

중학교 과학수업에서 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업의 효과

노태희 · 차정호 · 김창민 · 최용남
(서울대학교)

The Effect of Computer-Assisted Instruction Using Molecular-Level Animation in Middle School Science Class

Noh, Taehee · Cha, Jeongho · Kim, Changmin · Choi, Yongnam
(Seoul National University)

ABSTRACT

The effects of computer-assisted instruction (CAI) using molecular-level animation upon students' conceptions, attitudes toward science instruction, and learning motivation were investigated. Treatment and control groups (2 classes) were selected from a girls middle school in Seoul, and taught about the motion of molecule for 5 class hours. Before instruction, the short-version Group Assessment of Logical Thinking (GALT) and the Patterns of Adaptive Survey were administered, and the grade for the previous science course was obtained. The GALT score was used as a blocking variable, and the others as covariates. After the instructions, the researcher-made conceptions test, the test of attitudes toward science instruction, and the motivation questionnaire were administered. The perception questionnaire of CAI was also administered to the treatment group.

Although more students in the CAI group had sound understanding about the motion of molecule, the scores of the conceptions test for the two groups were not significantly different at .05 level of significance. The students in the CAI group, however, were found to have more positive attitudes toward science instruction and learning motivation. In the perception questionnaire of CAI, most students in the treatment group exhibited positive attitudes toward the CAI. However, some students mentioned that they were disturbed by noisy environments, and that they could not understand some content presented. Educational implications are discussed.

Key words : CAI (computer-assisted instruction), particulate nature of matter, motion of molecule, concept understanding, attitudes toward science instruction, learning motivation.

*1997년 11월 18일 받음.

I. 서론

오늘날 컴퓨터는 비약적으로 발전을 거듭하여 교육 분야에서 다각적으로 활용되고 있다(이칭찬, 1996). 일선 교육 현장에서도 컴퓨터는 학교 및 학급 운영뿐만 아니라 컴퓨터를 수업 매체로 활용하는 컴퓨터 보조수업(computer-assisted instruction, CAI)이나 교수-학습 자료의 교환 등 교사의 학습 지도 내용과 방법을 개선하기 위해서 다양하게 활용될 수 있다(Collette & Chiappetta, 1989). 최근에는 각급 학교에 고성능 멀티미디어 컴퓨터가 대량 보급됨에 따라 컴퓨터의 활용에 대한 관심이 그 어느 때보다도 증가하고 있다.

이러한 지원과 관심과는 달리 컴퓨터의 교수-학습 효과에 대한 연구 결과는 CAI가 전통적인 교수 방법보다 효과적이라고 주장할 만큼 일관적이지 못하다(Clark, 1983). CAI 연구에 대한 메타분석 결과, CAI는 대학생들의 학업 성취 및 수업에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미치는 반면(Kulik, Kulik, & Cohen, 1980), 중등 학생의 학업 성취에는 효과적이지 않다(Kulik, Schwalb, & Kulik, 1982)고 조사되었다. 이처럼 CAI는 다른 교수 방법에 비하여 효과가 있으나 프로그램의 유형, 교과목 등에 따라 효과가 다르게 나타난다고 보고되었다(Roblyer, Castine, & King, 1988). 과학 교과에서도 CAI의 effect size는 0.13부터 0.82까지 다양하게 보고 되는데(Berger, Lu, Belzer & Voss, 1994), 국내에서는 과학 교과에 대한 CAI 연구가 매우 제한적으로 진행(김재현, 홍섭표, 장권수, 1990; 송상호, 1993; 심재규, 1997; 이창훈, 1996)된 실정임으로 이 분야에 대한 활발한 연구가 필요하다.

CAI와 학습자 특성과의 상호작용에 관한 연구에서도 상반된 결과가 나타나고 있다. CAI가 학습 능력이 낮은 학생이나 구체적 조작기 학생에게 특히 효과적이라는 연구도 있으나(Cavin & Lagowski, 1978; Kulik, Bangert, & Williams, 1983), 양일호와 정진우(1991)의 연구에서는 학습자의 논리적 사고력 수준과 수업 처치 사이에 상호작용 효과가 없었으며, Wainwright(1989)는 CAI의 교수 효과가 학습자의 인지 수준과 무관하다고 보고하였다.

한편, 화학 교과에서는 원자, 분자와 같은 입자의 행동을 이해하는데 어려움이 많아 이에 관한 학생들의 오개념이 많이 나타나고 있는데(노태희, 전경문, 김혜경, 1996; Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994; Haidar & Abraham, 1991), 이러한 오개념을 교정하기

위한 방안으로 물질의 입자성(particulate nature of matter)을 강조한 정적인 시각 자료의 효과가 보고되고 있다(노태희와 전경문, 1997; Gabel, 1993; Noh & Scharmann, 1997). 그러나, 이러한 시각 자료는 입자의 정적인 상태만을 묘사하고 동적인 본성을 제대로 제시하지 못하기 때문에 입자의 운동을 묘사하는데 한계가 있다(Williamson & Abraham, 1995). 이에 반해 컴퓨터는 삼차원 그래픽 및 애니메이션 등을 활용하여 원자 및 분자의 운동성을 자세히 묘사할 수 있기 때문에 입자 개념 학습에 보다 유용할 것으로 기대된다. 이에 본 연구에서는 입자의 동적인 본성에 대한 이해가 강조되는 중학교 2학년 과학의 '분자와 운동' 단원에 대하여 입자수준(molecular-level)의 애니메이션을 이용한 CAI 프로그램을 개발·적용하여 그 효과를 분석하고자 한다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업이 학습자의 개념 이해도에 미치는 효과가 있는가?
- 2) 컴퓨터 보조수업 집단과 전통적 수업 집단 학생들의 오개념 유형에 차이가 있는가?
- 3) 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업이 학습자의 과학 수업에 대한 태도와 학습동기에 미치는 효과가 있는가?
- 4) 개념 이해도 측면에서 학습자의 논리적 사고력 수준과 수업 처치 사이에 상호작용 효과가 있는가?
- 5) 과학 수업에 대한 태도와 학습동기 측면에서 학습자의 논리적 사고력 수준과 수업 처치 사이에 상호작용 효과가 있는가?
- 6) 컴퓨터 보조수업 집단 학생들의 컴퓨터 보조수업에 대한 인식은 어떠한가?

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구에서는 중학교 2학년 과학의 '원자와 분자' 단원 중 입자의 동적인 성질을 주로 다루고 있는 '분자 운동' 단원에 대하여 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업을 실시하여, 그 교수 효과를 전통적 수업과 비교하였다.

2. 연구 방법

1) 연구 대상 및 시기

본 연구의 대상은 서울시에 위치한 여자 중학교 2학년 학생 84명으로, 과학 수업 시간대가 비슷한 두 학급을 컴퓨터 보조수업 집단과 전통적 수업 집단으로 선정하였다. 사전에 조사한 학생들의 논리적 사고력 수준에 따른 각 집단별 학생 수는 Table 1과 같다.

Table 1 Frequency distributions of students' logical reasoning ability in the control and treatment groups

	Control group	Treatment group
Concrete	15	14
Transitional	18	19
Formal	9	9
Total	42	42

수업 처치는 중학교 2학년 과학 교육과정에서 '분자의 운동' 단원을 학습하는 5월 말에서 6월 초 사이에 총 5차시에 걸쳐 실시하였다.

2) 연구 절차

수업 처치 전에 각 집단에 대하여 논리적 사고력 검사와 사전 학습동기 검사를 실시한 후, 처치 집단 학생들이 컴퓨터 사용에 익숙해지도록 하기 위해 컴퓨터의 각 부분에 대한 설명과 마우스 조작에 관한 연습 프로그램으로 1차시 동안 연습 수업을 실시하였다. 두 집단에 전통적 수업과 컴퓨터 보조수업을 각각 실시한 후 개념 검사, 과학 수업에 대한 태도 검사 및 사후 학습동기 검사를 실시하였고, 처치 집단을 대상으로 CAI에 대한 인식을 조사하였다.

3) CAI 프로그램의 개발

본 연구에서 사용한 CAI 프로그램의 개발은 교수체제 개발 모델에 기초하고, 컴퓨터라는 매체의 특성을 가미하여 만들어진 Alessi와 Trollip(1985)의 8단계 코스웨어 개발 모델에 기초하였으며, 총 6차시(컴퓨터 사용에 익숙해지기 위한 연습용 프로그램 1차시, 본 차시용 프로그램 5차시)로 구성되어 있다. 수업 처치에 사용한 프로그램의 전체적인 내용 구조를 부록 1에 제시하였다. 프로그램 환경은 Windows 3.1/95에서 640×480의 해상도에 256 컬러로 지정하였으며, 수업 상황에서의 혼잡을 피하기 위해 음향 효과는 사용하지 않았다.

프로그램은 매 차시마다 입자수준의 애니메이션을 이용하여 분자 운동을 설명하였고, 잉크와 과방간산칼륨의 확산 실험은 비디오로 촬영하여 비디오 클립으로 제시하였으며, 마우스를 이용한 간단한 조작을 통해 교과서에 제시된 시범실험을 모의실험이나 비디오의 형태로 제시하였다. 또한, 교사가 학습자의 학습 속도를 적절하게 통제하기 위해 프로그램 중간에 비밀번호를 입력해야 다음 학습을 진행할 수 있도록 하였다.

연습용 프로그램은 비교적 저작이 간단한 Multimedia Toolbook 3.0을, 본 차시용 프로그램은 애니메이션 구현에 적절한 Director 5.0을 이용하였다. 개발한 프로그램은 수업 처치에 앞서 다른 학급을 대상으로 예비 수업을 실시하여 발견된 문제점을 수정·보완하였다. 1차시 프로그램에서 영화암모늄 생성 실험에 대한 이론적 설명 후 입자수준의 애니메이션을 이용하여 설명하는 부분을 부록 2에 제시하였다.

4) 수업 처치

컴퓨터 보조수업 집단은 연구자가 직접 개발한 프로그램을 이용하여 컴퓨터 한 대 당 두 명의 학생이 학습하였으며, 내용에 따라 입자수준의 애니메이션을 이용한 CAI 프로그램을 이용한 수업과 교사의 수업을 조절하였다.

반면 전통적 수업에서는 컴퓨터 보조수업 집단과 수업 계열은 동일하게 하되 교과서에 있는 입자수준의 그림을 이용하여 설명하고, 처치 집단에서 비디오로 제시되는 실험 및 모의실험은 직접 실험하거나 교사가 시범 실험을 하였다. 두 집단의 수업은 10년 경력의 교사가 실시하였으며, 연구자가 수업을 참관하여 수업 진행 상황을 확인하였다. 두 집단의 교수-학습 과정의 예를 부록 3에 제시하였다.

5) 검사 도구

본 연구에서는 사전 검사로 논리적 사고력 검사, 사전 학습동기 검사를 실시하였고, 사후 검사로 개념 검사, 과학 수업에 대한 태도 검사, 사후 학습동기 검사를 실시하였다.

논리적 사고력 검사는 12문항으로 구성된 축소본 Group Assessment of Logical Thinking(Roadrangka, Yeany, & Padilla, 1983)을 이용하였다. 이 검사지의 내적 일치도 계수는 .60 이상으로 보고되었으며(Bunce & Hutchinson, 1993), 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .64였다. 사전 학습동기 검사는 과

학 수업과 관련된 자신감, 기대, 인식, 전략 등 8개 범주 33개의 리커트식 문항으로 구성되어 있으며 내적 신뢰도 계수가 평균 .75로 보고된 PALS(Patterns of Adaptive Learning Survey; Anderman & Young, 1994) 중에서 학습 전략에 관한 12문항을 크론바하 α 로 제외한 21문항만을 사용하였다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .81이었다.

개념 검사는 처치 기간 동안 학습한 분자 운동과 확산, 세 가지 상태와 운동, 분자 운동과 압력, 압력과 부피, 온도와 부피에 대해 각 1문항씩 총 5문항으로 구성하였다. 분자 운동과 확산, 온도와 부피 관련 문항은 Noh와 Scharmann(1997)의 Chemistry Problem Solving Test를 변형하여 사용하였고, 세 가지 상태와 운동, 분자 운동과 압력 관련 문항은 Noh와 Scharmann(1997)의 CCT(Chemistry Concept Test)의 문항을 사용하였으며, 압력과 부피 관련 문항은 연구자가 개발하였다. 각 문항은 문제의 답을 입학수준의 그림으로 표현하고 그에 대한 설명을 쓰도록 되어 있으며, 과학 교육 전문가 3인으로부터 검사의 안면 타당도를 검증받았다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .65였다. 과학 수업에 대한 태도 검사는 Fraser(1981)의 TOSRA (Test of Science-Related Attitudes) 중에서 '과학 수업의 즐거움' 범주에 해당하는 10문항으로 구성하였다. 검사 실시 후 크론바하 α 로 구한 본 검사의 신뢰도는 .86이었다. 사후 학습동기 검사는 Keller의 ARCS(attention, relevance, confidence, satisfaction)이론에 근거하여 주의, 관련성, 자신감, 만족감의 네 가지 하위 범주에 대하여 5단계 리커트 척도로 학습동기를 측정하고 있는 IMMS(Instructional Materials Motivation Scale; Keller, 1983)에서 하위 범주별로 5문항씩 총 20 문항으로 구성하였다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 검사의 신뢰도는 .90이었다.

이밖에 CAI에 대한 인식 검사는 CAI 집단 학생들의 수업에 대한 인식을 조사하기 위하여 수업에 대하여 느낀 점을 주관식으로 적도록 하였다.

6) 분석 방법

본 연구의 종속 변인은 개념 검사 점수, 그리고 과학 수업에 대한 태도 검사 및 학습동기 검사 점수이다. 이들 종속 변인에 대하여 컴퓨터 보조수업의 수업 처치 효과 및 학습자의 논리적 사고력 수준과의 상호작용 효과를 살펴보기 위하여 2×3 요인 방안을 통한 이원 공변량 분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 개념 검사 점수

는 중간고사 과학 과목 점수를, 과학 수업에 대한 태도 검사 및 사후 학습동기 검사 점수는 사전 학습동기 검사 점수를 공변인으로 사용하였다.

개념 검사 점수를 정량화하기 위하여 대상 개념 5개에 대하여 각각 4개의 하위 목표 개념을 설정하고, 학생들의 개념을 6단계의 점수 체계(노태희, 전경문, 김혜경, 1996)로 나누어 점수화 하였다. 연구자 주관에 의한 편향을 줄이기 위하여 임의로 선택한 학생의 응답을 2인의 분석자가 각각 채점하였으며, 최종적으로 구한 분석자간 일치도는 .92였다.

III. 결과 및 논의

1. 공변인과 종속변인 사이의 상관관계

중간고사 과학 과목 점수, 개념 검사, 사전 학습동기 검사, 과학 수업에 대한 태도 검사, 사후 학습동기 검사 점수 사이의 상관을 Table 2에 제시하였다. 이 중 공변인과 종속변인에 해당하는 중간고사 과학 과목 점수와 개념 검사, 사전 학습동기 검사와 과학 수업에 대한 태도 검사, 사전 학습동기 검사와 사후 학습동기 검사 점수 사이에는 모두 .50 이상의 유의미한 상관이 있었다 ($p < .01$).

Table 2 Correlation coefficients among variables

	1	2	3	4	5
1. Achievement	1.00				
2. CCT	.53**	1.00			
3. PALS	.42**	.27*	1.00		
4. IMMS	.34**	.31**	.63**	1.00	
5. TOSRA	.28*	.22*	.68**	.72**	1.00

* $p < .05$, ** $p < .01$.

2. 개념 이해도에 미치는 효과 분석

개념 이해도 검사 점수의 각 집단별 교정 평균을 Table 3에 제시하였다. 분자 운동과 확산, 세 가지 상태와 운동, 압력과 부피 문항에서는 처치 집단의 점수가 높았으며, 분자 운동과 압력, 온도와 부피 문항에서는 통제 집단의 점수가 높았다. 전체 점수는 처치 집단의 점수가 높았으나 이원 공변량 분석 결과 두 집단의 개념 이해도에는 유의미한 차이가 없었고($F=0.72$,

MS=5.46, $p=.40$), 수업 처치와 논리적 사고력 수준 사이의 상호작용 효과도 없었다($F=0.40$, MS=3.00, $p=.67$). 이와 같은 결과는 컴퓨터 보조수업과 전통적 수업이 학생들의 개념 이해도에 미치는 영향에 차이가

없음을 나타낸다.

3. 오개념 빈도

개념 검사에 대한 학생들의 응답을 분석하여 오개념

Table 3 Adjusted means of the conceptions test

	Adj. M. (SD)	
	Control	Treatment
Molecular motion and diffusion(3)	1.71(0.94)	1.93(1.03)
States of matter(3)	1.93(0.64)	2.07(0.84)
Molecular motion and pressure(3)	1.15(1.12)	1.05(1.13)
Pressure and volume(3)	1.45(1.04)	1.85(1.00)
Temperature and volume(3)	1.22(1.12)	1.16(0.93)
Total(15)	7.47(3.33)	8.10(3.05)

Table 4 Students' misconceptions

Problem	Misconceptions	Control	Treatment
Molecular motion and diffusion	Chemical changes	17	12
	Not uniformly distributed	7	4
	Since flask is opened, molecules move faster	7	0
	Number changes	0	6
	Size changes	1	1
States of matter	Number changes	8	19
	Size changes	17	3
	Distribution		
	-completely attached	9	2
	-distance between molecules is the same	7	0
	No motion in solid state	12	7
Temperature and volume	Distribution		
	-only inside of balloon	10	21
	-not uniformly distributed before heated	5	9
	-only inside of flask	5	3
	-others	3	5
	State of motion		
	-faster	0	2
	-no changes	2	4
	-fixed inside of balloon	1	0
	-simple moving	6	2
	-others	5	0
	Number changes	5	3
	Size changes	1	0

빈도를 조사하였다. 전체 5개 문항 중 두 집단간의 오개념 빈도의 차이가 많이 나타난 '분자 운동과 확산', '세 가지 상태와 운동', '온도와 부피' 문항의 오개념 빈도를 Table 4에 제시하였다.

'분자 운동과 확산' 개념에서는 두 집단 모두 확산 후 산소와 수소가 혼합한 상태를 그림으로 나타낸 학생이 많았는데, 이것은 떨어져 있던 두 물질은 일단 결합한다는 오개념으로(노태희, 임희준, 우규환, 1995) 교과서의 삽화와 프로그램의 애니메이션으로 각기 제시되었던 염화수소 기체와 암모니아 기체의 확산 실험에서 염화암모늄이 생성되었던 영상이 영향을 미친 것으로 파악된다. 또한, 통제 집단의 경우 마개를 열었기 때문에 운동이 활발해졌다는 응답이 많았고, 그림을 그릴 때 입자 수를 적게 그린 학생은 처치 집단이 더 많았다.

'세 가지 상태와 운동' 문항에서는 통제 집단의 경우 처치 집단에 비해 입자의 모양 및 크기 변화, 운동 상태, 배열 상태 등에 대한 오개념이 많았다. 그러나, 처치 집단에서는 입자 수 변화에 관한 오개념으로 입자의 모양과 크기를 유지하면서 입자 수를 적게 그린 학생들이 많았는데, 이는 상태 변화시 입자의 특성에 관한 보존 개념은 보유하고 있으나 계(system)에 대한 개념이 없기 때문에 상태 변화에 따른 입자들의 배열에 주의를 기울이는 과정에서 입자 수 보존을 고려하지 못했기 때문인 것으로 해석된다.

'온도와 부피' 문항에서는 두 집단 모두 분포 상태에 대한 오개념이 가장 많았는데, 그 중에서도 입자를 풍선 안에만 그린 학생이 가장 많았다. 이것은 가열 결과 기체가 풍선으로 완전히 이동한다는 오개념(노태희, 임희준, 우규환, 1995)으로, CAI 집단이 더 많았던 것은 CAI 프로그램에서 애니메이션으로 제시한 화면 중 입자의 움직임을 풍선 내부로 제한시켜 묘사한 것의 영향

이라 생각된다. 반면, 분자의 운동성에 대한 오개념은 처치 집단이 적었다.

오개념 빈도 분석 결과, 전반적으로 처치 집단 학생들이 분자의 운동성과 배열에 대한 오개념이 적은 반면, 닫힌 계에서 입자의 수적 보존에 대한 오개념은 오히려 많았고, 부분적으로 입자의 분포에 대한 오개념도 많은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 오개념 빈도에서 차이가 많이 났던 '분자 운동과 확산', '세 가지 상태와 운동' 문항의 정량적인 점수 비교에서 처치 집단이 조금 높은 것과 유사한 경향을 보인다. 또한, CAI 프로그램에서 제시한 애니메이션이 분자의 운동성이나 배열 상태에 대한 개념 이해에는 효과적이었던 반면, 계의 수적 보존에는 효과적이지 못했으며 현상을 단순화하여 묘사한 애니메이션은 오히려 오개념의 원인이 될 수도 있음을 보여준다.

4. 과학 수업에 대한 태도 및 학습동기에 미치는 효과 분석

과학 수업에 대한 태도 검사 및 학습동기 검사의 교정 평균과 이원 공변량 분석 결과를 Table 5에 제시하였다. 과학 수업에 대한 태도 검사 점수의 이원 공변량 분석에서 두 집단간에 유의미한 차이가 있었으며($p < .01$), 수업 처치와 논리적 사고력 수준 사이의 상호작용 효과는 없었다. 이는 컴퓨터 보조수업이 학생들의 논리적 사고력 수준과 무관하게 과학 수업에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미침을 의미한다.

학습동기 검사에서도 전체 영역 및 주의, 자신감, 만족감 영역에서 두 집단간에 .01 수준에서 유의미한 차이가 있었고, 관련성 영역에서는 .05 수준에서 유의미한 차이가 있었다. 수업 처치와 논리적 사고력 수준 사이의

Table 5 Adjusted means and standard deviations of TOSRA and IMMS and results of analysis of covariance

	Adj. M. (SD)		F
	Control	Treatment	
TOSRA	2.63(.65)	3.01(.67)	13.65**
IMMS	2.57(.62)	3.10(.57)	31.59**
Attention	2.52(.73)	3.67(.83)	29.08**
Relevance	2.93(.67)	3.18(.48)	4.46*
Confidence	2.29(.71)	2.79(.71)	13.01**
Satisfaction	2.53(.81)	3.03(.66)	14.39**

* $p < .05$, ** $p < .01$.

상호작용 효과는 없었다. 이러한 결과는 컴퓨터 보조수업이 학생들의 논리적 사고력 수준에 관계없이 학습자의 학습동기에 긍정적인 영향을 미쳤음을 의미하며, 이는 양일호와 정진우(1991)의 연구 결과와 일치한다.

5. 컴퓨터 보조수업에 대한 인식 분석

처치 집단을 대상으로 실시한 컴퓨터 보조수업에 대한 인식 분석 결과, 대부분의 학생이 긍정적으로 응답하였다. 분석 결과, 대부분의 학생들이 컴퓨터를 이용한 수업의 흥미도, 수업의 난이도, 수업 분위기, 이전 수업 방식과의 비교, 앞으로의 희망 등에 대하여 기술하였는데, 이를 분류해보면 단순히 좋았다는 응답이 가장 많았고(27명), 좋았지만 수업 분위기가 어수선하다는 학생이 2명, 내용이 어려워 이해가 안가는 부분이 있었다는 학생이 5명, 어수선하고 이해가 잘 안 된다는 학생이 2명이었다. 컴퓨터로 수업하는 것보다 자신이 직접 실험하는 것이 더 좋다는 응답도 있었다(4명).

이와 같이 전반적으로 학생들이 컴퓨터 보조수업에 대해 긍정적으로 인식한 것은 처치 후 이들의 과학수업에 대한 태도와 학습동기가 통제 집단보다 긍정적이었던 결과와 일치하며, 지적된 어수선한 수업 분위기나 학습 내용의 난이도가 개념 이해에 있어 통제 집단과 유의미한 차이가 없었던 원인일 수 있음을 시사한다. 학생들이 학습 내용을 어렵게 느낀 이유로는 선행 연구(Jegede, Okebukola, & Ajewole, 1991)에서 제시된 것처럼 학생들이 컴퓨터에서 제시되는 개념을 포착하는데 아직 익숙하지 않았던 점을 들 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중학교 2학년 여학생들을 대상으로 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업을 실시하여 인지적, 정의적 영역에서 효과를 조사하였다. 인지적 영역인 개념 이해도에서는 전통적 수업과 차이가 없었다. 오개념 유형 분석 결과에서는 CAI 집단 학생들의 입자의 동적인 본성에 대한 오개념이 전통적 학습 집단에 비해 적었는데, 매 차시마다 컴퓨터 화면에 제시된 입자수준의 애니메이션이 교과서에 제시된 정적인 삽화에 비해 분자의 운동성을 이해하는 데에 보다 효과적임을 알 수 있다. 또한, 상태별 입자의 배열이나 모양의 유지에 대한 개념도 확고한 반면, 입자 수의 보존에 대한 오개념이 많이 나타났다. 애니메이션으로 제시한 것과

유사한 개념 문제에 대하여 애니메이션으로 본 화면에 대한 기억이 오히려 오개념으로 추출되었는데, 이 점은 컴퓨터를 통해 현상을 단순화하여 묘사하는 것이 오히려 오개념의 원인이 될 수 있으며, CAI 프로그램 개발 시 이 점을 고려해야 함을 시사한다. 정의적 영역에서는 과학 수업에 대한 태도와 학습동기에서 모두 컴퓨터 보조수업 집단이 전통적 수업 집단에 비해 긍정적이었다. 이와 같은 결과로부터 다양한 시각 자료, 실험 장면을 촬영한 비디오 자료, 상호작용적인 모의실험 등의 요소가 학생들에게 흥미와 학습동기를 유발하는데 긍정적인 영향을 미친 것을 알 수 있다.

컴퓨터 보조수업에 대한 소감 분석 결과 전반적으로 긍정적으로 인식하고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 컴퓨터실이라는 환경적 특성 때문에 수업 분위기가 어수선하여 집중이 안 된다고 응답한 학생이 있었고, 내용이 어렵다고 응답한 학생도 있었다. 이를 보완하기 위해서는 컴퓨터실에서 학습이 제대로 이루어질 수 있도록 수업 분위기나 학습 진행 상황에 대한 통제가 적절하게 이루어져야 하며, 학생들이 컴퓨터가 제시하는 개념을 제대로 포착하도록 하기 위하여 수업 처치 전에 컴퓨터에 충분히 익숙해지는 과정을 거쳐야 할 것이다.

이상의 결과로 볼 때, 입자수준의 애니메이션을 이용한 CAI 프로그램이 다양한 시각자료 및 모의실험 등의 요소로 인해 과학 수업에 대한 태도나 학습동기에 긍정적인 영향을 미치지만, 단순히 프로그램을 제시하는 것만으로는 개념 이해도 향상에 한계가 있음을 알 수 있다. 따라서, 학생들이 컴퓨터에서 제시되는 내용을 주의 깊게 학습할 수 있도록 이를 통제하는 활동지를 사용하거나, 평가 문제를 통해 학습 수행에 대한 피드백을 강화하는 등의 수업 전략과 병행하여 효과를 분석하는 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한, 본 연구에서 개발한 프로그램은 학습 내용 및 속도를 프로그램이 조절하는 프로그램 통제 방식을 취하였는데(Lee & Lee, 1991), 학습에 대한 통제권을 학습자에게 주는 학습자 통제 방식에 대한 연구와 이 두 가지 방식의 효과를 비교하는 연구도 필요하다.

적 요

본 연구에서는 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업 프로그램을 개발·적용하여 학습자의 개념 이해도, 과학 수업에 대한 태도, 학습동기에 미치는 효과를 분석하였다. 본 연구는 서울 시내 여자 중학교 2학

년 2개 학급을 대상으로 '분자와 운동' 단원에 대하여 5차시 동안 실시되었다. 수업 처치 전에 GALT와 사전 학습동기 검사를 실시하고, 중간고사 과학 과목 성적을 조사하였다. GALT 점수는 구획변인으로 사용하였으며, 사전 학습동기 검사와 중간고사 과학 과목 성적을 공변인으로 사용하였다. 수업 처치 후, 개념 검사, 과학 수업에 대한 태도 검사, 사후 학습동기 검사를 실시하였고, 처치 집단에 대하여 컴퓨터 보조수업에 대한 인식을 조사하였다.

연구 결과, 컴퓨터 보조수업 집단 학생들이 전통적 학습 집단에 비하여 분자의 운동성에 대한 오개념이 적었으나, 개념 이해도 측면에서 두 집단간에 유의미한 차이는 없었다. 그러나, 컴퓨터 보조수업이 과학 수업에 대한 태도와 학습동기에는 효과적이었다($p < .01$). 학생들은 컴퓨터 보조수업에 대하여 전반적으로 긍정적으로 인식하였으나, 몇몇 학생들은 어수선한 수업 분위기를 지적하였으며, 화면에 제시된 일부 내용은 어려웠다고 답하였다.

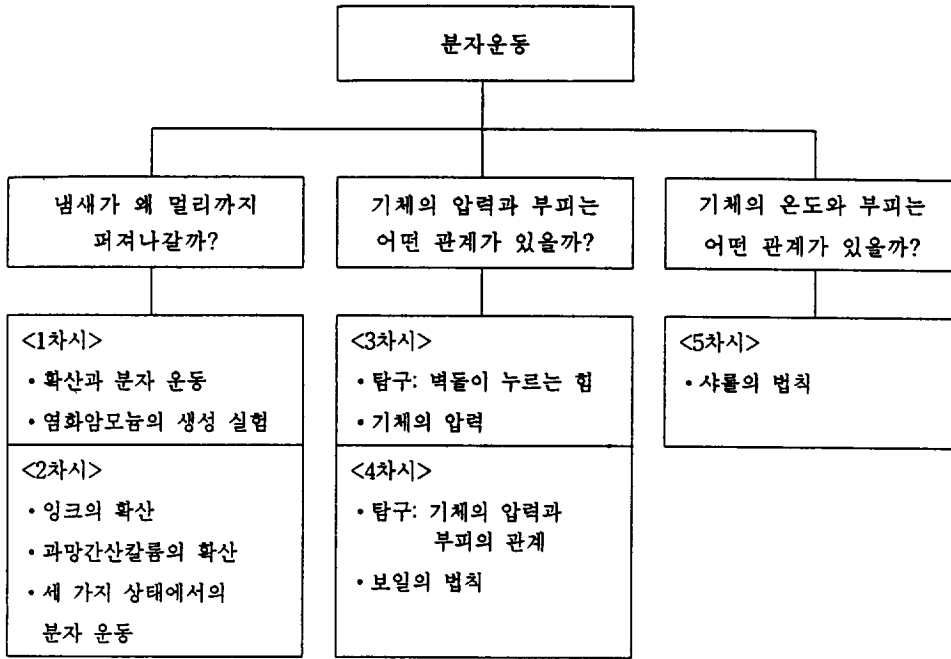
참고 문헌

- 김재현, 홍섭표, 장권수(1990). 중학교 과학 교육용 컴퓨터 프로그램 개발 및 CAI의 효과 연구. 화학교육, 17(3), 224-238.
- 노태희, 임희준, 우규환(1995). 화학 양론과 기체 상태에 대한 중·고등학생의 개념 이해도 비교. 한국과학교육학회지, 15(4), 437-453.
- 노태희, 전경문(1997). 물질의 분자 수준을 시각적으로 강조하는 4단계 문제 해결식 수업이 학생의 개념과 문제 해결 능력에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 17(3), 313-321.
- 노태희, 전경문, 김혜경(1996). A reliable method to scale students' conceptions of matter and diffusion. 화학교육, 23(1), 42-50.
- 송상호(1993). 학습자 통제형 컴퓨터 보조수업에서 비유적 선행조직자가 학습결과에 미치는 효과. 서울대학교 석사학위 논문.
- 심재규(1997). 고등학교 공통과학 "힘" 단원 학습에서 컴퓨터를 이용한 실험수업의 효과. 서울대학교 석사학위 논문.
- 양일화와 정진우(1991). 과학 컴퓨터 보조 학습 프로그램의 효과분석에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 11(1), 37-50.
- 이청찬(1996). 교육방법과 교육공학. 서울: 문음사.
- 이창훈(1996). 고등학교 광학 기초 개념 변화를 위한 컴퓨터 프로그램의 효과. 서울대학교 박사학위 논문.
- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Alessi, S., & Trollip, S. (1985). *Computer-based instruction*. NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Anderman, E. M., & Young, A. J. (1994). Motivation and strategy use in science: Individual differences and classroom effects. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(8), 811-831.
- Berger, C. F., Lu, C. R., Belzer, S. J., & Voss, B. E. (1994). Research on the uses of technology in science education. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 466-490). NY: Macmillan Publishing Company.
- Bunce, D. M., & Hutchinson, K. D. (1993). The use of the GALT (Group Assessment of Logical Thinking) as a predictor of academic success in college chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 183-187.
- Cavin, C. S., & Lagowski, J. J. (1978). Effects of computer simulation or laboratory experiments and students aptitude on achievement and time in a college general chemistry laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), 455-463.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445-459.
- Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1989). *Science instruction in the middle and secondary schools*. OH: Merrill Publishing Company.
- Fraser, B. J. (1981). *Test of science-related attitudes: Handbook*. Hawthorn: The Australian Council for Educational Research.
- Gabel, D. L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.
- Haidar, A. H., & Abraham, M. R. (1991). A com-

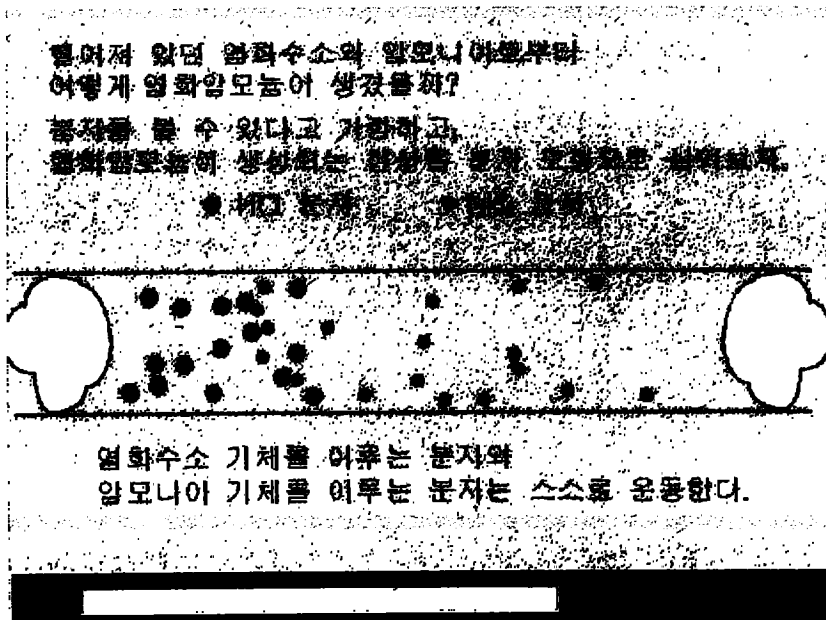
- parison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(10), 919-938.
- Jegede, O. J., Okebukola, P. A., & Ajewole, G. A. (1991). Computers and the learning of biological concepts: Attitudes and achievement of Nigerian students. *Science Education*, 75(6), 701-706.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. NJ: Erlbaum.
- Kulik, J. A., Bangert, R. L., & Williams, G. W. (1983). Effects of computer based teaching on secondary school students. *Journal of Educational Psychology*, 75(1), 19-26.
- Kulik, J. A., Kulik, C. L. C., & Cohen, P. A. (1980). Effectiveness of computer-based college teaching: A meta-analysis of findings. *Review of Educational Research*, 50(4), 525-544.
- Kulik, J. A., Schwab, B. J., & Kulik, C. L. C. (1982). Programmed instruction in secondary education: A meta-analysis of evaluation findings. *Journal of Educational Research*, 75(3), 133-138.
- Lee, S., & Lee, Y. H. K. (1991). Effects of learner control versus program-control strategies on computer-aided learning of chemistry problems: For acquisition or review? *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 491-498.
- Noh, T., & Scharmann, L. C. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(2), 199-217.
- 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 National Association for Research in Science Teaching, Dallas, Texas.
- Roblyer, M. D., Castine, W. H., & King, F. J. (1988). Assessing the impact of computer-based instruction. *Computers in the Schools*, 5, 1-149.
- Wainwright, C. L. (1989). The effectiveness of a computer-assisted instruction package in high school chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 275-290.
- Williamson, V. M., & Abraham, M. R. (1995). The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 521-534.

부 록

1. CAI 프로그램의 내용구조



2. 1차시 프로그램에서 사용한 입자수준의 애니메이션



3. 두 집단의 교수-학습 과정의 예

수업과정	통제 집단(전통적 수업)	처치 집단(컴퓨터 보조수업)
도 입		<ul style="list-style-type: none"> · 전시 학습 상기 · 본시 학습 예고
전 개	<ul style="list-style-type: none"> · 시범실험 <ul style="list-style-type: none"> -잉크의 확산 -과망간산칼륨의 확산 · 교사의 강의 <ul style="list-style-type: none"> -확산 현상에 대한 입자 수준의 설명 -교과서 그림 이용 	<ul style="list-style-type: none"> · 컴퓨터를 이용한 개별 학습 <ul style="list-style-type: none"> -잉크 확산에 관한 애니메이션 제시 -과망간산칼륨 확산에 관한 애니메이션 제시 -확산 현상을 입자 수준의 애니메이션으로 설명
		<ul style="list-style-type: none"> · 교사의 강의 <ul style="list-style-type: none"> -확산 개념 도입 -분자의 운동성 설명 -세 가지 상태에 따른 분자 운동 설명
	<ul style="list-style-type: none"> · 교사의 강의 <ul style="list-style-type: none"> -교과서의 입자 그림을 이용한 세 가지 상태에서의 입자 운동 설명 	<ul style="list-style-type: none"> · 컴퓨터를 이용한 개별 학습 <ul style="list-style-type: none"> -비밀번호 제시 -입자수준의 애니메이션을 이용한 세 가지 상태에서의 입자 운동 설명
정 리		<ul style="list-style-type: none"> · 본시 학습 정리