

학생들의 탐구 학습을 돕기 위한 교사의 과학적 개념 설명 방식: 초등학교 5, 6학년 지구과학 영역을 중심으로

서예원 · 고희덕[†] · 박경원[‡]
(건국대학교) · (국악고등학교)[†] · (도곡초등학교)[‡]

Elementary School Teachers' Scientific Explanation to Support Students' Inquiry: Focusing on 5th and 6th Grade Earth Science Curriculum

Suh, Yewon · Kho, Hyeonduk[†] · Park, Kyeongwon[‡]
(Kunkuk University) · (Kukak High School)[†] · (Dogok Elementary School)[‡]

ABSTRACT

This study aims to explore how teachers construct scientific explanation during instructional practices to help students' scientific inquiry. Before investigating teachers' classroom practices, elementary school science curriculum was examined to identify scientific concepts, particularly in earth science. Then, a total of six teachers' scientific explanation in actual teaching practices was analysed focusing on a) explanation of scientific concepts; b) rationale for scientific explanation; c) connection between scientific explanation and everyday explanation. The findings are as follows. First, the science curriculum provides 1~2 main scientific concepts per unit, which are mostly appeared in the unit title. Those concepts and sub-concepts are not explicitly described but embedded in students' inquiry activities. Second, the teachers explain scientific concepts and discuss the rationale behind the scientific explanation, but rarely connect scientific explanation to everyday explanation. Also, the level of scientific explanations is low remaining level 1 or 2, not reaching 3, the highest level. Based on the results, the study suggests a) teachers need to provide explicit and clear explanations about scientific concepts; b) teachers are required to connect scientific explanation and everyday explanation; c) the level of teachers scientific explanation should be elevated by using an evidence, reasoning and claim, the components of scientific explanation as well as introducing new scientific concepts and inquiry activities.

Key words : scientific explanation; elementary school science concept; teachers' science teaching practice

I. 서 론

‘과학적 소양(scientific literacy)’은 약 반세기전 Hurd(1958)에 의해 공식적으로 언급된 이래, 최근 여러 나라에서 행해지고 있는 과학교육 개선의 목적과 목표를 나타내는 은유로서 사용되고 있다(Cham-pagne & Lovitts, 1989; Laugksch & Saprigo, 1996; By-bee, 1997). ‘과학적 소양’은 ‘소양(literacy)’을 어떻

게 이해하느냐에 따라 그 의미가 달라지는데, ‘소양’의 원래 뜻은 ‘읽고 쓸 수 있는 능력’이지만 그 해석과 사용에 따라 ‘학습된(learned)’, ‘유능한(competent)’, ‘사회에서 최소한으로 기능할 수 있는(able to function minimally in society)’의 세 가지로 나누어진다(Laugksch, 2000). Laugksch(2000)은 ‘학습된 소양’의 측면에서 보면 과학에서 배워야 할 것은 현존하는 지식과 과학적 사고방식이며, ‘유능한 소

양'의 관점에서는 합의된 풍부한 특정 과학 내용 지식, 그리고 '사회에서 기능할 수 있는 소양'의 시각에서는 사회에서 효율적으로 기능하기 위한 준거가 된다고 한다. 그러나 어떠한 관점을 택하던 과학적 소양은 일상생활에서 과학을 매우 유용하게 사용할 수 있는 실용적 지식과 기능을 강조하고 있다.

우리나라는 7차 교육과정(교육부, 1997)에서 과학적 소양을 언급한 이후 7차 교육과정 수시개정안(교육인적자원부, 2007)에서 과학교육의 궁극적 목표로 이를 명시하고 있다. 여기서 과학적 소양이란 과학과 관련된 다양한 사회·문화적 문제에 참여하고 적절한 의사결정을 하기 위해 필요한 과학적 개념과 과정에 대해 알고 이해하는 것을 의미한다(NRC, 1996). 따라서 학생들이 과학적 소양을 가지고 있다면 일상생활에서 부딪히는 많은 과학 관련 문제를 해결하기 위해 과학의 핵심적 개념과 원리 등 과학적 지식과 사고력을 각자의 필요에 따라 사용할 수 있어야 하며, 그러한 능력을 갖기 위해서는 먼저 과학적 개념과 과정에 대한 근본적이고 깊이 있는 이해가 선행되어야 한다. 견고한 과학적 개념과 탐구능력이 없이는 당면한 문제에 창의적으로 도전하고 해결책을 찾기 어려우며(QCA, 2005), 궁극적으로는 과학적 소양을 발달시킬 수 없기 때문이다(서예원, 2007).

현재 우리나라의 초등 과학 교육과정은 학생들의 과학적 소양을 증진시키기 위해 구성주의를 토대로 한 과학적 개념 학습과 능동적인 활동을 통한 탐구 학습을 동시에 강조하고 있다. 이 중 탐구 학습은 "학생 스스로 탐구 과정을 사용하여 새로운 지식을 얻거나 문제를 해결하는 일련의 활동(교육인적자원부, 2002; 25)"을 의미하는데 이러한 학습은 대개 학생들이 이미 가지고 있는 감각 경험이나 일상적 지식을 바탕으로 이루어진다. 그러나 단순한 개인적 경험이나 선개념만으로는 학생 스스로 과학적 용어나 개념을 발견하고 습득할 수 없으며, 관련된 과학적 지식 기반이 없이 자신의 생각을 검증하기 어렵다(교육인적자원부, 2002).

과학적 탐구를 하는 중요한 목적은 과학적 설명이나 논의(scientific explanations or arguments)를 구성하기 위함이며(Driver *et al.*, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Kelly & Takao, 2002; NRC, 1996; Sandoval, 2003), 교사는 이러한 과정을 이끌고 구조화하는데 결정적인 역할을 한다(McNeill & Krajcik, 2008; Os-

borne *et al.*, 2004; Tabak, 2004). 과학적 설명에서 '설명'이란 어떤 현상이 어떻게 또는 왜 일어나는가를 말하는 것이다(Chin & Brown, 2000). McNeill & Krajcik(2008)에 의하면 과학적 설명은 세 가지의 구성요소를 포함하는데 첫째, '주장(claim)'은 문제에 대한 결론이고, 둘째, '증거(evidence)'는 주장을 뒷받침하는 자료이며, 셋째, '논증(reasoning)'은 왜 어떤 증거가 특정한 주장을 뒷받침하는지, 과학적 원리로부터 형성된 정당화이다. 교사는 수업 동안 이러한 구성 요소를 이용하여 교육과정에서 제시하고 있는 과학 개념들을 설명해야 하며, 따라서 교사가 하는 과학적 설명은 학생에게 단지 개념을 전달하는데 있지 않다. 그보다는 궁극적으로 학생들이 다양한 활동을 통해 얻은 여러 정보와 결과들을 증거로 자신의 주장을 정당화하고 스스로 과학적 설명을 구성하도록 하는데 있다. 이렇게 교사의 과학적 설명과 안내를 통해 학생들이 과학적 설명을 구성하는 데 참여하게 하는 것은 과학이 고정된 사실의 집합이라기보다는 지식이 구성되는 사회적 과정임을 깨닫도록 도울 수 있으며, 과학의 본질에 대한 견해를 정교화하고 과학적 내용 지식을 더 깊이 있게 이해하도록 촉진할 수 있다(Bell & Linn, 2000; McNeill *et al.*, 2005). 결국 학생들이 의미 있는 탐구 학습을 통해 과학적 소양을 발달시키기 위해서는 과학적 개념에 대한 지식과 이해가 반드시 필요하며, 이를 돕기 위한 교사의 역할 또한 매우 중요하게 된다.

그러나 최근 우리나라의 관련 연구들을 살펴보면, 가장 기본적이고 반드시 배워야만 할 기본적인 과학 개념들을 초등학교 과학 교육과정의 교과서나 수업 내용에서 찾아보기 어려운 실정이다(권난주, 2007; 김장수, 2000; 이경숙, 2003, 임영택, 2003, 서예원, 2007; 송진웅 등, 2004). 이렇게 초등학교에서 직접적인 개념적 이해가 부족한 상태로 주로 '활동'을 통해 경험했던 일상적인 과학적 이해는 중학교에 가서는 이미 배운 것으로 취급되어 다음 단계의 개념으로 넘어가게 됨으로써 문제를 일으킨다(권난주, 2007). 이러한 점과 관련하여 교사는 학생들의 탐구 학습이 단순히 신기하고 재미있는 현상을 경험하는 활동에 그치지 않고 그것을 통해 과학적 지식을 구성할 수 있도록 안내하고 지원해야 한다. 그러나 많은 교사들은 학생들이 자발적으로 탐구할 수 있도록 하는 수업 환경을 적절히 구성하지 못하

거나(Krajcik et al., 2001) 학생들이 사려 깊은 질문을 하고, 실험을 하고, 결론을 이끌어 내도록 하는 과학적 탐구 학습을 돕는데 어려움을 겪고 있다(Marx et al., 1997).

본 연구는 과학적 소양을 기르기 위해 초등 과학 교육과정에서 제시하고 있는 과학적 개념들은 무엇인지 살펴보고, 실제 수업에서 교사들은 어떠한 과학적 설명 방식을 이용해 학생들의 과학적 이해와 지식 구성을 돕고 있는지 탐구하는 것을 목적으로 한다. 이는 첫째, 학생들은 기본적인 과학적 개념들을 이해하고 그것들을 관련시켜 풍부한 지식 기반을 형성해야만 비로소 실생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 것이 가능하며, 둘째, 교사는 수업을 통해 학생들의 직접적인 탐구 활동과 과학 교육과정에서 제공하는 주요 개념들을 중재함으로써 학생들이 스스로 적절한 과학적 설명을 구성하도록 하는데 핵심적 역할을 한다는 믿음에 기인한다. 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 초등 과학 교육과정에서 제시하고 있는 학생들이 학습해야 할 과학적 개념들은 무엇이며, 어떠한 특징을 나타내는가?

둘째, 실제 과학 수업에서 교사는 어떠한 과학적 설명을 사용하여 학생들의 탐구 학습을 돕고 있는가?

II. 연구 방법

1. 초등 과학교육과정 분석

1) 분석 대상

초등 과학교육과정에서 제시하고 있는 과학적 개념들을 알아보기 위해 초등학교 과학 교과서와 교사용 지도서를 분석의 대상으로 선정하였다. 앞서 언급한 바와 같이 우리나라 초등학교 과학 교과서는 학습해야 할 과학적 개념을 직접적으로 제시하기 보다는 개념과 관련된 예나 탐구 활동을 중심으로 학생들이 자연스럽게 개념을 이해하도록 내용을 구성하고 있다. 따라서 교과서를 통해 과학적 개념의 설명이나 정의를 추출하는 데에는 다소 제한점이 있으므로 교사용 지도서의 관련 내용을 함께 분석하였다. 실제 분석에 있어서는 교사의 수업 분석과 병행하여 보다 깊이 있고 집중적인 분석을 하기 위해 과학의 네 영역 중 '지구' 영역으로 그 범위를 한정하였으며, 학년에 있어서도 상대적으로 과학적

설명에 많이 요구되는 5, 6학년을 대상으로 하였다.

2) 분석 방법 및 절차

지구 영역의 과학적 개념들을 추출하기 위해 다음과 같은 절차를 거쳐 분석 대상 교과서 및 교사용 지도서를 검토하였다.

첫째, 지구 영역에 해당하는 단원의 교과서 내용을 검토하였다. 각 단원이 제시하고 있는 설명문과 의문문 등 모든 문장들을 모두 추출하고 그것들이 어떤 과학적 개념과 관련되어 있는지 가장 핵심적인 개념들과 그와 연결되어 있는 하위 개념들로 분류하여 정리하였다.

둘째, 교과서에 있는 문장 이외에 개념에 관한 예로 제시되어 있는 사진, 삽화, 도표 등을 검토하여 이들이 어떠한 과학적 개념을 반영 또는 지원하고 있는지 살펴봄으로써 간접적으로 제시된 개념들도 학습해야 할 중요한 과학 개념으로 선정하였다.

셋째, 교사용 지도서의 내용을 검토하였다. 먼저, 해당 단원의 '단원별 지도 계획' 중 '지식' 영역에 기술되어 있는 개념들을 핵심 개념들로 보고, 교과서 내용 분석의 결과 중 핵심 개념들과 비교하여 누락되거나 잘못 선정된 개념들이 없는지 점검하고 보충하였다. 이어 '각 차시별 지도의 실제'에 제시된 '학습 목표'와 '학습 내용 및 활동'을 면밀히 검토하여 하위 개념들을 추가하고, '참고 사항' 항목에도 학습자의 수준에 적합한 개념들이 있으면 포함시켰다.

넷째, 추출한 과학적 개념이 적절한지 알아보기 위해 과학교육 전공자 2명과 초등교사 3명에게 의뢰하여 타당도를 점검하였다. 검토자들의 의견이 일치하지 않는 개념의 경우, 서로 의견을 교환하여 이를 선택할 것인지 최종 합의하였으며, 인원의 과반수 이상이 주요 개념 선택에 반대할 경우 이를 연구에서 제외하였다.

다섯째, 추출한 개념들을 학년에 따라, 단원명, 핵심 개념, 하위 개념, 주요 내용 및 활동의 항목으로 나누어 정리하였다.

2. 교사의 과학 수업 분석

1) 분석 대상

과학 수업에서 학생들의 탐구 학습을 지원하는 교사의 과학적 설명 방식을 분석하기 위해 세 개의 5학년 수업과 세 개의 6학년 수업을 합하여 총 여섯

개의 지구 영역에 관한 수업 동영상은 연구의 대상으로 선택하였다. 이 수업 동영상들은 서울특별시 과학전시관에서 개최하는 과학 수업 평가 포럼 공모 수상작들이다. 과학 수업 평가 포럼은 다양한 수업방법과 우수 수업 사례를 발굴하고 교수·학습방법의 개선을 주요 목적으로 교사들의 자유 공모를 통해 매년 약 30여개의 과학 수업을 선발하고 있으며, 이 중 초등학교 과학 수업은 물리, 화학, 생물, 지구과학 영역에서 각 2개씩, 상, 하반기로 나누어 선정하고 있다(www.ssp.re.kr). 본 연구에서는 이러한 우수 과학 수업 공모 입상작들이 교사들이 실행하고 있는 과학적 설명의 실재를 탐색하기 위한 연구 목적에 부합함과 동시에 다양하고 구체적 교수방식을 보여주는 적절한 사례로 판단하여 분석 대상으로 선정하였다. 이는 Patton(1990)이 제안한 질적 연구를 위한 사례 선정 방법 중 ‘의도적 표집(purposive sampling)’에 해당한다. 본 연구에서 사용한 이 수업 동영상들은 공모 입상작들이므로 초등 과학 수업의 가장 ‘전형적인 사례(typical case)’라고 볼 수는 없다. 그러나 서울 지역 교사들의 자발적이고 자유로운 참여를 전제로 하여 수업을 선택한다는 점에 있어서 매우 보기 드문 현상이나 조작을 가한 ‘극단적인 사례(extreme case)’라고 단정하기도 어렵다. 본 연구에서는 이를 지나치지는 않지만 명확하게 현상을 드러내는 ‘정보가 풍부한 사례(information-rich case)’로 규정하였다. 각 학년의 사례는 가장 클릭수가 높은 순서로 3개를 선정하였으며, 과학 전시관 담당자의 동의를 얻은 후 분석을 실시하였다.¹⁾

2) 분석 방법 및 절차

교사들의 과학적 설명을 분석하기 위한 틀을 구

성하기 위해 McNeil *et al.* (2005)의 연구에서 사용한 분석틀을 수정·보완하였다. 이들에 의하면 수업 실제에서 학생들의 탐구 활동 및 과학적 설명 구성을 돕기 위한 교사의 과학적 설명은 ‘과학적 설명의 정의,’ ‘명확한 과학적 설명의 근거,’ ‘과학적 설명의 모델링,’ ‘과학적 설명과 일상적 설명의 연결’의 네 영역으로 나눌 수 있으며 이들은 각각 과학적 설명의 요소인 주장, 증거, 논증을 포함하고 있다. 그러나 이들은 중학교 과학 수업을 대상으로 하여 세분화 한 것이므로 초등학교 수준에 적용하기에는 한계가 있었다. 따라서 본 연구에서는 초등학교 수준에 맞추어 세 영역으로 재구성하여 분석틀로 사용하였다.

(1) 과학적 개념의 설명

교사가 교육과정에서 제시하고 있는 과학적 개념을 얼마나 정확하고 완전하게 설명하고 있는가를 알아보기 위한 준거이다.

(2) 과학적 설명의 근거

교사가 과학적 설명을 제공할 때, 충분한 증거와 논증을 사용해서 설명의 근거를 마련하였는지 확인하기 위한 준거이다. 어떤 과학적 현상에 대하여 설명할 때는 다른 사람을 설득하거나 수궁할 수 있도록 해야 하는데, 이를 위해서는 발견한 증거와 이를 통한 논증을 이용하여 과학적 설명을 구성해야 한다.

(3) 과학적 설명과 일상적 설명의 연결

수업시간 동안 구성하는 교사의 과학적 설명이 학생들의 일상적 경험이나 예들과 연결되어 있는지 알아보기 위한 준거이다. 교사가 일상적 예들을 과

표 1. 과학적 개념의 정의를 분석하기 위한 준거

수준	정의
1. 정의를 내리지 않음	교사는 수업 동안 과학적 개념의 정의를 전혀 언급하지 않는다.
2. 부정확하거나 불명확한 정의	교사가 과학적 개념을 정의하기는 하지만 명확하지 않거나 모호하게 기술한다.
3. 정확한 정의	교사는 정확하고 완벽한 개념을 제공한다. 교사의 설명 속에는 학생들의 탐구 활동과 관련된 과학적 주장, 증거, 논증의 요소들이 포함되어 있다.

1) 서울특별시 과학전시관의 수업 동영상들은 특별한 가입절차가 없이 누구나 확인할 수 있도록 개방되어 있으나, 본 연구의 분석 대상으로 선정된 수업의 경우 교사 및 학교, 기타 인적사항이 드러나지 않도록 보호하고자 설명이나 구체적 정보는 명시하지 않았다.

표 2. 과학적 설명의 근거를 분석하기 위한 준거

수준	정의
1. 근거를 언급하지 않음	교사는 설명을 하는 데 있어 근거나 이유를 언급하지 않는다.
2. 모호한 근거	교사는 학생들이 탐구 활동을 통해 얻어낸 증거나 논증을 이용하여 과학적 설명을 구성하지만 이중 한 가지 요소는 생략되어 있다.
3. 명확한 근거	교사는 명확하게 과학적 설명의 근거를 제공한다. 교사는 특정한 과학적 주장을 하기 위해 어떠한 증거와 논증과정을 이용하였는지를 확실히 설명한다.

표 3. 과학적 설명과 일상적 설명의 연결 정도를 분석하기 위한 준거

수준	정의
1. 일상의 예를 언급하지 않음	교사는 설명에 일상적인 예를 언급하지 않는다.
2. 일상의 예를 포함하여 설명하지만 과학적 설명의 요소를 관련시키지 않음	교사는 농구, 달리기, 낚시 등 일상의 예를 이야기하지만 그러한 것들이 과학적 주장, 증거, 논증과 어떻게 관련되어 있는지 명확하게 설명하지 않는다.
3. 일상의 예와 과학적 설명의 요소를 관련시켜 설명함	교사는 일상의 예 뿐만 아니라 그것들과 과학적 주장, 증거, 논증을 관련지어 명확하게 설명한다.

학적 설명에 포함시키는지와 더불어 이러한 예들이 과학적 주장, 증거, 논증과 얼마나 관련시켜 설명하고 있는지에 따라 설명의 수준을 나눌 수 있다.

이상 세 영역의 분석틀을 완성한 후, 교사의 과학적 설명의 수업 동영상 사례들을 모두 전사하였다. 전사한 자료는 분석틀의 세 영역에 따라 과학적 개념의 설명(Concept-C), 과학적 설명의 근거(Rationale-R), 일상적 설명과의 연결(Example-E)로 코딩하고, 각 영역별로 교사의 설명에 과학적 설명의 요소들이 포함되어 있는지 세밀하게 검토하여 과학적 주장(claim-c), 증거(evidence-e), 논증(reasoning-r)으로 코딩하였다. 코딩된 자료는 다시 분석틀에 따라 1, 2, 3단계로 나누어 코딩함으로써 수업 실제에서 교사가 구성한 과학적 설명의 수준을 결정하였다.

III. 연구 결과

1. 초등 과학교육과정에 제시된 지구과학 영역의 과학적 개념

초등학교 5, 6학년 과학 교과서와 교사용 지도서를 대상으로 지구과학 영역에 포함된 과학적 개념들을 추출하여 단원별로 정리한 결과는 표 4와 같다.

표 4에서 보는 바와 같이 5, 6학년 지구과학 영역에 관한 단원은 각 학년별로 학기마다 2단원씩 일

정하게 제공되고 있다. 각 단원들은 다시 세부 영역별로 구분해 볼 수 있는데, 기상 영역이 3단원(5-1 3. 기온과 바람, 8. 물의 여행, 6-2 2. 일기예보), 지질 영역 3단원(5-1 4. 화산과 암석, 6-1 2. 지진, 4. 여러 가지 암석), 천문 영역 2단원(5-2 7. 태양의 가족, 6-2 4. 계절의 변화)으로 비교적 균일하게 나뉘어져 있다. 이러한 지구과학 세부 영역 단원들은 학년이 높아짐에 따라 일상생활과 친숙하며 쉬운 개념으로부터 좀 더 큰 규모에서 높은 수준의 이해를 요구하는 개념들로 구성되어 있다.

각 단원별 핵심 개념을 살펴보면 가장 중요한 1~2개로 그 수가 제한되어 있으며 ‘지진’, ‘계절의 변화’와 같이 단원 제목이 핵심 개념을 포함하고 있는 경우가 대부분이다. 각 핵심 개념은 다양한 하위 개념들과 연결되어 있는데, 이들은 직접적으로 설명 또는 서술되어 제시되는 경우가 드물고 주로 자연 현상 및 과정을 이해하도록 짜여진 ‘활동’ 속에 내재되어 있다. 따라서 학생들이 핵심 개념을 잘 이해하기 위해서는 학습활동에 참여할 것이 전제되어 있으며, 학생들이 직접 활동을 경험함으로써 그 속에 포함되어 있는 하위 개념들을 자연스럽게 알 수 있도록 한다는 점이 특징이다.

예를 들어, ‘5-1 3. 기온과 바람’ 단원의 핵심 개념은 ‘기온’과 ‘바람’으로 ‘공기’와 ‘온도’와 같은 하위 개념과 연결되어 있다. 실제 교과서에 실려 있는 학습 내용 중 바람이 부는 까닭을 알아보는 탐구 활

표 4. 5~6학년 지구과학 영역의 단원별 개념 분석표

학년	단원	핵심 개념	하위 개념	학습 내용
	3. 기온과 바람	기온 바람	공기, 온도 일교차(최고/최저 기온) 일기예보(일기예보판) 육풍, 해풍	기온의 차 기온의 변화(1일, 1주일) 기온이 변하는 까닭 지면과 수면의 온도차
5-1	8. 물의 여행	물의 순환	수증기, 증발, 열 습도, 습도계(건구/습구 온도계) 응결 안개, 구름, 이슬, 비 지하수	물의 증발 공기 중 수증기의 양 차이 이슬이 생기는 까닭 안개가 생기는 까닭 비가 내리는 과정 물의 순환 과정
	4. 화산과 암석	화산 암석 (화성암)	화산재, 용암, 화산가스, 화산탄 마그마 화성암, 현무암, 화강암	화산 활동 화산이 분출하는 모양 화산 분출 수 지표면의 변화 화산의 모양 화산 활동으로 생긴 암석 화성암의 종류 비교 화산 활동의 영향(피해/이익)
5-2	7. 태양의 가족	태양계	태양 행성(수성/금성/지구/화성/ 목성/토성/천왕성/해왕성) 위성(소행성, 혜성) 행성담사선(보이저호)	태양계의 구성 태양의 특징 태양계 행성의 크기 비교 태양계 행성의 거리 비교 태양계 행성의 특징
	2. 지진	지진	지진대 지층, 습곡, 단층 지진계	지진의 발생(피해/대비, 대책) 지진의 발생 지역 지층의 생성 지층의 변화 지진계의 원리
6-1	4. 여러 가지 암석	암석 (변성암)	열, 힘(압력), 변성 변성암, 퇴적암, 화성암 편마암, 사암, 석회암, 화강암, 규암, 대리암 편마구조	변성암의 특징 암석의 변성 과정(열/압력) 암석의 이용
	2. 일기예보	일기예보	일기도(풍속, 풍량, 운량, 기호, 숫자) 기압, 저기압, 고기압 공기, 바람, 압력, 기온, 습도 기상위성, 구름사진 강수량, 수증기 기상청(수퍼컴퓨터), 기상관측	일기도 기압과 공기의 움직임 일기도와 실제 날씨 비교 계절에 따른 날씨 변화 기상청이 하는 일 일기예보의 생활 이용 날씨예상 (고기압과 저기압의 이동경로)
6-2	4. 계절의 변화	계절	월 평균 기온 태양의 고도, 태양 에너지 남중고도 절기(동지, 춘분, 추분, 하지, 입하, 입추, 입동) 일평균 기온 자전, 공전, 자전축(지축) 위도, 북반구, 남반구 해시계	계절에 따른 기온과 밤낮의 길이 변화 태양의 고도에 따른 기온의 변화 태양의 고도가 높을 때 기온이 높은 까닭 계절에 따른 태양의 남중고도 지구의 위도에 따른 태양의 고도 및 그림자의 길이 변화 계절에 따른 태양의 남중고도와 그림자의 길이 변화 계절의 변화가 생기는 까닭 해시계의 원리

동을 살펴보면, 학생들은 대류 상자 안에 따뜻한 모래가 담긴 비커와 얼음이 담긴 비커를 각각 배치한 후 가운데 향을 피워 향 연기의 움직임을 관찰함으로써 온도차에 따른 주변 공기의 변화를 이해하도록 구성되어 있다. 그러나 이 같은 탐구 활동을 경험했다고 해서 학생들이 바람이 부는 원인을 즉각 유추하고 원리를 파악하기는 쉽지 않으며 스스로 과학적 용어를 획득하고 그 의미를 얻어낼 것이라고 단정하기 어렵다. 서예원(2008)에 따르면 아동들이 해야 할 구체적인 ‘활동’을 토대로 하는 교육과정 구성 방식은 과학 개념과 관련된 부분적 현상에 대한 이해를 증진시킬 수는 있어도 각각의 현상을 큰 틀에서 종합적으로 바라보고 이해하도록 돕는 데에는 한계가 있다고 한다. 우리나라 과학교육의 궁극적 목표인 과학적 소양을 증진시키기 위해서는 과학적 개념들의 통합적 이해가 기반이 되어야 한다.

이상 우리나라 초등 과학과 지구과학 영역의 교육과정 구성을 분석한 결과, 학습해야 할 개념의 수가 많지 않으며 핵심 개념과 관련된 하위 개념들이 명시적으로 드러나지 않음을 알 수 있었다. 대신 그러한 개념들은 활동 속에 내재되어 있으므로 학생들이 구체적인 탐구 활동을 직접 경험함으로써 이해할 수 있도록 구성되어 있었다. 이렇게 개념에 대한 직접적 설명이 생략된 과학 교육과정 구성 형태는 매우 높은 수준의 이해력을 요구하기 때문에 학생들이 자신의 생각과 경험만을 토대로 탐구 활동에 대한 과학적인 설명을 구성하기에는 어려움이 따를 것으로 예상된다. 따라서 실제 수업에서 학생들이 활동을 통해 얻게 된 다양한 사실과 결과들을 바탕으로 그러한 현상이 어떻게, 왜 일어나는가를 과학

적으로 설명하도록 도와주는 교사의 적절한 개입이 반드시 필요할 것으로 보인다. 특히, 핵심 및 관련 개념들을 연결 짓고 확장시킴으로써 다양한 지구 현상을 통합적으로 이해하도록 촉진하는 교사의 과학적 설명은 매우 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

2. 교사의 과학 수업 분석 결과

앞서 교육과정에 제시된 지구과학 영역의 과학적 개념 분석 결과는 과학 수업에 있어서 학생들이 과학적 설명을 구성하도록 촉진하는 교사 역할의 중요성을 시사하였다. 실제 과학 수업에서 교사는 어떠한 과학적 설명을 구성해서 학생들의 과학적 탐구와 개념적 이해를 돕는지 교사 6명의 수업 사례를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 5학년 지구과학 영역 수업 분석 결과

(1) 분석 단원(차시)의 개관

분석 대상 단원은 5학년 1학기 ‘3. 기온과 바람’, ‘8. 물의 여행’과 5학년 2학기 ‘7. 태양의 가족’의 3개 단원이다. 각 단원의 차시 주제와 실제 행해진 수업 동안의 주요 학습 활동 및 다루어진 과학 개념을 정리하면 표 5와 같다.

분석한 차시별 수업의 내용과 활동을 간략히 살펴보면, ‘기온과 바람’ 단원 수업은 핵심 개념인 ‘바람’과 하위 개념인 ‘공기’를 학습하는 것이 목적이다. 따라서 수업의 초점은 지면과 수면이 가열되는 정도가 차이를 확인하는 실험을 통해 지면 위와 수면 위의 공기의 온도 변화가 차이를 추리한 후, 바람은 두 곳의 기온 차에 의해 일어나는 현상임을 알도록

표 5. 각 차시별 학습 내용

단원명	차시 주제	학습 활동	과학 개념
기온과 바람	바람이 부는 까닭	<ul style="list-style-type: none"> • 따뜻한 공기의 움직임 알아보기 • [실험] 수조 실험, 갯등 실험, 비닐주머니 가열하기 • 따뜻한 공기와 찬 공기가 가까이 있을 때 공기의 움직임 관찰하기 	바람(핵심 개념) 공기(하위 개념)
물의 여행	다시 땅으로	<ul style="list-style-type: none"> • 빗방울이 생기는 과정 실험 • 실험) 비가 내리는 과정 실험 • 실험) 눈이 내리는 과정 실험 	수증기, 증발, 열, 비, 눈* (하위 개념)
태양의 가족	태양계 행성의 특징 알아보기	<ul style="list-style-type: none"> • 행성의 특징 알기 • 행성 탐사 계획 세우기 • 행성 탐사계획 발표 • 행성 탐사계획을 세우면서 느낀 점 발표하기 	태양계(핵심 개념) 행성, 위성, 행성 탐사선(하위 개념)

(*: 교육과정에 직접 제시되지 않은 개념을 나타냄)

하는 데 두고 있다. 먼저, 도입 단계에서는 촛불 위에 종이 나선형 뱀이 어떻게 움직이는지를 알아보는 실험을 통해 대류 현상의 기본 개념을 이해한다. 이어, 전개 단계에서 조별 실험을 하게 되는데, 한 조는 따뜻한 물과 얼음물로 조건을 달리하여 공기의 움직임을 알아보는 실험을 하고, 다른 조는 비닐 주머니를 가스레인지 위에 가열했을 때 비닐주머니 속의 공기의 움직임에 관한 실험을 한다. 이렇게 다양한 실험을 함으로써 학생들은 주변보다 따뜻한 공기는 위로 올라간다는 실험 결과를 도출해낸다. 마지막 정리 단계에서는 대류 운동을 이용한 갖등 실험 장치를 통해 공기가 가열되어 따뜻해지면 상승하므로 갖등 위에 있는 프로펠러를 움직일 수 있다는 대류 현상의 원리를 이해한다.

‘물의 여행’ 단원의 수업은 교육과정에서 제시하고 있는 핵심 개념인 ‘물의 순환’을 이해하기 위해 ‘수증기’, ‘증발’, ‘열’, ‘비’, ‘눈’ 등 다양한 하위 개념을 포함하여 학습 활동이 이루어지고 있다. 도입 단계에서는 전 차시에서 학습한 안개와 구름의 공통점에 대하여 간단한 문답 활동을 하고, 맑은 날과 흐린 날의 구름사진을 서로 비교하면서 색이나 형태 등의 특징을 알아보는 활동을 한다. 이를 바탕으로 교사는 맑은 날의 구름이 시간이 지나면서 흐린 날의 구름과 같이 되어 비가 되어 떨어지는 과정을 학생들이 탐구해 보도록 유도한다. 전개 단계에서는 구름 발생 장치에 관한 자료 화면을 교사가 미리 준비하여 학생들에게 보여주면서 실험 과정에 대하여 자세하게 설명한다. 이어 학생들은 조별로 실험을 수행하면서 관찰 결과를 노트에 기록하는데, 구름 발생 실험과 유사한 눈이 내리는 실험도 같은 방법으로 교사의 설명 후 조별로 실험하고 기록한다. 정리 단계에서는 실험을 통해 알게 된 구름 생성 과정과 눈 생성 과정에 관하여 낱말 퍼즐 학습지를 통해 확인한다.

‘태양의 가족’ 단원 수업은 ‘태양계’라는 핵심 개념과 함께 ‘행성’, ‘위성’, ‘행성탐사선’의 하위 개념을 모두 다루고 있다. 이 수업은 중요한 개념들을 학습하기 위해 전문가 집단 활용 코너 학습을 활용하고 있는 점이 특징적이다. 교사는 일방적으로 수업을 주도하지 않으며 놀이의 형식을 통해 과학적 개념에 대한 학생들의 흥미를 자극하고 우주에 대한 호기심을 이끌어내도록 하고 있다. 몇몇 전문가 학생들이 행성의 특징을 대해 자세하게 탐구하면

다른 학생들은 행성 코너를 다니면서 각 행성의 특징에 대하여 알아봄으로써 흥미 있고 즐겁게 개념들을 이해하는 활동을 한다.

(2) 교수-학습 활동의 분석

5학년 지구과학 영역 3개 단원의 해당 차시는 교사의 설명과 교사와 학생 간의 질문 및 발표 내용을 포함한 모든 학습 활동의 진행 과정을 분석틀에 의해 분석하였다. 각 차시별로 교사의 과학적 설명 내용을 분석한 결과는 표 6과 같다.

표 6을 보면, 각 단원의 차시마다 설명의 영역에 따른 설명 횟수와 수준이 다양하게 나타나고 있다. 개념의 설명 영역과 설명의 근거 영역이 각 차시에 모두 빈번하게 활용된 반면, 이에 비해 일상적 설명의 연결 영역은 대체로 빈도가 낮음을 알 수 있다. 그리고 개념의 설명 영역은 다른 차시에 비해 ‘태양의 가족’ 단원의 차시에서만 높은 빈도를 보이며, 설명의 근거 영역은 ‘기온과 바람’ 단원의 차시에서만 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 그리고 일단 활용된 영역의 설명 수준은 대개 주장이나 증거를 토대로 2수준의 설명이 중심을 이루고 있다.

각 차시별 수업에 나타난 교사의 과학적 설명의 특징을 자세히 살펴보면 다음과 같다.

먼저 ‘기온과 바람’ 수업의 경우 ‘개념의 설명(C)’과 ‘설명 of 근거(R)’ 영역만이 활용되고 있지만, 교사의 과학적 설명이 학생들의 일상적 경험이나 예(E)들과 연결되고 있지 않다. 이에 대한 수업의 대표적인 사례인 <사례 1>과 <사례 2>를 통해 살펴 보도록 한다.

먼저 <사례 1>은 수업 중 개념의 설명(C) 영역에 관한 2수준의 교사의 설명이다.

<사례 1>

교사: 바람과 바람이 부는 까닭인데요. 바람이란? 자, 다 같이 한 번 읽어볼까요? 시작.

학생: 공기의 일부가 지표면에서 따뜻해지면 가벼워져서 상승하게 되고 상공에서 공기는 온도가 내려가서 다시 지표면으로 내려오게 됩니다. 이와 같이 온도의 변화에 따라 기압이 변함으로서 대류 현상이 나타나며 이때의 공기의 움직임을 바람이라고 합니다.

교사: 예, 여기서 여러분들이 꼭 알아야 할 것이, ... (생략)

표 6. 각 차시별 설명 영역 및 설명 수준 비교

설명 영역	주제 및 설명 수준	기온과 바람			물의 여행			태양의 가족			계						
		설명 횟수	설명 수준			설명 횟수	설명 수준			설명 횟수	설명 수준						
			1	2	3		1	2	3		1	2	3				
개념의 설명(C)	주장(c)	2			3				12				17				
	증거(e)	1	0	1	1	3	0	0	3	11	1	11	0	15	1	12	4
	논증(r)	2				3				0				5			
설명근거(R)	주장(c)	4			1				0				5				
	증거(e)	9	0	6	3	0	0	1	0	0	0	0	9	0	7	3	
	논증(r)	9				1				0			10				
일상적 설명의 연결(E)	주장(c)	0			0				0				0				
	증거(e)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	논증(r)	0				0				0				0			
계	주장(c)	6			4				12				22				
	증거(e)	10	0	7	4	3	0	1	3	12	1	12	0	25	1	20	7
	논증(r)	11				4				0			15				

위의 설명은 ‘바람’이라는 과학적 개념을 학생의 발표를 통해 교사가 설명하고 있다. 온도와 기압의 변화로 일어나는 대류현상의 공기 움직임이라는 논증(r)을 통해 ‘바람’이라는 과학적 개념(c)을 설명하고 있다. 그러나 수업의 앞부분에서 공기의 이동인 대류현상에 관한 실험을 수행하였음에도 불구하고 교사는 이 부분에서 증거(e)에 해당하는 실험이나 실험 결과에 대한 언급을 하지 않고 바람의 개념을 설명하고 있다. 따라서 증거(e)의 제시(c)는 하지 않고 있다고 볼 수 있으며, 설명 수준도 3수준이 아닌 2수준에 머물고 있다.

〈사례 2〉는 수업 중 설명의 근거(R) 영역에 대한 2수준에 해당하는 교사의 설명이다.

〈사례 2〉

교사: 자, 5, 6조에서는 실온의 물과 얼음물을 해 봤는데요, 실험 결과에 대해서 ‘아마 이런 이유 때문에 그럴 것이다’라고 한 번 가설을 얘기해 볼 친구?

학생: 제 생각으로는 얼음물의 온도가 실온 물의 온도보다 낮기 때문이라고 생각합니다.

교사: 아, 차기 때문에, 더 온도가 낮기 때문이라고 했습니다. 자, 그럼 실제로 공기를 가열해 본 친구들? 두 조 있었죠, 3, 4조, 왜 그런 결과가 나왔는지 한 번 얘기해 볼 수 있는 친구?... (생략)

위의 설명은 수조 속에 따뜻한 빨간색 색소의 물과 차가운 파란색 색소의 물을 넣고 칸막이를 빼는 실험을 수행한 후, 교사와 학생 간에 주고받는 대화 내용이다. 교사는 ‘대류’라는 과학 개념을 사용하여 실험 결과에 대한 주장(c)을 하지 않고, 실험 결과인 증거(e)를 기초로 어떻게 그 현상이 일어나는지 논증(r)을 통해 이유를 밝히고만 있다. 그러므로 설명 수준도 2수준에 머물고 있는 사례라고 할 수 있다. ‘기온과 바람’ 단원의 차시에는 이와 같이 설명의 근거(R) 영역에 대한 2수준의 교사 설명 방식이 가장 빈번하게 사용되고 있는 것으로 나타났다.

‘물의 여행’ 수업은 ‘구름’, ‘비’, ‘눈’ 등의 주요 개념을 명확하게 이해하기 위한 ‘개념의 설명(C)’이 큰 비중을 차지하고 있었다. 그러나 나머지 두 영역인 설명의 근거 영역(R)과 일상적 설명의 연결 영역(E)은 설명이 거의 없어 다른 두 수업에 비해 전체적 설명의 횟수가 가장 적은 것으로 분석되었다. 이와 같이 이 수업에서는 비록 설명의 횟수는 적지만 개념의 설명 영역(C)에서 행해진 설명이 주장, 증거, 논증을 모두 포함함으로써 가장 높은 3수준을 나타내고 있다. 대표적인 예를 살펴보면 다음과 같다.

〈사례 3〉

학생들: (눈 생성 실험을 수행한다.)
 교사: 온박도시락 밑에 어떤 현상이 일어났습니까? 준석
아!
 학생: 온박도시락 밑에 물방울이 얼어붙었습니다.
 교사: 얼었습니다. 그럼 눈은 어떻게 생겼을까요? 눈은
어떻게 생기는 것일까요?
 학생: 수증기가 위로 올라가 차가운 것을 만나 물방울이
생겼는데 그것의 온도가 내려가서 얼어서 떨어진
것이 눈입니다.
 교사: 잘 발표했습니다. 수증기가 위로 올라가서 온도가
내려가면 그 수증기가 직접 얼어서 떨어지는 것이
바로 눈입니다.

〈사례 3〉은 눈 생성 실험을 수행하고 난 다음, 실험 결과를 통해 눈의 과학적 개념을 설명하고 있는 부분이다. 수증기가 위로 올라가 차가운 것을 만나 물방울이 생겨, 이것의 온도가 얼어서 떨어진 것이 눈이라는 과학적 주장(c)을 온박도시락 밑에 물방울이 얼어붙었다는 실험 결과의 증거자료(e)를 제시하면서, 눈의 생성 과정을 설명(논증)(r)하고 있으므로 과학적 개념 영역(C)의 주장(c), 증거(e), 논증(r)이 모두 포함된 3수준의 설명이라고 할 수 있다. 이 수업에서는 〈사례 3〉과 같은 교사의 설명이 대부분을 차지하고 있다.

‘태양의 가족’ 단원의 차시는 교사의 설명이 개념의 설명 영역(C)에 집중되어 있으며, 주장(c)과 증거(e)가 매우 높은 빈도를 보이는 것이 특징이다. 이는 수업의 성격이 태양계의 행성에 관하여 학생들이 인터넷이나 백과사전을 통해 조사하고, 이에 대한 결과를 발표하는 방식으로 이루어지기 때문이다. 교사의 설명은 주로 행성의 개념을 제공하거나 시각적 자료를 증거(e)로 태양계에 존재하는 행성의 특징을 설명(c)함으로써 2수준이 주를 이루고 있다. 설명의 근거(R)와 일상적 예의 연결(E)은 거의 찾아 볼 수 없다. 이러한 예는 다음의 사례를 통해 살펴볼 수 있다.

〈사례 4〉

교사: 자 이거 뭐까요?
 학생: 명왕성
 교사: 네, 태양계의 마지막 행성이죠? 아홉 번째 행성이
니다. 그리고 1년은 지구의 248배예요. 하루는
지구의 6.5배로 대략 153시간입니다. 공전할 때
가끔 해왕성 안쪽으로 새치기를 하기도 하고요, 크

기와 질량이 가장 작은 행성으로 알려져 있어요.

교사: 네, 이상으로 선생님이 준비한 파워포인트로 학습
정리를 했는데 ... (생략)

〈사례 4〉는 ‘태양의 가족’ 단원 차시의 대부분을 이루는 과학적 설명 영역(C)의 주장(c)과 증거(e)만 이 나타나는 2수준의 교사 설명 사례이다. 교사는 태양계에 속해 있는 행성(명왕성)들에 대하여 주로 단순한 주장(c)을 파워포인트 자료를 증거(e)로 제시하면서 설명하고 있다. 본 단원의 차시에서 중요하게 다루어야 하는 과학적 개념은 ‘태양계’, ‘행성’, ‘위성’ 등이다. 이와 같이 중요하게 다루어야 하는 과학적 개념에 대한 설명 없이 행성의 종류들만의 개념(c)을 나열하고, 이에 대한 파워포인트 설명자료(e)를 통해 읽어주는 정도에 머물고 있어 학생들이 과학적 이해와 지식 구성을 돕기에 부족한 설명 방식이라 할 수 있다.

이상, 5학년 지구과학 영역의 각 수업에서 나타난 설명 영역별 활용 비율과 설명 수준을 분석한 결과 나타난 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 각 수업에서 나타난 교사의 설명은 개념의 설명(C)과 설명의 근거(R) 영역에서 빈번하게 이루어졌으며, 3개의 단원 모두 일상적 설명의 연결(E) 영역에서의 설명은 거의 나타나지 않았다. 이는 수업시간 동안 교사가 구성하는 과학적 설명이 학생들의 일상적 경험이나 예들과 연결되어 있지 않고 있음을 의미한다. 분석 결과, 교사들은 일상적 예들을 과학적 설명에 포함시키지 않을 뿐 더러 이러한 예들을 과학적 주장, 증거, 논증과 관련시켜 설명하고 있지 않다는 것을 알 수 있다.

둘째, 각 차시별 설명의 영역에 있어 교사의 설명 수준은 대체로 2수준에 머물고 있음을 알 수 있다. 이는 과학적 개념 설명(C) 영역, 설명의 근거 영역(R) 그리고 일상의 예와의 연결 영역(E) 모두에서 교사가 다소 모호하게 과학적 개념을 설명하거나 설명의 근거를 제시함에 있어 논증과 증거를 제대로 활용하고 있지 않음을 의미한다. 이렇게 대부분 2수준을 넘지 못하는 교사의 설명은 학생들이 기본적인 과학적 개념들을 이해하고 그것들을 관련시켜 풍부한 지식 기반을 형성하는데 충분하지 않으므로 인해 실생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하도록 돕는 데에는 부족한 설명 방식으로 수업이 진행되고 있음을 의미한다.

2) 6학년 지구과학 영역 수업 분석 결과

(1) 분석 단원(차시)의 개관

분석 대상 단원은 6학년 1학기 '2. 지진', '4. 여러 가지 암석'과 6학년 2학기 '4. 계절의 변화'의 3개 단원으로 실행된 수업의 각 차시 주제, 주요 학습 활동, 과학 개념을 정리하면 표 7과 같다.

각 차시별로 주요 과학 개념을 설명하기 위한 실제 수업에서의 학습 활동 및 내용을 간략하게 살펴 보면, 먼저 '지진과 피해' 수업의 경우 차시에 포함된 주요 개념들은 '지진', '지진대', '지진 해일' 등이다. 이 중 지진에 의한 피해인 '지진 해일'은 교육 과정상에 제시된 개념은 아니지만, 상당히 큰 비중으로 다루어지고 있다. 도입 단계에는 '스티로폼 조각내기'라는 실험으로 지진의 발생 원인을 설명한다.2) 이어 전개 단계에서 지각판을 기준으로 조각난 지도를 맞추어보고 지진이 자주 발생하는 지역을 표시하는 활동을 통해 지진이 판의 경계 지역을 따라 비교적 좁은 구역에서 집중적으로 발생하고 있음을 설명하고 있다. 이러한 지진 발생 구역의 표시는 실제 '판'이나 '지진대'에 대한 개념 이해를 돕기 위한 과정이지만, 탐구 과정에서 판에 대한 개념이나 지진대의 명칭 등에 대해서는 언급하지 않고 있다. 그 이유는 그러한 개념들을 후속 학습 개념으로 제시한 교육과정 상의 유의 사항에 따른 것으로 볼 수 있다. 이어서 교사는 지진이 발생했을 때 해

일이 발생하는 원리를 모의 지진해일 실험으로 확인하고, 인도네시아 수마트라 지진 해일에 의한 다양한 피해 상황을 자료로 제시하고 있다. 마지막 정리 단계에서는 지진에 의한 피해를 줄일 수 있는 여러 가지 방법들에 대해 기상청의 동영상 자료를 보여준 후, 학생들에게 대처 방법을 질문하고 답하는 형식으로 마무리하고 있다.

'암석의 변성' 수업에서는 '열', '힘(압력)', '변성', '변성암', '편마암' 등 교육과정에 제시된 개념들을 기반으로 학습 활동이 이루어지고 있다. 도입 단계에서 학생들은 전 차시에서 학습한 화성암과 퇴적암의 특징을 사진 자료를 이용하여 정리하고, 개사한 노래를 부르게 하여 수업 목표를 제시하고 있다. 전개 단계에서는 열이나 힘을 가했을 때 물질의 모양이나 성질이 변하는 사례로 찰흙으로 도자기 굽기, 구겨진 와이셔츠 다리기, 밀가루 반죽으로 빵 만들기 등을 제시하고 있다. 그리고 이미 학습한 화성암과 퇴적암의 생성 원인을 바탕으로 실제 암석 표본을 관찰하고, 이를 변성암의 대표적 사례인 편마암의 특징과 비교하는 실험 활동을 한다. 정리 단계에서는 실험으로 관찰한 편마암의 독특한 특징들이 열과 힘(압력)에 의한 것임을 설명하고 있다.

'태양의 고도와 기온'을 주제로 한 수업에서는 '태양의 고도', '태양 복사 에너지' 등이 해당 차시에 포함된 중요한 개념이다. 이를 설명하기 위해 손

표 7. 각 차시별 학습 내용

단원명	차시 주제	학습 활동	과학 개념
지진	지진과 피해	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 방법으로 지진 발생에 대해 조사하기 • [실험] 스티로폼 조각내기 • 세계 여러 곳에서 발생한 지진 조사하기 • [실험] 모의 지진 해일 발생 실험 • 지진의 피해 • 지진의 피해 줄이는 방법 알아보기 	지진(핵심 개념) 지진대(하위 개념) 지진 해일*
여러 가지 암석	암석의 변성	<ul style="list-style-type: none"> • 주위에서 열과 압력으로 변한 것 찾기 • [실험] 편마암 관찰하기 • 변성암, 화성암, 퇴적암 비교하기 	열, 힘(압력) 변성, 변성암 편마암(하위 개념)
계절의 변화	태양의 고도와 기온	<ul style="list-style-type: none"> • [실험] 손전등으로 모눈종이 위에 비추어 보기 • 태양의 고도에 따라 지면이 받는 태양 에너지의 양 알아보기 	태양의 고도, 태양 에너지(하위 개념) 태양 전지*

(*: 교육과정에 직접 제시되지 않은 개념을 나타냄)

2) 실제 이 실험 과정은 차시 전개 상 후속 차시에서 진행되어야 할 실험이다.

전등과 모눈종이를 이용하여 고도에 따른 복사 에너지양의 차이를 비교하는 실험 활동과 태양 전지의 고도에 따른 전구의 밝기와 멜로디 소리의 차이를 비교하는 실험 활동을 한다. 학생들은 이 실험 과정으로부터 태양의 고도와 흡수하는 복사 에너지양의 관계를 이해할 수 있는데, 교사의 개념 설명은 주로 실험 결과와 관련하여 이루어지고 있다. 정리 단계에서는 학생들이 태양 전지를 설계하는 모둠 활동을 한다. 이 활동은 태양의 고도와 복사 에너지양의 관계를 통해 태양 에너지 흡수량을 더 크게 할 수 방법을 알아보는 것이며, 교사는 그 결과를 학생들이 발표하도록 하여 주요 개념들을 제대로 이해하고 있는지 확인하고 있다.

(2) 교수-학습 활동의 분석

6학년 지구과학 영역 3개 단원의 해당 차시 역시, 5학년의 경우와 마찬가지로, 교사의 설명과 교사와 학생 간의 질문 및 발표 내용을 포함한 모든 학습 활동의 진행 과정을 분석틀에 의해 분석하였다. 각 차시별로 교사의 과학적 설명 내용을 분석한 결과는 표 8과 같다.

표 8을 보면, 각 단원의 차시마다 설명의 영역에 따른 설명 횟수와 수준이 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 설명의 근거 영역이 각 차시에 모두 빈번하게 활용된 반면, 개념의 설명과 일상적 설명

의 연결 영역은 수업에 따라 한 번도 나타나지 않고 있다. 그러나 일단 활용된 영역의 설명 수준은 대개 주장이나 증거를 토대로 2, 3수준의 설명이 중심을 이루고 있다. 각 차시별 수업에 나타난 교사의 과학적 설명의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

먼저 ‘지진’ 수업의 경우 설명의 근거(R)나 일상적 설명의 연결(E) 영역만이 활용되고 있으며, 단원의 주요 개념들인 ‘지진’, ‘지진대’, ‘지진 해일’에 대한 교사의 명시적인 개념 설명(C)은 이루어지고 있지 않다. <사례 1>은 수업 중 설명의 근거(R) 영역에 관한 교사의 설명이다.

<사례 1>

- 교 사: 자. 우리가 활동한 결과 어떤 점을 발견할 수 있었습니까? 자 발표해 봅시다.
- 학생 1: 지각을 이루는 판과 판의 경계에 지진 발생이 일어날을 알 수 있었습니다.
- 교 사: 예. 또, 발표해 봅시다.
- 학생 2: 지진 발생 지역은 특정한 지역에 집중되어 있는 모습으로 보입니다.
- 교 사: 네. 그림과 같이 우리가 나누었던 그런 조각조각의 경계면에 지진이 발생한 곳이 몰려 있다는 것을 알 수 있습니다. 그래서 지각을 이루는 판과 판의 경계에 지진 발생 지역이 몰려 있다는 것을 알 수 있고, 특정한 지역에 집중된 모습을 볼 수 있습니다.

표 8. 각 차시별 설명 영역 및 설명 수준 비교

설명 영역	주제 및 설명 수준	지진			암석의 변성			태양의 고도와 기온			계						
		설명 횟수	설명 수준			설명 횟수	설명 수준			설명 횟수	설명 수준						
			1	2	3		1	2	3		1	2	3				
개념의 설명	주장(c)	0			9				1			10					
	증거(e)	0	0	0	0	3	4	3	2	0	1	0	0	3	5	3	2
	논증(r)	0			4					0				4			
설명 근거	주장(c)	3			7				7				17				
	증거(e)	3	0	1	2	7	0	6	1	3	0	4	3	13	0	11	6
	논증(r)	2			1					7				10			
일상적 설명의 연결	주장(c)	4			2				0				6				
	증거(e)	4	0	1	3	2	0	0	2	0	0	0	0	6	0	1	5
	논증(r)	3			2					0				5			
계	주장(c)	7			18				8				33				
	증거(e)	7	0	2	5	12	4	9	5	3	1	4	3	22	5	15	13
	논증(r)	5			7					7				19			

위의 설명은 '지진대'를 이해하기 위해 지도 조각을 맞추어 지진 발생대의 분포도를 파악하는 활동을 한 후 이루어졌다. 교사는 '지진대'가 무엇인지에 관한 명확한 개념 정의 없이 지진 활동이 특정 구역에서 집중적으로 일어나고 있다는 사실을 근거로 설명(R)하고 있다. 그런데 이때 교사는 학생들이 했던 활동의 결과를 증거(e)로 하여 지각판의 경계면에 지진 발생 지역이 몰려 있다는 주장(c)을 하고 있지만, 왜 판의 경계면에 지진이 발생하게 되는지 논증하는 과정은 생략하고 있으므로 2수준에 머물고 있음을 알 수 있다. 이러한 예와 같이, 이 수업에서는 설명의 근거(R)와 함께 일상적 설명의 연결(E) 영역이 빈번히 나타났으며, 수준에 있어서는 주장(c), 증거(e), 논증(r)이 고르게 활용됨으로써 2, 3수준의 설명이 주를 이루고 있다.

'암석의 변성' 수업에서는 중요한 개념들이 '변성', '변성암', '편마암' 등이며, 수업 과정에서 개념의 설명(C)이 큰 비중을 차지하고 있지만, 논증이 생략된 채 단순히 개념적 정의를 제공하는 주장이나 증거가 대부분을 차지하고 있다. 마찬가지로 설명의 근거(R) 영역에서도 논증이 없이 주장이나 증거만 제시한 경우가 많다. <사례 2>와 <사례 3>은 각각 그러한 예를 보여주고 있다.

<사례 2>

교사: 네, 지층과 퇴적암에 대해서 배웠어요. 그러면 우리 퇴적암에 대해서는 어떤 암석들이 있다고 배웠나요?

학생: 역암, 사암, 이암 등에 대하여 배웠습니다.

교사: 네. 퇴적암에서 역암, 사암, 이암 등에 대해서 배웠어요.

<사례 3>

교사: 편마암을 가지고 나와서 한번 발표해 보세요.

학생: (관찰한 내용을 학습지를 참고하여 발표한다. 앞으로 나와서 앞의 실물화상기에 편마암을 올려놓고 보여주면서 발표한다.) 겉모양에 구멍은 없었고, 표면이 거칠거칠합니다. 어두운 색과 밝은 색이 고루 나타나고, 검은색의 줄무늬가 있습니다. 반짝이는 면도 있습니다.

교사: 예, 편마암의 겉모양에 대해서 관찰했어요.

<사례 2>에서 교사는 단순히 '지층'이나 '퇴적암'의 개념만 제시하고 이들에 대한 구체적이고 명확한 정의 없이 퇴적암에는 역암, 사암, 이암이

다는 주장(c)만을 하고 있어 개념의 설명은 1수준에 머물고 있다. <사례 3>에서는 관찰 결과를 증거(e)로 하여 학생들의 발표 활동을 통해 편마암의 특징을 주장(c)하고 있다. 이때, 편마암의 특징이 나타나게 된 논증(r) 과정은 생략함으로써 2수준의 설명이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

한편, 일상적 설명의 연결(E) 영역에서는 주장과 증거 및 논증을 함께 이용하여 과학적 설명을 구성하는 경우가 많았다. <사례 4>는 그러한 예를 보여주고 있다.

<사례 4>

교사: (그림 자료를 보면서) 먼저 도자기 얘기했어요. 도자기의 처음의 반죽은 무른 반죽이지요. 높은 열을 받아서 단단하고 깨질 수 있는 도자기로 변했어요. 즉, 높은 열을 받아서 그 성질이 변했습니다. 또 어떤 예가 있냐하면, ... 구겨진 와이셔츠가 수분과 또 높은 열과 위에서 누르는 힘에 의해서 구김이 펴졌습니다. 모양이 변하는 예구요. 또 ... 밀가루 반죽이었는데, 처음에는 높은 열을 받아서 모양도 부풀어지고 맛있는 빵으로 변했어요. 모양과 성질이 변하는 예였습니다.

위 사례에서는 열과 압력을 받았을 때 모양과 성질의 변화(변성 작용)를 일상생활과 연결(C)하여 설명하고 있다. 교사는 일상생활에서 쉽게 접할 수 있는 사례들을 증거(e)로 제시하면서 성질이나 모양이 변한다는 주장(c)을 하고 있으며, 이러한 변성 작용은 열이나 압력이 작용하였기 때문이라고 논증(r)함으로써 최고 수준인 3수준의 설명을 하고 있음을 확인할 수 있다.

'태양의 고도와 기온'을 주제로 한 수업에서는 실험 결과를 바탕으로 한 설명의 근거(R) 영역을 중심으로 교사의 수업이 진행되고 있으며, 설명 수준은 대체로 주장(c)이나 증거(e)를 바탕으로 한 2수준과 3수준인 것으로 나타났다. 나머지 두 영역에서는 설명이 거의 나타나지 않고 있으며, 단 한 번 이루어진 개념의 설명(C)에 있어서도 이 차시의 주요 개념인 '태양의 고도', '태양 에너지' 등에 관한 직접적인 설명은 이루어지지 않고 있다. 대신에 교사는 '태양 고도에 따른 복사 에너지양 확인'과 같은 다양한 실험을 통해 그 결과를 이용하여 논증하는 방식의 설명을 진행하고 있다. <사례 5>는 그러한 예를 나타낸 것이다.

<사례 5>

교 사: 음.. 태양의 고도가 높아지면 단위면적당 들어오는 에너지의 양은 어떠해지죠?

학생 1: 태양의 고도가 높아지면 같은 면적에 도달하는 태양의 에너지가 많아집니다.

교 사: 여러분 그러한 사실은 어떻게 알았죠?

학생 2: 손전등의 기울기가 클수록 같은 모양의 사각형 안에 들어가는 에너지의 양이 더 많았습니다.

교 사: 또 어떻게 알 수 있었나요?

학생 3: 백열등의 고도가 높을수록 맬로디는 더 커지고 전동기가 빨리 돌아가는 것으로 보아 알 수 있습니다.

교 사: 네 그렇습니다. 태양의 고도가 높아지면 똑같은 면적에 들어오는 태양 에너지의 양이 많아지기 때문에 기온도 높아지는 것입니다.

위의 예는 태양의 고도와 에너지 양의 차이를 설명(R)하기 위한 과정에서 나타난 것인데, 교사는 ‘태양의 고도가 높아지면 에너지의 양이 많아진다’는 주장(c)을 뒷받침하기 위해 손전등의 기울기에 따라 빛이 비치는 면적을 계산한 실험의 결과를 증거(e)로 논증(r)함으로써 3수준의 설명을 하고 있다.

이상, 6학년 지구과학 영역의 각 수업에서 나타난 설명 영역별 활용 비율과 설명 수준을 분석한 결과 나타난 특징을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 6학년 지구과학 영역에서의 설명은 개념의 설명(C)이나 일상적 설명의 연결(E)보다는 주로 설명의 근거(R)에 중점을 두고 이루어지고 있다. 이는, 교사의 과학적 설명이 직접적 개념 정의나 일상생활과의 연결보다는 학생들의 탐구 활동 과정 및 결과를 이용하여 설명의 근거를 제시함으로써 구성되고 있음을 의미한다. 그런데 이처럼 증거와 논증을 이용한 풍부한 설명이 나타나고 있는 반면, 중요한 과학 개념들에 대한 명시적 설명은 잘 이루어지지 않고 있는 것으로 드러났다. 일부 개념의 경우에 단순한 주장(c)을 통해 개념을 제시하는 사례)도 있었으나, 각 차시별로 중요한 개념들, 예를 들면, ‘지진’, ‘지진대’, ‘지진 해일’, ‘태양의 고도’, ‘태양 복사 에너지’ 등 핵심 개념들을 교사가 직접적이고 명확하게 정의하거나 설명하지 않고 다른 영역의 설명에서 간접적으로 언급하는 경우가 많았다. 또한, 교육 과정상에 제시되지 않았지만 수업에 활용된 ‘지진 해일’, ‘태양전지’ 등의 개념들에 대해서도

명시적인 교사의 설명이 이루어지지 않고 있었다.

둘째, 각 설명 영역별 하위 요소인 주장(c), 증거(e), 논증(r)의 세 요소는 과학적 설명의 근거(R)와 일상적 설명의 연결(E) 영역에서 비교적 고르게 활용되고 있어 주로 2~3수준을 보이고 있다. 이러한 특징은 대부분의 수업 상황에서 명확한 과학적 설명의 근거를 제시하기 위해 탐구 실험이나 일상생활에서 경험할 수 있는 사례들을 증거나 논증의 예로 함께 제시하기 때문인 것으로 풀이된다. 그러나 개념의 설명(C) 영역의 경우에는 증거나 논증이 빠진 채 단순한 주장(c)이 많은 부분을 차지하고 있다. 이는 교사가 과학적 개념을 소개하거나 정리할 때, 각 개념의 정의만을 전달하는 경우가 많으며, 그러한 개념이 무엇을 바탕으로 어떻게 형성되었는지를 설명하지 않고 있음을 드러내는 것이다. 이렇게 증거와 논증의 요소를 생략한 채, 단순하게 개념 정의를 통해 설명하는 것은 학생들이 풍부한 과학적 설명을 구성하도록 돕기보다는 추상적인 개념을 습득하도록 할 우려가 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 과학적 소양을 기르기 위해 초등 교육 과정에서 제시하고 있는 과학적 개념들은 무엇인지 살펴보고, 실제 수업에서 교사들은 어떠한 과학적 설명 방식을 이용해 학생들의 과학적 지식 구성과 탐구를 돕고 있는지 탐색하는 것을 목적으로 하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 초등 과학교육과정 중 지구과학 영역에서 제시하고 있는 과학적 개념의 특징을 살펴본 결과, 각 단원별 핵심 개념은 1~2개로 비교적 적은 수의 개념들이 제공되고 있으며, 단원 제목이 핵심 개념을 나타내는 경우가 대부분이었다. 또한, 핵심 개념과 연결되어 있는 하위 개념들은 직접적인 서술이나 설명 대신 학습 내용 중의 ‘활동’ 속에 내재되어 있었다. 이렇게 교육과정 상에 핵심 개념과 관련된 하위 개념들이 명시적으로 드러나지 않도록 하는 구성은 학생들로 하여금 구체적인 탐구 경험을 통해 과학 개념을 자연스럽게 이해할 것을 요구한다. 그러나 학생들이 스스로 과학적으로 타당한 설명을 구성하고 개념을 이해하는 데에는 어려움이 따른다.

3) ‘퇴적암에는 역암, 이암, 사암이 있다.’ ‘화성암에는 현무암과 화강암이 있다.’ 등과 같이 개념을 설명하기 위한 과정에 주장만 있을 뿐, 퇴적암이나 화성암의 개념에 대한 직접적 정의나 설명을 생략함으로써 1수준을 보이고 있다.

것으로 보이며, 이는 다양한 탐구 활동을 통해 얻은 여러 정보와 결과들을 이용하여 과학적 지식을 구성하도록 지원하는 교사의 역할이 매우 중요함을 암시하고 있다.

둘째, 5, 6학년 지구 영역 중 각 학년별로 3단원을 선정하여 총 6차시의 수업을 분석한 결과, 나타난 교사의 과학적 설명 방식의 특징은 다음과 같다. 먼저 5학년의 ‘기온과 바람’, ‘물의 여행’, ‘태양의 가족’ 단원의 수업을 분석한 결과, 교사의 설명은 ‘개념의 설명’, ‘설명에 근거’ 영역의 순으로 빈번하게 나타났으며 ‘일상적 설명의 연결’ 영역과 관련해서는 단 1회의 설명만이 행해졌다. 즉, 교사가 과학적 개념의 정의를 제공하며 그에 따른 근거를 제시하고 있지만, 일상적 사례들과 연결하여 설명하는 경우는 거의 없는 것으로 드러났다. 한편, 영역별 설명의 하위 요소와 관련하여 수준을 분석한 결과, 전체적으로 증거, 논증, 주장의 세 요소가 골고루 활용되지 않음으로써 교사의 과학적 설명은 대부분 2수준에 머물고 있는 것으로 나타났다. 6학년의 경우, ‘지진’, ‘암석의 변성’, ‘태양의 고도와 기온’을 주제로 한 수업을 분석하였는데 그 결과, 다른 두 영역에 비해 ‘설명에 근거’ 영역에서 압도적으로 많은 교사의 설명이 이루어졌다. 이는 교사가 과학적 개념을 직접적으로 제공하거나 주변의 경험이나 예를 통해 일상생활과 연결시켜 설명하기 보다는 그것을 설명하기 위한 논증의 과정에 많은 비중을 두고 있음을 의미하는 것이다. 교사가 구성하고 있는 과학적 설명의 수준을 영역별 하위요소와 관련하여 알아본 결과, 각 영역에서 증거, 논증, 주장의 세 요소가 비교적 고르게 활용됨으로써 2, 3수준의 설명이 거의 동일한 비중으로 나타나고 있었다. 그러나 ‘개념의 설명’ 영역에서는 증거와 논증이 빠진 채 단순히 개념을 설명하는 1수준의 설명이 주로 이루어지고 있다. 상대적으로 ‘과학적 설명에 근거’와 ‘일상적 설명의 연결’ 영역에서는 증거와 논증을 통해 주장을 제시함으로써 보다 높은 설명 수준을 보여주고 있는데, 이는 탐구 실험이나 일상생활에서 경험할 수 있는 사례들을 증거나 논증으로 활용하여 설명하였기 때문인 것으로 나타났다.

이상, 본 연구의 결과를 바탕으로 교사의 과학적 설명 구성에 관해 제언하고자 한다.

첫째, 교사는 학생들이 기본적인 과학 개념을 명확하게 이해할 수 있도록 좀 더 명시적인 개념의 설

명을 제공할 필요가 있다. 앞서 지적한 바와 같이, 우리나라 초등 과학 교육과정은 학습해야 할 과학 개념이 분명하게 드러나지 않는 특징을 보이고 있기 때문에 학생들이 탐구 활동을 통해 과학적 주장을 정당화하고 개념을 형성할 수 있도록 도와주는 교사의 역할이 특히 중요함을 짐작할 수 있었다. 그러나 본 연구의 분석 결과, ‘개념의 설명’은 그 빈도와 수준에 있어서 충분하지 않은 것으로 드러났다. 교사들은 수업시간 동안 행해진 학생들의 탐구 활동과 관련지어 ‘어떠한 현상이 왜 발생하게 되었는지’ 논증해 나가는 ‘설명에 근거’ 영역에서 높은 수준의 활발한 설명을 제공하는 반면, 이를 핵심 개념과 연결시켜 명확한 과학적 개념 형성을 돕는 데에는 미약했다. 단순히 개념적 설명을 다함께 읽는 다거나 충분한 증거나 논증과정이 없이 과학적 주장을 제시하는 낮은 수준의 설명 방식은 학생들로 하여금 개념을 충분히 이해하도록 돕기보다는 추상적 습득이나 암기를 조장할 우려가 있다. 따라서 교사는 실제 수업 동안 다양한 탐구 활동에서 얻은 자료와 결과들을 바탕으로 증거와 논증을 포함한, 보다 직접적이고 분명한 개념적 설명을 구성해야 한다.

둘째, 교사는 학생들의 과학적 탐구와 설명 구성을 돕기 위해 다양한 일상생활의 예를 연결시켜야 한다. 우리나라 7차 교육과정 수시개정안(2007)은 초등학교 과학과 교육목표를 과학적 소양을 함양하는데 두고 있으며, 4개의 하위 목표 중 3개 항목에서 각각 “일상생활의 문제 해결에 이를 적용한다”, “일상생활의 문제 해결에 이를 활용한다”, “일상생활의 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 함양한다”로 학생들의 과학 학습에 있어서 일상생활과의 관련성을 매우 중요하게 강조하고 있다. 이러한 교육목표는 더 이상 과학 학습이 편협하고 분절적인 형태의 개념을 획득하는 데에서 벗어나 실제 삶에서 유용하고 편리하게 활용할 수 있는 지식과 사고력을 갖출 수 있도록 전환해야함을 나타낸다. 그러나 본 연구의 결과를 보면, ‘일상적 설명의 연결’ 영역에 관한 설명이 거의 일어나지 않고 있어 교사들이 일상생활의 예를 통해 과학적 설명을 하는데 능숙하지 않음을 알 수 있었다. 학생들은 실생활로부터의 다양한 경험과 생각을 바탕으로 과학적인 담화(scientific discourse)를 형성하게 된다(Moje et al., 2001). 교사는 학생들의 일상생활과 과학적 담화를 연결시켜 설명함으로써 어떠한 점에서 일상적 이해

와 과학적 이해가 다르지 명료화할 뿐 아니라 학생들이 일상생활에서 일어나는 증거를 이용하여 과학적 설명을 구성할 수 있도록 도와야 한다.

셋째, 교육과정에 제시된 과학적 개념의 이해를 돕고 학생들의 탐구 활동과 창의적 문제 해결력을 돕기 위해서 교사는 보다 풍부하고 높은 수준의 과학적 설명을 구성하도록 해야 한다. 본 연구에서 분석한 과학 수업에서는 학생들의 호기심을 유발하고 명확한 개념의 이해를 돕기 위해 교사들이 교육과정 상에 제시되지 않은 새로운 개념들(예를 들면, 지진 단원의 '지진 해일', 계절의 변화 단원의 '태양 전지' 등)를 다루고 있음을 알 수 있었다. 이러한 학습활동과 과학적 설명은 과학적 소양을 증진하기 위한 매우 유용하고 적절한 사례라 하겠다. 교사는 교육과정에 포함되지는 않았지만 밀접하게 관련된 과학 개념이나 탐구 활동들을 첨가함으로써 학생들의 흥미를 유발할 뿐 아니라, 적절하고 다양한 증거를 찾고 논증해 나가는 과정을 통해 학생들이 스스로 과학적 설명을 구성하고 문제를 해결할 수 있도록 지원할 수 있다.

교육과정의 실행은 교사에 의해 중재되는 역동적인 과정이므로(Remillard, 2005), '무엇을 증거로 어떠한 논증의 과정을 거쳐 특정한 과학적 개념이 형성되었는지' 교사가 구체적이고 명확하게 모델링(modeling)할 것이 요구된다. 이러한 교사의 모델링을 통해 학생들은 과학적 탐구를 증진시킬 수 있으며, 이는 곧 '과학적으로' 생각하고 문제를 해결하는 능력을 발달시키는 기반이 된다. 이러한 점에서 교사가 실제 수업에서 구성하는 과학적 설명은 학생들로 하여금 과학을 보다 친근하고, 의미 있으며, 적합한 것으로 받아들이게 하는데 중요한 가치를 가진다. 교사는 과학적 설명의 영역마다 '증거', '논증', '주장'의 요소를 골고루 활용하여 높은 수준의 설명을 제공함으로써 학생들이 과학적 탐구를 안내해야 한다. 이러한 경험을 통해 학생들은 비로소 과학의 유용성과 가치를 깨닫고, 과학과 관련된 다양한 사회의 문제에 스스로 참여하고 의사결정 하도록 하는 과학적 소양을 발달시켜 나갈 수 있을 것이다.

참고문헌

교육부(1997). 초중등학교 교육과정. 교육부 고시 제 1997-15호.

교육인적자원부(2007). 초등학교 과학 5-1, 5-2. 서울: 대한교과서.
 교육인적자원부(2002). 초등학교 교사용 지도서 5-1, 5-2. 서울: 대한교과서.
 교육인적자원부(2007). 초등학교 과학 6-1, 6-2. 서울: 대한교과서.
 교육인적자원부(2002). 초등학교 교사용 지도서 6-1, 6-2. 서울: 대한교과서.
 교육인적자원부(2007). 초등학교교육과정. 교육인적자원부 고시 제 2007-79호 [별책 2].
 권난주(2007). 학문과 학자가 요구하는 초등학교 수준의 물리분야 기본개념과 교과와 교사가 인지하고 표현하는 기본개념의 일치도 연구. *초등과학교육*, 26(5), 535-550.
 김장수(2000). 구성주의 교수전략이 아동들의 힘개념 변화에 미치는 효과. *한국교원대학교 석사학위논문*.
 서예원(2007). 한국과 미국의 초등학교 과학 교과서 비교 연구: 3학년 물질 영역의 과학적 개념 및 탐구 과정을 중심으로. *초등과학교육*, 26(5), 509-524.
 송진웅, 김익균, 김영민, 권성기, 오원근, 박종원(2004). 학생의 물리 오개념 지도. (주)북스힐.
 이경숙(2003). 힘과 운동에 대한 초등교사 및 과학 교과서의 과학사적 관점 분석. *한국교원대학교 석사학위논문*.
 임영택(2003). 물체의 낙하에 관한 초등학생의 개념유형과 인지갈등정도. *한국교원대학교 석사학위논문*.
 Bell, P., & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
 Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
 Champagne, A. B., & Lovitts, B. E. (1989). Scientific literacy: A concept in search of definition. In A. B. Champagne, B. E. Lovitts, & B. J. Callinger (Eds.), *This year in school science: Scientific literacy* (pp. 1-14). Washington, DC: AAAS.
 Chin, C., & Brown, D. E. (2000). Learning in science: A comparison of deep and surface approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(2), 109-138.
 Drier, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
 Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38, 39-72.
 Hurd, P. DeH (1958). Science literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16, 13-16, 52.
 Kelly, G. J., & Takao, A. (2002). Epistemic levels in argu-

- ment: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, 86, 314-342.
- Krajcik, J., Mamlok, R., & Hug, B. (2001). Modern content and the enterprise of science: Science education in the twentieth century. In L. Corno (Ed.). *Education across a century: The centennial volume*(pp. 205-231). Chicago, IL: NSSE.
- Laugsch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education*, 84(1), 71-94.
- Laugsch, R. C., & Spargo, P. E. (1996). Development of a pool of scientific literacy test-items based on selected AAAS literacy goals. *Science Education*, 80(2), 121-143.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *The Elementary School Journal*, 97, 341-358.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78.
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., & Krajcik, J. (2005). Identifying teacher practices that support students' explanation in science. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*, Montreal, Canada.
- Moje, E., Collazo, T., Carrillo, R., & Marx, R. (2001). Maestro, what is quality?: Language, literacy, and discourse in project-based science. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 469-498.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2nd ed.). Newbury Park, CA: Sage Publications, Inc.
- Qualifications and Curriculum Authority (2005). *Creativity: Find it, promote it (A teacher's guide to using the video)*. London: QCA.
- Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, 75, 211-246.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *The Journal of the Learning Sciences*, 12, 5-51.
- Tabak, I. (2004). Synergy: A complement to emerging patterns in distributed scaffolding. *Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 305-335.