

중학교 과학수업에서 MBL실험 수업의 효과

박금홍* · 구양삼 · 최병순¹ · 신애경² · 이국행 · 고석범

전북대학교 · ¹한국교육원대학교 · ²제주대학교

The Effects of Microcomputer-Based Laboratory on Science Classes in Middle School

Park, Kumhong* · Ku, Yangsam · Choi, Byung-Soon¹ · Shin, Ae-Kyung²

Lee, Kukhaeng · Ko, Sukbeum

Chonbuk National University · ¹Korea National University of Education

²Cheju National University

Abstract: The aim of this study was to compare the effectiveness of microcomputer-based laboratory (MBL) with the traditional laboratory experiment on science classes in middle school. MBL tools were developed and applied for five experiment subjects chosen from middle school science textbook for MBL experiment classes, while usual experiment methods suggested in the textbook were used in traditional experiment classes. In order to evaluate the effects of MBL experiment class, achievement, graphic ability, science process skills, affective aspect related to science were tested before and after applying the MBL experiment. The result revealed that MBL experiment class was more effective than traditional experiment class in improving student's science achievement, science process skills, and graphic ability. The result also indicated that there was a significant difference between experiment and control group with regards to the effect on affective aspect related to science. From the above result, we can find the positive implication of applicability of MBL experiment as a new experiment tool at the early stage of introduction in a real context.

Key words: Microcomputer-Based Laboratory (MBL), science achievement, graphic ability, science process skills, affective aspect related to science

I. 서론

과학교육에서 실험은 종합적인 사고력과 과정적인 지식을 가르치는데 있어서 중요한 교육적 가치를 지닐 뿐만 아니라(Leonard, 1983; Shymansky *et al.*, 1983; Tamir, 1977; Tobin, 1990), 과학실험 활동은 학생들의 탐구능력 향상과 과학적 태도의 배양에 중요한 역할을 한다(박승재, 조희형 1995). 또한 학생들은 실험 실습을 통해 중요한 기능을 계발하고, 직접적인 경험을 통해서만 과학현상을 이해하는 경우가 종종 있다(Wellington, 1998). 이처럼 과학교육에서 실험활동의 중요성은 강조되어 왔다. 그러나 기존의 전통적인 과학 실험에서는 대부분의 실험이 데이터 수집에 많은 시간을 소모한다는 문제점이 지적되고 있으며(Friedler *et*

al., 1990), 학생들이 자료의 변형에 소요하는 시간은 개념획득과 탐구력 향상에 크게 도움이 되지 않는다고 볼 수 있다(김현수, 한복수, 1994). 또한 전통적인 실험이 교실수업에서 배운 지식을 확인하는 정도에 불과하다는 비판이 있어 왔다(Gangoli, 1995). ICT(Information & Communication Technology)의 발전은 사회의 변화와 함께 교수·학습에도 영향을 주어(Watson, 2001), 최근 외국의 학교 현장에서는 컴퓨터에 기반을 둔 실험(MBL: microcomputer based laboratory)활동이 과학수업에 도입되어 활용되고 있다.

MBL실험을 위한 도구는 자연의 물리량을 측정하는 센서와 측정된 자료를 컴퓨터로 수집하는 인터페이스, 수집된 자료를 실시간으로 정확하게 분석하고 그래프화 하는 소프트웨어로 구성되어 있다. 인터페이스와 센

*교신저자: 박금홍(padriana@hanmail.net)

**2008.02.14(접수) 2008.04.07(1심통과) 2008.05.07(2심통과) 2008.05.13(최종통과)

***이 논문은 전북대학교 지원연구비 IR, 2007-22에 의하여 연구되었음.

서를 이용한 데이터의 수집은 학생들로 하여금 보다 정확하게 자료를 수집하게 하고, 결과에 대한 신뢰성을 높여주며, 실험에 대한 학생의 태도를 향상시켜준다(Nakhkeh, 1994). MBL의 사용의 용이성과 실험 결과의 즉각적인 가용성은 과학에 대한 탐구를 조장할 수 있다(Pena & Alessi, 1999). 또한 MBL실험은 그래프 분석과 변인통제, 통계적 적용의 과학적 학습과 기술적 활용의 방법을 제공하는 도구로써 인지적 갈등을 해소하고 빠른 피드백을 제공하며(이창훈, 1996), 전통실험에 비해 자료수집이 빨라서 학생들로 하여금 실험시간의 많은 부분들을 물리현상을 관찰하고, 자료를 분석하고 해석하며, 토론할 수 있는 사고 중심의 활동으로 변화시켜 줄 수 있다(구양삼 등, 2006; Thornton & Sokoloff, 1990). MBL실험은 여러개의 물리량을 동시에 빠르게 측정하거나 반복적으로 측정할 수 있으며 매우 오랜 시간 동안 일정하게 측정하는 것이 가능하며 전통적인 실험기구만으로 측정하기 어려운 많은 실험들을 가능하게 한다(Adams & Shrum, 1990).

우리나라에서도 초·중·고등학생들과 예비교사들에게 MBL실험을 적용한 후, MBL실험의 교육적인 효과를 연구한 결과들(김덕곤, 2005; 박금홍 등, 2005; 송인범, 2004; 유병길, 2006; 이재희, 장세중, 1997; 전재록, 2004; 차상욱, 1998)이 보고되고 있다.

공통과학 ‘힘’ 단원에서 컴퓨터를 이용한 실험수업의 효과(심재규, 1996)에서는 MBL을 통한 실험활동이 인지적 영역 중 자료 분석측면과 정의적 영역 중 흥미측면에서 더 효과적이었다고 보고하였다. 고등학생의 ‘역학적 에너지 보존 학습’의 컴퓨터를 기반으로 하는 상호작용적 시범실험 수업 효과에서 이항미(2002)는 그래프 그리기 능력과 실험 흥미도에서 전통실험보다 더욱 효과적이라고 보고하였다. 예비 교사나 현직 교사를 대상으로 한 연구에서도 MBL의 효과는 확인되었는데, 전재록(2004)은 고전실험으로는 하기 힘든 뉴턴의 제2법칙 실험을 MBL을 사용하여 실험할 수 있는 최적의 조건을 찾고 이를 예비교사들을 대상으로 적용한 결과, 데이터의 정확도 뿐 아니라 고전실험으로는 측정할 수 없는 정량적인 값도 구할 수 있었다고 보고하였다. 김덕곤(2005)은 MBL을 이용한 전기회로 실험 매뉴얼을 제작하여 현직 교사에게 적용해본 결과, 기존의 매뉴얼보다 정확하고 신속하게 실험을 진행할 수 있었음을 보고하였다. 그러나 이러한 연구들은 중학생들이 직접 컴퓨터를 실험에 활용하는 소집단 실험 형태가 아니라, 초·중·고등학생 대상의 시범실험 또는 현직교사와 예비교사 대상의 MBL실험 효과에 관한 연구로 국한

되어 있다. 교육현장에서 모듈별 형태로 과학실험이 이루어지는 점을 고려할 때 그와 관련된 연구는 아직 미진한 실정이다. 2003년 정부의 과학교육활성화정책으로 학교실험실의 현대화가 추진되어 컴퓨터가 실험실에 설치되고, 학교 현장에 컴퓨터를 활용한 MBL실험이 모듈별로 가능해지는 환경이 점차 구성되어지고 있다. 따라서 MBL실험의 장점을 활용하여 실험시간이 오래 걸리거나 정확한 데이터를 얻기 어려운 전통적 실험을 가능한 범위 내에서 MBL실험으로 대체하는 시도는 매우 의미 있는 일이라 하겠다.

이에 이 연구에서는 중학교 2학년 과정 중의 ‘전기’와 ‘혼합물의 분리’ 단원에서 MBL실험에 적합한 주제를 개발하여 과학실험 수업에 적용해 본 후 MBL실험이 중학생들의 과학학습성취도, 과학탐구능력, 그래프능력, 과학과 관련된 정의적 측면에 미치는 효과를 전통적 수업과 비교하여 보았다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구대상

이 연구의 대상은 익산시 삼기면 소재 중학교 2학년 2개 학급과 군산시 대야면 소재 중학교 2학년 2개 학급을 선정하였다. 두 집단은 모두 면소재지에 소재하는 학교로 위치는 약간 떨어져 있다. 삼기면 소재 중학교 2개 학급은 실험집단으로 교과서에 제시된 실험을 컴퓨터에 기반을 둔 MBL실험으로 실시하였으며, 대야면 소재 2개 학급은 실험집단과 똑같은 주제의 실험을 교과서에 제시된 방법으로 실험하는 통제집단으로 정하였다. 한 학급당 학생수는 통제 집단이 약간 많았으며, 문화수준과 가정환경은 농촌학교로 유사하였다.

실험집단은 총 32명이며 남학생 9명, 여학생 23명이고 통제집단은 총 46명으로 남학생 23명, 여학생 23명으로 남, 여 학생의 구성은 표 1과 같다.

실험집단과 통제집단 모두 4인 1조의 소집단 실험을 실시하였으며, 실험집단은 MBL실험의 Hawthorne 효과를 방지하기 위해 이미 MBL실험을 수행해본 경험이 있는 학급을 선정하였다.

표 1
실험집단과 통제집단의 남·여 학생수

학 년	집 단	남	여	계
중 2학년	실험집단	9	23	32
	통제집단	23	23	46
	계	32	46	78

2. 실험 주제 및 수업의 실시

1) 실험적용 단원과 주제선정

수업내용은 중학교 2학년 과학교과서 내의 ‘전기’ 단원과 ‘혼합물의 분리’ 단원에서 5개의 실험주제를 선정하였다. 이 주제를 선정한 이유는 각 단원에서 실험을 하도록 권장되어 있는 주제이며 실험을 통하여 측정된 데이터를 표와 그래프로 나타내고 그래프를 해석하여 결과를 얻는 과정으로 전통적 실험과 MBL 실험이 모두 가능하였기 때문이다.

이 연구에서 실험을 실시한 단원과 주제는 표 2와 같다.

두 단원의 진행 순서는 앞 단원과의 연계성을 꼭 고려하지 않아도 되기 때문에 실험집단이 1학기 때 온도센서를 이용한 MBL 실험을 실시해 왔으므로 두 단원의 진행 순서를 바꾸어 학생들에게 좀 더 익숙한 온도센서를 사용하는 ‘혼합물의 분리’ 실험을 먼저 실시하였으며, 약 6주에 걸쳐서 실험수업을 진행하였다. 실험집단의 수업은 연구자가 진행하였고 통제집단의 수업은 연구자와 성별이 같고 연령, 학력 및 교육경력이 비슷한 교사가 실시하였다. 두 명의 교사로 인한 수업 변인을 통제하기 위하여 수업을 실시하기 전에 수업지도안을 작성하여 두 교사가 공동으로 활용하였다. 수업의 순서는 통제집단과 실험집단 모두 수업 초반에 약 5분 정도 전시학습과 학습목표 확인 등의 도입 단계를 거쳐 모듈별 실험활동 단계, 수업 후반 약 5분 정도 학습활동 정리 단계로 이루어졌다. 수업 전반과 후반에 이루어진 도입과 정리 단계는 교사 주도로 진행되었으나, 실험안내서를 보면서 모듈별로 진행되는 실험활동 단계는 학생 주도로 진행되었다. 모듈별 실험활동에서는 실험결과에 대한 예상, 실험장치 꾸미기, 실험 수행, 결과 분석, 토론 및 정리 순서로 진행되었다. 이러한 방법으로 수업을 진행함으로써 교사에 의한 영향을 최소화하고자 하였다. 그러나 실험방법에 차이가 있었기 때문에 전통실험과 MBL 실험 안내서와 보고서를 각각 개발하여 사용하였다.

2) 실험 안내서 및 실험 보고서 개발

선정된 실험 주제에 따라 전통실험과 MBL 실험을 위한 안내서와 보고서를 연구자들이 개발한 후 과학교육 전문가 2인과 과학교사 2인의 검토를 받고 수정·보완하여 학생들에게 제공하였다.

가. MBL 실험(실험집단)

MBL 실험 안내서 구성은 실험상의 유의점과 준비물, MBL 실험 장치를 할 수 있는 방법을 안내하였다. MBL 실험 보고서에는 실험 후 얻은 데이터에 의해 모니터에 자동으로 그려진 그래프를 출력하여 붙이도록 하였으며, 그래프를 직접 그리지 않은 점을 감안하여 그래프의 가로축과 세로축의 이름과 단위에 대한 질문을 제시하였다. 실험결과와 관련된 질문 문항에 대한 답변 방식은 전통실험보다 실험 시간이 단축되어 토론할 시간이 확보되는 점을 감안하여 자신의 생각을 먼저 기록한 후 모둠원들과 토의한 결과를 다시 기록 하도록 하였다.

나. 전통실험(통제집단)

통제집단의 실험안내서와 보고서는 교과서에 제시된 방법에 근거하여 개발하였다. 실험보고서 구성은 측정된 데이터를 기록할 표를 만들어 제시하였으며, 기록된 자료를 토대로 그래프를 직접 그리도록 하였다. 그리고 MBL 실험보다 시간이 오래 걸리는 점을 감안하여 교과서에 제시된 질문에만 답을 하도록 하였다.

3) 실험기구

실험집단에서는 MBL 실험 수업을 위해 컴퓨터(pentium IV)와 국내회사에서 제작한 온도센서, 전압센서, 전류센서와 인터페이스를 주 실험도구로 사용하였다. 측정된 실험 데이터들이 실시간으로 표와 그래프로 모니터에 그려지는 것을 관찰하면서 실험할 수 있도록 한 모듈에 한 세트씩 네 모듈의 실험대에 설치하였으며, 나머지 실험도구는 통제집단과 같은 것을 사용하였다. MBL 실험을 위한 프로그램은 국내회사에서 제작한

표 2
실험을 실시한 단원 및 주제

대단원	실험주제	MBL 실험 사용센서	전통실험
7. 전기	실험3. 전구에 걸리는 전압과 전류의 관계 I	전압센서 전류센서	전류계 전압계
	실험4. 전구에 걸리는 전압과 전류의 관계 II		
	실험5. 저항의 직렬연결		
8. 혼합물의 분리	실험1. 물과 소금물의 가열곡선 비교하기	온도센서 직접가열	알코올 온도계 물증탕법
	실험2. 물과 에탄올 혼합용액의 가열곡선		

Excel에 기반을 둔 프로그램을 이용하였다.

통계집단은 알코올 온도계, 초시계, 수동식 전류계, 전압계를 사용하였고 나머지 실험기구인 스탠드, 비이커, 알코올램프, 시험관 등은 실험집단과 동일한 것을 사용하였다. 전통적 실험을 하는 집단의 학생들은 직접 측정된 데이터들을 보고서에 제시된 표에 기록하고 이를 토대로 그래프를 직접 보고서에 그렸다.

4) 실험 수업의 실시

모둠 편성을 위하여 실험 수업이 시작되기 전에 인지발달 수준 검사(GALT)를 실시하였으며, 9월에 실시되었던 과학학업성취도 결과를 토대로 인지발달 수준과 과학학업성취도를 고려한 이질집단 모둠을 편성한 후 수업을 실시하였다.

가. MBL실험(실험집단)

온도센서를 사용한 ‘혼합물의 분리’ 실험은 물질을 가열할 때 전통실험 방법과는 달리 물 증탕법을 사용하지 않고 불꽃의 크기를 작게 조절하여 직접 가열하였는데, 그 이유는 온도센서를 사용하면 알코올 온도계를 사용할 때보다 측정하고자 하는 물질의 양을 적게 사용할 수 있고 불꽃의 크기를 작게 조절하여 가열하므로 인화의 위험이 거의 없어서 물 증탕법 보다 실험 시간을 많이 단축할 수 있기 때문이다. MBL실험 집단은 실험의 시작과 동시에 1초 간격으로 측정된 온도 데이터가 인터페이스를 통해 컴퓨터로 수신되어 엑셀 프로그램에서 표와 그래프로 실시간으로 그려지는 가열곡선 그래프를 보며 실험을 하였다. 이때 그래프는 데이터 입력과 동시에 모니터에 자동으로 그려지나 그래프의 x, y축의 이름과 눈금 간격, 최대, 최소값 등은 모두 학생들이 입력하면서 그래프를 편집한다. 실험이 끝난 후 학생들은 그래프를 편집하고 출력하여 보고서에 붙인 후 토론과정을 거쳐 결과 정리를 하였다.

‘전기’ 단원에서 전압과 전류센서를 사용하는 실험은 연속적으로 데이터가 얻어져서 그래프가 자동으로 그려지는 실험형태가 아니고, 먼저 센서에 의해 측정되어진 값들이 컴퓨터에 입력되어 표로 그려진다. 학생들은 이 표에 기록된 데이터를 Excel의 수식프로그램을 이용하여 계산한 후 모니터에 그래프로 그려서 나타낸다. 이때 학생들은 모둠원들과 그래프의 x, y축의 이름과 눈금 간격, 축의 최대, 최소값을 적절하게 조절하는 그래프 편집 과정을 토의하며 그래프를 그리고 확정된 그래프를 출력하여 보고서에 붙인 후 토론과정을 거쳐 보고서를 완성하였다.

나. 전통실험(통제집단)

‘혼합물의 분리’ 단원의 가열곡선을 얻는 실험은 교과서에서 제시한 실험 방법에 따라 물 증탕법으로 알코올을 가열하면서 온도를 측정하였다. 알코올 온도계에 의해 측정된 온도 값을 초시계를 사용하여 30초 간격으로 읽어 보고서에 제시된 표에 기록하였으며, 기록된 데이터를 토대로 가열곡선 그래프를 보고서에 직접 그렸다. 이때 x, y축의 이름과 눈금, 최대, 최소값 등을 모두 학생들이 결정하여 그래프를 그리고 보고서를 완성하였다.

‘전기’ 단원의 실험은 전류계와 전압계에 나타난 실험데이터를 육안으로 읽어 측정하고 계산값이 필요할 때는 직접 계산을 하여 보고서에 제시된 표에 기록한 후 기록된 값을 토대로 그래프를 그리고 보고서를 완성하였다.

3. 검사도구

1) 인지발달 수준 검사

인지발달 수준 측정도구는 GALT(Group Assessment of Logical Thinking)를 우리말로 번안한 “논리적 사고력 검사”를 사용하였다(최영준 등, 1985). 총 21문항으로 각 문항은 답과 이유를 선택하는 선다형 형식이며 6개의 논리유형을 측정하도록 구성되었다(Roadrangka et al, 1983). 대부분의 문항에 문제 상황을 설명하는 짧은 문장과 함께 그림을 제시하였고, 맞은 문항의 개수가 0~8개까지는 인지 수준이 구체적 조작기에 해당하며 9~15개까지는 과도기, 16개 이상은 형식적 조작기에 해당한다. 이 연구에서 인지발달 수준 검사의 신뢰도는 0.76(Cronbach α)이었다.

2) 과학학업성취도 검사

과학학업성취도 사전 검사는 전라북도교육청에서 2005년 9월에 실시한 학력평가 점수를 이용하였다. 사후 검사 도구는 실험 적용 단위 범위 내에서 연구자들이 1차 개발한 것을 2명의 과학교육 전문가와 2명의 현장 과학교사들의 검토를 거친 후 수정하여 실험집단과 통제집단에 적용하였다. 검사는 이원목적 분류틀에 따라 총 25문항으로 5지선다형 17문항, 단답형 4문항, 서술형 4문항으로 구성하였다. 행동영역별로는 지식, 이해, 적용영역 각 8, 8, 9문항으로 구성하였으며, 각 영역별 문항 수는 수업의 양과 유사한 비율로 구성하였다. 이들 모두 평가전에 채점 기준표를 만들었고 이에 근거하여 점수를 부여하여 정답률을 조사하였으며, 이 연구에서 과학학업성취도 검사의 신뢰도는 0.71

(Cronbach α)이었다.

3) 과학탐구능력 검사

이 연구에서는 과학탐구능력을 측정하기 위해서 권 재술과 김범기(1994)가 개발한 과학탐구능력 검사를 사용하였다. 이 검사는 기초 탐구능력과 통합 탐구능력으로 구분되고 10개의 탐구능력 요소를 측정하기 위해 탐구 요소당 3개의 문항이 개발되었다. 탐구능력을 측정하는 도구는 범교과적인 내용으로 문항 내용의 이해를 돕기 위하여 가능한 그림이 많이 사용되었으며, 측정의 편리성을 위하여 4지선다형으로 제시되었고 검사 시간은 45분간이다. 이 연구에서 과학탐구능력 검사의 신뢰도는 0.82(Cronbach α)이었다.

4) 그래프 능력 검사

그래프 능력 검사도구는 McKenzie와 Padillar(1986)가 개발한 선다형 평가지 TOGS(Test Of Graphing Skills in Science)를 김태선(2003)이 우리나라 중·고등학교 학생들의 수준에 맞게 변안한 것을 사용하였다. 7학년에서 12학년까지 학생들의 그래프능력을 측정하기 위하여 개발된 TOGS는 그래프를 작성하는 능력과 그래프를 해석하는 능력의 두 부분으로 나뉘어져 있다. TOGS 검사도구의 문항 수는 총 26문항이고 4지선다형 지필검사이며, 검사시간은 45분간이다. TOGS는 개발자들(McKenzie & Padillar, 1986)에 의해 과학전문가 집단으로부터 내용타당도가 입증되었고 이 연구에서 TOGS 검사의 신뢰도는 0.71(Cronbach α)이었다.

5) 과학과 관련된 정의적 영역 검사도구

과학과 관련된 정의적 영역의 변화를 알아보기 위한 사전·사후 검사도구로는 김효남 등(1998)이 개발한 ‘국가 수준의 과학과 관련된 정의적 영역 평가 체제’를 사용하였다. 이 연구에 사용된 문항은 16개 소 범주별로 3개 문항씩 총 48문항으로, 인식과 흥미 검사의 신뢰도는 0.83(Cronbach α)이고, 과학적 태도 검사의 신뢰도는 0.87(Cronbach α)이었다.

4. 자료 처리 및 분석

이 연구의 통계 처리를 위하여 SPSS 통계 프로그램을 이용하였다. 수업처치의 효과를 조사하기 위하여 중학교 2학년을 대상으로 실험집단과 통제집단으로 나누어 사전과 사후의 과학탐구능력과 과학과 관련된 정의적 영역, 그래프 능력, 과학학업성취도를 조사하였다. 사전 검사 결과 검사도구에 따라 두 집단의 평균이 유

의미한 차이가 있는 것도 있었고, 유의미한 차이가 없는 것도 있었다. 따라서 통계처리 방법의 일관성을 위하여 모든 검사도구에서 공변량 분석을 실시하였다. 과학학업성취도, 과학탐구능력, 그래프능력과 과학과 관련된 정의적 영역 모두 공변량 분석을 하기 위한 기본가정이 충족되었으므로, 사전검사 점수를 공변인으로 하고 사후검사 점수를 종속변수로 하는 공변량 분석을 실시하였다.

Ⅲ. 연구결과 및 논의

1. MBL실험 수업이 과학학업성취도에 미치는 효과

과학학업성취도의 평균, 표준편차, 교정평균과 공변량 분석 결과를 표 3에 제시하였다.

사후검사 교정평균은 실험집단 62.7, 통제집단 52.8로 공변량 분석 결과 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p < .05$). 따라서 MBL실험을 적용한 수업은 전통실험에 비해 과학학업성취도 향상에 효과적임을 알 수 있었는데 이는 초등학교 6학년을 대상으로 한 연구(박상용 등, 2006), 고등학교 3학년을 대상으로 한 연구(Settlage, 1995)결과와도 일치한다. 이러한 결과는 센서에 의해 측정된 데이터가 컴퓨터로 수집되어 실시간으로 데이터와 함께 자동으로 모니터에 그래프로 그려지는 것을 학생들이 직접 보고 해석하고 토의할 수 있어서 실험에 대한 이해도를 높일 수 있고(구혜원, 1993; Lapp & Cyrus, 2000), 단축된 실험 시간을 토론 시간으로 활용(구양삼 등, 2006)할 수 있어서 실험내용에 대한 개념 이해가 정확하게 이루어질 수 있기 때문으로 생각된다.

2. MBL실험 수업이 과학탐구능력에 미치는 효과

과학탐구능력 전체와 하위 영역인 기초 탐구능력, 통합 탐구능력의 평균, 표준편차, 교정평균과 공변량 분석 결과는 표 4와 같다. 과학탐구능력의 사후검사 교정평균은 실험집단 21.5, 통제집단 19.8로 공변량 분석 결과 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p < .05$). 이러

표 3
사후 과학학업성취도 기술통계 및 공변량 분석

	집단	인원수	평균*	표준 편차	교정 평균	평균 제곱합	F	p
실험집단	32	64.5	25.37	62.7	1827.791	11.568	.001	
통제집단	46	51.6	18.49	52.8				

* 100점 만점

표 4 사후 과학탐구능력과 하위 영역별 기술통계 및 공변량 분석

구분	집단	인원수	평균	표준편차	교정평균	평균제곱합	F	p
과학탐구능력*	실험집단	32	22.2	6.28	21.5	55.056	4.195	.044
	통제집단	46	19.3	5.31	19.8			
기초 탐구능력**	실험집단	32	12.0	2.92	12.0	20.575	4.917	.030
	통제집단	46	11.0	2.81	11.0			
통합 탐구능력**	실험집단	32	10.2	3.56	9.6	12.477	2.058	.156
	통제집단	46	8.3	3.15	8.7			

* 평균 30점 만점 **15점 만점

표 5 사후 그래프 능력과 하위 영역별 기술통계 및 공변량 분석

구분	집단	인원수	평균	표준편차	교정평균	평균제곱합	F	p
그래프 능력*	실험집단	32	19.4	5.06	17.8	63.116	6.743	.011
	통제집단	46	14.3	5.90	15.8			
그래프 그리기**	실험집단	32	8.3	2.49	7.8	49.836	14.307	.000
	통제집단	46	5.7	2.74	6.1			
그래프 해석**	실험집단	32	11.1	2.98	10.2	13.407	2.266	.136
	통제집단	46	8.6	4.00	9.3			

* 평균 26점 만점 **13점 만점

한 결과는 MBL실험이 시간이 짧게 걸리므로 주어진 수업 시간 내에 가설설정부터 결론 도출까지 탐구의 전 과정을 수행 할 수 있고(Thornton, 1987), MBL의 사용의 용이성과 실험 결과의 즉각적인 가용성은 과학에 대한 탐구를 조장할 수 있다(Pena & Alessi, 1999)는 연구를 뒷받침 할 수 있는 결과로 생각된다.

과학탐구능력 검사 결과를 기초 탐구능력과 통합 탐구능력으로 나누어 분석한 결과 기초 탐구능력의 경우에는 유의미한 차이가 나타났으나($p < .05$), 통합 탐구능력의 경우에는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 송인범(2004)은 물질의 상태변화에 적용한 MBL실험 효과 연구에서 MBL실험이 기초와 통합 탐구능력 모두의 향상에 영향을 주었다고 하였으며, 유병길(2006)은 초등학교 학생의 컴퓨터 기반실험 수업 효과에서 기초 탐구능력은 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았고 통합 탐구능력은 유의한 차이를 나타낸 것으로 보고하고 있다. 이러한 사실은 컴퓨터를 활용한 수업에 있어서 학습자에게 제공되는 프로그램의 내용과 형태 그리고 통제 유형 등에 따라 탐구능력 향상에 미치는 효과가 달라질 수 있음을 보여준다(박상용, 2006).

3. MBL실험 수업이 그래프 능력에 미치는 효과

그래프 능력 전체와 하위 영역인 그래프 그리기 능

력, 그래프 해석 능력의 평균, 표준편차, 교정평균과 공변량 분석 결과는 표 5와 같다. 실험집단의 사후 그래프 능력 교정평균이 17.8로 통제집단의 교정평균 15.8에 비해 높게 나타났는데 공변량 분석결과 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .05$). 따라서 MBL실험 수업이 그래프 능력 향상에 긍정적 효과를 나타냄을 알 수 있었다.

그래프 그리기 능력의 교정평균은 통제집단이 6.1, 실험집단이 7.8로 공변량 분석결과 통계적으로 유의미하게 나타났다($p < .05$). 전통적 실험집단에서는 실험으로부터 얻어진 측정값을 보고서의 표에 기록한 후 데이터를 토대로 그래프를 직접 그리고 해석한 후 보고서에 제시된 질문에 답을 하는 수업을 실시하였다. 그러나 MBL실험 집단에서는 센서에 의해 자동으로 측정된 데이터가 컴퓨터 화면에 엑셀 파일로 기록되고 자동으로 모니터에 그려지는 그래프를 보면서 실험을 하였다. 실험종료 후 모니터의 그래프를 편집하고 출력하여 실험보고서에 붙이고 보고서에 제시된 질문에 답을 하기 위하여 토론하는 수업을 실시하였다. 따라서 MBL 실험 집단은 데이터에 의해 직접 그래프를 그려보는 경험을 하지 않았더라도 컴퓨터 화면에 나타난 그래프의 가로, 세로축의 제목, 단위, 축의 최고, 최저값, 주 단위 및 그래프의 크기 등을 자유로이 쉽고 빠르게 편집해 볼 수 있었기 때문에(박금홍 등, 2005), 전통적인 실험

을 실시한 학생들 보다 그래프 그리기 능력에 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 볼 수 있다.

그래프 해석 능력에 대한 교정평균은 통제집단이 9.3, 실험집단이 10.2로 실험집단이 조금 높게 나타났으나 공변량 분석 결과 통계적으로 유의미하지는 않았다($p > .05$). 그 이유는 그래프해석 능력 사전 검사(13점 만점)에서 실험집단의 평균이 10.1로 이미 높은 점수를 얻은 상태이다. 따라서 사후 검사에서 평균이 11.1로 향상은 되었으나 천정효과(ceiling effect)에 의해 향상 정도가 크지 않아서 통계적으로 유의미한 결과가 얻어지지 않은 것으로 생각된다.

4. MBL실험 수업이 과학과 관련된 정의적 영역에 미치는 효과

과학과 관련된 정의적 영역과 하위 영역인 과학에 대한 인식, 과학에 대한 흥미, 과학적 태도의 평균, 표준편차, 교정평균과 공변량 분석 결과는 표 6과 같다. 수업처치 후 사후검사에서 통제집단의 교정평균은 150.5, 실험집단의 교정평균은 163.2로 공변량 분석결과 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 따라서 MBL실험 수업이 과학과 관련된 정의적 영역에 긍정적인 영향을 끼칠 수 있었다.

MBL실험의 과학과 관련된 정의적 영역에 대한 효과를 영역별로 비교한 결과 과학에 대한 인식영역에서 사후검사 교정평균은 통제집단이 40.5, 실험집단이 43.2로 통계적으로 유의미하였고($p < .05$), 과학에 대한 흥미와 과학적 태도 영역에서도 사후검사 교정평균은 실험집단이 48.7, 72.1, 통제집단이 43.2, 65.4로 각각 차이가 있었으며 공변량 분석 결과 모두 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다($p < .05$). 따라서 MBL실험 수업은 전통실험 집단에 비해 과학 관련 정의적 특성의 향상에 긍정적 영향을 미치며 이러한 효과는 과학에 대

한 인식의 변화, 과학에 대한 흥미, 과학에 대한 태도 변화에 기인함을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 MBL 실험을 과학 수업에 도입하였을 때 컴퓨터라는 새로운 실험도구를 이용한 실험 방식에 학생들이 호기심과 흥미를 갖게 되고(박금홍 등 2005; 유병길, 2006; 이항미, 2001) MBL실험을 즐기며(Roth, 1989), MBL실험은 데이터가 실시간으로 수집되어 화면에 나타내어지고 분석될 수 있는 실험 기회를 제공하므로 학생들의 실험에 긍정적 영향을 주는 잠재력이 있기 때문(Pena & Alessi, 1999)에 나타난 결과로 생각된다. 과학에 대한 흥미는 일반적으로 학년과 학교급이 올라갈수록 감소하는 경향으로 보고되고 있는데(김효남 등, 1998; 이경훈, 1998), 과학수업에 MBL실험 도입은 상급학년들의 과학에 대한 흥미 유발에도 기여할 수 있음을 시사한다고 할 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 중학교 2학년 과정 중의 ‘전기’와 ‘혼합물의 분리’ 단원에서 MBL실험이 적용 가능한 주제를 개발하여 과학실험 수업에 적용해 본 후 MBL실험 수업이 학생들의 과학학업성취도, 과학탐구능력, 그래프 능력, 과학과 관련된 정의적 영역에 미치는 효과를 전통적 수업과 비교하여 보았다.

연구결과 MBL실험 수업은 전통실험 수업에 비해 중학생들의 과학학업성취도 향상에 긍정적 효과를 나타내었다. 이러한 효과는 센서에 의해 측정된 데이터가 컴퓨터로 수집되어 실시간으로 데이터와 함께 모니터에 자동으로 그래프가 그려지는 것을 직접 보고 해석하고 토의할 수 있어서 실험에 대한 이해도를 높일 수 있고, 단축된 실험 시간을 토론 시간으로 활용할 수 있어서 실험내용에 대한 개념 이해가 정확하게 이루어질 수 있기 때문으로 생각된다. 따라서 실험시간이 적게

표 6 사후 과학과 관련된 정의적 영역과 하위 영역별 기술 통계 및 공변량 분석

구분	집단	인원수	평균	표준편차	교정평균	평균제곱합	F	p
과학과 관련된 정의적 영역*	실험집단	32	167.6	17.66	163.2	2719.905	13.259	.001
	통제집단	46	145.7	25.16	150.5			
과학에 대한 인식**	실험집단	32	44.6	4.32	43.2	116.482	5.570	.021
	통제집단	46	39.3	6.25	40.5			
과학에 대한 흥미***	실험집단	32	50.4	7.40	48.7	499.013	13.743	.000
	통제집단	46	41.6	8.33	43.2			
과학적 태도****	실험집단	32	72.6	8.99	72.1	843.989	10.084	.002
	통제집단	46	65.0	14.47	65.4			

* 평균 192점 만점 ** 48점 만점 *** 60점 만점 **** 84점 만점

걸리는 MBL실험 수업에서 교사는 효율적이고 적극적인 토론활동이 이루어질 수 있는 방안을 도입할 필요가 있다.

MBL실험은 과학탐구능력에서 전통실험 수업보다 효과가 있는 것으로 나타났다. MBL실험은 전통실험에 비하여 실험시간이 짧게 걸리므로, 가설설정부터 결론 도출까지 탐구의 전 과정을 주어진 수업 시간 내에 수행 할 수 있고 정량적인 데이터를 비교하고 해석하는 활동이 주를 이루기 때문에 판단된다.

MBL실험 수업이 그래프 능력에 미치는 효과에서는 처치 후 그래프 해석 능력은 통계적으로 유의 하지는 않았으나 평균이 향상되었으며 그래프 그리기 능력은 통계적으로 유의하였다. 이들 두 하위 요소를 합한 전체 그래프 능력 향상에서도 긍정적 효과를 나타내었는데, 이는 MBL실험 집단은 데이터에 의해 직접 그래프를 그려보는 경험을 하지 않았더라도 컴퓨터 화면에 나타난 그래프의 가로, 세로축의 제목, 단위, 축의 최고, 최저값, 주 단위 및 그래프의 크기 등을 자유로이 쉽고 빠르게 편집해 볼 수 있었기 때문으로 생각된다.

MBL실험 수업이 과학과 관련된 정의적 영역에 미치는 효과를 조사한 결과 통계집단이 실험집단보다 통계적으로 유의미하게 높았으며 하위영역인 과학에 대한 인식, 흥미, 태도에서도 긍정적 효과를 나타내었다. 이러한 결과는 학생들과 친숙한 컴퓨터를 새로운 실험 도구로 활용하는 실험 방식에 호기심과 흥미를 갖게 되고, 전통실험과 비교해 볼 때 즉시적으로 실험결과를 확인할 수 있는 실험 기회를 제공하므로 MBL실험의 긍정적 잠재력 때문에 나타난 결과로 생각된다.

이 연구 결과 MBL실험을 적용한 과학수업이 비교적 짧은 기간 동안 제한적으로 이루어졌지만 과학학업 성취도와 과학탐구능력, 그래프 능력, 과학과 관련된 정의적 영역에서 긍정적 효과를 나타냈음을 확인할 수 있었다. 또한 MBL실험이 중학교 과학실험 수업에 새로운 실험방법 중의 하나로 활용될 수 있는 가능성에 대한 긍정적 시사점을 찾을 수 있었다. 특히 과학에 대한 흥미는 일반적으로 학년과 학교급이 올라갈수록 감소하는 경향으로 보고되고 있는데 과학수업에 MBL실험 도입은 상급학년들의 과학에 대한 흥미 유발에도 기여할 수 있음을 시사하는 바가 크다고 할 것이다

이 연구는 중학교 2학년을 대상으로 정량적으로 측정 가능한 몇 가지 MBL실험 주제를 선정하여 단기간 동안 과학실험에 적용하는 연구를 한 결과이므로 일반화하는 데에는 신중을 기할 필요가 있다. 앞으로 MBL실험의 장기적 적용 효과를 지속적으로 연구하기 위해

서는 MBL실험을 할 수 있는 기구가 교육현장에 도입되고 다양한 MBL실험 수업 자료가 개발되어 보급되어야 할 것이며 MBL실험에 대한 교사연수도 병행되어야 할 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 중학교 과학수업에 MBL실험 수업을 적용한 후 전통적 실험 수업과 비교하여 어떠한 학습 효과가 있는지 알아보는 것이다. MBL실험 집단은 중학교 2학년 교과서 내용 중 5개 주제의 실험을 MBL실험으로 개발하여 적용하였으며 전통실험 집단은 교과서에서 제시한 방법으로 실험을 실시하였다. MBL실험 수업의 효과를 알아보기 위하여 MBL실험 수업과 전통실험 수업 실시 전에 과학학업성취도, 그래프 능력, 과학탐구능력, 과학과 관련된 정의적 영역의 사전 검사를 실시하였고, 수업 처치 후에 사후 검사를 실시하였다. 연구결과 과학학업성취도와 과학탐구능력, 그래프 그리기 능력에서 MBL실험 수업이 전통실험 수업보다 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 MBL실험 수업이 과학과 관련된 정의적 영역에 미치는 효과를 조사한 결과 통계집단이 실험집단보다 통계적으로 유의미하게 높았다. 따라서 중학교 과학실험 수업에 도입 초기 단계에 있는 MBL실험이 새로운 실험방법으로 현장 활용 가능성에 대한 긍정적 시사점을 찾을 수 있었다.

참고 문헌

- 구양삼, 박금홍, 최병순, 신애경, 이국행 (2006). 토론을 강조한 MBL실험 수업에서 리더유형에 따른 언어적 상호작용 특성. *대한화학회지*, 50(6), 494-505.
- 구혜원 (1993). 과학과 수업에 적용한 MBL실험 방식의 효과 연구. *이화여자대학교 박사학위논문*.
- 권재술, 김범기 (1994). 초·중학생들의 과학탐구능력 측정도구의 개발. *한국과학교육학회지*, 14(3), 215-264.
- 김덕곤 (2005). MBL을 이용한 전기회로 실험 매뉴얼 작성 및 적용. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- 김태선 (2003). 중고등학생들의 과학관련 선 그래프의 정보 이해과정 분석. *한국교원대학교 박사학위 논문*.
- 김현수, 한복수 (1994). 컴퓨터를 이용한 물리실험에 관한 연구. *서울상록과학학술재단 연구비지원 보고서*.
- 김효남, 정완호, 정진우 (1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가체제 개발. *한국과학교육학회지*, 18(3), 357-369.
- 박금홍, 구양삼, 최병순, 신애경, 이국행, 고석범 (2005).

중학생들의 끊는점 학습에서 컴퓨터를 기반으로 하는 실험수업의 효과. 한국과학교육학회지, 25(7), 867-872.

박상용, 박재근, 여상인 (2006). 과학실험 수업에서 MBL의 적용이 초등학생의 학업성취도 및 과학관련 정의적 특성에 미치는 효과. 초등과학교육, 25(4), 454-464

박승재, 조희형 (1995). 과학학습지도. 교육과학사.

송인범 (2004). 물질의 상태변화 수업에 적용한 MBL 실험의 효과 연구. 공주대학교 석사학위논문.

심재규 (1996). 고등학교 공통과학 '힘' 단원 학습에서 컴퓨터를 이용한 실험수업의 효과. 서울대학교 석사학위논문.

유병길 (2006). 초등학생의 컴퓨터 기반 실험 수업 효과. 초등과학교육, 25(1), 1-7.

이경훈 (1998). 고등학생의 과학에 관련된 태도와 과학성취도와와의 관계. 한국과학교육학회지, 18(3), 415-425

이재희, 장세중 (1997). 디지털 비디오를 이용한 운동 분석 프로그램의 개발. 물리교육, 15(2), 129-134.

이창훈 (1996). 고등학교 과학 기초개념변화를 위한 컴퓨터 프로그램의 효과. 서울대학교 박사학위논문.

이향미 (2002). 고등학생의 역학적 에너지 보존학습에서 컴퓨터를 기반으로 하는 상호작용적 시범 실험 수업의 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.

전재록 (2004). 운동 제2법칙에서 MBL의 현장 적용에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.

차상욱 (1998). 비디오 카메라와 시뮬레이션을 이용한 역학단원 지도의 효과. 한국교원대학교 석사학위논문.

최영준, 최병순, 이원식 (1985). 중고등학생들의 논리적 사고력 형성에 관한 연구 I. 한국과학교육학회지, 5(1), 1-11.

Adams, D. D., & Shrum, J. W. (1990). The effects of microcomputer-based laboratory exercises on the acquisition of line graph construction and interpretation skills by high school biology students. Journal of Research in Science Teaching, 27(8), 777-787.

Friedler, Y., Nachmias, R., & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. Journal of Research in Science Teaching, 27(2), 173-191.

Gangoli, S. G. (1995). A study of the effect of a guided open-ended approach to physics experiments. International Journal of Science Education, 17(2), 233-241.

Lapp, D. A., & Cyrus, V. F. (2000). Using data-collection devices to enhance students' understanding. Mathematics Teacher, 93(6), 504-510.

Leonard, W. H. (1983). An experimental study of a BSCS-style laboratory approach for university general biology. Journal of Research in Science Teaching, 20(9), 807-813.

McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). Journal of Research in Science Teaching, 23(7), 571-580.

Nakhkeh, M. B. (1994). A review of microcomputer-based labs: How have they affected science learning? Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 13(4), 368-381.

Pena, C. M., & Alessi, S. M. (1999). Promoting a qualitative understanding of physics. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, 18(4), 439-457.

Roadrangka, V., Yeany, R. H., & Padilla, M. J. (1983). The construction and validation of group assessment of logical thinking (GALT). Paper Presented at the Annual Meeting of the NARST, Dallas, Texas.

Roth, W. (1989). Experimenting with temperature probes. Science and Children, 27(3), 52-54.

Settlage, J. Jr. (1995). Children's conceptions of light in the context of a technology-based curriculum. Science Education, 79(5), 535-553.

Shymansky, J. A., Kyle, W. C., & Alport, J. M. (1983). The effects of new science curricula on student performance. Journal of Research in Science Teaching, 20(5), 387-404.

Tamir, P. (1977). How are the laboratories used? Journal of Research in Science Teaching, 14(4), 311-316.

Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1990). Learning motion concepts using real-time MBL tools. American Journal of Physics, 58(9), 858-867.

Tobin, K. (1990). Research on Science Laboratory Activities. School Science and Mathematics, 90(5), 403-418.

Watson, D. M. (2001). Pedagogy before technology: Re-thinking the relationship between ICT and teaching. Education and Information Technologies, 6(4), 251-266.

Wellington, J. (Eds.). (1998). Critical Work in School Science: Which way now?, Routledge. (황성원역, 2001, 과학실험실습교육 주장과 비판, 서울: 시그마프레스)