

# 지구과학 MBL 수업의 과학 탐구와 논의적 의사소통에 관한 사례 연구

오진아<sup>1</sup> · 이선경<sup>2</sup> · 김찬종<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>서울대학교 사범대학 지구과학교육과, 151-742, 서울특별시 관악구 관악로 599

<sup>2</sup>서울대학교 BK21 미래사회과학교육연구 사업단, 151-742, 서울특별시 관악구 관악로 599

## A Case Study on Scientific Inquiry and Argumentative Communication in Earth Science MBL Classes

Jin Ah Oh<sup>1</sup>, Sun-Kyung Lee<sup>2</sup>, and Chan-Jong Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Science Education, College of Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

<sup>1</sup>BK21 SENS, College of Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

**Abstract:** Microcomputer Based Laboratory (MBL), by offering accurate and effective data collection and real-time graphs, enables students to reduce experiment time and, thereby, have deeper discussions concerning experimental results. This helps to emphasize the essential aspect of scientific inquiry; the process communication. Therefore, this study examined secondary school earth science MBL lessons with regards to the five basic aspects of scientific inquiry: "Asking", "Evidencing", "Explaining", "Evaluating" and "Communicating". It then investigated the level of argumentative communication between the students and teachers and also among the students themselves. For this study, three classroom activities were observed and videotaped, and teaching materials, textbooks and students' notes were collected. The transcribed data were analyzed from the perspective of scientific inquiry level and argument frames. The results showed that the scientific inquiry levels of the three classes were similar, except for the "Communicating" aspect, which appeared in only one episode. "Asking" was carried out by the teacher and then students were directed to collect certain data in the "Evidencing" stage. Furthermore, students were given possible ways to use evidence to formulate explanations and connections through the "Explaining" and "Evaluating" stages. In the argumentation analysis, most argumentative communication was identified as being associated with a given procedure, rather than with any scientific phenomena. In only one episode, did "Communicating" relate directly to any scientific phenomena. It can be concluded, that although MBL places emphasis on communication for authentic scientific inquiry, the environment required for such inquiry and argumentative communication can not be easily created in the classroom. Therefore, in order for authentic inquiry to take place in the MBL classroom, teachers should provide students with the opportunity to develop meaningful argumentation and scaffolding abilities.

**Keywords:** Microcomputer Based Laboratory (MBL), scientific inquiry, laboratory, communicative argumentation

**요약:** MBL은 학생들에게 정확하고 효율적인 데이터 수집과 실시간 그래프를 제공함으로써 실험 시간을 단축시켜, 실험 결과에 대한 깊이 있는 토론을 가능하게 함으로 탐구의 본질적 특징인 의사소통과정을 강조한다. 따라서 본 연구에서는 과학 탐구와 탐구의 본질적 특징인 의사소통의 관점에서 중등학교 지구과학 MBL 수업의 양상을 살펴보았다. 3개의 MBL 수업을 녹화한 비디오 테이프를 주된 자료원으로 하였으며, 수업 녹화물과 전사본을 교실탐구 기본요소와 논의 요소들을 이용하여 분석하였다. 교실탐구의 기본요소는 "문제제기", "증거수집", "설명형성", "과학지식과의 연결", "이론의 발표"의 5가지이다. 연구 결과로 첫째, 세 수업은 각 진행 단계별로 탐구 요소와 그 수준에서 유사한 양상을 보여 주었다. 학생들은 교사 주도적 문제 제기로부터, 절차에 따른 증거 수집을 하고, 교사의 지도에 따라 설명을 형성하며, 특정 과학지식을 사용하도록 안내되었다. 하지만, 이론의 발표 요소는 1개의 수업에서만 관찰되었다. 둘째, 탐구의 본질

\*Corresponding author: chajokim@snu.ac.kr

Tel: 82-2-880-9092

Fax: 82-2-874-3289

적 측면으로서 논의적 의사소통은 매우 드물게 나타났다. 논의 과정을 포함한 담화 에피소드는 과학적 현상을 다루기보다 실험 과정이나 절차적 측면에 관해 이루어졌다. 이론의 발표가 진행된 수업에서 1개의 에피소드만이 과학현상과 관련된 활발한 논의적 의사소통을 보여주었다. 결론적으로 MBL 자료가 탐구의 본질적 특징인 의사소통을 강조한다 하더라도, 실제 수업에서 진정한 탐구의 모습을 구현하는 일은 쉽지 않다는 것을 알 수 있다. 따라서 MBL 수업에서 탐구 및 논의적 의사소통을 구현하기 위해서는 학생들에게 논의의 기회 제공과 더불어 논의를 유의미하게 개진할 수 있는 교사의 적절한 도움이 필요하다.

주요어: MBL, 과학 탐구, 실험, 논의적 의사소통

## 서 론

과학적 소양을 목표로 하는 우리나라 7차 교육과정은 학습자의 직접적인 경험을 통하여 효과적인 학습을 추구하도록 명시하고 있고, 특히 교과 내용과 연관된 학습자의 직접체험을 통한 탐구학습을 권장하고 있다(교육부, 1998). 과학교육에서 ‘탐구(inquiry)’가 갖는 근본적 의의는 학생들이 과학 활동에 능동적으로 참여하는 것에 있다. 즉, 학생들은 ‘과학을 함(doing science)’으로써 과학 활동의 본질을 경험하고, 사고하고, 지식을 만들어가는 과정에 참여할 수 있어야 한다. 이러한 과학교육이 지향하는 ‘탐구’의 핵심에는 논증활동(argumentation)이 자리하고 있다(강순민, 2004; 김희경과 송진웅, 2004; 박영신, 2006; 이선경, 2006; Driver et al., 2000). 논증이론을 토대로 한 과학교육연구에서 빈번하게 인용되는 Kuhn(1993)의 “논증으로서의 과학(Science as argument)”(p. 1)은 과학자의 새로운 생각이 과학지식으로 수용되는 과정에서 실험기구를 조작하고 실험을 수행하는 실제적 활동만큼, 실험계획 혹은 결과를 해석해내고 그 해석을 다른 과학자들에게 설득하고 공동체의 합의를 이끌어내는 논증활동을 강조한다.

논증활동이 주축이 되는 탐구를 고려하면, 탐구 중심의 실험이란 조작을 강조한 실험 활동이 아니라 과학적 의사소통이 이루어지는 문제해결과정을 의미한다(Watson et al., 2004). 최근 세계의 과학 교육은 기존의 과학 탐구가 집중해왔던 학생들의 ‘실험하기’와 자연 법칙의 ‘발견’ 활동으로부터 그 활동의 의미를 공유하고 구성해나가는 ‘과학 말하기(talking science)’(장신호, 2004; Lemke, 1990)와 추론에 대해 생각하기(Driver et al., 2000; Kuhn, 1993; Newton et al., 1999)를 강조하는 쪽으로 나아가고 있다. 즉, 탐구에서 중요한 것은 관찰이나 실험을 통해 결과를 얻는 것에 그치는 것이 아니라, 이들 증거를 이론이나 설명과 연결하여 말할 수 있는 과학적 의사소통 과정

이라는 것이다.

Microcomputer Based Laboratory(MBL)은 탐구를 위한 하나의 교수법으로서 일반적 의미의 전통적 실험 보다 실질적인 과학탐구의 실현을 위한 논의적 의사소통을 강조한다(최병순 외, 1997). MBL이란 과학 실험실에서 마이크로컴퓨터가 실험 데이터 수집 장치와 연결되어 데이터 저장과 동시에 모니터를 통한 실시간 그래프를 제공함으로써 교육적으로 활용되는 것을 의미한다(Tinker, 1981). 구체적으로, 온도센서, 전압센서, 전류센서 등에 의해 자동으로 측정된 자연의 물리량 값들이 인터페이스를 통하여 직접 컴퓨터로 전송되어 실험을 실시함과 동시에 컴퓨터 화면에 엑셀 파일로 데이터가 기록되며 또한 그래프로 그려지는 실험 시스템(박금홍, 2007)이라고 정의할 수 있다. 통제된 조건하에서 실험하여 이론을 증명해 내려는 전통적 실험과 달리, MBL은 현대 과학기술 장치를 실험에 활용하여 학생들이 데이터 수집과 분석을 효율적으로 경험할 수 있고, 실험 시간의 단축과 실시간 그래프를 제공함으로써 토론 중심으로 실험을 운영할 수 있다는 강점이 있다(구양삼 외, 2005; Han, 2002). 이러한 MBL의 강점은 오늘날 과학교육에서 비판 받아온 요리책 스타일의 실험 수업을 벗어나 탐구 사고 중심의 실험활동을 가능케 할 것으로 주목받는다.

MBL의 교육적 활용은 80년대 중반부터 미국에서 시도되었고, 그 잠재적 가능성이 입증되었다(구혜원, 1993). MBL 관련 연구를 분야별로 살펴보면, 물리 영역에서는 그래프 해석 능력과 관련된 연구(Russell et al., 2004; Svec et al., 1995; Thornton and Sokoloff, 1990; Trumper and Gelbman, 2000)와 과학-기술적 소양과 관련된 연구(Trumper and Gelbman, 2001), MBL을 활용한 두 가지 실험서의 효과를 분석한 연구(Royuk and Brooks, 2003)가 있었다. 이들 연구는 MBL이 학생들의 그래프 해석 능력 향상과 과학-기술적 소양에 긍정적인 영향을 미치며, 요리책

식 실험서는 탐구능력 향상에 효과적이지 못하다고 보고하였다. 화학 영역에서는 새로 개발된 MBL 패키지에 대한 교사의 평가(Lavonen et al., 2003)와 끊는점 학습에서 MBL 실험의 효과에 대한(박금홍 외, 2005a) 연구가 있었으며, 이들 연구 중 과학 교육 영역과 관련된 박금홍 외(2005b)의 연구는 MBL이 전통 실험에 비해 실험 시간을 단축시키며 학생들의 끊는점에 대한 이해도에 유의미한 효과가 있다고 보고하였다.

이 밖에 기존 MBL 연구를 바탕으로 이론적 효과와 메타 분석을 한 연구들(Han, 2002, 2003)이 있었으며, 이런 연구들은 주로 물리와 화학 분야에서 주로 이루어졌다. 또한, 과학 전반적으로 MBL의 개발과 효과 검증을 위한 다양한 양적 연구들은(구양삼 외, 2005, 2006; 박금홍 외, 2007; 박상용 외, 2006) 초등학생과 중학생을 대상으로 과학 기초 탐구 능력과 통합 탐구 능력 및 정의적 영역에 대한 연구를 통해, MBL이 학생들의 정의적 영역과 기초 탐구 능력에는 효과적이었지만 통합 탐구 능력에 있어서 성별에 따라 효과적인 집단과 그렇지 않은 집단도 있음을 보고하였다. 살펴본 것처럼, 이제까지 수행된 MBL 탐구 실험과 관련된 대부분의 연구는 테크놀로지의 효과(effects of technology) 관점(Becker and Lovitts, 2003)에서 MBL이라고 하는 테크놀로지를 활용한 후 남아 있는 인지적 잔재(예: 학생들의 이해)를 살펴보는 데 국한되었다.

이에 이 연구는 현대 과학 기술의 발전이 탐구 실험 수업에 기여한 대표적인 예인 MBL 탐구 실험을 살펴보는 데 있어서 두 가지 관점을 취하고자 한다. 첫째는 과학 탐구와 논의적 의사소통의 관점으로 접근하는 것이다. 그 이유는 MBL 수업이 과학 활동의 본질인 탐구를 얼마나 그리고 어떻게 반영하고 있는지를 전체적인 수업의 과정에서 살펴보고, 그 과정 안에서 학생들의 논의적 의사소통을 살펴봄으로써, MBL의 장점으로 부각되는 과학 탐구의 의미를 실제

적으로 논하고자 하는 데 있다. 특히, 지구과학 영역은 MBL 수업이 처음으로 개발되어 수행되고 있는 현 시점에서, MBL 실험 수업이 갖는 과학교육적 의미를 과학 탐구와 논의적 의사소통 관점에서 진단해 보는 일은 향후 수업 개선을 위해 더욱 필요하다 하겠다. 두 번째는 MBL 실험 과정에 참여한 교사 및 학생들의 과학 탐구와 논의적 의사소통이 어떤 특징을 갖는지를 살펴보는 데 있어서 테크놀로지와 효과(effects with technology)의 관점으로 알아보하고자 한다(Goldmann-Segall, 1996). 본 연구에서 살펴보고자 하는 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, MBL 수업에서 단계별로 나타나는 탐구 요소별 수준은 어떠한가?

둘째, MBL 수업 과정에서 나타나는 논의적 의사소통 과정은 어떠한가?

## 연구방법

이 연구는 MBL 수업의 관찰, 교사와의 면담 등을 이용한 질적 방법으로 수행되었다. 본 연구의 맥락이 되는 연구 참여자, MBL 교재 개발 과정 및 수업의 개요, 자료 수집 및 분석에 관하여 서술하면 다음과 같다.

### 연구 참여자

본 연구에서 분석한 MBL 수업은 2006년에 실험·탐구 중심의 과학교재 개발 사업의 일환으로 과학기술부와 한국과학문화재단의 지원을 받아 서울대학교 과학교육연구소에서 개발한 중학생용 컴퓨터 활용 과학실험(지구과학 영역) 교재를 활용한 실험 수업이다. 지구과학 영역의 교재 집필에 참여한 현직교사 6인 가운데, 본 연구에 자발적 참여 의사를 표시한 세 교사의 수업을 촬영하여 분석에 사용하였다. 세 교사는 각자 자신이 개발한 MBL 수업 자료를 가지고 수업을 진행하였다.

Table 1. Participants

교사	전공	성별	경력(년)	학생(명)	학년
A		여	22	31	교육청 지원 여름 과학캠프 참여 중학교 1학년
B	지구과학	남	15	4	공립 고등학교 계발활동 과학반 고등학교 1, 2학년
C		여	20	18	교육청 지정 과학 영재원 중학교 1학년 반

세 교사는 모두 지구과학을 전공하였으며 15년 이상의 교육 경력을 갖고 있었다. 세 명 교사는 모두 지구과학 MBL 활동 개발에 처음 참여하였다. A 교사가 진행한 MBL 수업에 참여한 학생들은 31명으로 교육청에서 지원한 여름 과학캠프에 참여한 학생들이었다. B 교사의 수업에는 고등학교 과학반 학생들 4명이 참여하였고, C 교사의 수업에는 과학영재로 선발된 중학교 1학년 학생들 18명이 참여하였다. A 교사와 B 교사의 학생들은 MBL을 수업에서 모두 처음 경험하였고, C 교사는 1차시 수업에서 학생들에게 MBL에 대한 소개와 사용법을 설명하고, 2차시에 본 연구에서 분석한 MBL수업을 진행하였다.

**MBL 교재 개발 과정 및 수업의 개요**

실험·탐구 중심의 과학교재 개발의 기본 방침은 실험 활동의 맥락이나 상황을 구체적으로 제시하고, 학생들의 주도적인 지식 구성을 장려하며, 단계적인 활동을 통한 생성 지식의 정교화 과정을 제공하고, 소집단 활동을 통한 상호 작용 강화를 시도하는 것이다(서울대학교 과학교육연구소, 2007). 이러한 기본 방침을 바탕으로 8명의 참여교사와 대학원생은 각자 1개의 실험 자료를 만들었으며, 이 중 6명의 현직 교사는 MBL을 활용한 지구과학 실험을 개발하였다. 각 수업의 주제는 지구과학교육 전문가 1명과 과학교육 전공의 석·박사 과정생 2명, 경력 10년 이상의 지구과학 전공 교사 6명에 의해 검토되었다. 각자의 개발물은 2006년 8월부터 2007년 4월까지 지구과학 영역의 개발진과 현장 교사로 구성된 자문위원들의 피드백을 바탕으로 보완점을 찾아 수정하였으며, 학생들을 대상으로 파일럿 테스트를 통하여 완성도를 높였다. 이러한 과정을 거쳐 완성된 수업 자료 중에서 본 연구에서 관찰한 3개 수업의 개요는 Table 2와 같다.

A 교사는 염분값의 측정을 주제로, B 교사는 행성의 공전주기, C 교사는 해륙풍의 원리를 주제로 수업을 진행하였다. A 교사는 K 교육청에서 주관한 여름 과학캠프에 모인 중학교 1학년 학생을 대상으로 개발 자료의 변형 없이 수업을 진행하였다. B 교사는 자신이 근무하는 남녀공학 고등학교 계발활동의 과학반 학생 4명을 대상으로 개발된 자료에 활동을 추가하여 고등학생 수준에 맞게 수정하여 수업하였다. C 교사는 개발된 자료가 중학교 3학년 대상이었기 때문에, 서울시 교육청 지정 과학 영재원 중학교 1학년 학생을 대상으로 수업을 하였다.

**자료 수집 및 분석**

자료수집의 타당성 및 신뢰성을 위하여 참여교사 세 명의 각 수업은 2명의 연구자가 참관하고 촬영하였다. A와 C 교사가 진행한 수업은 실험이 시작된 뒤에 카메라의 각도를 임의의 한조에 고정시켜 촬영하였다. 이때 선택된 조는 수업에 최대한 방해가 되지 않도록 하기위하여, 수업 시작 전 설치해 놓은 카메라의 위치를 옮기지 않고 각도를 조절하여 학생들의 실험 활동이 가장 잘 관찰되는 조를 선정하였다. B 교사의 수업은 학생 4명과 교사 총 5명이 참여한 수업이었으므로, 전체를 대상으로 촬영하였다. 촬영된 비디오는 모두 전사하여 기록되었다. A 교사의 수업은 약 60분, B 교사의 수업은 약 50분, C 교사의 수업은 약 75분 정도 진행되었다. 세 교사의 수업은 각 교사에 의해 개발된 MBL 실험 활동을 조별로 실험한 후 결과정리를 하는 방식으로 진행 되었다.

본 연구에서는 자료 분석을 위해 두 개의 틀을 사용하였다. 우선 참여 교사들이 개발한 주제를 가지고 직접 수업을 실행하였을 때, 각 수업에서 나타나는 탐구적 요소와 그 수준을 살펴보기 위한 틀로서 교

**Table 2.** Outline of MBL activities

교사	제목	학년	관련단원	학습목표	탐구내용개요
A	어느 소금물이 얼 마나 더 잘까?	7	해수의 성분과 운동	염분의 의미를 이해하고, 측정하여 서로 비교할 수 있다.	· 전도도 감지기를 이용, 다양한 소금물의 염분값 측정
B	행성의 공전 운동 을 모형 실험으로 재현하자!	9	태양계의 운동	태양계 행성의 공전 운동 특성을 바탕으 로 행성의 공전 운동 모형 실험을 설계하 여 공전 운동을 재현하고, 실제 태양계 행성의 공전 운동과 비교하여 설명할 수 있다.	· 행성 운동의 모형 설계 · 자기 감지기를 이용 가상 행성의 회전 주 기 및 가상 태양과의 거리 측정 · 행성의 공전 운동 특성 파악
C	바닷가에서 낮과 밤에 바람의 방향 이 바뀌는 이유는?	9	물의 순환과 날씨변화	해풍과 육풍이 부는 이유를 설명할 수 있다.	· 온도 감지기를 이용하여 물과 모래의 온 도 측정 · 측정된 온도 변화를 바탕으로 해풍과 육 풍의 원리 설명

**Table 3.** The essential features of scientific inquiry with teachers and students' involvements (NRC, 2000)

교실 수업의 탐구 기본 요소와 수준				
기본요소	수준 1	수준 2	수준 3	수준 4
문제제기	학생들이 문제발달에 직접 참여한다.	학생들이 문제를 제기한다.	학생들이 제시된 문제 중에서 선택하여 다른 문제를 제안한다.	교사나 다른 교과서 또는 참고서에서 문제가 주어진다.
증거수집	학생들이 자료를 수집하여 증거물을 구별한다.	학생들이 무엇을 실험하여 어떤 증거물을 찾을지 직접 결정한다.	실험하여 자료를 모을 수 있도록 절차적인 방법을 따른다.	주어지는 자료를 바탕으로 분석만 한다. 자료도 주어지고 자료 분석 또한 지시대로 따른다.
설명형성	증거를 바탕으로 설명을 형성한다.	수집된 증거를 바탕으로 학생들이 직접 설명을 형성할 수 있는 기회가 있다.	증거를 바탕으로 설명을 세우는데 약간의 지침을 받는다.	증거와 함께 설명이 주어진다. 증거를 바탕으로 설명을 도식화하는 방법을 제안 받는다.
과학 지식 연결 (평가)	과학적 지식을 사용하여 설명을 정당화한다.	직접 다른 지식과 연결하여 자신이 세운 설명을 정당화 한다.	어떤 과학적 지식을 써야 될지 교사로부터 지침을 받는다.	모든 과학적 지식이 주어진다.
이론의 발표	학생들은 과학적 논의의 기회를 통해 검증과 반증과정을 거쳐 이론을 발표한다.	적당한 논의를 통해 자신의 설명을 발표로 통해 정당화 한다.	교사로부터 지침을 받아 논의의 기회를 갖는다.	전체적으로 논의를 쓸 수 있는 기회를 교사로부터 도움을 받는다. 논의의 과정을 교사로부터 하나하나 지시를 받는다.
학생들의 제어도	많이 ←—————→ 조금			
교사나 교과서의 지침도	조금 ←—————→ 많이			

실 탐구의 기본요소와 수준(NRC, 2000)을 살펴보았다. 탐구의 기본 요소(essential features)는 문제제기(asking), 증거수집(evidencing), 설명형성(explaining), 과학 지식 연결(evaluating), 이론의 발표(communicating)의 다섯 가지로, 수업의 맥락(교사, 학생, 주제 등)에 따라 다양하게 고려될 수 있다. 각 기본 요소에 대한 수준 1은 학습자의 자발적인 참여와 능동적인 탐구를 의미하고, 수준 4는 교사나 교과서에 의한 상세한 안내에 따른 학습자의 수동적 수행을 의미한다. 따라서 어떤 수업에서 탐구요소의 대부분이 수준 1에 접근할수록 탐구의 본질을 적극적으로 구현하는 반면,

수준 4에 접근할수록 탐구의 본질에서 멀리 벗어나 있다고 해석할 수 있다.

다음으로 수업 진행 과정에서 일어나는 교사와 학생, 학생과 학생 사이에서 나타나는 논의\*적 담화를 분석하기 위해서 Toulmin의 논증구조에 대화적 논의 요소를 첨가한 설명적 논의 과정(explanatory argumentation) 요소와 대화적 논의 과정(dialogic argumentation) 요소(강순민, 2004)를 사용하였다. 설명적 논의 과정은 자신의 생각을 다른 학생들에게 설득시키기 위해 사용한 진술들로서 독백적 논의, 수사적 논의, 그리고 개인적 행위와 상응하는 과정이며, 대화적 논의 과정은 다른 학생의 생각에 긍정적인 관심을 보이거나 반박하는 등 사회적 행위와 상응하는 과정이다. 쌍방향적인 경우의 모든 대화가 대화적 논의 과정에 해당한다.

전사 자료의 일차 분석의 예는 Table 5에 제시하였다. 자료 분석의 타당성을 높이기 위해서 수업 단계별 탐구 수준의 분석과 담화에서 나타나는 논의과정 요소 분석을 여러 차례 반복하여 실시하였다. 자료 해석은 아래의 세단계로 이루어졌으며, 각 과정은 순환적으로 반복되었다.

**Table 4.** Explanatory argumentation components and dialogic argumentation components (Kang, 2004)

설명적 논의과정 요소	대화적 논의과정 요소
주장	주장에 대한 질문
근거	근거에 대한 질문
보장	단순반박
보강	근거반박
한정	요청 및 요청 응답
반증	단순호응
	강화 및 정교화
	메타 질문

\*argument에 대한 번역어는 ‘논증’, ‘논의’ 등으로 연구자마다 다르다. 논증은 청자와 화자, 필자와 독자 간의 역동적 상호작용을 드러내지 못하고, ‘객관적 사실에 대한 증명’이라는 의미로 이해되기 쉽다는 점에서 재고의 여지가 있다(민병곤, 2000). 따라서 본 연구에서는 강순민(2004)의 정의에 따라 언어적이고 사회적인 상호작용의 추론 활동을 의미하는 논의라는 표현을 사용하였다.

Table 5. An example of analyzing argumentation

담화		설명적 요소	대화적 요소
C 교사:	온도를 어떻게 맞출까?		
학생 b:	<b>물의 온도를 맞춰..</b>	주장1	
C 교사:	A가 뭐야? A가.. 응? 18.7이 뭐야?		
학생 a:	A가 물이 예요		
C 교사:	물이야?		
C 교사:	지금 현재 몇도야? 올라가고 있지? 너희 좀 기다려 봐.. <b>뜨거운 물을 좀 넣을까?</b>	주장2	
	선생님이 더운물을 좀 줄게..		
학생 a:	<b>근데 그럼 양의 차이가 나잖아요</b>		근거반박 2
학생 b:	<b>어차피 미세한 거니까 그렇게 많이 차이 나지는 않아 펄펄 끓는 물을 적금 넣어 주면은..</b>		강화 및 정교화 2
C 교사:	<b>그렇지..(양의 차이가)그렇게 크게는 안 나니깐..</b>		단순호응 2

첫 단계는 연구자 1인이 수업 단계별 각 탐구 수준을 결정하고, 담화내용을 논의 요소로 코딩하였다. 이를 바탕으로 2인의 과학 교육 전문가와 탐구 수준과 코딩내용의 적절성을 검토하였다. 두 번째 단계에서는 대화를 에피소드별로 나누고, 각 에피소드에서 나타나는 논의의 특징을 분석하였다. 예를 들어 실험 진행 과정에서 온도 측정을 위한 대화가 많이 나타난다던가, 혹은 결과 발표 과정에서 새로운 문제를 제기하고 그 문제에 대해 논의를 전개한다 등에 관한 것이었다. 세 번째 단계로 논의의 특징이 부각되는 에피소드를 선별하여 결과로 제시하였다. 각 단계의 분석결과는 연구진 내에 논의를 통해 타당성을 검토하였다. 의견이 일치되지 않는 부분에서는 다시 각 단계의 분석을 검토하고 의견이 일치될 때까지 수정하는 과정을 밟았다

### 연구 결과

본 연구의 결과는 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫째, 세 교사의 수업에서 나타난 단계별 탐구 요소와 그 수준을 탐색하고 둘째, 교사 및 학생들의 의사소통

과정에서 논의가 어떻게 전개되는지를 살펴보았다.

탐구 요소 수준 분석에서 세 교사의 수업은 각 진행 단계별로 탐구 요소와 그 수준이 유사하게 나타났다. 도입 단계에서 세 교사는 모두 수준 4의 ‘문제 제기’를 하였고, 실험 단계에서 모두 수준 2의 ‘증거 수집’을 요구하였다. ‘설명형성’ 단계에서 A 교사의 수업과 B 교사의 수업은 수준 3의 설명형성을 한 반면, C 교사의 수업은 수준 2를 보였다. 실험의 결과를 ‘과학 지식과 연결’하는 경우 C 교사의 수업은 수준 2를, B 교사의 수업은 수준 3을 보였으나 A 교사의 수업의 경우는 이 과정이 나타나지 않았다. ‘이론의 발표’는 세 수업 중 C 교사의 수업에서만 관찰할 수 있었으며 그것은 수준 1에 해당하였다.

논의 요소를 바탕으로 담화를 분석한 결과 총 9개의 에피소드를 찾을 수 있었으며, A 교사의 수업 1개, B 교사의 수업 4개, C 교사의 수업에서 4개가 나타났다. 에피소드는 하나 이상의 주장과 근거로 이루어지며 두 사람 이상이 대화에 참여하는가를 기준으로 결정되었다. 9개의 에피소드 중에서 8개의 에피소드들은 교사와 학생들 그리고 학생들 간의 대화 내용이 실험 과정에 관한 것으로 한정되었다. 이 연구



Fig. 1. Photographs from teacher A's class.

Table 6. Scientific inquiry level of teacher A's class

시간(분)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63
단계	도입		실험설명						실험진행						실험결과 정리							
탐구 요소	문제 제기		증거수집						설명 형성													
교사의 대표적 발화	오늘 염분값을 비교해보는 작업을 해보자	첫 번째, 물을 400 넣고 전자저울로 소금의 양을 재면서 저어주면서 달걀을 띄워 보는거예요. 소금 얼마를 띄우면 뜨게 될까요? 두 번째, MBL 센서를 이용해서 여러 가지 종류의 염분값을 한번 재봐요.	이거 봐! 달걀 하나 띄우는데도 소금의 양이 어때요? 엄청 필요하죠? 그러니.. 바닷가에 가서 내가 뜨려면 얼마나 짠 바닷가인 줄 알겠죠?																			
수준	수준 4		수준 2						수준 3													

에서는 MBL에 참여한 교사와 학생들 간에 이루어지는 과학적 의사소통의 측면을 조명해 보는데 초점이 있기 때문에 논의적 측면이 나타나는 에피소드를 기술하고자 한다

### A 교사의 수업 사례

A 교사의 수업에서 다루어진 MBL 활용 탐구 실험의 주제는 소금물 염분의 상대적 비교와 절대적 측정에 관련된 활동이었다. 수업 목표는 기존 교과서에서 다루어지던 염분의 상대적 비교와 계산공식에서 더 나아가 학생들이 염분값을 센서를 통해 직접 측정해 봄으로써 이론값과 실제값을 비교할 뿐 아니라 과학자들의 과학실험을 경험하게 하는 것이었다.

A 교사의 수업을 탐구 기본 요소의 틀로 살펴본 결과, 도입에서 나타난 탐구의 기본 요소 중 하나인 '문제제기'는 '학생들에게 문제를 제공'하는 수준 4로 해석된다. 교사는 "오늘은 염분 값을 비교해 보는 실험을 해보자"(0-3분 사이)라고 학생들에게 이야기함으로써 수업에서 어떤 주제를 다루어야 하는지를 명시적으로 전했기 때문이다. 그 다음, 탐구의 또 다른 기본 요소인 '증거수집'은 수준 2(실험하여 자료를 모을 수 있도록 절차적인 방법을 따른다)로 나타났다. 학생들이 증거를 수집 하는 것과 관련해서, 교사는 실험에 대한 자세한 설명과 활동지에 상세한 안내를 학생들에게 제공하였기 때문이다. 따라서 학생들은 교사가 배부한 안내지에 따라 증거를 모을 수 있었다.

마지막으로, 탐구의 또 다른 기본 요소인 '설명형성'은 수업의 실험 진행 및 결과 정리 과정에서 나타났다. 그 수준은 '활동지와 교사의 안내를 받는' 수준 3(학생들에게 증거를 바탕으로 설명을 도식화하는 방법을 제공한다)을 보였다. 이 과정에서 학생들은

활동지에 실험 결과를 정리하였는데, 실험 결과 정리의 대부분은 활동지에서 요구하는 답의 빈칸을 채우는 형식이었다. 그 밖의 탐구의 기본 요소인 '과학 지식 연결'과 '이론의 발표'는 찾아볼 수 없었다.

### 에피소드 1. 실험 진행과정에서 나타나는 논의

- 1 학생 a: 이거 종이 받치고 해야 되지 않아?(전자 저울로)
- 2 소금의 무게를 재기 전)
- 3 학생 b: (약수저를)몇 그램인지 잰 다음에(소금을 푼 전체)
- 4 약수저의 무게에서) 빼면 되지
- 5 학생 a: (약수저만의 무게를 잰 후 소금을 퍼서 함께 측정)
- 6 0.68
- 7 학생 b: (학생1이 소금을 비이커에 넣으려하자) 야! 자자
- 8 잠깐만 야! 물만해 물만
- 9 학생 a: 아니야 맞았잖아
- 10 학생 b: 우선 물을 재야지 (책에 나온 단위가)물은 그램이
- 11 잤아
- 12 학생 a: 물은 400이잖아
- 13 학생 b: 물이 400이야? 아니야 물은 400 mL니까 무게는
- 14 다르잖아
- 15 (계란을 뺀 비이커를 저울에 올려 잰다)
- 16 학생 a: 비이커 무게를 안 잤잖아. 물은 400 g 맞아 물은

이 에피소드는 학생들이 소집단으로 실험을 진행하며 실험 과정의 절차적인 것에 관한 논의 과정에서 나타난 것이다. 이 논의는 증거수집 과정에서 교사가 제시한 절차적 방법에 따라 학생 a와 학생 b가 실험 절차에 관한 이견을 조율하는 모습을 보여준다.

에피소드 1은 증거수집 과정 즉, 염도를 측정하기 위해 소금물을 만드는 과정에서 이루어졌다. 전자저울로 소금의 무게를 측정하기 위해 필요한 약포지가 없는 상황에서 학생 a는 "이거 종이 받치고 해야 되지 않아?"라고 이야기하며, 종이를 저울에 받치고 소

금의 무게를 재야한다고 주장한다(1-2줄). 이 주장에 대해, 학생 b는 “몇 그램인지 쟀 다음에 빼면 되지”라며 약수저의 단독 무게를 측정한 뒤 소금을 뺐을 때의 약수저의 무게에서 빼자고 이야기 하며(3-4줄) 자신의 주장을 정교화 한다. 이에, 학생 a는 학생 b의 주장에 따라 소금을 든 약수저의 무게를 측정하여 실험을 진행한다.

학생 a가 소금의 무게를 측정한 후 약수저를 비이커에 넣으려는 순간, 학생 b는 “물만해 물만”이라고 말하며, 물의 무게를 측정할 것을 주장한다(7-8줄). 학생 a는 학생 b의 주장에 대해 단순반박을 한다(9 줄). 학생 b는 활동지에서 요구하는 물의 양 단위가 g임을 근거로 하여, 자신들이 알고 있는 물의 양 단위는 mL임을 보장으로 물의 무게를 측정해야 한다는 주장을 강화한다(10-11줄, 13-14줄). 물이 든 비이커의 무게를 측정하려는 학생 b에게 학생 a는 빈 비이커의 무게를 알지 못함을 근거로 학생 b의 주장에 반박하며, 물은 400 g이 맞다고 주장한다(12줄, 16줄).

살펴보았듯이, A 교사의 수업에서 탐구는 학생들에게 문제를 제공하는 수준 4의 문제제기와 주어진 방법에 따라 실험을 하는 수준 2의 증거수집, 활동지와 교사의 안내를 받아 수준 3의 설명형성이 나타남을 알 수 있었다. 수업은 전체적으로 교사의 설명으로 진행되었고 대부분의 대화 또한 교사가 이끌어 나갔다. 따라서 학생들 사이의 대화는 교사의 설명이 끝난 후 각 조별로 진행되는 실험 과정에서 나타났으며, 그 내용은 실험의 진행에 관련된 절차적인 측면에 치우쳐 있었다.

### B 교사의 수업 사례

B 교사의 수업 주제는 행성의 공전 주기였다. 수업의 목표는 태양계 행성들의 공전주기와 상대적 거리표를 바탕으로 자료해석을 하던 기존 수업과 달리, MBL을 활용하여 모형 실험을 설계하고 가상 행성의 공전 주기를 측정하며 태양계 운동을 재현하는 것이었다.

B 교사의 수업을 탐구 기본 요소의 틀로 분석한 결과, 도입부분에서 나타난 ‘문제제기’는 ‘교사에 의해 문제가 주어지는’ 수준 4로 해석된다. 그 이유는 교사가 “행성이 이렇게 이제 태양 주위를 공전을 하죠? 실험실에서 한번 모형을 만들어 보는 거예요”(0-4분 사이)라고 학생들에게 전달하기 때문이다. 그 다음에 나타난 탐구 기본 요소는 실험설명과 진행 사



Fig. 2. A Photograph from teacher B's class.

이에서 나타난 ‘증거수집’으로 이는 수준 2로 해석된다. 교사는 실험의 자세한 절차가 제공되어 있는 학생 활동지를 학생들에게 제공하면서, “어떻게 (실험)하는가 하는 것을 거기(활동지) 『실험해보기』가 있으니까 내용을 쭉 시간을 줄 테니까 읽어 보세요”(4-27분 사이)라고 설명하였다. 즉, 학생들이 실험을 하여 자료를 모으는 절차적인 방법을 직접 결정하기 보다는 교사로부터 제공받았기 때문이다.

또한, 실험 결과 정리 과정에서 ‘설명형성’과 ‘과학 지식 연결’의 탐구 기본 요소가 나타났다. ‘설명형성’의 경우 수준 3(증거를 바탕으로 설명을 도식화하는 방법을 제안 받는다)이었다. 학생 활동지에 실험 결과의 정리를 위한 해석표와 그림이 이미 제공되어 있었기 때문이다. ‘과학 지식 연결’의 경우도 수준 3(모든 과학적 지식이 주어진다)으로 판단되었는데, 이는 과학적 지식인 케플러 법칙 유도는 학생들이 결과 값을 계산기로 계산하기는 하였지만 지식의 연결은 교사에 의해 주어졌기 때문이다. 이러한 모습은 “거리를 세 번 곱하고 주기를 두 번 곱했더니 값이 어떻게 나왔다고? 비슷하게 나왔어요.. 그걸 케플러가 알아냈어요.. 어.. 그게 케플러의 제3법칙인데...(생략)”(39-51분)에서 알 수 있었다.

B 교사의 수업을 논의 과정 요소로 분석한 결과 4개의 에피소드를 찾을 수 있었다. 이 중 3개의 에피소드는 실험 과정에서 절차에 관한 교사-학생 사이에서 이루어졌다. 학생이 교사의 실험 설명과정에서 이해되지 않는 부분을 질문함으로써 논의가 시작되었다. 질문에 대한 답으로 교사는 근거를 바탕으로 한 주장을 폈다. 에피소드 2는 실험 진행 중 나타난 학생-학생 사이에서 이루어졌다. 교사-학생 간 논의는 에피소드 1에서 살펴본 논의 과정과 유사한 특징을 나



**Table 7.** Scientific inquiry level of teacher B's class

시간(분)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51								
단계	도입		실험설명 및 실험진행										실험결과 정리													
탐구 요소	문제 제기		증거수집						설명 형성						과학 지식 연결											
교사의 대표적 발화	행성 공전 을 모형으 로 만들어 볼거예요..		어떻게 하는가 으니까 내용을 3페이지에 외행성은 어떻게 해야할까 와 있어..						하는 것을 거기 “실험해보기”가 있 시간을 줄테니까 읽어보세요 ... (중략)... 하는 게 나						내행성과 외행성의 거리와 회전주기를 구했어요 실험을 통해서.. 다음에 그거의 비율 을 구하라는 거죠? 여기의 빈칸을 한번 채워봐요						거리를 세 번 곱하고 주기를 두 번 곱했더니 값이 어떻게 나왔 다고? 비슷하게 나왔어요.. 그걸 케플러가 알아 냈어요 .. 어.. 그 게 케플러의3법칙인데..					
수준	수준 4		수준 2						수준 3						수준 3											

타냈기 때문에, 학생과 학생 사이에서 나타난 논의 과정(에피소드 2)을 살펴보고자 한다.

에피소드 2. 실험 설계 과정에서 나타나는 논의

- 1 **B 교사:** 이정도 빠르기면 된거야? 나중을 생각하랴구..
- 2 **학생 c:** 좀 빠르게 올려봐.. 속도를..빠르게 해.. 더더더더
- 3 ...  
(여학생들 웃음)
- 4 **B 교사:** 너무 빠르면 0.05초가 측정 간격이니까..생각을
- 5 해야지.. 그러니까 여러 가지 다 생각을 해야지..
- 6 **학생 c:** 그래도 좀 만 빠르게.. 외행성 보단 빨라야 되잖
- 7 아 .. 내행성이
- 8 **B 교사:** 지금 내행성 하는 거야.. 내행성
- 9 **학생 d:** 외행성이 더 빨라야 하는 거 아니야?
- 10 **학생 c:** 아니 외행성이 멀잖아..
- 11 **학생 d:** 어..
- 12 **학생 c:** 그러니까.. 오래 걸리잖아.. 느려야지
- 13 **B 교사:** 잘 생각해~

에피소드 2는 교사에게 실험에 대한 전반적인 설명을 들은 뒤 실험을 시작하기 전 학생들의 의견을 묻는 교사의 발문으로 시작되었다. 이 논의에는 교사와 학생 c와 학생 d, 총 3명이 참여한다.

실험에 대한 설명을 마친 후 본격적으로 실험 설계를 위해 교사는 학생들에게 발문을 한다. 가상 내행성의 주기 측정을 한번, 가상 외행성의 주기 측정을 한번 총 두 번의 실험을 진행할 때 회전판의 속도를 어떻게 설정하여야 하는가를 묻는 것이다. 이에 학생 c는 “좀 빠르게 올려봐.. 속도를.. 빠르게 해.. 더더더더”라고 이야기하며, 회전판의 속도 조절 스위치를 조작하는 학생 d에게 회전판의 속도를 조금 더 높여야한다는 주장을 제기한다(2줄, 6-7줄). 학생 d는 “외행성이 더 빨라야 하는 거 아니야?”라고 근거를 사용하지 않은 단순 반박을 한다(9줄). 학생 c는 외

행성이 멀리 떨어져 있음을 근거(10줄)로 들었고, 따라서 공전시간이 오래 걸리므로 가상 외행성의 공전 속도가 느리다는 보장(12줄)을 들어 자신의 주장을 유지하였다. 이에 학생 d는 “어”라는 단순 호응(11줄)으로 학생 c의 주장을 수용하는 모습을 보였다.

요약하면 B 교사의 수업은 교사에 의해 문제가 제기되는 수준 4의 문제제기와 절차에 따라 증거를 수집하는 수준 2의 증거수집, 교사의 제안으로 설명을 형성하며 과학적 지식이 주어진 수준 3의 설명형성과 과학 지식 연결의 탐구 모습을 보였다. 논의 과정은 주로 교사와 학생 사이에서 일어났는데, 이런 논의들은 거의 학생의 질문에 대한 교사의 설명이었다. 하지만 에피소드 2에서와 같이 학생들에게 스스로 생각할 기회를 제공하면 학생 상호간의 논의가 일어남을 알 수 있었다.

**C 교사의 수업 사례**

C 교사의 수업은 해풍과 육풍의 원리를 알아보기 위한 모형 실험이었다. 수업의 목표는 모형 실험을 통해 해륙풍의 원리를 설명하는 것이었다. 기존 교과서에 제시된 실험을 발전시켜 MBL을 활용해 정밀한 측정값을 얻고 실제 기상청의 데이터를 확장 적용하여 해륙풍의 원리를 찾도록 구성되었다.

C 교사의 수업은 도입부분에서, 탐구 기본 요소의 하나인 ‘문제제기’가 나타났다. 다른 두 수업과 마찬가지로 수준 4(교사나 다른 교과서 또는 참고서에서 문제가 주어진다)이었다.

이는 C 교사가 “한낮에 이렇게 시원한 해풍이 불어오는데 그 이유는 무엇일까?”라는 의문을 제기하면서, “이것을 오늘 실험을 할 거예요”(0-7분 사이)라고 실험 내용을 직접 말하고 있기 때문이다. 다른 탐구 요소인 ‘증거수집’은 수준 2로 나타났다. 앞에서 제

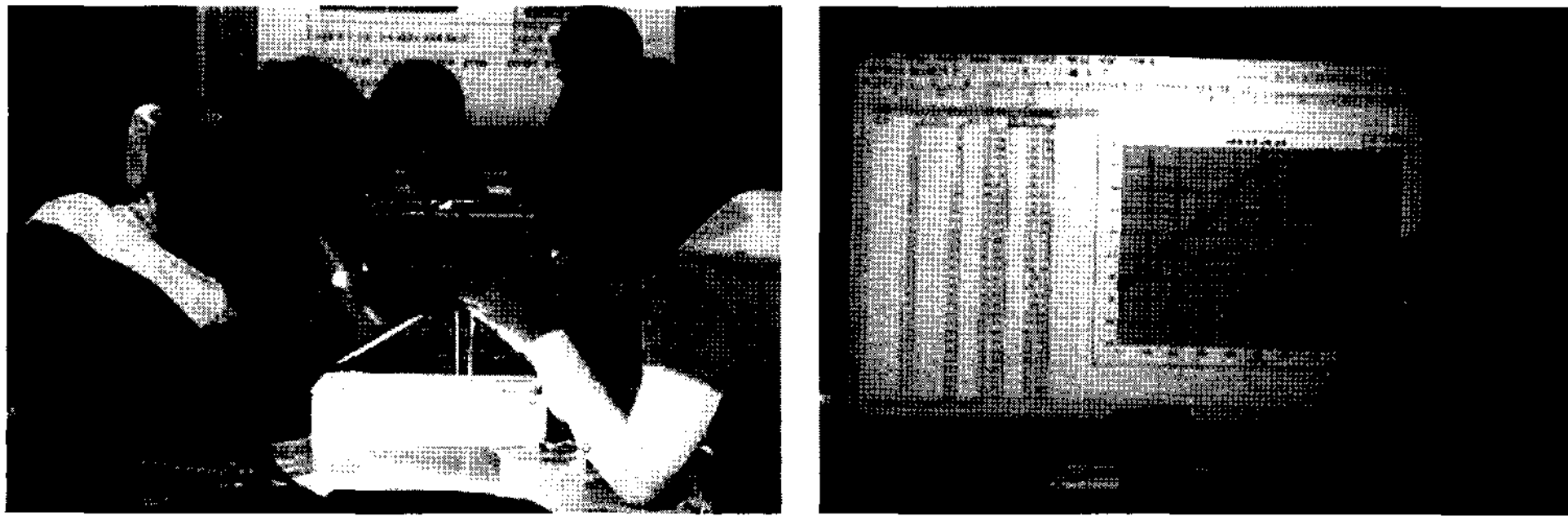


Fig. 3. Photographs from teacher C's class.

시한 A, B 교사의 수업과 마찬가지로, 교사가 실험에 대한 자세한 설명과 상세한 안내가 되어있는 활동지를 학생들에게 제공하였기 때문이다.

다음으로, 실험 진행 단계에서 '설명형성'과 '과학 지식 연결' 요소가 나타났다. '설명형성'은 '교사가 약간의 힌트'를 제공하는 수준 2(증거를 바탕으로 설명을 세우는데 약간의 지침을 받는다)를 보였다. 이는 "자 물 같은 경우에는 지금 온도차이가 거의 없고, 모래는 차이가 있네.."(27-39분)에서 보이듯 실험 과정에서 나타나는 중요한 현상을 학생들에게 말해주는 모습으로 판단할 수 있었다. '과학 지식 연결'하기도 수준 2(어떤 과학적 지식을 써야 될지 교사로부터 지침을 받는다)를 나타냈는데 "어떤 이유로 해풍이 부는 건가.. 지금.. 선생님이 왜 온도 변화를 생각하게 했는가..이유가 뭘까?"(39-51분)를 통해 알 수 있었다. 이 질문은 학생들이 실험결과를 해풍과 육풍의 원리와 연결하는데 중요한 역할을 하게 되었다.

마지막으로, '이론의 발표'의 탐구 요소는 결과발표

단계에서 나타났으며, '교사로부터 도움을 받지 않는' 수준 1을 나타냈다(학생들은 과학적 논증의 기회를 통해 검증과 반증을 거쳐 이론을 발표한다). 이는 교사가 실험을 마친 각 조에게 USB 메모리를 제공하여 엑셀 파일로 얻어진 결과 그래프를 반 전체가 빔 프로젝터를 통해 공유할 수 있도록 하고, 발표와 질의응답 시간을 제공하는 역할을 하였을 뿐 학생의 발표 활동에 관여하지 않았기 때문이다. 발표는 시간 관계상 4개의 실험조 중에서 2개조만 하였다.

C 교사 수업의 담화를 논의 과정 요소로 분석한 결과 4개의 에피소드가 나타났다. 이 중 3개의 에피소드는 A, B 수업에서 나타난 실험 절차적 과정에서의 논의 모습과 비슷했으나 결과발표 단계에서 나타난 1개의 에피소드는 이와 달리 자료해석에 대한 주장과 반박으로 구성된 논의가 활발하게 이루어졌다.

에피소드 3. 결과의 발표에서 나타나는 논의

이 에피소드는 실험을 모두 마친 후 결과 발표시

Table 8. Scientific inquiry level of teacher C's class

시간(분)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78
단계	도입		실험설명 및 실험준비												실험진행				결과발표			정리/예고					
탐구요소	문제 제기		증거수집						설명 형성			과학 지식 연결				이론의 발표											
교사/ 학생의 대표적 발화	교사: 한낮에 이렇게 시원한 해풍이 불어오는데, 그 이유는 무엇 일까?		교사: 첫 번째는? 물과 모래의 초기 온도를 같게 하고 실험 한다. 두 번째 과정을 봐봐. 자 컴퓨터인터페이스 온도센서 두 개를 서로 연결을 한다. 됐 지? 그 다음에 세 번째는 엑셀 프로그램을 실행을 해야 되겠 지?						교사: 온도차이가 많이 나네? 그치? 지금 뭐가 내려가고 있어?			교사: 어떤 이유로 해풍이 부는 건가 .. 지금.. 선생님이 왜 온도 변화를 생각하게 했는가.. 학생: 온도변화? 교사: 이유가 뭘까?				학생: 이걸로 해륙풍이 생기는 원인을 설명하자면.. 모래의 온도가 물의 온도보다 훨씬 높기 때문에 모래 속의 공기가 데워져서 위로 올라가고 물 쪽의 공기가 여기 형성된 모래 쪽에 형성된 저기압을 채워주기 위해서 물 쪽의 공기가 옆으로 이동하고... 순환 현상이 일어나면서 해풍이 불니다.					기상청데이터를 이용한 결과 정리 → 발표 내용을 바탕으로 구체화 및 적용학습						
수준	수준 4		수준 2						수준 2			수준 2				수준 1											

간에 나타났다. 이 에피소드 3은 두 부분으로 나누어 살펴볼 수 있다. 에피소드 3-1은 학생의 발표 내용으로 상호작용이 없는 논의이며, 이후 학생 f의 질문으로부터 시작되는 3-2의 에피소드는 학생 e와 학생 f의 상호작용이 활발하게 나타난 논의이다.

#### <에피소드 3-1>

- 1 **학생 e:** 처음에 램프를 비추고 한 몇 분 동안 한 1~2분
- 2 동안은 온도가 점점 내려 갔습니다. 제 생각에는 계속 센
- 3 서를 뺐다 넣었다 하면서 위치를 맞추려다 그랬던 것 같
- 4 습니다. ...<중략>... 여기 한.. 480초 쯤에서..전구를 껐습
- 5 니다. 전구를 끄자마자(...) 온도가 급격하게 낮아지기 시작
- 6 해서..안정화가 한 600초700초.. 이 지점에서 안정화가 되
- 7 었습니다. 제 생각에 온도가..온도가 낮아질 때에는 급격하
- 8 게 낮아지지만 낮아지고 난 다음에는 기온하고 큰 차이가
- 9 없어졌으니깐 안정화가 된 것 같습니다. 여기서 해륙풍이
- 10 부는 원리를 설명하면 어.. 여름에 해풍이 부는 이유가 뜨
- 11 거운 공기는 위로 올라가고 차가운 공기는 밑으로 내려간
- 12 다는 그 간단한 원리 때문인데..어.. 일단 여름에 는 이 위
- 13 실험과 같이 (2조 테이블의 실험 장치를 가리키며 설명)후
- 14 이.. 육지 주변의 공기가 뜨거워져서 위로 올라가면은 여
- 15 기..여기.. 바다 쪽의 공기가 올라가면은 이쪽으로 (물에서
- 16 흠으로) 불어오게 됩니다..이게 해풍이고.또 저녁에는 이게
- 17 육지가 썩 낮아진 것과 같이 반대 현상으로 설명할 수 있
- 18 습니다.

학생 e는 결과 그래프를 근거 1 “한 1-2분 동안은 온도가 점점 내려갔습니다(1-2줄)”과 근거 2 “전구를 끄자마자 (안들림) 온도가 급격하게 낮아지기 시작해서..안정화가 한 600초, 700초.. 이 지점에서 안정화가 되었습니다(5-7줄)”를 사용하며, 그래프가 그렇게 나오게 된 이유에 대한 자신의 주장을 이야기했다. 근거 1은 센서의 조작과 관련된 현상이 뒷받침되는 주장 1 “제 생각에는 계속 센서를 뺐다 넣었다 하면서 위치를 맞추려다 그랬던 것 같습니다(2-4줄)”, 근거 2는 주변온도와의 관계를 들어 근거의 타당성에 대해 이야기한 주장 2 “제 생각에 온도가..온도가 낮아질 때에는 급격하게 낮아지지만 낮아지고 난 다음에는 기온하고 큰 차이가 없어졌으니깐 안정화가 된 것 같습니다(7-9줄)”에 의해 설명되었다. 주장 3 “여름에 해풍이 부는 이유가 뜨거운 공기는 위로 올라가고 차가운 공기는 밑으로 내려간다는 그 간단한 원리 때문인데..(10-12줄)”에서는 온도에 따른 공기의 움직임에 근거로 하여 수업의 목표인 해륙풍의 원리

를 설명하며, 실험 결과를 보장으로 하여 주장을 강화하고자 하는 모습을 보였다.

이 에피소드에서 나타나는 특징적인 모습은 근거 1, 2의 경우 주장을 뒷받침하는 근거가 아니라 근거가 목적이 되어 이를 설명하기 위한 주장이 나타나며, 이때 근거들은 그래프라는 점이다. 세 명 교사의 각 1차시 수업에서 찾아낸 총 9개의 에피소드 중에서 학생들이 사용한 근거는 대부분 자신의 선지식 또는 교과서의 내용이었던 것과 비교되는 부분이라 할 수 있다. 이러한 모습은 다음 에피소드 3-2에서 더욱 잘 나타난다.

#### <에피소드 3-2>

- 1 **학생 f:** 물의 온도가 모래 온도보다..물의 온도는 대충
- 2 450초 정도부터 내려가기 시작했는데.. 모래의 온도는
- 3 500초 넘어서 떨어지기 시작했는데... 그 이유는...
- 4 **학생 e:** 그건 아마도 전등을 (그래프 가리키며) 이쯤에서
- 5 껐는데 물은 어차피 많이 데워지지 않았으니까 저희가 그
- 6 데워지는게 (...)되는게 쉽지만 증발열 때문에도 빨리 식고
- 7 모래는 또 그런 것이 없고 또 계속 비춰주면은 어... 낮 3
- 8 시가 되서 온도가 점점 높아지는 것과 비슷하게 이후에도
- 9 데워지는 시간이 좀 있기 때문에 계속 올라갔다 내려
- 10 온 것이라고 볼 수 있습니다..네..
- 11 **학생 f:** 공기가 데워지는 시간이 필요한데... 이 센서를 땅
- 12 에다가 꽂아 놔는데.. 센서를 땅에다가 꽂아 놔으니깐 공
- 13 기와의 접촉은 거의 없었고.. 그 다음에 물의 위쪽에서도
- 14 공기가 데워지지 아니.. 근데요 480초에서 껐는데 480초
- 15 에서 끈걸로 알고 있는데..480초 이후에 계속 온도가 증가
- 16 한 이유가... ...<중략>...
- 17 **학생 e:** 12시에 해가 최고의 높이에 도달하지만 2시에서
- 18 3시에 온도가 가장 높은 것과 같이 전등을 끄더라도 계속
- 19 해서 가열되는 시간이 있기 때문에 약간 높아졌다가 하락
- 20 합니다.
- 21 **학생 f:** 왜 물의 온도는 처음보다 떨어졌는데.. 왜 육지의
- 22 온도는 처음보다 올라갔습니까?

이 에피소드는 물과 모래의 온도변화 그래프를 보며 결과를 발표한 학생 e의 발표가 끝난 후 나타난, 두 학생의 질문과 답변이다. 학생 f는 그래프에서 보이는 물과 모래의 온도 변화에 시간차이가 생긴 것을 발견하고 그 원인에 대하여 질문한다(1-3줄). 학생 e는 물의 증발열을 근거로, 낮 3시의 기온이 최고임을 보장으로 자신의 조에서 얻은 실험 결과에 대한 타당성을 주장한다(4-10줄). 이에 학생 f는 센서가 공기의 영향을 받지 않음을 근거로 학생 e가 제시한

근거가 타당하지 않음을 들어 반박하며, 자신의 질문을 다시 정리하여 말한다(11-16줄). 학생 e가 앞서 제시한 보장을 거듭 이야기하며 자신의 주장을 유지하자(17-20줄), 학생 f는 결과 그래프에서 물과 모래의 초기 온도와 실험 후 온도 차이를 발견하고 이 원인에 대한 새로운 질문을 제기한다(21-22줄). 이 두 학생의 담화를 보면 그 중심에는 결과 그래프가 놓여 있고, 에피소드 3-1에서와 마찬가지로 결과 그래프가 논의에서 근거로 사용됨을 보여준다.

위에서 살펴본 C 교사의 수업에서 관찰된 탐구 요소는 학습 주제가 교사에게서 주어지는 수준 4의 문제제기와 절차에 따라 증거를 수집하는 수준 2의 증거수집, 설명을 세우고 적용해야 할 과학 지식에 약간의 지침을 받는 수준 2의 설명형성과 과학 지식 연결을 나타냈고, 이론의 발표요소는 학생들이 논증의 기회인 발표 시간을 통해 실험 결과로 알게 된 과학적 지식을 이야기하는 수준 1이었다. 논의적 의사소통은 결과발표 시간에 활발하게 이루어졌으며, 실험 결과에 대한 질문과 답변으로 논의가 이루어졌다. 이를 통해 MBL을 사용하여 얻은 정확한 데이터와 그래프가 논의의 근거로 사용됨을 알 수 있었다.

## 결론 및 논의

이 연구에서는 과학 탐구와 논의적 의사소통 관점에서 현대 과학 기술의 발전이 탐구 실험 수업에 기여한 대표적인 예인 MBL 수업의 사례를 살펴보았다. 구체적으로, 중·고등학교 지구과학 영역에서 개발된 MBL 탐구 실험을 적용한 세 교사의 수업을 관찰하고, 각 수업에서 나타나는 탐구 기본 요소와 그 수준 및 논증적 특징을 보이는 학생과 교사, 학생과 학생들 간의 담화를 분석하였다.

연구의 결과로서 첫째, 세 교사의 수업은 탐구 요소 수준에 따라 공통점과 차이점을 나타냈다. 도입과 실험 과정 설명에 있어서 세 교사의 수업은 공통적인 모습을 보였다. 수업 시간에 다루어야 할 주제가 정해져 있으므로 문제제기가 교사에게서 시작되었고, 수업 주제에 따른 실험을 시간 내에 진행하기 위하여 교사는 실험 과정이 안내된 학생 활동지와 자세

한 설명을 제공하였다. 반면, 설명형성과 이론의 발표에 있어서 세 교사의 수업은 약간 다른 수준을 나타냈다. 설명형성에서, A와 B 교사의 수업의 경우 교사가 자세한 실험 안내를 제공하였고 학생들은 순서에 따라 실험을 하는 절차적인 역할만 수행하였다. 또한, 실험 결과를 통한 과학 지식 연결에 있어서 B 교사의 수업에서는 학생들이 활동지에 제시된 문제의 답을 교사의 지도에 따라 채우는 형식으로 진행하였다. 그러나 C 교사의 수업은 교사가 안내자의 역할을 하며 약간의 도움만 제공함으로써, 교사의 지침에 따라 학생들은 능동적으로 설명형성과 과학 지식 연결의 활동을 수행하였다. 마지막으로, 탐구 요소 중 이론의 발표는 세 교사의 수업 중 C 교사의 수업에서 유일하게 나타났으며, 학생 주도적으로 논의적 의사소통이 활발하게 이루어지는 모습을 보였다.

둘째, 세 교사의 수업에서 나타나는 논의적 의사소통은 주로 증거수집 과정에서 실험 절차에 관하여 이루어졌다(Berry et al., 1999; Newton et al., 1999). 예를 들면, 실험기구를 세팅하거나 자료를 수집하기 위해 측정하는 과정에서 논의의 모습이 많이 나타났다. 이 과정의 논의 양상은 다양한 실험 과정을 찾기 위해서라기보다는 교사가 제공한 실험 지침을 얼마나 충실히 따르고 있는가, 또는 어떻게 하는 것이 정확한 실험 방법인가를 찾기 위한 것이 그 목표가 되고 있었다. 따라서 실험 절차 과정에서 학생들이 많은 논의를 전개하고 있었지만, 그 목적이 교사가 제공한 실험 절차를 잘 완수하여 정확한 측정치를 얻기 위한 것이 되었기 때문에 이 담화적 에피소드들은 전통적인 학교 실험수업의 모습\*에서 벗어나지 못하는 것으로 해석된다. MBL을 수업에 적용했음에도 불구하고 전통적인 담화수준에서 벗어나지 못한 부분에 대해 더 자세한 해석은 “새로운 테크놀로지의 사용은 탐구를 촉진하는 중요한 방법이라는 논쟁에 있어서, 테크놀로지의 효율적인 사용은 교사의 역할과 신념에 더욱 의존한다”는 Waight and Abd-El-Khalick(2007)의 연구 결과에서와 같이 교사 변인에 대한 이해를 바탕으로 후속 연구에서 탐색되어야 할 부분이라고 생각된다.

셋째, A, B 교사의 수업과 달리 C 교사의 수업에

\*Derek Hodson은 과학 실험 실습 교육: 주장과 비판(Ch.6 중 p. 111-112)에서 학교에서의 실험은 ‘요리책식 실습’이 상투적으로 계속되며, 학생들은 교사의 지시를 맹목적으로 따르면서 자신이 무엇을 하고 있고, 왜 하고 있는지 진지하게 생각해보는 경우가 거의 없다고 비판한다. 실험은 학생들로 하여금 ‘생각하기’보다는 ‘행하기’를 더 강조하고, 의미를 토론하고 논쟁하고 합의하는데 거의 시간을 할애하지 않는다고 주장한다(황성원 역, 2001).

서는 이론의 발표 과정에서 논의적 의사소통의 모습이 활발하게 나타났다. 이것은 컴퓨터를 통해 얻어진 데이터들이 그래프로 그려진 뒤 프로젝터를 통해 반 전체 학생들에게 공유됨으로써, 결과 그래프에 대한 해석 및 해륙풍의 원리와 관계 설명하는 과정에서 나타났다. 즉, 실시간으로 실험 데이터를 정확하게 수집하여, 학생들에게 데이터와 그래프 분석 등의 기술적 향상을 가져다주고 과학 실험의 결과 해석과 토의에 효과적인 표현 수단이 된다는(구양삼 외, 2005; Mokros and Tinker, 1987에서 재인용) MBL의 교육적 가치를 가장 잘 보여주는 것으로 해석된다.

결론적으로 세 교사의 수업은 탐구와 논의적 의사소통에 있어서 공통점과 차이점을 보여주었다. 이는 MBL 자료가 탐구의 본질적 특징인 의사소통을 강조한다 하더라도, 실제 수업에서 진정한(authentic) 탐구의 모습을 구현하는 일은 쉽지 않다는 것을 의미한다. 본 연구에서 살펴본 수업에서 나타난 탐구의 수준과 논의적 의사소통의 모습은 교사 중심의 절차적인 측면에 치우쳤고 조금씩 달랐기 때문이다. 즉, 각 수업은 MBL 주제가 다르고 구성원이 다르기 때문에 그 원인을 구체적으로 조명하기가 쉬운 일은 아니며, 이 연구의 범위를 벗어난다. 그럼에도 불구하고 각 수업에서 학생들에게 절차를 제시하고 이끄는 중요한 역할을 교사가 하고 있다는 점을 알 수 있었다. C 교사의 수업에서 볼 수 있듯이, 학생들의 활동을 구조화하여 절차를 강조하기 보다는 학생들이 자유롭게 의사소통할 수 있는 시간을 확보하고 격려하는 것이 중요했기 때문이다. 그러나 C 교사의 수업은 영재 학생들을 대상으로 한 수업이었기 때문에 활발한 의사소통 모습을 포착할 수 있었다는 점도 배제할 수 없다.

## 제 언

이상의 연구 결과로 다음과 같은 시사점과 제언을 정리해 볼 수 있다. 첫째, 첨단장비를 활용하여 자료 수집 단계를 줄이고 의사소통을 극대화하고자 하는 MBL 수업이 그 목적을 달성하고 교육적 가치를 높이기 위해서는 지구과학 교과 특성을 고려한 수업 및 자료개발과 더불어 탐구 요소와 수준을 고려한 학생의 적극적 참여를 유도해야 할 것이다. 이 연구에서 살펴본 세 교사의 수업 중 두 교사의 수업에서 이론의 발표 과정이 생략되었으며, 한 교사의 수업에

서는 학생들이 수집한 증거자료를 설명하는데 있어서 과학적 지식으로 평가하는 단계도 생략되었다. 단, 한 교사의 수업만이 학생들에게 이론발표 기회를 부여함으로써 논의적 의사소통의 모습을 보여주었다. 따라서 과학 탐구를 지향하는 MBL 수업이 학생들에게 논의적 의사소통의 기회를 적극적으로 부여하고 참여를 이끌어내지 못한다면 그 의미가 퇴색된다고 할 것이다.

둘째, 교사는 탐구 수업을 위한 주제를 선택하고 수업을 구성하며, 학생들의 탐구활동을 돕고, 평가를 하는 중요한 역할을 한다(Keys and Bryan, 2001). 또한 교사의 신념은 수업에서 테크놀로지를 어떻게 사용할 것인지를 결정하는데 중요한 영향을 미친다(Sandholtz et al., 1997). 따라서 우리나라 과학교육에 새로이 적용되고 있는 테크놀로지의 하나인 MBL이 과학 탐구를 위해 의미 있게 활용되기 위하여, 교사 연수 및 대학의 교사 교육프로그램에서 MBL의 절차와 방법에 관한 연수만을 제공하는 것이 아니라 과학 탐구에 대한 교육과 더불어 MBL 활용 방안을 제시하는 일이 필요하다고 하겠다. 이를 통해 교사가 MBL을 사용한 탐구 교수 전략을 세우며, 탐구와 MBL에 대한 지식과 신념을 정립할 수 있는 기회를 제공해야 한다는 것이다. 이를 바탕으로 교사의 탐구와 MBL에 대한 신념과 수업실행에 관한 후속 연구가 수행되어야 할 것이라 생각된다. 뿐만 아니라 학생의 특성(일반, 영재) 및 주제 등에 따라 탐구와 논의적 의사소통의 특징이 어떻게 다른지에 관한 구체적인 변인에 대한 연구는 좀 더 구체적으로 진행될 필요가 있다.

## 참고문헌

- 강순민, 2004, 과학적 맥락의 논의 과제 해결 과정에서 나타나는 논의과정 요소의 특성. 한국교원대학교 박사학위논문, 154 p.
- 교육부, 1998, 과학과 교육과정. 대한교과서, 서울, 101 p.
- 구양삼, 박금홍, 이국행, 2005, MBL을 활용한 과학과 교수-학습 개선 자료 개발에 관한 연구. 전북대학교 과학교육연구소 과학교육논총, 30, 73-91.
- 구양삼, 박금홍, 신애경, 최병순, 이국행, 2006, 토론을 강조한 MBL 실험수업에서 리더 유형에 따른 언어적 상호작용 특성. 대한화학회지, 50, 494-505.
- 구혜원, 1993, 과학과 수업에 적용한 MBL 실험 방식의 학습 효과 연구. 이화여자대학교 박사학위논문, 159 p.
- 김희경, 송진웅, 2004, 학생의 논변활동을 강조한 개방적 과학탐구활동 모형의 탐색. 한국과학교육학회지, 24,

- 1216-1234.
- 민병곤, 2000, 신문사설의 논증 구조 분석. 국어국문학, 127, 133-154.
- 박금홍, 2007, 중학교 과학수업에서 MBL 실험 수업 효과. 전북대학교 박사학위논문, 92 p.
- 박금홍, 구양삼, 고석범, 2005a, 컴퓨터 기반 실험 교육 (MBL)이 과학과 관련된 탐구능력과 과학에 대한 태도에 미치는 영향. 전북대학교 과학교육연구소 과학교육 논총, 30, 93-103.
- 박금홍, 구양삼, 최병순, 신애경, 이국행, 고석범, 2005b, 중학생들의 끊는점 학습에서 컴퓨터를 기반으로 하는 실험수업의 효과. 한국과학교육학회지, 25, 867-872.
- 박금홍, 구양삼, 최병순, 신애경, 이국행, 고석범, 2007, 연수에 참여한 교사들의 MBL 실험에 대한 인식. 한국과학교육학회지, 27, 59-63.
- 박상용, 박재근, 여상인, 2006, 과학 실험 수업에서 MBL의 적용이 초등학생의 학업 성취도 및 과학 관련 정의적 특성에 미치는 효과. 초등과학교육, 25, 454-464.
- 박영신, 2006, 교실에서의 실질적 과학 탐구를 위한 과학적 논증 기회에 대한 이론적 고찰. 한국지구과학회지, 27, 410-415.
- 서울대학교 과학교육연구소, 2007, 중학생을 위한 컴퓨터 활용 과학실험 교재 과학탐구실험 교사용 지도서. 서울대학교 과학교육연구소, 277 p.
- 이선경, 2006, 소집단 토론에서 발생하는 학생들의 상호작용적 논증 유형 및 특징. 대한화학회지, 50, 79-88.
- 장신호, 2004, 과학 대화를 이용하는 수업에서 교사와 학생이 겪는 어려움 및 대화 능력의 변화 발전에 대한 사례 연구. 초등교육연구, 17, 79-99.
- 최병순, 강순희, 박종윤, 1997, 우수한 과학교사 양성을 위한 탐구적 일반 화학 실험서 개발. 교육부 보고 RR95-IV-2, 258 p.
- 황성원 역, 2001, 과학실험실습교육: 주장과 비판, 시그마프레스, 서울, 358 p.
- Becker, H.J. and Lovitts, B.E., 2003, A project-based approach to assessing technology. In Haertel, G. and Means, B. (eds.), Evaluating educational technology: Effective research designs for improving learning. Teachers College, NY, USA, 129-148.
- Berry, A., Mulhall, P., Loughran, J.J., and Gunstone, R.F., 1999, Helping students learn from laboratory work. Australian Science Teachers' Journal, 45, 27-31.
- Driver, R., Newton, P., and Osborne, J., 2000, Establishing the norms of scientific argumentation in classroom. Science Education, 84, 287-312.
- Goldman-Segall, R., 1996, Challenges facing researchers using multimedia tools. Computer Graphics Quarterly, 28, 48-52.
- Han, H., 2002, Theoretical benefits and research findings underlying the use of microcomputer-based laboratory in science teaching. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 22, 957-969.
- Han, H., 2003, A meta-analysis of research on the impact of microcomputer-based laboratory in science teaching and learning. Journal of the Korean Association for Research in Science Education, 23, 375-385.
- Keys, C.W. and Bryan, L.A., 2001, Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. Journal of Research in Science Teaching, 38, 631-645.
- Kuhn, D., 1993, Science argument; Implications for teaching and learning scientific thinking. Science Education, 77, 319-337.
- Lavonen, J., Aksela, M., Juuti, K., and Meisalo, V., 2003, Designing a user-friendly microcomputer-based laboratory package through the factor analysis of teacher evaluations. International Journal of Science Education, 25, 1471-1487.
- Lemke, J.L., 1990, Talking science: Language, learning, and values. Ablex, New Jersey, USA, 261 p.
- Mokros, J.R. and Tinker, R., 1987, The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. Journal of Research in Science Teaching, 24, 369-383.
- National Research Council, 2000, Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning. National Academy Press, Washington, DC, USA, 202 p.
- Newton, P., Driver, R., and Osborne, J., 1999, The place of argumentation in the pedagogy of school science. International Journal of Science Education, 21, 553-576.
- Royuk, B. and Brooks, D.W., 2003, Cookbook procedures in MBL physics exercises. Journal of Science Education and Technology, 12, 317-324.
- Russell, D.W., Lucas, K.B., and Mcrobbie, C.J., 2004, Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal physics. Journal of Research in Science Teaching, 41, 165-185.
- Sandholtz, J.H., Ringstaff, C., and Dwyer, D.C., 1997, Teaching with technology: Creating student-centered classrooms. Teachers College Press, NY, USA, 190 p.
- Svec, M.T., Boone, W.J., and Olmer, C., 1995, Changes in a preservice elementary teachers physics course. Journal of Science Education and Technology, 6, 79-88.
- Thornton, R.K. and Sokoloff, D.R., 1990, Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. American Journal of Physics, 58, 858-867.
- Tinker, R.F., 1981, Microcomputers in teaching lab. The Physics Teacher, 19, 94-105.
- Trumper, R., Gelbman, M., 2000, Investigation electromagnetic induction through a microcomputer-based laboratory. Physics Education, 35, 90-95.
- Trumper, R. and Gelbman, M., 2001, A microcomputer-based contribution to scientific and technological literacy. Journal of Science Education and Technology, 10,

213-221.

Waight, N. and Abd-El-Khalick, F., 2007, The impact of technology on the enactment of "Inquiry" in a technology enthusiast's sixth grade science classroom. *Journal*

*of Research in Science Teaching*, 44, 154-182.

Watson, J.R., Swain, J.R.L, and McRobbie, C., 2004, Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26, 25-45.

---

2007년 11월 1일 접수

2008년 1월 16일 수정원고 접수

2008년 3월 26일 채택