, 주장과 증거 사이에 논리적이고(logical), 관련(relevant)이 있는 연결성을 나타내는 것을 말한다. 본 연구에서는 증거를 바탕으로 주장을 펼치기까지의 과정을 분석한 후, 증거와 주장의 관계에 초점을 두어 학생들이 주장을 펼치는 데에 논리성과 연관성을 맺는지를 분석하였다. 예컨대, 대리석으로 된 건물이 훼손되는 이유에 대한 학생들의 의견 중에서,

- 수화: 산성비일 것 같아. 산성비는 산성 물질이기 때문에 대리석, 금속 등을 녹게 해. 그러니까 환경이 오염되어서 산성비가 내렸을 것이고, 그 산성비 때문에 대리석이 반응해서 저렇게 된 거야.
- 경민: 산성비가 그런 거야. 산성비의 주성분은... 무엇 이더라? ... 아무튼, 산성비가 그런 것 같애.

수화의 경우, 산성비가 산성 물질로 구성되어 있기 때문에 대리석이 녹아내린 것이라는 주장을 하였고, 이러한 주장을 뒷받침하기 위하여 산성 물질, 환경오염을 제시하며 논리적 관련성을 맺고 있다. 그러나 경민의 경우, 산성비가 주 원인이라는 주장을 펼치고 있지만, 왜 그런 결과가 나타났는지에 대한 뚜렷한 증거를 논리적으로 제시하지 못하고 있다.

표 1. 탐구 활동 문제

단원	학습 주제	탐구 활동 문제
용액의 반응	대리석으로 만든 문화재나 건물이 손상되는 까닭	체험학습 날입니다. 박물관에 간 은상자와 혜연이는 이상한 것을 발견했습니다. 대리석으로 된 조각품들이 훼손되어 있었던 거죠! 그 뿐만이 아니었어요. 대리석으로 만든 건물도 마찬가지였습니다. 대리석으로 만든 조각품과 건물을 훼손시킨 범인은 누구일까요?
전기 회로 꾸미기	주변에서 전기 회로의 연결 살펴보기	○○초등학교 어린이회에서는 크리스마스를 맞이하여 현관 앞에 높이 2 m 정도의 크리스마스 트리를 장식하기로 결정했습니다. 아름답게 하기 위해서는 장식전구가 필요했습니다. 장식전구는 어떤 방법으로 연결해야 할까요?
	여러 가지 방법으로 전구 2개 연결하기	전구 2개가 있습니다. 전구 2개를 동구는 직렬연결로 4, 5, 6번 회로를, 성구는 병렬연결로 1, 2, 3번 회로를 연결했습니다. 몇 번 회로의 전구가 가장 밝을까요?
태양의 가족	태양계 행성의 특징 알아보기	그림은 영화 'ET'의 외계인 생명체의 모습이다. 지금까지 알려진 바에 의하면 태양계 행성 중에서 생명체가 살고 있는 곳은 지구 하나 뿐이다. 만약 화성에 생명체가 살고 있다면 어떤 모습(생김새)을 하고 있을까요? 화성의 온도, 기압, 대기 등의 특징을 생각해서 예상해 보시오.
에너지	열에너지로 변하게 하기	원시시대의 사람들은 어떻게 불을 만들어 온도를 변화시켰을까요? 추운 겨울 날 손이 너무 차가운데 어떻게 해야 할까요? 온도를 높이는 데에는 열이 필요합니다. 온도를 높이는 데에 불로 직접 가열하는 방법 외에 어떤 방법이 있을지 자신이 생각한 방법대로 철사의 온도를 높여봅시다.

3. 증거와 정당화 활동을 촉진하는 탐구 학습의 단계

본 연구에서 초등학생들의 증거 사용과 정당화 활동을 촉진하기 위하여 일반적인 탐구학습 단계를 따르면서 ‘가설 세우기’, ‘탐구 실험하기’ 및 ‘결론 도출하기’ 단계에서 과학적 정당화 활동을 하도록 안내·강조하였다(정수진, 2008). 탐구 학습 각 단계에서 과학적 정당화 활동과 관련된 활동을 살펴보면, 수업 도입부에서는 증거의 사용과 정당화 활동을 촉진하기 위하여 교육과정에 따른 학습 주제별로 탐구 활동 문제를 개발하여 학생들에게 제시하였다(표 1).

‘가설 세우기’ 단계에서 학생들은 제시한 탐구 문제를 읽고, 탐구 문제에 대한 자신의 의견과 이를 뒷받침하는 증거를 개인별로 쓰도록 하였다. 학생 개인의 주장, 의견을 글로 쓰도록 하여, 과학 주제에 대해 자신의 생각과 아이디어를 구체화할 수 있도록 전개하였다. 또한 이를 바탕으로 모둠원들에게 자신의 의견을 발표하고, 특정 과학 주제에 대한 토론을 전개하였다.

‘탐구 실험하기’ 단계에서는 탐구 문제를 해결하기 위한 실험을 모둠별로 진행하였다. 탐구 문제와 관련된 개인의 의견과 생각을 모듬의 친구들과 자유롭게 토론하며 최초로 설정했던 가설이 과학적으로 타당한지 증거를 수집하면서 이를 지속적으로 검증하는 활동을 전개하도록 유도하였다.

교사는 학생 개인이 타당하고 논리적인 증거를 들어 다른 학생들을 설득하고 인정받도록 노력함으로써, 학생이 제안하는 증거와 주장이 모둠 내에서 논의되고 토론될 수 있도록 격려했다. 이때, 다음 학생은 앞 학생의 의견에 대해 찬성/반대할 수 있으며 그 이유를 말하고, 모든 모둠원의 의견을 들어본 후, 모둠 의견을 결정하도록 하기 위한 사회적 상호작용을 촉진하였다.

‘결론 도출하기’단계에서는 모둠별 활동을 마친 후 모둠 간 의견을 나누는 단계이며, 한 모둠에서 탐구 문제에 대한 결과와 이유를 발표하면 다른 모둠들은 모둠내의 결과·의견과 비교·평가하여 인정 또는 반박하는 논쟁 활동을 전개하였다. 교사는 모둠 간 토론이 원활히 진행되도록 도와주었으며, 학생들은 자기 모둠의 주장이 인정받고 다른 모둠을 설득할 수 있도록 활동하였다. 모둠 간에 학생들이 자유롭게 토론할 수 있도록 교사는 학생들을 격려했으며, 필요한 경우 모둠 간 자리이동도 허용하였다.

4. 자료의 분석

본 연구에서는 초등학생들이 사용하는 증거와 정당화 활동의 다양한 유형 및 특징을 분석하기 위하여 과학 탐구 활동을 통해 얻어진 학생들의 탐구 활동 자료를 수집하였고, 탐구 활동 과정에서 학생들의 대화 내용, 상호작용, 실험 과정 등 모든 자료를 근거 이론(grounded theory)에 기반을 둔 정성적 연구 방법으로 분석하였다(Miles & Huberman, 1994).

즉, 학생들이 나타내는 증거의 유형과 정당화 활동의 특징을 분석하기 위하여, 총 12차시의 과학 수업 중 학생들이 증거를 사용하고, 과학적 정당화 활동의 특징이 드러나는 수업 자료를 선별하여 분석하였다. 학생들의 언어적 논의 과정이 활발하고, 탐구 주제에 대한 다양한 의견 교환이 활발히 발생하였던 6개의 수업 차시와 내용을 선정하여 2개의 집중 관찰 그룹(총 8명)을 대상으로 수업 오디오 녹음 자료(12개) 및 비디오 녹화 자료(18개)를 전사한 후 탐구 실험 내용과 과정, 언어적 상호작용을 분석하였다.

각 수업 차시별로 학생 개인이 탐구 활동을 진행하면서 모둠 내에서 주고받는 모든 대화 내용과 상호작용 과정을 발췌한 뒤 ‘증거 유형-정당화 활동(타당성, 논리성)’으로 구분하여 코딩하고 프로토크를 부여하였으며, 학생간 그리고 교사와의 상

호작용 과정을 집중 분석하였다. 증거와 정당화 과정과 관련된 자료 코딩 내용을 검토하여 학생들이 나타낸 과학적 정당화 과정을 증거의 유형, 증거·주장의 타당성 및 논리성 요소로 구분하고, 시간 흐름별로 나누어 분석하였다. 증거와 정당화 활동의 전체 분석 과정을 통하여 각 요소별 분석 결과에서 나타난 분석시간 최종 일치도는 .88이었다.

III. 연구 결과

1. 증거의 유형

본 연구에서 증거를 사용하도록 과학 탐구 수업을 진행하였을 때, 초등학생들이 어떠한 유형의 증거를 사용하는지 분석한 결과를 표 2에 제시한다.

표 2와 같이, 학생들의 과학 활동지, 보고서, 학생 개인의 진술 내용을 분석한 결과, 증거를 사용한 경우가 80.3%, 증거 없이 단순한 주장만 펼치는 경우가 19.7%로 나타났다. 따라서 교사가 탐구 수업 시간에 학생들이 자신의 주장을 뒷받침하는 증거와 근거를 제시하도록 하는 수업을 전개하였을 때, 대부분의 학생들이 자신의 주장을 뒷받침하기 위한 증거를 사용하려고 노력했음을 알 수 있었다.

학생들이 사용했던 증거의 유형을 구체적으로 살펴보면, 경험적 증거(17.5%), 지적 증거(47.0%), 외부 권위에 의존한 증거(12.1%) 순으로 나타남으로써, 초등학생들의 경우 개인의 지식, 개념을 바탕으로 증거를 가장 많이 사용하는 것으로 나타났다. 이는 중학생들이 개방적 물리 탐구 상황에서 동료 간 논

표 2. 학생들이 사용한 증거의 유형

유형	출처	N(%)
경험	과학 실험	20(15.2)
	실생활 경험	3(2.3)
지식	과학 용어·개념	42(31.8)
	신념	20(15.2)
외부 권위	사람	1(0.7)
	자료	15(11.4)
기타		5(3.8)
증거사용 하지 않음		26(19.7)
합계		106(100.0)

변 활동을 할 때 사용한 증거의 출처가 지식, 경험, 외부 권위 순인 연구 결과와도 유사하다(김희경, 2003).

이러한 결과를 볼 때, 학생들은 동료 학생들에게 자신의 의견을 인정받고자 하거나, 자신의 주장을 전개하려 할 때에 객관적이고 신뢰도가 높은 ‘과학 지식’을 증거로 제시하거나 활용함으로써 설득력을 얻으려고 한다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에 참여한 초등학생들이 어떠한 유형의 증거를 수업 시간에 사용하였는지를 학생들 간의 상호작용한 대화 내용 가운데에서 발췌하여 제시하면 다음과 같다.

1) 경험적 증거 - 실생활, 과학 실험

경험적 증거는 실생활 및 과학 실험 경험을 증거로 제시한 경우를 말한다.

다음은 6단원 전기 회로 꾸미기 활동 중에서, ‘5차시 크리스마스 전구의 연결 방법 알아보기’ 차시 동안 일어난 대화이다. 민석은 처음에는 자신이 이전에 배운 과학 지식, ‘전구의 직렬 연결에서 전구가 하나만 고장 나도, 모든 전구가 켜지지 않는다.’를 다른 친구들에게 말하였다. 이를 바탕으로 민석은 크리스마스 트리의 전구는 병렬로 연결되어 있음을 주장하였다. 그러나 반대로 다른 친구들은 크리스마스 트리의 전구는 직렬로 연결되어 있음을 주장하며, 민석의 의견을 인정하지 않으려 하였고, 이 때 민석은 다음과 같은 자신의 경험을 꺼내었다.

민석: 트리를 봤는데... 전구를 봤는데 ... 한 개가 꺼진 거야. 만져봤는데 안 돼. 딴 거는 다 켜졌던데!
 정우: 아~~ 맞아! 맞아! 맞아! 맞아! 크리스마스 트리~~ 그래...
 민석: 그러니... 병렬이야.

민석이 자신의 경험을 바탕으로 주장하자, 다른 학생들 또한 자신들의 경험을 보태기 시작하며,

승마: 집에서 크리스마스 트리를 바라봤는데요, 전구가 하나하나 켜 직렬이 아니라요 전구가 이렇게 막 하나 연결되면 그 다음 것도 거기에 가지를 쳐서.
 정우: 아! 병렬이지. 근데 병렬이지 않냐? 크리스마스 트리 내가 사진 봤거든. 한 개가 꺼졌어.. 나머지 다 켜져 있었다니까. 내가 봤다니까...내가 봤다니까..

이후, 학생들은 자신들의 실생활 경험을 바탕으로, 크리스마스 트리가 병렬 회로로 연결되어 있고,

병렬로 연결되어 있는 경우 전구 하나가 꺼진다고 하더라도 다른 전구들은 켜질 수 있음을 일관되게 주장하였다.

2) 지적 증거 - 과학 용어·개념, 신념

많은 학생들은 자신의 의견을 다른 학생들에게 인정받기 위하여 자신이 습득했거나 알고 있는 과학적 용어나 개념, 과학적 지식과 사실을 이용하였다.

‘대리석으로 만든 문화재를 손상시키는 범인 찾기’ 활동에서 경민과 수희는 전 시간에 배웠던 ‘금속은 산성 용액에 반응한다.’라는 과학 개념을 증거로 하여 누가 범인인가를 이야기하며 자신들의 주장을 전체 학생들을 앞에서 발표하였다.

경민: 저는 산성비 때문일 거라고 생각합니다. 왜냐하면 산성용액에 대리석이 녹기 때문입니다.
 수희: 산성.. 산성비일 것 같습니다. 산성비는 산성 물질이기 때문에 대리석 금속 등을 녹게 합니다. 그러니까 환경이 오염되어서 산성비가 내렸을 것이고, 그 산성비 때문에 대리석이 반응을 해서 저렇게 된 것일 것 같습니다. 그 증거는 제가 배웠습니다.

하지만 학생들은 언제나 옳은 과학적 개념만을 증거로 제시하지 않았다.

선미는 병렬연결의 경우 연결선이 나뉘어져 있기 때문에 전기가 더 잘 흐를 것이므로, 더 밝을 것이라는 개인의 신념을 바탕으로 다음과 같은 주장을 전개하였다.

선미: 아니지! 병렬이 더 밝지!
 정우: 아니지! 직렬이 밝지!
 선미: 아니거든요!
 보연: 조용히 해! 이유를 들어야지...
 정우: 직렬이 바로 연결하니까 직렬이 더 밝지?
 선미: 병렬은 이게 따로따로 되어 있으니까 전기가 흐르기가 좋지!
 정우: 아니? 1/2로 나누잖아. 전기가~! 1/2로 나눠지지!
 선미, 보연: 실험해! 실험해봐!

이처럼 학생들은 자신이 이해하는 과학적 개념 또는 개인의 신념을 바탕으로 다양한 증거를 제안함으로써 자신들의 주장을 펼치고 있었다. 때로는 옳은 과학 개념을, 때로는 과학적이지 못한 개인의 막연한 생각을 바탕으로 자신의 주장을 동료들에게 이야기하며 정당화하는 경우가 많았다.

3) 외부 권위에 의존한 증거

외부 권위에 의존하여 증거를 제시하는 경우는 자신의 생각보다는 다른 사람(선생님, 부모님, 다른 학생 등)과 자료(교과서, 책, TV 프로그램 등)를 바탕으로 자신의 주장을 뒷받침하는 경우를 포함한다.

전기회로도에서 전류가 흐르는 길을 알아보는 활동 중에 선미와 정우는 의견이 일치되지 않자 교사에게 도움을 청하였다.

선미: 1번이 가인가? 이게 이쪽으로 흐르자나.

정우: 아니지, 이쪽으로 흐를 수도 있지.

선미: 플러스잖아. 굵은 게.

태석: 아냐, 얇은 게 플러스야.

정우: 이 멍충이.

선미: 선생님, 선생님? 얇은 게 플러스예요, 굵은 게 플러스예요?

위의 예에서 볼 수 있듯이, 선미의 경우 자신의 의견을 주장하기 위해 교사에게 도움을 청하였다. 선미는 몰라서 묻는 것이 아니라, 교사의 도움과 지원을 기대하며, 교사의 권위에 의존하고 있음을 보여준다.

일반적으로 옳은 판단을 내리기 위해서 정확한 정보를 필요로 하는 경우 권위 있는 전문가에 의존하게 되며, 이러한 권위에 따른 의견을 더욱 신뢰하게 되는 경향이 있다. 특히 학생들에게 교사는 수업 상황에서 권위가 있는 과학 전문가로 인식되며, 학생들은 자신의 의견 및 증거에 신뢰성을 확보하기 위해 교사에게 도움을 구하는 것으로 생각된다.

또한, 학생들은 책, 문제집, TV 등 자료의 권위에 의존함으로써 다른 학생들에게 자신의 의견이 옳다는 것을 보이는 경우가 있었다.

예를 들어, 다민은 산성비가 대리석을 녹일 수 있다는 증거로 자신이 배웠던 노래를 그 증거로 제시하고 있다.

다민: 범인은 산성비일 것 같습니다. 비가 올 때 산성비가 내려서 문화제가 녹게 된 것이고 ... 그 이유는 “산과 염기송” 노래에서 그 ... 가사 부분에 대리석에 녹는다고 나왔기 때문입니다.

위에서 다민이 말하는 ‘산과 염기송’ 노래는 ‘용액의 성질’ 단원에서 배웠던 노래인데, 이 노래의 가사 속에는 산성과 염기성 용액의 종류, 지식약과의 반응의 내용, 용액의 반응에 해당하는 내용이 있

다. 다민은 이 노래의 가사에 나오는 산성의 성질을 바탕으로 자신의 주장을 다른 학생들에게 설득시키기 위한 외부 권위 자료로 사용하였다.

4) 증거 없는 단순 주장

본 연구에 참여했던 대부분의 초등학생들은 증거를 제시하며 자신의 주장을 전개하였다. 그러나 증거를 바탕으로 자신의 주장을 제안하도록 강조했던 교사의 지속적인 촉진 활동에도 불구하고, 증거 없이 자신의 주장만을 단순히 제시하는 사례들도 상당수 관찰되었다.

경민: 산성에는 대리석 등이 녹을 것 같습니다. 그리고 금속은 아무 이상 없을 것 같습니다.

수희: 산성 용액에 금속을 넣으면 녹고, 염기성 용액은 그대로 있을 것 같습니다.

선미: 병렬이 밝아! (더 이상의 대화 진행 없음)

위의 예에서와 같이, 산성 용액과 염기성 용액에 금속을 넣으면 어떻게 될지 예상해 보는 활동에서 경민과 수희는 자신의 주장만을 제안할 뿐, 왜 그렇게 생각하는지 어떠한 이유나 근거도 제안하지 않았다. 선미 또한 병렬연결을 할 때에 전구가 더 밝다는 자신의 생각만을 이야기할 뿐, 왜 그렇게 생각하는지, 어떠한 근거로 그렇게 생각하는지에 대한 어떠한 의견도 제안하지 않고 있다.

본 연구를 통해 학생들의 탐구 활동을 분석해 본 결과, 학생들은 구체적인 이유, 근거, 증거 없이 자신의 주장만을 제기하는 경우가 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 전기와 관련된 과제를 수행하며 고등학생들이 진행했던 논증과정을 분석하였을 때에도 많은 학생들이 증거 없이 주장만을 하고 있음을 밝힌 Kelly *et al.*(1998)의 연구 결과와도 유사하다.

즉, 이러한 결과는 학생들의 나이, 학년과 관계없이, 과학적인 증거를 바탕으로 자신의 주장을 제기하기 보다는, 증거 없이 막연한 주장을 펼치는 경우가 많음을 시사한다.

2. 과학적 정당화 활동의 유형: 증거·주장의 타당성, 논리성

탐구 학습 주제별로 수업이 진행되는 동안 나타나는 학생들의 과학적 정당화 활동의 유형은 타당성과 논리성 측면에서 다음의 3가지 유형으로 분류

할 수 있었다. 수업이 진행됨에 따라, 타당하고 논리적인 증거와 주장으로 점차 변화하는 경우, 타당하거나 논리적이지만 증거와 주장을 그대로 유지하는 경우, 증거 사용과 정당화 활동에 소극적인 경우로 다양한 유형이 나타났다.

이와 관련하여, 본 연구에 참여하였던 학생들 가운데서 다민, 태석, 보연을 중심으로 대표적인 3가지 사례를 제시한다.

1) 타당하고 논리적인 증거·주장으로 변화하는 사례: 다민

다민은 학업 성취도가 중위권에 속하고, 과학 시간에 주어진 과제와 활동에 성실하게 임하는 평범한 학생이었다. 다민의 경우, 수업 초기에는 타당하지 않은 증거와 주장을 펼치다가, 자신의 탐구 결과를 바탕으로 과학적인 증거를 확보하고 다른 학생들과 증거의 타당성을 논의하는 정당화 활동을 거치는 수업 후반부로 갈수록 점차 과학적으로 타당하고 논리적인 증거와 주장으로 바꾸는 탐구 활동의 특징을 보여주었다.

6단원 2차시 전기가 흐르는 회로도를 찾는 탐구 활동의 초반부를 보면, 다민과 모둠 친구들은 옳지 않은 증거와 주장을 계속 반복 제시하고 있었다. 탐구 주제는 6개의 전기 회로도 중에서 전기가 흐르는 회로도와 전기가 흐르지 않는 회로도를 구분하는 것이었다. 6개 중 1, 4, 5번 전기 회로도는 전기가 흐르고, 2, 3, 6번 전기 회로도는 전기가 흐르지 않는 회로도였다.

다민: 1번, 5번, 2번, 6번이 켜지고, 3번, 4번이 켜지지 않을 것 같습니다. 4번은 연결이 되지 않고, 3번은 선이 끊어져서입니다.

경민: 저는 1번, 4번, 5번, 6번이 전동기가 돌아가거나 전구의 불이 켜질 것이라고 생각합니다. 왜냐하면 다 연결이 잘 되었기 때문입니다. 1, 4, 5, 6만입니다.

수희: 경민이 의견에 찬성합니다. 다른 것은 건전지가 이상하고 함도 이상합니다. 1번, 4번, 5번, 6번 모두 잘 연결돼 있는데 3번은 선이 끊어지고, 2번은 건전지가 이상합니다.

위의 수업에서 학생들이 자신의 의견과 주장을 개별적으로 제시하는 정당화 활동을 개인적으로 전개하였고, 이후 개인의 생각을 모둠 친구들에게 말

하고 모둠 의견을 정하였다. 처음에 다민은 1, 2, 5, 6번 회로도가 켜진다고 틀린 주장을 펴고 있다. 경민, 수희는 다민의 의견에 반대하며 전기 회로도 1, 4, 5, 6번이 켜진다고 하였고, 다민은 더 이상 자신의 생각을 더 주장하거나 반박하지 않고 그냥 쉽게 자신의 주장을 바꾸려고 하였다.

다민: 나 의견 바꿀래.

경민: 됐어~ 벌써 이거 다 했는데~

준서: 1, 4, 5, 6번 회로도는 ... 켜진 것.

다민: (활동지에 적으며) 결론! 1, 4, 5, 6번은 ... 회로도는 켜진다. 나머지 2번, 3번 회로도는 켜지지 않는다.

다민의 모둠 4명 모두 전기 회로도를 잘못 이해하였기 때문에, 6번 회로도 전지의 극을 회로도처럼 연결하지 않았고, 다민의 모둠은 다른 모둠들에게 틀린 결론을 발표하여 다른 모둠들에게 반박을 당하였다.

이에 다민의 모둠은 6번 회로도를 다시 올바르게 연결하는 추가 실험을 진행하였다. 이 실험 과정을 통하여 다민은 자신의 실험 과정이 잘못되었음을 깨닫고 자신의 생각이 틀렸음을 인정하였다.

민석: 달라?

다민: 그 이유는 ... 6번은 우리도 처음엔 안됐는데, 선이 그, 그 플러스 값... 플러스극하고 마이너스 극이 잘못돼서 다시 고쳤더니 6번이 다시 됐어...

은규: 6번? 6번이 안됐다고?

다민: 6번이 됐다고. 그러니까 그것...잘못.... 똑같이 해서 다시 됐다고 말한 건데...

다른 모둠과의 상호작용을 통해, 증거에 기반을 둔 과학적 정당화, 특히 다른 동료들과 논의 과정을 함께 거치고 검증하는 과정에서 정당화 활동을 진행한 후 다민은 자신의 주장을 바꾸었다. 즉, 자신이 얻은 증거를 바탕으로 주장을 펼치다가, 다른 동료들이 다른 증거와 주장을 제시하며 상반된 논쟁이 진행되자, 다시 실험을 진행하여 새로운 증거를 확보하려는 노력을 하였다. 다민은 자신의 테이터에 오류가 있음을 인정하고 새로운 증거를 제시하였다.

다민: 그..아까..실험을 잘못했어요.

교사: 뭘 잘못했어요?

다민: 6번에 마이너스 극하고 플러스극을 잘못 연결했어요.

이처럼 다민의 경우에서 볼 수 있듯이, 주제별로 진행하였던 탐구 활동 초기에는 과학적으로 타당하지 못한 자료와 근거를 바탕으로 자신의 주장을 전개함으로써 논리적인 문제점을 드러내는 경우가 있지만, 탐구 활동이 진행되면서 다른 학생들과의 정당화 활동을 통하여 점차 과학적으로 타당한 증거를 바탕으로 주장을 논리적으로 전개할 수 있게 되었다.

이는 학생 개인의 과학적 사고 활동뿐만 아니라 다른 동료들과의 사회적 논쟁 활동을 촉진하도록 탐구 수업을 진행할 경우, 개인의 증거와 주장의 타당성을 지속적으로 검증하는 사회적 검증 과정을 통해 보다 타당하고 합리적인 과학적 의사결정 과정을 경험하도록 도와준 것으로 생각된다.

2) 타당하거나 논리적이지 않은 증거·주장을 그대로 유지하는 사례: 태석

태석은 학업 성취도가 상위권에 속하는 학생이었으며, 사설 학원에서 과학 개념을 앞서 학습함으로써 다른 학생들보다 단원에 나오는 과학 개념을 미리 알고 있는 경우가 많았다. 그러나 태석은 같은 모둠의 학생들인 선미, 정우와 달리, 과학적 정당화 활동의 측면에서 큰 차이를 보였다. 앞서 제시한 다민의 경우처럼, 선미, 정우는 수업이 진행될수록 타당하고 논리적인 증거·주장으로 변화하는 특징을 보인 반면, 태석은 수업 초기에 진행한 정당화 활동에서 자신의 생각을 드러낸 후, 그 생각이 과학적으로 올바르지 못한 경우라도 수업 끝까지 변하지 않고 자신의 생각을 그대로 유지, 주장하는 경우가 많았다.

태석이 자신의 주장을 시종일관 그대로 유지하였던 경우를 그 예로 제시하면, 태석의 모듬은 6개의 전기 회로도 중 전기가 흐르는 회로도와 전기가 흐르지 않는 회로도를 구분하는 활동을 하고 있었다. 다민 모듬과 같이, 태석 모듬도 1, 4, 5, 6번 전기 회로도가 전기가 흐른다고 의견을 모았다.

태석은 개인의 의견을 제시하는 학습 단계에서 1, 4, 5, 6번이 전기가 흐르고 2, 3번 전기 회로도는 전기가 흐르지 않을 것이라고 주장하였다.

태석: 이거 다 맞는 거야? 되는 거야?

정우: 어.

태석: 나 이거 아까 문제 나왔을 때, 풀었던 거 같아...

선생님, 여기 틀린 것도 있죠? 아! (2, 3번을 가리

키며) 이거 안 될 거 같아. 이것도 안 될 거 같아.

태석은 문제집에서 풀었으니 2, 3번 회로가 전기가 흐르지 않을 것이라며 주장을 펴고 있지만, 왜 전기가 흐르지 않는다고 생각하는지 이유나 근거는 제시하지 않았다.

태석: 그거 다 말하라고? 1,4,5,6 같습니다요.

6번 회로도 같은 극끼리 연결되어 있기 때문에, 전기가 흐르지 않는 회로도였다. 모듬 간 의견을 나누는 활동을 통해 태석 모듬의 결론과 다른 모듬들의 결론이 다른 것을 알고, 다시 한 번 전기 회로도를 연결해 보았다. 그런데 이상하게도 6번 회로의 전동기가 돌았다. 회로도대로 연결하지 못한 것을 보고, 다른 모듬 친구들이 다시 연결하여 전기가 흐르지 않음을 재삼 확인시켰다.

태석: 왜 돌았어? 아까?

선미: (건전지를 보여주며) 이게 이렇게 되어 하는데...

은규: 너희가 건전지를 반대로 끼었잖아.

태석: 아까 돌았는데?

태석은 다른 모듬의 은규가 와서 6번 전기 회로도를 맞게 연결하여 보여주고, 6번 회로의 전동기는 더 이상 돌지 않음을 보았음에도 불구하고 ‘아까 돌았는데?’하며 처음의 생각을 바꾸지 않고 계속하여 자신의 주장을 계속하고 있었다.

뒷 모듬에 있던 준수가 6번 전기 회로도가 작동하는지 다시 물어보니,

준수: 야! 6번 되지?

선미: (작동하지 않는다는 의미로)(손으로 “X” 표시를 하고 있음)

태석: 돼! 돼!

태석은 ‘돼! 돼!’라고 답하며 자신의 생각을 끝까지 고수하고 있었다.

태석은 다음 수업 시간에도 일관된 특징을 보였다. 이 시간의 탐구 활동 목표는 전구의 직렬연결과 병렬연결의 밝기를 비교해 보는 것이었다. 전구의 직렬연결 전기 회로도 4, 5, 6번과 전구의 병렬연결 전기 회로도 1, 2, 3번을 제시하고 어느 것이 더 밝을지 알아보는 탐구 활동이었다. 태석의 경우, 흥미로

은 사실은 문제집에서 본 내용부터 이야기하며, 실험 결과를 말하는 것이었다.

태석: 내가 알아낸 건데, 문제집에도 나왔어.
 정우: 야! 나 샤프심 줌~ 직렬은 병렬은 이것저것 다 연결한 건데.
 태석: 아니야! 이것저것이니까, 너도 문제집 풀었을 때... 너도 그렇게 나오지 않았냐?
 정우: 직렬로 연결한 게!
 태석: 아니야!
 정우: 시험 봤었어. 직렬 병렬.
 태석: 문제집이 이상할 리가 없잖아?

그러나 태석은 문제집에서 보았다는 것만을 반복할 뿐, 어떻게 직렬보다 병렬연결이 더 밝다고 생각하는 것인지 타당한 증거를 제시하지 못하였다.

이 활동을 통해 학생들은 전구의 밝기를 직관적으로 비교함으로써, 전구의 연결에 따른 밝기 차이를 알 수 있었다. 5학년 학생들의 경우, 전구의 밝기 차이를 개념적으로 설명하기 어렵기 때문에 경험적으로 비교, 확인해야하며 이를 자기 주장에 대한 증거로 활용할 수 있는 탐구 활동이었다.

보연: 밝기를 물어본 거잖아?
 선미, 태석: (전구의 불빛을 비교하며) 약하지? 약하지? 약하지? 약하지? 우리가 이겼어!
 보연: 병렬이 밝다는 이유가 뭐야?
 태석: 모르겠어~~~ 이유를 몰라...
 선미: 실험을 해 봐서!

왜 병렬연결이 직렬연결에 비하여 전구 밝기가 더 밝은지, 선미는 자신의 실험 경험을 증거로 제시하였다. 그러나 태석은 왜 더 밝은지에 대한 이유를 “모르겠어, 이유를 몰라”라고 답하였다. 태석은 문제집에서 보았던 실험 결과와 요약된 개념은 미리 알고 있었지만, 왜 그러한 결과가 나온 것인지 스스로 생각하려고 하지 않았다. 왜 그런지를 설명하기 위하여, 방금 확인했던 실험 경험과 결과를 이용하여 연결시키지 못하고 있었다.

태석 모둠의 친구들은 자신들의 생각을 뒤집을 수 있는 결정적 실험 증거가 제시되고, 다른 학생들과의 토론을 통하여 자신들의 아이디어에 부족함을 확인하면 자신들의 생각을 바꾸었다.

그러나 태석의 경우, 자신의 생각이 잘못되고 타당하지 않음을 지적받았음에도 불구하고, 자신의

생각을 끝까지 주장하거나 이에 대한 구체적인 이유를 제시하기를 거부하는 경우가 많았다. 즉, 관련되는 증거가 확보되었다고 하더라도, 이를 자신의 주장을 합리적이고 과학적으로 활용하지 못하거나, 증거를 주장과 논리적으로 연결 짓지 못하는 경우가 많음을 보여 준다. 이는 자신의 생각과 상반되는 과학 현상을 직접 관찰한 후에도 자신의 생각을 바꾸려 하지 않고 주장하는 태석의 정당화 활동은 ‘관찰의 이론 의존성’과도 연관이 있을 수 있다. 이러한 태석의 정당화 과정을 통하여, 자신이 믿고 생각하는 신념과 생각이 강하여 관찰을 통하여 얻은 데이터와 증거를 받아들이지 못하고, 자신의 주장을 계속 지속하는 개인 신념의 견고성을 보여 준다.

3) 증거 사용과 정당화 활동에 소극적인 사례 - 보연

본 연구에 참여했던 모든 학생들이 증거 사용과 정당화 활동에 적극적이었던 것은 아니었다. 학생들이 증거를 사용하여 자신의 주장을 뒷받침하고 다른 학생들을 효과적으로 이해·설득시키기 위한 과학적 정당화 활동을 하도록 적극 격려했음에도 불구하고, 연구 기간 내내 다른 학생들과의 의사소통에 아예 소극적이거나 증거를 사용하는 정당화 활동을 하지 않는 학생들이 다수 있었다.

보연은 학업 성취도가 중상 수준이었고, 평소 과학 시간에는 발표도 잘 하는 학생이었다. 그러나 모둠의 친구들이 탐구 주제를 바탕으로 사회적 의사소통을 하거나, 모둠 친구들과 간에 자신의 과학적 아이디어를 바탕으로 정당화 활동을 하는 경우에는 참여도가 크게 다르게 나타났다. 즉, 보연의 경우, 의사소통을 아예 하지 않는 경우는 아니었지만, 탐구 주제와 관련하여 주제 중심의 대화를 하지 못하고 관련 있는 증거와 주장을 모둠 내에서 전개하지 못하는 방식의 소극성을 보였다.

보연의 경우, 같은 모둠 내에서 다른 3명의 학생들은 증거를 사용하는 언어적 상호작용에의 참여도가 비슷하였지만, 보연은 수업 전반에 걸쳐 탐구 주제와 관련된 자기 생각이나 아이디어를 드러내는 경우가 매우 적었다. 보연은 모둠내의 대화에 참여하더라도 증거를 사용하는 정당화 활동과 관계없는 내용을 꺼내는 경우가 많았다.

보연과 같은 모둠 친구들이 전기 회로도에 대해 나누는 대화 내용을 보면,

보연: 아이 씨 내 말 안 듣나? 야! 이유를...
 태석: 야 빨리 실험 계획~ 실험 계획~!
 정우: 직렬이 밝지?
 선미: 병렬이 밝지~~
 정우: 선생님 직렬이 더 밝죠?
 보연: 선생님! 나 무시해요. 애네
 정우: (들은 척하지 않고) 병렬이 훨씬 더 밝지!

위의 대화를 보면, 보연은 자신의 의견을 다른 친구들이 듣고 있지 않다고 교사에게 호소하고 있다. 다른 학생들은 교사가 앞에 있어도 보연의 이야기 내용을 듣지 않고 신경을 쓰지 않았다. 수업 비디오를 보면, 보연은 자신의 주장, 의견 표현이 다른 친구들에게 제대로 수용되지 않자 불평하는 혼잣말을 하는 경우가 많았고, 실험 중 노래나 랩을 부르거나 수업과 관계없는 만 짓을 하는 경우가 많았다.

제한된 시간 내에 주어진 탐구 문제를 해결해야 하는 모둠의 친구들은 줄곧 바쁘게 모둠 내 활동을 진행하였다. 자신의 의견을 제안하고, 이를 확인하는 실험을 하여 실험 결과를 정리하고, 누구의 의견이 과학적으로 가장 타당한지를 검증하고 증거를 바탕으로 자신의 생각을 정당화하는 활동을 하여야 했기 때문에 다른 3명의 친구들은 바빴다.

이와는 달리, 보연의 경우 모둠내의 대화에 참여 하기는 하지만, 당장 해결하여야 할 탐구 주제와 관련된 내용을 이야기하지 않고, 실험 내용과 결과에 집중하여 의견을 제시하지 않는 경우가 많았다. 이러한 이유 때문에 바쁜 모둠 활동 내에서 주제와 관련 없는 의견과 행동들이 무시되는 경우가 많았던 것으로 해석된다.

정우: 야, 모터를 왜 또 연결해. 여기 두 개잖아.
 선미: 자, 그럼 해봐.
 태석: 오, 돼.
 정우: 야, 이거 나잖아.
 선미: 아... 둘 다 안 된다고.
 보연: 야! 우리는 우리 의견이 ... 안 된다 해도 ... 밀어붙여~~~ 그냥!
 태석: 어 안 되는데? 어디 빠졌냐? 우리?

위의 모둠 활동 상황에서도 다른 친구들은 실험에 집중하며, 실험 결과가 자신들의 세운 예상과 달라 고민하고 있는 반면, 보연은 의견이 채택되는 방법으로 증거를 사용하여 설명하려고 하기 보다는 모둠의 의견을 정확히 결정하지 않았더라도 무조건

밀어붙이자고 제안하고 있어, 보연이 제안하는 증거와 주장은 그 타당성과 논리성이 많이 부족함을 알 수 있다. 이러한 이유 때문에 모둠의 친구들이 탐구 활동과 관계없는 보연의 말을 들으려 하기 보다는, 과학적으로 타당한 증거와 논리를 만들고자 보연을 제외한 모둠 전체 학생들이 바쁘게 집중하고 있음을 알 수 있다.

즉, 보연은 과학적 정당화 활동이나 의사소통 중심의 탐구 활동을 활발하게 하지 않았고, 탐구 주제와 관련된 아이디어를 제안하지 못함으로써 과학적 증거를 사용하거나 정당화 활동에 적극적으로 참여하지 못한 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 초등학생들의 과학적 정당화 활동을 촉진하도록 증거를 사용하는 탐구 학습 프로그램을 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 개발·적용한 후, 탐구 활동 과정에서 학생들이 사용하는 증거의 유형과 정당화 활동의 특징을 증거·주장의 타당성 및 논리성 측면에서 분석하였다.

초등학생들이 과학 탐구 주제에 대한 자신의 의견을 주장하기 위해 사용하는 증거의 유형 및 빈도를 분석한 결과, 과학 용어, 개념, 신념과 같은 지적 증거, 실생활과 과학 실험과 같은 경험적 증거, 사람이나 자료와 같은 외부 권위에 의존하는 순으로 다양한 증거를 사용하는 것으로 나타났다. 즉 학생들은 자신의 과학적인 의견을 다른 동료들에게 주장·제안할 때, 자신이 이미 배운 과학 개념, 지식이나 실생활의 경험을 활용하여 효과적이고 관련 있는 증거를 찾아 다른 학생들과의 논쟁 과정에서 적절히 사용할 줄 아는 것으로 보인다.

한편, 증거 없이 주장만 펼치는 경우도 많이 나타났다. 학생들 스스로 과학적인 증거를 찾고, 다른 학생들과의 의사소통을 통하여 자신의 주장을 정당화하는 탐구 활동을 촉진하였음에도 불구하고, 근거, 이유, 증거를 제시하지 않고 자신의 주장과 결론만을 던지는 경우가 여전히 눈에 띄었다.

탐구 주제별로 학생들이 나타내는 과학적 정당화 활동의 유형을 타당성과 논리성 측면에서 분석한 결과, 수업이 진행됨에 따라 정당화 활동의 내용이 타당하고, 논리적인 증거와 주장으로 점차 변화하는 경우, 타당하거나 논리적이지 않은 증거와 주장들

그대로 유지하는 경우, 그리고 증거 사용과 정당화 활동에 소극적인 자세로 일관하는 경우를 포함하여 크게 세 가지 유형으로 나타났다.

첫째, 탐구 활동 초기에는 탐구 문제에 대하여 충분한 자료와 근거를 바탕으로 개인의 주장을 전개하기 때문에 과학적 타당성과 주장의 논리성이 부족하였다. 그러나 탐구 활동이 진행되면서 확보한 자료와 결과가 과학적으로 타당한지를 검증하고, 다른 학생들과의 사회적 검증 과정을 거치면서 증거와 주장 사이에 설득력 있는 논리성을 점차 확보하는 것으로 나타났다.

둘째, 다른 동료들과의 정당화 과정을 통하여 자신의 자료와 증거가 잘못되고 타당하지 않음을 지적 받았음에도 불구하고, 이를 바꾸지 못하는 학생들의 사례 또한 관찰되었다. 이는 학생 자신의 의견과 설명에 대한 과학적 타당성이 부족하고, 대다수 동료들의 의견과 자신의 의견이 배치됨에도 불구하고 자신의 신념과 생각을 좀처럼 바꾸지 않으려는 개인 신념의 견고성을 보여주며 ‘저항’하는 경우도 찾아볼 수 있었다.

셋째, 그러나 본 연구에 참여했던 모든 학생들이 자신의 생각과 의견을 제안하고 증거를 바탕으로 하는 정당화 과정에 적극적으로 참여하는 것은 아니었다. 과학적인 증거의 사용과 정당화 과정을 촉진하였음에도 불구하고, 자신의 의견을 드러내지 않거나 증거를 찾으려는 시도도 하지 않으며, 다른 학생들과의 의사소통 과정에 참여하지 않으려는 경우도 있었다.

이렇듯 일부 학생들의 소극적 참여로 인해 정당화 과정이 효과적으로 전개되지 못하는 이유로는, 탐구 주제에 대해 열린 분위기로 토론하고 자유롭게 논쟁하는 사회적 과학 학습 문화에 학생들이 낯설어하고 익숙하지 않기 때문이다. 많은 학생들이 틀에 짜인 교사 중심의 수업 방식과 수동적인 개념 습득 중심의 과학 학습에는 익숙하지만, 탐구 활동을 통해 습득한 개별 자료를 바탕으로 자신의 생각과 의견을 주장하고, 이를 다른 학생들과의 대화와 타협을 통해 정당화해 나가는 과학 지식의 사회적 특성을 이해하지 못하기 때문이다.

본 연구에서 의도한 바와 같이, 학생 개인의 과학적 사고 활동뿐만 아니라 다른 동료들과의 사회적 논쟁 활동을 촉진하는 탐구 수업을 진행할 경우, 개인의 증거와 주장의 타당성을 지속적으로 검증하는

과학적 정당화 과정이 필요하다. 학생들은 과학적으로 타당한 증거를 사용하여 자신의 주장을 뒷받침해야 다른 동료들의 인정을 받을 수 있고, 이를 통해 설득력 있는 주장을 펼칠 수 있음을 경험함으로써 지식의 사회적 생성 과정을 이해할 수 있기 때문이다.

그럼에도 불구하고, 이러한 과학적 정당화 과정에 효과적으로 참여하지 못하는 초등학생들에 대한 배려는 중요하다. 예컨대, 과학 주제에 대해 동료들과의 의사소통에 무관심한 경우, 자신의 의견을 좀처럼 표현하지 않는 경우, 탐구 주제와 관련 없는 내용만을 이야기하는 경우, 증거를 찾고 이를 이용하는 정당화 활동을 귀찮아하는 경우 등 다양한 형태로 소극적인 학생들에 대한 특별한 고려가 있어야 한다.

대부분의 초등학생들이 정형화된 틀 속에서, 정해진 방식의 과학 수업에 길들여져 있음을 이해하고, 정답만을 찾는 과학 수업에서 벗어나, 새롭고 창의적인 나만의 생각과 의견도 중요한 가치가 있음을 학생 자신이 경험할 수 있도록 도와주는 과학 수업이 필요하다.

참고문헌

- 김수미(2008). 탐구토론과정에서 초등과학영재아 의사소통의 특징. 청주교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 김조연, 신애경, 박국태, 최병순(2001). 사회적 상호작용을 강조한 과학탐구실험의 효과 및 학생들의 인지수준에 따른 상호작용 분석. 과학교육 논문집, 11(1), 44-54.
- 김희경(2003). 중학생의 동료간 논변활동을 강조한 개방적 물리 탐구: 조건, 특징, 역할을 중심으로. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 김희경, 송진웅(2004). 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학탐구활동 모형의 탐색. 한국과학교육학회지, 24(6), 1216-1234.
- 박영신(2006). 교실에서 실질적 과학 탐구를 위한 과학적 논증기회에 대한 이론적 고찰. 한국지구과학회지, 27(4), 401-415.
- 심규철, 박종석, 박상우, 신명경(2006). 초등 교과서에서 제시된 과학 탐구활동의 분석. 초등과학교육, 26(1), 24-31.
- 이현영, 장상실, 성숙경, 이상권, 강성주, 최병순(2002). 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생-학생 상호작용 양상분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 660-670.

- 장신호(2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구지향교수활동에 대한 예비 초등교사들의 인식. *초등과학교육*, 25(1), 96-108.
- 전경문, 노태희(2000). 해결자·칭취자 활동에서의 언어적 행동. *한국과학교육학회지*, 20(4), 624-633.
- 정수진(2008). 과학적 증거의 사용을 촉진하는 초등 과학 탐구 학습 프로그램의 개발 및 적용. 서울교육대학교 대학원 석사학위 논문.
- 정혜선, 오은아(2003). 과학적 증거와 설명에 대한 초등학교 6학년 학생의 이해. *한국과학교육학회지*, 23(6), 634-649.
- 조경희(2004). 학생들의 수학적 정당화 유형과 논쟁 구조의 관계: 선형 연립 미분방정식의 탐구과정을 중심으로. 이화여자대학교 대학원 석사학위 논문.
- 진순희, 장신호(2007). 과학 탐구에 대한 초등 교사들의 지도 경험. *초등과학교육*, 26(2), 181-191.
- Bell, P. & Linn. M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
- Driver, R., Newton, P. & Osborn, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Gott, R. & Duggan, S. (1996). Practical work: its role in the understanding of evidence in science. *International Journal of Science Education*, 18(7), 791-806.
- Kelly, G. J., Druker, S. & Chen, C. (1998). Students' reasoning about electricity; Combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), 849-871.
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- National Research Council (1996) *National science education standards*. National Academy Press, Washington, D.C., USA, 262 p.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. National Research Council, Washington, D.C.,
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science, *International Journal of Science Education*, 21(5), 553-576.
- Tytler, R., Duggan, S. & Gott, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education, *International Journal of Science Education*, 23(8), 815-832.
- Watson, J. R., Swain, J. & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Wu, S. & Hsieh, C. (2006). Developing sixth grader's inquiry skills to construct explanation in inquiry-based learning environment. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1289-1313.
- Zemal-Saul, C., Mungord, D., Crawford, B., Friedrichsen, P. & Land, S. (2002). Scaffolding preservice science teachers' evidence-based arguments during an investigation of natural selection. *Research in Science Education*, 32(4), 437-463.