

MBL을 활용한 산-염기 적정 실험에서의 학생 간 언어적 상호작용에 대한 사례연구

유은희 · 임희영 · 강성주* · 최병순

한국교원대학교

A Case Study on Student to Student Verbal Interaction on the Acid-Base Titration Experiment Using MBL

Ryu, Eun-Hee · Lim, Hee-Young · Kang, Seong-Joo* · Choi, Byung-Soon

Korea National University of Education

Abstract: The purpose of this study was to investigate the effects of an MBL instrument in laboratory execution by analyzing an experimental time and student to student interactions in the MBL and traditional method of the acid-base titration experiment. The MBL method used a conductivity sensor and the traditional method used a current meter on the HCl/NaOH titrations. In comparison of the two methods, the traditional method required more time than the MBL and most of the extra time were used in the execution. In the execution, the MBL method showed more numbers of student to student interaction and higher level of verbal interaction than the traditional method.

Key words: Acid-base conductivity, MBL, Verbal interaction

I. 서론

Electronic data collection (EDC) 장비를 이용한 실험은 다양한 센서의 개발과 컴퓨터의 소형화, 저렴한 가격으로 인하여 학교 현장에서 사용이 확대되고 있다. EDC를 이용한 실험은 다양한 센서를 이용한 양질의 자료를 수집할 수 있고, 다양한 소프트웨어로 자료 조작 및 가시화가 용이하고, 학생들의 흥미를 유발할 수 있는 실제 문제를 해결할 수 있으며, 자료 수집에 소모되는 시간의 절약으로 다양한 변인 조작이 가능한 실험을 수행할 수 있게 한다(Adams & Shrun, 1990; Ittelson & Moriarty, 1986; Mokros & Tinker, 1987; Russell *et al.*, 2004). EDC의 일종인 MBL(micro-computer-based laboratory)와 CBL(calculator-based laboratory)는 1970년대에 물리나 화학 실험에 사용되기 시작하였고, 1980년대에 다양한 인터페이스와 센서가 제공되면서 학교 현장에 사용되기 시작하였다. 1990년대부터는 중등학교에 CBL을 이용한 실험이 많이 보급되었으며, MBL을 이용한 실험 개발과 광합성 같은

복잡한 실험에 MBL을 도입하는 연구가 시작되었다(Caniglia, 1997; Choi *et al.*, 2002; Lapp & Cyrus, 2000).

국내에서는 1990년대에 MBL에 관한 연구가 시작되었다. 먼저 김형수, 권재술(1995)은 초등학교 아동들의 속력 개념형성에서 MBL의 효과, 이향미(2002)는 고등학생의 역학적 에너지 보존에서 컴퓨터를 기반으로 하는 수업의 효과, 박금홍 등(2005)은 중학생들을 대상으로 ‘물과 에탄올의 끓는점 측정’에서 컴퓨터를 기반으로 하는 MBL 실험 수업의 학습 효과를 비교하였는데 이 연구들은 MBL의 그래프 그리기, 그래프 해석능력, 개념 이해, 과학에 대한 흥미도 등의 변화만을 살펴보고 있었다.

또한 MBL 실험은 전통적인 실험방법으로는 한 시간에 끝낼 수 없었던 대부분의 실험을 가능하게 하며, 데이터 수집과 측정 기록에 걸리는 시간과 노력을 들이지 않으므로 동료 간의 상호작용을 증진시킬 수 있다는 연구가 있었고(Linn & Songer, 1991), 이러한 학생과의 상호작용을 잘 구성할 경우, 학생의 학업 성취

*교신저자: 강성주(sjkang@knu.ac.kr)

**2007.09.17(접수) 2007.11.04(1심통과) 2008.01.28(최종통과)

***이 논문은 2007년도 한국과학재단의 지원 받아 수행된 연구임(R01-2007-000-20619-0)

도, 학생 서로에 대한 태도, 토론과 높은 성취동기, 협동 작업 기술에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다 (Ittelson & Moriarty, 1986). 그러나 상호작용의 긍정적인 효과를 위해서는 학생들 사이의 언어적 상호작용이 높은 수준으로 이루어져야 하며(강석진 등, 2001), 임희준, 노태희(2001)는 효과적인 학습을 위해서는 효과적인 상호작용이 이루어져야 함을 이야기하고 있다. 따라서 이 연구에서는 MBL 실험을 하는 동안 언어적 상호작용이 일어나는 유형을 분석하여 실제 MBL이 실험활동 과정에 미치는 영향을 알아보고, 언어적 상호작용 수준을 분석하여 MBL이 실험 내 상호작용에 미치는 효과에 대하여 논의하였다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구대상

이 연구는 2006학년도 1학기 일반화학 실험을 수강한 화학교육과 1학년 학생 19명(남자 16명, 여자 3명)을 대상으로 실시하였다. 한 모둠은 3 또는 4명으로 전통 방법 3모둠과 MBL 방법 3모둠으로 구성되었으며, 모둠 당 하나의 실험 장비가 제공되었다. 학생-학생 언어적 상호작용을 조사하기 위하여 전통과 MBL 방법 각 1 모둠을 대상으로 하였으며, 두 모둠은 모두 남학생 2명, 여학생 1명으로 구성되었다. 또한 두 모둠은 화학II의 이수 여부를 고려하여 동일하게 구성하였으며, 화학 중간고사와 과학에 대한 태도 검사를 통해 과학에 대한 태도와 화학 성적, 전도도에 대한 사전 지식이 비슷한 동질 집단으로 선택하였다.

2. 연구방법

이 연구에서 사용된 MBL 방법은 전통적 실험을 바탕으로 MBL 센서를 사용하여 할 수 있는 형태로 실험

내용을 수정·개발하였고 화학교육과 교수 1인, 화학 교육 전공 중등교사 3인의 협조를 얻어 검토하고 수정·보완하였다. 산-염기 적정 실험은 MBL 장치와 전통적 장치로 모두 실험이 가능한 형태로 설계하였으며, 실험 장치의 차이점 외에 실험 과정상에서 해결해야 하는 과정은 모두 동일하게 구성되었고, 서로 다른 실험실을 이용하여 진행하였다. 두 방법의 실험 내용은 다음과 같다.

1) 실험예측-염산과 수산화나트륨의 중화적정 반응에서의 전기 전도도 변화를 토론을 통해 예측하고 그래프로 대략적인 모양을 그린다.

2) 실험수행 및 관찰

전통 방법: 묽은 염산 25mL에 수산화나트륨 1mL, 수산화나트륨 용액에 묽은 염산 1mL씩을 떨어뜨리면서 전류계를 사용하여 전류의 변화를 측정하고 측정 후 엑셀 프로그램을 이용하여 그래프로 작성한다.

MBL 방법: 묽은 염산 25mL에 수산화나트륨 1mL, 수산화나트륨 용액에 묽은 염산 1mL씩을 떨어뜨리면서 전도도 센서를 사용하여 적정하는 동안 자동적으로 전도도를 측정하며 동시에 그래프로 표현된다.

3) 실험결과 설명 - 예측 값과 결과 값을 비교해 보고, 그 차이를 설명한다.

연구자와 실험조교, 지도교수는 학생들의 실험을 지도하고 참여한 것이 아니라, 실험에 대한 간단한 설명과 실험 기구를 다루는 문제에 대한 질문에만 대답을 하였다. 학생들은 실험보고서를 통해 실험에 대한 안내를 받도록 하였으며 실험시간동안 실험보고서를 작성하도록 하였다. 실험을 투입하기 전 한 차시 실험은 여러 MBL 센서를 사용하는 실험을 전통 방법 모둠을 포함한 모든 학생들에게 적용하고 MBL 방법을 경험해 볼 수 있는 기회를 제공하여 두 집단 모두에게 인터뷰 하였다.

표 1 실험 전개 과정별 대화 분석틀

상위요소	하위요소	정의
예상 및 실험설계	실험준비	실험결과에 대해 미리 예측하고 실험방법을 설계하는 것과 관련된 대화
	기구조작	실험과정에 따른 실험의 수행, 시약 제조, 역할 분담 등에 대한 대화
	실험수행	실험현상에 대한 관찰과 그 설명에 대한 대화
실험수행	관찰 및 설명	실험현상에 대한 관찰과 그 설명에 대한 대화
	측정	데이터 측정에 대한 대화
분석 및 적용	자료변환	자료변환에 대한 대화
		데이터를 해석하고 결론을 도출하기
		실험의 오차와 그 원인에 대한 대화
		도출한 결론을 새로운 문제에 적용할 때의 대화

표 2

언어적 상호작용 유형 분석틀

유형	접근수준	정의
질문하기	피상적	알고 있는 지식을 확인하고 주어진 절차를 확인하는 질문
	심층적	이해, 예상, 이상발견, 적용, 계획에 대한 전략 질문
설명하기	피상적	질문에 대한 단순한 대답, 단순한 관찰, 측정을 묘사
	심층적	질문에 대한 원인-결과에 대한 설명, 예시를 들어 설명
의견제시	피상적	실험진행에 대한 의견제시, 실험방법, 실험절차, 문제 해결에 대한 단순한 의견제시
	심층적	문제해결에 대한 구체적인 의견의 제시, 결론을 내리는데 도움이 되는 의견제시
평가하기	피상적	제시된 의견에 대한 긍정 또는 부정, 자신과 다른 조원의 의견, 행동, 실험과정 결론에 대한 단순한 평가
	심층적	제시된 의견과 실험결과에 대한 문제점과 수정, 대안 제시

자료수집을 위하여 학생들의 활동 과정을 MD(대화 녹음기기)와 비디오카메라를 통해 녹음·녹화하고 먼저 녹음 자료를 토대로 학생들의 모든 대화 내용을 전사하였으며, 녹음 자료만으로 확인할 수 없는 내용들은 녹화자료를 통해 보충하였다. 학생들의 상호작용을 분석하기 위해서 실험 전제 과정별 언어적 상호작용 분석틀은 Tamir(1977)의 틀을 근거로 본 연구에 사용된 실험에 해당하는 과정을 추출하여 사용하였으며, 언어적 상호작용의 유형별 분석틀은 Chin와 Brown (2000)과 김혜심(2006) 등의 논문에 나온 분석틀을 근거로 연구자 4인의 협의 과정을 통해 수정·보완하여 최종 분석틀을 표 1, 표 2와 같이 완성하였다.

또한 위의 완성한 틀을 이용하여 학생들의 대화내용을 연구자 1인이 반복적으로 분석하고, 연구자 4인의 각자 1회 분석과의 차이를 검토하였다. 검토결과 분석내용의 대부분은 일치하였으나, 일치하지 않은 경우 협의과정을 거친 후 보완하고, 전통실험의 대화와 MBL 실험에서의 대화를 비교, 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 실험 시간과 대화 빈도 비교

MBL 방법이 실험 시간 단축에 미치는 효과를 알아

보기 위해 전통 방법과 MBL 방법의 소요 시간과 대화 빈도를 표 3과 같이 비교해 보았다.

실제 실험시간은 전통 방법(210분)이 MBL 방법(140분)보다 70분(1시간 10분) 정도 길었는데, 이는 MBL 방법의 1.5배에 해당된다. 특히, 실험수행 과정에서 전통 방법(140분)은 MBL 방법(80분)보다 60분(1시간) 정도 더 많이 소비되었는데, 이는 전통 방법이 측정과 자료변환 등의 실험수행 과정에서 더 많은 시간을 소비하였기 때문이다. ‘산-염기 적정’의 수행과정은 수산화나트륨을 염산으로 적정, 염산을 수산화나트륨으로 적정하여 전도도를 측정한다. 이러한 측정과 기구조작 과정에서 전통 방법의 경우 약 85분이 걸리고 MBL의 경우 약 45분 정도의 시간이 소비되었다(표 4 참고). 또한 측정된 데이터를 그래프로 변환하는 자료 변환 과정에서도 시간의 차이가 발생하는데 전통 방법의 경우 자료변환에 약 20분의 시간이 소비되었으나, MBL의 경우에는 측정과 동시에 자료가 그래프로 변환되므로 자료변환에 시간이 소비되지 않았다.

또한 시간당 대화 빈도를 살펴보면, 특별히 활동의 차이가 없는 예상 및 설계 단계에서의 대화 빈도는 전통 방법(4.13)과 MBL 방법(4)이 거의 유사한 반면에 실험수행단계나 분석 및 적용의 단계에서는 MBL을 사용하는 경우, 대화 빈도가 거의 2배로 나타남을 알 수 있다. 특히 2.5배 정도 차이가 나는 분석 및 적용

표 3

실험 과정별 실험 시간과 대화 빈도

	예상 및 설계	실험수행	분석 및 적용	합계	
전통	시간(%)	30분(14.3)	140분(66.7)	40분(19.0)	210분(100)
	대화 빈도(%)	124회(20.0)	405회(65.2)	92회(14.8)	621회(100)
	시간당 대화 빈도	4.13 회/분	2.89 회/분	2.3 회/분	2.95 회/분
MBL	시간(%)	20분(14.3)	80분(57.1)	40분(28.6)	140분(100)
	대화 빈도(%)	80회(11.1)	417회(58.1)	221회(30.8)	718회(100)
	시간당 대화 빈도	4.0 회/분	5.2 회/분	5.5 회/분	5.1 회/분

단계에서의 경우를 살펴보면, 아래의 대화의 예에서도 볼 수 있듯이 전통 방법에서는 그래프의 전체적인 개형을 살펴보고 있는 반면에 MBL 방법에서는 각각의 구체적인 데이터와 그래프를 동시에 살펴보면서 대화를 나누고 있음을 알 수 있다.

<전통 실험의 경우>

(학생들이 실험을 통해 얻은 수산화나트륨을 염산으로 적정한 두 결과 중에서 어떤 결과가 잘 나왔는지를 평가하고 그것을 예상했던 그래프와 비교해보고 있다.)

- B 우리 어느 그래프로 할까?
- A 첫 번째 꺼
- B 두 번째가 나은 거 같아.
- A 일단 25에서 가장 낮아야 되는 게 기정사실이잖아
- B 근데 기울기는 이렇게 나와야 되는 거 아냐?
- A 정확히는 모르지만, 기울기가 양쪽이 달라야 되는데 이것은 기울기가 언뜻 비슷하잖아. 그러니까 1번
- B 뒤에 가는 1번으로 하자.
- A 일단 인터넷부터 찾아보자.
- B 한 시간 안에 끝낼 수 있을까?
- A 그럼 수산화나트륨은 우리가 예상했던 거랑 비슷하게 나온 거지?
- B 둘 다 개형은 비슷하다 이거지. 1과 2를 봤을 때.
- A 개형도 안 비슷하잖아. 우리는 이렇게 해서 이렇게 올라가는 거였고
- B 이게 염산을 넣었을 때지?
- A 어. 두 번째 그래프의 경우 중화점이 25로 잘 나왔네.

<MBL 실험의 경우>

(실험에서 얻은 결과와 예상한 그래프의 차이를 비교하고 있는데 '3000, 3600' 등의 전도도 데이터 값을 컴퓨터 화면에서 일일이 찾아가면서 값을 비교해보고 있다.)

- B 이게 수산화나트륨이고 이게 염산인데 염산이 2배정도 전기전도도가 큰 거 같아
- C 중화점은 비슷하지? 중화점은?
- B 중화점은 거의 비슷해
- C 이거 값이 거의 3000 아닌가? 내려 봐
- B 가장 많이 떨어졌을 때가 중화점은 앞에서 1500이고 뒤에도 거의 1500
- A 중화점은 거의 똑같잖아.
- B 어 거의 똑같잖아.
- C 이거 그냥 쓰고
- C 50일 때 해석해
- B 마지막이 염산일 때는 3600이고 수산화나트륨일 때는 2734야
- C 이거 두개 밖에 안 나올 거 같아
- A 그렇구나.
- C 이거 두개 쓰지?
- A 마지막이 상당히 많이 떨어진다.
- C 그럼 이것의 차이는 이온의 차이?
- A 아래 내려 봐. 얼마나 다른지 보게
- B 이게 이렇게 다르잖아.
- C 이게 지금 3000, 4000 나온 거야?
- B 그럼 얘는 3000에서 4000 사이고 얘는 2000에서 3000밖에 안 나오니까 엄청난 차이가 있어

전통 방법에서는 데이터를 수집한 후에 그래프를 작성함으로써 마지막에 얻은 그래프만을 분석해야 할 결과로 인식하고, 얻어진 그래프 중에 스스로 판단하기에 예상한 결과를 더 잘 표현해 주는 그래프 선택을 위한 대화가 이루어지고 있다. 반면, MBL 방법에서는 데이터와 그래프를 동시에 얻음으로 인해서 데이터와 그래프를 동시에 분석할 결과로 인식하고 그래프의 선택보다는 각 데이터에 대한 더 구체적인 분석이 이루어지고 있으며, 그에 따른 대화가 더 활발하게 이루어짐을 알 수 있다.

2. 실험수행 과정에서의 언어적 상호작용

표 3을 살펴보면 전통과 MBL 방법에서 학생들의 언어적 상호작용은 두 방법 모두 다른 단계에 비해 실험수행 과정 단계에서의 시간과 대화 빈도가 높은 비중을 차지하고 있다. 이는 이 연구에서 실시한 실험의 특징이 결론을 얻기 위해 데이터를 수집하는 활동의 비중이 크기 때문인데, 실험수행 과정에서의 언어적 상호작용을 좀 더 자세히 살펴보기 위해 그림 1과 같이 실험준비, 기구조작, 측정, 관찰 및 설명, 자료변환으로 세분화하여 시간당 대화빈도를 살펴보았다.

그림 1에서 알 수 있듯이 두 방법 모두 실험준비 과정에서의 많은 상호작용이 나타났는데, 비디오 자료와 전사된 자료를 분석해 본 결과 전통과 MBL 방법 모두 실험을 하기 위해 실험 장치를 설치하고 시약을 만드는 실험 과정에서 많은 대화가 이루어짐을 알 수 있었다. 또한 측정에서와 달리 실험 준비와 기구 조작의 경우, MBL 방법이 전통 방법에 비해 많은 상호작용이 이루어짐을 알 수 있다. 이는 컴퓨터 보조 실험실습이 수고를 덜어주는 하지만 오히려 학습자가 경험할 수 있는 경험을 박탈하고 단순한 방관자로 격하시키고 있다는 Scaife와 Wellington (1993)의 견해와는 달리 MBL 방법도 전통 방법과 같이 실험을 준비하고, 기구를 조작하는 측면에서는 실험에 대한 더 많은 상호작용

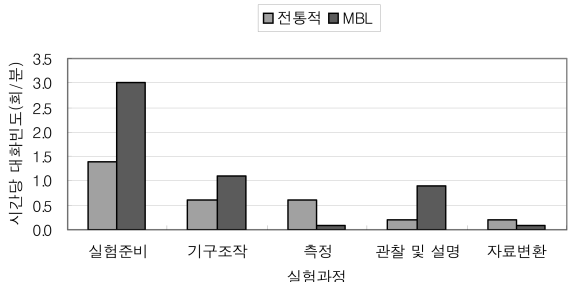


그림 1 실험수행 과정에서의 언어적 상호작용

용을 경험할 수 있다는 것을 의미한다.

실험 수행 과정에서 두 방법 간 언어적 상호작용수의 큰 차이를 보이는 것은 실험준비, 기구조작, 측정, 관찰 및 설명 과정이다.

각 진행단계의 언어적 상호작용 관계를 알아보기 위해 시간의 흐름에 따른 대화빈도를 표 4에서 살펴보면, MBL 방법은 실험을 시작하는 20분 동안 실험준비에 대한 대화가 많이 오고갔으며, 그 이후로는 실험이 끝날 때(80분)까지 꾸준히 대화가 진행되었고, 전통 방법의 경우 중간에 대화가 진행되지 않는 시간에는 기구에 대한 대화와 자료변환에 대한 대화가 이루어졌다. 측정에 대해서는 전통 방법의 대화 빈도가 MBL 방법에서보다 더 큰 비중을 차지하고 있었다. 이는 데이터 값을 불러주고 받아 적는 과정과 그래프를 그리기 위해 데이터를 입력하는 과정에서의 대화가 많은 전통 방법에 비해 MBL 방법의 경우 측정과 기록, 자료변환이 자동화되어 있으므로 이에 관련된 대화가 더 적음으로 인해 나타나는 현상이다.

그러나, 관찰 및 설명 과정에서는 MBL 방법의 시간당 대화 빈도가 전통 방법보다 4배 이상 더 많다. 표 4를 보면 MBL 방법의 경우 측정이 35분에 시작됨과 동시에 관찰 및 설명(40분)에 대한 상호작용이 실험수

행과정이 끝날 때까지(80분) 이루어짐을 알 수 있다. 이는 MBL 방법의 경우 데이터가 수집되는 동안 학생들이 데이터와 그래프의 변화 양상에 집중하여 실시간으로 관찰하고 토론하기에 용이하므로 대화가 더 많이 이루어지기 때문이다. 그러나 전통 방법에서는 데이터를 측정하기 위해 기구 조작과 데이터 기록을 서로 다른 학생들이 역할을 분담하여 실험을 진행하므로 측정(60분)과 함께 관찰 및 설명(60분)에 대한 대화가 시작되기는 하지만 중간에 대화의 흐름이 자주 끊어져 대화가 쉽지 않음을 알 수 있다.

3. 심층적 언어적 상호 작용 비교

표 5은 실험과정과 대화 유형에 따른 심층적 대화의 빈도를 나타낸 자료이다. 실험과정에 따른 심층적 대화 빈도는 전통 방법은 133회, MBL 방법은 217회로 MBL 방법에서 심층적 대화가 많이 나타나며, 전체 대화에서 심층적 대화가 차지하는 비율에서도 전통 방법은 21.4%(133/621), MBL 방법은 30.2%(217/718)로 MBL 방법에서 더 높게 나타났다.

특히 전통과 MBL 방법의 심층적 대화 빈도수의 차이가 실험수행과 분석 및 평가 과정에서 2배 이상 크게 나타났다. 또한, 전체 대화에서 심층적 대화가 차지

표 4 실험수행 과정에서의 시간에 따른 언어적 상호작용

수행과정	시간(분)	시간(분)														합계(%)
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	
실험준비	전통적	23	35	21	18	-	12	15	22	28	7	8	2	-	-	191/405(47.2)
	MBL	56	48	24	27	24	22	20	20	-	-	-	-	-	-	241/417(57.8)
측정	전통적	-	-	-	-	-	27	2	15	4	17	-	15	-	-	80/405(19.8)
	MBL	-	-	6	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9/417(2.2)
기구조작	전통적	-	-	3	27	31	5	5	-	-	2	1	6	-	-	80/405(19.8)
	MBL	-	6	23	47	1	11	-	-	-	-	-	-	-	-	88/417(21.2)
관찰 및 설명	전통적	-	-	-	-	-	5	-	1	-	5	-	2	-	7	20/405(4.9)
	MBL	-	-	-	7	18	5	25	13	-	-	-	-	-	-	68/417(16.3)
자료변환	전통적	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	16	34/405(8.4)
	MBL	-	7	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11/417(2.6)

표 5 실험 과정과 대화 유형에 따른 심층적 대화 빈도

	예상 및 설계					실험수행					분석 및 평가					합계(%)
	질문	설명	의견	평가	합계(%)	질문	설명	의견	평가	합계(%)	질문	설명	의견	평가	합계(%)	
전통	15	30	7	0	52/124(41.9)	9	12	18	1	40/405(9.9)	3	16	16	6	41/92(44.6)	133/621(21.4)
MBL	12	18	6	0	36/80(45.0)	31	17	33	10	91/417(21.8)	32	20	32	6	91/221(43.1)	217/718(30.2)

하는 비율에서 MBL의 실험수행 과정(22%)에서는 전통 방법의 실험수행 과정(10%)보다 2배 이상 비율이 높았다. 즉, 상호작용 수준의 차이는 MBL 방법이 전통 방법보다 실험수행 과정의 대화수와 대화 비율에서 각각 2배 이상 심층적 접근을 나타내었다. MBL의 경우에는 실험이 진행되는 과정에서 곧바로 그래프를 통해 결과를 확인할 수 있으므로 두 실험 간의 자료를 동시에 비교하거나, 실험과정의 오류를 발견할 수 있었다. 따라서 실험에 대해 비판적인 사고를 하게 되고 그에 대한 원인에 대해 생각해 봄으로써 좀 더 심도 있는 논의가 이루어졌다. 전통과 MBL 방법의 실험수행 과정에서 나타나는 학생들의 대화의 예는 다음과 같다.

<전통 방법>

(데이터 수집 과정의 대화)

- B 0.43이야. eS
- B 조금씩 떨어뜨려 sS
- B 잘 잡고 있어 sS
- A 자 지금 적어. sS
- B 0.33 eS
- A 됐어 eS
- B 0.3 eS
- A 됐다. eS
- B 0.28 eS

(데이터 변환 과정의 대화)

- B 45, 44 eS
- C 더 크게 불러줘 sS
- B 43, 42, 40, 38, 36, 33, 32, 24, 22, 20, 19, 17, 17, 18, 19 eS
- C 다해야 이거 34야? qS
- B 어 eS

<MBL 방법>

- A 왜 수산화나트륨이 전기전도도가 더 높지? 이게 단지 평균 값인가? qD
- B 이온의 종류에 따라 다르지 않을까? 염산이 더 전기전도도가 높았어. sD
- A 아 이게 염산이구나. eS
- C 수산화이온보다는 단양자가 높을 거 같아. sD
- B 좋다. 이제 25에서만 꺾이면 되는데 vS
- C 이게 아까랑 다르게 변해서 달라졌다. vD
- ※ q는 질문하기, e는 설명하기, s는 의견제시, v는 평가하기이며, S는 피상적, D는 심층적 접근을 의미한다.

위의 대화를 살펴보면 전통 방법에서는 자료를 불러 주고 받아 적는 자료수집과 수집된 자료변환을 위하여 실험수행 중에 피상적 대화를 많이 주고받는다. MBL 방법의 경우에는 학생들이 한번 실험 장치를 설치해 놓으면 학생들이 데이터를 측정하거나 기록을 하지 않아도 되므로 데이터에 집중할 수 있고 그래프로 결과를 바로 확인하여 이온의 종류에 따른 전도도의 차이

등에 대한 심층적 수준의 대화를 주고받는다.

실제 MBL 방법을 실시한 학생들도 이러한 빠른 피드백에 대한 MBL의 효과를 인지하고 있었는데 다음은 인터뷰를 한 대화 내용을 재구성한 것이다.

실험이 편리하게 측정할 수 있고 놓칠 수 있고 눈대중으로 측정할 수 있는 값들도 컴퓨터가 측정해주기 때문에 측정값을 정확하게 측정할 수 있었어요. 처음부터 오차가 나는지 실험을 잘 하고 있는지 바로 바로 알 수 있어요. 전통적 실험은 측정을 하고 그래프로 그린 다음에 오차에 대해서 생각할 수 있잖아요. MBL은 실험이 잘못되었으면 바로 실험을 다시 시작할 수 있어서 시간이 단축되는 거 같아요. 그냥 측정값으로 결과를 확인하는 것보다 그래프로 보는 것이 눈에 확 들어와서 이해하기도 쉬워요.

유형별 상호작용을 살펴보면, 전반적으로 두 실험 모두 질문하기, 설명하기와 의견제시의 비중이 고루 높은 것을 알 수 있는데 이는 대부분의 상호작용이 학생들의 대화가 일반적으로 한 학생이 질문을 하면, 다른 학생이 그에 대해 대답과 설명을 하게 되고 때에 따라 자신의 의견을 제시하는 형태로 이루어지기 때문인데 성숙경(2005)과 이화정(2004) 등의 탐구실험에서의 상호작용 연구에서도 질문과 그에 따른 설명, 의견제시의 형태로 학생들의 상호작용이 많이 이루어짐을 알 수 있다. 두 실험 모두에서 심층적 대화가 2배 이상 차이가 나는 부분은 실험수행의 평가 유형과 분석 및 평가에서의 질문 유형이다. 특히 실험수행의 평가 유형에서 큰 차이가 나는 이유는 전통 방법의 경우 자료의 측정과 기록에 시간을 소모하고 대부분의 대화가 이루어지지만, MBL 방법은 즉각적으로 가시화된 그래프에 대한 평가가 이루어지기 때문이다.

IV. 결론 및 제언

주어진 탐구 과정을 따라 하는 전통적 탐구 방법이 대부분 데이터 수집에 많은 시간을 소모하고(Friedler et al., 1990), 교실수업에서 배운 지식을 확인해 보는 정도에 그쳐(Gangoli, 1995), 문제 해결력과 과학적 탐구 방법의 교육에 있어 비효과적이므로 현재 열린 탐구, 협동 학습 등에 관한 연구뿐 아니라 자료수집 과정의 자동화에 관련된 연구와 탐구 실험 개발에 관한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 자료수집이 큰 비중을 차지하는 산-염기 적정 실험에 전도도 측정 센서를 사용하여 자료수집 과정을 자동화한 MBL 방법을 개발하고, 전통 방법과 비교하여 그 효과를 알아보고자 하였다.

산-염기 적정 실험에서 MBL과 전통 방법의 실험 소비 시간과 학생-학생 언어적 상호작용을 비교분석하여 산-염기 적정 실험에서의 MBL의 효과를 알아보았다. 전통 방법의 실험 소비 시간(3시간 30분)은 MBL의 소비 시간(2시간 20분)에 비해 1시간 이상 길었으며, 대부분 실험수행 과정에서 나타났다. 학생들의 언어적 상호작용은 두 방법 모두 실험수행 과정에서의 대화 빈도가 높은 비중을 차지하고 있는데 특히 MBL 실험의 경우, 실험수행 과정 중 관찰 및 설명에 대한 대화빈도가 전통 방법에 비해 4배 이상 더 높게 나타났다. 이는 실험 진행 시 자신의 역할을 수행하기에 바쁜 전통 방법에 비하여 MBL의 경우, 단순한 실험조작이 없는 대신에 현상을 관찰하거나 설명하려는 시도가 나타나고 있음을 알 수 있었다. Chin와 Brown(2000)의 틀을 참고로 분석한 언어적 상호작용 수준의 차이는 MBL 수행 과정에서는 전통 방법의 실험수행 과정보다 대화수와 대화 비율에서 각각 2배 이상 심층적 접근을 나타내었다. 즉, 산-염기 적정 실험에서 MBL 방법이 전통 방법에 비해 실험시간이나 심층적 수준의 상호작용 측면에서 더 효율적임을 알 수 있었다.

대부분의 MBL에 관한 연구는 학생이 주어진 탐구 과정을 따라 하는 전통적 탐구 방법에서 MBL을 활용함으로써 자료수집과 자료변환 과정이 자동적으로 처리되는 실험에서의 MBL의 교육적 효과나 새로운 MBL 실험의 개발에 관한 내용이 주를 이루었다. 이 연구 내용은 자동화된 MBL 실험이 단순히 실험시간을 줄이거나, 개념 이해정도, 흥미도를 높이는 차원에서 벗어나, 실험수행 중의 효과적인 상호작용을 일으키는 심층적 대화나 탐구의 중심이라 할 수 있는 관찰과 설명에 관련한 언어적 상호작용에 미치는 효과에 대한 분석이었다.

앞으로는 자료수집이 주가 되는 정량적인 실험에서 뿐만 아니라, 정성적인 실험이나 더 나아가 열린 탐구에서의 MBL 적용과 MBL 실험에서의 좀 더 효율적인 상호작용이 나타나게 할 수 있는 방안에 대한 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

국문 요약

본 연구의 목적은 산-염기 적정 실험에서 MBL 방법과 전통 방법에서 실험 소요 시간과 학생-학생 언어적 상호작용을 비교·분석하여 MBL 방법이 실험수행 과정에 미치는 영향을 알아보는 것이다. MBL 실험 방법은 염산과 수산화나트륨의 중화 반응에서 전도도 센서를 사용하였고, 전통 실험 방법은 전류계를 이용하여

전도도 변화를 측정하였다. 전통 방법의 실험 소요 시간은 MBL의 소요 시간에 비해 1시간 이상 더 길었으며, 이러한 시간의 차이는 대부분 실험 수행 과정에서 나타났다. 두 방법의 학생-학생 언어적 상호작용의 차이도 실험수행 과정에서 크게 나타났고, MBL 방법에서는 전통 방법보다 심층적 대화수와 심층적 대화 비율이 각각 2배 이상 차이를 보였다.

참고 문헌

- 강석진, 전경문, 성을선, 노태희(2001). 효과적인 토론학습을 위한 소집단 구조 연구: 소집단 구성방법과 인지적 역할 부여의 효과. *교과교육관련 자유연구*, 한국교원대학교 부설 교과교육공동연구소, 1738-1837.
- 김형수, 권재술(1995). 국민학교 아동들의 속력 개념 형성에서 컴퓨터 인터페이스의 활용 효과. *한국과학교육학회지*, 15(2), 164-172.
- 김혜심, 이은경, 강성주(2006). 실생활 소재 탐구 실험 형태에 따른 학생-학생 언어적 상호작용에서의 학습 접근 수준 분석. *한국과학교육학회지*, 26(1), 16-24.
- 박금홍, 구양삼, 최병순, 신애경, 이국행, 고석범(2005). 중학생들의 끊는점 학습에서 컴퓨터를 기반으로 하는 실험수업의 효과. *한국과학교육학회지*, 25(7), 867-872.
- 성숙경(2005). 사회적 상호작용을 강조한 과학탐구실험에서 언어적 상호작용의 변화와 특성. *한국교원대학교 박사학위 논문*.
- 이항미(2002). 고등학생의 역학적 에너지 보존 학습에서 컴퓨터를 기반으로 하는 상호작용적 시범실험의 효과. *한국교원대학교 석사학위논문*.
- 이화정(2004). 문제 해결을 강조한 일반화학 실험의 효과 및 학생들의 참여 태도 변화와 상호작용 수준 분석. *한국교원대학교 석사학위 논문*.
- 임희준, 노태희(2001). 이질적으로 구성된 소집단 협동학습에서의 언어적 상호작용. *한국과학교육학회지*, 21(4), 668-676.
- Adams, D. D., & Shrun, 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.
- Caniglia, J. (1997). The heat is on!. *Learning and Leading with Technology*, 25, 22-27.
- 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.
- Choi, M. M. F., Wong, P. S., Yiu, T. P., & Case, M. (2002). Application of a datalogger in observing photosynthesis. *Journal of Chemical Education*, 79, 980-981.
- 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 effectiveness of a guided open-ended approach to physics experiments. *International Journal of Science Education*, 17(2), 233-241.

Ittelson, J. C., & Moriarty, P. J. (1986). Science Education and Interactive Technology. 1-61. ED 269 233.

Lapp, D. A., & Cyrus, V. F. (2000). Using data-collection devices to enhance students' understanding. *Mathematics Teacher*, 93, 504-511.

Linn, M. C., & Songer, N. B. (1991). Teaching thermodynamics to middle school students: What are appropriate cognitive demands? *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 885-918.

Mokros, J. R., & Tinker, R. (1987). The impact of microcomputer-based science labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(5), 369-383.

Russell, W. D., Lucas B., K. & McRobbie, C. J. (2004). The role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understanding in thermal physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(2), 165-185.

Scaife, J., & Wellington, P. (1993). Information technology in science and technology education, Milton Keynes: Open University Press. [황성원 역(2000). 과학 실험실습주장과 비판, 서울: 시그마플러스.]에서 재인용.

Tamir, P. (1977). How are the laboratories used? *Journal of Research in Science Teaching*, 14(3), 311-316.