

고등학교 화학 수업에서 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 컴퓨터 보조수업의 효과

노태희 · 차정호 · 김창민
(서울대학교)

The Effect of Computer-Assisted Instruction Using Molecular-Level Animation and Worksheet in High School Chemistry Class

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

ABSTRACT

The effects of computer-assisted instruction (CAI) using molecular-level animation and worksheet upon students' achievement, conceptual understanding, and learning motivation were investigated. Treatment and control groups (2 classes) were selected from a girls' high school in Seoul, and taught about dissolution for 3 class hours. Before the instructions, the Patterns of Adaptive Learning Survey (PALS) was administered, and the grade for a previous science course was obtained. The PALS score was used as a covariate, and the other as a blocking variable. After the instructions, the achievement test, the conceptions test, and the Instructional Materials Motivation Scale (IMMS) were administered. Two-way ANCOVA results revealed that the scores of the CAI group in the achievement and the conceptions tests were significantly higher than those of the control group. The CAI group also performed better in all subtests of the IMMS except the subtest of relevance.

Key words : CAI (computer-assisted instruction), molecular-level animation, achievement, concept understanding, learning motivation

1. 서론

교육부에서는 초고속 국가망을 기반으로 한 '교육 정보화 기본 계획'에 따라 1995년부터 지속적으로 교육 정보화를 추진하고 있다. 특히 최근에는 정보화 시대의 인재 육성과 교단 선진화 정책을 표방한 '학교 정보화 3개년 계획'에 의거하여 '전국 20만 교실에 PC, TV, 실물 화상기 설치', '교사 1인당 1PC 체제로 컴퓨터를 이용한 수업과 업무 처리 지원',

'각 교실의 인터넷 연결' 등 학교 현장에서 정보화 시설을 활용할 수 있도록 지원을 확대하고 있다(교육부, 1997). 이처럼 현장에서 교육 정보화 시설을 갖추어감에 따라 이 시설들을 교육적으로 활용하는 방안에 대한 관심이 높아지고 있으며, 실제로 수업에 활용하는 시도도 증가하고 있다. 그러나, 제도적인 측면이나 하드웨어적인 시설 구축에서는 교육 정보화 사업이 빠르게 진행되고 있는 반면, 멀티미디어 학습 자료의 개발 및 보급과 같은 소프트웨어적인 지원은

*1998년 12월 17일 받음

**본 연구는 서울대학교 과학교육연구소의 지원에 의해 수행되었음

상대적으로 매우 부족한 실정이다. 또한, 교육 현장에서는 대부분의 교사들이 컴퓨터를 이용한 수업 경험이 부족함에도 불구하고 컴퓨터를 수업 도구로 사용하는 방안에 대한 구체적인 지침이 제시되지 못하고 있다(이옥화, 1998). 따라서, 현재 추진되고 있는 교육 정보화 운동이 실효를 거두기 위해서는 하드웨어적인 지원과 동시에 이러한 시설들을 보다 효과적으로 사용할 수 있는 프로그램을 개발·보급해야 하며, 이를 실제로 활용하는 방안에 대한 구체적인 지침도 제공되어야 한다.

CAI(computer-assisted instruction: 컴퓨터 보조 수업)는 컴퓨터를 수업에 활용하는 가장 일반적인 형태로서, 다양한 상호작용을 제공하고(Magidson, 1977), 실제로 경험하지 못하는 실험이나 미시 세계를 보여줄 수 있는 장점 때문에(Kozma, 1991; Waddick, 1994) 외국의 과학 교육 분야에서는 오래 전부터 연구가 진행되어 왔다. 그러나, CAI의 효과를 메타분석한 연구에 따르면 CAI가 학습자의 동기 유발에는 효과적이지만(Kulik, Bangert, & Williams, 1983), 프로그램 유형, 교과목, 대상 학년, 학습자 특성 등에 따라 성취도에 대한 효과는 일관되지 않으며, 특히 중등학생을 대상으로 한 연구에서 effect size가 작다고 보고되고 있다(Berger, Lu, Belzer, & Voss, 1994; Roblyer, Castine, & King, 1988). 국내의 경우에는 소프트웨어가 부족하고 교실 상황에서 컴퓨터를 활용할 수 있는 방법에 대한 인식이 부족하여 CAI에 대한 연구가 제한적으로 실시되었는데, 학생들의 성취도에 미치는 효과가 역시 일관되지 않다(김재현, 홍섭표, 장권수, 1990; 노태희, 김창민, 차정호, 전경문, 1998; 노태희, 차정호, 김창민, 최용남, 1998; 송상호, 1993).

이와 같이 CAI의 효과가 일관되지 않음에도 불구하고 교육 현장에서 무계획적으로 CAI를 적용하는 것은 효율적이지 않다. 국내의 경우 교육 현장에서 컴퓨터를 활용한 경험이 부족하고, 개별화 수업을 목표로 하는 CAI에서 아직도 2명의 학생이 1대의 컴퓨터를 이용해야 하는 경우가 있으므로 여러 가지 문제점이 나타날 수 있다. 특히, 학생들이 컴퓨터를 이용한 수업에 익숙하지 않기 때문에 CAI를 실시하더라

도 수업에 대한 집중도가 떨어져 CAI의 교수 효과가 나타나지 않을 수 있다(노태희, 차정호, 김창민, 최용남, 1998; 송상호, 1993; 이창훈, 1996). 따라서, 국내 교육 현장에서 CAI를 화학 교과에 효율적으로 활용하기 위해서는 교과의 특성에 적합한 CAI 프로그램을 개발하는 것뿐만 아니라 학생들이 프로그램 내용에 집중할 수 있도록 적절한 교수 전략 사용도 고려해야 한다. 이에 본 연구에서는 화학의 필수 개념인 입자의 동적 본성을 구현하는 애니메이션과 이를 효과적으로 학습할 수 있는 활동지를 개발·적용하여, 그 교수 효과를 분석하고자 하였다.

본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 CAI 집단과 통제 집단의 학업 성취도 및 개념 이해도에 차이가 있는가?
- 2) 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 CAI 집단과 통제 집단의 학습동기에 차이가 있는가?
- 3) 수업 처치와 학습자의 이전 성취수준이 학업성취도 및 개념이해도에 미치는 상호작용 효과가 있는가?
- 4) 수업 처치와 학습자의 이전 성취수준이 학습동기에 미치는 상호작용 효과가 있는가?

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 내용

본 연구에서는 고등학교 2학년 화학의 'IV. 물질의 상태와 용액' 단원 중 '용해' 단원에 대하여 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 CAI를 실시하여 그 교수 효과를 전통적 수업과 비교하였다.

2 연구 방법

1) 연구 대상

본 연구의 대상은 서울시에 위치한 1개 여자 고등학교 2학년 학생 102명으로, 화학 수업 시간대가 비슷한 두 학급을 CAI 집단과 통제 집단으로 선정하였다. 중간고사 화학 성적에 기초한 학생들의 이전 성취 수준에 따른 각 집단별 사례수는 Table 1과 같다.

Table 1. Subjects of the CAI and the control groups by the level of previous achievement

Level	CAI Group	Control Group
High	25	29
Low	27	21
Total	52	50

2) 연구 절차

수업을 실시하기에 앞서 각 집단에 대하여 사전 학습동기 검사를 실시하고, 교사로부터 중간 고사 화학 성적을 구하였다. 처치 집단 학생들이 컴퓨터 사용에 익숙해지도록 하기 위하여 '프로그램 이용법' 과 처치 내용과 관련이 없는 '화석'에 대한 설명으로 구성된 연습 프로그램으로 1차시 동안 연습 수업을 실시하였다. '용해' 단원 3차시에 걸쳐 두 집단에 각각 CAI와 전통적 수업을 실시한 후 학업 성취도 검사, 개념 검사, 사후 학습동기 검사를 실시하였다.

3) CAI 프로그램 및 활동지 개발

본 연구에서 사용한 프로그램은 Alessi와 Trollip (1985)의 8단계 코스웨어 개발 모델에 기초하여 개발하였다. 프로그램은 HTML(HyperText Markup Language) 형태로 제작하여 하이퍼텍스트의 기능을 구현하였으며, 프로그램의 좌측에 소단원 목차를 제시하여 학습자가 항상 원하는 내용으로 이동할 수 있도록 하였다.

개발한 프로그램은 총 4차시 분량(연습용 1차시, 본 차시용 3차시)으로 구성되어 있다. 수업 처치에 사용한 CAI 프로그램은 용해 과정, 고체의 용해도, 기체의 용해도, 몰농도, 몰랄농도 등의 내용으로 구성하였다. 프로그램에서는 선행연구(노태희, 김창민, 차정호, 전경문, 1998; 노태희, 차정호, 김창민, 최용남, 1998)와 유사한 방식으로 입자수준의 애니메이션을 이용하여 학습 내용을 설명하고, 마우스를 이용한 간단한 조작을 통해 교과서의 실험을 모의실험으로 수행하도록 하였다.

학습자 스스로 컴퓨터와의 상호작용을 통해 학습 내용을 확인할 수 있도록 하기 위하여 개념 학습 후 교과서의 예제 문제를 평가 문제로 제시하고 학생들

이 수치를 입력하면 정·오에 대한 즉각적인 피드백과 정답에 대한 설명을 제공하였다. 활동지는 차시별로 주요 개념에 대한 문제를 제시하고 이에 대한 답을 프로그램에서 찾아 기록하도록 구성하였다. 개발한 프로그램 및 활동지는 수업 처치를 하지 않는 다른 학급을 대상으로 예비 수업을 실시하여 발견된 문제점을 수정·보완하였다.

4) 수업 실시

CAI 집단은 교사가 배울 내용에 대하여 간단하게 설명한 후에 연구자가 직접 개발한 프로그램을 이용하여 컴퓨터 한 대 당 두 명의 학생이 학습하였고, 학생들은 학습하는 동안 개별적으로 활동지를 작성하였다. 프로그램을 통한 학습이 끝나면 교사가 학습한 내용을 정리해 주었다. 반면, 통제 집단에서는 CAI 집단과 수업 계열은 동일하게 하되 프로그램에 제시되는 그림을 실물 화상기를 이용하여 제시하였고, CAI 집단에서 애니메이션으로 제시되는 실험은 교사가 시범실험을 하였다. 두 집단 모두 10년 경력의 교사가 수업을 실시하였으며, 연구자가 모든 수업을 참관하여 수업 진행 상황을 확인하였다. 두 집단의 교수-학습 과정의 예를 Table 2에 제시하였다.

5) 검사 도구

본 연구에서는 사전 검사로 사전 학습동기 검사를, 사후 검사로 학업 성취도 검사, 개념 검사, 사후 학습동기 검사를 실시하였다.

사전 학습동기 검사는 과학 수업과 관련된 자신감, 기대, 인식, 전략 등 8개 범주 33개의 리커트식 문항으로 구성되어 있는 PALS(Patterns of Adaptive Learning Survey; Anderman & Young, 1994) 중에서 학습 전략에 관한 12문항을 제외한 21문항만을 사용하였다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .88이었다. 학업 성취도 검사는 각 수업 차시의 학습 목표에 기초하여 12문항으로 구성하였다. 제작한 검사 문항에 대하여 과학교육 전문가 3인으로부터 안면 타당도를 검증받았으며, 검사 실시 후 크론바하 α 로 구한 신뢰도는 .55였다. 개념 검사는 처치 기간 동안 학습한 용해의 원리에 대해 2문항, 헨리의 법칙,

Table 2. Comparison of teaching and learning processes

Process	CAI Group	Control Group
Introduction	Recall the contents learned in the previous class Introduce the concept to be learned	
Development	<u>Individual learning with computer</u> Present molecular-level animations - process of dissolution - solubility of gas Simulation of preparing standard solution Solve exercise problems in the program Immediate feedback and explanation	<u>Teacher's lecture</u> Present molecular-level pictures in textbook - process of dissolution - solubility of gas Demonstration of preparing standard solution Solve exercise problems in textbook Teacher explains the answer
Summary	Summarize the contents learned in the class Foretell the contents to be learned in the next class	

용해 평형에 대해 각 1문항씩 총 4문항으로 구성하였다. 용해의 원리에 관한 문항은 연구자가 개발하였으며, 헨리의 법칙 문항은 Noh와 Scharmann(1997)의 Chemistry Problem Solving Test에서 변형하여 사용하였고, 용해 평형 문항은 강석진(1993)의 개념 검사 문항을 사용하였다. 용해 평형은 선다형 답지 중 하나를 선택한 후 그에 대한 설명을 쓰도록 하였고, 나머지 문항은 문제의 답을 입자수준의 그림으로 표현하고 이를 설명하도록 구성하였다. 개발한 검사지는 과학교육 전문가 3인으로부터 안면 타당도를 검증받았다. 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 20문항으로 구성하였다. 본 연구에서 크론바하 α 로 구한 검사의 신뢰도는 .91이었다.

6) 분석 방법

본 연구의 종속 변인은 학업 성취도 검사, 개념 검사, 사후 학습동기 검사 각각의 점수이다. 이들 종속 변인에 대하여 CAI의 수업 처치 효과 및 학습자의

이전 성취 수준과의 상호작용 효과를 살펴보기 위하여 2×2 요인방안을 통한 이원 공변량 분석(2-way ANCOVA)을 실시하였다. 모든 종속 변인의 공변인으로 사전 학습동기 검사 점수를 사용하였다.

개념 검사 점수를 정량화하기 위하여 대상 개념 3개에 대하여 각각 2~3개의 하위 목표 개념을 설정하고, 학생들의 개념을 6단계의 점수 체계로 나누어 각 문항당 3점 만점으로 점수화하였다(노태희, 전경문, 김혜경, 1996). 선택 후 설명을 쓰도록 한 용해 평형 문항은 정답을 선택하면 1점을 부여하고, 그에 대한 설명도 맞은 경우 2점을 부여하였다. 연구자 주관에 의한 편향을 줄이기 위하여 임의로 선택한 학생의 응답을 2인의 분석자가 각각 채점하여 최종적으로 분석자간 일치도가 .93임을 확인하였다.

III. 결과 및 논의

1. 통계 분석을 위한 기본 가정 검토

결과 분석을 실시하기 이전에 두 집단의 동질성과 이원 공변량 분석을 실시하기 위한 기본 가정들을 검토하였다. 먼저, 집단의 동질성을 확인하기 위하여 중간고사 화학 성적에 대하여 두 집단의 점수 차이를

비교하였다. 수업 처치 이전에 CAI 집단의 평균은 68.77, 통제 집단의 평균은 71.26으로 통제 집단의 평균이 높았으나 t-검증 결과 두 집단의 점수 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($t = .75$, $p = .457$).

이원 공변량 분석을 실시하기 위한 기본 가정인 집단 사이의 동변량성은 Bartlett-Box F 검증(학업 성취도 검사: $F = 1.07$, $p = .359$, 개념 검사: $F = 1.79$, $p = .147$, 학습동기 검사: $F = .87$, $p = .458$)으로 확인하였고, 수업 처치와 구획 변인, 그리고 공변인 사이의 상호작용이 없음을 조사함으로써 집단간 회귀 계수의 동질성(학업 성취도 검사: $F = .17$, $p = .677$, $MS = .91$, 개념 검사: $F = .70$, $p = .405$, $MS = 5.10$, 학습동기 검사: $F = .09$, $p = .767$, $MS = .02$)을 확인하였다. 마지막으로 공변인과 종속 변인 사이의 선형 상관을 검증한 결과, 공변인으로 사용한 사전 학습동기 검사 점수는 모든 종속 변인과 .29 이상의 유의미한 상관이 있었다(Table 3).

Table 3. Correlation coefficients of the posttest scores with the PALS score

	Achievement Test Score	Conceptions Test Score	IMMS Score
PALS Score	.32'	.29'	.45'

* $p < .01$.

2. 학업 성취도에 미치는 효과 분석

이전 성취 수준에 따른 CAI 집단과 통제 집단의 학업 성취도 검사의 평균과 교정 평균을 Table 4에 제시하고, 이에 대한 이원 공변량 분석 결과를 Table 5에 제시하였다. 12점 만점인 학업 성취도 검사에서 CAI 집단의 교정 평균은 6.30이고 통제 집단의 교정 평균은 5.37로, CAI 집단의 학업 성취도가 통계적으로 유의미하게 높았다($p < .05$). 수업 처치와 이전 성취 수준 사이의 상호작용은 나타나지 않았고, 상·하위 수준 모두에서 CAI 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높았다. 이와 같은 결과는 입자수준의 애니메이션

Table 4. Means, standard deviations, and adjusted means of the achievement test

Level	CAI Group			Control Group		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
High	7.24	2.49	7.06	6.17	2.09	6.03
Low	5.52	1.89	5.55	4.43	1.75	4.72
Total	6.35	2.34	6.30	5.44	2.12	5.37

Table 5. Two-way ANCOVA results on the achievement test

Source of Variance	SS	df	MS	F	p
Covariate	41.86	1	41.86	9.85	.002
Treatment	20.90	1	20.90	4.92	.029*
Treatment Level	.23	1	.23	.05	.817

* $p < .05$.

이전과 활동지를 이용한 CAI가 학생들의 이전 성취 수준에 관계없이 효과적임을 나타낸다. 중등학생의 학업 성취도에 미치는 CAI의 효과는 초등학생이나 대학생에 비하여 작다고 보고되었으나(Roblyer, Castine, & King, 1988), 고등학생을 대상으로 프로그램과 함께 활동지를 이용한 본 연구에서는 효과적인 것으로 나타났다.

3. 개념 이해도에 미치는 효과 분석

이전 성취 수준에 따른 CAI 집단과 통제 집단의 개념 검사의 평균과 교정 평균을 Table 6에 제시하였다. 11점 만점인 개념 검사에서 CAI 집단의 교정 평균은 7.19이고 통제 집단의 교정 평균은 5.18이었다. 이원 공변량 분석 결과 CAI 집단의 개념 이해도 점수가 유의미하게 높았으며($p < .01$), 수업 처치와 이전 성취 수준 사이의 상호작용은 나타나지 않았다(Table 7). 이는 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 CAI가 학생들의 이전 성취 수준에 관계없이 개념 이해도 향상에 효과적임을 나타낸다. 중학생(노태희, 차정호, 김창민, 최용남, 1998)이나 고등학생

Table 6. Means, standard deviations, and adjusted means of the conceptions test

Level	CAI Group			Control Group		
	M	SD	Adj. M	M	SD	Adj. M
High	8.16	1.75	7.98	5.83	2.79	5.69
Low	6.37	2.37	6.40	4.38	2.52	4.67
Total	7.23	2.26	7.19	5.22	2.75	5.18

Table 7. Two-way ANCOVA results on the conceptions test Source of Variance

Source of Variance	SS	df	MS	F	p
Covariate	435.06	1	35.06	6.16	.015
Treatment	97.42	1	97.42	17.13	.000*
Treatment Level	1.94	1	1.94	34	.561

*p<.01.

(이창훈, 1996)을 대상으로 한 국내의 선행 연구들에서는 개념 이해도에 효과가 없었으나 입자수준의 애니메이션과 함께 수업전략을 활용했던 본 연구에서는 개념 이해도가 향상되었던 결과로 미루어 볼 때, 단순히 프로그램만 사용하기보다는 이를 효과적으로 학습할 수 있도록 하는 전략을 함께 사용하는 것이 효과적임을 알 수 있다.

개념 검사에서 조사된 학생들의 대표적인 오개념을 Table 8에 제시하였다. 전반적으로 통제 집단의 오

개념이 CAI 집단에 비하여 많았다. 용해의 원리를 분자와 분자 사이의 인력 차이로 설명하도록 한 '용해의 원리 1' 문항에서는 입자의 분포를 편중되게 그린 학생이 많았으며, 이러한 오개념은 두 번째 문항에서도 많이 나타났다. 또한, 용매와 용질 상호간의 인력 관계를 잘못 이해하는 경우도 있었다.

용해의 원리를 '끼리끼리 녹는다'로 설명하게 하는 '용해의 원리 2' 문항에서는 극성, 무극성에 대한 개념이 확실하지 않아 무극성인 요오드가 극성인 물에 녹는다는 응답이 많았다. 기체가 첨가되어 내부압력이 두 배로 증가했을 때의 용해도를 입자로 표현하고 설명하도록 한 '헨리의 법칙' 문항에서는 용액이나 기체 둘 중의 한 부분에만 초점을 맞춰 입자수를 두 배로 그린 학생이 가장 많았다. 또한, 기체를 첨가하였다고 명시하였음에도 입자수를 그대로 표현한 학생도 많았다. '용해 평형' 문항에서는 평형이 한쪽 방향으로만 진행된다는 오개념과 포화상태에서는 더 이상 녹아 들어가지 않는다는 오개념이 대부분을 차지했다.

따라서 학생들이 용해 평형을 동적인 평형 과정으로 정확하게 이해하지 못하고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 동적 평형 개념이 논리적 사고력 발달 단계 중 가장 추상적인 사고를 요하는 후기 형식적 조작기에서 비로소 형성되는 어려운 개념이기 때문인 것으로 파악된다.

Table 8. Students' major misconceptions

Problem	Misconceptions	Frequency	
		CAI Group	Control Group
Principles of dissolution 1	Not uniformly distributed	2	6
	Incorrect interaction	2	5
Principles of dissolution 2	Iodine dissolves in water	1	7
	Not uniformly distributed	1	5
Henry's law	Partial increase in number	7	9
	No increase in number	1	8
	All dissolves in water	2	4
Dynamic equilibrium in dissolution	One-way direction	10	17
	No more dissolution	6	9

Table 9. Two-way ANCOVA result on the IMMS and its subtests

	CAI Group		Control Group		MS	F	p
	M(SD)	Adj. M	M(SD)	Adj. M			
IMMS	3.39(.36)	3.35	2.74(.46)	2.76	8.57	62.84	.000*
Attention	3.70(.46)	3.67	2.81(.66)	2.84	17.46	63.91	.000*
Relevance	3.35(.46)	3.32	3.24(.46)	3.27	.13	.76	.385
Confidence	3.11(.49)	3.08	2.34(.50)	2.37	12.32	60.78	.000*
Satisfaction	3.39(.42)	3.36	2.58(.60)	2.60	13.47	55.07	.000*

* $p < .01$.

4. 학습동기에 미치는 효과 분석

학습동기 검사의 전체 및 하위 범주별 평균, 교정 평균, 그리고 이원 공변량 분석 결과를 Table 9에 제시하였다. 5점 만점으로 구성된 학습동기 검사에서 CAI 집단의 교정 평균은 3.35, 통제 집단의 교정 평균은 2.76으로 CAI 집단의 학습동기가 높았으며, 두 집단 사이의 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .01$).

수업 처치와 이전 성취 수준 사이의 상호작용은 없었으며, 상·하위 수준 모두에서 CAI 집단의 교정 평균이 통제 집단보다 높았다. 하위 범주별로는 관련성 범주를 제외한 다른 범주 모두 .01 수준에서 유의미한 차이가 있었으며 상호작용 효과는 없었다. 즉, 프로그램에서 제시한 다양한 그래픽과 애니메이션, 모의실험 등의 요소들이 학생들의 학습동기에 긍정적인 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 그러나, 프로그램에서 주로 제시하는 입자수준의 애니메이션이 추상적인 개념에 대한 내용으로 이루어져 실생활의 경험적인 내용과 관련이 없었기 때문에 관련성 범주에서는 통제 집단과 처치 집단 학생들의 인식에 차이가 없었던 것으로 파악된다.

N. 결론 및 제언

본 연구에서는 컴퓨터 활용 경험이 부족한 국내의 교육 현장에서 컴퓨터를 이용한 수업의 효과가 크지 않았던 선행 연구 결과(노태희, 차정호, 김창민, 최용

남, 1998; 송상호, 1993, 이창훈, 1996)에 기초하여, CAI의 교수 효과를 향상시키기 위한 방안을 조사하고자 하였다. 이를 위하여 화학 교과와 특성을 고려하여 입자의 동적 본성을 구현한 프로그램과 학생들의 수업에 대한 집중도를 높이기 위한 활동지를 함께 이용한 수업을 고등학교 2학년 이과 여학생들을 대상으로 개발·적용하여 학업 성취도, 개념 이해도, 학습동기에 미치는 교수 효과를 조사하였다.

연구 결과, CAI 프로그램과 활동지를 함께 이용한 수업은 성취 수준에 관계없이 학생들의 학업 성취도 및 개념 이해도에 효과적이었다. 입자수준의 애니메이션을 통해 용해 관련 개념을 학습하고, 이를 응용하는 평가 문제를 해결할 때 자신이 입력한 답에 대한 피드백을 즉시 받으며, 학습한 내용을 활동지를 통해 정리하는 일련의 과정을 통해 학생들의 학업 성취도 및 개념 이해도가 증진된 것으로 파악된다. 이러한 결과는 현장에서 CAI를 계획하고 실행하는 데 있어서 교과 및 학습 내용의 특징을 고려하여 프로그램을 개발할 것과 컴퓨터를 이용한 수업에 익숙하지 않은 학생들을 위하여 수업에 대한 집중도를 높일 수 있는 활동지와 같은 부가적인 요소의 사용도 고려해야 함을 시사한다.

CAI 프로그램과 활동지를 함께 이용한 수업은 학생들의 학습동기에도 효과적이었다. 다양한 색상을 포함한 그래픽과 마우스 조작을 통하여 실제 실험을 간접적으로 수행하는 모의 실험 등의 상호작용적인 요소가 학생들의 주의 집중, 자신감, 만족감 등에 긍정적인 영향을 미친 것으로 볼 수 있다. 그러나, 프로

그램에서 제시하는 내용이 추상적인 입자 개념 중심으로 이루어졌기 때문에 학습동기 요소 중 관련성 범주에서는 전통적인 수업 방식과 차이가 없었다. 따라서, CAI 프로그램을 개발할 때 학생들의 선수 지식이나 일상적인 경험들과 관련된 소재로 구성함으로써 과학 수업과 일상 생활과의 관련성을 인식시킬 필요가 있다(노태희, 김창민, 차정호, 전경문, 1998).

이상의 논의에서 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 수업은 다양한 시각 자료 및 모의실험, 즉각적인 피드백, 활동지를 통한 학습 내용 점검 등의 요소로 인하여 학생들의 학업 성취도와 개념 이해도 뿐만 아니라 학습동기에도 효과적임을 알 수 있다. 그러나, 중등 수준에서의 CAI의 효과가 초등이나 대학 수준보다 상대적으로 낮고(Roblyer, Castine, & King, 1988), 최근 국내에서 중학생을 대상으로 한 국내의 연구들에서 효과가 나타나지 않음(노태희, 차정호, 김창민, 최용남, 1998; 송상호, 1993)을 고려할 때, 본 연구에서 사용한 프로그램 구성 방식과 활동지를 함께 이용한 수업의 효과를 중학교 수준에서도 연구할 필요가 있다.

적 요

본 연구에서는 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 CAI를 개발·적용하여 학습자의 학업 성취도, 개념 이해도, 학습동기에 미치는 효과를 분석하였다. 본 연구는 서울 시내 여자 고등학교 2학년 2개 학급을 대상으로 '용해' 단원에 대하여 3차시 동안 실시되었다. 수업 처치 전에 사전 학습동기 검사를 실시하고, 중간고사 화학 성적을 조사하였다. 중간고사 화학 성적은 구획 변인으로 사용하였으며, 사전 학습동기 검사 점수는 공변인으로 사용하였다. 수업 처치 후, 학업 성취도 검사, 개념 검사, 사후 학습동기 검사를 실시하였다.

이원 공변량 분석 결과, CAI 집단 학생의 학업 성취도 및 개념 이해도 검사 점수가 통제 집단에 비하여 유의미하게 높았다. 또한, 학습동기에서는 관련성 범주를 제외한 모든 하위 범주에서 CAI 집단 학생들의 점수가 높았다.

참 고 문 헌

- 강석진(1993). 화학 평형에 대한 학생들의 개념 연구: 대학교 신입생을 대상으로. 서울대학교 석사 학위 논문.
- 교육부(1997). 교육정보화: 사교육비 부담완화 및 정보사회 인재육성. 제2차 정보화 확대회의의 보고 자료.
- 김재현, 홍섭표, 장권수(1990). 중학교 과학 교육용 컴퓨터 프로그램 개발 및 CAI의 효과 연구. 화학교육, 17(3), 224-238.
- 노태희, 김창민, 차정호, 전경문(1998). 물질의 입자성과 문제 해결 전략을 강조한 컴퓨터 보조 수업이 고등학생들의 화학 학습에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 18(3), 337-345.
- 노태희, 전경문, 김혜경(1996). A reliable method to scale students' conceptions of matter and diffusion. 화학교육, 23(1), 42-50.
- 노태희, 차정호, 김창민, 최용남(1998). 중학교 과학 수업에서 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업의 효과. 한국과학교육학회지, 18(2), 161-171.
- 송상호(1993). 학습자 통제형 컴퓨터 보조수업에서 비유적 선행조직자가 학습결과에 미치는 효과. 서울대학교 석사학위 논문.
- 이옥화(1998). 교육정보화의 현황과 과제 해결을 위한 종합적 접근. 컴퓨터교육학회논문지, 1(1), 25-37.
- 이창훈(1996). 고등학교 광학 기초 개념 변화를 위한 컴퓨터 프로그램의 효과. 서울대학교 박사학위 논문.
- Alessi, S., & Trollip, S. (1985). *Computer-based instruction*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- 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). New York, NY: Macmillan Publishing Company.
- Keller, J.M. (1983). Motivational design of instruction. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kozma, R.B. (1991). Learning with media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179-211.
- 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.
- Magidson, E.M. (1977). One more time: CAI is not dehumanizing. *Audiovisual Instruction*, 22(8), 20-21.
- 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.
- Roblyer, M.D., Castine, W.H., & King, F.J. (1988). Assessing the impact of computer-based instruction. *Computers in the Schools*, 5, 1-149.
- Waddick, J. (1994). Case study: The use of a Hypercard™ simulation to aid in the teaching of laboratory apparatus operation. *Educational and Training Technology International*, 31(4), 295-301.