



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학박사학위논문

중등 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한
개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습의 효과

**The Influences of Individualized Learning Adapted
to Student's Conception and Small Group Learning
Using Smart Devices in Secondary Chemistry Classes**

2017년 8월

서울대학교 대학원
과학교육과 화학전공
윤 정 현

중등 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한
개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습의 효과

**The Influences of Individualized Learning Adapted to
Student's Conception and Small Group Learning Using Smart
Devices in Secondary Chemistry Classes**

指導教授 盧 泰 熙

이 論文을 教育學博士學位 論文으로 提出함.
2017年 5月

서울대학교 大學院
科學教育科 化學專攻
尹 晶 鉉

尹晶鉉의 博士學位論文을 認准함.
2017年 7月

委 員 長 _____.

副委員長 _____.

委 員 _____.

委 員 _____.

委 員 _____.

국 문 초 록

스마트 기기를 수업에 활용하려는 시도가 다양하게 이루어지고 있으나 과학 수업에 실제로 적용할 수 있는 교수·학습 방법에 대한 연구는 부족하다. 이에 본 연구에서는 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습 측면에서 스마트 기기를 활용한 과학 교수·학습 방법을 적용하여 교수 효과와 학생들의 인식을 조사하였다. 또한 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습 과정에서 나타나는 학생들 간의 언어적 상호작용 양상을 분석하였다.

연구 I에서는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과를 개념 이해도, 개념 파지, 학업 성취도, 학습 동기, 과학 수업에 대한 즐거움, 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였다. 서울시의 한 남녀 공학 중학교 1학년 4개 학급(112명)을 통제 집단과 처치 집단으로 배치하고, 7차시 동안 ‘분자의 운동’에 대하여 수업을 실시하였다. 이원 공변량 분석 결과, 처치 집단의 개념 검사, 개념 파지 검사, 과학 학습 동기 검사, 과학 수업에 대한 즐거움 검사의 점수가 통제 집단에 비하여 유의미하게 높았다($p < .01$). 학업 성취도 검사에서는 처치 집단의 점수가 통제 집단보다 높았으나 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다. 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 학생들의 인식도 긍정적인 것으로 나타났다.

연구 II에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 고등학교 화학 수업에 적용하고, 그 효과를 학생들의 학업 성취도, 과학 학습 동기, 과학 수업에 대한 태도, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 측면에서 조사하였다. 서울시에 소재한 남녀 공학 고등학교 2학년 4개 학급(133명)을 통제 집단과 처치 집단으로 무선 배치하였다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법은 협력적 활동지 작성을 강조하였다. 수업 처치는 ‘산과 염기’와 ‘중화 반응’에 대하여 6차시 동안 실시하였다. 수업 처치 후, 학업 성취도 검사, 학습 동기 검사, 과학 수업에 대한 태도 검사, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 검사를 실시하였다. 이원 공변량 분석 결과, 학업 성취도 검사 점수에서 사전 화학 성취도와와의 상호작용 효과가 유의미하게 나타났다($p < .05$). 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 하위 수준 학생들이 상위 수준의 학생들에게 도움을 받을 기회가 많아져서 성취도가 유의미하게 향상되었을 수 있다. 학습 동기, 과학 수업에 대한 태도에서 처치 집단의 교정 평

군이 통제 집단에 비하여 유의미하게 높았다($p < .01$). 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 학생들의 인식도 긍정적인 것으로 나타났다. 이와 같은 연구 II의 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 사전 성취 수준에 따라 학업 성취도에 미치는 영향이 다름을 보여주고, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 사전 성취 수준에 따른 학생들 간의 상호작용의 특징을 조사할 필요성을 시사한다.

이에 연구 III에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습 과정에서 학생 사이의 언어적 상호작용 유형을 분류하고, 사전 성취 수준에 따른 언어적 상호작용 양상을 비교하였다. 서울시의 한 남녀 공학 고등학교에서 사전 성취 수준 측면에서 이질적으로 구성된 4개의 소집단(고등학교 2학년 16명)이 연구에 참여하였다. 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습 과정에서 일어나는 언어적 상호작용을 녹음 및 녹화하고 기록 원고를 작성한 뒤 분석하였다. 학생들 사이의 언어적 상호작용은 개별 진술과 상호작용 단위 수준에서 분석하였다. 연구 결과, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학생 사이의 언어적 상호작용은 과제 관련 진술의 빈도가 높았는데, 특히 정보 설명, 정보 질문, 기준 반성의 빈도가 높았다. 방향 설명, 기준 반성 진행에서는 사전 성취 수준 상위 학생들의 진술 빈도가 높게 나타났고, 방향 질문, 정보 설명에서는 하위 수준 학생들의 진술 빈도가 높게 나타났다. 상호작용 단위에서는 지식 구성 상호작용 중 대칭적 정교화 상호작용의 빈도가 가장 높았는데, 특히 누적형과 평가형이 높게 나타났다.

결론적으로 중등 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습과 정보와 지식의 공유를 촉진하는 소집단 학습은 학생들의 인지적, 정의적 측면에 긍정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. 또한 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 상위 수준 학생들은 학습 과정과 결과를 점검하는 언어적 행동을 주로 보였고, 기존의 소집단 학습에서 상위 수준 학생들이 학습을 주도했던 것과는 달리 하위 수준 학생들도 스스로 정보를 탐색하고 제공하면서 과제 해결에 적극적으로 참여하였다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습이 실제 과학 수업에서 적용 가능한 효과적인 교수·학습 방법임을 시사한다.

주요어: 스마트 기기, 과학 교수·학습 방법, 개별화 학습, 적응적 학습, 소집단 학습, 언어적 상호작용

학 번: 2008-30974

목 차

국문 초록	i
목 차	iv
표 목차	viii
그림 목차	xi
부록 목차	xiii

제 1 장. 서 론

1. 연구의 필요성	1
2. 연구 문제	7
3. 연구의 제한점	9
4. 용어의 정의	11

제 2 장. 이론적 배경과 선행 연구

1. 스마트 기기 활용 학습	12
1.1 스마트 기기 활용 학습의 이론적 배경	12
(1) 정보통신기술의 발전에 따른 교수·학습 방법의 변화	12
(2) 모바일 러닝과 스마트 러닝의 개념	14
(3) 스마트 기기 활용 학습의 특성과 유형	20
(4) 스마트 기기 활용 학습에 대한 선행 연구	26
1.2 과학 교육과 스마트 기기의 활용	34
(1) 과학 교육에서 스마트 기기를 활용 학습에 대한 선행 연구	34
(2) 과학 교육에서 스마트 기기 활용의 효과적인 방안	37

2. 개별화 학습과 스마트 기기 활용 방법	40
2.1 개별화 학습에 대한 선행 연구	40
2.2 스마트 기기를 활용한 개별화 학습에 대한 선행 연구	46
3. 소집단 학습과 스마트 기기 활용 방법	51
3.1 소집단 학습에 대한 선행 연구	51
3.2 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 선행 연구	52

제 3 장. 중학교 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의
효과 (연구 I)

1. 서론	58
2. 연구 방법	60
2.1 연구 대상	60
2.2 연구 단위	61
2.3 연구 설계와 연구 절차	61
2.4 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 방법	64
2.5 검사 도구	72
2.6 분석 방법	74
3. 연구 결과와 논의	74
3.1 통계 분석을 위한 기본 가정 검토	74
3.2 개념 이해도 및 개념 파지에 미치는 효과	76
3.3 학업 성취도에 미치는 효과	77
3.4 과학 학습 동기에 미치는 효과	78
3.5 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과	80
3.6 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 학생들의 인식	81

4. 결론	82
-------	----

제 4 장. 고등학교 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과(연구 II)

1. 서론	84
2. 연구 방법	86
2.1 연구 대상	86
2.2 연구 단위	87
2.3 연구 설계와 연구 절차	87
2.4 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법	90
2.5 검사 도구	92
2.6 분석 방법	94
3. 연구 결과와 논의	95
3.1 통계 분석을 위한 기본 가정 검토	95
3.2 학업 성취도에 미치는 효과	97
3.3 과학 학습 동기에 미치는 효과	99
3.4 과학 수업에 대한 태도에 미치는 효과	101
3.5 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 학생들의 인식	102
4. 결론	103

제 5 장. 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습에서 학생의 언어적 상호작용 분석(연구 III)

1. 서론	105
2. 연구 방법	107
2.1 연구 대상	107
2.2 연구 상황	108
2.3 연구 절차	109
2.4 분석 방법	112
(1) 언어적 상호작용의 분석 과정과 분석틀	112
(2) 자료 분석 방법	121
3. 연구 결과와 논의	122
3.1 개별 진술의 일반적 양상	122
3.2 사전 성취 수준에 따른 개별 진술의 양상 비교	124
3.3 상호작용 단위의 양상	127
4. 결론	129
제 6 장. 결론과 제언	
1. 연구의 요약	131
2. 결론과 제언	134
3. 추후 연구 과제	135
참고 문헌	138
부 록	157
ABSTRACT	176

표 목 차

<표 1>	모바일 러닝 개념	15
<표 2>	모바일 러닝 이론	16
<표 3>	스마트 러닝 개념	18
<표 4>	연구 변인별 모바일 러닝의 교수·학습 효과	28
<표 5>	초·중등학생 대상의 모바일 러닝의 교수·학습 효과	31
<표 6>	적용 기법의 유형	44
<표 1-1>	사전 과학 성취 수준에 따른 집단별 학생 수	60
<표 1-2>	학생들의 개념 유형에 적응적인 개별화 학습 자료의 예시	67
<표 1-3>	중간고사 과학 성적, 중간고사 수학 성적, 사전 검사 점수들에 대한 통제/처치 집단 간 동질성 검사 결과	75
<표 1-4>	공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 동변량성 검증 결과	75
<표 1-5>	공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 등회귀선 검증 결과	76
<표 1-6>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 개념 이해도 와 개념 파지 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	77
<표 1-7>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 개념 이해도 와 개념 파지 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	77
<표 1-8>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	78
<표 1-9>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	78
<표 1-10>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	79
<표 1-11>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 학습 동기 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	79
<표 1-12>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 수업에	

	대한 즐거움 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	80
<표 I-13>	사전 과학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	80
<표 I-14>	스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사 결과(%)	81
<표 II-1>	사전 화학 성취 수준에 따른 집단별 학생 수	87
<표 II-2>	중간고사 화학 성적, 중간고사 지구과학 성적, 사전 검사 점수들에 대한 통제/처치 집단 간 동질성 검사 결과	95
<표 II-3>	공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 동변량성 검증 결과	96
<표 II-4>	공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 등회귀선 검증 결과	96
<표 II-5>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	97
<표 II-6>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	97
<표 II-7>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	99
<표 II-8>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 학습 동기 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	100
<표 II-9>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 수업에 대한 태도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균	101
<표 II-10>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 수업에 대한 태도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과	101
<표 III-1>	연구 대상 학생들의 사전 화학 성취 수준과 성별에 대한 정보	107
<표 III-2>	개별 진술 분류틀	113
<표 III-3>	상호작용 분류틀	117
<표 III-4>	개별 진술의 빈도(%)	123
<표 III-5>	사전 성취 수준에 따른 개별 진술 빈도에 대한	

	Mann-Whitney U 검증 결과	124
<표 III-6>	상호작용 단위 빈도(%)	127

그 립 목 차

<그림 1>	연구의 개요	6
<그림 2>	정보통신기술의 발전에 따른 교수·학습 방법의 변화	13
<그림 3>	스마트 교육의 개념과 특징	19
<그림 4>	모바일 기기의 이동성의 수준에 따른 학습 활동 적용사례 및 학습 목표와의 관계	22
<그림 5>	모바일 러닝의 4가지 유형	23
<그림 6>	Smart pH meter App의 구현 화면 예시	39
<그림 7>	ITS의 구성요소	43
<그림 8>	적응적 CAI 프로그램 순서도	45
<그림 9>	학생들의 개별 정보 관리 및 개별화된 교수 자료 제공 화면	48
<그림 10>	학습 스타일에 따른 맞춤형 학습 시스템을 적용한 학습 흐름도	49
<그림 11>	소집단 활동에서 PDA를 활용한 지식 공유 과정의 예시	54
<그림 12>	스마트 러닝 기반의 협력적 문제해결 학습 과정	56
<그림 I-1>	연구의 실험 설계	61
<그림 I-2>	연구 절차	63
<그림 I-3>	스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 단계	64
<그림 I-4>	스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 예시	65
<그림 II-1>	연구의 실험 설계	88
<그림 II-2>	연구 절차	89
<그림 II-3>	스마트 기기를 활용한 소집단 학습 흐름	91
<그림 II-4>	구글 드라이브 애플리케이션을 활용하여 작성한 공동 활동지 예시	92
<그림 II-5>	구글 드라이브 애플리케이션을 활용한 소집단별 공동 활동지 공유 예시	92
<그림 II-6>	사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업	

	성취도 검사 점수의 교정 평균	98
<그림 III-1>	본 연구에서 교실의 구조	109
<그림 III-2>	연구 절차	111

부 록 목 차

<부록 I-1>	통제 집단(연구 I) 활동지 예시	157
<부록 I-2>	스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습(연구 I) 활동지 예시	161
<부록 I-3>	개념 이해도 검사지(연구 I)	164
<부록 I-4>	스마트 기기를 활용한 수업(연구 I)에 대한 인식 검사지 ...	168
<부록 II-1>	통제 집단(연구 II) 활동지 예시	169
<부록 II-2>	스마트 기기를 활용한 소집단 학습(연구 II) 활동지 예시 ...	172
<부록 II-3>	스마트 기기를 활용한 소집단 학습(연구 II)에 대한 인식 검사지	175

제 1 장. 서 론

1. 연구의 필요성

21세기 지식정보화 사회에서 최첨단 정보통신기술의 혁신적인 발전은 우리 삶의 환경을 전반적으로 바꾸어 놓았다. 스마트 기기의 대중화로 인해 시간과 장소에 구애받지 않고 다양한 정보를 쉽게 생산 및 공유할 수 있는 환경이 되었고, 이러한 패러다임의 변화를 기반으로 스마트 기기를 교육에 활용하려는 시도들이 이루어지고 있다(Johnson *et al.*, 2013; Scott *et al.*, 2017; Sung *et al.*, 2016). UNESCO(2012)는 스마트 기기가 지니는 이동성과 편재성 등의 특징으로 인해 교수와 학습 영역에서 기존의 컴퓨터 환경에서는 볼 수 없었던 영향을 미칠 것이라고 예상하였다. 이러한 맥락에서 지금까지 정보통신기술을 교육에 적극적으로 활용해왔던 과학 교육 분야에서는 과학 탐구의 도구로서 모바일 애플리케이션을 활용하거나(Kumar *et al.*, 2012; Zydney & Warner, 2016), 박물관이나 과학관 학습 등 학교 밖 과학 학습 분야에서 스마트 기기를 활용하는(Charitonos *et al.*, 2012) 시도들이 이루어지고 있다. 우리나라도 2011년부터 스마트 교육 추진 전략을 시행하고 있고(교육과학기술부, 2011), 2015년 개정 교육과정에서는 창의적 융합인재 양성을 위하여 정보통신기술을 활용한 교수·학습 분야의 혁신을 강조하고 있다(교육부, 2015b). 과학과 교육 과정에서도 소프트웨어, 컴퓨터나 스마트 기기, 인터넷 등의 최신 정보통신기술과 기기 등을 적절히 활용할 것을 권고하고 있다(교육부, 2015a). 그러나 학교 현장에서 적용할 수 있는 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법에 대한 연구는 부족하며 구체적인 교수·학습 자료도 거의 개발되지 못한 실정이다(김미용, 배영권, 2012; 김혜정, 김현철, 2012). 이로 인해 스마트 기기를 활용하여 교육을 실행할 주체인 교사들은 스마트 기기를 활용한 수업 설계와 교수·학습 방법에 대한 연수가 최우선으로 이루어져야 한다고 인식하는 것으로 보고되었다(권성호 등, 2014; 양찬호 등, 2015). 따라서 선행 연구들을 체계적으로 분석하여 실제 과학 수업에 적용할 수 있는 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개발하고 적용해 보는 실증적인 연구가 필요하다.

지금까지 스마트 기기 활용 교육 또는 모바일 러닝과 관련하여 국내외의 많은 연구자들(강인에 등, 2012; 곽덕훈, 2010; 이상수, 2012; 장재경, 2011; Bingham & Coner, 2010; Hwang *et al.*, 2008; Korucu & Alkan, 2011; O'Malley *et al.*, 2005; Park, 2011; Yee & Hargis, 2008)이 제시한 연구 결과들을 분석한 결과, 스마트 기기를 활용한 교육이 효과적으로 구현될 수 있는 주요 교수·학습 형태는 학습자 중심의 지능형 맞춤 개별화 학습(individualized learning)과 지식의 공유와 공동 작업 등을 활용한 소집단 학습(small group learning)이라고 할 수 있다. 개인이 가지고 있는 성취의 잠재력을 발전시키기 위한 개별화 학습과 협동하여 공동체의 목표를 달성하기 위한 소집단 학습은 과학 교육 분야에서도 중요한 교수·학습 형태로서 과학 수업에 다양한 방법으로 적용되어 왔다(강석진, 2000; 김경순 등, 2006; 한재영, 2003). 개별화 학습은 개인별로 효과적인 정보 처리나 사고 과정을 지원하기 위해 학습 과정에 대한 점검과 적절한 정보의 제공 기능이 구현되어야 한다. 또한 소집단 학습 과정을 촉진시키기 위해서는 정보나 사고 과정의 공유가 매우 중요하다. 따라서 스마트 기기의 이동성과 모바일 네트워크를 기반으로 한 정보통신 융합 기술을 적절히 활용한다면 과학 수업에서 개별화된 학습 점검과 맞춤형 학습 정보 제공 및 소집단 구성원 간의 지식과 사고 과정의 공유에 도움을 줄 가능성이 있다.

먼저, 개인의 잠재적 능력 차이를 고려하여 학생에게 개별적인 처방을 제공하는 개별화 학습은 전통적으로 중요한 교수·학습 형태였다(Tomlinson, 2001). 실제로 과학 교과에서 개별화 학습에 대한 메타 분석 결과를 보면 컴퓨터 보조 수업(computer-assisted instruction; CAI)과 개별화된 교수 체계(personalized system of instruction; PSI)의 효과 크기는 각각 0.42로, 전통적인 강의식 수업에 비해 교수 효과가 큰 것으로 보고되었다(Aiello & Wolfe, 1980). 그러나 개별화 수업을 위해 사용된 CAI 프로그램들은 학생의 다양한 특성을 고려하지 않고 동일한 학습 내용이 일괄적으로 제시되는 경향이 있었으며, 이로 인해 성취 수준이나 정보 재구성 능력, 학습 양식 등과 같은 학습자의 개별적인 특성에 따라 수업 효과에 차이가 있었다(김경순 등, 2007; 노태희 등, 1999a). 또한 모든 학생들이 컴퓨터를 사용할 수 있는 현실적인 여건이 갖춰져야만 효과적으로 활용할 수 있는 교수·학습 방안이어서 학교 교육 현장에 포괄적으로 적용되기에는 한계가 있었다. 따라서 과학 학습에서 학습자 개인의 특성을 고려하면서도 일상적인 교실 수업 상황에 쉽게 적용할 수

있는 교수·학습 방안을 개발할 필요가 있다. 특히, 중등 과학 교과에서는 감각적인 관찰이나 경험이 불가능한 미시세계에 관한 개념들을 이해하는 것이 매우 중요함에도 학생들은 이와 관련된 다양한 오개념을 지니고 있으므로(Singer *et al.*, 2003; Snir *et al.*, 2003), 학생들의 개념 이해 수준에 따른 적응적인 개별 학습 자료를 제공할 수 있는 교수·학습 방안을 마련하는 것이 중요하다. 스마트 기기는 학습자들에게 개별화된 학습 자료나 평가를 실시간으로 제공할 수 있어 동일한 시간과 공간에서도 개별화된 학습을 가능하게 해 준다(Shuler *et al.*, 2013). 즉, 교사에게는 실시간으로 학습자들의 개념 이해에 대한 정보를 수집하여 제공하고, 학습자에게는 개별화된 평가를 바탕으로 자신의 개념 이해 수준에 맞는 학습 자료를 자기 주도적으로 학습할 기회를 제공할 수 있다. 이는 과학 교과에서 학습자의 개념 이해 수준에 기반한 적응적 개별화 교수·학습 방법이 스마트 기기를 활용한 주요 전략의 하나가 될 수 있음을 시사한다. 따라서 이와 관련한 구체적인 개념 적응적 개별화 교수·학습 방법을 개발하고 이를 실제 수업 환경에서 구현하여 그 교수 효과 및 학생들의 인식을 조사할 필요가 있다.

학습자 간의 상호작용과 협업을 통해 학습 결과물을 산출하는 소집단 학습도 스마트 기기를 활용하는 경우 보다 효과적으로 구현될 수 있다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 전통적인 방식의 소집단 학습과 달리 무선 네트워크와 모바일 애플리케이션 등을 활용하여 보다 효과적인 협업이 이루어질 수 있으며, 학습자들 간의 다양한 형태의 상호작용을 촉진할 수 있기 때문이다(Jarvela *et al.*, 2007). 그런데 스마트 기기를 활용한 교육 환경처럼 학습자 중심의 열린 학습 공간에서 자율적으로 과제를 수행해야 하는 경우, 성인 학습자라 할지라도 학습 과정에서 어려움을 겪는 것으로 보고되었다(Rummel & Spada, 2005). 이는 학생들도 자기주도적 학습 환경과 실시간으로 이루어지는 협력 활동에 익숙하지 않아 효과적으로 협업하는데 어려움을 겪을 수 있으므로 이를 돕기 위한 구체적인 교수·학습 방안의 마련이 필요함을 시사한다. 그동안 컴퓨터와 인터넷의 발달로 컴퓨터 및 네트워크를 활용한 협력 학습에 관한 연구들이 활발히 진행되었는데(임규연, 2012; 한정선, 김동식, 2009; Kirschner *et al.*, 2007), 이 연구들은 주로 대학생이나 성인 학습자를 위한 것으로 교수자와 학습자가 면대면 소집단 학습을 진행하는 교실 환경에서의 중등학교 수업에 적용하기에는 적절하지 않을 수 있다. 또한 과학 교육 분야에서

과학 지식의 사회적 구성을 촉진하기 위한 방안으로 스마트 기기를 활용하려는 시도와 관심은 매우 부족하였다. 따라서 과학 수업을 위한 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 개발 및 적용하여 그 교수 효과와 학생들의 인식을 조사할 필요가 있다.

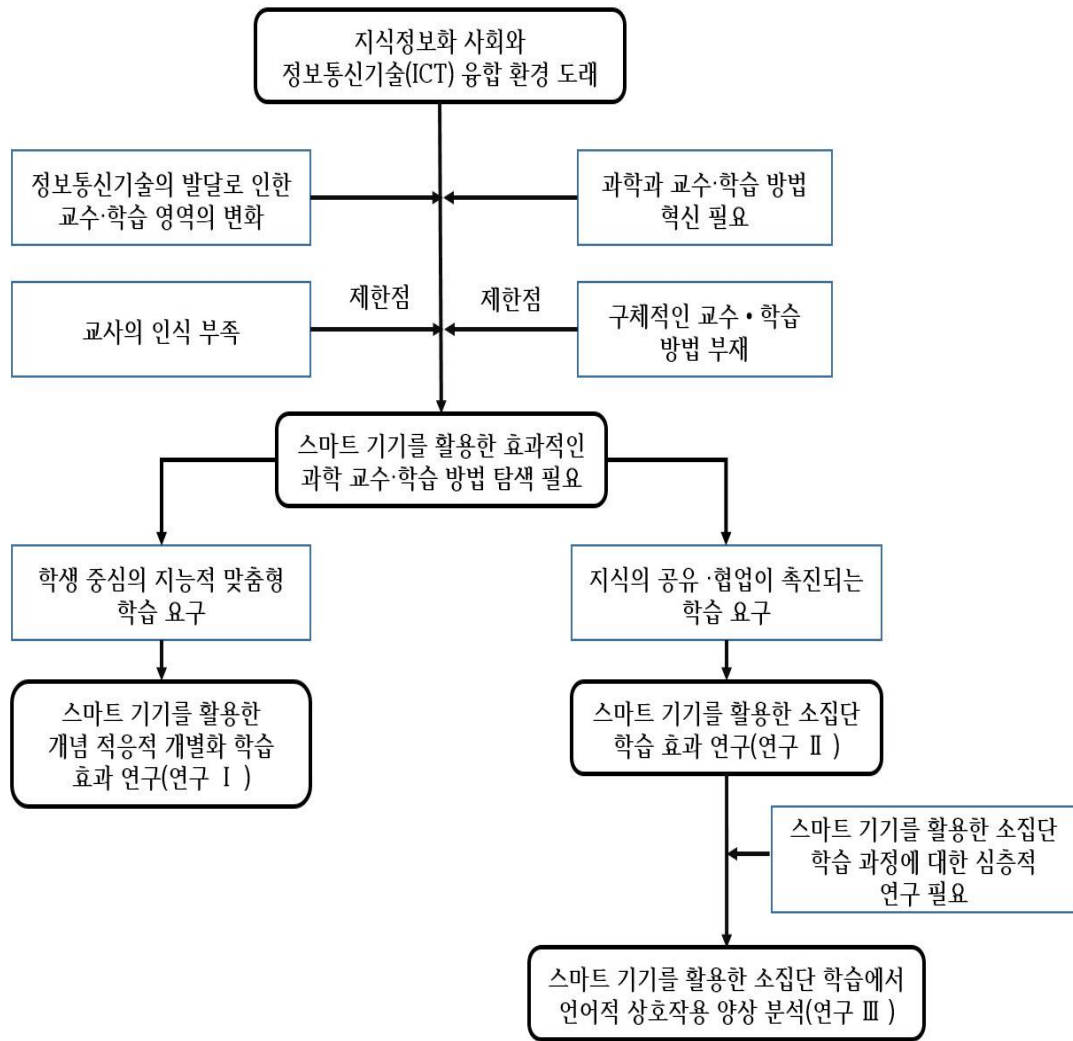
한편, 과학 지식의 구성 과정에서 학생들 간의 의견과 생각을 교환하는 언어적, 사회적 상호작용은 매우 중요한 요소로 강조되고 있다. 따라서 지금까지 협력적 수업 환경에서 학생들 간의 상호작용의 양상을 조사하거나 상호작용을 활발하게 유도할 수 있는 방안에 대한 연구들이 많이 이루어졌다(정숙진, 신영준, 2013; 주영, 2015). 그러나 선행 연구 결과 학생들의 언어적 상호작용의 형태와 수준은 학습 전략이나 학습자의 특성 등에 따라 그 차이가 큰 것으로 나타났다(강석진, 2000; 임희준, 노태희, 2001). 특히 학생들의 성취 수준이 이질적으로 구성된 소집단 학습의 경우 상호작용이 활발해진다고 보고되었지만, 실질적인 상호작용의 양상을 조사한 결과 하위 수준의 학생들은 상위 수준 학생들에게 도움을 요청하고, 상위 수준의 학생들은 하위 수준 학생들에게 도움을 주는 상호작용이 주로 나타났다(임희준, 노태희, 2001; 차정호 등, 2005).

스마트 기기와 같은 새로운 문화적 도구나 매개 수단에 의해 인간의 행위는 달라질 수 있으므로, 실제 교실에서 스마트 기기를 도입할 경우 학생들 간 상호작용의 형태에 영향을 미칠 수 있다. 스마트 기기를 활용하는 경우 과제 해결에 필요한 정보를 실시간으로 수집하여 공유할 수 있으므로 성취도 측면에서 상위 수준과 하위 수준의 학생들 간 정보의 격차가 존재했던 전통적인 수업 환경에서와는 다른 방식의 상호작용이 이루어질 수 있다. 그러나 네트워크와 스마트 기기를 활용하여 실시간으로 정보를 획득하고, 공유할 수 있는 협력적 학습 환경에서 학생들 간의 상호작용이 어떠한 형태로 이뤄지는지에 대한 연구는 매우 부족한 실정이므로 이에 대한 구체적인 정보를 얻기 위한 연구가 필요하다.

즉, 이와 같은 요소들을 체계적으로 고려하여 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습의 측면에서 개발 및 적용하여 그 효과를 실증적으로 조사할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 중학생과 고등학생을 대상으로 각각의 화학 개념과 내용에 적합한 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습 방법을 개발 및 적용하여 개념 이해도,

개념 과지, 학업 성취도와 같은 인지적 영역과 학습 동기, 학습에 대한 태도와 같은 정의적 영역에 미치는 효과를 조사하였다. 아울러 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 학생 사이의 언어적 상호작용을 분석하여 과학 수업에서 발생하는 언어적 행동 유형을 밝히고, 사전 성취 수준에 따른 언어적 행동에의 참여 형태와 언어적 상호작용 양상을 분석하였다.

전체적인 연구의 개요는 아래 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구의 개요

2. 연구 문제

본 논문에서는 중등 화학 수업에 적용 가능한 스마트 기기를 활용한 과학 교수·학습 방법을 탐색하기 위하여 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습에 효과적인 스마트 기기 활용 방법을 개발 및 적용하였다. 우선 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과를 교사의 강의로 진행되는 전통적인 수업과 비교하였다(연구 I). 또한 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과를 교사의 강의로 진행되는 전통적인 수업과 비교하고(연구 II), 소집단 학습 과정에서 나타나는 학생들 사이의 언어적 상호작용 양상을 조사하였다(연구 III).

연구 I에서는 중학교 1학년 과학의 화학 개념에 적응적인 개별화 학습을 구현하기 위하여 스마트 기기를 활용한 효과적인 교수·학습 방법을 적용하고, 그 효과를 학생들의 사전 과학 성취 수준에 따라 조사하였다. 연구 I의 구체적인 목표는 다음과 같다.

- 1) 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과를 과학 개념 이해도, 개념 파지, 학업 성취도, 과학 학습 동기, 과학 수업에 대한 즐거움, 학생들의 수업에 대한 인식 측면에서 조사한다.
- 2) 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과가 학생들의 사전 과학 성취 수준에 따라 다른지 조사한다.

연구 II에서는 고등학교 1학년 화학 단원 학습에 효과적인 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 적용하고, 그 효과를 학생들의 사전 화학 성취 수준에 따라 조사하였다. 연구 II의 구체적인 목표는 다음과 같다.

- 1) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과를 학업 성취도, 과학 학습 동기, 과학 수업에 대한 태도, 학생들의 수업에 대한 인식 측면에서 조사한다.
- 2) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과가 학생들의 사전 화학 성취 수준에 따라 다른지 조사한다.

연구 II의 결과에 기초하여 연구 III에서는 스마트 기기를 활용한 과학 소집단 학습 과정에서 나타난 인지적, 정의적 결과를 심층적으로 이해하기 위하여 소집단 학습 과정에서 학생들의 언어적 상호작용 양상을 개별 진술과 상호작용 단위에서 조사하였다. 연구 III의 구체적 목표는 다음과 같다.

- 1) 스마트 기기를 활용한 과학 소집단 학습 과정에서 나타나는 학생들의 언어적 상호작용을 개별 진술과 상호작용 단위 수준에서 조사한다.
- 2) 스마트 기기를 활용한 과학 소집단 학습 과정에서 나타나는 학생들의 언어적 상호작용이 사전 화학 성취 수준에 따라 다른지 조사한다.

3. 연구의 제한점

이 연구는 다음과 같은 측면에서 제한점을 지닌다.

첫째, 이 연구에서는 서울시의 남녀 공학 중학교 1학년 학생들(연구 I)과 서울시의 남녀 공학 고등학교 2학년 학생들(연구 II, III)을 대상으로 연구를 진행하였다. 각 학교나 학급의 전반적인 분위기, 수업을 실시한 교사의 특성, 학교 행사나 타 과목 수행평가 등의 일정에 따른 학생들의 상황 등이 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 그러나 연구 결과의 해석에서 이러한 차이에 기인한 영향은 고려하지 않았으므로, 본 연구의 결과를 우리나라의 모든 중학생과 고등학생에 대해 일반화하는 데에는 한계가 있을 수 있다.

둘째, 이 연구의 수업 처치는 오리엔테이션과 연습을 포함하여 4~5주 동안 진행되었다. 따라서 비교적 짧은 기간 동안 이뤄진 연구 상황에서 교사나 학생들이 처음 접하는 스마트 기기를 활용한 학습이라는 새로운 교수·학습 방법을 이 기간에 완전히 내면화하여 실천하는 데 한계가 있을 수 있다.

셋째, 이 연구는 중학교 과학 교과와 화학 관련 단원과 고등학교 화학 I의 내용의 전부 또는 일부에 대해서만 이루어졌다. 연구 I에서는 '분자의 운동'에 대해서, 연구 II와 III에서는 '산과 염기'와 '중화 반응' 단원에 대해서만 이루어졌다. 또한 개별 과제, 조별 과제, 조별 토론, 조별 실험, 멀티미디어 자료 활용, 웹 검색 등 학생 활동이 다양하게 진행되었다. 따라서 학습 내용이나 과제 특성에 따른 효과가 연구 결과에 반영되었을 가능성이 있다. 그러므로 과학 교과의 다른 단원이나 분야에까지 일반화하여 연구 결과를 해석하는 것에는 한계가 있을 수 있다.

넷째, 연구 III은 소집단별로 모든 수업을 음성 녹음하였으며 분석 대상 소집단의 경우에는 비디오 녹화를 병행하였다. 학생들의 녹음과 녹화에 대한 거부감은 관찰되지 않았지만 일반적인 교실 수업 분위기와는 상이한 상황 자체가 학생들의 행동에 영향을 미쳤을 가능성도 있다.

다섯째, 이 연구에서는 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습에 적용 가능한 스마트 기기를 활용한 학습을 실시했다. 따라서 이 연구의 효과를 스마트 기기의 활용 방법과 특성이 상이한 다른 학습 전략으로까지 일반화하는 데에는 한계가 있을 수 있다.

여섯째, 이 연구에서는 정규 수업 이외의 개인 학습 활동이나 학생들 간의 상호작용을 통제하지 않았으므로, 이것이 스마트 기기를 활용한 학습의 연구 결과에 영향을 미쳤을 가능성도 있다.

4. 용어의 정의

이 연구에서 사용되는 중요한 용어들의 정의는 다음과 같다.

(1) 스마트 기기 활용 학습

최신 정보통신기기인 스마트 기기를 활용하여 개별 또는 동료 학습자와 상호 작용하면서 학습자 스스로 학습 목적을 달성해가는 학습자 중심의 학습 형태를 말한다. 본 논문의 이론적 배경과 선행 연구 고찰에서는 연구자들이 보고한 논문에서 사용한 용어를 그대로 사용하였으므로 인용한 논문에 따라 '모바일 러닝(mobile learning)', '스마트 러닝(smart learning)', '스마트 교육(smart education)'이라는 용어가 혼재되어 있다.

(2) 개념 적응적 개별화 학습

개별화 학습은 학생들의 준비도, 흥미, 학습 양식 등 다양한 학생들의 특성에 적응적으로 설계된 수업 환경에서 학습자 주도적으로 진행되는 학습 형태이다 (Tomlinson, 2001). 본 논문에서는 학생들의 다양한 특성 중 개인이 보유하고 있는 과학 개념에 적응적인 개별화 학습을 개념 적응적 개별화 학습이라고 정의하였다.

(3) 소집단 학습

학생들을 편의상 2~6명 정도씩 작은 단위로 세분한 소집단으로 구성하여 구성원들이 공동의 학습 목표를 성취하기 위해 함께 노력하는 협동적 집단학습이다(한재영, 2003).

제 2 장. 이론적 배경과 선행 연구

정보통신기술(information and communications technologies; ICT)의 발전은 일상생활 뿐 아니라 교육의 패러다임을 변화시키고 있으며, 최근 스마트 기기와 함께 모바일 네트워크를 통한 다양한 상호작용의 기술들은 기존의 교육 방법에 큰 도전을 주고 있다. 과학 교육에서도 이러한 정보통신기술의 융합 환경에서 새로운 교수·학습의 형태를 제시하기 위해서 교육 방법의 혁신이 필요하다. 따라서 이 장에서는 과학 교육에 적용 가능한 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법의 개발을 위하여 스마트 기기를 활용한 학습에 대한 기본적인 이론과 과학 교육에서 효과적인 스마트 기기 활용 방안들을 관련 선행 연구들을 중심으로 탐색한다. 또한 개별화 학습과 소집단 학습과 관련하여 스마트 기기를 활용한 선행 연구들을 조사하여 효과적인 적용 방안에 대해 고찰하고자 한다.

1. 스마트 기기 활용 학습

1.1 스마트 기기 활용 학습의 이론적 배경

(1) 정보통신기술의 발전에 따른 교수·학습 방법의 변화

지식정보화 시대에서는 모든 국가에서 기존의 정보와 지식을 활용하여 새로운 지식과 가치를 창출해내는 창의적 인재 양성을 위하여 정보통신기술을 교육에 적극적으로 활용하고 있다. 우리나라도 1996년부터 교육 정보화 인프라 구축을 시작으로 정보통신기술과 교육의 융합을 시도하여 인터넷을 활용한 교육 형태인 이러닝(e-learning)의 보편화 과정을 거쳐 현재는 스마트 기기를 교육에 활용하는 스마트 교육 시대로 접어들고 있다(장상현, 2013). 2000년대 중반까지는 ICT 활용 교육과 이러닝을 통하여 모든 학교에서 인터넷과 멀티미디어 콘텐츠를 수업에 활용할 수 있는 체제가 갖추어 졌다. 2000년대 후반부터는 모바일 기기가 확산됨에 따라 모바일 기기와 학습을 접목한 형태인 모바일 러닝(m-learning)의 학습 형태가 나타

났다. 또한 네트워크로 연결된 학습자간 지식과 정보의 공유 등을 통한 학습의 형태인 소셜 러닝(social learning)도 등장하게 된다. 이 시기에 유사한 개념으로 유비쿼터스와 러닝을 합친 신조어로 유비쿼터스 환경을 접목한 학습 형태인 유비쿼터스 러닝(u-learning)도 제시되었다.

2010년 이후에는 스마트 기기의 등장과 누구나 손쉽게 데이터를 생산하고 공유할 수 있는 사용자 참여 중심의 인터넷 환경인 웹 3.0 기술 등 최첨단 정보통신 기술의 융합 환경이 조성되면서 21세기 자기 주도적 학습 사회의 새로운 패러다임인 스마트 러닝(smart learning)이 등장한다. 특히 2011년 교육과학기술부에 의해 수립된 '스마트 교육 추진전략'은 디지털 교과서 개발·적용, 온라인 수업 평가 활성화, 교육 콘텐츠의 자유로운 이용 등의 국가 정책 추진을 통해 '스마트 교육을 통한 교실 혁명'을 추구하고 있다(교육과학기술부, 2011). 교육환경에 전자칠판, 태블릿, 스마트 기기 등이 적용되면서 정보통신기술 융합 환경에서의 학습의 형태는 교수자에서 학습자 중심의 형태로 더욱 급격히 변화하고 있다. 이러한 정보통신기술 기술의 발전에 따른 교수·학습 방법의 변화를 <그림 2>로 나타내었다.

특징적 학습 형태	ICT활용교육 컴퓨터보조수업 (CAI) 인터넷활용교육 (WBI)	이러닝 학습관리 (LMS)	유러닝		스마트러닝 지능형 맞춤형학습 (Intelligent, adapted)
			모바일 러닝	소셜러닝	
			이동학습 (m-Learning)	적시학습 (Just-in-time)	
주요 기기	데스크탑PC	인터넷PC	모바일노트북 PDA, PMP	스마트폰 스마트TV	스마트기기
시기	1996년 이후	2003년 이후	2005년 이후	2010년 이후	2012년 이후

<그림 2> 정보통신기술의 발전에 따른 교수·학습 방법의 변화(장상현, 2013)

(2) 모바일 러닝과 스마트 러닝의 개념

스마트 기기를 활용한 학습과 관련된 국외 연구에서는 주로 ‘모바일 러닝’이라는 용어가 사용되고 있으며, 국내 연구에서는 ‘스마트 교육’ 혹은 ‘스마트 러닝’이라는 용어로 사용되며 여러 학자들에 의해 연구되고 있다. 모바일 러닝과 스마트 러닝에 대한 개념은 다양하게 확장되고 심화되어 많은 연구자들이 다양한 정의를 내리고 있어 아래와 같이 정리하였다.

1) 모바일 러닝의 개념

모바일 러닝의 개념은 학자들마다 다양하게 정의하고 있는데, 초기 관점은 기술적 측면을 강조하는 접근으로 모바일 러닝을 모바일 폰, PDA, 태블릿 PC 및 디지털 오디오 플레이어 등의 모바일 기기를 활용한 지식의 전달로 정의되어 왔다. MoLeNET(2007)은 모바일 러닝을 유비쿼터스 모바일 기술과 함께 무선 및 모바일 네트워크를 활용한 교수·학습이라고 정의 내렸다. Kinshuk 등(2003)은 모바일 기기를 활용해 학습 자원에 접속하여 이루어지는 학습으로 보았다. 일부 학자들은 이러닝의 연장선에서 모바일 러닝을 정의하기도 하는데, Caudill(2007)는 모바일 러닝을 언제 어디서나 모바일 기기의 도움을 받아 수행할 수 있는 이러닝의 한 형태로 보았다.

그러나 모바일 러닝에 대한 최근의 관점은 정보통신기술의 발달에 의한 교육 패러다임의 변화로 보고 있다. 이 중 하나의 관점이 학습자 중심의 관점인데, 모바일 러닝을 학습자가 주어진 장소에 얽매이지 않고 모바일 기술에 의해 시공간을 초월하여 학습의 기회를 제공받는 것으로 정의 내린다(O'Malley *et al.*, 2005). 또 다른 관점은 개인주의에 초점을 맞추고 있는데, 이 관점에 따르면 모바일 러닝은 개인이 휴대하고 다닐 수 있는 모바일 기기를 통해 정보를 소비하고, 상호 작용하여 정보를 생성해갈 때 개인의 생산성을 높이는 활동이라고 했다(Wexler *et al.*, 2007). 모바일 러닝과 유비쿼터스 러닝을 연관시켜 학습자가 모바일 기술을 이용하여 시간과 장소에 구애받지 않고 진행되는 학습 형태로 설명하는 연구자도 있다(Ng *et al.*, 2009).

이외에도 정보통신기술의 발전에 따라 모바일 러닝에 대한 개념은 다양하게 확장되고 있어 <표 1>에 정리하였다.

<표 1> 모바일 러닝 개념(Zhu et al., 2012 일부 발췌)

연구자	개념
Poslani(2003)	네트워크 형태로 지식이 생산, 전달, 소비되는 교육 방식의 일종
Milrad(2003)	모바일 기기나 무선통신 수단을 사용하는 이러닝의 일종
Georgiev 등(2004)	유선 케이블 망에 연결하지 않고 언제 어디서나 학습할 수 있는 유비쿼터스 학습의 일종
Traxler(2005)	손으로 휴대 가능한 최신 기술의 기기를 이용하여 교육 내용을 전달하는 학습의 일종
Caudill(2007)	모바일 기기와 무선 전송수단을 이용하여 학습 내용이 전달되는 이러닝(E-learning)의 응용 형태
Wexler 등(2007)	포켓이나 지갑에 휴대하고 다니면서 비교적 잘 연결되는 디지털 기기를 이용하여 정보를 소비하고 상호소통하거나 생성해가는 생산적인 학습활동
Ally(2009)	모바일 기기를 사용하여 학습 자료에 접속해서 학습하고 동료 학생, 교수자 또는 교육기관과 소통하는 일련의 과정
Messinger(2011)	학생들이 교실 안팎에서 정보통신기술 및 기기를 이용하여 의미 있는 학습 자료를 접속할 수 있도록 지원하는 일체의 행위

2) 모바일 러닝과 관련된 학습 이론

학습자 중심의 학습 형태인 모바일 러닝은 모바일 기술의 활용 형태에 따라 사회적, 인지적 구성주의 이론 이외에도 행동주의, 인지주의, 상황 학습, 문제 기반 학습, 협력 학습, 평생 학습, 비형식 학습뿐만 아니라 활동 이론, 연결주의, 위치기반 학습 등 다양한 학습 이론을 접목시키고 있다. 이에 모바일 러닝과 관련된 다양한 학습 이론의 내용을 <표 2>에 정리하였다.

<표 2> 모바일 러닝 이론(Keskin & Metcalf, 2011 일부 발췌)

이론	정의	중점 내용	모바일 기술 활용 예시
행동주의 학습	학습은 학습자가 특정한 반응과 자극 사이의 연관성을 적절히 강화시킬 때 발생	모바일 학습에서 정보 및 콘텐츠의 전달 언어 학습, 시험, 실습, 퀴즈, 듣기 및 말하기 반복 연습 및 피드백 모바일 텍스트 메시지를 통한 응답 시스템	학습 애플리케이션 SMS, MMS, 녹음기 모바일 응답 시스템: Qwizdom Turning Point Response System Tell me tech
인지주의 학습	학습은 정보를 처리하고 저장하는 과정을 통한 인지 구조의 재구조화	모바일 학습에서 정보 및 콘텐츠의 전달 멀티미디어 학습 활용 (이중 부호화 이론, 인지적 부담 이론): 이미지, 오디오, 비디오, 읽기자료, 애니메이션	멀티미디어자료 (읽기자료, 비디오, 오디오, 애니메이션, 이미지) SMS, MMS, 이메일 모바일 TV
구성주의 학습	학습은 학습자가 과거와 현재의 지식을 기반으로 새로운 개념이나 생각을 능동적으로 구성하는 과정	맥락 및 콘텐츠에 따른 모바일 학습 사례와 예시 제시 문제해결과 의사소통 애플리케이션 다중 표상 자료 정보 기반 맥락 제시 모바일 학습에서의 협력과 상호작용 학생 사이의 협력과 상호작용 모바일 폰을 활용한 의사소통	휴대용 게임기 시뮬레이션 가상 현실 팟 캐스팅 상호작용적 SMS
상황 학습	학습은 단순히 개인의 지식 습득이 아니라 사회 참여의 과정	모바일 학습에 따른 사회적 맥락과 사회적 참여자 협력과 사회적 상호작용 문제해결과 의사소통 협동 학습 일터학습	자연 과학 학습 의학 교육 박물관 학습 시스템기반 모바일 학습 활동
문제기반 학습	학습은 반성적 사고를 할 수 있는 문제를 통해 학생들의 비판적 사고 기술 개발을 목표로 함	모바일 학습에 따른 문제 기반 맥락 문제 해결 협력적 사회적 상호작용	의학 교육 간호학 교육 시뮬레이션 SMS, MMS 음성 응답 시스템
협력 학습	학습은 학생 사이의 협력과 상호작용에 의해 촉진됨	모바일 학습에 따른 협력과 상호작용 능동적 학습자 사회적 맥락 모바일 폰을 통한 동료 학습자간의 상호작용	모바일 보조 언어 학습 모바일 응답 시스템 협력학습을 지원하는 휴대용 컴퓨터 Web 2.0 도구, 이메일, 게임

평생 학습	학습은 항상 이뤄지고, 우리가 직면한 특별한 상황이나 환경에 의해 영향을 받음	모바일 학습에서의 평생 학습 정보와 상호작용 팟캐스팅 정보 자원 모바일 웹 사이트	소셜네트워크(Blogs, Wikipedia, Twitter, Youtube) 팟캐스트 이메일
비형식 학습	학습은 고정적인 교과 과정이나 교수 활동에 얽매이지 않고, 자율적으로 자연스럽게 발생하는 학습 과정	비형식 모바일 학습에서 교육 콘텐츠와의 상호작용 모바일 정보 자원 박물관에서의 모바일 학습 현장 학습 과학 현장 학습	소셜네트워크(Blogs, Wikipedia, Twitter, Youtube) 팟캐스트 이메일
활동이론	학습은 세 가지 요소인 주체(학습자), 객체(과제 또는 활동), 활동에 영향을 주는 사회적 맥락에서의 매개체 또는 인간 행동에 의해 발생	모바일 학습에서 사회적 맥락에 따른 학습자의 행동 능동적 학습자 사회적 맥락	박물관, 미술관 전시 SMS를 통한 설문 조사 모바일 게임 멀티미디어
연결주의	학습은 특정한 정보 자원이나 노트들과 연결되는 과정	정보의 다양성 모바일 학습의 자원 특정한 노트와의 연결 정보 자원 지속적인 학습 촉진 지식 관리 의사 결정	소셜네트워크(Blogs, Wikipedia, Twitter, Youtube) 팟캐스트 이메일 토론 플랫폼
위치 기반 학습	위치 기반 학습은 학생의 물리적 위치에 기반한 적시 학습을 지원함	모바일 학습에서의 위치 맥락 개념적 지식 적용 구성주의 환경 몰입형 활동	현장 학습 고고학 연구 위치 기반 게임 가상현실 구글맵, GPS, RFID

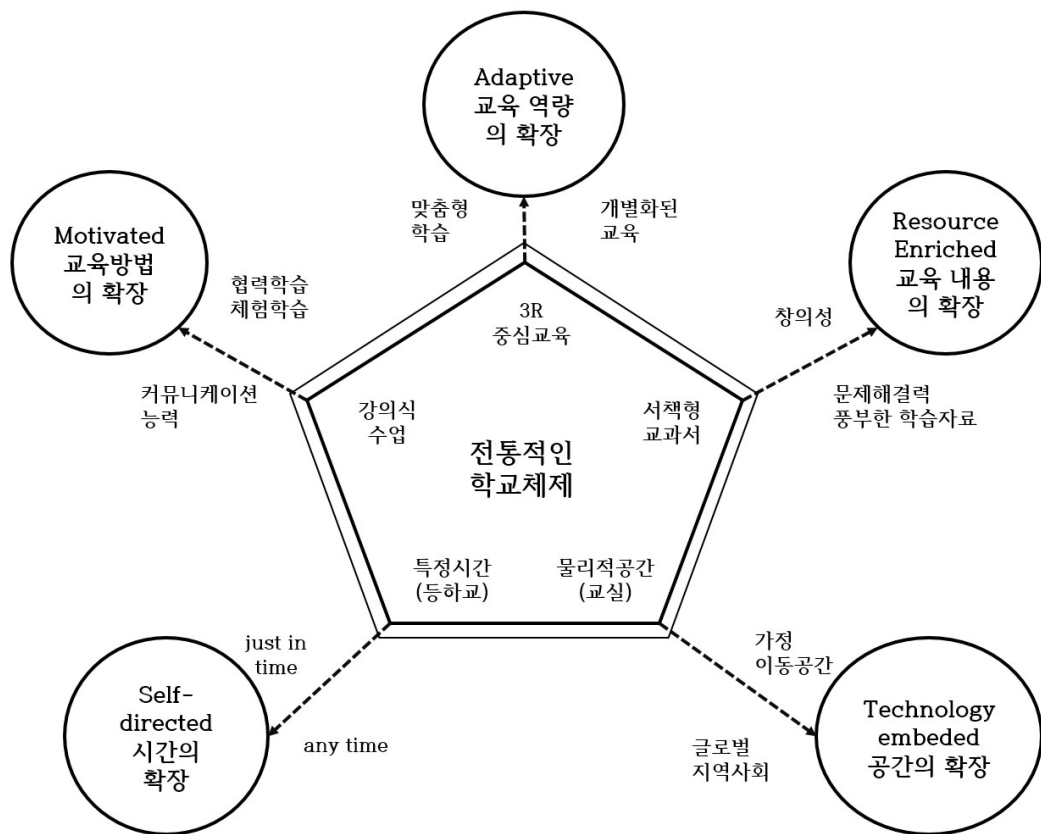
3) 스마트 러닝의 개념

스마트 러닝은 국내의 스마트 기기의 확산으로 인해 스마트 기기를 교육에 활용하려는 연구들과 국가 차원의 스마트 교육 정책 추진이 함께 연계되어 만들어진 신조어이다. 유러닝의 범주에 포함시키기도 하고 이러닝에서 확장시키는 등 정확한 정의는 아직 불분명하지만 다양한 연구와 정의가 내려지고 있다. 현재 보편적인 의미로 사용되는 스마트 러닝은 과거의 이러닝과 유러닝을 포괄하며 스마트 기기를 활용한 형태의 학습을 의미한다. 여러 연구자들이 제시한 스마트 러닝의 다양한 개념을 <표 3>에 제시하였다.

<표 3> 스마트 러닝 개념

연구자	개념
곽덕훈(2010)	학습자의 다양한 학습 형태와 능력을 고려하여 학습자의 사고력, 소통능력, 문제해결능력 등의 개발을 높이며 협력학습과 개별학습을 위한 기회를 창출하여 학습을 보다 즐겁게 만드는 학습으로서 장치보다 사람과 콘텐츠에 기반을 둔 발전된 ICT 기반의 효과적인 학습자 중심의 지능형 맞춤형 학습
교육과학기술부(2011)	21세기 지식정보화 사회에서 요구되는 새로운 교육방법, 교육과정, 평가, 교사 등 교육체제 전반의 변화를 이끌기 위한 지능형 맞춤 교수·학습 지원체제로서 최상의 통신 환경을 기반으로 인간을 중심으로 한 소셜러닝(social learning)과 맞춤형 학습(adaptive learning)을 접목한 학습 형태
노규성 등(2011)	스마트형 정보통신기술을 학습활동에 접목하여 학습원천정보에 가장 손쉽게 접근할 수 있고, 학습자간, 학습자-교수자간 상호작용을 효과적으로 지원하며, 자기주도적인 학습을 가능하게 하는 학습자 주도형의 인간중심적인 학습 방법
장재경(2011)	정보통신 기반의 스마트 기기를 활용하여 학습자가 학습활동에 적극적으로 참여하고, 학습자의 상황정보가 실시간으로 인지되어 그에 따른 적절한 피드백이 적시에 제공됨으로써 전개되는 활발한 상호작용에 기반한 학습자 주도의 지능적·협력적 학습을 지원하는 학습 체제
강인에 등(2012)	스마트 기기 및 소셜 미디어를 활용하여 학습에서의 상호작용을 극대화한 학습으로서 형식학습과 비형식학습의 융합, 강화된 실재감, 학습의 외연적 확대, 앱 기반의 다양한 학습활동이 이루어지는 학습 환경
방성희(2012)	스마트 기기를 활용하여 학습자 맞춤형 학습과 협력학습을 지원하는 학습자 중심의 자기주도적 학습 형태
임정훈, 김상홍(2013)	첨단 스마트 기기의 활용, 지능적·적응적·맞춤형 학습, 소셜네트워크 활용, 사고력과 문제 해결력 신장을 위한 학습
김현주, 임정훈(2014)	스마트 기기를 활용하여 소셜 네트워크 기반의 활발한 상호작용이 가능한 학습 환경에서 학습자가 자기 주도적으로 학습활동에 참여할 수 있게 하고, 스마트 기기의 다양한 기능과 앱을 기반으로 하여 학습자 상호간 협력을 통하여 문제를 해결할 수 있는 협력적 학습을 지원하는 학습 체제
권성호 등(2014)	클라우드 컴퓨팅, 무선 네트워크, 스마트 기기, 온라인 도구와 같은 정보통신기술을 활용하여 수업의 효율성과 효과성이 극대화되도록 21세기 학습자 역량을 지원하는 교육

특히 교육과학기술부(2011)는 스마트 교육의 개념과 특징을 <그림 3>과 같이 제시하고 있다. 스마트 교육을 “21세기 지식정보사회에서 요구되는 지능형 맞춤형 교수·학습 체제로 교육과정, 교육내용, 교육방법, 교육평가 등 교육체제 전반의 변화를 통해 언제 어디서나 개인의 소질이나 수준에 맞는 학습이 가능한 미래인재양성 시스템”이라 정의하였다.



<그림 3> 스마트 교육의 개념과 특징(교육과학기술부, 2011)

한국교육학술정보원(2012)은 스마트 교육을 실행하기 위한 수업 시나리오를 연구하면서 스마트 교육 개념에 대해 아래와 같이 설명하고 있다.

- 시간의 확장: 특정 시간이 아닌 언제 어디서나 자기 주도적으로 학습할 수

있는 시간의 확장이라고 하였다.

- 교육 방법의 확장: 강의식 수업에서 협력 학습과 체험 학습 등이 더욱 활발히 이루어질 수 있는 교육 방법의 확장이라고 보았다.
- 교육 역량의 확장: 정형화·획일화된 교육 내용이 디지털교과서와 온라인 평가 등을 통해 맞춤형 학습과 개별화된 교육이 가능한 교육 역량의 확장을 들었다.
- 교육 내용의 확장: 디지털교과서를 통해 다양한 멀티미디어 자료 제공, 학습의 흥미와 문제해결력을 증진하는데 도움을 주는 교육 내용의 확장을 들었다.
- 공간의 확장: 클라우드 기반 학습 환경과 온라인 학습을 통해 학습자의 학습 기회와 학습권이 확대되고, 언제 어디서나 학습을 지원할 수 있는 공간의 확장을 들고 있다.

지금까지 모바일 러닝과 스마트 러닝의 개념을 살펴본 결과 거시적으로는 교육 패러다임의 전환으로 볼 수 있고, 미시적으로는 스마트 기기를 활용한 교수·학습 형태의 변화로 볼 수 있다. 즉, 좁게는 스마트 기기 활용을 통하여 공유, 협력, 상호작용, 자원접근성을 강화시켜 21세기 학습자의 역량 강화를 목적으로 하는 교수·학습 형태이고, 넓게는 이러닝이 나아가야 할 방향을 제시하는 교육 패러다임의 측면에서 교육 환경, 교육 내용, 교육 방법 및 평가 등 교육 체제의 총체적인 변화로 볼 수 있다. 따라서 교수·학습 방법의 변화 측면에서만 본다면 모바일 러닝과 스마트 러닝을 모두 포괄하여 스마트 기기 활용 학습이라는 용어로 사용해도 무방할 것이다.

(3) 스마트 기기 활용 학습의 특성과 유형

강인애 등(2012)은 스마트 러닝의 주요한 특징을 알아보기 위해 기존의 선행 연구에서 제시한 개념과 수업 사례 등을 바탕으로 다음과 같은 5가지 특성을 도출하였다.

첫째, 스마트 러닝의 중요한 특성은 사회적 학습으로 ‘협력적 학습’, ‘상호작용’,

‘관계형성’ 등을 핵심으로 한다. 학습자간의 소통 및 상호작용성과 즉흥성, 즉시성을 포함한 학습 활동이 중요한 특징이다.

둘째, 언제, 어디서나 학습이 이루어지는 상시성을 특성으로 한다. 개인이 소지하는 스마트 기기와 무선 인터넷 기기는 언제나 접속 가능한 학습 환경을 가능하게 한다. 이러한 상시성을 바탕으로 학습의 경계는 교실을 벗어나 학교 밖까지 확장된다.

셋째, 맞춤형 학습을 가능하게 하는 적응적인 특성을 지니고 있다. 스마트 기기는 위치기반 또는 상황 인지가 가능하여 개인 학습자나 그룹이 처한 특정 환경이나 상황(사용자의 위치, 사용자의 개별적 상태나 요구, 물리적 환경 상황 등)에 대한 정보를 감지하여 그에 적절한 대응(사용자가 원하는 특정 정보 제공, 또는 특정 활동이나 서비스의 수행 등)을 수행하게 할 수 있게 되었다(지동준, 양정진, 2006; Yang, 2006). 스마트 기기를 활용하는 경우 학습자 개인의 개별적 경험, 지식, 관심에 적응적인 개별화 맞춤형 학습이 가능하다.

넷째, 학습이 학습자의 실제 삶과 밀접하게 연관되어 실제성을 띤다. 스마트 기기를 활용한 학습은 상시적이므로 형식적 교육과 비형식적 교육과의 경계가 없어지고 일상 생활 자체도 지속적으로 학습자의 학습 환경으로 확장되어간다. 이러한 실제성은 학습에 개별 학습자와의 직접적 관련성을 부여하여 학습에 대한 재미, 관심, 동기를 향상시킨다(Barab *et al.*, 2005).

다섯째, 스마트 기기를 활용한 학습 활동은 테크놀로지를 기반으로 하여 이루어진다. 스마트 기기는 전면적이고 포괄적으로 누구나 손쉽게 활용이 가능한 형태와 기능을 지니고 있어 학습자의 학습을 지원하는 효과적인 도구가 된다. 스마트 기기를 활용한 학습은 스마트 폰, 소셜 미디어뿐만이 아니라 이들의 인프라로서 다양한 멀티플랫폼(스마트 폰 플랫폼, 태블릿 PC 플랫폼 등) 또는 클라우드 컴퓨팅을 기반으로 한다(이준희, 2005).

한편, 스마트 기기가 지니는 이동성이라는 특징은 스마트 기기를 활용한 학습의 효과에 긍정적인 영향을 미친다. Klopfer와 Squire(2008)는 ‘이동성, 사회적 상호작용, 상황 및 개별성’을 모바일 러닝의 특성으로 언급하면서 특히 ‘이동성’은 모바일 기술을 다른 신기술과 구별해주는 가장 독특한 특징이며, 이 요소로 인해 스마트 기기를 활용한 학습의 개별화와 상호작용이 강화된다고 보았다.

Gay 등(2002)은 모바일 기기의 이동성을 네 가지 수준으로 위계를 나누고 이 위계에 기초하여 모바일 러닝의 목표와 적용 사례를 <그림 4>와 같이 제시하였다.

이동성 수준		적용 사례	학습 목표
4단계	의사소통과 협업	<ul style="list-style-type: none"> • 실시간 채팅 • 주석 • SMS • 무선 이메일 	<p>상호작용 중심 소집단 학습 동시적</p> <p>↑</p> <p>이동성</p> <p>↓</p> <p>비동시적 개별 학습 콘텐츠 중심</p>
3단계	정보 수집과 통합	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워크 정보 • 정보 수집 및 통합 • 전자 도서관 	
2단계	유연한 물리적 접근	<ul style="list-style-type: none"> • 지역기반 정보 • 상호작용 촉진 • 적시 학습 	
1단계	생산성	<ul style="list-style-type: none"> • 캘린더관리 • 스케줄관리 • 정보 접근 • 우선순위 관리 	

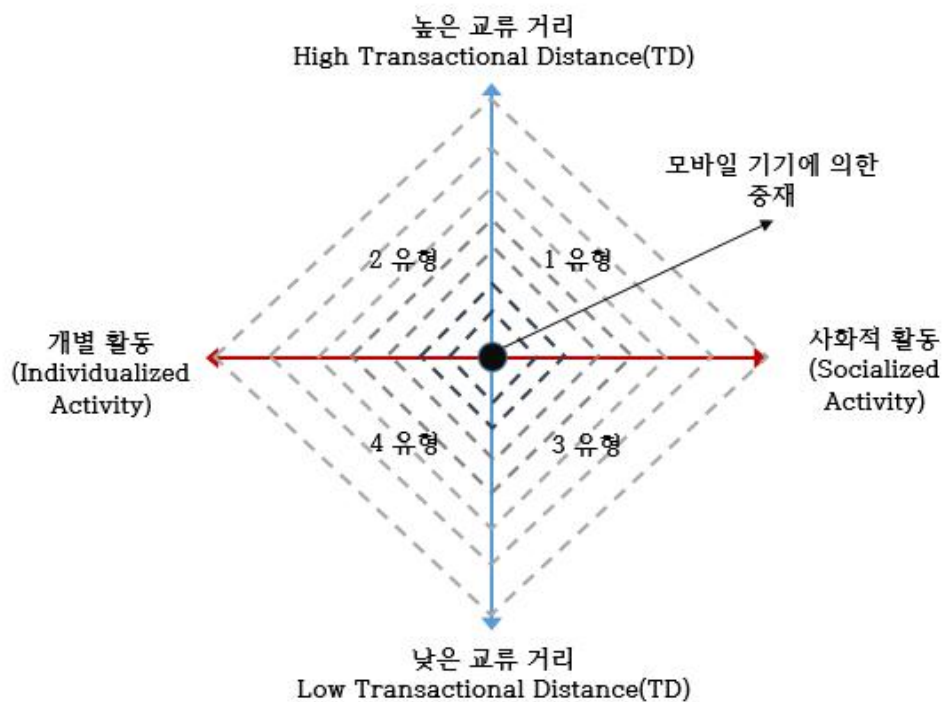
<그림 4> 모바일 기기의 이동성의 수준에 따른 학습 활동 적용사례 및 학습 목표와의 관계(Gay et al., 2002)

1단계의 생산성 수준에서는 모바일 러닝의 형태가 콘텐츠 중심적이거나, 4단계의 의사소통과 협업의 수준에서는 의사소통 중심으로 변해간다. 1단계의 생산성 수준에서는 개별 학습을 목표로 하고, 4단계의 의사소통과 협업의 수준에서는 여러 학습자와 협업하는 협력 학습을 목표로 한다. 2단계인 유연한 물리적 접근 수준과 3단계인 정보 수집과 통합 수준에서는 모바일 러닝의 형태는 개인 여행 가이드, 컴퓨터 보조 교육, 정보 수집 활동, 전자 도서관 및 무선 이메일과 같은 중간 수준의 적용 형태가 될 것이다.

위에서 제시한 이동성의 위계 구조에서 알 수 있듯이 모바일 기술에는 두 가지의 상대적인 특성이 나타난다. 개인의 일정을 관리하는 등의 기능을 적용하는 경우에는 개인의 조직 기술 및 또는 자기 주도 학습 능력을 높이는 데 유용한 반면에 실시간 채팅 및 정보 공유 등의 기능을 적용하는 경우에는 상호작용과 협업을

통해 새로운 지식을 구성하는 데 도움을 준다. 이것은 모바일 기기를 학습에 활용하는 경우 학생들이 집단적이거나 개별적으로 정보를 생산하거나 소비하는 데 도움을 줄 수 있다는 것을 보여준다(Koole, 2009).

한편, Park(2011)은 모바일 러닝의 유형을 교수자와 학습자 간의 교류 거리의 측면과 개별화 활동과 집단적(또는 사회적) 활동 측면에서 크게 4가지 형태로 나눌 수 있다고 제안했다(그림 5).



<그림 5> 모바일 러닝의 4가지 유형(Park, 2011)

유형 1은 HS(High transactional distance and Socialized mobile learning activity) 형태로 학습자가 교수자와 넓은 교류 거리를 가지고 있고, 집단적 모바일

1) 교류 거리(Transactional Distance)는 교수자와 학습자 간의 교육적(pedagogical) 거리를 의미한다(Moore, 1993). 교류 거리 이론은 원격교육 분야에서 제시된 이론으로 교수자와 학습자간의 물리적 거리를 해소하기 위해 의사소통 매체에 의한 중재가 개입되고, 학습 과정에서 교수자와 학습자와의 교류 작용에 영향을 미치는 교육적·심리적 간격을 교류 거리라고 한다.

일 러닝 활동을 할 때 해당되는 유형이다. 이 유형의 모바일 러닝은 1) 학습자와 교수자의 심리적 관계가 약하고, 의사소통 활동도 적다 2) 집단 학습이나 프로젝트 학습을 통해 학습자 간 협력 학습을 수행한다 3) 학습 자료 또는 활동 규칙은 모바일 장치를 통해 전달된다 4) 교류가 주로 학습자들 사이에서 일어나고, 교수는 집단 학습 활동을 촉진하는데 최소한의 개입만 한다. 이 유형은 모바일 러닝을 활용하여 소집단 학습을 하면서 주어진 과제를 수행하는 형태의 학습에 적합하다.

유형 2는 HI(High transactional distance and Individualized mobile learning activity) 형태로 학습자가 교수자와 넓은 교류 거리를 가지고 있고, 개별화된 모바일 러닝 활동을 할 때 해당되는 유형이다. 이 유형의 모바일 러닝은 1) 학습자와 교수자의 심리적 관계가 약하고, 의사소통 활동도 적다 2) 학습자는 개별적으로 모바일 기기를 통해 구조화되고 잘 구성된 콘텐츠 및 리소스(예: 강의 동영상, 읽기 자료 등)를 전달 받는다 3) 학습자는 내용을 숙지하고 습득하기 위해 개별적으로 학습 과정을 제어한다 4) 상호 작용은 주로 개별 학습자와 콘텐츠 간에 발생한다. 이 유형은 모바일 기기의 유연성과 이동성으로 확장된 이러닝의 형태로도 볼 수 있다. 개별 학습자는 자신의 모바일 라이프 스타일에 맞춰 유연한 학습을 조정할 수 있다.

유형 3은 LS(Low transactional distance and Socialized mobile learning activity) 형태로 학습자가 교수자와 좁은 교류 거리를 가지고 있고, 집단적 모바일 러닝 활동을 할 때 해당되는 유형이다. 이 유형의 모바일 러닝은 1) 학습자와 교수자의 심리적 관계가 강하고, 의사소통 활동도 활발하다 2) 수업은 느슨하게 구조화되어 학습자의 참여 기회가 많다 3) 주어진 문제를 해결하고 공동의 목표를 달성하기 위해 집단 학습을 한다 (4) 학습자는 다른 학습자와 활발한 사회적 상호작용과 의사소통을 한다. 이 유형은 모바일 기기의 융통성과 학습자의 사회적 상호작용 측면에서 가장 발전된 형태의 모바일 러닝으로 제안된다.

유형 4는 LI(Low transactional distance and Individualized mobile learning activity) 형태로 학습자가 교수자와 좁은 교류 거리를 가지고 있고, 개별화된 모바일 러닝 활동을 할 때 해당되는 유형이다. 마지막 유형의 모바일 러닝은 1) 학습자와 교수자의 심리적 관계가 강하고, 의사소통 활동도 활발하다 2) 수업의 구조는 느슨하게 설계되어있고, 비정형화된 학습 콘텐츠를 제공한다 3) 개별 학습자는 교수자와

직접 상호작용 한다 4) 교사는 개별 학습자의 요구를 충족시키면서 학습을 이끌고 제어하면서도 학습자의 독립성을 유지해준다. 이 유형은 블렌디드 또는 하이브리드 학습을 지원하는 모바일 러닝 형태로 적합하다.

지금까지 스마트 기기를 활용한 학습의 특성과 유형에 대해 살펴본 결과, 스마트 기기를 활용한 학습은 학습자 중심의 다양한 학습 유형에 적용될 수 있는데 많은 연구자들이 대표적으로 적응적 개별화 학습과 집단 학습의 동시적 구현이 가능해 질 수 있다는 것을 제안하고 있다(강인애 등, 2011; Gay *et al.*, 2002; Koole, 2009; Park, 2011). 적응적 개별화 학습은 개인별로 효과적인 정보 처리나 사고 과정을 지원하는 학습체제로 이와 같은 사고 과정의 지원을 위해서는 학습 과정에 대한 점검과 적절한 정보의 제공 기능이 구현되어야 한다. 또한 집단 학습 과정을 촉진시키기 위해서 가장 중요한 것은 정보나 사고 과정의 공유이다. 이 두 가지의 학습 형태는 스마트 기기의 이동성과 모바일 네트워크를 기반으로 한 정보통신 융합 환경에서 효과적으로 구현될 수 있다. 이제 스마트 기기와 같이 이동성과 상호작용성이 강화된 교수·학습 매체는 더 이상 보조적 수단이 아닌 다양한 학습 활동을 지원하는 사회·인지적 도구의 역할을 수행하게 될 것이다. 즉, 스마트 기기는 단순한 정보제공자의 역할을 벗어나 학습과정을 중재하는 기능을 수행한다는 것이다 (Park, 2011). 따라서 스마트 기기를 활용한 개별화 학습과 집단 학습을 동시에 지원하기 위해서는 다양한 매체 환경에서 교수자와 학습자의 상호작용이 중요하며, 매체에 의해 중재된 사고 과정 및 협력 과정에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

(4) 스마트 기기 활용 학습에 대한 선행 연구

1) 스마트 기기 활용 학습에 대한 인식과 요구 조사

스마트 기기의 등장과 국가의 스마트 교육 정책의 추진으로 인하여 수업 현장에 스마트 기기를 활용하려는 시도들이 지속적으로 이뤄지고 있다. 그러나 스마트 기기를 활용한 수업의 실행 주체인 교사들에 대한 인식 조사 결과, 학교 인프라의 부족, 교원의 역량 부족, 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법에 대한 연수 부족 등의 이유로 스마트 기기를 활용한 수업의 실행에 어려움을 겪고 있는 것으로 보고되었다. 스마트 기기 활용 학습에 대한 교사들의 인식과 요구 조사에 대한 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

박성열 등(2012)은 교사의 개인 배경 및 이해 수준이 스마트 교육 태도에 미치는 영향 연구에서 교사들의 성별, 연령, 기기 보유여부 등의 개인 변인과 스마트 교육 이해 수준이 스마트 교육에 대한 태도에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 이해 수준과 연령이 주요한 변인으로 확인되었고, 향후 스마트 교육에 대한 교사들의 이해 및 태도 수준, 교사의 연령을 고려한 교사 교육 등이 요구된다고 밝혔다.

전수진과 한선관(2012)은 최신 정보기술에 대한 초등교사의 인식과 태도에 관한 연구에서 S-러닝, 소셜 네트워크 서비스, 웹 3.0 등의 최신 정보 기술 교육의 필요성, 정보기술의 교육적 영향에 대한 교사의 인식과 태도를 조사하였다. 이 연구에서 최신 기술들에 대한 교사들의 인식과 이해도는 낮았으나, 최신 기술을 활용한 교육이 중요하고 교육에 미치는 영향이 크다고 보았다. 그러나 관련 업무를 담당하거나 학생들의 교육에 적용하는 것에 대해서는 어려워하고 있는 것으로 나타났다.

설문규와 손창익(2012)은 초등학교에서 스마트 교육에 대한 교사들의 활용 인식 조사 연구에서 교사 개인의 스마트 기기 환경의 제반적 여건은 일반 이용자와 비슷하다고 보았다. 그러나 교육 현장에서 스마트 교육을 효과적으로 수행하기 위해서 교육 환경, 교육 과정과 제도적인 측면에서의 제반 여건들이 지원되어야 한다고 제안하였다.

김상연(2013)은 스마트 교육 경험 집단과 비 경험 집단 간 활용 의도 경로계수의 차이를 분석하는 연구에서 스마트 교육 무경험 교사 집단에서 수업 부담감이

교사 효능감을 낮게 하고, 스마트 교육 경험 교사 집단에서는 스마트 교육에 대한 태도, 조직 시민 행동이 활용 의도에 영향을 주는 것으로 나타났다. 또 교사 효능감이 스마트 교육에 대한 태도, 조직 시민 행동에 더 크게 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

스마트 기기를 활용한 학습은 학습자 중심의 학습 형태로 구성주의 학습 이론에 근거하여 교실 환경에서의 적용 방안에 대한 관심이 지속적으로 확대되고 있다. 그럼에도 불구하고 실제 학교 현장에서 스마트 기기 활용 학습의 도입과 적용은 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다(정한호, 2016). 스마트 기기 활용 학습 환경 구축의 어려움, 스마트 기기 활용의 어려움, 학습 콘텐츠의 부족, 학습 몰입의 어려움, 교육 지원 체제의 부족 등이 학교에서의 스마트 기기 활용 학습의 적용을 저해하는 요소로서 지적되고 있다(권성호 등, 2014; 임정훈, 안순선, 2014).

2) 스마트 기기 활용 학습의 효과

휴대용 컴퓨터, PDA, 휴대용 전화기와 스마트 폰까지 정보통신기술의 발달에 따라 발전된 다양한 형태의 스마트 기기는 교실 수업과 야외 학습 모두에서 큰 잠재력을 가진 학습 도구가 될 수 있다. 따라서 많은 연구자들이 스마트 기기를 교육에 활용하려고 시도하였고, 그 교수·학습 효과를 조사하였다.

Sung 등(2016)은 다양한 형태의 모바일 러닝의 선행 연구 결과들을 통합하고 재분석하기 위하여 1993년부터 2013년까지 10년간 학술지에 발표된 110개의 연구를 대상으로 메타 분석을 진행하였다. 모바일 러닝의 효과에 영향을 미치는 변인별로 조사하기 위해 연구 대상, 연구 기간, 구현 환경, 교수 방법 등 연구 변인 별로 각각의 비중과 평균 효과 크기를 계산하여 <표 4>과 같이 제시하였다.

<표 4> 연구 변인별 모바일 러닝의 교수·학습 효과(Sung *et al.*, 2016)

연구 변인		연구 수	ES	Percentile
연구 대상	취학전/유치원	1	.103	0.5
	초등학교	38	.654	23.2
	중학교	10	.512	11.2
	고등학교	10	.390	11.2
	대학교	43	.599	30.5
	성인교육	2	2.474	1.0
	혼합형태	8	.084	22.4
연구 기간	명시 안됨	7	.782	5.5
	4시간 이하	23	.521	20.5
	4시간 이상~24시간 이하	2	.385	4.3
	1일 이상 7일 이하	5	.369	2.1
	1주 이상 4주 이하	28	.643	22.7
	1개월 이상 6개월 이하	36	.630	23.9
	6개월 이상	9	.290	21.0
하드웨어 형태	명시 안됨	2	1.421	1.9
	초소형 컴퓨터	40	.743	20.8
	노트북	14	.276	26.0
	태블릿 PC	8	.615	4.5
	휴대폰	24	.676	20.0
	아이팟 또는 MP3 플레이어	5	.524	3.8
	전자책 단말기	2	-.693	9.8
	디지털 펜	1	.217	0.2
	휴대용 사전	2	-.160	2.6
	CSR(교실응답시스템)	8	.369	7.4
	혼합	4	.273	2.9
소프트웨어 형태	명시 안됨	3	.355	6.9
	범용 형태	38	.494	53.2
	학습 지향적 형태	69	.626	39.9
구현 환경	명시 안됨	2	.700	0.7
	교실	55	.487	57.8
	박물관	4	.833	3.1
	실험실	3	.329	2.9
	야외 학습	17	.760	6.4
	제한 없음	18	.480	22.4
	직장	3	.247	3.3
	혼합	8	1.032	3.3

<표 4 이어서> 연구 변인별 모바일 러닝의 교수·학습 효과(Sung *et al.*, 2016)

연구 변인		연구 수	ES	Percentile
교수 방법	명시 안됨	9	.186	20.0
	강의	13	.556	10.7
	탐구/발견 학습	13	.920	6.0
	협동학습	9	.261	14.3
	문제 해결	10	.572	7.6
	게임기반 학습	4	.404	1.7
	자기주도학습	34	.521	29.1
	팟캐스팅	1	.153	1.4
	컴퓨터기반 평가	6	.660	1.9
	프로젝트기반 학습	1	2.551	1.7
	혼합	10	.847	5.5
과목 영역	언어(모국어)	41	.593	40.3
	사회학	5	.776	2.4
	과학	27	.578	18.6
	수학	12	.338	9.8
	다학문	1	.333	1.4
	특정 능력	5	.103	5.7
	건강 관리 프로그램	7	.535	4.3
	교육학	3	.381	1.4
	심리학	3	.467	1.7
	컴퓨터 및 정보 기술	14	.716	14.3

모바일 러닝의 연구의 대상 중 가장 큰 비중을 차지한 것은 대학생 대상 (38.4%)의 연구였고, 그 다음으로 초등학생 대상(33.9%)의 연구가 큰 비중을 차지하고 있었다. 사용한 소프트웨어의 형태는 학습 지향적 소프트웨어(62.7%)가 범용 소프트웨어(34.5%)보다 높았다. 휴대용 기기(PDA, 휴대폰, iPod, MP3 플레이어, 디지털 펜, 휴대용 사전 및 교실 응답 시스템) 형태(72.7%)가 가장 많이 사용된 하드웨어였고, 그 다음으로 노트북(노트북, 태블릿 PC 및 전자책 단말기) 형태(21.8%)가 많이 사용되었다. 구현 환경은 교실(50.0%), 야외 학습(15.5%), 환경에 제한 없는 경우(16.4%) 순으로 높게 나타났다. 적용된 교수·학습 방법의 경우 자기주도학습 방법 (30.9%)이 가장 높게 나타났다. 가장 비중이 높은 연구 기간은 1개월 이상 6개월

이하(32.7%)였고, 그 다음으로 1주 이상 4주 이하(25.5%), 4시간 이하(20.9%) 순으로 높게 나타났다. 과목 영역으로는 언어(모국어)(34.7%)가 가장 많이 연구되었고, 그 다음으로 과학 영역(22.9%)에서 많은 연구가 이루어졌다. 한편, 10년 동안의 기간 동안 하드웨어 형태와 구현 환경, 과목 영역에서 큰 변화를 보였는데, 이러한 현상은 모바일 기술의 급속한 발전에 그 원인이 있다. 특히, 노트북과 혼합 형태, 초소형 기기(휴대 전화 등)들은 2009년과 2013년 사이에 사용 비중이 증가했는데, 이러한 형태의 모바일 기기가 최신 트렌드라는 것을 보여준다. 또한 비형식 학습 환경(박물관, 야외 학습 등), 제한되지 않은 환경, 형식 학습 환경(교실, 실험실 등)에서의 연구도 2004에서 2008년 사이에 급증하게 되므로, 이러한 환경에서의 모바일 러닝이 많이 이뤄진 것을 알 수 있다.

모바일 기기를 활용한 교수·학습의 전체적인 평균 효과 크기는 0.523으로 데스크탑 컴퓨터를 사용하거나 모바일 기기를 사용하지 않은 교수·학습 방법보다 전반적인 효과가 더 크게 나타났다. 하드웨어 형태에서는 노트북보다는 초소형 기기(휴대 전화)를 사용하는 경우가 그 효과가 더 크게 나타났다. 교수·학습 방법에서는 탐구 형태의 교수 방법이 강의, 자기주도학습, 협동학습, 게임 기반 학습보다 효과가 크게 나타나 모바일 기기를 활용할 때 가장 효과적인 교수 방법은 탐구 형태의 교수 방법인 것으로 나타났다. 구현 환경에서는 비형식 학습 환경이 형식 학습 환경보다 그 효과가 더 크게 나타났다.

한편, Liu 등(2014)은 연구의 대상을 특정하여 초·중등학생을 대상으로 모바일 러닝을 적용한 연구를 조사하였다. 초·중등학생 대상의 모바일 러닝의 교수·학습 효과를 <표 5>에 정리하였다.

<표 5> 초·중등학생 대상의 모바일 러닝의 교수·학습 효과(Liu *et al.*, 2014)

연구자	대상	사례수	과목	기기형태	결과 ¹⁾
Chu 등(2010)	초등학생	57명	자연 과학	PDA (초소형 PC)	S.P.
Huang 등(2010)	초등학생	32명	자연 과학	PDA (초소형 PC)	S.P.
Sung 등(2010)	중학생	65명	사회학	PDA (초소형 PC)	S.P.
Chang 등(2011)	초등학생	103명	자연 과학	태블릿 PC	N.
Hwang 등(2011)	초등학생	70명	자연 과학	스마트폰	S.P.
Wood 등(2011)	초등학생	114명	영어 (모국어)	스마트폰	N.
Hwang & Chen(2012)	초등학생	60명	영어 (ESL 환경)	PDA (초소형 PC)	S.P.
Kiger 등(2012)	초등학생	87명	수학	아이팟 (휴대용 미디어 기기)	S.P.

¹⁾ S.P.: Significantly Positive ($p < .05$), N.: Non-Significant ($p > .05$).

분석 결과 일부 연구들은 스마트 기기를 활용한 집단의 학업 성취도가 전통적인 수업 집단보다 더 높게 나타났다고 보고하였다(Chu *et al.*, 2010; Huang *et al.*, 2010; Hwang & Chen, 2012; Hwang *et al.*, 2011; Kiger *et al.*, 2012; Sung *et al.*, 2010). Chu 등(2010)은 자연 과학 수업에서 무선 주파수 식별 기술을 적용한 모바일 학습 시스템을 활용한 결과, 초등학생들의 학업 성취도와 학습 태도를 향상시킨다고 보고하였다. Hwang과 Chen(2012)의 연구에서는 영어 수업에서 PDA를 활용한 실험 집단의 학생들이 듣기와 말하기 영역의 학습 성과에서 유의미하게 향상된 결과를 보였다. Sung 등(2010)은 모바일 기기를 활용한 박물관 가이드 시스템을 활용한 결과 전통적인 학습 활동지를 활용한 것보다 학습자간, 학습자와 전시물간의 상호작용을 더 향상시켰다고 보고하였다.

한편, 스마트 기기를 활용한 학습 결과가 통계적으로 유의미한 효과를 보이지 않는다고 보고한 연구들도 있었다(Chang *et al.*, 2011; Wood *et al.*, 2011). Wood 등

(2011)은 문자 메시지만 사용할 수 있는 휴대폰을 주말과 방학기간 동안 주어서 학생들의 문해력 능력에 영향을 주는지 조사하였다. 연구 결과 학생들의 채팅 용어 사용이 문해력 발달에 유의미한 영향을 주지 않았고, 문자 메시지를 보내는 행위가 문해력 발달에 부정적인 영향은 주지 않는 것으로 나타났다. Chang 등 (2011)의 연구에서는 모바일 기기를 사용하여 웹케스트²⁾ 학습을 진행한 경우 전통적인 교실 환경에서 웹케스트를 사용한 경우의 학업 성과보다 통계적으로 유의미하게 향상되지 않는 것으로 나타났다.

초등학교의 사회 과학 수업 시간에 모바일 기기와 무선 네트워크 커뮤니케이션을 통한 모바일 탐색 활동을 제안한 Shih 등(2010)은 야외 활동과 디지털 학습 활동의 연계를 통해 실제 삶과 밀접한 학습을 강조하는 모바일 학습 전략을 개발하고 그 효과를 조사하였다. 학생들의 인지적 부하를 고려한 상태에서 학생이 자기 주도적으로 지식을 구성하는 것을 도와주기 위해 탐구 기반 모바일 학습 접근법 (inquiry-based mobile learning approach)을 적용하였으며, 그 교수 효과를 조사하기 위하여 33명의 대만 초등학교 5학년 학생들을 대상으로 유적 조사를 위한 탐구 기반 모바일 학습을 실시하였다. 사전-사후에 실시된 설문조사와 관찰 기록, 집단 인터뷰를 통하여 양적인 측면과 질적인 측면의 결과 수집과 분석이 이루어졌다. 연구 결과 탐구 기반 모바일 학습 전략을 사용한 경우 학업 성과 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다.

임정훈과 안순선(2014)은 초등학교 스마트 패드 활용 수업의 교육적 유용성과 문제점에 관한 질적 연구에서 스마트 기기를 정규 수업시간에 이용했을 경우의 장점 및 단점에 대한 연구하였다. 이 연구 결과를 살펴보면 스마트 패드 활용 수업은 협업의 상호작용 촉진, 다양한 자료와 SNS의 효과적 사용, 수업 집중도 향상, 기기 대기시간 단축 등과 같은 유용성이 있지만, 학습 지원 도구의 부족 및 실천 모형 부재로 인한 수업 진행의 어려움, 기능 숙달에 과다한 시간의 투입, 활동에 비해 낮은 학습 효과, 수업 몰입의 방해 등과 같은 문제점들이 있는 것으로 나타났다.

지금까지 스마트 기기를 활용한 학습의 효과를 살펴보았다. 스마트 기기를 활

2) 웹케스트(WebQuest)는 구성주의적 교육을 가능하게 해주는 교수·학습 활동 모형으로 인터넷 상에서의 학습 탐구 활동이다. 또한 웹에서의 정보를 사용해서 수행되는 학습자의 탐구 지향적 활동(an inquiry-oriented activity)이라고 정의한다(Dodge, 2001).

용한 학습은 학습자에게 흥미를 유발시키고 학습 참여에 도움을 주기도 하지만(권성호 등, 2014; 임정훈, 안순선, 2014), 반대로 학습 과정에 몰입을 방해하고 다른 활동으로의 이탈을 야기하기도 한다고 지적하고 있다. 학습 내용보다는 스마트 기기에 더 흥미를 느껴 학습 중 기기를 작동하거나 게임 등을 하여 정작 학습 활동에는 참여하지 못하거나 오히려 수업에 대한 흥미를 잃게 되기도 한다. 이러한 부작용은 학습 목표 달성에 대한 의구심을 야기해 적극적인 스마트 기기의 활용을 저해하는 요인으로 작용하게 될 수도 있다(박성열 등, 2012; 임정훈, 안순선, 2014). 따라서 스마트 기기 활용 학습을 위한 교수·학습 방법을 개발하는 경우 선행 연구들에서 제안한 학습 방법의 장·단점을 고려하여 장점은 극대화하고, 단점은 최소화하는 방안을 마련하여야 한다.

1.2 과학 교육과 스마트 기기의 활용

(1) 과학 교육에서 스마트 기기 활용 학습에 대한 선행 연구

스마트 기기는 휴대전화, 인터넷 통신, 고성능 카메라 및 다양한 애플리케이션 등의 기능을 갖추고 있어(배재권, 정화민, 2008), 학생들에게 친숙하고 유용하게 사용될 수 있다. 과학 수업에서 스마트 기기는 과학 탐구를 위한 애플리케이션과 그 외에 학습을 도와주는 상호작용 도구 등을 기반으로 유용하게 활용될 수 있다. 특히 스마트 기기는 탐구와 실험 활동 시 데이터를 측정하고 측정된 결과를 분석할 수 있는 기능을 가지고 있어 탐구 도구의 역할을 할 수 있다.

Liu 등(2009)은 5E 순환 학습에 기반을 둔 모바일 자연과학 학습 활동을 설계하고 이를 평가하기 위하여 대만의 초등학교 방과 후 과학 활동에 참여한 4학년 학생 46명을 대상으로 학생의 지식과 이해를 사전-사후 평가로 비교하였으며 활동에 대한 인식을 설문 조사하였다. 이 연구에서 제안한 학습 활동은 학생들의 과학 학습 결과에 지식 및 이해 수준 차원에서 모두 긍정적으로 영향을 주었으며, 학생들의 인식 역시 긍정적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학생들이 과학적 탐구 수행 중에 수행한 모바일 기술을 활용한 관찰과 조작 등에 의한 영향으로 해석되었다.

Huang 등(2010)은 모바일 식물 학습 시스템(Mobile Plant Learning System, MPLS)을 개발하여 대만의 초등학교 식물학 교과에서 학생의 학습을 용이하게 하는 연구를 진행하였다. MPLS와 개인용 디지털 보조 장치인 PDA를 활용하면 교사와 학생 모두 현장에서 식물학 관련 정보를 실시간으로 얻을 수 있었다. MPLS와 PDA를 활용하여 식물학 야외 수업을 진행한 연구 결과, 학생들의 학업 성취도가 향상되었다.

Zhai 등(2016)은 고등학생들이 물리 과목의 수업 시간과 방과 후에 모바일 기기를 사용하는 방법과 모바일 기술의 사용이 물리 학습의 성과 및 흥미도에 미치는 영향을 조사하였다. 연구 결과, 학생들은 방과 후에 물리 학습을 위해 모바일 기기를 자주 사용하였다. 또한 모바일 기기가 물리 학습에 매우 유용하다고 인식했으며, 유용성에 대한 인식은 사용 빈도와 양의 상관 관계가 있었다. 수업 시간과

방과 후의 모바일 기술 사용 빈도는 학생들의 물리 학습 성취 및 흥미도에 긍정적인 영향을 미쳤다. 그러나 모바일 기술은 물리 수업을 완전히 변화시킨다기보다는 주로 물리 학습을 보조하는 데 사용된다는 사실을 발견했다.

이성희(2013)는 스마트 러닝에 기반한 생태 STEAM 교육 자료를 개발하고 초등학교 학생 대상으로 그 효과를 검증해보았다. 생태 개념의 STEAM 교육을 위하여 스마트 인프라와 스마트한 교육방식의 스마트 러닝 학습 방법과 결합시켰다. 학교 주변에서 쉽게 접할 수 있는 동물, 식물 등의 과학적 지식이나 탐구 과정을 모바일, 스마트폰, 태블릿 PC 등을 활용하여 학습 방법과 STEAM 요소와 결합시키는 학습 활동을 고안해냈다. 예를 들어 학교 주변에서 자주 접하는 동물, 식물 등의 익숙한 생태환경을 소재로 하여 사진 및 동영상으로 촬영하거나, 소셜 네트워크 서비스, 모바일 애플리케이션과 같은 스마트 기기를 활용한 기술들을 STEAM의 요소와 결합하여 프로그램을 구성하였다. 연구 결과를 정리하면 첫째, 우리 학교 주변에 항상 함께 있으나 쉽게 지나치기 쉬운 동·식물 등의 생태 환경을 관찰하고 탐구하는 개별적 경험을 통해 감성적 체험을 가져올 수 있기 때문에, 과학적 호기심뿐만 아니라 다양한 감성적 체험을 할 수 있다. 둘째, 과학적 탐구 과정에서 정보를 검색하거나 공유하는 정보 활용 능력을 키울 수 있을 뿐만 아니라, 스마트 기기를 기반으로 자신이 습득한 지식과 자신의 생각을 창의적으로 구성하고 표현하는 능력을 효과적으로 기를 수 있었다. 셋째, 학교 주변의 생태 환경에 대해 모바일, 스마트폰, 태블릿 PC 등의 학습 도구를 활용하여 정보를 검색하고 공유하는 과정에서 학생들은 생태 수업의 흥미를 갖게 되었다.

박수경(2013)은 중학교 과학 수업을 위한 스마트 러닝 기반의 수업 모듈을 개발·적용하고 학생들의 인식과 만족도를 조사하였다. 스마트 러닝 기반의 수업 모듈은 중학교 2학년 천문 단원의 태양계 행성과 달의 위상을 주제로 3가지 유형의 모듈로 개발하였고, 중학생 207명을 대상으로 수업을 실시하였다. 수업에 참여한 모든 학생들에게 태블릿 PC를 제공하였고, 천문 교육용 앱 Solar Walk, 미러링 기능, QR코드, 구글 프리젠테이션 등을 활용하여 학교와 가정에서 학습이 이루어졌다. 스마트 러닝 기반의 수업에 대하여 남학생이 여학생보다 긍정적으로 인식하는 것으로 나타났으며, 과학 성취도가 높은 집단이 자기주도학습 요인과 학습 동기 유발 요인에서 성취도가 낮은 집단보다 긍정적으로 인식하였다. 또한 학습 만족도 측면

에서는 남학생이 여학생보다 만족도가 높게 나타났고, 학업 능력이 높은 학생일수록 스마트 러닝 기반의 과학 수업에 대하여 만족하고 있는 것으로 조사되었다.

김찬기(2014)는 암석 학습을 위한 애플리케이션을 개발하고 개발된 애플리케이션을 활용한 수업이 학습자의 암석 개념, 자기주도적 학습 태도 및 과학과 관련된 정의적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 연구 결과, 암석 학습을 위한 스마트폰 애플리케이션은 학습자의 암석 개념 형성과 학습자의 자기주도적 학습 태도 형성에 효과적이었다. 또한 과학과 관련된 정의적 특성 중 과학에 대한 흥미와 태도 변화에 효과적이었다.

배진호 등(2015)은 스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업이 초등학생의 디지털 리터러시, 21세기 핵심역량, 과학적 태도에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 연구 결과를 정리하면 첫째, 이 연구에서 사용된 스마트 기기 활용 방법은 클래스팅, 노트앱, 카메라앱, 밴드, 카카오톡, 이메일, 유튜브 동영상 등을 만들어 탑재하고 동영상에 댓글을 다는 활동이 이루어졌다. 둘째, 학생들의 결과물은 워드프로세스와 프레젠테이션으로 이루어졌다. 셋째, 이상의 활동을 통해 진행된 스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업은 초등학생의 디지털 리터러시 향상에 통계적으로 유의미한 영향을 주었다. 넷째, 스마트 기기의 활용이 초등학생의 21세기 핵심역량 향상에 영향을 미치는 못하였다. 따라서 단순한 스마트 기기의 활용이 초등학생의 21세기 핵심역량 향상에 영향을 미치는 것이 아님을 알 수 있다. 21세기 핵심역량은 인지, 정의, 사회로 구성되어 있으며 세부적으로는 지식구축, 문제 해결, 책임감, 자기조절 능력, 사회화 능력, 수용성으로 구성되어 있다. 학습과 혁신역량인 4Cs를 강화하기 위한 스마트 기기의 활용은 반드시 학습과 혁신역량을 강화하기 위한 문헌연구를 통하여 이루어져야 함을 시사한다.

(2) 과학 교육에서 스마트 기기 활용 학습의 효과적인 방안

이상에서 살펴본 과학 교육에서 스마트 기기를 활용한 선행 연구들의 결과를 통해 얻을 수 있는 시사점은 스마트 기기를 과학 수업에 도입했을 때 기존 기기를 활용한 수업과 다르게 학습자의 참여 구조의 변화를 야기할 수 있다는 것이다. 스마트 기기를 활용한 과학 학습은 기기 활용을 통한 풍부한 가상 및 실제 자료 활용이 가능하다는 장점에 더하여, 스마트 기기를 활용하는 학습자 사이에서 시공간의 제약 없는 즉각적이고 다양한 형태의 의견 교환 및 피드백이 가능하다는 특징을 갖는다. 교사와 학생 사이의 의사교환 뿐만 아니라 학생과 학생 사이에도 실시간으로 의견 교환과 피드백이 가능하다. 예를 들어 기기를 조작하는 동안에 각 학습자는 자신의 의견을 자연스럽게 학급의 논의에 반영하게 되고, 이들 개개인의 의견은 학습 공동체 내에서의 사회적인 상호작용을 통하여 수업의 전 과정에 참여하게 된다. 즉, 스마트 기기를 활용한 과학 수업에서는 선개념 확인, 자료 탐색 및 변환, 자료 해석, 결과 이해 그리고 정보의 공유, 서로 다른 불일치 내용에 대한 확인과 논의, 의미의 절충 및 공동 구성, 새로운 의견의 종합 및 평가 등 학습의 모든 과정에서 학습자의 참여 기회가 증가한다.

학습 공동체 내에서의 상호작용은 구성원 간 지식의 사회적 구성과 이를 통한 공유된 이해 형성을 가능하게 한다. 공유된 이해는 한 소집단의 구성원들이 상호작용을 통하여 특정 개념을 정교화 해 나가는 과정을 의미하며, 사회적 구성은 소집단 또는 학급 전체가 상호작용을 통하여 교수학습 목표의 내적 및 외적 구성을 수행함을 의미한다. 사회문화적 견지에서는 학습 공동체의 상호작용을 통한 지식의 공유와 의미의 생성은 인지발달을 촉진하는 것으로 제안된다(Mortimer & Scott, 2003). 과학 개념의 사회적 구성은 학습자의 선개념을 드러내고, 새로 수집한 증거를 기반으로 대안 개념을 구성해 나가고, 다시 이러한 대안 개념이 구성원의 평가와 수정을 거치는 과정을 통하여 발전시켜 나가는 일련의 과정이다. 학습자는 논의되고 있는 개념의 타당성을 검증하기 위하여 증거를 제시하고 설득과 반박을 통해 과학적 개념에 가장 근접하는 새로운 개념을 정교화 해나가게 된다(Jimenez-Aleixandre & Erduran, 2008). 특히 이 과정에서 적극적으로 참여하여 다른 구성원의 의사를 이해하고, 이해를 위한 비판적인 질문을 제시하고 의문점을 해

결해 나가는 비판적인 과정은 협동적인 의미구성 과정의 핵심이다. 다양한 구성원들이 서로 다른 자신의 개념을 표현하고 이러한 개념들이 서로 도전 받게 되면, 자신의 믿음과 신념에 대해서 설명하게 되고, 이는 소집단 내에서의 판단 과정을 거쳐서 명료화·정교화 과정을 거치게 되는데 이러한 명료화·정교화는 곧 개념의 이해를 의미한다(Suthers & Hundhausen, 2005). 학습자들이 서로의 차이점을 해결하고 협상하는 과정은 문제 해결의 핵심이 되는데(Maloney & Simon, 2006; Oliveria & Sadler, 2008), 스마트 기기는 이러한 전 과정에서 학습자의 참여 증가를 통한 의미구성 기회를 제공하게 될 것이다.

William과 Pence(2011)는 과학 수업에서 스마트 기기의 주요 활용 요소로 월드와이드 웹 활용, 2차원 바코드(QR 코드) 활용, 다양한 애플리케이션 활용 등을 제안하고 있다. 이를 통한 스마트 기기의 교육적 유용성은 최근 디지털 사회의 새로운 학습 형태를 개념화하는 이론적 근거인 연결주의(connectivism)의 관점과도 부합한다. 즉, 학습을 '다양한 교점(사람, 정보, 지식, 데이터 등)과의 연결'로 해석하는 연결주의 학습 이론(Siemens, 2005)에 따르면, 스마트 기기를 활용한 교수학습은 학습자가 다양한 학습 자원과 자유롭게 연결되도록 지원할 수 있으므로 학습 효과를 극대화하는데 유용하다. 예를 들어, 전통적 학습 자료인 학습지에 부착된 QR 코드를 통해 학습자의 개념 이해 수준을 실시간으로 수집하여 그 수준에 적합한 학습 자료를 제공할 수 있을 뿐 아니라, 공동의 탐구 활동을 안내할 수 있는 웹의 풍부한 교육 자료 및 다양한 애플리케이션을 쉽게 연결해줄 수 있다. 스마트 기기의 다양한 애플리케이션은 과학 탐구 과정에서 측정과 분석 도구의 역할을 할 수도 있다(Kumar *et al.*, 2012). 예를 들어, 가속도 측정 센서나 고도계, pH 측정기 등 측정 기구를 대신하는 애플리케이션이나 계산이나 그래프 작성 등 실험 데이터를 처리하는 애플리케이션 등을 활용한다면, 보다 쉽게 데이터를 측정하고 분석할 수 있으므로 학습자의 탐구를 촉진할 수 있다(그림 6). 뿐만 아니라, 학생들의 협력 활동을 유도할 수 있는 공동 문서 작성 애플리케이션이나 실시간 메신저 애플리케이션, SNS 애플리케이션 등의 활용은 학생 간의 상호작용을 촉진하는데 매우 유용할 수 있다. 따라서 이러한 요소들을 체계적으로 고려하여 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개발 및 적용하여 그 효과를 실증적으로 조사해야 할 것이다.



<그림 6> Smart pH meter App의 구현 화면 예시
(Chang, 2012)

2. 개별화 학습과 스마트 기기 활용 방법

2.1 개별화 학습에 대한 선행 연구

개별화 교육이란 교사가 학생들의 준비성, 흥미, 학습 양식, 학습 요구 등의 차이를 예상하고 이에 부응하여 학습 내용, 학습 과정, 학습 결과, 학습 환경에 대한 다양한 접근을 사전에 계획하고 실천하는 교육을 말한다(Tomlinson, 2001). 개별화(individualized)란 일반적으로 교사의 의도가 학생들 개개인의 특성에 부응하기 위해 제공되는 것을 의미하거나(Schubert, 1986), 학생들 사이에 존재하는 개인차를 수업에 적응(adapted)시킴으로써 전통적인 수업보다 학생들을 개인적, 사회적, 학업적으로 향상시키기 위한 교사와 학교 측면에서의 시도라고 할 수 있다(Anderson, 1995).

지금까지 개인차를 고려하여 교수·학습 과정을 재조직하고 개선하기 위한 다양한 개별화 교수·학습 방법과 일련의 프로그램들이 제시되어 왔다. 우선 피츠버그 대학교의 학습연구개발센터에서 개발한 개별 처방 수업(individually prescribed instruction)은 학생들에게 적응적 수업 환경을 제공하기 위해 개발되었다(Glaser, 1977). 개별 처방 수업 체제에서는 교과별, 학년별로 구체적인 학습 목표를 상세화, 계열화하고 있으며, 다양하게 처방된 교수·학습 프로그램을 준비한다. 학생들은 학기 초에 배치고사를 보고 그 성적에 따라 적절한 단원에 배치한다. 또한 각 단원에서 같은 방법으로 진단평가를 한 후, 그 결과에 따라 성취해야 할 학습 목표가 정해진다. 개별적인 학습 진도 및 독립적인 학습을 허용함과 동시에 학생들의 진도와 학습 성과에 대한 지속적인 점검 및 평가가 이루어진다. 다음 단원으로 넘어가기 전에 반드시 이전 단원의 목표를 완전 성취하여야 한다. 개별처방수업은 기본적으로 진단-처방-평가의 과정이 반복으로 이어진다.

개별 처방 수업을 개발했던 피츠버그 대학의 학습연구개발센터에서는 이를 다양한 형태의 진단 방법, 교정 활동, 수업 처방 등의 형태로 발전시켰다. 이처럼 확대된 체제를 적응적 학습 환경 모형(adaptive learning environment model)이라고 부른다(Wang, 1980). 이 모형은 첫째, 교수 시간 및 관련 학습 자료의 사용에 있어서 학습 안내를 제공하는 교수 관리 영역이 있다. 둘째, 학교에서 제공한 학습 활

동에 대한 가정에서의 학부모 참여에 대한 안내 영역이 있다. 셋째, 팀티칭(team teaching)과 그룹 활동을 위한 절차가 있다. 넷째, 본 모형을 수행하기 위한 교사 연수 등이 포함되어 있다(Corno & Snow, 1986).

Corno와 Snow(1986)은 적응적 교수법을 2가지 유형으로 분류하였다. 첫 번째 유형은 거시적 접근 방법으로, 학습자의 일반적 능력이나 성취도 검사 점수 등에 따라 학습자를 비슷한 능력과 특성을 지닌 집단으로 구성한 후, 학습 목적이나 학습 내용의 구성, 학습 속도, 전달 방법 등을 집단의 특성에 맞게 구성하는 방식을 말한다. 즉, 수업의 내용과 방법을 동일한 특성에 의해 분류된 집단 학습자들에게 비교적 장기간 적용시키는 방법이다. 두 번째 유형은 미시적 접근 방법으로, 비교적 단기간에 빈번하게 활용할 수 있는 접근 방법이다. 교실 수업 상황에서 학습자의 반응을 유도하고, 반응에 따라 개별 학습자에게 적절한 피드백을 제공하는 것이 미시적 접근 방법의 한 예이다.

또한 Park(1996)은 적응적 교수법을 거시적 접근 방법, 적성-처치 상호작용 접근 방법, 진단-처방 접근 방법의 세 가지 유형으로 분류하였다. 적성-처치 상호작용 접근 방법과 진단-처방 접근 방법은 학습자의 개별적 학습 요구에 적절한 처방을 제공해 준다는 점에서 유사한 접근 방법이라고 할 수 있지만 무엇을 근거로 적용하는지가 다르다. 적성-처치 상호작용 접근 방법에서는 사전 진단을 통해 밝혀진 개별 학습자의 특성에 따라 적절한 처방과 처치를 제공해주는 방법이다. 여기서 개별 학습자의 특성은 적성이라고도 하는데(Corno & Snow, 1986), 학습 또는 인지 양식의 유형, 지적 능력, 심리적 특성 등이 이에 해당하며, 이는 학습자들마다 서로 다르다. 즉, 일반적인 인지 능력뿐만 아니라 학습 내용에 대한 선수 학습의 정도, 유사한 학습 경험의 유무, 학습 동기나 자기 효율성의 정도, 통제 소재의 유형 등에 따라 학습자의 학습 요구가 달라질 수 있으므로, 수업을 개별 학습자의 능력에 맞도록 조절하여 진행할 필요가 있다. 그러나 적성-처치 상호작용 접근 방법은 학습 활동 이전에 측정되고 규명된 적성에만 의존하여 처치를 가함으로써 학습 활동 중에 발생하는 학습자의 요구를 충족시키지 못할 가능성이 많다. 이에 비해 진단-처방 접근 방법은 학습자의 적성에 대한 사전 자료 및 학습 과정 중에 나타나는 학습자 행동, 특히 학습 과제에 대한 수행 능력의 정도를 학습자의 반응을 통해 분석·과약하고, 그 결과에 따라 즉각적인 처방을 제공해줄 수 있으므로, 학습자의

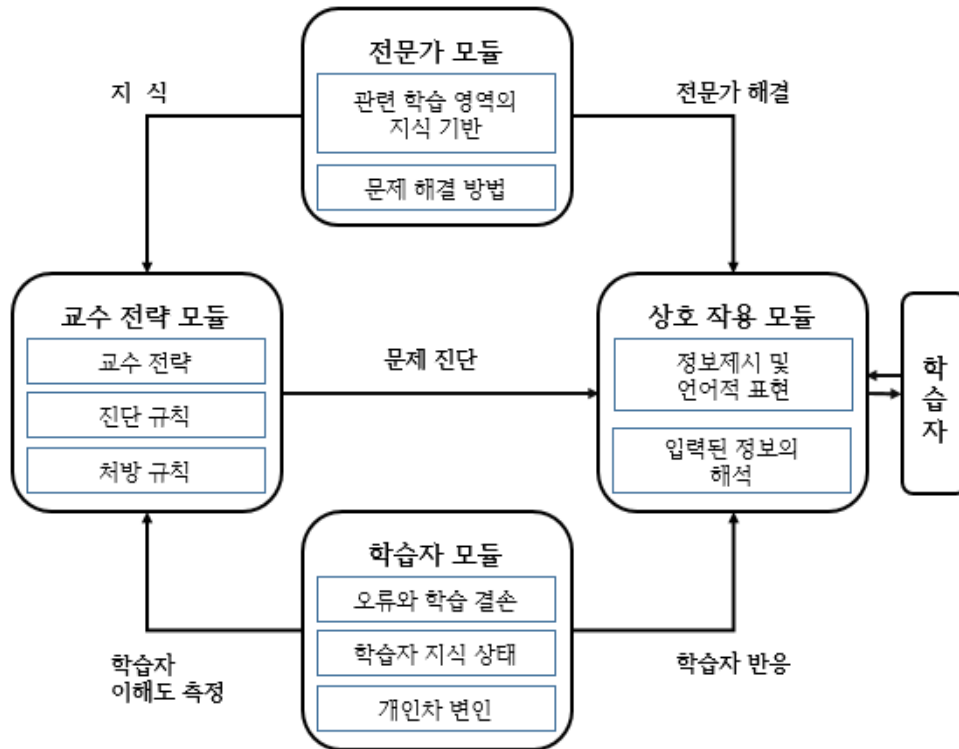
개별적 학습 요구에 훨씬 정확하고 민감하게 반응할 수 있다.

학생들의 학습 속도와 완전 학습에 맞춘 개별화 프로그램인 켈러 플랜(Keller, 1974)의 PSI(personalized system of instruction)와 컴퓨터 보조 수업(computer assisted instruction; CAI)도 있다. 학생들에게 같은 내용을 같은 방법으로 가르치되 학생들의 학습 내용 이해 속도에 따라 시간차를 달리하는 개별화이다. 이는 인간의 정신 능력은 측정이 가능하고, 그 측정 결과에 따라 예측이 가능하다는 행동주의 심리학에 그 기초를 두고 있다고 볼 수 있다. 컴퓨터 프로그램의 발달로 학습 속도에 따른 개별화를 구현하기 위하여 CAI 전략은 많은 관심을 끌게 되지만, 주어진 정보를 단순히 재생만 할 수 있을 뿐 학습자의 다양한 상태에 충분히 적응하지 못하는 제한점을 가지고 있었다. 이러한 제한점을 극복하기 위한 노력으로 컴퓨터가 학생에게 지능적으로 적응하여 사람이 교수하는 것과 비슷하게 학습자를 교수하는 ITS(intelligent tutoring system) 혹은 ICAI(intelligent computer assisted instruction)가 등장하게 되었다. ITS란 지능적 교수 시스템으로 컴퓨터를 활용한 적용적 수업 체제라고 할 수 있다. ITS는 학습의 극대화를 위해 학습 내용의 선정, 학습 흐름의 선택, 평가 기준 등의 학습의 전 과정을 학습자 특성에 맞추어 재조직하는 것으로, 고도로 개별화된 컴퓨터 시스템을 말한다(백영균, 1989).

ITS는 <그림 7>와 같은 구성 요소들로 이루어져 있다(Tennyson & Christensen, 1989). 첫째, 전문가 모듈은 ITS가 전달하는 내용을 포함하는 모듈을 의미하며, 학습 영역 지식 전문가가 특정 주제에 대해 기억하고 있는 지식을 표현한 지식 기반을 가지고 있다. 이러한 전문가 모듈의 하위 모듈은 학습자들이 배워야 할 학습 영역 지식에 대한 방대한 지식 기반과 학습자의 학습 진행 과정 및 성취의 정도를 계속적으로 평가할 수 있는 기준을 제공하는 문제 해결자로 구성되어 있다.

둘째, 학습자 모듈은 전문가 모듈에 있는 정보에 대한 학습자의 현재 지식 상태를 평가하는 모듈이다. 즉, 학습자 모듈은 특정 학습 과정에 관한 학습자의 성향과 학습자의 능력을 평가하는 모듈이다. 이러한 학습자 모듈의 하위 모듈에는 학습자가 범할 수 있는 학습상의 오류와 그에 따라 어떤 교수 처방이 필요한지를 진단하는데 필요한 학습 결손 목록, 학습 요구 분석을 담을 수 있는 지식 기반, 학습자의 학업 성취 상태와 학습 진행 과정을 관찰하면서 수집한 현재 지식 상태 정보

파일, 그리고 학습자의 학습 진단 및 교수 처방에 도움이 될 만한 개인차에 관한 정보 파일 등이 포함되어 있다.



<그림 7> ITS의 구성요소(Tennyson & Christensen, 1989)

셋째, 교수 전략 모듈은 교수를 실행하는 기제로, 교수·학습 과정에서 해결해야 할 문제를 선정하고, 학습자의 수행에 대해 평가하고, 학습자의 요청에 도움을 제공하고, 보충적 자료를 선택하는 것과 같은 교수에 대한 의사 결정을 하는 교수 체제 운영 시스템이다.

넷째로, 상호작용 모듈은 학습자와 교사 간의 양방향 의사소통을 위한 수단을 제공해 준다. 상호작용 모듈의 하위 모듈에는 학습자와 시스템간의 상호작용을 위해 학습자가 입력한 내용을 이해하는 해석기와 학습자에게 학습 내용을 제시하고 전달하는 제시 언어 발생기 등이 포함되어 있다. 이상의 ITS의 각 모듈은 독자적인 기능을 하면서도 전체 구성 요소들과 유기적으로 상호작용한다.

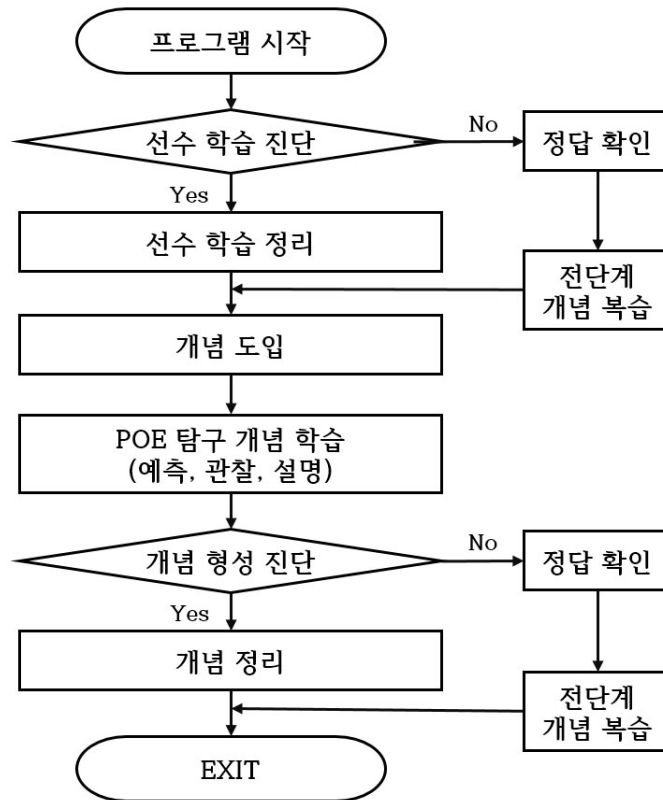
ITS는 학습자의 학습 요구와 특성을 수용하여 학습자와 적응적으로 상호 작용할 수 있다. 학습자에 대한 적응성을 높이기 위한 다양하고 구체적인 방법들을 통틀어 적응 기법이라고 하는데, ITS에 활용될 수 있는 적응 기법을 살펴보면 <표 6>과 같이 다양하다.

<표 6> 적응 기법의 유형(Brusilovsky, 1998)

유형	적응 기법	내용
지능형 체제에서의 적응 기법	교육과정 계열화 기법	학습의 방향과 순서를 개별 학습자의 학습 목적과 요구를 수용하여 개별화하는 기법
	상호작용적 문제 해결 지원 기법	학습자의 각 문제해결 단계에서 학습자에게 필요한 도움이나 지원을 적응적으로 제공하는 기법
	지능적 해답 분석 기법	학습자의 문제해결 결과물을 분석하고 적응적 피드백을 제공해 주는 기법
	사례 중심 문제 해결 기법	학습자가 새로운 문제해결에 어려움을 겪는 경우 유사한 문제 해결 사례나 복습을 제공하는 기법
적응적 하이퍼미디어 에서의 적응 기법	적응적 제시 기법	정보의 구체성이나 설명 방식, 미디어의 유형 등을 학습자의 특성에 따라 변화시켜주는 기법
	적응적 탐색 지원 기법	학습자가 웹상에서 탐색의 방향성을 계속 유지할 수 있도록 적응적으로 지원하고 안내하는 기법

과학 교육 분야에서도 이러한 적응적 CAI 기법을 활용한 연구들이 많이 진행되었다. 김경순 등(2006)은 개념 학습에서 학생들의 개념 이해 수준에 적응적인 CAI(그림 8)의 효과를 개념 이해도, 개념 파지, 학습 동기, 컴퓨터 보조 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였다. 연구 결과 적응적 CAI를 활용한 경우 학생들의 개념 이해도와 개념 파지를 향상시키고, 학습 동기와 수업에 대한 인식 측면에서도 긍정적인 효과를 보였다. 컴퓨터 보조 수업에서 상황 맥락적인 피드백을 활용한 연구에서도 학생들의 개념 이해도와 학습 동기가 향상되는 결과를 나타냈다(김경순

등, 2007).



<그림 8> 적응적 CAI 프로그램 순서도(김경순 등, 2006)

최근에 정보통신매체의 발달에 따른 정보화 사회의 지능적 학습 환경의 확산과 구성주의적 관점에서 학습자들의 학습 능력에 대한 새로운 이해와 학습자들이 갖추어야 할 미래사회에서 요구되는 역량이 새롭게 제기되면서 개별화 학습의 중요성은 다시 관심을 끌기 시작하였다. 교실에 모여드는 학생들의 다양성, 즉 행동적 특성인 인지 능력, 흥미, 개성 등의 차이뿐만 아니라 학습 양식, 학습 능력, 학습 환경 등의 차이까지도 반영하고자 하는 차별화 수업(Differentiated Instruction; DI)이 제안된다(Tomlinson, 2001). DI는 구성주의 이론과 다중지능이론 등 다양한 이론적 접근이 널리 확산됨과 동시에 학습을 단순히 지식의 전달을 넘어 학생들의

지식의 창출로 보는 인식의 전환이 이루어지면서 많은 관심을 불러일으키고 있다.

Paramythis와 Loidl-Reisinger(2004)는 컴퓨터 기반 학습 시스템에서 적응형 학습을 구현하기 위하여 학생들의 학습 스타일에 적응적인 이러닝 시스템을 개발하였다. 적응적인 학습의 요소로는 학생 활동 모니터링, 학습 활동의 결과 해석, 학생의 요구 사항 및 선호도 이해, 학생들의 개별 정보를 사용하여 학습 과정을 촉진하는 등의 전략을 사용하였다. 이러한 적응적 개별화 교수법은 학생들의 지식 구성 과정을 더 빠르게 촉진하는 데 도움이 된다고 제안하였다. 이러한 최신의 컴퓨터 및 정보통신기술은 개별화 수업 구현을 위한 혁신적인 환경을 제공할 수 있다.

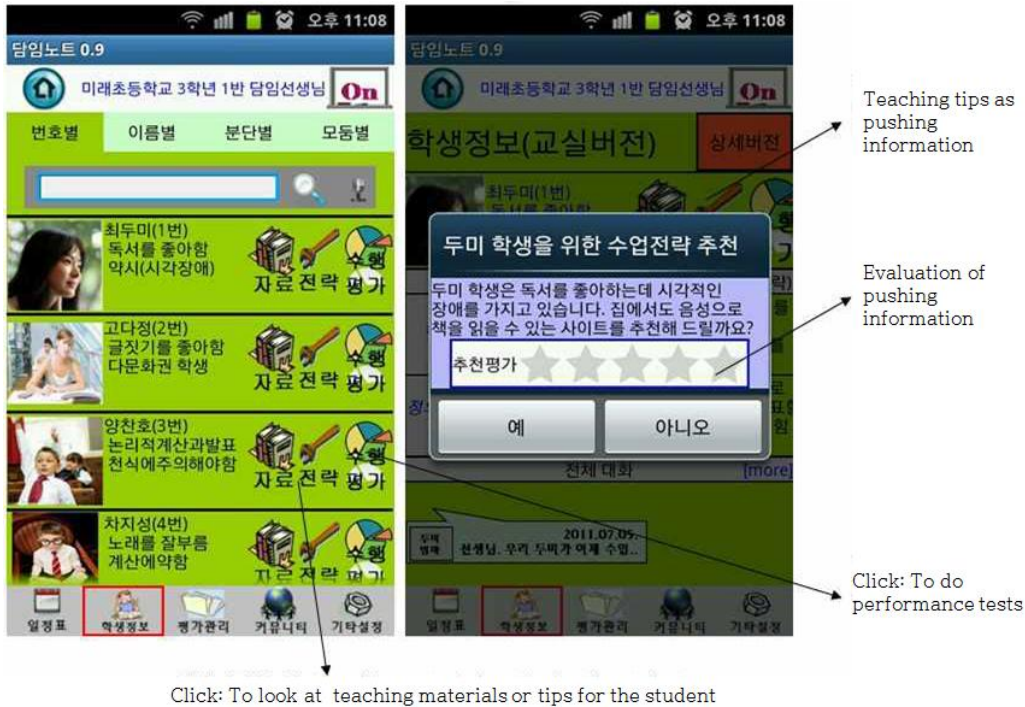
2.2 스마트 기기를 활용한 개별화 학습에 대한 선행 연구

최근 정보통신기술의 발달로 인해 가능해진 유비쿼터스 학습 환경에서는 학습자의 학습 상황에 대한 실시간 진단이 가능해지기 때문에 개별화 학습 측면에서 보다 적극적인 형태의 상호작용이 가능해졌다(Vahey *et al.*, 2007). 또한 스마트 기기를 활용한 학습 환경은 고도의 이동성과 정보 접근성을 바탕으로 하고 있기 때문에 다양한 경로를 통하여 학습자에 대한 학습 진단과 처방이 가능하다. 기존의 적응적 개별화 수업 체제가 제한적으로 적용될 수밖에 없었던 이유는 즉각적인 학습 진단이 쉽지 않을 뿐만 아니라 이에 대한 학습 처방도 즉각적으로 제공되기 어려웠기 때문이다(Park & Lee, 2003). 그러나 스마트 기기를 활용한 학습 환경에서는 학습맥락이나 상황에 대한 즉각적인 진단과 처방이 더 활발하게 일어날 수 있기 때문에 적응적 개별화 수업체제를 효과적으로 운영할 수 있는 토대가 될 수 있다.

Dodds와 Fletcher(2004)는 지능적 교수 시스템을 통한 개별화 학습을 위해서 학습 관리 시스템을 지능형 및 맞춤형 학습 체제로 구축하는 것을 제안하였는데, 이러한 맥락은 학습자의 진단된 학습 수준에 따라 학습 콘텐츠와 학습 체제가 맞춤형으로 개별 제공된다는 점에서 스마트 기기와 같은 개인용 정보통신기기를 활용한 지능형 및 맞춤형 교수·학습 체제와 그 방향성이 동일하다고 볼 수 있다. 또한 이러한 지능형 및 맞춤형 학습 체제는 최근 관심을 끌고 있는 칸 아카데미(Khan Academy)와 같이 학습 이력이 관리되고 학습 능력에 따라 지능형 및 맞춤

형으로 구조화된 콘텐츠를 제공하는 시스템으로도 볼 수 있다. 칸 아카데미는 무료 온라인 교육서비스로 인기를 끌고 있지만, 그 보다 더 중요한 장점은 단순히 동영상 학습 콘텐츠를 무료로 제시한다는 차원을 넘어서 각 강좌마다 과제와 테스트가 제공되고, 그 결과를 분석해 학생의 학습 수준 측정 및 맞춤형 학습 안내 서비스를 제공한다는 것이다. 칸 아카데미에 접속한 학생은 ‘자기주도 학습관리 시스템’을 통해 자신의 현재 학습 내용 및 진도 등을 확인할 수 있다. 뿐만 아니라 학생의 학습 동기를 유발, 유지시키기 위해 학습 포인트나 배지 제도를 통해 지속적인 학습 참여를 유도하고 있다. 개인 수준이 아니라 교사를 중심으로 한 학급 단위의 학습 참여도 가능하도록 설계되어 있다. 교사는 학급 단위의 개인별 학습 진도 파악을 통해 학습 코칭의 역할을 강화할 수 있어 학생의 개인 학습뿐 아니라 학교 교육 과정에 접목도 가능하다.

차현진(2012)은 개별화 교수 지원을 위한 스마트 툴로서 모바일 애플리케이션을 설계 및 개발하고, 실제 초등학교 교사를 대상으로 애플리케이션에 대한 사용성 평가를 실시하였다. 본 연구를 통해 개발된 개별화 교수 지원 및 촉진을 위한 모바일 애플리케이션은 교사들의 개별 일정 및 수업 계획을 관리할 수 있는 기능, 보편적 학습 설계를 기반으로 학생들에 대한 장·단점 분석과 그에 따른 지능형 맞춤형 교수 전략을 제공하는 기능, 학생들 정보를 실시간으로 기록, 평가, 관리할 수 있는 기능, 학생 정보를 학교 커뮤니티(동료교사 및 학부모 등)와 소통할 수 있는 기능 등으로 구성하였다. 교사를 대상으로 한 본 도구의 사용성 평가 결과, 교사들은 개별화 교수 지원을 위한 모바일 애플리케이션의 활용이 현 교육 환경 및 제도의 문제점들을 개선함으로써 개별화 교수 활동 촉진에 기여할 수 있다는 긍정적인 인식 및 반응을 나타내었다. <그림 9>는 학생들의 개별 정보를 관리하고, 그에 따라 개별화된 교수 자료를 제공받는 화면 예시이다.

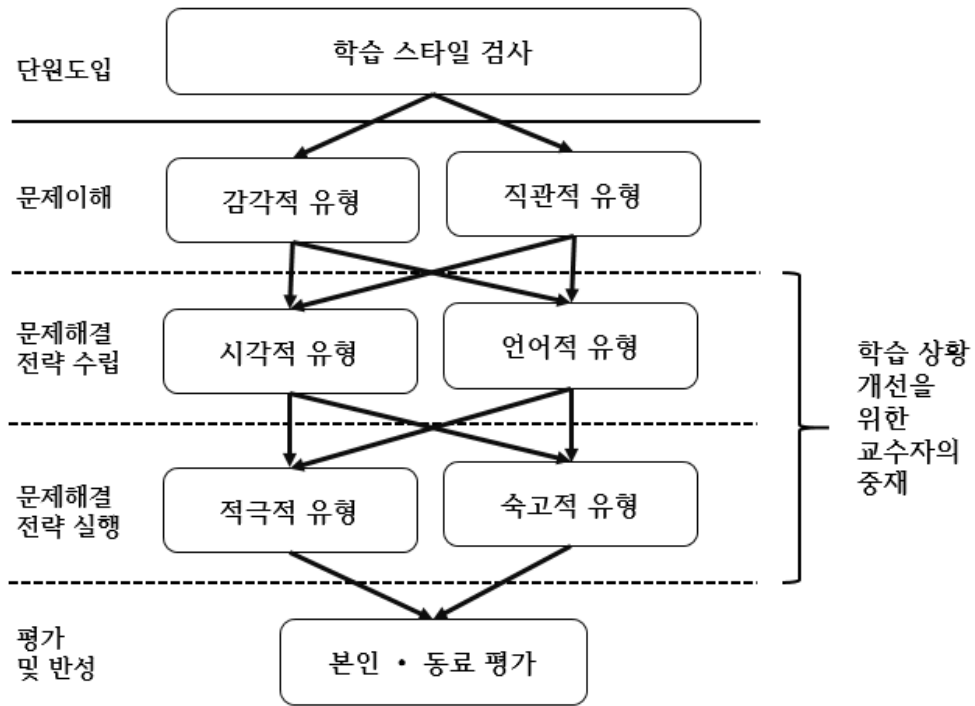


<그림 9> 학생들의 개별 정보 관리 및 개별화된 교수 자료 제공 화면
(차현진, 2012)

임병노 등(2013)은 스마트 기기를 활용한 학습의 중요한 특징으로 지능적 맞춤화를 통한 학습 효과의 극대화를 제시하였다. 지능적 맞춤화란 학습이 이루어지는 맥락과 학습자 수준에 맞추어 지능적 처치와 적응적 지원이 이루어져야 하는 것을 뜻한다. 즉, 스마트 기기를 학습에 활용할 경우 ‘학습자 수준에 따른 개별화’와 ‘학습자의 맥락, 상황 인식’이 동시에 가능하다는 것이다. ‘학습자 수준에 따른 개별화’는 학생들의 학습 결과에 따라 학습자의 수준을 나누고, 수준에 맞는 자료를 제공함으로써 수준에 맞는 맞춤화가 가능하다는 것이고, ‘학습자의 맥락, 상황 인식’은 스마트 기기를 활용하여 학습자의 개별 학습 상황이나 맥락을 인식하여 적절한 학습 자료를 제공함으로써 학습 효과를 높이는 것이다.

김은길(2014)은 스마트 환경에서 맞춤형 학습 시스템을 개발하기 위하여 학습자의 특성 중 학습 곤란도와 학습 스타일을 고려하여 개별화 학습 프로그램을 개

발하였다. 학습 스타일 유형에 따른 맞춤형 학습 시스템의 학습 흐름도는 <그림 10>과 같다.



<그림 10> 학습 스타일에 따른 맞춤형 학습 시스템을 적용한 학습 흐름도
(김은길, 2014)

단원 도입 단계에서 학습자들을 대상으로 학습 스타일을 검사하고 각 유형에 따른 그룹 계획을 수립한다. 학습 스타일 유형에 따라 학습자간의 상호작용이 효과적인 경우를 고려하여 모둠 형태를 유지할 수 있도록 계획을 수립한다. 문제이해 단계에서는 교수·학습 설계에서 제시한 것과 같이 ‘열린 질문’에 대한 학습 내용을 감각적 유형은 구체적으로, 직관적 유형은 추상적으로 교육 내용을 재구성하여 학습을 전개한다. 문제해결전략 수립 단계에서는 동일한 학습 내용을 시각적 유형의 학습자에게는 그림, 도형과 같은 시각적 정보로 제시하고, 언어적 유형의 학습자에게는 글, 숫자, 기호와 같은 언어적 정보로 자료를 제시한다. 문제해결전략 실행 단

계에서 적극적 유형의 학습자는 동료 학습자와의 상호작용을 통해 자신의 전략을 검증받고, 숙고적 유형의 학습자는 개별적으로 집중하여 문제를 해결한 후 맞춤형 학습 지원 시스템을 통해 자신의 전략을 검증한다. 학습자 스타일에 따른 맞춤형 학습 시스템의 학습 효과 분석을 위하여 초등학교 6학년 수학 수업에 활용하여 학업 성취도와 학습 동기에 미치는 효과를 조사하였다. 연구 결과 맞춤형 학습 시스템은 학업 성취도와 학습 동기를 유의미하게 향상시키는 것으로 나타났다.

지금까지 살펴보았듯이 다인수 학습에서 학생들의 인지적, 정의적 특성, 학습 상황에 적응적인 학습을 제공해주는 개별화 학습은 이상적인 학습 형태로 많은 연구자들이 다양한 전략을 제시해왔다. 그러나 최근 들어 정보의 접근성을 보장해주는 모바일 서비스의 확산과 스마트 기기의 대중화는 학습자 중심의 맞춤형 개별화 학습 환경을 혁신적인 수준으로 변화시켜 나가고 있다. 따라서 이러한 모바일 기술과 스마트 기기를 활용한 개별화 학습이 실제 학교 현장에서 구현될 수 있는 구체적인 교수·학습 방법을 개발하고, 이를 적용해보는 연구들이 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

3. 소집단 학습과 스마트 기기 활용 방법

3.1 소집단 학습에 대한 선행 연구

구성원 간의 상호작용을 통하여 지식을 구성해가는 소집단 학습은 효과적인 학습 형태로 많은 연구자들에 의해 다양한 교수·학습 방법과 전략이 제안되어 왔다. 대표적으로 협동학습 전략은 학습 과정의 사회성을 바탕으로 하여 학습 환경이나 학습 구조 변화의 관점에서 제안된 일종의 강화된 소집단 학습으로서 Vygotsky의 발달 심리 이론에 기초한 사회적 구성주의에 근거하며, Lewin의 장 이론(field theory)에서 발달된 사회적 상호의존성을 학습 이론으로 하고 있다. 그 동안 소집단 협동학습이 학생들의 인지적·정의적 영역에 미치는 효과에 대한 연구가 다수 이루어졌다(임희준 등, 2001; Acar & Tarhan, 2008). 소집단 협동학습은 전통적인 강의식 수업보다 학생들의 개념 이해도, 학업 성취도, 학습 동기 등의 향상에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 협동학습의 효과에 영향을 미치는 요인인 소집단 구성 방법(오경의, 김영수, 2003; Ding & Harskamp, 2006)이나 학습자의 특성(고한중 등, 2013; 주영, 2015; 차정호 등, 2007; 한재영, 2003)에 대한 연구들도 지속적으로 이루어져 왔다. 성취도 측면에서는 이질적으로 구성된 소집단인 경우에 협동학습의 효과가 더 높은 것으로 나타났다.

소집단 협동 학습에서 정보통신기술을 활용하고자 하는 시도도 지속적으로 이루어졌는데, 협동학습을 컴퓨터 보조 수업과 연결시킨 협동적 CAI에 대한 연구(김경순, 2005; 차정호 등, 2005)나 인터넷을 활용한 협동 학습에 대한 연구(Clark & Slotta, 2000; Hoadley & Linn, 2000)가 있었다. 이러한 연구들에 의하면 컴퓨터를 비롯한 정보통신기술의 활용이 보다 효과적인 협동학습 환경을 조성하는데 도움이 되는 것으로 나타났다. 21세기에 들어서면서 인터넷의 보급이 활발해지면서 컴퓨터 지원 협력 학습(computer-supported collaborative learning; CSCL)에 대한 연구가 많이 진행되었다. CSCL은 컴퓨터 네트워크를 기반으로 시·공간의 제약 없이 서로 연결된 학습자들이 협력하여 지식을 구성하는 교수·학습 방법이다. CSCL 환경에서 실제 학습자들이 어떤 학습 경험을 하고 있는지를 확인하는 일은 매우 중요한 연구 분야이다.

Treleaven(2004)은 온라인 협력 학습을 평가하는 연구 동향을 다음 세 영역으로 분류 하였다. 첫째, 온라인 협력 학습을 경험하는 학습자들이 자신들의 온라인 학습 경험을 어떻게 인식하는지를 분석하는 연구들이다. 인터뷰 및 설문지 자료를 분석하여 자신들이 경험한 온라인 학습의 질, 온라인에서 동료 학습자들과 상호작용한 경험에 대한 인식을 확인하는 연구들이 여기에 해당한다. 둘째, 온라인 협력 학습 교수 방법에 대한 연구이다. 온라인 협력 학습에 사용된 교수 매체, 교수 전략, 교수·학습 방법의 효과를 검증하는 연구들이 이 범주에 속한다. 마지막으로 사회문화적 연구 방법으로 온라인 학습을 이해하려는 연구들이다. 즉, 온라인 학습을 평가하기 위해서 교수·학습이 일어나는 사회적 맥락을 함께 연구의 대상으로 삼는 접근이다.

학습자들의 사회적 상호작용 과정이 어떻게 일어나고 있는지를 탐색하고 이러한 학습자 상호작용을 위하여 사용되는 교수 매체 및 교수 전략 등을 사회적 맥락에서 평가한다. 학습자들의 상호작용이 얼마나 질적으로 이루어지는가는 온라인 학습의 성공 여부를 결정하는 주요한 요소이다(Hamilton & Harland, 2012). CSCL 환경에서 발생하는 학습자 간 상호작용을 밝히는 연구들은 웹 기반 비동시적 토론에서 학습자들이 상호작용하는 활동을 주 분석 대상으로 삼았다.

이러한 연구들은 온라인 토론 활동에 임하는 학습자들의 (1) 토론 참여도(Guzdial & Turns, 2000), (2) 인지적 사고유형 및 수준(Garrison *et al.*, 2001), (3) 사회적 실재감(Rourke & Anderson, 2002), (4) 사회적 네트워크 구조(김명랑, 박혜영, 2008), 및 (5) 협력적 지식 구성 과정(이경순, 2004) 등을 탐색하여 온라인 학습자들이 경험하는 학습의 질을 판단하였다.

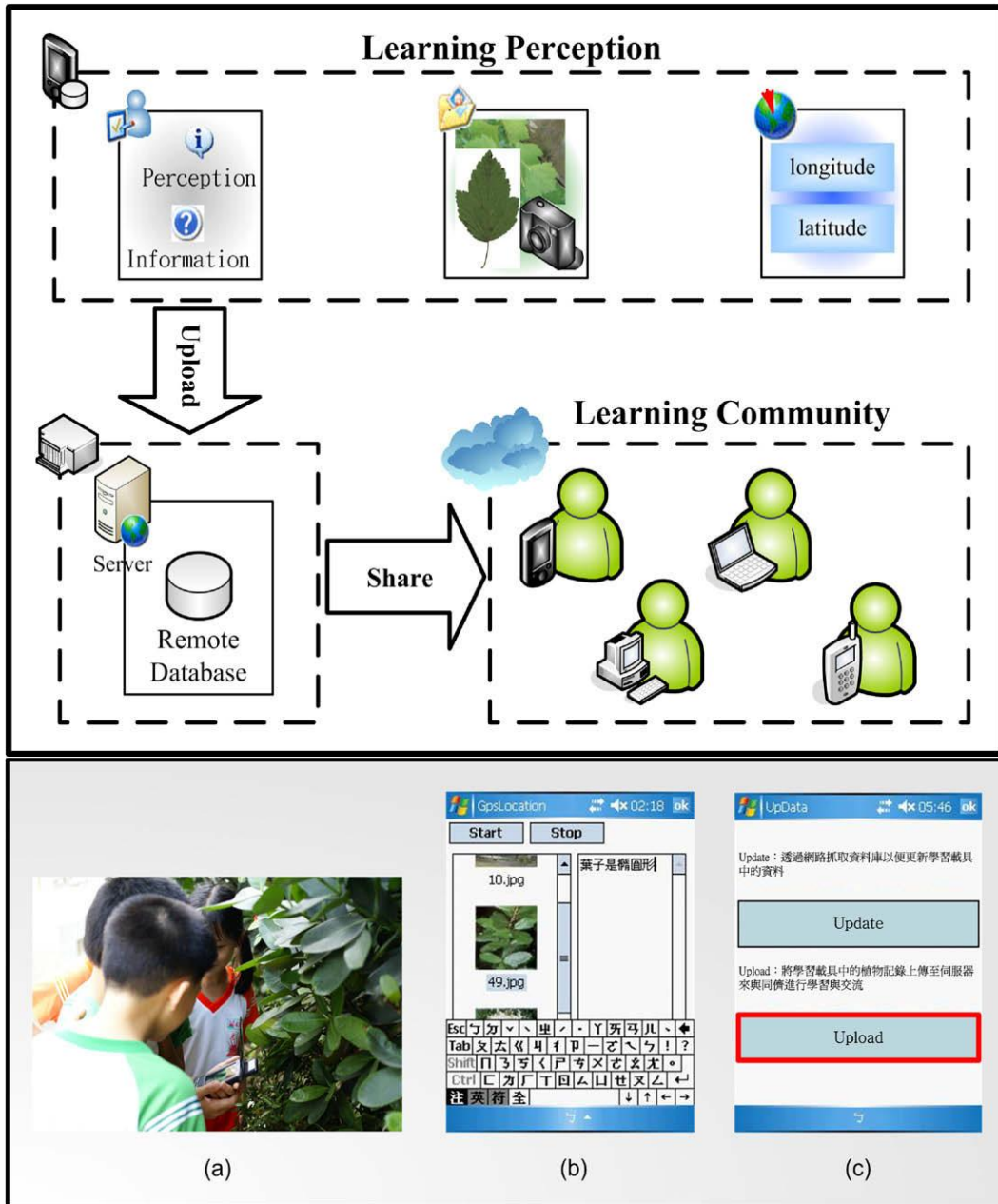
3.2 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 선행 연구

최근 스마트 폰과 같은 스마트 기기가 급격히 확산되면서 PC를 활용하여 상호작용을 하던 학습자들은 스마트 기기를 통해 실시간으로 다른 학습자와 상호작용을 할 수 있게 되었다. 스마트 기기를 활용하게 되면 학습자는 게시판, Q&A, 이메일, 쪽지와 같은 비실시간 의사소통 방식과 메신저, 채팅, 실시간 토론방, 공동문서 작성 애플리케이션 등과 같은 실시간 의사소통 방식 및 학습 커뮤니티를 이용한

다자간 협력학습이 가능하게 된다. 또한 최근에 확산되고 있는 SNS인 페이스북이나 트위터를 활용하면 비실시간과 실시간 의사소통의 경계 없이 협력학습이 가능할 수 있다(민성기, 양승빈, 2011). 따라서 기존의 학습관리 중심의 사고에서 벗어나 학습자 스스로 자기주도적인 학습을 지원할 수 있는 다양한 형태의 협력학습 도구로써 스마트 기기의 활용에 대한 연구가 필요하나 그에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

Jarvela 등(2007)은 협력학습을 지원하기 위한 모바일 기기의 활용방안으로 대학 강의에서 학생들의 자기조절 학습을 촉진하기 위한 Mobile Lecture Interaction tool의 사용 방안, 모바일 기기를 협력학습 비계로 활용하여 개인 및 협력학습의 차원에서 지식 표상의 구체화를 지원하는 방안, 모바일 기기를 통한 일대일 대면 학습과 사회적 소프트웨어(weblogs, wikis, RSS-aggregators and file-sharing services)의 사용을 통합한 협력학습 등 세 가지를 제안하였으며, 이들 각각의 방안은 모두 사회적으로 공유되는 학습에서 교육학적 모형과 비계 설정의 수준을 논증하기 위하여 구성된 것이다. 이 연구에서는 무선 네트워크 환경과 모바일 기기들은 고등교육에서 가상현실 및 일대일 대면 학습에서의 상호작용과 더불어 다양한 내용과 맥락을 연결할 수 있는 복합적인 기회를 제공할 수 있음을 시사점으로 제시하였다.

모바일 기기를 활용할 경우 소집단 구성원간의 지식 공유와 생산이 매우 용이해질 수 있다. 다른 학습자와 개별 학습 경험을 공유하는 것은 학습에 도움을 줄 수 있기 때문에 학습자간 지식 공유의 중요성이 제기되고 있다. Huang 등(2010)은 모바일 식물 학습 시스템(mobile plant learning system; MPLS)을 개발하여 조별로 협력하는 학습 과정에서 개별 학습자가 실시간으로 개인 정보와 함께 식물에 관한 정보를 기록 할 수 있도록 하였다. 학생이 기록을 완성하면 모바일 네트워크 서비스를 통해 웹 서버에 정보를 업로드 할 수 있다(그림 11). 이후에 학습자는 다른 학습자들이 올린 식물에 대한 다양한 정보들을 MPLS을 통하여 얻을 수 있기 때문에 지식의 공유가 쉽게 이뤄졌다. 또한 개별 학습자들이 올린 식물의 위치를 e-map을 통해 확인할 수 있어 원하는 식물의 위치를 쉽게 찾을 수 있다. 학생들은 MPLS의 이런 기능을 사용하여 자신이 가지고 있는 학습 정보를 쉽게 공유하고 다른 학습자들이 가지고 있는 학습 정보도 쉽게 얻을 수 있었다.



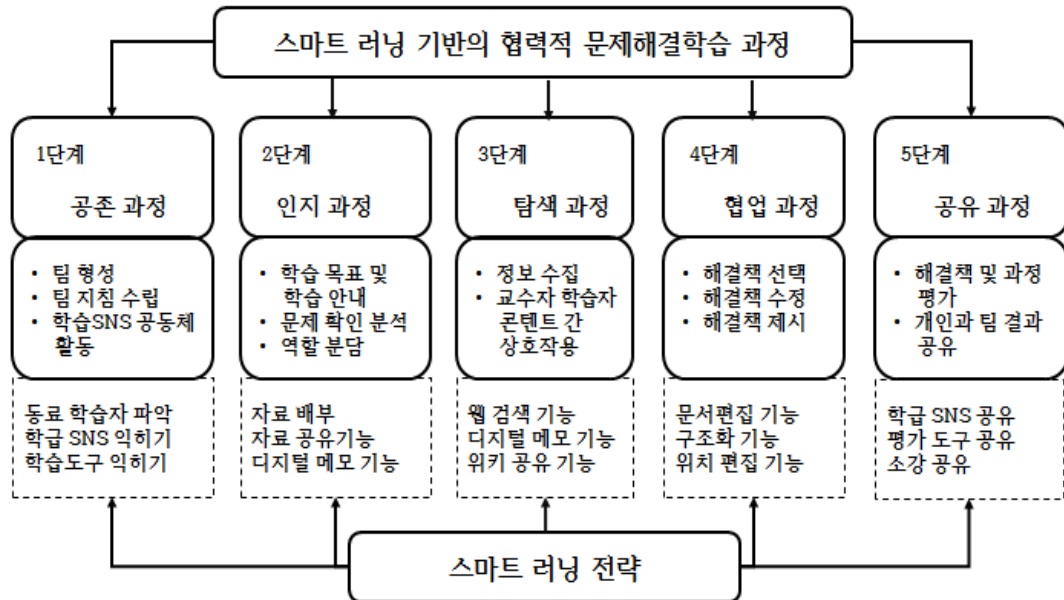
<그림 11> 소집단 활동에서 PDA를 활용한 지식 공유 과정의 예시
(Huang *et al.*, 2010)

김정량과 노재춘(2014)은 스마트 기반 협동학습을 통한 의사소통능력 신장에 관한 연구에서 실험 집단과 통제 집단 간의 스마트 기기 활용이 의사소통에 미치는 영향을 조사하였다. 스마트 기반 협동학습 모형을 적용한 수업이 일반적인 협동학습을 진행한 수업보다 초등학생들의 의사소통능력을 신장시키는 데 더 효과적인 것으로 나타났다. 즉, 스마트 기기와 SNS를 중심으로 협동학습을 적용한 결과 초등학생들의 표현, 경청과 이해, 상호작용 등 의사소통능력의 모든 하위 영역이 통계적으로 유의미하게 향상된 것으로 나타났다.

안상진과 이영준(2013)은 정규 교육에서 SNS 활용 방안을 연구한 결과 SNS의 학습 특성을 지식 표현과 공유, 피드백으로 규정하였다. SNS의 이러한 학습 특성을 활용하여 보완형 학습모형을 개발하여 적용하였는데, 형식 교육에서는 면대면 토론과 지식의 습득이 이루어지고, 비형식 교육에서는 SNS를 활용하여 의견을 개진하고 피드백을 받는 과정을 통하여 지식의 재구조화가 이루어진다고 하였다. 따라서 SNS를 통한 생산적인 의견교환이 이루어질 수 있는 여건을 마련한다면 정규 수업 시간에도 SNS를 활용할 수 있을 것으로 보았다.

장준혁과 박관우(2014)는 스마트 기기를 이용한 웹2.0 환경에서의 협동학습이 학습자의 학업 성취도와 자기주도적 학습태도에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위해 초등학교 5학년 사회 수업에서 실험 집단에게는 스마트 기기를 이용한 구글 드라이브의 문서 작성 기능을 활용한 학습 활동을 하게 하였고, 통제 집단은 전통적 강의식 수업을 실시하였다. 연구 결과 실험 집단이 통제 집단보다 학업 성취도 및 자기주도적 학습태도가 통계적 유의수준에서 더 신장된 것으로 나타났다. 이 연구는 협력적, 동시적 글쓰기를 통한 협동학습이 학생들에게 유의미한 효과를 보인 것으로 스마트 기기를 활용한 구글 드라이브의 문서 작성의 효과성을 보여주는 것으로도 볼 수 있다.

김현주와 임정훈(2013)은 초등학교 스마트 교실 환경에서의 협력적 문제해결학습 모형을 개발하였다(그림 16). 스마트 러닝 환경에 지능적이고 유연한 적응이 가능하도록 초등학교 스마트 교실 환경에서의 협력적 문제해결학습 모형을 개발하여 제시함으로써 향후 체계적인 스마트 러닝의 현장 적용을 위한 설계 전략의 기반을 마련하고자 하였다. 스마트 러닝 기반의 협력적 문제해결학습 과정은 공존 과정, 인지 과정, 탐색 과정, 협업 과정, 공유 과정의 5단계로 구성되어 있다.



<그림 12> 스마트 러닝 기반의 협력적 문제해결 학습 과정(김현주, 임정훈, 2013)

공존 과정은 사전활동 단계와 비슷한 맥락의 단계로서, 본격적인 수업이 이루어지기 전에 환경, 기능, 태도 면에서 사전 준비를 하는 단계이다. 또한 이 단계에서 팀 구성 및 팀 공동체 의식을 형성하게 된다.

인지 과정은 문제해결학습을 위해 좋은 문제를 제시하거나 문제를 인지, 분석하는 단계이다. 이 단계에서는 문제해결을 위하여 팀원들이 함께 문제를 확인하고 분석한 후, 어떠한 세부 과제들을 실행하고 일정을 수립하며 역할 분담을 해야 하는가를 결정하는 단계이다.

탐색 과정은 문제의 해결책에 대한 동의와 그것을 성취하는 방법이 있을 때까지 상호간에 문제를 찾아가는 과정이다. 이 과정에서는 문제를 해결하기 위하여 자기주도적인 개별학습을 통하여 정보수집과 필요한 정보, 자원과 전문성을 획득하는 단계이다. 이 과정에서 획득된 정보, 자원, 전문성을 그룹이나 팀의 구성원에게 스마트 기기의 공유기능이나 SNS로 보급한다. 또한 상호작용의 과정에서 다시 각자 개별 탐색을 진행하고 다시 협력학습을 수행하는 형성평가의 과정을 되풀이 하게 된다. 스마트 클래스와 같이 면대면과 웹 기반이 함께 이루어지는 상황에서 학습자

들은 팀에게 주어진 문제나 과제를 수행하기 위하여 실시간 자료 수집 활동을 수행하면서 학습자들 간의 상호작용과 피드백을 동시다발적으로 수행하게 된다. 이 과정에서 학습자들은 SNS나 팀 클라우드 및 위키 문서를 활용할 수 있다.

협업 과정은 개별학습으로 얻은 결과물을 가지고 모듈간의 공동 논의를 통하여 문제해결안을 도출하고 검증하며 확정하는 단계이다. 이 과정에서 학생들은 모듈 동료에게 새로운 해결책을 제시하고 서로에게 질문함으로써 학습 결과를 정리하여 공동체 지식으로 다시 생성한다.

공유 과정에서는 과제 해결 결과를 정리한 뒤 모든 구성원들에게 발표함으로써 모든 수행과정을 살펴보고 마지막 결과를 산출한다. 또한 해결책 발표 및 공유 활동으로 다른 모듈의 활동 내용을 알 수 있는 기회가 된다. 이 단계에서는 단위 수업의 전 과정을 평가하는 활동이 진행되는데, 평가를 위한 앱을 활용하여 형성평가가 실시간 가능하며 SNS를 통하여 수업 후에도 지속적으로 상호 평가가 가능하게 할 수 있다.

제 3 장. 중학교 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과(연구 I)

1. 서론

정보통신 기술의 급속한 발달과 스마트 기기로 대표되는 첨단 매체의 발달은 우리 사회의 다양한 분야에서 변화와 혁신의 기회를 제공하고 있다. 교육 분야에서도 스마트 기기의 대중화로 인해 새로운 패러다임이 창출되고 있으며, 이를 기반으로 스마트 교육이 관심을 불러일으키고 있다(조재춘, 임희석, 2012). 미국, 핀란드, 호주, 일본, 싱가포르 등 많은 국가들에서 디지털 교과서의 개발과 적용, 온라인 평가 체제 구축 등 스마트 교육 관련 정책을 추진하고 있다(Johnson *et al.*, 2013). 우리나라도 새로운 교육적 요구에 부응하기 위해 표준화된 교육과정에 의해 지식을 전달하던 시스템에서 탈피하여 개별화된 맞춤형 교수·학습을 지원할 수 있는 시스템을 지향하는 스마트 교육 추진 전략 실행 계획을 수립하여 추진하고 있다(교육과학기술부, 2011). 스마트 교육이 현장에 보급되기 시작하는 현 상황을 고려할 때 교육 현장에서 사용할 수 있는 실질적인 교수·학습 방법이나 전략을 마련하는 것이 시급하다. 그러나 아직까지 실제 학교 현장에 스마트 기기를 적용한 사례 연구나 교수 모형 관점에서의 연구와 실천은 부족하며(김운화 등, 2011; 이지선, 최재혁, 2012; 주종우, 이용환, 2012), 구체적인 교수·학습 방법도 제시되지 못하였다(임걸, 2011).

전통적인 교육 환경에서는 모든 학생들에게 동일한 교육이 제공되므로 다양한 특성을 가진 학생들의 요구를 반영하지 못한다는 문제점이 있다. 이를 개선하기 위해 학습자들의 능력 및 특성 차이를 고려하여 개개인에게 적합한 학습 환경을 제공하는 컴퓨터를 활용한 지능적 교수 체제(intelligent tutoring system)나 적응적 수업 체제(adaptive instructional system) 등의 교수·학습 방법에 대해 연구가 이루어졌다(Reiser & Dempsey, 2006; Tomlinson, 2001). 과학 교과에서도 개별화 학습을 구현하기 위해 개별화된 프로그램 수업이나 개별 처방 수업과 같은 적응적 학습 방법을 제시해왔다(김경순 등, 2006; 양연숙, 유평준, 2003; Song & Keller, 2001;

Zangyuan, 2003).

그러나 컴퓨터를 활용한 기존의 수업들은 기술적 한계로 인해 학생의 특성에 따라 차별화된 학습 내용을 실시간으로 제공하지 못했고, 이로 인해 성취 수준이나 학습 양식 등의 학습자 특성에 따라 수업 효과에 차이가 있었다(김경순 등, 2007; 노태희 등, 1999). 또한 모든 학생들이 컴퓨터를 사용할 수 있는 학습 공간이 요구되고, 대부분 프로그램에 의해서만 학습이 진행될 뿐 교사와 학생 간의 상호작용은 배제되는 경우가 많아서, 교육 현장에 전면적으로 적용되기에는 기술적, 환경적 한계가 있었다(류지현, 2008).

정보통신 기술과 이를 기반으로 한 네트워크 자원이 구축된 스마트 교육 환경에서는 다양한 학습자가 한 교실에서 함께 학습하더라도 개별 학습자의 수준에 맞는 학습 내용과 자료를 실시간으로 제공하는 적응적 개별 학습이 가능하게 되었다. 교사는 스마트 기기를 통해 실시간으로 학습자들의 정보를 수집하여 수준을 파악할 수 있고, 학생들은 스마트 기기를 통해 적응적인 학습 자료나 평가를 실시간으로 제공받아 동일한 시간과 공간에서도 개별화 학습을 할 수 있다(Shuler *et al.*, 2013).

과학에서는 관찰이나 경험이 불가능한 미시세계에 관한 개념을 이해하는 것이 매우 중요하나, 형식적 조작기에 도달하지 못한 중학생들은 이와 관련된 다양한 오개념을 지니고 있다(Singer *et al.*, 2003; Snir *et al.*, 2003). 이러한 오개념을 교정하기 위해서는 학생들 개개인의 개념 이해 수준을 진단하고 적응적인 피드백을 제공하여, 학습자가 자신의 개념에 대한 이해의 변화를 직접 경험하는 것이 중요하다(김경순 등, 2007; Zangyuan, 2003). 이와 같은 학습자의 과학 개념에 적응적인 개별화 교수·학습 방법은 스마트 교육에서 구현 가능한 중요 전략의 하나가 될 수 있다.

최근 스마트 기기를 활용하여 학생들에게 진단 및 형성 평가를 제공했을 때 학습에 대한 흥미, 태도, 만족도, 학습 성과에 효과가 있다는 연구들이 보고되었다(강정민 등, 2014; 곽형석, 신영준, 2014; Hwang & Chang, 2011). 선행 연구들에서 제공했던 실시간 평가와 즉각적인 반응 수집에 덧붙여 학습자의 개념에 적응적인 개별 피드백과 학습 자료를 제공한다면 더 큰 교수 효과를 기대할 수 있을 것이다. 또한 스마트 기기를 통해 미시세계를 다루는 과학 개념 학습에서 유용하다고 알려

진 다양한 멀티미디어 자료(노태희 등, 1998; Ardac & Akaygun, 2004)를 학습자의 개념에 맞추어 적응적으로 제공할 수 있다는 장점도 있다.

따라서 이 연구에서는 스마트 기기를 활용하여 학습자의 개념 유형을 진단하고, 개별 학습자에게 적합한 내용과 자료를 제공하는 개념 적응적 개별화 학습 방법을 개발하고, 그 교수 효과를 개념 이해도, 개념 파지, 학업 성취도, 학습 동기, 과학 수업에 대한 즐거움, 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 측면에서 조사하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

이 연구는 서울시의 한 남녀 공학 중학교 1학년 112명을 대상으로 실시하였다. 중간고사 과학 성적이 비슷한 4개 학급을 선정한 후 학급 단위로 전통적 학습 집단(통제 집단)과 스마트 기기를 활용한 개별화 학습 집단(처치 집단)으로 배치하였다. 중간고사 과학 성적 중앙값에 기초하여 학생들을 상위와 하위로 구분하였는데, 과학 성취 수준에 따른 집단별 사례 수는 <표 I-1>과 같다. 처치 집단 학생들(54명)의 스마트 기기 소지 비율은 91%였고, 스마트 기기가 없는 학생들에게는 연구자들이 스마트 기기를 지급하여 모든 학생들이 개별적으로 스마트 기기를 사용할 수 있는 환경을 조성하였다.

<표 I-1> 사전 과학 성취 수준에 따른 집단별 학생 수

	통제 집단	처치 집단	계
사전 성취 수준 상위	27	29	56
사전 성취 수준 하위	31	25	56
전체	58	54	112

2.2 연구 단위

이 연구에서는 학생들의 다양한 오개념 유형과 이에 대한 해결 방안들이 많이 연구된 바 있는 중학교 1학년 ‘분자의 운동’을 연구 단위로 선정하였다. ‘분자의 운동’ 단원은 입자 수준의 추상적 개념 이해를 목표로 하고 있는데, 많은 학생들이 수업을 받은 이후에도 분자 모형 등 입자 개념과 입자의 운동을 이해하는 데 어려움을 느끼고 있다(Singer *et al.*, 2003; Snir *et al.*, 2003). 학생들이 갖고 있는 다양한 오개념을 변화시키기 위해 그림 그리기, 컴퓨터 애니메이션, 컴퓨터 보조 수업 전략 등의 다양한 교수·학습 방법들이 제시되었다(김경순 등, 2006; 노태희 등, 2003). 따라서 ‘분자의 운동’ 단원의 효과적인 학습을 위해서는 스마트 기기를 활용하여 학생들이 지니고 있는 다양한 개념 유형에 적응적인 개별화 학습을 적용할 필요가 있다.

2.3 연구 설계와 연구 절차

이 연구는 통제 집단과 처치 집단을 학급 단위로 배치하여 이질적 전후 검사 통제 집단 설계(non-equivalent pretest-posttest control group design)로 구성하였고, 이 연구의 실험 설계 내용은 <그림 I-1>과 같다.

통제 집단	O ₁	O ₂	X _T	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆	O ₇	O ₈
처치 집단	O ₁	O ₂	X _S	O ₃	O ₄	O ₅	O ₆	O ₇	O ₈

X_T: 전통적인 강의식 수업

X_S: 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습

O₁: 과학 학습 동기의 사전 검사

O₂: 과학 수업에 대한 즐거움의 사전 검사

O₃: 개념 이해도 검사

O₄: 학업 성취도 검사

O₅: 과학 학습 동기의 사후 검사

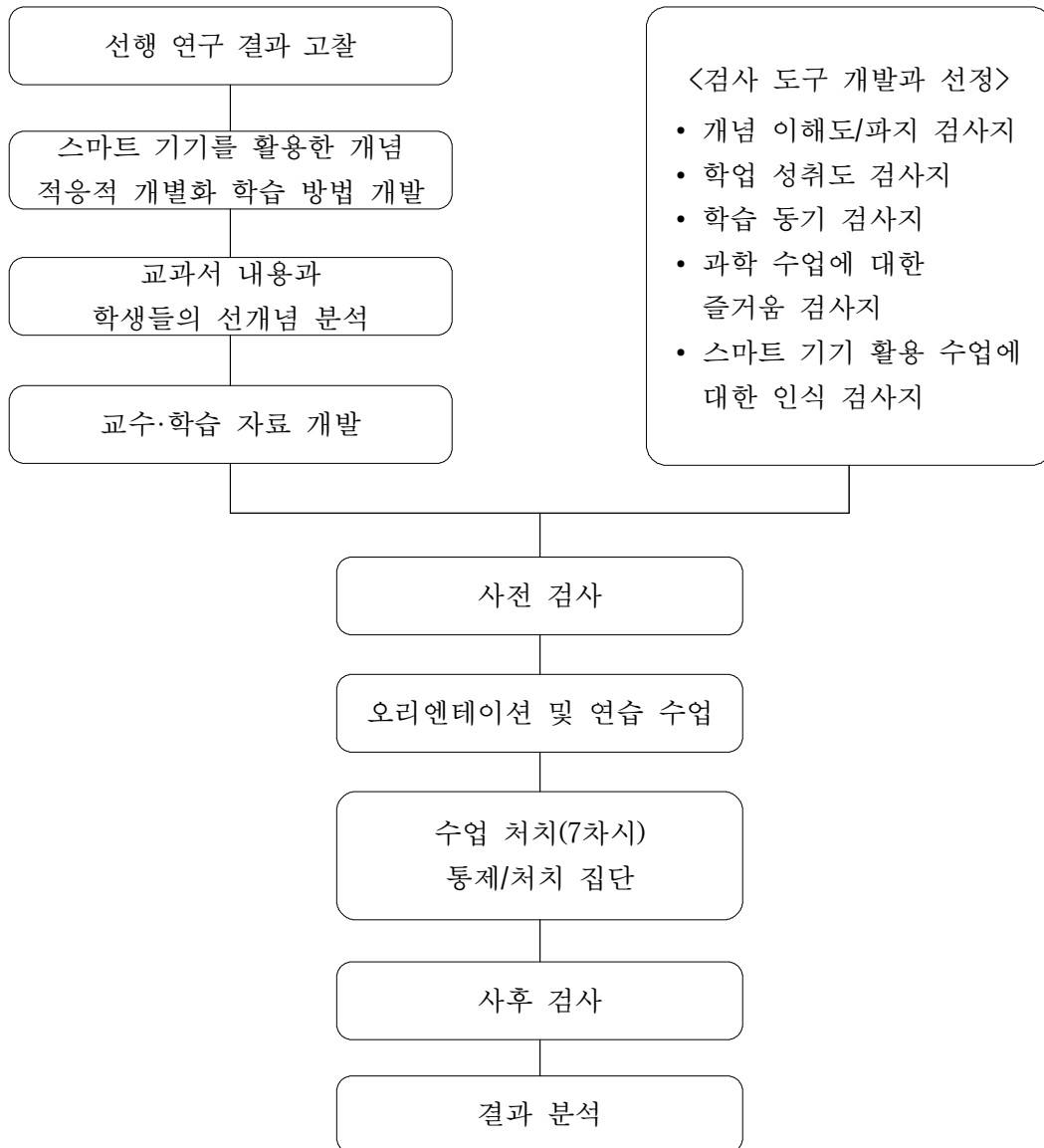
O₆: 과학 수업에 대한 즐거움의 사후 검사

O₇: 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 인식 검사

O₈: 개념 파지 검사

<그림 I-1> 연구의 실험 설계

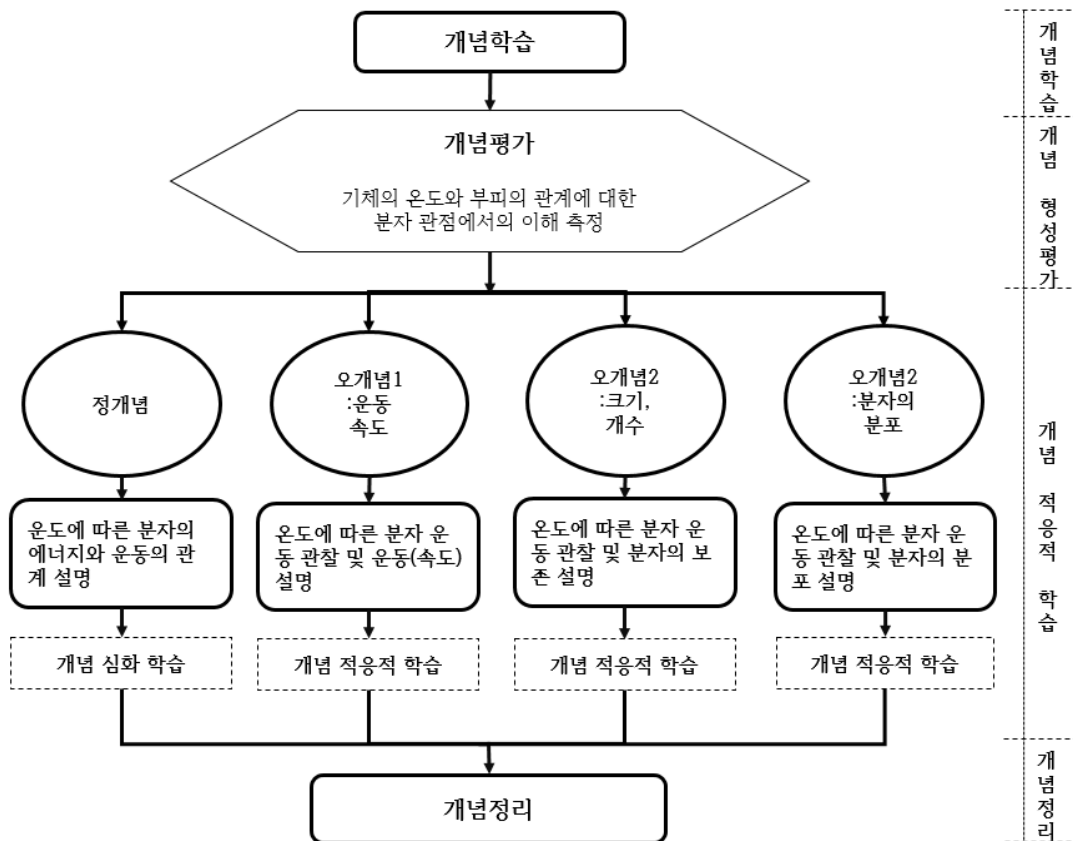
이와 같은 실험 설계에 따른 본 연구의 절차는 <그림 I-2>와 같다. 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법에 대한 선행 연구와 개별화 및 적응적 수업 방법과 관련된 이론을 고찰하여 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 방법을 개발하였다. 연구 내용 영역인 ‘분자의 운동’ 단원에 대한 교과서의 내용과 학생들의 선개념을 분석한 후 교사용 수업 지도안과 학생 활동지 및 학생들의 개념에 적응적인 개별화 학습 자료를 개발하였다. 개발한 교수·학습 자료는 과학교육 전문가 2인과 현직 교사 3인으로 구성된 소모임에서 여러 차례 논의를 거쳐 수정·보완하였다. 이후 최종 확정된 개념 적응적 개별화 학습 자료는 모바일 웹 자료로 제작하였다. 수업 처치에 앞서 학습 동기 검사와 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였다. 처치 집단에는 학생들이 스마트 기기를 활용한 개별화 학습 방법에 익숙해질 수 있도록, 스마트 기기의 활용 방법과 전반적인 수업 과정에 대한 오리엔테이션 및 연습 수업을 1차시 실시하였다. 처치는 ‘분자의 운동’ 단원에 대하여 총 7차시에 걸쳐 진행하였다. 처치 집단과 통제 집단 모두 교사의 강의식 수업으로 목표 개념을 가르친 후, 처치 집단에는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 방법에 따른 수업을 실시하였고, 통제 집단에는 처치 집단에 제공된 것과 동일한 개념 형성 평가 문제를 학생들이 각자 풀 뒤 교사가 정리하는 방식으로 수업을 실시하였다. 통제 집단의 활동지 및 형성 평가 문제 내용은 처치 집단과 동일한 내용으로 구성하였다. 연구자 중 1인이 매 차시 수업을 참관하여 수업 처치가 계획대로 진행되는지 점검하였다. 수업 처치가 끝난 직후 개념 이해도 검사, 학업 성취도 검사, 학습 동기 검사, 과학 수업에 대한 즐거움 검사를 실시하였고, 처치 집단에는 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 인식 검사를 추가로 실시하였다. 수업 처치가 끝난 3주 뒤에 개념 파지 검사를 실시하였다.



<그림 I-2> 연구 절차

2.4 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 방법

스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 방법은 컴퓨터를 활용한 적응적 수업 방법이나 IT 및 스마트 기기를 활용한 개별화 방법 등에 대한 선행 연구(김경순 등, 2006; Han & Finkelstein, 2013; Hwang & Chang, 2011)의 교수·학습 절차를 체계적으로 분석하여 개념 학습 단계, 개념 형성 평가 단계, 개념 적응적 학습 단계, 개념 정리 단계로 구성하였다(그림 I-3).



<그림 I-3> 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 단계

개념 학습 단계에서는 수업을 통해 개념을 학습하고, 개념 형성 평가 단계에서는 학생들이 각자의 스마트 기기로 활동지의 QR코드를 통해 제공되는 개념 문제를 풀도록 하였다. 형성 평가 단계의 개념 문제는 ‘분자의 운동’ 단원에서 학습하는 개념에 대한 학생들의 오개념을 조사한 선행 연구(노태희, 전경문, 1997; 노태희 등, 1998)에 기초하여 개발하였다. 개념 문제는 각각 2개의 목표 개념을 평가할 수 있도록 개발하였고, 학생들은 7차시 동안 총 14문항의 개념 문제를 풀었다. 개념 적응적 학습 단계에서는 개념 문제에 대한 응답을 바탕으로 학생들의 개념 이해 수준을 결정하고, 이에 따라 적응적으로 설계된 모바일 웹 학습 자료를 제공하여 개별화 학습을 진행하였다(그림 I-4). 학생들의 응답이 실시간으로 집계되므로, 교사는 학생들의 개념 유형 분포 및 개별화 학습 진행 상황을 실시간으로 파악할 수 있다.



[개념 형성 평가 단계]

[개념 적응적 학습 단계]

<그림 I-4> 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 예시

학생들에게 개별적으로 제공되는 모바일 웹 학습 자료에는 읽기자료, 애니메이션, 동영상 등이 포함되어 있다. 목표 개념이 불완전한 학생에게는 적응적으로 설계된 자료를 제공하였고, 목표 개념이 형성된 학생에게는 개념을 심화시킬 수 있는 자료를 제공하였다. 학생들의 개념 유형에 따른 적응적인 개별화 학습 자료의 주요 내용을 <표 I-2>에 제시하였다. 개별화 학습 자료는 총 14개의 목표 개념에 대해 학생들이 가지고 있는 51개의 다양한 개념 유형에 적응적인 학습 내용으로 개발하였다. 예를 들어, '온도에 따른 기체의 분자 운동' 차시의 '기체의 온도에 따른 분자의 운동 모형'에 대한 목표 개념의 경우 기체 분자의 크기가 변한다는 오개념을 가지고 있는 학생들에게는 분자의 크기나 모양은 변화가 없다는 물질의 입자성에 대한 올바른 이해를 돕기 위하여 설명과 동영상을 제시하였다. 그리고 온도가 낮아질 때의 부피 변화와 기체 분자 운동을 설명하는 동영상이 포함된 개별화 학습 자료도 제공하였다. 기체의 운동 속도에 대한 오개념을 가지고 있는 학생들에게는 올바른 이해를 돕기 위한 설명과 동영상을 제시한 후, 운동 속도와 관련된 삽화와 동영상을 제시하였다. 또한 온도가 낮아질 때의 부피 변화와 기체 분자 운동을 설명하는 동영상도 제공하였다. 온도가 높아지면 기체 분자가 뜨거워져 위쪽에 모인다는 오개념을 가진 학생들에게는 기체가 용기 전체에 골고루 분포한다는 것을 보여주는 동영상을 제시하고, 온도가 높아지면 더 빠르게 운동한다는 추가 정보를 제시하여 개념을 학습하도록 하였다. 과학적 개념을 가지고 있는 학생들에게는 분자 수준의 영상 설명을 통해 이 개념을 심화시키고, 개념을 적용하여 실생활에서 활용할 수 있는 간이 물 온도계를 만드는 동영상을 보여주면서 원리를 설명하는 자료를 제시하였다. 이와 같이 개별 학습자의 개념 이해 수준에 맞는 개별화 학습이 진행된 후, 개념 정리 단계에서는 학습 내용을 정리하여 활동지에 기록하도록 하였다.

<표 I-2> 학생들의 개념 유형에 적응적인 개별화 학습 자료의 주요 내용

차시	목표 개념	개념 유형	개별화 학습 자료의 주요 내용
1. 증발과 확산	증발	물이 없어진다는 오개념	액체 분자는 없어지는 것이 아니라 스스로 운동하여 기체 분자가 되어 공기 속으로 들어간다는 증발 개념 설명
		물이 공기로 변한다는 오개념	공기와 증발에 대한 개념 설명
		물 내부에서 기포가 형성되어 공기로 들어간다는 오개념	증발과 끓음에 대한 개념 설명
		과학적 개념	우리 주변의 증발 현상에 대한 심화 설명
	확산	분자가 바람에 의해 날아간다는 오개념	바람이 없는 밀폐된 공간에서도 냄새가 나는 현상을 통해 분자가 스스로 운동하여 퍼져 나가는 확산 개념 설명
		분자가 가벼워서 날아간다는 오개념	무거운 분자도 스스로 운동하여 멀리 퍼져 나가는 현상을 통해 확산 개념 설명
		과학적 개념	우리 주변의 확산 현상에 대한 심화 설명
		기체의 확산 시 분자 모형	일부 기체 분자만 이동한다는 오개념	모든 기체 분자는 스스로 움직여 퍼져 나간다는 확산 개념 설명
서로 다른 기체 분자가 결합한다는 오개념	서로 반응하지 않는 기체 분자는 확산되어 서로 만나도 충돌할 뿐 결합하지 않는다는 확산 개념 설명		
무거운 기체는 가라앉고, 가벼운 기체는 뜬다는 오개념	충분한 시간이 지나면 두 기체가 골고루 섞인다는 확산 개념 설명		
과학적 개념	브라운 운동 등 우리 주변의 확산 현상에 대한 심화 설명		
2. 분자 운동 (입자적 이해)	액체의 확산 시 분자 모형	무거운 액체 분자는 가라앉는다는 오개념	잉크 분자처럼 무거운 분자는 처음에는 바닥에 가라앉을 수 있지만, 충분한 시간이 지나면 골고루 퍼져 나간다는 확산 개념 설명

		액체 분자의 크기가 커지고 색이 옅어진다는 오개념	잉크의 색이 옅어지는 이유는 처음에는 모여 있어 색이 진해보이던 잉크 분자들이 물 전체로 골고루 퍼져 나가기 때문이라는 확산 개념 설명
		액체 분자의 개수가 증가한다는 오개념	확산 과정에서 분자의 크기, 개수, 무게와 같은 성질은 변하지 않는다는 개념 설명
		과학적 개념	우리 주변의 확산 현상과 확산과 용해의 차이에 대한 심화 설명
3. 분자 운동의 빠르기	온도에 따른 분자 운동의 빠르기	온도가 높아지면 물 분자가 가벼워져서 빨리 증발한다는 오개념	온도가 높아지면 물 분자의 운동이 활발해져서 기체로 되는 속도가 빨라지는 것이지 물 분자 자체가 가벼워져서 빨리 날아가는 것이 아니라는 증발 개념 설명
		온도가 낮아지면 물의 증발이 멈춘다는 오개념	온도가 낮아지면 증발의 속도가 느려져서 양이 줄어들어도 계속적으로 증발된다는 개념 설명
		과학적 개념	증발 과정에서 분자 운동의 빠르기에 영향을 주는 다양한 조건들에 대한 심화 설명
	질량에 따른 분자 운동의 빠르기	무거운 분자가 더 빨리 확산한다는 오개념	분자의 질량이 작을수록 더 빨리 운동한다는 질량에 따른 분자 운동의 빠르기에 대한 설명
		확산 속도는 분자의 질량과 관계없다는 오개념	분자의 질량과 분자 운동의 빠르기에 대한 설명
		과학적 개념	질량에 따른 확산 속도 계산 방법 등 질량에 따른 분자 운동의 빠르기에 대한 심화 설명
4. 기체의 압력과 부피의 관계	기체의 압력	부피가 증가하면 압력이 증가한다는 오개념	부피와 무게의 차이점을 설명하고, 수직으로 누르는 힘과 면적과의 관계인 압력의 개념 설명
		접촉하는 면의 넓이가 증가하면 압력도 증가한다는 오개념	접촉하는 면적이 좁아야 압력이 커진다는 압력의 개념 설명

		과학적 개념	압력과 관련된 주변 현상을 설명하고, 압력과 무게가 분산되는 효과에 대한 심화 설명
		외부압력이 증가하면 부피가 증가한다는 오개념	피스톤을 누르면 주사기 속의 압력(외부 압력)이 증가하므로 풍선의 부피가 줄어들게 된다는 기체의 압력에 따른 부피의 변화 개념인 보일의 법칙 설명
	기체의 압력에 따른 부피의 변화	외부압력이 감소하면 내부압력은 증가한다는 오개념	피스톤을 잡아당기면 주사기 속의 압력(외부압력)이 감소하므로 풍선의 크기가 커지고 풍선 속 내부압력도 외부압력과 같이 감소하게 되는 개념 설명
		외부압력이 감소하면 부피와 내부 압력이 증가한다는 오개념	외부 압력이 감소하면 부피는 커지고 내부 압력은 감소한다는 개념 설명
		과학적 개념	우리 주변의 압력에 따른 부피의 변화로 인해 나타나는 현상에 대한 심화 설명
		외부압력이 증가하면 부피가 줄어들어 기체 분자의 운동이 감소한다는 오개념	외부 압력이 커져서 기체의 부피가 감소하면 기체 분자 간 거리가 감소하여 충돌 횟수가 증가할 뿐 온도의 변화는 없으므로 기체 분자의 운동 속도는 일정하다는 개념 설명
5. 압력에 따른 기체 분자의 운동	기체의 압력과 분자 운동의 관계	기체의 부피가 감소하면 기체의 압력이 감소한다는 오개념	기체의 부피가 감소하면 기체 분자 간 거리가 감소하여 충돌 횟수가 증가하므로 기체의 압력도 증가한다는 개념 설명
		기체의 부피가 감소하면 기체 분자의 운동이 활발해진다는 오개념	기체의 부피가 감소하면 기체 분자 간 거리가 감소하여 충돌 횟수가 증가할 뿐 온도의 변화는 없으므로 기체 분자의 운동은 부피가 줄어들기 전 후가 동일하다는 개념
		과학적 개념	높은 곳에 올라가면 귀가 멍멍해지는 현상을 통해 보일의 법칙으로 설명할 수 있는 실생활 사례 심화 설명

		외부 압력이 증가하면 기체 분자가 뭉쳐 가운데로 모인다는 오개념	외부 압력이 증가해서 기체의 부피가 줄어들더라도 기체 분자는 끊임없이 모든 방향으로 움직이기 때문에 가운데로 모이지 않고 피스톤 안에 고르게 분포한다는 개념 설명
	기체의 압력에 따른 분자 모형	외부 압력이 증가하면 기체 분자의 크기가 작아진다는 오개념	기체의 부피가 줄어든다는 것은 기체 분자들이 작아지는 것이 아니라 분자들 사이의 거리가 좁아지는 것이라는 개념 설명
		외부압력이 증가하면 기체의 부피가 줄어들어 기체의 분자 운동이 활발해진다는 오개념	외부 압력이 증가하면 기체 분자의 충돌 횟수가 많아지므로 기체의 압력은 증가하지만 온도의 변화는 없으므로 분자의 운동 속도는 변하지 않는다는 개념 설명
		과학적 개념	빨대 잠수부의 원리를 설명하면서 기체의 압력과 부피의 관계에 대한 심화 설명
6. 기체의 온도와 부피의 관계	기체의 온도에 따른 부피의 변화	기체의 온도가 증가하면 기체의 부피가 감소한다는 오개념	따뜻한 손으로 플라스크를 감싸 쥐면 플라스크 안 기체의 온도가 올라가게 되고, 기체의 부피가 커진다는 샤를의 법칙 설명
		기체의 온도가 증가해도 기체의 부피에는 변화가 없다는 오개념	일정한 압력에서 기체의 온도를 높여주면 기체의 부피가 늘어나고, 온도를 낮추어 주면 기체의 부피는 줄어든다는 샤를의 법칙 설명
		과학적 개념	오줌싸개 인형 원리를 설명하면서 기체의 온도에 따른 부피 변화에 대한 심화 설명
	기체의 온도에 따른 분자 모형	기체의 온도가 증가하면 기체 분자는 가벼워져서 위로 올라간다는 오개념	온도가 올라가더라도 기체 분자는 가벼워져서 위로 올라가는 것이 아니라 끊임없이 모든 방향으로 움직이기 때문에 용기 전체에 고르게 분포한다는 개념 설명

		기체의 온도가 증가하면 기체 분자의 크기도 증가한다는 오개념	기체의 부피는 기체 분자 자체의 크기가 아니라 기체 분자가 차지하는 용기 전체의 부피를 의미한다는 개념 설명
		기체의 온도가 증가하면 기체 분자의 수도 증가한다는 오개념	온도의 변화로 기체의 부피가 달라져도 기체 분자의 개수는 변하지 않는다는 개념 설명
		과학적 개념	실생활에서 쉽게 볼 수 있는 온도에 따른 기체 분자의 운동의 예를 심화 설명
7. 온도에 따른 기체 분자의 운동	기체의 온도에 따른 분자의 운동	기체의 온도가 증가하면 기체의 부피가 증가해서 충돌횟수가 증가한다는 오개념	온도가 높아짐에 따라 기체의 분자 운동이 활발해지고, 충돌 횟수가 증가했기 때문에 결과적으로 부피가 커진다는 인과관계를 혼동하지 않도록 개념 설명
		기체의 온도가 증가하면 기체 분자의 크기가 커져서 분자간 거리가 좁아진다는 오개념	온도가 높아지게 되면 기체 분자들의 크기와 수는 변하지 않고, 운동 속도만 빨라지기 때문에 충돌 횟수가 늘어나 부피가 커지게 되고 분자 간 거리는 늘어나게 된다는 개념 설명
		기체의 온도가 증가하면 기체 분자의 수가 많아져서 부피가 커진다는 오개념	온도가 높아지게 되면 기체 분자들의 크기와 수는 변하지 않고, 운동 속도만 빨라지기 때문에 충돌 횟수가 늘어나 부피가 커지게 된다는 개념 설명
		과학적 개념	팽팽한 농구공을 가열할 때처럼 부피가 일정한 상태에서 온도가 높아지면 나타나는 현상에 대한 심화 설명
	기체의 온도에 따른 분자의 운동 모형	기체의 온도가 증가하면 기체 분자의 크기는 커지고, 운동 속도는 변하지 않는다는 오개념	온도가 증가함에 따라 분자의 크기는 그대로이지만 빨라지는 운동 속도와 많아지는 충돌 횟수에 당황해하는 분자들의 모습을 보여주면서 개념 설명

기체의 온도가 증가하면 기체 분자는 고르게 분포하고, 운동 속도는 변하지 않는다는 오개념	온도가 높아지면 분자는 에너지를 얻어 더 빠른 속도로 운동하게 된다는 개념 설명
기체의 온도가 증가하면 기체 분자는 위로 올라가고, 운동 속도는 변하지 않는다는 오개념	온도가 높아지면서 기체의 부피가 커져서 분자 사이의 거리는 멀어지지만, 분자들은 위쪽으로 몰려 있지 않고 용기 전체에 고르게 분포한다는 것과 더 빠른 속도로 운동하게 된다는 개념 설명
과학적 개념	간이 물 온도계의 원리와 풍선이 하늘로 올라가면 어떻게 될지를 알아보면서 보일의 법칙과 샤를의 법칙을 통해 실생활에서 나타나는 현상에 대한 심화 설명

2.5 검사 도구

(1) 개념 이해도 및 개념 파지 검사

개념 이해도 검사지는 ‘기체의 증발 및 확산’, ‘기체의 압력과 부피 관계’, ‘기체의 온도와 부피 관계’ 등의 목표 개념에 대한 분자 수준의 이해를 측정하기 위하여 주어진 현상을 분자 수준의 그림으로 표현하고, 이에 대해 글로 설명하는 서술형 4 문항으로 구성하였다(부록 1-1). 모든 문항은 선행 연구(김경순 등, 2006; Noh & Scharmann, 1997)를 참고하여 개발하였고, 과학교육 전문가 2인 및 중학교 과학 교사 3인으로부터 문항 구성의 적절성과 내용의 적합성에 대하여 검증 받았으며, 신뢰도 계수(Cronbach’s α)는 .61이었다. 개념 파지 검사에도 동일한 검사지를 사용하였다.

(2) 학업 성취도 검사

학업 성취도 검사지는 Bloom의 평가 목표 이원 분류표에 따라 구성하였다. 내용 영역은 본 차시에서 학습한 '분자의 운동'이며, 행동 영역은 지식 2문항, 이해 4문항, 적용 4문항의 10문항으로 개발하였다. 개발한 검사지는 과학교육 전문가 2인 및 중학교 과학 교사 3인으로부터 안면 타당도를 검증 받았고, 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .53이었다.

(3) 과학 학습 동기 검사

과학 학습 동기 검사지는 Course Interest Survey(Keller & Subhiyah, 1993)의 34문항을 사용하였다. 이 검사 도구는 ARCS 동기 이론에 근거하여 주의집중, 관련성, 자신감, 만족감의 네 가지 측면에서 학생들의 학습 동기를 측정하며, 5단계 리커트 척도로 구성되어 있다. 과학교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성과 내용의 적합성을 점검 받았으며, 이 연구에서의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 각각 .94와 .95였다.

(4) 과학 수업에 대한 즐거움 검사

과학 수업에 대한 즐거움에 대한 검사지로 Test of Science Related Attitude(Fraser, 1981) 중 '과학 수업의 즐거움' 영역 10문항을 사용하였다. 모든 문항은 5단계 리커트 형식이며, 과학교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성과 내용의 적합성을 점검 받았다. 이 연구에서의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 각각 .93과 .92였다.

(5) 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사

스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사지는 스마트 기기 활용 수업의 흥미, 유용성, 선호도 등을 3단계 리커트 척도로 묻고, 이유를 자세히 쓰도록 구성하였다(부록 I-3). 개발한 검사지는 과학교육 전문가 2인으로부터 안면 타당도를

검증 받았다.

2.6 분석 방법

개념 이해도 검사는 각 문항에 설정된 2~4개의 목표 개념을 기준으로 학생들의 응답을 '비과학적인 이해'는 0점, '오개념이 하나 포함된 충분한 이해' 및 '부분적 이해'는 1~2점, '과학적 이해'는 2~3점으로 분류하여 총 10점 만점으로 분석하였다(Noh & Scharmann, 1997). 분석의 신뢰도를 높이기 위해 일부 학생의 검사지를 무작위로 추출하여 2인의 분석자간 일치도가 .95임을 확인한 후, 1인의 연구자가 모든 검사지를 채점하였다.

통계 분석은 수업 처치를 독립 변인으로 하고, 사전 과학 성취 수준을 구획 변인으로 하며, 각 사후 검사 점수를 종속 변인으로 하는 2×2 요인 방안에 의한 이원 공변량 분석(two-way ANCOVA)을 실시하였다. 공변량 분석을 위한 기본 가정인 정상성, 동변량성, 등회귀선, 공변인과 종속변인의 상관 등을 점검하였다.

또한 개념 이해도, 개념 파지 검사 점수, 학업 성취도 검사 점수의 공변인은 이 점수와 .01 수준에서 유의미한 상관(개념 이해도: $r=.46$, 개념 파지: $r=.45$, 학업 성취도: $r=.47$)이 있는 사전 수학 성적을, 학습 동기와 과학 수업에 대한 즐거움은 사전 검사 점수를 각각 공변인으로 사용하였다. 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사는 빈도 분석을 실시하였다.

3. 연구 결과와 논의

3.1 통계 분석을 위한 기본 가정 검토

두 집단(통제, 처치)의 동질성을 확인하기 위하여 중간고사 과학 성적과 사전 검사 점수들에 대하여 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 이를 위해 일원변량분석의 기본 가정인 정상성과 동변량성을 확인하였다. 일원변량분석 결과(표 I-3), 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않아서 동질 집단을 확인할 수 있었다.

<표 I-3> 중간고사 과학 성적, 중간고사 수학 성적, 사전 검사 점수들에 대한 집단 간 동질성 검사 결과

변 량 원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
중간고사 과학 성적	132.502	1	132.502	.363	.548
중간고사 수학 성적	88.343	1	88.343	.180	.672
과학 학습 동기	.041	1	.041	.114	.737
과학 수업에 대한 즐거움	.176	1	.176	.228	.634

결과에 대한 통계 분석을 위해 모수 통계의 기본 가정을 검토하였다. 공변량 분석의 기본 가정인 정상성을 확인하기 위해 각 종속 변인에 대한 Kolmogorov-Smirnov 검증을 실시하여 각 종속 변인의 정상성을 확인하였다($p>.05$). 집단 간의 동변량성을 확인하기 위해 각 종속 변인에 대한 Bartlett-Box F 검증을 실시하여 각 집단 간의 동변량성을 확인하였다(표 I-4). 등회귀선 가정을 확인하기 위해 수업 처치와 구획, 공변인 사이의 상호작용 효과가 없음을 확인함으로써 회귀 계수의 동질성을 확인하였다(표 I-5).

<표 I-4> 공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 동변량성 검증 결과

영 역	Bartlett-Box F	p
개념 이해도	$F(3,20688)=2.62$	.059
개념 파지	$F(3,20688)=1.86$	.134
학업 성취도	$F(3,20688)=2.34$	.071
과학 학습 동기	$F(3,20688)=2.90$	.833
과학 수업에 대한 즐거움	$F(3,20688)=2.35$	.071

<표 I-5> 공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 등회귀선 검증 결과

영역	자승화	자유도	평균자승화	F	p
개념 이해도	1.49	1	1.49	.31	.576
개념 파지	1.74	1	1.74	.45	.502
학업 성취도	.20	1	.20	.06	.812
과학 학습 동기	.04	1	.04	.09	.762
과학 수업에 대한 즐거움	.01	1	.01	.02	.885

3.2 개념 이해도 및 개념 파지에 미치는 효과

개념 이해도 및 개념 파지 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균을 <표 I-6>에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(표 I-7), 개념 이해도에서는 수업 처치의 주효과가 있었고($p < .01$), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 통계적으로 유의미하지 않았다. 이는 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습이 전통적인 학습 방법보다 학생들의 개념 이해에 효과적임을 의미한다.

개념 파지 검사에서도 수업 처치의 주효과가 유의미하였으나($p < .01$), 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 없었다. 즉, 학생들은 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습을 통해 학습한 개념을 오래 기억하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

이러한 결과는 학습 과정에서 스마트 기기를 활용하여 학생들의 개념 이해 수준을 진단한 후 학생들 개개인에게 적절하게 구성된 개별화 학습 자료를 실시간으로 제공함으로써, 학생들의 개념 이해를 증진시킬 수 있음을 의미한다. 또한 이 결과는 적응적 학습 환경에서 학습자들이 학습 내용에 대해 심층적으로 이해하며, 개념 간의 관계를 풍부하게 해석한다는 선행 연구(김경순 등, 2006; Murphy & Davidson, 1991)의 결과와도 일관된다. 한편, QR코드와 스마트 기기를 활용하여 멀티미디어 정보를 전통적 학습 자료인 인쇄물의 정보와 통합할 경우 학생들이 더 많은 정보를 기억한다는 점을(Özdemir, 2010) 고려할 때, 활동지를 통해 학습한 개념과 삽화, 동영상, 애니메이션 등 멀티미디어를 통해 제공된 정보를 통합하는 기

회가 제공된 점도 학생들의 과학 개념에 대한 이해를 증진시키는 데 도움이 되었을 가능성이 있다.

<표 I-6> 사전 과학 성취 수준에 따른 개념 이해도와 개념 파지 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

		통제 집단(n=58)		처치 집단(n=54)	
		평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
개념 이해도	상위	6.82 (2.04)	6.07	7.66 (1.40)	7.01
	하위	5.48 (2.32)	6.05	6.20 (2.26)	7.03
	전체	6.10 (2.28)	6.06	6.98 (1.97)	7.02
개념 파지	상위	6.96 (1.89)	6.35	7.79 (1.42)	7.26
	하위	5.68 (2.17)	6.14	6.44 (1.61)	7.12
	전체	6.28 (2.13)	6.24	7.17 (1.65)	7.20

<표 I-7> 사전 과학 성취 수준에 따른 개념 이해도와 개념 파지 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

		변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
개념 이해도	수업 처치		25.33	1	25.33	7.06	.009
	사전 성취 수준		.00	1	.00	.00	.993
	상호작용		.01	1	.01	.00	.951
개념 파지	수업 처치		24.58	1	24.58	8.47	.004
	사전 성취 수준		.43	1	.43	.15	.701
	상호작용		.03	1	.03	.01	.913

3.3 학업 성취도에 미치는 효과

학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 <표 I-8>와 같다. 이원 공변량 분석 결과(표 I-9), 처치 집단의 평균이 통제 집단보다 높았으나, 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다. 또한 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용

효과도 통계적으로 유의미하지 않았다. 이러한 결과는 이 연구에서 실시한 개념 적용적 개별화 학습 방법이 개념에 대한 학생들의 이해 향상을 주요한 목적으로 삼았으므로, 학업 성취도의 향상까지 이어지기에는 한계가 있었던 것으로 볼 수 있다. 한편, 스마트 기기의 활용이 학업 성취도 측면에 미치는 효과에 대해서는 선행 연구의 결과도 일관되지 않다(강정민 등, 2014; FitzPatrick *et al.*, 2011). 이에 대해 스마트 기기의 화면 제한으로 인해 가독성 및 정보 이해도가 저하되어 인지 부하가 발생할 수 있다는 주장(Byrda & Caldwell, 2011)도 있지만, 스마트 기기는 학습자에게 적절한 피드백을 제공하며 개별적인 학습 시나리오를 제공하는 학습 가이드 역할을 수행하므로 전통적인 학습 방법에 비해 학습 부담이 낮다는 해석(Shih *et al.*, 2010)도 있다. 따라서 스마트 기기를 활용한 학습이 학업 성취도에 미치는 영향에 대해서는 지속적인 연구가 이루어질 필요성이 있다.

<표 I-8> 사전 과학 성취 수준에 따른 학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

	통제 집단(n=58)		처치 집단(n=54)	
	평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
상위	8.00 (1.52)	7.43	8.03 (1.32)	7.54
하위	6.58 (2.01)	7.01	6.84 (2.04)	7.48
전체	7.24 (1.92)	7.24	7.48 (1.78)	7.52

<표 I-9> 사전 과학 성취 수준에 따른 학업 성취도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
수업 처치	2.26	1	2.26	.83	.366
사전 성취 수준	.83	1	.83	.30	.584
상호작용	.87	1	.87	.32	.574

3.4 과학 학습 동기에 미치는 효과

과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 <표 I-10>에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(표 I-11), 수업 처치의 주 효과가 유의미하였으나 ($p<.01$) 수업 처치와 사전 성취 수준의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습은 전통적인 강의식 수업에 비하여 효과적으로 과학 학습 동기를 유발하는 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 전통적인 강의식 수업과 달리 학생들의 개념 이해 수준에 적응적인 개별화된 학습이 학생들의 주의를 효과적으로 집중시키고, 그 결과 학생들의 만족감과 자신감도 향상되는 것으로 해석할 수 있다. 스마트 교육 환경에서 학습자들은 지속적으로 학습에 참여하도록 스스로 동기 부여를 하게 된다는 선행 연구를(임정훈, 김상홍, 2013) 고려할 때, 이 연구에서 실시한 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 과정에서 유사한 동기 부여 효과가 나타난 것으로 볼 수 있다.

<표 I-10> 사전 과학 성취 수준에 따른 과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

	통제 집단(n=58)		처치 집단(n=54)	
	평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
상위	3.60 (.67)	3.42	3.89 (.56)	3.71
하위	3.34 (.62)	3.47	3.61 (.62)	3.83
전체	3.46 (.65)	3.45	3.76 (.60)	3.77

<표 I-11> 사전 과학 성취 수준에 따른 과학 학습 동기 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
수업 처치	3.10	1	3.10	22.58	.000
사전 성취 수준	.19	1	.19	1.39	.241
상호작용	.04	1	.04	.30	.588

3.5 과학 수업에 대한 즐거움에 미치는 효과

과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균은 <표 I-12>에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(표 I-13), 수업 처치의 주효과가 유의하였으나($p < .01$), 사전 성취 수준에 따른 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉, 학생들은 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습을 전통적인 강의식 수업에 비해 재미있게 생각하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용할 경우 자신의 개념 이해 수준에 대해 즉각적인 정보가 제공되고(강정민 등, 2014; 곽형석, 신영준, 2014), 모바일 웹 자료에 포함된 다양한 멀티미디어 요소도 제공되므로 학생들의 흥미가 유발된 것으로 볼 수 있다.

<표 I-12> 사전 과학 성취 수준에 따른 과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

	통제 집단(n=58)		처치 집단(n=54)	
	평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
상위	3.63 (.99)	3.40	3.86 (.66)	3.71
하위	3.24 (.88)	3.39	3.56 (.64)	3.78
전체	3.42 (.95)	3.39	3.72 (.66)	3.75

<표 I-13> 사전 과학 성취 수준에 따른 과학 수업에 대한 즐거움 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
수업 처치	3.48	1	3.48	11.65	.001
사전 성취 수준	.02	1	.02	.08	.781
상호작용	.04	1	.04	.13	.719

3.6 스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 학생들의 인식

스마트 기기를 활용한 과학 수업에 대한 학생들의 인식 검사 결과를 <표 I-14>에 제시하였다. 전체적으로 학생들은 스마트 기기를 과학 수업에서 조작하는 활동에 흥미를 느꼈고(곽형석, 신영준, 2014), 개념 형성 평가 후 진행된 개별화 학습 과정에 대해서도 긍정적으로 인식하고 있었다.

스마트 기기를 활용한 수업 방식의 흥미도를 묻는 질문에 대해 70%의 학생들이 긍정적으로 응답하였고, 그 이유로 ‘스마트 기기로 문제를 풀어서 지루하지 않았다’, ‘스마트 기기를 가지고 스스로 공부할 수 있어서 재미있었다’, ‘스마트 기기로 답을 알아가는 과정이 재미있었다’ 등이 많았다.

스마트 기기를 활용한 과학 수업의 유용성을 묻는 질문에는 78%의 학생들이 도움이 되었다고 응답하였다. 그 이유로는 ‘스마트 기기를 사용하니깐 집중이 잘 된다’, ‘틀린 부분을 정확히 알려줘서 좋았다’, ‘그림과 동영상을 바로 볼 수 있어서 교과서로 공부하는 것보다 이해가 잘 된다’ 등이 있었다.

과학 수업에서 스마트 기기의 활용에 대한 선호도를 묻는 질문에 대해서는 63%의 학생들이 긍정적인 응답을 하였다. 그 이유로는 ‘교과서보다 자료가 많고, 설명이 쉽고 재미있다’, ‘흥미를 끌어서 집중이 잘 된다’ 등이 있었다.

<표 I-14> 스마트 기기를 활용한 수업에 대한 인식 검사 결과(%)

항목	응답(n=54)		
	그렇다	보통이다	그렇지 않다
흥미도	38 (70.4)	15 (27.8)	1 (1.9)
유용성	42 (77.8)	10 (18.5)	2 (3.7)
선호도	34 (63.0)	15 (27.8)	5 (9.26)

4. 결론

스마트 교육 환경에서는 정보 접근성을 기반으로 실시간으로 학습자에 대한 학습 진단과 처방이 가능하기 때문에, 적응적 수업 체제를 적용할 수 있다(류지현, 2008). 학생들은 추상적인 과학 개념에 대해 다양한 오개념을 지니고 있으므로 학생들의 과학 개념 학습에서 적응적인 학습 방법은 매우 중요하다. 이 연구에서는 스마트 기기를 활용하여 학습자의 개념을 진단한 후 적절한 학습 내용을 제공하는 개념 적응적 개별화 학습 방법을 개발하고, 그 효과를 조사하였다.

연구 결과, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습 방법은 교사 중심의 전통적 학습 방법보다 학생들의 과학 개념 이해와 파지에 효과적인 것으로 나타났다. 분자 운동 개념은 직접적인 관찰이 불가능하므로 학생들이 어려움을 느낄 뿐 아니라, 학생들에 따라 이해 수준이 다를 수 있다. 선행 연구에서도 미시적인 입자 개념 학습에서 애니메이션과 동영상 등의 학습 자료를 활용한 컴퓨터 보조 학습이(노태희 등, 1998; 노태희 등, 1999) 학습자 및 학습 자료의 특성에 따라 개념 이해도 향상에 한계를 나타내었다. 그런데 이 연구의 결과는 스마트 기기를 활용하면 학습자의 개념 이해 수준을 진단하고, 그 결과에 따라 수준에 맞는 학습 자료를 제공할 수 있고, 학생들의 분자 운동 개념에 대한 이해를 증진시키고 지속시키는데도 도움이 되는 것으로 나타났다. 즉, 향후 입자 개념과 같이 학생들의 이해 수준이 다양한 개념 학습에서 적응적 수업 체제를 구축할 경우 스마트 기기를 활용한다면 학생들의 개념에 적응적인 학습 방법을 구현할 수 있을 것이다.

이제까지 스마트 기기의 사용이 학생들의 스마트 기기 중독을 유발하고 수업 집중도와 학생 간의 상호작용과 같은 정의적 측면에 부정적인 영향을 미친다는 주장(최현석 등, 2012; 황태경, 손원경, 2014)도 있었지만, 스마트 기기의 사용 시간이 사회성 발달에 긍정적인 영향을 미친다는 주장도 있었다(김병년, 2013). 그런데 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습이 정의적, 동기적 측면에서도 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 학생들은 전통적인 수업에 비해 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습을 즐겁게 생각했으며, 과학 학습 동기 측면에서도 긍정적인 인식이 나타났다. 이 연구의 결과는 스마트 기기의 도입에 대한 막연한 우려를 해소하고, 스마트 기기를 수업에 적극적으로 도입할 수

있는 근거가 될 수 있을 것이다. 스마트 기기 사용의 부정적 영향을 최소화하고, 긍정적 효과를 극대화하기 위해서는 스마트 기기의 사용 자체에 대한 논란보다 효과적인 사용을 유도하는 실천적인 전략이 필요할 것이다.

한편, 이 연구의 결과만으로는 학생들이 스마트 기기를 활용하여 학습을 진행할 때 어떤 과정을 거치는지, 그리고 학습 자료의 어떤 부분이 학습에 도움이 되었는지를 심층적으로 밝히는데 한계가 있다. 따라서 학생들의 산출물, 수업 관찰, 면담 등에 근거한 정성적인 연구를 진행하여, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 수업의 구체적인 메커니즘을 밝힐 필요성이 있다. 또한 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법에 대한 연구가 매우 부족한 실정이므로, 이 연구에서 시도한 개별화 학습 방법 이외에 토론 학습, 협력 학습, 탐구 학습 등 다양한 교수·학습 방법에 대한 연구도 이루어질 필요가 있다.

제 4 장. 고등학교 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과(연구 II)

1. 서론

정보통신기술의 발달로 인하여 지식의 양과 속도가 빠르게 증가하고, 스마트 기기를 이용하여 언제 어디서나 정보와 지식을 생산하고 공유하는 환경이 조성되고 있다(Cook, 2012). 따라서 학습도 지식을 각 개인의 두뇌에 저장하는 것 보다 협동을 통해 새로운 지식을 생산해내는 과정에 초점을 두게 되었다(Gilbert, 2007). 이러한 변화는 교육의 패러다임에도 영향을 미쳐 의사소통 능력과 협업 능력이 학습자에게 필요한 역량으로 강조되고, 학습 방법으로는 팀워크 중심의 학습이 제시되고 있다(Griffin *et al.*, 2011). 우리나라도 정보통신기술을 학교 교육에 활용하기 위한 스마트 교육 추진 전략을 발표하였는데, 그 중 네트워크 자원을 활용한 협력 학습의 확대 방안이 포함되었다(교육과학기술부, 2011). 또한 2015년 개정 교육과정에서도 협력적 문제 해결 능력의 신장을 위한 교수·학습 방법으로 소집단 공동 학습 활동을 강조하고 있다(교육부, 2015b). 그러나 실제 학교 현장에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 적용한 연구는 부족한 실정이다(임결, 2011). 특히, 최근에 들어 지식의 단순한 암기보다 상호작용에 기반한 사회적 지식 구성 과정에 주목하는 과학 교육 분야의 경우(조희형, 최경희, 2002) 스마트 기기의 교육적 활용에 대한 선행 연구들은 교육적 도구로서의 유용성을 조사(Kumar *et al.*, 2012; Shih *et al.*, 2010)하거나 수업 사례의 분석(양찬호 등, 2015)과 수업에 대한 인식 조사(박수경, 2013) 연구가 대부분이었다. 교수·학습 방법의 측면에서도 스마트 기기를 활용한 개별화 학습 방법(윤정현 등, 2015)이나 탐구 수업 방법(배진호 등, 2015)에 관련된 연구들이 있었으나, 과학 지식의 사회적 구성을 촉진시킬 수 있는 교수·학습 방법으로 스마트 기기 활용에 기반한 소집단 학습의 효과를 조사한 연구는 부족하다.

소집단 학습은 집단의 구성원들이 공동 학습 목표를 성취하고 함께 노력하는 학습자 중심의 학습 형태이다(정희모, 2006). 소집단 학습은 학습 과정에서 구성원 간의 능동적인 상호작용을 강조한다는 점에서 중요하지만, 기존 수업에 비해 더 많

은 자료가 필요하고, 과제 설계가 정교하지 못할 경우 무임승차자가 발생하는 등 한계점도 나타냈다(정희모, 2006). 또한 우수한 학생이 다른 학생과 지식을 공유하지 않으려는 경향도 보고되었다(Thomchick, 1997). 한편 컴퓨터 및 인터넷의 발달과 함께 컴퓨터 기반 협력 학습 분야에서도 활발한 연구가 이루어졌지만(Alavi, 1994; Kirschner *et al.*, 2004), 효과는 기대에 미치지 못하였다. 그 이유로 학습자 중심의 학습에서 자율적으로 과제를 수행해야하는 상황이 학생들에게 생소하고 전통적인 환경에 비해 적극적인 상호작용이 요구되는 점 등이 지적되었다(Rummel & Spada, 2005). 즉, 스마트 교육 환경에서 소집단 학습을 효과적으로 진행하기 위해서는 학습자의 자기주도적인 학습을 지원하고 구성원의 적극적인 상호작용을 유발할 수 있는 구체적인 교수·학습 방법이 필요하다.

학습자의 상호작용을 바탕으로 공동의 지식을 구성하는 소집단 학습은 무선 네트워크와 스마트 기기 및 관련 애플리케이션의 활용이 자유로운 스마트 교육 환경에서 효과적으로 구현될 수 있다. 학습자들은 스마트 기기를 이용하여 필요한 자료와 정보를 탐색하고 체계적으로 정리하여 공유하는 소집단 학습을 수행할 수 있다(임정훈, 김상홍, 2013). 또한 실시간 의사소통이 가능한 다양한 상호작용 애플리케이션을 통해 공동의 지식을 구성하는 기회를 가질 수 있다(Jarvela *et al.*, 2007). 공동 문서 작성 애플리케이션을 활용하면 학생 간의 상호작용과 수업 참여도에 긍정적이라고 보고되었고(Reilly & Shen, 2011), 과학 수업에도 공동 문서 작성 애플리케이션을 활용하면 수업에 대한 태도가 향상되고 정보 공유와 자료 수집이 용이해져서 학생들의 상호작용이 촉진된다는 연구도 있다(Lin *et al.*, 2015; Walsh & Cho, 2012). 따라서 소집단 학습의 문제점으로 지적되어온 무임승차나 지식 공유 회피 경향 등을 극복하기 위해서는 소집단 학습에 공동 문서 작성 애플리케이션의 사용을 고려할 필요성이 있다.

과학에서도 구성원들 사이의 사회적 상호작용을 통한 지식 구성이 강조되는데(강석진, 2000), 과학 교과에 스마트 기기를 도입하면 지식의 사회적 구성 과정에 학생들의 참여를 촉진시킬 수 있다. 선행 연구(Rogers & Price, 2008)에서는 스마트 기기를 사용하는 소집단 구성원 간에 정보 및 자료의 신속한 공유에 따른 다양한 의견 교환과 피드백으로 인하여 탐구 활동이 촉진되는 것으로 나타났다. 또한 스마트 기기를 활용하면 탐구 수행 과정에서 학생의 의견이 자연스럽게 논의에 반영되

므로 소집단 내에서 활발한 사회적 상호작용이 이루어진다(Shih *et al.*, 2010). 과학 교과에서 스마트 기기의 활용에 대한 선행 연구(Williams & Pence, 2011)는 World Wide Web, 2차원 바코드(QR 코드), 다양한 애플리케이션 등을 주요한 활용 요소로 제안하였다. 학습지에 QR 코드를 첨가하면 웹의 풍부한 자료 및 다양한 학습 도구를 연결해 줌으로써 학생들에게 비계로 작용할 수 있고, 강의식 수업에 비해 많은 학습 자료를 준비해야 하는 소집단 학습의 어려움을 해결할 수 있다. 스마트 기기의 애플리케이션 중에는 과학 탐구에서 측정과 분석 도구의 역할을 하는 것도 있는데(Kumar *et al.*, 2012), 온도 측정 센서나 pH meter를 대신하는 애플리케이션이나 계산이나 그래프 작성 등 실험 데이터를 처리하는 애플리케이션을 활용하면 보다 쉽게 데이터를 측정하고 분석할 수 있다. 애플리케이션을 활용하면 실험에 소요되는 시간이 단축되므로 자료 해석이나 토의 활동에 더 많은 시간을 투입하여 과학 지식의 사회적 구성을 촉진시킬 수도 있을 것이다.

따라서 이 연구에서는 과학 소집단 학습에 효과적인 요소에 대한 고려를 바탕으로 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 개발하고 고등학교 화학 1의 '산과 염기'와 '중화 반응' 단원 수업에 적용하여, 그 효과를 학업 성취도, 학습 동기, 과학 수업에 대한 태도, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 측면에서 조사하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

이 연구에서는 서울시에 소재한 1개 남녀 공학 고등학교의 2학년에서 4개 학급(N=133명)을 선정하여, 처치 집단(66명)과 통제 집단(67명)에 각각 2개 학급씩 임의로 배치하였다. 두 집단 학생들의 2학기 중간고사 화학 성적에 대한 변량 분석을 실시한 결과(MS=516.93, F=.78, p=.382), 사전 화학 성취 수준이 동질한 집단임을 확인하였다. 두 집단 모두 교육 경력 4년의 교사가 수업을 담당하였다. 연구 대상 학생들의 사전 학업 성취도 수준은 2학기 중간고사 화학 성적의 중앙값을 기준으로 상위와 하위로 구분하였다. 학생들의 사전 화학 성취도 수준에 따른 집단별 사

레수는 <표 II-1>과 같다. 처치 집단 학생들은 대부분(91%) 자신의 스마트 기기를 이용하여 수업에 참여하였고, 스마트 기기가 없는 6명의 학생들에게는 연구자가 스마트 기기를 지급하여 모든 학생들이 개별적으로 스마트 기기를 사용할 수 있는 환경을 구성하였다.

<표 II-1> 사전 화학 성취 수준에 따른 집단별 학생 수

	통제 집단	처치 집단	계
사전 성취 수준 상위	31	36	67
사전 성취 수준 하위	36	30	66
전체	67	66	133

2.2 연구 단위

이 연구에서는 고등학교 화학 1의 '산과 염기'와 '중화 반응'을 연구 단위로 선정하였다. 이 단위들은 산과 염기, 산화와 환원, 중화 반응과 같은 추상적인 개념의 이해를 학습 목표로 하고 있어 웹 검색, QR 코드를 통한 자료 탐색 및 분석이나 토의 학습 방법 등을 통해 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 활동을 보다 정교하게 설계할 수 있다. 또한 pH 측정 등의 실험 과정에서 pH meter 같은 복잡한 측정 기구 대신 스마트 기기와 애플리케이션을 활용하여 쉽게 데이터를 측정하고 분석하는 활동을 설계할 수 있다. 따라서 '산과 염기'와 '중화 반응'은 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 효과적으로 구현하는 데 적합한 연구 단위이다.

2.3 연구 설계와 연구 절차

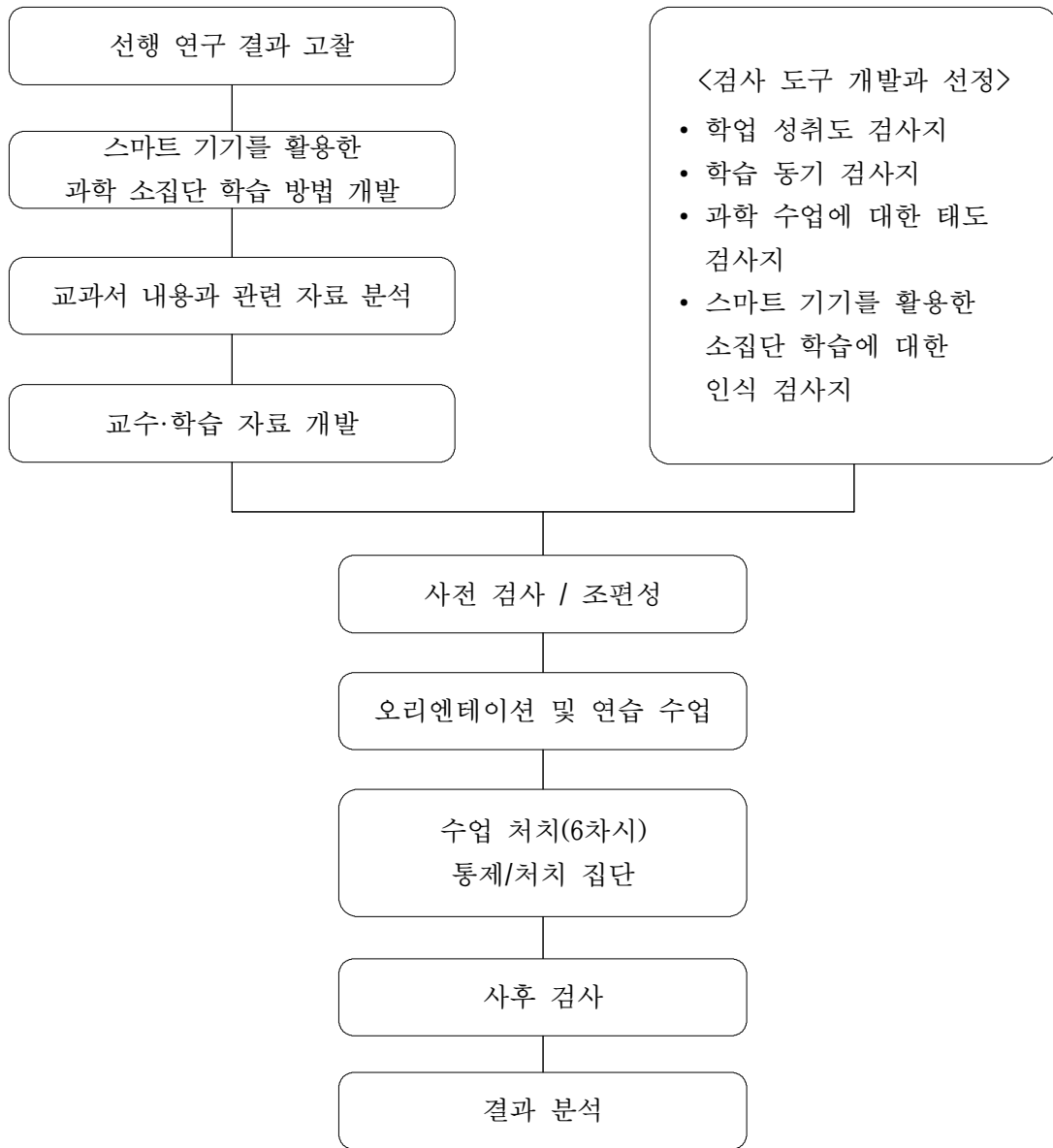
이 연구는 통제 집단과 처치 집단을 학급 단위로 배치하여 이질적 전후 검사 통제 집단 설계(non-equivalent pretest-posttest control group design)로 구성하였고, 이 연구의 실험 설계 내용은 <그림 II-1>과 같다.

통제 집단	O ₁	O ₂	X _T	O ₃	O ₄	O ₅
처치 집단	O ₁	O ₂	X _S	O ₃	O ₄	O ₅ O ₆

- X_T: 전통적인 강의식 수업
- X_S: 스마트 기기를 활용한 소집단 학습
- O₁: 과학 학습 동기의 사전 검사
- O₂: 과학 수업에 대한 태도의 사전 검사
- O₃: 학업 성취도 검사
- O₄: 과학 학습 동기의 사후 검사
- O₅: 과학 수업에 대한 태도의 사후 검사
- O₆: 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 검사

<그림 II-1> 연구의 실험 설계

이와 같은 실험 설계에 따른 본 연구의 절차는 <그림 II-2>와 같다. 컴퓨터 기반 협력 학습과 스마트 기기를 활용한 협력 학습에 대한 선행 연구와 과학 수업에 스마트 기기를 효과적으로 활용할 수 있는 요소를 고찰하여 스마트 기기를 활용한 과학 소집단 학습 방법을 개발하였다. 연구 내용 영역인 '산과 염기'와 '중화 반응' 단원에 대한 교과서와 관련 멀티미디어나 웹 학습 자료를 분석한 후 교사용 수업 지도안과 학생용 활동지를 개발하였다. 개발한 교수·학습 자료의 내용 수준, 어휘, 스마트 기기에 구현된 화면 등의 적절성은 과학교육 전문가 2인과 현직 고등학교 교사 2인으로 구성된 소모임에서 여러 차례의 논의를 거쳐 검증하였다. 수업 처치 이전에 중간고사 화학 성적과 지구과학 성적을 구하고, 사전 검사로 학습 동기 검사와 과학 수업에 대한 태도 검사를 실시하였다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법에 익숙해지도록 처치 집단의 학생들에게 스마트 기기와 앱의 이용 방법 및 전반적인 소집단 학습 방법에 대한 오리엔테이션과 연습 수업을 1차시 실시하였다. 처치는 화학 1의 '산과 염기'와 '중화 반응' 단원에 대해 총 6차시에 걸쳐 진행하였다. 처치 집단에는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법에 따른 수업을 실시하였고, 통제 집단에서는 전통적인 강의식 수업을 실시하였다.



<그림 II-2> 연구 절차

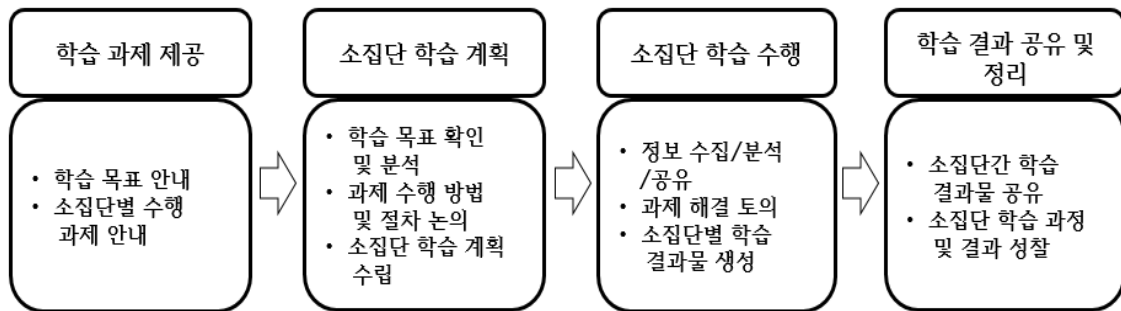
처치 집단과 통제 집단의 수업 내용이 동일하도록 구성하였다. 통제 집단은 일반적으로 교실에서 이루어지는 것처럼 교사가 강의를 하고, 활동지에 제시된 문제를 풀고 설명해주는 방식으로 수업을 진행하였다. 실험 수업의 경우에는 전통적인 소집단 학습으로 실험을 수행하고 결과는 개별적으로 정리하도록 하였다. 연구자 중 1인이 계획대로 수업 처치가 진행되는지 점검하기 위하여 모든 수업을 참관하였다. 수업 처치가 끝난 후 연구자가 개발하고 과학교육 전문가와 현직 교사로부터 타당도를 검증받은 학업 성취도 검사와 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 검사 및 사전 검사와 동일한 학습 동기 검사와 과학 수업에 대한 태도 검사를 실시하였다.

2.4 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법

과학 수업에서 스마트 기기를 효과적으로 활용할 수 있는 요소로 제시된 (Williams & Pence, 2011) World Wide Web, QR 코드, 다양한 애플리케이션 등을 매 차시의 학습에 포함시키기 위하여 웹을 통한 자료 검색과 QR코드를 통해 제공된 학습 자료에 대하여 토론하는 과제를 제시하였고, 실험 수업에는 pH 측정 애플리케이션을 이용하는 활동을 포함시켰다. 1차시 '산과 염기의 정의'에서는 웹 검색으로 산과 염기의 성질을 조사하였고, 아레니우스, 브뢴스테드-로우리, 루이스의 정의에 대한 멀티미디어 학습 자료를 QR 코드로 제공하여 각 정의의 특성과 한계에 대하여 토의하도록 하였다. 2차시 '산과 염기의 확인'에서는 QR코드로 제공된 지시약과 pH 관련 멀티미디어 학습 자료를 분석하고 웹 검색으로 산과 염기의 확인 방법을 조사한 후, 산과 염기의 세기와 관련된 이온 모형을 토의하도록 하였다. 3차시 '우리 주변의 산과 염기'에서는 실험 방법에 대한 멀티미디어 학습 자료를 QR코드로 제공하고 측정할 물질에 대해 토의 한 후, pH 측정 애플리케이션을 이용하여 pH를 측정하고 반 전체의 pH 지도를 만드는 활동을 실시하였다. 4차시 '산화-환원 반응과 산과 염기'에서는 웹 검색으로 산화와 환원의 정의 및 산과 염기와 의 관계에 대해서 조사한 후 화학 반응에서 산화된 물질과 환원된 물질에 대해 토의하도록 하였고, 5차시 '중화 반응과 염'에서는 웹 검색으로 중화반응과 염의 정의를 조사하고, 중화점 확인 방법과 관련된 멀티미디어 자료를 QR코드를 통해 분석

한 후 중화점에서의 온도와 전류의 세기 변화에 대해 토의하도록 하였다. 6차시 ‘염산과 수산화나트륨의 중화 반응’에서는 중화 반응이 언제 일어날지 토의한 후, 중화 반응 과정의 pH 변화를 pH 측정 애플리케이션을 이용하여 측정하였다. pH 측정 애플리케이션은 smart pH meter(Chang, 2012) 애플리케이션을 활용하였는데, 이 애플리케이션은 pH 시험지의 색으로 정확한 pH를 계산하므로 pH meter 없이도 정확한 pH 측정이 가능하다. 또한 매 차시마다 소집단별 상호작용과 협력을 강화하기 위하여 구성원들이 동시에 작성할 수 있고, 작성 내용이 즉시 업데이트 되는 공동 활동지를 스마트 기기로 작성하게 하였다.

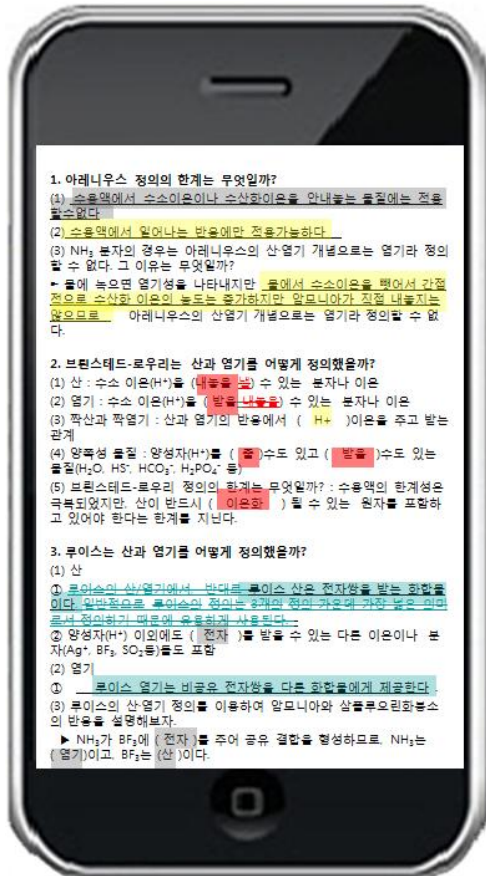
스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법은 컴퓨터 기반 협력 학습과 스마트 기기를 활용한 협력 학습에 대한 선행 연구(김현주, 임정훈, 2013; 이인숙 등, 2006; Kirschner *et al.*, 2004)를 참고하여, 학습 과제 제공, 소집단 학습 계획, 소집단 학습 수행, 학습 결과 공유 및 정리의 4단계로 구성하였다(그림 II-3).



<그림 II-3> 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 흐름

학습 과제 제공 단계에서는 소집단별로 협력하여 수행할 과제를 제시하였고, 소집단 학습 계획 단계에서는 학생들이 학습 목표를 확인하고 과제 수행 방법에 대해 논의하여 학습 계획을 수립하도록 하였다. 소집단 학습 수행 단계에서는 스마트 기기를 활용하여 정보를 수집, 분석, 공유한 후, 과제 해결을 위해 토의한 결과를 구글 드라이브 애플리케이션을 활용하여 실시간으로 공동 활동지를 작성하도록 하였다. 구글 드라이브 애플리케이션에는 개인별로 작성한 내용 및 수정 내역이 표시되므로, 학생들의 참여도와 소집단 학습 진행 상황을 실시간으로 파악할 수 있다(그림 II-4). 마지막으로 학습 결과 공유 및 정리 단계에서는 소집단별로 공동 작성

한 활동지를 확인하고, 전체 학급 토의를 통하여 학습 결과를 공유하고 정리하는 활동을 하였다(그림 II-5).



<그림 II-4> 구글 드라이브 애플리케이션을 활용하여 작성한 공동 활동지 예시



<그림 II-5> 구글 드라이브 애플리케이션을 활용한 소집단별 공동 활동지 공유 예시

2.5 검사 도구

(1) 학업 성취도 검사

학업 성취도 검사지는 내용 영역과 행동 영역의 이원 목표 분류표에 따라 구

성하였다. 내용 영역은 처치 기간에 학습한 산과 염기의 정의, 산과 염기의 확인, 우리 주변의 산과 염기, 산화-환원 반응과 산과 염기, 중화 반응이며, 내용 영역별 문항수는 수업 시간과 학습 목표에 근거하여 배당하였다. 행동 영역은 Bloom의 교육 목표 분류 중 지식 3문항, 이해 3문항, 적용 4문항의 총 10문항으로 개발하고, 10점 만점으로 구성하였다. 모든 문항은 5개의 답지 중 하나를 선택하는 방식으로 구성하였다. 개발된 학업 성취도 검사지는 과학교육 전문가 3인 및 고등학교 화학 교사 2인으로부터 안면 타당도를 검증 받았고, 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .67이었다.

(2) 과학 학습 동기 검사

학습 동기 검사지는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습으로 유발되는 상황 특수적인 학습 동기를 측정하기 위해 Course Interest Survey(Keller & Subhiyah, 1993) 34문항을 사용하였다. 이 검사 도구는 학습에 주의를 기울인 정도를 의미하는 '주의집중', 학습 내용이 개인의 삶이나 필요와 관련이 있다고 인식한 정도를 의미하는 '관련성', 학습에서의 성공에 대한 자신감과 긍정적 기대감 정도를 의미하는 '자신감', 학습 결과에 대한 만족 정도를 의미하는 '만족감'의 네 가지 하위 범주로 학생들의 학습 동기를 측정하며, 5단계 리커트 척도로 5점 만점으로 구성되어 있다. 과학교육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성을 점검 받았으며, 이 연구에서의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 전체 및 하위 영역별로 사전 검사에서 각각 .90, .77, .83, .60, .74였고, 사후 검사에서 각각 .89, .71, .75, .61, .74였다. 일부 하위 영역에서 신뢰도 계수의 편차가 존재하였지만 선행 연구(안우환, 2004)에서 제안한 한계를 만족하였으므로 검사 결과를 분석하였다.

(3) 과학 수업에 대한 태도 검사

과학 수업에 대한 태도 검사지는 Fraser(1981)의 과학에 대한 태도 검사(Test of Science Related Attitude) 중 '과학 수업의 즐거움' 영역에 해당하는 10문항을 사용하였다. 모든 문항은 5단계 리커트 척도로 5점 만점으로 구성되어 있으며, 과학교

육 전문가 2인으로부터 번역의 적절성을 점검 받았다. 이 연구에서의 신뢰도 계수 (Cronbach's α)는 사전, 사후 검사에서 각각 .89와 .86이었다.

(4) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 검사

스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 검사지는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 학생들의 선호도를 3단계 리커트 척도로 묻고, 그 이유를 장점과 단점으로 나누어 기술하도록 구성하였다(부록 II-3). 개발한 검사지는 과학 교육 전문가 2인으로부터 안면 타당도를 검증 받았다.

2.6 분석 방법

통계 분석은 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과를 전통적인 강의식 수업과 비교하고, 수업 처치와 학습자의 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위하여 2×2 요인 방안에 의한 이원 공변량 분석(two-way ANCOVA)을 실시하였다. 공변량 분석을 위한 기본 가정인 정상성, 동변량성, 등회귀선, 공변인과 종속변인의 상관 등을 점검하였다. 학업 성취도에 대한 통계 분석에서는 수업 처치를 독립 변인, 사전 화학 성취 수준을 구획 변인으로 사용하였다. 그리고 학업 성취도 검사 점수와 유의미한 상관이 있었던 2학기 중간고사 지구과학 성적을 공변인($r=.51$, $p<.01$)으로 사용하였다. 학습 동기와 과학 수업에 대한 태도에 대한 통계 분석에서는 수업 처치를 독립 변인, 사전 화학 성취 수준을 구획 변인, 각 검사 점수와 .01 수준에서 유의미한 상관(학습 동기: $r=.73$, 과학 수업에 대한 태도: $r=.65$)이 있는 사전 검사 점수를 각각 공변인으로 사용하였다. 학업 성취도에 대한 통계 분석에서는 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과가 통계적으로 유의미하였으므로 단순 효과 검증을 실시하였다. 그런데 공변량 분석의 기본 가정인 동변량성 가정이 만족되지 않았으므로 사전 성취 수준 집단별로 일원 변량 분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 프로그램을 사용하였다.

3. 연구 결과와 논의

3.1 통계 분석을 위한 기본 가정 검토

두 집단(통제, 처치)의 동질성을 확인하기 위하여 중간고사 화학 성적과 사전 검사 점수들에 대하여 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 이를 위해 일원변량분석의 기본 가정인 정상성과 동변량성을 확인하였다. 일원변량분석 결과(표 II-2), 두 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않아서 동질 집단을 확인할 수 있었다.

<표 II-2> 중간고사 화학 성적, 중간고사 지구과학 성적, 사전 검사 점수들에 대한 집단 간 동질성 검사 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
중간고사 화학 성적	516.938	1	516.938	.780	.379
중간고사 지구과학 성적	122.995	1	122.995	.272	.603
과학 학습 동기	.256	1	.256	1.119	.292
주의집중	.256	1	.256	.608	.437
관련성	.006	1	.006	.023	.879
자신감	.826	1	.826	2.019	.158
만족감	.236	1	.236	.836	.362
과학 수업에 대한 태도	.639	1	.639	1.258	.264

결과에 대한 통계 분석을 위해 모수 통계의 기본 가정을 검토하였다. 공변량 분석의 기본 가정인 정상성을 확인하기 위해 각 종속 변인에 대한 Kolmogorov-Smirnov 검증을 실시하여 각 종속 변인의 정상성을 확인하였다($p>.05$). 집단 간의 동변량성을 확인하기 위해 각 종속 변인에 대한 Bartlett-Box F 검증을 실시하여 각 집단 간의 동변량성을 확인하였다(표 II-3). 등회귀선 가정을 확인하기 위해 수업 처치와 구획, 공변인 사이의 상호작용 효과가 없음을 확인함으로써 회귀 계수의 동질성을 확인하였다(표 II-4).

<표 II-3> 공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 동변량성 검증 결과

영역	Bartlett-Box <i>F</i>	<i>p</i>
학업 성취도	$F(3,29841)=.459$	.068
과학 학습 동기	$F(3,29841)=.799$	.494
주의집중	$F(3,29841)=.408$	.747
관련성	$F(3,29841)=2.488$	.059
자신감	$F(3,29841)=1.327$	.263
만족감	$F(3,29841)=.472$	.702
과학 수업에 대한 태도	$F(3,29841)=1.426$	.233

<표 II-4> 공변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 등회귀선 검증 결과

영역	자승화	자유도	평균자승화	<i>F</i>	<i>p</i>
학업 성취도	9.55	1	9.55	1.84	.177
과학 학습 동기	.01	1	.01	.05	.831
주의집중	.07	1	.07	.22	.642
관련성	.00	1	.00	.00	.975
자신감	.04	1	.04	.18	.671
만족감	.00	1	.00	.00	.975
과학 수업에 대한 태도	.89	1	.89	2.40	.124

3.2 학업 성취도에 미치는 효과

학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차 및 교정 평균을 <표 II-5>에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(표 II-6), 처치 집단의 학업 성취도 평균이 통제 집단보다 높았으나 그 차이는 통계적으로 유의미하지 않았다($p=.521$). 그러나 수업 처치와 사전 학업 성취 수준 사이의 상호작용 효과(그림 II-5)는 통계적으로 유의미하였다($p<.05$). 사전 학업 성취 수준별로 단순 효과를 검증한 결과, 상위 학생들에서는 통제 집단(5.42)과 처치 집단(4.92)의 점수 차이가 통계적으로 유의미하지 않았으나($MS=4.21, F=.86, p=.357$), 하위인 학생들에서는 처치 집단(3.27)의 점수가 통제 집단(2.36)의 점수보다 통계적으로 유의미하게 높았다($MS=13.42, F=5.17, p=.026$). 이러한 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적 강의식 수업보다 하위 수준 학생들의 학업 성취도 향상에 효과적임을 의미한다.

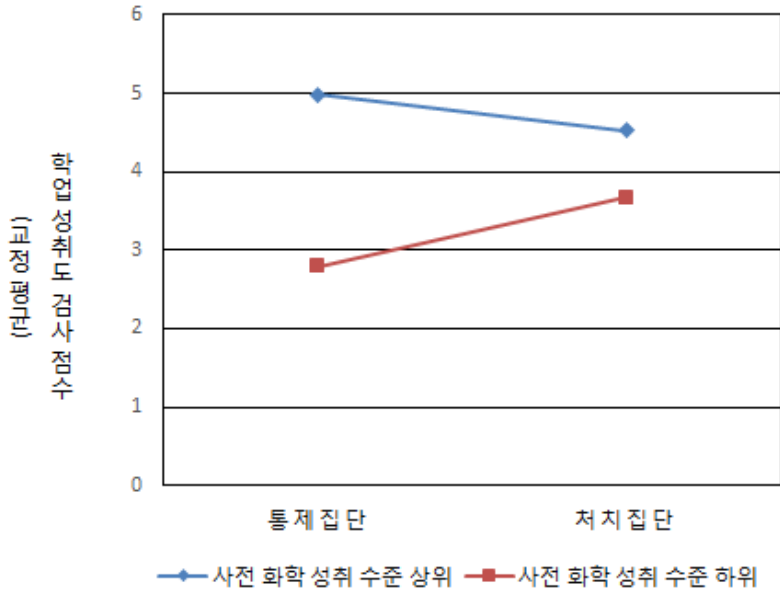
<표 II-5> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

	통제 집단(n=67)		처치 집단(n=66)	
	평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
상위	5.42 (1.91)	4.98	4.92 (2.44)	4.52
하위	2.36 (1.52)	2.79	3.27 (1.72)	3.67
전체	3.78 (2.29)	3.83	4.17 (2.28)	4.11

<표 II-6> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
수업 처치	1.46	1	1.46	.41	.521
사전 성취 수준	46.49	1	46.49	13.20	.000
상호작용	14.93	1	14.93	4.24	.042*

* $p<.05$



<그림 II-6> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 학업 성취도 검사 점수의 교정 평균

스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적인 학습 방법에 비해 사전 성취도 하위 수준 학생들에게 효과적인 것으로 나타난 결과는 협동 학습(노태희 등, 1999b)이나 컴퓨터 보조 협동 학습(Hooper & Hannafin, 1991) 선행 연구의 결과와 유사하다. 즉, 선행 연구(노태희 등, 1999b; Hooper & Hannafin, 1991)에서 보고된 것처럼 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정 중에서 사전 성취도 하위 수준의 학생이 상위 수준의 학생에게 도움을 받을 기회가 많아져서 성취도가 향상된 것으로 볼 수 있다. 성취도 상위 수준 학생에게는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적인 수업에 비해 효과적이지 않았다. 이는 전통적인 학습 상황에서 주도적인 역할을 수행했던 상위 수준 학생들이 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서는 공동 문서 작성과 같은 역할 분담으로 인하여 자신의 능력을 발휘할 기회가 상대적으로 줄어들었기(노태희 등, 1997) 때문일 수 있다. 따라서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 학업 성취 수준에 따라 학업 성취도에 미치는 효과에 대해서 추가적인 연구가 이루어질 필요성이 있다.

3.3 과학 학습 동기에 미치는 효과

과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차 및 교정 평균을 <표 II-7>에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(표 II-8), 전체 및 하위 영역에서 모두 처치 집단의 평균이 통제 집단의 평균보다 높았고, 전체 점수 및 주의집중, 관련성, 자신감 영역에서는 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .01$). 그러나 학습 동기의 전체 및 하위 영역들에서 수업 처치와 사전 학업 성취 수준과의 상호작용 효과는 모두 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 사전 성취 수준과 관계없이 전통적인 수업에 비하여 학생들의 학습 동기 유발에 효과적인 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 협동 학습에 대한 선행 연구(Hooper, 1992)에서 동료 학생과의 상호작용이 활발해지면 서로에게 더 많은 관심을 기울이게 되므로 학생들이 수업에 집중하고 자신감을 갖게 되는 등 학습 동기가 높아진다고 보고한 결과와 유사하다. 한편, 공동 문서 작성 애플리케이션의 활용이 학생 간의 상호작용과 수업에 대한 참여도를 증진시켰을(Reilly & Shen, 2011) 가능성도 있다. 또한 스마트 교육 환경처럼 학습 자원이나 방법 측면에서 학생의 선택이 가능한 학습 환경에서 더 동기화된다는 점(Shapiro & Niederhauser, 2003)을 고려할 때, 스마트 기기를 활용하여 과제 해결 방법을 선택하고 정보를 탐색하는 것과 같이 학습의 통제권이 학생에게 주어진 점이 학습 동기 향상에 영향을 미쳤을 가능성도 있다.

<표 II-7> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 학습 동기 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

	통제 집단(n=67)		처치 집단(n=66)	
	평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
과학 학습 동기 전체				
상위	3.53 (.34)	3.51	3.78 (.40)	3.69
하위	3.40 (.40)	3.43	3.67 (.45)	3.73
전체	3.46 (.38)	3.47	3.72 (.43)	3.71
주의 집중				
상위	3.13 (.55)	3.14	3.52 (.49)	3.49
하위	3.13 (.56)	3.14	3.49 (.59)	3.51
전체	3.13 (.55)	3.14	3.51 (.53)	3.50

관련성				
상위	3.71 (.36)	3.69	3.95 (.57)	3.85
하위	3.50 (.56)	3.57	3.84 (.50)	3.90
전체	3.60 (.49)	3.62	3.90 (.54)	3.87
자신감				
상위	3.53 (.35)	3.50	3.76 (.49)	3.69
하위	3.40 (.42)	3.42	3.62 (.48)	3.70
전체	3.46 (.39)	3.46	3.70 (.49)	3.70
만족감				
상위	3.69 (.45)	3.67	3.82 (.45)	3.71
하위	3.54 (.48)	3.58	3.69 (.54)	3.78
전체	3.61 (.47)	3.62	3.76 (.49)	3.75

<표 II -8> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 학습 동기 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
과학 학습 동기					
수업 처치	1.85	1	1.85	12.90	.000
사전 성취 수준	.01	1	.01	.08	.775
상호작용	.10	1	.10	.72	.397
주의집중					
수업 처치	4.26	1	4.26	14.76	.000
사전 성취 수준	.01	1	.01	.02	.885
상호작용	.00	1	.00	.01	.931
관련성					
수업 처치	1.97	1	1.97	8.93	.003
사전 성취 수준	.04	1	.04	.16	.687
상호작용	.24	1	.24	1.07	.302
자신감					
수업 처치	1.80	1	1.80	10.44	.002
사전 성취 수준	.03	1	.03	.19	.666
상호작용	.08	1	.08	.44	.507

만족감					
수업 처치	.50	1	.50	2.62	.108
사전 성취 수준	.00	1	.00	.01	.905
상호작용	.19	1	.19	1.01	.31.6

3.4 과학 수업에 대한 태도에 미치는 효과

과학 수업에 대한 태도 검사 점수의 평균, 표준 편차 및 교정 평균을 <표 II-9>에 제시하였다. 이원 공변량 분석 결과(표 II-10), 수업 처치의 주효과가 유의미하였으나 사전 성취 수준과의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 즉, 학생들은 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 전통적인 수업에 비해 긍정적으로 받아들이는 것으로 나타났다.

<표 II-9> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 수업에 대한 태도 검사 점수의 평균, 표준 편차, 교정 평균

	통제 집단(n=67)		처치 집단(n=66)	
	평균(표준편차)	교정평균	평균(표준편차)	교정평균
상위	3.46 (.51)	3.45	3.88 (.68)	3.67
하위	3.44 (.62)	3.50	3.62 (.53)	3.79
전체	3.45 (.57)	3.48	3.76 (.62)	3.73

<표 II-10> 사전 화학 성취 수준에 따른 통제/처치 집단의 과학 수업에 대한 태도 검사 점수에 대한 이원 공변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	P
수업 처치	2.15	1	2.15	8.07	.005
사전 성취 수준	.20	1	.20	.77	.382
상호작용	.04	1	.04	.16	.689

이러한 결과는 선행 연구(임희준 등, 1999; Alavi, 1994; Shon, 1999)에서 협동 학습과 컴퓨터 기반 협력 학습이 학생에게 수업에 대해 긍정적인 태도를 갖게 한다는 결과와 맥락을 같이 한다. 또한 스마트 기기 및 다양한 애플리케이션을 통한 관찰과 조작 등의 수업 활동도 과학 수업에 대한 흥미를 증진시킨 것으로 볼 수 있다(Liu *et al*, 2009).

3.5 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 학생들의 인식

‘스마트 기기를 통해 친구들과 협력해서 학습하는 활동이 좋다고 생각합니까?’라는 질문에 대해 대부분의 학생들이 ‘그렇다(상위 58.3%, 하위 66.7%)’거나 ‘보통이다(상위 25.0%, 하위 20.0%)’라고 응답하였다. 이 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 과학 수업에 대한 태도에 긍정적인 영향을 미친다는 이 연구의 결과를 뒷받침해준다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 선호하는 이유로는 ‘혼자하는 것보다 친구들과 협력해서 학습할 때 더 쉽게 느껴진다(상위 16.7%, 하위 30.0%)’ 또는 ‘스스로 답을 찾아보는 것이 공부에 도움이 된다(상위 27.8%, 하위 16.7%)’라는 응답이 많았으며, ‘지루하지 않고 재미있다(상위 19.4%, 하위 16.7%)’거나 ‘다 같이 해서 수업 참여도가 높아진다(상위 16.7%, 하위 13.3%)’는 응답도 적지 않았다. ‘친구들과 대화를 많이 하게 된다(상위 11.1%, 하위 13.3%)’거나 ‘스마트 기기를 활용해서 재미있다(상위 8.3%, 하위 10.0%)’는 응답도 있었다. 개별 학습보다 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 더 쉽다는 응답은 성취 수준 하위 학습자들에게서 높았는데, 이는 하위 수준의 학생들이 학업 성취도에서 유의미하게 향상되었던 결과와 일관된다. 한편, 스스로 답을 찾는 활동에 대해 긍정적으로 인식하는 학생이 많았는데, 이는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 학습자들의 자기주도 학습 촉진에도 효과적인 가능성을 시사한다.

스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 단점으로는 ‘의견이 충돌될 때는 협력이 잘 안 된다(상위 41.7%, 하위 36.7%)’는 응답이 가장 많았고, ‘분위기가 어수선하다(상위 30.6%, 하위 30.0%)’거나 ‘인터넷이나 스마트 기기가 느려지면 불편하다(상위 27.8%, 하위 33.3%)’는 응답도 적지 않았다. 선행 연구(이준 등, 2012)에서도 학생 간의 갈등을 커뮤니케이션으로 해결하지 못하거나 학습 과정이 소란스러우면 스마

트 기기를 활용한 소집단 학습에 대해 부정적 인식이 유발될 수 있음을 주장하므로, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경을 구축할 때는 이러한 측면들을 고려할 필요가 있다.

4. 결론

스마트 기기와 네트워크의 발달로 인하여 학습자간 실시간 상호작용과 협력을 통한 지식의 공동 생성이 가능해지고 있다. 그러나 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대해서는 구체적인 교수·학습 방법과 그 효과성에 대한 연구가 부족하다. 이에 이 연구에서는 선행 연구를 바탕으로 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 개발하여 고등학교 화학 수업에 적용하고, 그 효과를 학생들의 학업 성취도, 학습 동기, 과학 수업에 대한 태도, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 인식 측면에서 조사하였다.

연구 결과, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 사전 성취 수준 상위 학생들보다 하위 학생들의 학업 성취도 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 학습에 대한 인식에서도 하위 수준의 학생들이 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대해 더 쉽다고 느끼는 비율이 높았다. 선행 연구(Hooper & Hannafin, 1991; Singhanayok & Hooper, 1998)에서 학습자의 인지적 특성은 협동 학습에 영향을 미치는 요소로 제안되어 왔고, 협동 학습은 하위 수준의 학생들에게 더 도움이 되는 것으로 보고되었다. 따라서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 구성원간의 협동에 의해 하위 수준의 학생들이 도움을 받는 실질적인 협동 학습이 일어난 것으로 볼 수 있다. 한편, 학습자 개인의 특성(Prinsen *et al.*, 2009)에 따라 컴퓨터 기반 협력 학습의 효과가 달라질 수 있다고 제안되므로, 스마트 교육 환경에서 이루어지는 소집단 학습이 성별이나 자기주도학습능력과 같은 학생들의 다양한 특성에 따라 어떤 효과가 있는지에 대한 추가적인 연구가 진행될 필요성이 있다.

이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 사전 성취 상위 수준 학생들에게는 긍정적인 효과를 미치지 못하였는데, 이는 상위 수준의 학생들은 과제를 해결하기 위하여 하위 수준의 학생들에게 내용을 설명하거나 학습의 방법과 절차를 조율하는 데 노력을 소진하여 자신의 학습에 소홀했을 가능성이 있다(Ross &

Smyth, 1995).

따라서 추후 연구에서는 스마트 교육 환경에서 이루어지는 소집단 학습이 상위 수준의 학생들에게도 긍정적인 영향을 미칠 수 있도록 방법을 개선할 필요성이 있다. 예를 들어, 소집단 학습 계획 단계에서 활동의 계획 및 조정 활동을 지원할 수 있는 도구를 제공하는 방법(Renzi & Klobas, 2000)이 상위 수준 학생들의 조정 활동에 대한 부담을 덜어줄 수 있을 것이다.

우리나라 학생들의 과학 교과 성취도는 세계적으로 우수하지만, 과학에 대한 흥미와 즐거움, 동기 등의 정의적 태도는 학교급이 높아질수록 낮아지는 것으로 보고되었다(곽영순 등, 2006). 그런데 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적 강의식 수업에 비해 정의적, 동기적 측면에서 긍정적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 과학 수업에 적용하면 학생들이 정보를 협력하여 분석하고, 공동으로 과학 지식을 구성하면서 동시에 과학 수업에 대한 즐거움과 재미도 느낄 수 있는 효과적인 수업 방법이 될 가능성을 시사한다.

한편, 이 연구의 결과만으로는 학생들이 스마트 기기를 활용하여 소집단 학습을 진행할 때 어떤 과정을 거치는지, 그리고 학습 방법의 어떤 측면이 학습에 도움이 되거나 어려움을 발생시켰는지 밝히는데 한계가 있다. 따라서 소집단의 산출물, 수업 관찰, 녹음·녹화 등에 근거한 정성적인 연구를 진행하여, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 구체적인 메커니즘을 밝힐 필요가 있다. 또한 일반적인 교실 수업에서의 상호작용은 다양한 측면에서 분석이 이루어져왔으나, 스마트 교육 환경에 기반한 소집단 학습 과정에서의 상호작용에 대한 연구는 매우 부족한 실정(임걸, 2011)이다. 스마트 교육 환경에 기반한 소집단 학습에서는 기존의 학습과 다른 형태의 상호작용이 이뤄질 수 있으므로 그 특징을 구체적으로 이해하기 위해서 학생간의 상호작용의 특성도 조사할 필요가 있다.

제 5 장. 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습에서 학생의 언어적 상호작용 분석(연구 III)

1. 서론

지식정보화 사회에서는 과학의 교수·학습 형태가 교과서의 지식을 학생에게 전달하는 것이 아니라 학생이 스스로 정보를 탐색하고 수집한 정보를 새롭게 구성하고 공유하는 능력을 기를 수 있는 형태로 변해가야 한다(Siemens, 2005). 우리나라의 2015 개정 과학과 교육과정에서도 다양한 매체를 통하여 수집한 과학기술 정보를 분석하고 평가하여 공동체의 지식으로 공유하고 확장해가는 학습 과정을 강조하고 있다(교육부, 2015a). 이러한 목표를 달성하기 위해서는 과학 수업에서 학생 사이의 활발한 의사소통을 통해 정보를 적극적으로 제공하고 비판적으로 받아들일 수 있는 학습 환경이 조성되어야 한다.

학습에 대한 사회적 구성주의 관점에 따르면 학생들 간의 의사소통을 위한 상호작용은 지식 구성에서 중요한 역할을 한다(Matthews, 2002). 과학교육에서도 사회적 상호작용을 강화하기 위한 소집단 학습이나 협동학습 방법을 적용한 연구들이 많이 있었으나, 사회적 상호작용의 양과 수준이 학습 전략이나 학습자의 특성 등에 따라 편차가 심한 것으로 나타났다(강석진, 2000; 임희준, 노태희, 2001). 또한 성취도 측면에서 이질적으로 구성된 소집단의 경우, 상위 수준 학생들은 하위 수준 학생들에게 도움을 주고 하위 수준 학생들은 도움을 요청하고 받는 형태의 상호작용이 주로 나타나는 것으로 보고되었다(임희준, 노태희, 2001; 차정호 등, 2005).

그런데 최근에 들어 필요한 정보를 즉각 획득하고 실시간으로 공유할 수 있는 환경이 가능해졌다(Williams & Pence, 2011). 인터넷과 스마트 기기를 활용한 학습에 대한 연구 결과, 스마트 기기의 활용은 실시간 정보의 탐색과 학생 상호간의 정보 공유를 용이하게 하여 공동의 지식 구성을 촉진하는 것으로 나타났다(Jarvela *et al.*, 2007). 학습에서 인터넷과 스마트 기기의 활용은 다른 학생과 정보를 교류하는 과정에서 학습 과정을 점검함으로써 학업 성취에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되었다(임정훈, 김상홍, 2013). 또한 공동 문서 작성 애플리케이션 등의 클

라우드 기반 상호작용 도구를 활용하면 공동 과제를 해결해가는 과정에서 학생의 상호작용이 활발해지고 수업 참여도가 향상되는 것으로 보고되었다(Lin *et al.*, 2015; Reilly & Shen, 2011; Walsh & Cho, 2012).

비고츠키에 의하면 새로운 문화적 도구나 매개 수단에 의해 인간의 행위가 달라질 수 있으므로(Vygotsky, 1978), 스마트 기기의 도입은 교실에서 이루어지는 학습자의 상호작용의 형태에 영향을 미칠 수 있다. 스마트 기기를 사용하는 학습 환경에서는 과제 해결에 필요한 정보를 수집하여 공유할 수 있으므로 과제 해결 과정에서 정보의 격차가 존재하는 전통적인 학습 환경과 다른 방식으로 구성원 사이의 상호작용이 이루어질 가능성이 있다. 또한 지식의 공유를 촉진하기 위해 활용하는 공동 문서 작성 애플리케이션도 소집단 학습 과정에 영향을 미칠 수 있다.

그러나 스마트 기기를 활용한 수업에서 학생들의 상호작용을 조사한 연구는 부족한 실정이다. 스마트 폰을 활용한 토론에서 학생들의 글을 분석하거나(고유정, 신원석, 2011) 유아 교육에서 교사와 유아 및 스마트 교구 간의 상호작용을 조사한 연구들이(김민경 등, 2016; 유구중 등, 2014) 있었으나, 학생들이 스마트 기기를 활용하여 소집단 구성원과 어떠한 형태로 상호작용하여 지식을 구성해가는 지에 대한 구체적인 정보를 얻기에는 부족하다.

따라서 이 연구에서는 과학 수업에서 스마트 기기를 활용하여 공동의 과제를 해결하는 소집단 학습의 진행 과정을 구체적으로 이해하기 위하여 소집단 학습 과정에서 나타나는 학생들의 언어적 상호작용을 개별 진술과 상호작용 단위에서 분석하였다. 개별 진술 측면에서는 사전 성취 수준에 따른 빈도를 비교하여 학생들의 상호작용 참여 정도와 형태를 조사하였다. 소집단 학습의 전체적인 흐름을 파악하기 위하여 상호작용 단위의 분석을 실시하여 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 언어적 상호작용의 특징을 고찰하였다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상

이 연구는 서울시의 한 남녀 공학 고등학교 2학년 16명을 대상으로 진행하였다. 이 학생들은 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습을 실시한 연구에(윤정현 등, 2016) 참여한 소집단 중 무작위로 선정한 4개 소집단의 구성원이다. 모든 소집단은 4인 1조로 사전 성취 수준에 따라 상위 2명, 하위 2명의 학생으로 이질적으로 구성하였고 스마트 기기를 개별적으로 가지고 있었다. 무작위로 선정한 4개 소집단은 A~D조로 표시하였고, 각 조별로 학생은 A1, A2, A3, A4 등으로 표시하였다. 또한 사전 성취 수준에 따른 언어적 상호작용의 특징을 비교 분석하기 위하여 상위1, 하위1 등으로 사전 성취 수준도 함께 표시하였다. 연구 대상 학생들에 대한 정보는 <표 III-1>과 같다.

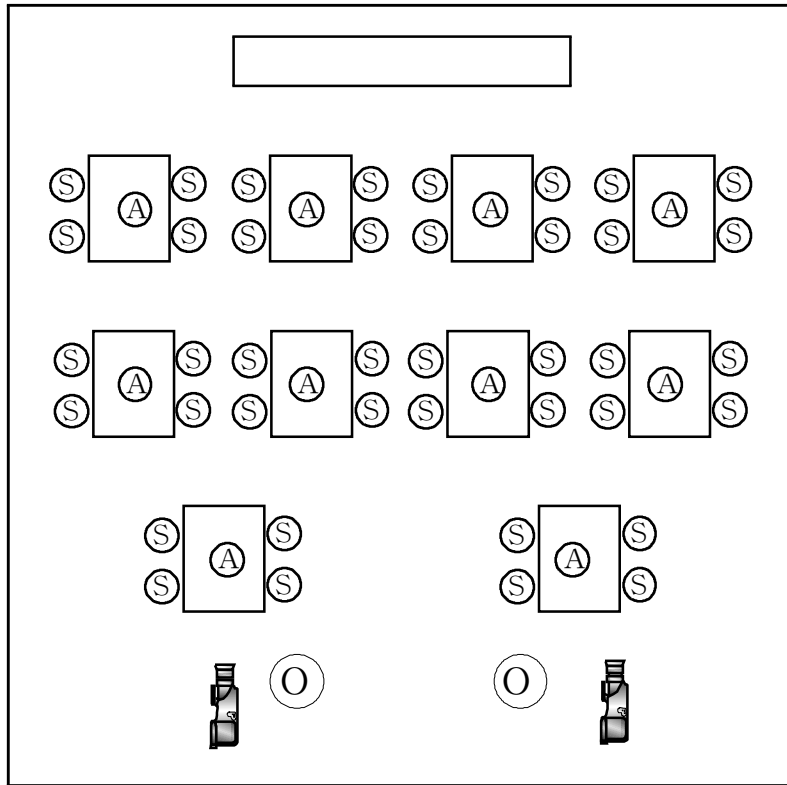
<표 III-1> 연구 대상 학생들의 사전 화학 성취 수준과 성별에 대한 정보

소집단	학생		사전 화학 성취 수준		성별	
			상위	하위	남	여
A조	A1	하위1		○	○	
	A2	상위1	○		○	
	A3	하위2		○	○	
	A4	상위2	○		○	
B조	B1	상위3	○		○	
	B2	상위4	○			○
	B3	하위3		○		○
	B4	하위4		○	○	
C조	C1	하위5		○		○
	C2	상위5	○			○
	C3	하위6		○	○	
	C4	상위6	○		○	
D조	D1	하위7		○		○
	D2	하위8		○		○
	D3	상위7	○			○
	D4	상위8	○			○

○: 해당되는 것에 표시

2.2 연구 상황

수업을 담당한 교사는 경력 4년의 화학교육 전공 여교사로서 서울시의 과학 교사 모임의 구성원으로 활동하고 있었다. 처치 교사와의 사전 워크숍을 실시하여 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법에 대하여 충분히 숙지하도록 하고, 전체적인 수업 진행 계획을 안내하였다. 또한 학생들이 스마트 기기를 활용한 소집단 학습과 녹음·녹화 및 수업 관찰에 익숙해지도록 처치 이전에 오리엔테이션을 실시하였고, 본 학습 이전 단원의 내용으로 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 연습 차시를 실시하였다. 오리엔테이션 및 연습 차시의 녹음·녹화 및 수업 관찰 결과, 연구 대상에서 특이점은 발견되지 않았다. 모든 수업은 각 학급 교실과 화학 실험실에서 이루어졌다. 실제 교실과 실험실 상황에서 녹화기기 설치와 연구자의 관찰 상황을 고려하여 임의로 선정한 4개의 소집단은 비디오 녹화가 용이한 뒤쪽에 배치하였고, 모든 소집단들의 책상에 녹음기를 배치하였다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 진행된 교실에서 조별 녹음기, 캠코더의 배치, 관찰자의 위치 등은 <그림 III-1>과 같다.



Ⓢ: 학생, Ⓞ: 관찰자, ⓐ: 녹음기, 📷: 카메라

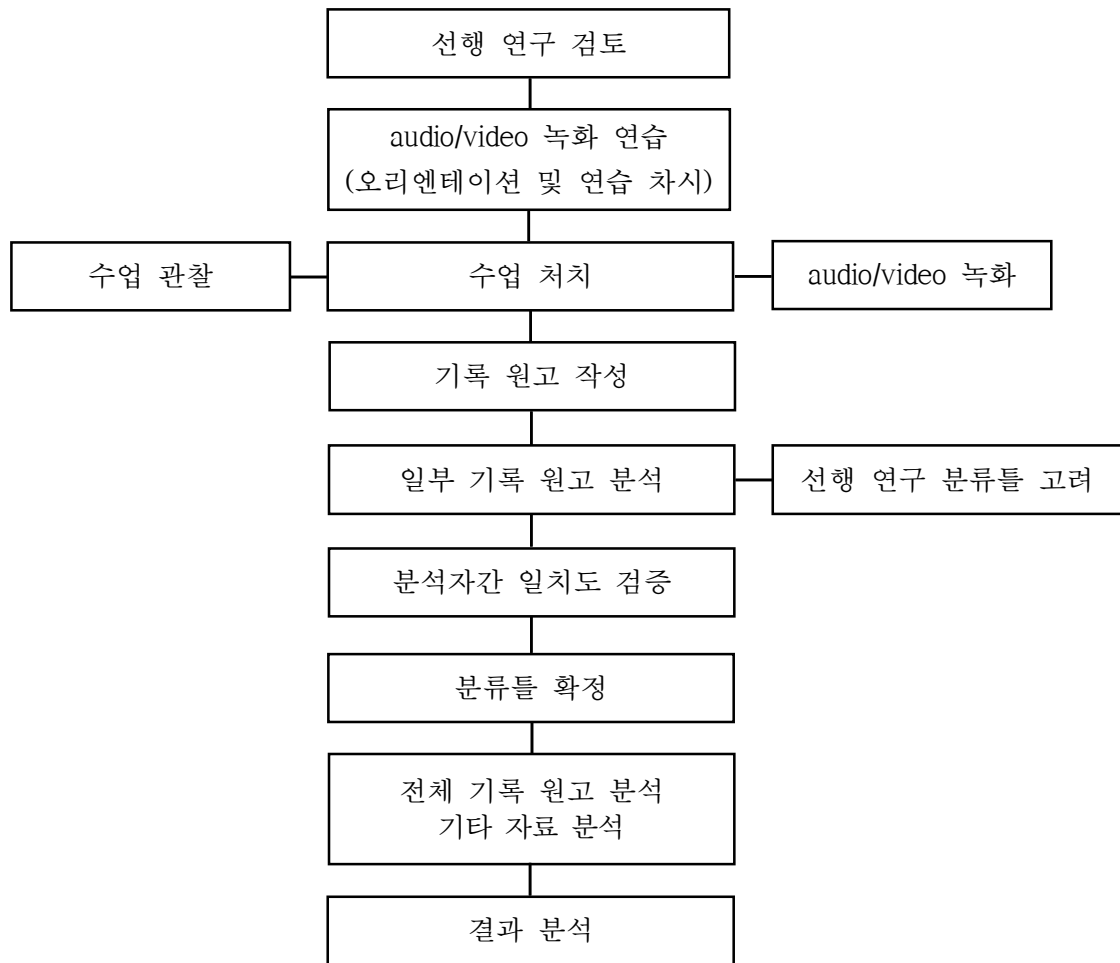
<그림 III-1> 본 연구에서 교실의 구조

2.3 연구 절차

오리엔테이션 및 연습 차시 기간 동안 녹음 및 녹화 연습을 실시하였다. 녹화 연습 기간 동안 선택한 연구 대상 소집단들이 특이한 사례가 아님을 확인한 후, 연구 대상 소집단을 확정하였다. 수업 처치는 화학 1의 '산과 염기'와 '중화 반응' 단원에 대하여 총 6차시에 걸쳐 진행하였다. 학생들은 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법(윤정현 등, 2016)에 따라 매 차시마다 웹을 이용한 자료 검색과 QR코드를 활용하여 제공한 학습 자료의 내용을 토론하고 구글 드라이브 애플리케이션으로 소집단별로 공동 활동지를 작성하였다. 공동 활동지에 각 개인이 작성한 내용과

수정 내역은 확인할 수 있으므로 학생들의 참여도를 실시간으로 파악할 수 있었다. 소집단별로 공동 작성한 활동지를 전체 학급에 공유하고 정리하는 활동으로 학습을 마무리 하였다. 모든 수업 과정은 녹음기와 캠코더를 사용하여 녹음 및 녹화하였으며, 연구자 2인이 각 소집단의 학습 활동을 관찰하였다. 수업 처치가 끝난 후, 녹음 및 녹화 테이프를 바탕으로 기록 원고를 작성하였다. 4개 소집단에 대하여 6차시 동안 자료 수집이 이루어졌으므로, 총 24차시 분량의 기록 원고를 얻었다. 자료 분석에서는 기록 원고 뿐 아니라 관찰자의 관찰 노트, 구글 드라이브 애플리케이션에 보관되어 있는 학생들의 공동의 활동지 등 다양한 자료를 활용하였다.

전체적인 연구 절차는 <그림 III-2>와 같다.



<그림 III-2> 연구 절차

2.4 분석 방법

(1) 언어적 상호작용의 분석 과정과 분석틀

스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학생들의 언어적 상호작용을 분석하기 위하여 분석틀을 개발하였다. 이를 위해 일반적인 교실 환경에서 언어적 상호작용을 분석하였던 선행 연구와(강석진, 2000; 이현영 등, 2002; 주영 등, 2014). 컴퓨터 보조 협동 학습(computer-assisted cooperation learning)과 컴퓨터 매개 커뮤니케이션(computer-mediated communication) 및 웹기반 협력 학습(web-based collaborative learning)에서의 언어적 상호작용을 분석한 선행 연구를(김경순, 2005; 이상수, 2004; 차정호 등, 2005; Latt & Lally, 2003) 바탕으로 분석틀 초안을 만들었다. 두 명의 분석자가 일부 프로토콜을 각각 분석한 뒤, 분석자간 일치도를 구하고 그 차이를 논의하는 과정을 반복하여 최종 분석틀을 확정하였다.

개별 진술은 한 사람의 발언이 시작된 후 다른 사람의 개입 없이 자발적으로 종료된 경우로 정의하였고, 한 사람의 발언 내용이 기능적으로 구별되는 2개 이상의 진술로 이루어진 경우에는 독립적인 개별 진술로 분류하였다(강석진, 2000; 김경순, 2005). 최종적인 개별 진술 분석틀은 <표 III-2>과 같고, 과제 관련, 운영 관련, 과제 무관, 교사 참여의 4가지 영역으로 구성되어 있다. 과제 관련 영역은 크게 질문, 설명, 반응, 평가의 4가지 하위 영역으로 구분하였고, 운영 관련 영역은 기록, 진행, 참여 권장의 3가지 하위 영역으로 구분하였다.

기존의 소집단 토론 활동의 언어적 상호작용 분석에 관한 선행 연구(강석진, 2000; 한재영, 2003)의 경우, 학생들의 진술이 담당하는 인지적 역할을 구체적으로 밝혀내기 위해 개별 진술을 지식 구성, 운영, 과제 무관, 교사 참여, 이용 불가 진술의 5가지 유형으로 분류하였다. 또한 컴퓨터 환경에서의 언어적 상호작용을 분석한 선행 연구에서는 학생들의 진술을 행동적 측면에서 접근하여 학습 관련 행동, 관리 행동으로 분류하거나(차정호 등, 2005), 과제 관련, 과제 무관, 이용 불가의 3가지 유형으로 분류하였다(김경순, 2005). 본 연구에서는 일반적인 교실 환경이나 컴퓨터 환경과 달리 스마트 기기를 활용하여 과제와 관련된 다양한 정보를 실시간으로 수집하고 분석하여 공동의 활동지를 작성한다. 또한 소집단 간 활동지의 작성

내용을 공유하면서 학습을 진행하도록 하였다. 따라서 학생들 사이의 상호작용은 서로 과제와 관련된 정보나 과제 해결 방향을 요청하고, 탐색한 정보를 설명해주거나 과제 해결 방향을 설명하는 등의 질문과 설명, 상대방의 설명에 반응하는 행동, 실시간으로 공유되는 공동의 활동지를 확인하면서 학습 과정이나 결과를 스스로 평가하는 행동이 주를 이루고 있었다. 개별 진술 속의 ‘...’은 잠시 멈춤을 의미하고, @@@는 녹음이나 녹화 기록을 통해 알아들을 수 없었던 부분을 의미한다.

<표 III-2> 개별 진술 분류틀

대분류	중분류	세분류	코드
과제 관련	질문	단순 질문	Q1
		정보 질문	Q2
		방향 질문	Q3
	설명	단순 설명	S1
		정보 설명	S2
		방향 설명	S3
	반응	수용	R1
		단순 반론	R2
		수용적 확산	R3
		논쟁	R4
	평가	곤란도 평가	E1
		기준 반성	E2
운영 관련	기록	M1	
	진행	M2	
	참여 권장	M3	
과제 무관			OT
교사 참여			T

과제 관련 영역 중 질문은 활동지의 내용을 상대방에게 확인하거나 어휘의 의미를 묻는 등 직접적인 답변을 요구하는 단순 질문(Q1), 학습 내용과 관련된 구체적인 정보나 의견을 요구하는 정보 질문(Q2), 과제 해결 방법이나 방향에 대해 질

문하는 방향 질문(Q3)으로 세분하였다. 질문의 각 유형별 예는 다음과 같다.

학생	진술	분류 기호
A1	야야. HCl이 뭐였더라?	Q1
A2	염산이잖아	S1
B4	@@야. 이거 푸른색이랑 붉은색이랑 똑같은 방향이야?	Q2
B1	응. 인터넷에 검색하니까 그렇게 말하던데	S1
C1	야. 근데 이거는 교과서에 있는 거 아냐?	Q3
C2	아냐. 그거 옆에 있는 큐알 코드 찍어봐야 해	S3
C1	아... 내가 찍어볼게.	M2
C2	빨리 찍어. 난 아래 꺼 하고 있을게.	M2

설명은 질문에 대한 간단한 답변이나 활동지의 내용을 재구성하는 단순 설명(S1), 학습 내용과 관련된 정보를 제시하거나 그에 근거하여 진술하는 정보 설명(S2), 과제 해결 방법이나 방향에 대한 방향 설명(S3)으로 세분하였다. 설명의 각 유형별 예는 다음과 같다.

학생	진술	분류 기호
B4	고추장은 뭐야?	Q2
B3	산성일 것 같은데	S1
A3	야. 검색해보니까 겔포스 염기성이라	S2
A2	맞아. 아까 내가 말했잖아.	R1
A3	속 쓰릴 때 먹으면 중화된다는데	S2
D1	이것도 찾아야 되는 거야?	Q3
D1	이거 일일이 찾고 있는 거야?	Q3
D3	아냐. 이거는 찾는 거 아니고 함께 토의하면서 문제 푸는 거야.	S3
D3	이제 이거 같이 해야 해. 모두 봐봐.	M3

반응은 상대방의 설명에 동의를 표하거나 단순히 받아들이는 수용(R1), 상대방

의 주장을 단순히 거부하거나 반대하는 단순 반론(R2), 동의하면서 자신의 설명을 첨부하는 수용적 확산(R3), 반대하면서 자신의 설명을 제시하는 논쟁(R4)으로 세분하였다. 반응의 각 유형별 예는 다음과 같다.

학생	진술	분류 기호
D2	중화 반응하면 물이 나온다.	S2
D1	오케이.	R1
A1	커피는 산성인가?	Q2
A3	쓰면 염기성인 것 같은데.	S2
A2	바보. 아니야~	R2
C3	물엿은 단데. 달면. 달면 뭘까?	Q2
C1	중성 같은데.	S1
C3	그럴 수도 있겠네. 솔직히 물엿 같은 거 입술에다가 바르는 사람도 있잖아.	R3
A2	이거는 볼트와 너트 자체가 NH ₃ 이고 이거는 Na... 이거 Na랑 H랑 따로 있는 거 아니야?	Q2
A3	응	R1
A2	그럼 너트가 H ₃ 인가?	Q2
A4	아닐 걸... 여기 왼쪽 오른쪽의 너트 종류가 다른 것 같은데	R4

평가는 학습 내용의 곤란도에 대해 평가하는 곤란도 평가(E1), 학습 과정이나 결과물을 외부적 기준에 근거하여 반성하는 기준 반성(E2)으로 세분하였다. 평가의 각 유형별 예는 아래와 같다.

학생	진술	분류 기호
B4	나 좀 도와줘.	M2
B2	잠깐만. 이거 좀 쓰고.	M2
B4	나 완전 멘붕이야. 이거 어려워.	E1
C3	야. 사과 주스는 산성 아냐?	Q2
C1	신맛 나니까 산성인 것 같은데.	S2
C3	그럼 일단 산성이라고 쓰자. 내가 쓸께.	M1
C1	오~ (스마트 기기를 보면서) 우리 맞았어. 지식iN도 산성이라는데.	E2

운영 관련 영역은 기록, 진행, 참여 권장의 3가지 하위 영역으로 구분하였는데, 스마트 기기를 활용한 조별 활동지의 기록과 관련된 진술은 기록(M1), 전반적인 학습 진행 및 QR 코드나 Wi-Fi 등 스마트 기기의 활용과 관련된 진술은 진행(M2), 소집단 구성원의 참여를 권장하는 진술은 참여 권장(M3)이다. 운영 관련 영역의 각 유형별 예는 다음과 같다.

학생	진술	분류 기호
B3	야. 너만 쓰면 어떡해?	M1
B4	알았어. 이거는 니가 써.	M1
A4	지금 Wi-Fi 속도 느려지지 않았어?	M2
A1	나는 잘 되는데.	M2
A1	너 3번 왜 안하고 있어? 얼른 해.	M3
A3	알았어.	M2

소집단 학습의 전체적인 흐름을 파악하기 위하여 2개 이상의 관련된 개별 진술로 구성되는 상호작용 단위의 분석을 실시하였다. 상호작용 단위는 대화의 초점이 유지되는지 여부를 기준으로 분류하였는데, 한 사람에 의해 시작된 대화의 초점이 질문, 설명, 평가 등의 진술로 인하여 그 초점이 바뀌는 경우 새로운 상호작용 단위가 시작되는 것으로 정하였다(강석진, 2000; 김경순, 2005). 상호작용 단위의 분석틀<표 II-3>은 성격에 따라 지식 구성 상호작용과 운영 관련 상호작용으로 구분하였다.

<표 III-3> 상호작용 분류틀

대분류	중분류	세분류
지식 구성	대칭적	단순
		정교화
	비대칭적	단순
		정교화
운영	진행 관련	
	기록 관련	

지식구성 상호작용은 대화를 주고받는 형태에 따라 구성원 2명 이상이 균등하게 상호작용에 유의미한 기여를 하는 대칭적 상호작용과 구성원 한 명이 주도적으로 기여하는 형태인 비대칭적 상호작용으로 구분하였고, 이를 다시 대화의 질에 따라 단순 또는 정교화 상호작용으로 분류하였다.

대칭적 상호작용 중 개별 진술의 수가 적고 한 구성원의 질문에 대한 다른 구성원의 간단한 답변으로 구성되는 경우는 대칭적 단순 상호작용, 앞서 사람의 진술에 근거한 대화가 이어지면서 내용이 양적 또는 질적으로 확장되는 경우는 대칭적 정교화 상호작용으로 구분하였다.

[대칭적 단순 상호작용]

C3 이거는 중성이야? 초록색?

C1 어. 중성

대칭적 정교화 상호작용은 그 특징에 따라 다시 누적형, 교정형, 논쟁형, 평가형으로 세분하였다. 누적형은 구성원 간에 대화를 주고받으면서 지식이 누적되는 형태, 교정형은 다른 구성원의 오류를 바로잡기 위해 정답을 제시하거나 설명해주는 대화 형태, 논쟁형은 서로 다르게 해석되는 관점이 부딪힐 때 구성원이 자신의 의견을 제시하면서 논쟁하는 형태, 평가형은 학습 과정이나 결과에 대한 반성이나

평가와 관련된 대화를 주고받는 형태의 상호작용 단위이다.

[대칭적 정교화 누적형 상호작용]

-
- B3** 아레니우스 정의는 뭐라고 했어?
B4 내가 안 찾았어. 몰라
B3 (스마트 기기를 보면서) 너가 쓰셨는데요. 여기 있는데요.
B4 아...그거. 수용액에서 일어나는 반응에 대해서 이온화하여 H를 내는 물질
B1 어. 그 뭐냐. 수소 이온을 내놓으면 산이고, 수산화이온을 내놓으면 염기
B3 오케이. 그게 아레니우스의 정의구만
-

[대칭적 정교화 교정형 상호작용]

-
- A3** 수산화나트륨이 약염기고 암모니아수가 강염기였기 때문에 애가 강한 염기 인거 아냐?
A2 몰라. 나 이것 좀 하고
A4 이온화하는 정도가 달라서 애는 다 푸는데 애는 안 풀렸잖아. 그래서 애가 강염기야.
A3 애가 애가 강염기라고? 약염기가 아니고?
A4 애가 @@ 많이 풀렸잖아. 그러니까 애가 강염기 애가 약염기.
A3 왜 많이 풀리면 강해?
A4 이온이 많아지잖아. 그러니까 수산화 이온이 많아지니까 염기가 세지지.
A3 아. 이해했어.
-

[대칭적 정교화 논쟁형 상호작용]

- D1 우리 그냥 적을까?
D2 아니. 근데 숫자를 세어야 할 것 같은데.
D1 그건 너무 막연하지 않아?
D2 그래도 이게 제일 빠를 것 같아.
D1 근데 이 문제 어렵다.
D4 그니까..뭘 하라는 거지? 볼트와 너트를 사용해서...염기 종류에 따라 세기가 달라진다.
D2 볼트와 너트가 나타내는 거.
D1 이온이랑..
D2 수산화 나트륨이랑 암모니아수 속의 이온을 볼트와 너트를 이용했으니까.
D1 볼트가 수산화나트륨... 아닌데? 맞아..
D2 볼트가 수산이고, 너트가 암모니아 아냐?
D4 아냐. 그림 봐봐.
D3 아...알겠어. 이거 볼트 색이 다르네. 너트는 같고.
D4 그럼 너트가 수산이야?
D2 왜? 너트가 암모니아 아냐?
D3 너트가 양쪽이 똑같으니까 수산화이온 같은데?
D1 뭐야? 뭐가 정답이야?
D2 이거 어려워서 잘 모르겠다.
-

[대칭적 정교화 평가형 상호작용]

- C2 이 pH 지도 다 써야 하는 거야?
C3 상관없지 않아?
C2 근데 너무 산성에 몰려있는 것 같아.
C1 다른 조는 어떤데?
C2 (프로젝터에 제시된 공동 활동지를 보면서) 음.. 다 다른데..
C4 찝찝하면 염기성을 더 갖고 와봐.
C3 그래~ 아직 시간 있으니까.
C4 분필 가루 갖고 와봐.
C1 분필 가루 염기성이야?
C4 그럴 것 같은데.
C2 (스마트 기기를 통해 공동 활동지를 보면서) 야. 맞아 맞아. 1조가 염기성애다 썼어.
C4 그럼 분필 가루 찍어보고 얼릉 쓰자.
C1 염기성 3개 채웠네.
-

또한 비대칭적 상호작용 유형 중 비대칭적 단순 상호작용은 의견이나 정보를 제공하거나 질문을 했을 때 다른 구성원이 수용이나 단순 반론, 단순 설명 등의 수동적인 응답을 하는 형태이고, 비대칭적 정교화 상호작용은 다른 구성원의 대화 참여에 관계없이 스스로 관련된 학습 내용을 양적 또는 질적으로 확장시켜 나가는 형태의 상호작용 단위이다.

[비대칭적 단순 상호작용]

B2	수소 이온화 H... 플러스 넣어야지.
B1	내 핸드폰은 맛이 갔네.
B2	이거 내용 다시 다듬어야겠는데.
B1	귀찮은데.
B2	내가 할게.

[비대칭적 정교화 상호작용]

A2	이제 하자.
A1	좀 기다려봐
A2	야~하자. 이거 내가 다 알았어.
A2	나 천재야. 어떻게 해야 하는 지 설명해줄게.
A2	이거 맞지? 중화반응은 H+랑 OH-의 결합이기 때문에 한 방울부터 열 방울이 떨어질 때까지 중화반응이 일어난다.
A2	이거 수산화 뿌릴 때 비슷한 양으로 한 방울씩 뿌려야 돼.

운영 관련 상호작용은 전반적인 학습 진행 및 스마트 기기의 활용과 관련된 진행 관련 상호작용, 조별 활동지에 기록하는 것과 관련된 기록 관련 상호작용으로 세분하였다.

[진행 관련 운영 상호작용]

A4	야, 1번 내가 하고 있어.
A1	오케이. 그럼 난 2번 할게.
A4	근데 큐알 코드 잘 찍혀?
A1	아직 안 찍어봤어.

[기록 관련 운영 상호작용]

-
- B4** (스마트 기기로 활동지를 보면서) 이거 조원이 골고루 써야하는 거야?
B2 응. 이거 누가 썼는지 다 나온대.
B4 아... 나 1개 밖에 안 썼는데.
B2 그래? 그럼 옆에 거는 니가 써.
B4 이거 염기성이야? 산성?
B2 산성
B4 (스마트 기기로 활동지를 작성하면서) 나 이거 쓴다.
-

(2) 자료 분석 방법

최종 분석들을 토대로 두 명의 분석자가 각각 프로토콜의 일부를 분석하여 두 분석자 사이의 일치도가 93%임을 확인한 후, 모든 프로토콜을 1인이 분석하였다. 프로토콜을 모두 코딩한 후, 개별 진술과 상호작용 단위의 각 유형별 빈도를 조사하였고 사전 성취 수준에 따라 각 유형의 빈도를 비교하였다. 비언어적 행동이나 다른 소집단과의 상호작용은 이 연구의 분석에서 제외하였다. 사전 성취 수준에 따른 빈도 비교에서 모수 통계의 기본 가정이 만족되지 못하였기 때문에 비모수 통계 방법인 Mann-Whitney U 검증을 이용하였다. 모든 통계 분석에는 SPSS 프로그램을 사용하였다.

3. 연구 결과와 논의

3.1 개별 진술의 일반적 양상

스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 개별 진술을 분석한 결과(표 III-4), 과제 관련 진술 63.2%(4,610회), 운영 관련 진술 22.9%(1,672회), 과제 무관 진술 8.2%(596회), 교사 참여 진술 5.8%(422회)의 순으로 나타났다. 과제 관련 진술에서 가장 많이 나타난 개별 진술은 설명(26.8%)이었고 다음으로 질문(13.6%), 평가(12.0%), 반응(10.7%)의 순서로 나타났다. 설명과 질문에서는 학습 내용과 관련된 정보를 제시하거나 설명하는 정보 설명(14.0%)과 구체적인 정보나 의견을 요구하는 정보 질문(11.9%)의 비율이 가장 높았다. 즉, 학생들은 소집단 학습 과정에서 학습 내용과 관련된 정보나 의견을 요구하는 질문을 많이 하였고, 이러한 질문에 대해 정보를 제시하거나 그에 관련된 설명을 해주는 방식으로 언어적 상호작용을 많이 했음을 알 수 있다. 이러한 결과는 과제 관련 진술의 하위 영역 중 설명하기와 질문하기의 비율이 높았던 선행 연구의 결과(주영 등, 2014)와 유사했는데, 이 두 유형의 진술은 학업 성취도와도 유의미한 상관이 있는 것으로 보고되었다.

협동학습(주영 등, 2014)이나 컴퓨터를 활용한 협동학습 상황의 연구(김경순, 2005)에서 학습 과정과 결과를 평가하는 비율이 낮았던 것에 비해 이 연구에서는 평가(12.0%)의 비율이 상대적으로 높게 나타났다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법(윤정현 등, 2016)이 소집단별로 학습 결과를 공유하고 학습 과정 및 결과를 성찰하는 과정을 포함하기 때문으로 볼 수 있다. 즉, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서는 모든 소집단의 활동지가 실시간으로 공유되므로 학생들은 다른 소집단의 활동지와 본인들의 활동지를 비교하면서 학습 과정과 결과를 평가하고 수정하는 기준 반성(10.1%) 진술을 활발히 한 것으로 볼 수 있다. 또한 소집단별로 목표 개념과 지식을 구성하여 활동지를 완성해야 하는 과제의 특성으로 인하여 학생들 스스로 정답인지 여부를 판단하려는 노력을 많이 한 것도 기준 반성 진술이 많이 나타난 것에 영향을 미쳤을 가능성이 있다.

운영 관련 진술(22.9%)의 비율도 적지 않았는데, 이는 학생들이 과제를 분담하고 스마트 기기 활용 방법을 점검하는 등 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 전

체적인 진행을 조정하는 진행 진술(9.2%)이나 스마트 기기를 활용하여 공동의 활동지를 작성하는 기록 진술(7.4%)을 많이 했기 때문으로 볼 수 있다. 공동의 활동지 작성에 대한 구성원의 기여도가 실시간으로 파악되는 학습 환경의 특징으로 인하여 서로의 참여를 독려하는 참여 권장 진술(6.3%)도 적지 않게 나타난 것은 학습 목표 성취를 위해 노력하는 소집단 학습 활동이 활발히 이루어졌음을 의미한다.

<표 III-4> 개별 진술의 빈도(%)

대분류	중분류	세분류	빈도(%)
과제 관련	질문	단순 질문	71 (1.4)
		정보 질문	870 (11.9)
		방향 질문	53 (0.7)
		소 계	994 (13.6)
	설명	단순 설명	345 (4.7)
		정보 설명	1,022 (14.0)
		방향 설명	591 (8.1)
		소 계	1,958 (26.8)
	반응	수용	379 (5.2)
		단순 반론	117 (1.6)
		수용적 확산	155 (2.1)
		논쟁	132 (1.8)
소 계		783 (10.7)	
평가	곤란도 평가	139 (1.9)	
	기준 반성	736 (10.1)	
	소 계	875 (12.0)	
운영 관련	기록	539 (7.4)	
	진행	675 (9.2)	
	참여 권장	458 (6.3)	
과제 무관		596 (8.2)	
교사 참여		422 (5.8)	
총 계		7,300 (100)	

3.2 사전 성취 수준에 따른 개별 진술의 양상 비교

사전 성취 수준 상위 학생들과 하위 학생들의 개별 진술 빈도를 비교한 결과 (표 III-5), 과제 관련 영역에서는 방향 질문, 정보 설명, 방향 설명, 기준 반성 영역에서 두 집단 사이에 유의미한 차이가 나타났다. 그리고 운영 관련 영역 중 진행에서 두 집단 사이에 유의미한 차이가 있었다. 과제 관련 영역 중 방향 질문과 정보 설명에서는 하위 수준 학생들의 빈도가 높았고, 방향 설명과 기준 반성 영역에서는 상위 수준 학생들의 빈도가 높았다. 운영 관련 영역에서는 진행에서 상위 수준 학생들의 빈도가 하위 수준 학생들에 비해 높았다.

<표 III-5> 사전 성취 수준에 따른 개별 진술 빈도에 대한 Mann-Whitney U 검증 결과

대분류	중분류	세분류	빈도(%)		U	Z	p
			상위	하위			
과제 관련	질문	단순 질문	30 (0.5)	41 (0.7)	24.0	-0.846	0.398
		정보 질문	432 (6.9)	438 (7.0)	27.5	-0.474	0.635
		방향 질문	10 (0.2)	43 (0.7)	0.0	-3.403	0.001**
	설명	단순 설명	151 (2.4)	194 (3.1)	21.0	-1.159	0.247
		정보 설명	407 (6.5)	615 (9.8)	5.5	-2.787	0.005**
		방향 설명	433 (6.9)	158 (2.5)	0.0	-3.378	0.001**
	반응	수용	196 (3.1)	183 (2.9)	25.5	-0.684	0.494
		단순 반론	59 (0.9)	58 (0.9)	27.0	-0.565	0.572
		수용적 확산	82 (1.3)	73 (1.2)	28.5	-0.370	0.712
	평가	논쟁	66 (1.1)	66 (1.1)	31.0	-0.107	0.914
		곤란도 평가	75 (1.2)	64 (1.0)	30.0	-0.211	0.833
		기준 반성	489 (7.8)	247 (3.9)	8.0	-2.530	0.011*
운영 관련	기록		232 (3.7)	307 (4.9)	26.0	-0.630	0.529
	진행		438 (7.0)	237 (3.8)	8.0	-2.528	0.011*
	참여 권장		242 (3.9)	216 (3.4)	24.0	-0.843	0.399
총 계			3,342 (53.2)	2,940 (46.8)	20.5	-1.209	0.227

방향 질문(Q3)에서 하위 학생들의 빈도가 높고 방향 설명(S3)에서 상위 학생들의 빈도가 높았던 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 하위 학생들은 과제 해결 방향에 대한 질문을 많이 하였고 상위 학생들은 이 질문에 답하는 방식으로 활동이 이루어진 것으로 볼 수 있다. 다음 학생들의 대화에 이러한 상황이 뚜렷이 나타난다.

학생	진술	분류 기호
하위 1	(활동지를 가리키며) 이거 아레니우스 정의 한계도 검색하면 되지?	Q3
상위 1	아니... 그거 옆에 있잖아. QR코드가 더 빨라.	S3
하위 1	아... 오케이~	R1
상위 2	(하위 1에게 스마트 기기를 보여주면서) 여기 찍으니까 나오네.	S3
하위 1	그렇네~ 이거 내가 할게.	R1

정보 설명(S2)에서도 하위 학생들의 빈도가 상위 학생들에 비해 높았던 결과는 하위 학생들이 소집단 학습 과정에서 소외되지 않았을 뿐 아니라 과제 해결을 위한 정보를 제공하는 활동까지 활발히 수행했음을 의미한다. 협동학습(임희준, 노태희, 2001)이나 컴퓨터 활용 협동학습 상황(차정호 등, 2005; 김경순, 2005)에서의 선행 연구들은 일반적으로 하위 수준의 학생들이 상위 학생들에게 도움을 받아 성취도가 향상된다고 설명한다. 그러나 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서는 과제 해결에 필요한 지식이 상대적으로 부족할 것으로 예상되는 하위 수준의 학생들도 다양한 학습 자원의 도움을 받을 수 있으므로 학습 내용과 관련된 정보를 제공하는 등 학습에 적극적으로 참여한 것으로 볼 수 있다. 다음 학생들의 대화에는 하위 학생들이 학습 과정에서 적극적인 역할을 담당하는 것이 잘 나타난다.

학생	진술	분류 기호
하위 4	내가 했어. 중화 반응... H랑 OH랑 결합해서 물이 되는 반응..	S2
상위 4	(스마트 기기를 통해 공동 활동지를 보면서) 야.. 근데 여기 플러스랑 마이너스 적어야지.	R3
하위 4	아아... 그렇구나. H 플러스랑 OH 마이너스.. 고칠게.	R1
하위 3	야. 알짜 이온 반응식은 산과 염기의 일대일.. 반응하는 거라는데...	S2
상위 4	맞아. (R1)	R1
상위 3	알짜배기... H 플러스와 OH 마이너스랑..	S2
하위 3	(스마트 기기를 보면서 계속 말한다) 구경꾼은 반응 안한 찌꺼기래~	S2
상위 4	적고 있어.	M1

또한 학습 결과 공유 및 정리 단계에서 실시간으로 기록 상황이 공개되므로 하위 학생들도 공동의 활동지 작성에 의식적으로 참여하는 모습이 나타났다. 이러한 결과는 선행 연구에서(Lin *et al.*, 2015; Reilly & Shen, 2011) 공동 문서 작성 애플리케이션을 활용하면 정보 공유가 용이해져서 학생들의 상호작용이 촉진된다는 결과와 맥락을 같이 한다. 다음 학생들의 대화에는 하위 학생이 자신의 참여 활동을 점검하면서 공동의 활동지 작성에 적극적으로 참여하는 모습이 잘 나타난다.

학생	진술	분류 기호
하위 7	(스마트 기기를 통해 공동 활동지를 보면서) BTB 색... 이거 내가 한다. 지금 너만 너무 많이 했어.	M2
상위 8	알았어~ 니가 해.	M2
하위 7	(스마트 기기를 보면서) BTB는 삼성이 노란색이고, 염기성이 파란색이야.	S2
상위 8	그럼 중성이 초록색이지?	Q2
하위 7	중성... 초록색이야.	S1
상위 8	적고 있어?	M1
하위 7	야. 안보여? 나 완전 빨리 적고 있어.	M1

반면 상위 수준 학생들은 하위 수준 학생들에게 과제 해결 방향을 설명하거나 소집단 학습 과정과 결과를 지속적으로 평가하면서 학습 방법과 내용을 조율하는데 많은 노력을 기울였기 때문에 방향 설명(S3), 기준 반성(E2), 진행(M2)의 진술 빈도가 높게 나타난 것으로 생각할 수 있다. 선행 연구(차정호 등, 2005)에서는 상위 수준 학생 중 일부가 하위 수준 학생이 제시한 정보를 재확인하거나 거부하는 행동을 보였다. 그러나 이 연구에서는 스마트 기기의 활용으로 인해 정보의 접근과 공유가 쉬운 학습 환경이 구축되어 상위 학생과 하위 학생 사이에 유의미한 협력이 이루어지는 것으로 나타났다.

학생	진술	분류 기호
상위 5	야. 이거 우리 틀렸어.	E2
하위 5	뭐? 염소가 산화되는 거 아니야?	Q2
상위 5	(프로젝터에 제시된 공동 활동지를 보면서) 2조 한 거 봐봐. 염소가 환원 되는 거야~	S2
상위 6	아~우리 반대로 했네. 순간 헛갈렸다..	E2
상위 5	빨리 고쳐. 수소가 전자를 주는 거고, 염소가 전자를 받는 거야.	S2
하위 5	지금 고치고 있어.	M1
상위 6	산화수도 고쳐야 해. 수소가 플러스 1... 염소가 마이너스 1...	S2
상위 5	그거 내가 고칠게.	M1

3.3 상호작용 단위의 양상

대화의 초점이 유지되는 일련의 개별 진술인 상호작용 단위를 분석한 결과(표 III-6), 지식 구성 상호작용이 56.3%, 운영 관련 상호작용이 43.7%로 나타났다. 지식 구성 상호작용 중 대칭적 상호작용의 비율은 49.4%, 비대칭적 상호작용의 비율은 6.9%였다. 즉, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 일부 구성원들이 일방적으로 활동을 주도하는 방식보다는 모든 구성원이 협력적으로 과제를 해결해나가는 방식으로 상호작용이 이루어졌음을 알 수 있다.

<표 III-6> 상호작용 단위 빈도(%)

대분류	중분류	세분류	빈도(%)	
지식 구성	대칭적	단순	37 (5.2)	
		정교화	누적형	169 (23.7)
			교정형	28 (3.9)
			논쟁형	27 (3.8)
	비대칭적	정교화	평가형	92 (12.8)
			단순	34 (4.8)
		진행 관련	정교화	15 (2.1)
			기록 관련	
운영	진행 관련		198 (27.7)	
	기록 관련		114 (16.0)	
총 계			714 (100)	

대칭적 상호작용에서는 이전 진술에 근거한 새로운 기여가 반복적으로 이루어지는 정교화 상호작용이 44.3%로 많았고, 이전 진술에 대해 간단하게 진술이 이어지는 단순 상호 작용은 5.2%로 낮았다. 정교화 상호작용 중에서는 정보와 지식을 공유하기 위해 상세하고 정교한 설명을 주고받는 누적형이 23.7%로 교정형이나 논쟁형에 비해 높았다. 이러한 결과는 다른 구성원의 의견을 교정하거나 하나의 문제에 대해 논쟁하는 형태의 상호작용보다 스마트 기기를 활용해 찾아낸 정보와 지식을 대화를 통해 누적해가는 상호작용이 주로 이루어졌음을 의미한다.

학습 과정과 결과를 평가하고 수정하는 것과 관련된 평가형은 12.8%를 차지했는데, 이 상호작용은 선행 연구에서는 나타나지 않았던 유형이다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법에서는 소집단 학습 활동을 수행한 후 결과를 공유하고 평가하는 단계가 있는데, 이로 인해 학습 과정이나 결과에 대한 반성이나 평가에 관련된 대화를 주고받는 상호작용 유형이 나타난 것으로 볼 수 있다.

[대칭적 정교화 평가형 상호작용 사례]

-
- B3** 야~ 우리 왜 다 똑같지?
 - B4** 거의 다 비슷할 걸~
 - B3** 그래도 첫 번째랑 마지막 거는 달라야 하는 거 아니야?
 - B1** 야. 우리 망했어.
 - B1** (프로젝터에 제시된 다른 조의 활동지를 보면서) 딴 데는 막 컬러풀한데...
 - B3** 야~ 우리 염산 제대로 한 거 맞아?
 - B2** 안 섞인 거 아니야? 다?
 - B4** 아니야, 다 섞었어.
 - B2** 아니면 이게 더 많이, 염산이 더 많이 나온 건가...
 - B3** (프로젝터에 제시된 다른 조의 활동지를 보면서) 야. 저 쪽은 6번째부터 (pH 측정값이) 7 넘었어.
 - B2** 그리고 갑자기 확 변했잖아.
 - B3** 우리 이상한 거야. 저게 맞는 거야.
 - B2** 그럼 그냥 다시 하자.
 - B3** 내가 다시 할게. 짝는 건 금방이니까.
 - B2** 이번에는 염산 정확하게 해 봐.
-

운영 관련 상호작용은 43.7%였는데, 선행 연구에서(김경순, 2005; 주영, 2014) 보고된 30%에 비해 높았다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환

경에서 학생들은 과제 해결 방향을 정하고 과제 수행 방법과 절차를 조율하는 등 소집단 학습 활동을 조정하는데 많은 시간을 할애했음을 의미한다.

4. 결론

이 연구에서는 스마트 기기를 활용하여 정보를 쉽게 탐색하고 공유할 수 있는 환경에서 소집단의 학생들이 과학 학습 과정에서 어떠한 언어적 상호작용을 하는지 조사하였다. 또한 사전 성취 수준에 따라 학생들의 언어적 행동과 상호작용 양상에 대해서 조사하였다.

스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서 학생들의 언어적 상호작용을 분석한 결과, 개별 진술 단위에서는 소집단 학습을 원활하게 진행하고 조정하기 위한 운영 관련 진술이 비교적 많았다. 상호작용 단위에서도 소집단 학습 활동을 조정하고 공동의 활동지를 기록하는 등 운영 관련 상호작용 비율이 비교적 높게 나타나는 경향이 있었다. 즉, 스마트 기기의 활용은 소집단 활동을 조정하고 서로의 참여를 독려하는 등 학습 목표를 성취하기 위한 능동적인 소집단 활동 참여 행동을 증가시키는 것으로 볼 수 있다. 또한 일반적 협동학습(주영 등, 2014)이나 컴퓨터를 활용한 협동학습(김경순, 2005)의 연구에서는 낮은 것으로 보고되었던 기준 반성 진술이나 평가형 상호작용의 비율이 높았는데, 이는 스마트 기기를 활용함으로써 다른 소집단과 자신들의 학습 결과를 비교하면서 평가하는 환경이 조성되었기 때문으로 볼 수 있다. 따라서 스마트 기기를 활용하여 학습 과정이나 결과를 실시간으로 공유하고 평가할 수 있는 학습 환경을 조성한다면, 학생들이 과제 수행의 과정과 결과를 스스로 모니터링하고 수정하는 초인지적 상호작용이 활발해질 가능성이 있다. 따라서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 모니터링, 평가 등의 조정 활동을 지원할 수 있는 방법에(Renzi & Klobas, 2000) 관한 추가적인 연구가 이루어질 필요성이 있다.

지식 구성 과정에서는 대칭적 정교화 상호작용 중 누적형이 많이 나타났는데, 이는 상대방의 의견에 반응하여 자신의 사고를 확장시키거나 논리적으로 반박하는 상호작용보다 과제 해결에 초점을 두고 스마트 기기를 활용하여 탐색한 정보와 지식을 누적해가는 형태의 상호작용이 주로 이루어졌음을 의미한다. 따라서 스마트

기기를 활용한 소집단 학습에서 학생들의 생각을 확장시키고 심층적인 지식 구성을 유도하기 위해서는 비실시간 상호작용이 가능한 온라인 학습 과제도 혼합하여 구성하는 등의 추가적인 방안을 모색해볼 필요가 있다.

사전 성취 수준에 따라 언어적 행동 빈도를 비교한 결과, 정보와 학습 자원에 대한 접근이 제한되어 있던 기존의 학습 환경과(김경순, 2005; 임희준, 노태희, 2001; 주영 등, 2014; 차정호 등, 2005) 달리 스마트 기기를 활용한 학습 환경에서는 하위 학생들도 상위 학생들에게 과제 해결 방향을 질문하고 스마트 기기를 활용하여 탐색한 정보를 제공하는 등 과제 해결에 적극적으로 참여하는 모습을 많이 보였고, 이러한 경험은 학습에 도움이 된 것으로 생각된다. 즉, 스마트 기기의 활용이 사전 지식의 불평등으로 인한 학생들의 상호작용에서 불균형의 문제를 해결하고 소집단의 모든 구성원들이 과제 해결에 실제적으로 기여할 수 있는 기회를 제공하는 방안이 될 수 있음을 시사한다. 한편, 상위 학생들은 하위 학생들에게 과제 해결 방향을 설명하고 전체 소집단 활동을 이끌어 가면서 과제 완성도를 높이는 데 많은 노력을 들이는 것으로 나타났다. 그러나 전통적인 학습에 비해 다양한 학습 자원이 제공되는 학습 환경에서 학습자에게 너무 많은 자율권이 주어질 경우 과제 수행에 대한 계획과 모니터링 과정에서 인지적 부담을 유발할 가능성이 있으므로(Rummel & Spada, 2005) 상위 학생들의 인지적 부담을 줄이기 위해 과제를 구조화하고 수행 절차를 명확하게 할 필요가 있다.

이 연구에서는 학생들의 사전 성취 수준에 따라 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서의 언어적 상호작용을 분석하였다. 그러나 스마트 기기를 활용한 학습에 영향을 미칠 수 있는 요인은 자기 주도 학습 능력, 인식론적 신념, 자기 효능감 등 다양하므로(김소영, 2012; 임규연, 2012; 임정훈, 김상홍, 2013) 사전 성취 수준 이외의 학습자 특성에 따른 언어적 상호작용의 차이를 조사하는 연구가 필요하다. 또한 과제의 유형이나 형태에 따라 스마트 기기를 활용한 학습 과정에서 나타나는 언어적 상호작용의 양상이 달라질 수 있으므로 토론 등을 통해 집단 지성을 만들어내는 비구조적 유형의 과제를 수행할 때 나타나는 언어적 상호작용 양상을 조사하는 연구도 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

제 6 장. 결론과 제언

1. 연구의 요약

2015년 개정 과학과 교육과정에서는 정보통신기술의 발달로 인한 교수·학습 방법의 혁신을 강조하고 있고, 스마트 기기와 인터넷 등을 적절히 활용할 것을 권고하고 있다. 그러나 실제 과학 수업에 효과적으로 적용할 수 있는 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법은 구체적으로 제시되지 못하고 있다.

이 연구에서는 중등 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습 방법을 개발 및 적용하여, 교수 효과를 다양한 측면에서 조사하였다. 또한 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 나타난 학생들 사이의 언어적 상호작용 양상을 분석하고, 사전 성취 수준에 따른 차이를 조사하였다.

연구 1에서는 중학교 1학년 과학의 '분자의 운동'에 대한 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개념 학습 방법을 개발 및 적용하여 그 효과를 조사하였다. 연구 결과, 개념 이해도와 개념 과제에서 수업 처치의 주효과가 나타났고 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 학생들의 학업 성취도는 처치 집단의 점수가 통제 집단의 점수보다 높았으나 그 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다. 이로 볼 때 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개념 학습을 과학 수업에 적용할 경우 학생들의 과학 개념 이해 수준을 진단하고, 그에 맞는 학습 자료를 제공함으로써 학생들의 개념 이해를 향상시키고 지속시키는데 도움이 될 것이다. 그러나 스마트 기기의 활용이 학업 성취도 측면에 미치는 효과에 대해서는 본 연구를 포함한 선행 연구들의 결과가 일관되지 않으므로 지속적인 추가 연구가 이루어져야 할 것이다.

정의적 측면에서의 분석 결과, 과학 학습 동기와 과학 수업에 대한 즐거움에서 수업 처치의 주효과가 나타났고, 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 이는 사전 성취 수준에 관계없이 스마트 기기를 활용한 학습 환경에서 학생들 스스로 학습에 참여하기 위해 동기 부여를 했다고 볼 수 있다 (임정훈과 김상홍, 2013). 또한 학생들의 개념 이해 수준에 적응적인 개별화된 학습

과정이 학생들의 주의를 효과적으로 집중시키고, 그 결과 학생들의 만족감과 자신감도 향상된 것으로 볼 수 있다. 스마트 기기를 통해 자신의 개념 이해 수준에 적응적인 학습 자료가 다양한 멀티미디어 형태로 실시간 제공되는 것도 학생들의 흥미를 유발한 것으로 볼 수 있다.

연구 II에서는 고등학교 2학년 화학 1의 '산과 염기'와 '중화 반응' 단원에 대해 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 개발 및 적용하여 그 효과를 조사하였다. 연구 결과, 학업 성취도에서 수업 처치의 주효과는 나타나지 않았으나 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과가 나타났다. 즉, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적 강의식 수업보다 상위 학생들의 학업 성취도는 유의미하게 향상시키지 못했으나, 하위 학생들의 학업 성취도는 유의미하게 향상시켰음을 알 수 있다. 따라서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 사전 학업 성취 수준에 따라 학업 성취도에 미치는 효과에 대한 지속적인 추가 연구가 이루어져야 할 것이다.

정의적 측면에서의 분석 결과, 과학 학습 동기와 과학 수업에 대한 태도에서 수업 처치의 주효과는 나타나고, 수업 처치와 사전 성취 수준 사이의 상호작용 효과는 나타나지 않았다. 또한 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에 대한 학생들의 인식도 긍정적으로 나타났다. 이는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 전통적 강의식 수업에 비해 과학 수업에 대한 즐거움과 재미를 느끼게 하는데 도움을 준다는 것을 의미한다. 모든 구성원이 동시에 협력하여 활동지를 작성할 수 있는 공동 문서 작성 애플리케이션의 활용이 학생 간의 상호작용을 활발하게 하고 수업에 대한 참여도를 증진시켰을 가능성이 있다. 또한 다양하게 제시된 학습 자원과 방법을 선택하는 과정과 정보를 스스로 탐색하는 과정에서 학습의 선택권과 통제권이 학생에게 주어진 점이 학습에 대한 동기와 태도에 긍정적인 영향을 미쳤을 수 있다.

연구 III에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습 과정에 대한 심층적 연구를 위하여 연구 II의 연구 대상 소집단 중 4개의 소집단을 대상으로 학생들 사이의 언어적 상호작용을 개별 진술과 상호작용 단위 수준에서 분석하였다. 또한 사전 성취 수준에 따라 학생들의 언어적 상호작용 양상을 비교하였다. 개별 진술 단위 분석 결과, 소집단 학습을 원활하게 진행하고 조정하기 위한 운영 관련 진술이 기존의 선행 연구들에 비해 비교적 높게 나타났다. 과제 관련 진술의 하위 영역

에서는 정보 설명의 비율이 가장 높고, 그 다음 정보 질문의 비율이 높게 나타났다. 학생들은 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 과정에서 학습 내용과 관련된 정보나 의견을 요구하는 질문을 많이 하고, 이러한 질문에 대해 정보를 제시하거나 그에 관련된 설명을 해주는 방식의 언어적 상호작용을 많이 했음을 알 수 있다. 그 다음으로 높게 나타난 진술의 유형은 학습 과정과 결과를 외부적 기준에 의해 평가하는 기준 반성인데 이러한 진술 유형은 기존의 협동학습이나 컴퓨터를 활용한 협동학습 상황 연구에서는 비교적 낮게 나타났었다. 이러한 결과는 실시간으로 소집단별 학습 결과를 공유하고 학습 과정 및 결과를 성찰하는 과정을 거치는 이 연구의 학습 방법에 기인한 것으로 볼 수 있다.

사전 성취 수준에 따른 학생들의 개별 진술 빈도를 분석한 결과, 과제 관련 진술에서는 방향 설명과 기준 반성 영역에서 상위 수준 학생들의 빈도가 높았고, 방향 질문과 정보 설명 영역에서는 하위 수준 학생들의 빈도가 높았다. 운영 관련 진술에서는 학습을 전반적으로 조정해가는 진행 영역에서 상위 수준 학생들의 빈도가 높았다. 이는 스마트 기기를 활용한 학습 방향을 정하고 진행하는데 있어 하위 수준의 학생들이 상위 수준 학생들의 도움을 받은 것으로 볼 수 있다. 반면, 하위 수준의 학생들도 정보와 학습 자원에 대한 접근이 제한되어 있던 기존의 학습 환경과는 달리 스마트 기기를 활용하여 탐색한 정보를 제공하여 과제 해결에 적극적으로 참여하는 모습을 보였고, 이러한 경험은 학습에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다. 상위 수준의 학생들은 다른 학생들이 제공하는 정보를 평가하고 전체 소집단 활동을 이끌어가면서 과제의 완성도를 높이는데 많은 노력을 들인 것으로 나타났다.

이러한 양상은 상호작용 단위 수준의 분석 결과에서도 유사하게 나타났다. 소집단 학습 활동을 조율하는 운영 관련 상호작용이 기존의 협동학습이나 컴퓨터를 활용한 협동 학습 상황의 연구에서 보고된 비율보다 높게 나타났다. 이는 운영 관련 개별 진술이 비교적 높게 나타났던 결과와 같은 맥락이며, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서 학생들은 과제 해결 방향을 정하고 수행 방법과 절차를 조율하는 등의 소집단 활동 참여 행동을 많이 보였음을 알 수 있다. 지식 구성 상호작용에서는 대칭적 정교화 상호작용 중 누적형이 많이 나타났는데, 이는 과제 해결에 초점을 두고 스마트 기기를 활용하여 탐색한 정보와 지식을 누적해가는 형태

로 학습이 이루어졌음을 의미한다. 그 다음으로는 학습 과정과 결과를 평가하고 수정하는 것과 관련된 평가형이 높게 나타났는데, 이는 개별 진술에서 기준 반성 영역이 비교적 높게 나타난 것과 같은 맥락의 결과라고 볼 수 있다.

2. 결론과 제언

중등 화학 수업에서의 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습에 대한 본 연구의 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습은 입자 개념과 같이 추상적인 과학 개념의 이해에 긍정적인 효과를 미친다. 기존의 전통적 학습 환경이나 컴퓨터를 활용한 학습 환경에서는 미시적인 입자 개념의 학습을 위해 다양한 애니메이션과 동영상 등 멀티미디어 학습 자료를 활용하였지만, 학습자 개인의 특성과 학습 자료의 특성에 따라 개념 이해도 향상에 한계가 있었다. 그러나 이 연구에서 처럼 스마트 기기를 활용하여 실시간으로 학생의 개념 유형을 파악하고, 그 결과에 따라 학생의 개념에 적응적인 개별화 학습 자료를 제공받는 학습 환경을 구성한다면 학생의 개념 이해도 향상에 도움을 주는 개념 적응적 개별화 학습을 쉽게 구현할 수 있을 것이다. 따라서 이 연구의 결과는 실제 과학 수업에서 교사들이 학생의 개념에 적응적인 개별화 학습을 실행하기 위한 구체적인 교수·학습 자료로 활용할 수 있을 것이다.

둘째, 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 자기주도적인 학습을 지원하고 협력적 상호작용을 유발하는 구체적인 방안이 될 수 있다. 기존의 전통적 학습 환경과 컴퓨터 학습 환경에서는 사전 성취 수준이 하위인 학생들은 상위 수준의 학생들에게 학습 내용에 대한 설명을 수동적으로 듣게 되어 학습 결과가 긍정적으로 나오는 경우가 많았다. 그러나 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서는 하위 수준의 학생들도 모바일 네트워크에 자유롭게 접속하여 탐색한 정보를 제공함으로써 과제 해결에 적극적으로 참여할 수 있고, 동료 학습자에게 학습 정보를 공유하고 설명하는 경험을 통해 학습에 도움을 받는 것으로 나타났다. 따라서 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 이질적인 소집단 학습을 적용한다면 모든 학생들에게 스스로 정보를 탐색하고, 다른 학습자에게 설명해보는 경험을 제

공하게 되어 보다 효과적인 상호작용 활동을 유도할 수 있을 것이다.

셋째, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 방법을 적용할 때는 학습 계획과 모니터링 과정의 인지적 부담을 줄여주기 위해 과제를 구조화하고, 수행 절차를 명확하게 할 필요가 있다. 이 연구에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 상위 수준의 학생들의 학습 결과에는 유의미한 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 그 이유는 상위 수준의 학생들이 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 진행하는 과정에서 과제 해결 방향과 방법 등을 정하고 전체적인 학습 진행을 이끌어나가는 데 많은 노력을 들이기 때문으로 볼 수 있다. 또한 상위 수준의 학생들은 소집단 간 학습 결과의 공유가 용이한 학습 환경에서 다른 조의 학습 결과와 자신들의 학습 결과를 비교하면서 과제 완성도를 높이려는 행동 양상을 보였다. 이러한 과제 수행 과정에서의 계획과 모니터링의 활동이 상위 학생들에게 인지적 부담을 유발했을 가능성이 있다. 따라서 상위 수준의 학생들에게도 긍정적인 학습 효과를 주기 위해서는 소집단 학습 계획 단계와 정리 단계에서 계획과 조정 활동을 지원할 수 있는 별도의 도구를 제공하는 등의 방법 수정이 필요하다.

넷째, 스마트 기기를 활용한 개념 적용적 개별화 학습과 소집단 학습은 학생들의 과학 학습에 대한 동기와 태도에 긍정적인 효과를 주는 것으로 나타났다. 학업 성취도 국제 비교 연구에서 우리나라 학생들은 과학 교과 성취도는 매우 높게 나타났다지만, 과학에 대한 흥미와 즐거움, 동기 등의 정의적 태도는 학교급이 높아질수록 낮아지는 것으로 보고되었다. 스마트 기기를 학습에 활용할 경우 스마트 기기 중독이나 집중도 저하 등의 문제를 야기할 수 있다는 부정적인 의견들이 있다. 그러나 이 연구에서처럼 효과적이라고 보고된 교수·학습 방법에 따라 스마트 기기를 구체적으로 학습에 적용한다면 스마트 기기의 부정적인 요소는 최대한 배제하면서 학생들의 학습에 도움을 줄 수 있을 것이다.

3. 추후 연구 과제

이상과 같은 연구 결과를 바탕으로 추가적으로 진행되어야 할 연구 과제를 아래와 같이 생각해 볼 수 있다.

첫째, 본 연구에서는 중학교 1학년 학생과 고등학교 2학년을 대상으로 하여 화

학 영역의 내용으로 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법의 효과를 연구하였다. 그러나 스마트 기기를 활용한 학습의 효과는 연구 대상, 과목, 단원 등에 따라 달라질 수 있기 때문에 다양한 연구 대상과 과목, 단원 등을 달리하여 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개발하고, 그 효과를 조사해보는 연구가 지속적으로 진행되어야 한다.

둘째, 본 연구에서는 학습자의 특징 중 사전 성취 수준 요소에 따른 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법의 효과 차이를 조사하고, 언어적 상호작용의 양상을 비교하였다. 그러나 스마트 기기를 활용한 학습에 영향을 미칠 수 있는 요인은 자기 주도 학습 능력, 인식론적 신념, 자기 효능감 등 다양하므로 사전 성취 수준 이외의 학습자 특성에 따른 학습의 효과와 언어적 상호작용의 차이를 조사하는 연구가 진행되어야 한다.

셋째, 학습 과제의 유형이나 형태에 따라 스마트 기기를 활용한 학습의 효과가 달라질 수 있다. 본 연구에서 사용된 과제는 활동지를 작성하는 활동이 주를 이루고 있는 구조화된 형태였다. 토론이나 프로젝트 수행, 문제 해결 과정이 주로 요구되는 비구조화된 과제를 수행할 때는 그 효과와 언어적 상호작용의 양상이 달라질 수 있다. 따라서 구조화된 과제, 비구조화된 과제 등 다양한 과제의 유형과 형태에 적용 가능한 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개발하고 그 효과를 알아보는 연구가 진행되어야 할 것이다.

넷째, 학습자는 학습 양식, 흥미 분야, 학습 요구, 학습 속도 등 다양한 특성들을 가지고 있다. 본 연구에서는 학습자의 특성 중 특정 과학 개념에 대한 이해 수준에 따른 개별화 학습 방법을 개발하여 적용하였다. 따라서 이외의 다양한 학습자의 특성을 고려하여 개별화 학습 환경을 조성할 수 있는 스마트 기기 활용 방법을 개발하여 그 효과를 조사하는 연구가 진행되어야 한다.

다섯째, 본 연구에서는 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습에 적용 가능한 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개발하였다. 아직까지 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법에 대한 연구가 매우 부족한 실정이고, 교사들이 스마트 기기 활용 수업과 관련하여 가장 필요로 하는 연수의 분야가 수업에 직접 적용 가능한 교수·학습 방법이라고 보고된다(양찬호 등, 2015). 따라서 이 연구에서 시도한 개별화 학습과 소집단 학습 이외에 토론 학습, 탐구 학습 등의 다양한 학습 유형에 적용

가능한 스마트 기기를 활용한 교수·학습 방법을 개발하는 연구가 진행될 필요가 있다.

마지막으로 이 연구에서는 스마트 기기를 활용한 학습을 시행하기 전후에 설문 조사를 통한 사전과 사후 검사를 시행하고, 학생들의 인식 조사와 학습 과정에서 학생들의 언어적 상호작용을 조사하는 연구 방법을 사용하였다. 그러나 스마트 기기를 활용한 학습 과정에 대해 좀 더 심층적인 정보를 얻기 위해서는 수업 관찰, 연구에 참여한 학생과 교사들의 면담 조사 등 현상을 이해하기 위한 정성적인 연구가 추가로 진행될 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 강석진 (2000). 토론 과정에서 사회적 합의 형성을 강조한 개념 학습 전략: 교수 효과 및 소집단 토론에서의 언어적 상호작용. 서울대학교 박사학위논문.
- 강인애, 임병노, 박정영 (2012). '스마트 러닝'의 개념화와 교수학습전략 탐색: 대학에서의 활용을 중심으로. 교육방법연구, 24(2), 283-303.
- 강정민, 심규철, 동효관, 김운화, 손정우, 곽대오, 오경환, 김용진 (2014). 고등학교 생명과학 수업의 진단평가 및 형성평가에서 교실응답시스템의 활용 효과. 한국과학교육학회지, 34(3), 273-283.
- 고유정, 신원석 (2011). 온라인 게시판과 스마트폰을 활용한 토론의 비교 분석. 한국교육학연구, 17(3), 129-150.
- 고한중, 이은진, 강석진 (2013). 학생들의 집단주의 성향에 따른 협동학습 전략의 효과. 대한화학회지, 57(3), 389-397.
- 곽덕훈 (2010). 스마트 교육의 의미와 전망. 스마트 교육 코리아 발표 자료집. 한국이러닝 산업 협회.
- 곽영순 (2001). 과학교사들이 진단한 과학과 협동학습의 실태. 한국지구과학회지, 22(5), 360-376.
- 곽영순, 김찬중, 이양락, 정득실 (2006). 초·중등 학생들의 과학 흥미도 조사. 한국지구과학회지, 27(3), 260-268.
- 곽형석, 신영준 (2014). 모바일을 활용한 형성평가가 과학수업의 흥미성과 자기주도성에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 34(3), 285-294.
- 교육과학기술부 (2011). 인재대국으로 가는 길: 스마트 교육 추진 전략. 교육과학기술부.
- 교육부 (2015a). 과학과 교육과정(별책 9). 교육과학기술부 고시 제 2015-74호.
- 교육부 (2015b). 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 교육과정(별책 3). 교육부 고시 제2015-80호.
- 권성호, 이준, 한승연, 구양미, 한인숙, 방선희, 박선아 (2014). 스마트교육의 특성에 대한 교사의 인식: 중요도와 실행도 차이 분석을 중심으로, 교육방법연구, 26(1), 65-89.

- 김경순 (2005). 화학 개념 학습에서 협동적 CAI와 상호동료교수적 CAI의 효과: 개념 이해와 언어적 상호작용. 서울대학교 박사학위논문.
- 김경순, 강이영, 권혁순, 왕혜남, 노태희 (2006). 개념 학습에서 학생들의 개념 이해 수준에 적응적인 CAI의 효과. 한국컴퓨터교육학회논문지, 9(2), 79-88.
- 김경순, 정경진, 차정호, 강이영, 노태희 (2007). 상황맥락적인 피드백을 활용한 CAI가 화학 학습에 미치는 효과. 대한화학회지, 51(2), 193-200.
- 김명량, 박혜영 (2008). 웹기반 협동학습에서 상호의존성과 집단유형에 대한 사회언결망 분석. 교육방법연구, 20(1), 155-173.
- 김미용, 배영권 (2012). 스마트교육 현장 적용을 위한 스마트교육 모형 개발, 한국인터넷정보학회지, 13(5), 77-92.
- 김민경, 이정순, 유구중 (2016). 스마트 기기 활용 이야기나누기활동에서의 사회적 행동 및 언어적 상호작용 분석: 전자칠판을 활용한 유아안전교육을 중심으로. 열린유아교육연구, 21(2), 263-289.
- 김병년 (2013). 청소년의 스마트폰 중독이 사회성 발달에 미치는 영향. 한국콘텐츠학회논문지, 13(4), 208-217.
- 김상연 (2013). 스마트 교육 경험 집단과 비 경험 집단 간 활용 의도 경로계수 차이 분석. 한국정보교육학회논문지, 16(4), 383-395.
- 김소영 (2012). 소셜네트워크 학습환경에서 학습자의 심리적 특성이 학습성공에 미치는 영향. 교육공학연구, 28(4), 707-728.
- 김운화, 서정희, 김용진 (2011). 중학교 과학 수업에서 ICT 활용 실태에 대한 연구. 교육연구, 51, 181-204.
- 김은길 (2014). 스마트 환경에서 맞춤형 학습 시스템 개발 및 효과 분석. 제주대학교 박사학위논문.
- 김정량, 노재춘 (2014). 스마트 기반 협동학습을 통한 의사소통능력 신장에 관한 연구. 한국정보교육학회논문지, 18(4), 625-632.
- 김찬기 (2014). 암석단원 학습을 위한 스마트폰 애플리케이션 개발 및 효과. 부산대학교 박사학위논문.
- 김현주, 임정훈 (2014). 스마트러닝 기반 협력적 문제해결 수업모형 개발: 설계기반 연구. 교육공학연구, 30(4), 651-677.

- 김혜정, 김현철 (2012). 스마트 학습활동 개발 프레임워크와 수업모형 개발 사례. 한국컴퓨터교육학회논문지, 15(4), 1-15.
- 노규성, 주성환, 정진택 (2011). 스마트러닝의 개념 및 구현 조건에 관한 탐색적 연구. 디지털정책연구, 9(2), 79-88.
- 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, 임희준, 차정호, 노석구, 권은주 (1997). 협동학습 전략의 교수 효과 : 중학교 물상 수업에 LT 모델의 적용. 한국과학교육학회지, 17(2), 139-147.
- 노태희, 차정호, 김창민 (1999a). 고등학교 화학 수업에서 입자수준의 애니메이션과 활동지를 이용한 컴퓨터 보조수업의 효과. 한국과학교육학회지, 19(1), 128-136.
- 노태희, 차정호, 김창민, 최용남 (1998). 중학교 과학수업에서 입자수준의 애니메이션을 이용한 컴퓨터 보조수업의 효과. 한국과학교육학회지, 18(2), 161-171.
- 노태희, 차정호, 전경문, 정태호, 한재영, 최용남 (1999b). 개념 학습에 적용한 협동 학습 전략에서 소집단 구성 방법의 효과. 한국과학교육학회지, 19(3), 400-408.
- 류지현 (2008). 유비쿼터스 학습환경에서의 적응적 수업체제 적용을 위한 논의. 교육방법연구, 20(1), 75-91.
- 민성기, 양승빈 (2011). 모바일환경에서의 스마트러닝 시스템 개발 전략. 한국컴퓨터종합학술대회논문집, 38(1), 16-19.
- 박성열, 김재훈, 임걸 (2012). 교사의 개인배경 및 이해수준이 스마트교육 태도에 미치는 영향. 한국컴퓨터교육학회논문지, 15(5), 43-53.
- 박수경 (2013). 스마트러닝 기반 과학수업에 대한 중학생들의 인식과 학습만족도 분석. 한국지구과학학회지, 34(7), 727-737.
- 방선희 (2012). 스마트 러닝 활성화를 위한 자기주도 학습 전략 연구. 평생학습사회, 8(1), 93-112.
- 배재권, 정화민 (2008). 스마트폰의 기능적 속성이 채택 결정 요인에 미치는 영향. e-비즈니스 연구, 9(4), 337-361.

- 배진호, 김진수, 김은아, 소금현. (2015). 스마트 기기를 활용한 역진행 자유탐구 수업이 초등학생의 디지털 리터러시, 21세기 핵심 역량, 과학적 태도에 미치는 영향. 초등과학교육, 34(4), 476-485.
- 백영균 (1999). 웹 기반 학습의 설계. 서울: 양서원.
- 설문규, 손창익 (2012). 초등학교에서 스마트 교육에 대한 교사들의 활용 인식 조사. 한국정보교육학회논문지, 16(3), 309-318.
- 안상진, 이영준 (2013). 정규 교육에서 SNS 활용 방안. 한국컴퓨터정보학회 동계학술대회 논문집, 21(1), 161-164.
- 안우환 (2004). 논문 작성을 위한 교육통계. 파주: 한국학술정보.
- 양연숙, 유평준 (2003). 적응적 웹 학습 자료가 초등학생의 자기 주도적 학습 능력 및 학습 만족도에 미치는 영향. 초등교육연구, 16(2), 443-468.
- 양찬호, 조민진, 노태희 (2015). 스마트 기기를 활용한 과학 교사의 교수 실행과 과학교육에서 스마트교육 적용 방안에 대한 의견 조사. 한국과학교육학회지, 35(5), 829-840.
- 오경의, 김영수 (2003). 고등학교 과학과목의 수준별 교육 과정 운영에서 소집단 구성에 따른 협동학습의 효과. 한국생물교육학회지, 31(3), 265-271.
- 유구종, 조희정, 김은아, 윤향실 (2014). 유아 스마트매체 활용에 따른 상호작용 및 사회-정서행동 양상 분석: 자유선택활동에서 생태학적 관점을 중심으로. 열린 유아교육연구, 19(3), 159-186.
- 윤정현, 안인영, 노태희 (2015). 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 35(2), 325-331.
- 윤정현, 강석진, 노태희 (2016). 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과. 한국과학교육학회지, 36(4), 519-526.
- 윤정현, 강석진, 안인영, 노태희 (2017). 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습에서 학생의 언어적 상호작용 분석. 대한화학학회지, 61(3), 104-111.
- 이경순 (2004). 협력적 지식창출 가정의 규명: 활동이론을 통한 e 러닝설계안 작성 활동의 분석. 이화여자대학교 박사학위논문.
- 이상수 (2004). 면대면 학습 환경과 온라인 실시간/비실시간 학습 환경에서의 상호작용 패턴 분석. 교육공학연구, 28(4), 707-728.

- 이상수 (2012). 네트워크 사회 도래에 따른 새로운 교육의 방향. 교사교육연구, 51(2), 282-296.
- 이성희 (2013). 스마트러닝 기반의 생태 STEAM 교육 프로그램 개발. 초등과학교육, 32(3), 250-259.
- 이인숙, 임정훈, 성은모, 진성희 (2006). e-Learning 환경에서의 협력학습을 위한 학습모형 및 학습행위요소 개발. 한국컴퓨터교육학회논문지, 9(2), 27-36.
- 이준, 구양미, 신규진, 김두일, 계보경, 정순원 (2012). 창의적 문제해결형 스마트교육 운영 프로그램 개발 연구. 한국교육학술정보원 연구보고, RM 2012-30.
- 이지선, 최재혁 (2012). 학습자 요구 분석에 따른 스마트폰 어휘 학습용 애플리케이션의 구현. 한국컴퓨터교육학회논문지, 15(1), 43-53.
- 이현영, 장상실, 성숙경, 이상권, 강성주, 최병순 (2002). 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생-학생 상호작용 양상 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 660-670.
- 임결 (2011). 스마트 러닝 교수학습 설계 모형 탐구. 한국컴퓨터교육학회논문지, 14(2), 33-45.
- 임규연 (2012). 위키 기반 협력학습에서 자기효능감과 위키에 대한 불안이 참여도 및 성취도에 미치는 영향. 한국컴퓨터교육학회논문지, 15(6), 65-74.
- 임병노, 임정훈, 성은모 (2013). 스마트 교육 핵심 속성 및 스마트 교육 콘텐츠 유형 탐색. 교육공학연구, 29(3), 459-489.
- 임정훈, 김상홍 (2013). 스마트러닝 기반 개별학습 및 협력학습이 학업성취도, 자기 주도학습 및 사회적 효능감에 미치는 영향. 교육정보미디어연구, 19(1), 1-24.
- 임정훈, 안순선 (2014). 초등학교 스마트패드 활용수업의 교육적 유용성과 문제점에 관한 질적 연구. 한국정보교육학회논문지, 18(1), 75-87.
- 임정훈, 임병노, 최성희 (2003). 교실수업 사이버학습 연계의 커뮤니티 기반 교수학습 모형 개발 연구. 한국교육학술정보원 연구보고서.
- 임희준, 노태희 (2001). 이질적으로 구성된 소집단 협동학습에서의 언어적 상호작용. 한국과학교육학회지, 21(4), 668-676.
- 임희준, 차정호, 노태희 (2001). 협동학습에서 언어적 행동과 학습 변인들 사이의 관계 및 협동학습에 대한 중학생들의 인식. 한국과학교육학회지, 21(3),

487-496.

- 임희준, 최경숙, 노태희 (1999). 학습자의 성취 수준에 따른 협동학습과 개별학습의 효과. 한국과학교육학회지, 19(1), 137-145.
- 장상현 (2013). 교육3.0과 ICT 융합, 스마트교육. 한국콘텐츠학회지, 11(1), 35-39.
- 장재경 (2011). 상황인지 기반 스마트 러닝 모형 연구. 성신여자대학교 박사학위논문.
- 장준혁, 박판우 (2014). 스마트 기기를 이용한 협동학습이 학업 성취도와 학습태도에 미치는 영향. 한국정보교육학회논문지, 18(4), 521-528.
- 전수진, 한선관 (2012). 최신 정보기술에 대한 초등교사의 인식과 태도에 관한 연구: S-Learning, SNS, Web3.0 기술 중심으로. 한국정보교육학회논문지, 16(1), 1-10.
- 정숙진, 신영준 (2013). 다수준 포함 교수법을 적용한 초등과학 프로그램에서의 언어적 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 33(7), 1450-1470.
- 정한호 (2016). 학교현장에서 활용되는 테크놀로지에 대한 예비교사의 지속적인 사용의도에 영향을 주는 요인 탐색 -학교현장실습을 중심으로. 교육공학연구, 32(3), 643-675.
- 정희모 (2006). 글쓰기 교육과 협력학습. 서울: 삼인.
- 조재춘, 임희석 (2012). 교수-학습 활동과 학습자의 특성을 고려한 스마트교육 개념 모델. 한국컴퓨터교육학회지, 15(4), 41-49.
- 조희형, 최경희 (2002). 구성주의와 과학교육. 한국과학교육학회지, 22(4), 820-836.
- 주영 (2015). 과학 협동학습에서 집단주의 성향에 따른 소집단 구성의 교수 효과와 언어적 상호작용. 서울대학교 박사학위논문.
- 주종우, 이용환 (2012). 소셜 네트워크 서비스를 이용한 사진교육의 가능성에 대한 연구 -수업시간 이외에 SNS를 통한 교수자와 학생의 소통을 위한 연구-. 한국사진학회지, 26, 47-60.
- 차정호, 박혜영, 김경순, 노태희 (2005). 협동적 CAI에서 소집단 구성 방법에 따른 언어적 상호작용. 대한화학회지, 49(6), 575-583.
- 차정호, 이해인, 김유정, 노태희 (2007). 중학교 과학 수업에서 성별에 따른 협동적 문제해결학습의 효과. 열린교육연구, 15(1), 113-127.

- 차현진 (2012). 차별화 교수지원 스마트툴의 설계 및 개발 연구: 사용자 중심 설계. 한양대학교 박사학위논문.
- 최현석, 이현경, 하정철 (2012). 스마트폰 중독이 정신건강, 학교생활, 대인관계에 미치는 영향- K대 대학생을 중심으로. 한국데이터정보과학회지, 23(5), 1005-1015.
- 한국교육학술정보원 (2012). 스마트교육 수업 시나리오: 스마트교육 및 수업 시나리오 개요. 한국교육학술정보원 교육자료 TM2012-35.
- 한재영 (2003). 소집단 과학 학습에서 유화성에 따른 집단 구성의 교수 효과 및 언어적 상호작용. 서울대학교 박사학위 논문.
- 한정선, 김동식 (2009). CSCL 환경에서 협력학습 지원 도구의 유형이 협력적 지식 구축에 미치는 영향. 교육정보미디어연구, 15(4), 203-229.
- 황태경, 손원경 (2014). 유아의 스마트 기기 사용실태와 중독경향성, 자기조절력, 친사회적 행동 간의 관계. 생애학회지, 4(1), 69-83.
- Acar, B., & Tarhan, L. (2008). Effects of cooperative learning on students' understanding of metallic bonding. *Research in Science Education*, 38, 401-420.
- Aiello, N. C., & Wolfe, L. M. (1980). *A meta-analysis of individualized instruction in science*. Boston: American Educational Research Association.
- Alavi, M. (1994). Computer-mediated collaborative learning: An empirical evaluation. *MIS Quarterly*, 18(2), 159-174.
- Ally, M. (2009). *Mobile learning: Transforming the delivery of education and training*. Athabasca University: AU Press.
- Anderson, L. W. (1995). Individualized instruction. In L. W. Anderson (Ed.), *International Encyclopedia of Teaching and Teacher Education*. Cambridge, UK: Pergamon.
- Ardac, D., & Akaygun, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 317-337.
- Bingham, T., & Coner, M. (2010). *The new social learning: A guide to transforming*

- organizations through social media*. California: Berrett-Koehler Publisher.
- Brusilovsky, P. (1998) Adaptive educational systems on the world wide web: A review of available technologies. Retrieved from <http://www-aml.es.umassedu/stern/webits/itsworkshop/Brusilovsky.html>
- Byrda, K. S., & Caldwell, B. S. (2011). Increased memory load during task completion when procedures are presented on mobile screens. *Behaviour & Information Technology*, 30(5), 643-658.
- Caudill, J. G. (2007). The growth of m-learning and the growth of mobile computing: Parallel developments. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8(2), 1-8.
- Charitonos, K., Blake, C., Scanlon, E., & Jones, A. (2012). Museum learning via social and mobile technologies: (How) can online interactions enhance the visitor experience? *British Journal of Educational Technology*, 43(5), 802-819.
- Chang, B. Y. (2012). Smartphone-based chemistry instrumentation: Digitization of colorimetric measurements. *Bulletin of the Korean Chemical Society*, 33(2), 549-552.
- Chang, C.-S., Chen, T.-S., & Hsu, W.-H. (2011). The study on integrating WebQuest with mobile learning for environmental education. *Computers & Education*, 57(1), 1228-1239.
- Chu, H.-C., Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Tseng, J. C. R. (2010). A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science courses. *Computers & Education*, 55(4), 1618-1627.
- Clark, D. B., & Slotta, J. D. (2000). Evaluating media-enhancement and source authority on the internet: The knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 859-871.
- Cook, V. (2012). Learning everywhere, all the time. *The Delta Kappa Gamma Bulletin*, 78(3), 48-51.
- Corno, L., & Snow, R. E. (1986). Adapting teaching to individual differences among learners. In M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching*, M

acmillan.

- Ding, N., & Harskamp, E. (2006). How partner gender influences female students' problem solving in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, 15(5), 331-343.
- Dodds, P., & Fletcher, J. D. (2004). Opportunities for new "smart" learning environments enabled by next generation Web capabilities. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 13(4), 391-404.
- Dodge, B. (2001). Five rules for writing a great WebQuest. *Learning & Learning with Technology*, 28(8), 6-9.
- FitzPatrick, K. A., Finn, K. E., & Campisi, J. (2011). Effect of personal response systems on student perception and academic performance in courses in a health sciences curriculum. *Advances in Physiology Education*, 35(3), 280-289.
- Fraser, B. J. (1981). *Test of science-related attitudes: Handbook*. Hawthorn, Australia: The Australian Council for Educational Research.
- Garrison, D. R., Anderson, T. Archer, W. (2001). Critical thinking and computer conferencing: A model and tool to assess cognitive presence. Retrieved from <http://hdl.handle.net/2149/740>
- Gay, G., Rieger, R., & Bennington, T. (2002). Using mobile computing to enhance field study. In T. Koschmann, R. Hall & N. Miyake (Eds.), *CSCL2: Carrying forward the conversation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Georgiev, T., Geirgjeva, E., & Smrikarov, A. (2004). M-learning—a new stage of e-learning. Retrieved from <http://ecet.ecs.ru.acad.bg/cst04/Docs/sIV/428.pdf>
- Gilbert, J. (2007). Knowledge, the disciplines, and learning in the digital age. *Educational Research of Policy and Practice*, 6, 115-122.
- Glaser, R. (1977). *Adaptive education: Individual diversity and learning*. New York: Holt.
- Griffin, P., McGaw, B., & Care, E. (2011). *Assessment and teaching of 21st century skills*. New York: Springer.

- Guzdial, M., & Turns, J. (2000). Effective discussion through a computer-mediated anchored forum. *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 437-469.
- Han, J. H., & Finkelstein, A. (2013). Understanding the effects of professors' pedagogical development with clicker assessment and feedback technologies and the impact on students' engagement and learning in higher education. *Computers & Education*, 65, 64-76.
- Hamilton, N., & Harland, J. (2012). Evaluating the quality of interaction in asynchronous discussion forums in fully online courses. *Distance Education*, 33(1), 5-30.
- Hoadley, C. M., & Linn, M. C. (2000). Teaching science through online, peer discussions: Speak easy in the knowledge integration environment. *International Journal of Science Education*, 22(8), 839-857.
- Hooper, S. (1992). Cooperative learning and computer-based instruction. *Educational Technology Research and Development*, 40(3), 21-38.
- Hooper, S., & Hannafin, M. J. (1991). The effects of group composition on achievement, interaction, and learning efficiency during computer-based cooperative instruction. *Educational Technology Research and Development*, 39(3), 27-40.
- Huang, Y. M., Lin, Y. T., & Cheng, S. C. (2010). Effectiveness of a mobile plant learning system in a science curriculum in Taiwanese elementary education. *Computers & Education*, 54(1), 47-58.
- Hwang, G. J., & Chang, H. F. (2011). A formative assessment-based mobile learning approach to improving the learning attitudes and achievements of students. *Computers & Education*, 56(4), 1023-1031.
- Hwang, G. J., Tsai, C. C. & Yang, S. J. H. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. *Educational Technology & Society*, 11(2), 81-91.
- Hwang, G.-J., Wu, P.-H., & Ke, H.-R. (2011). An interactive concept map

- approach to supporting mobile learning activities for natural science courses. *Computers & Education*, 57(4), 2272-2280.
- Hwang, W.-Y., & Chen, H. S. L. (2012). Users familiar situational contexts facilitate the practice of EFL in elementary schools with mobile devices. *Computer Assisted Language Learning*, 26(2), 101-125.
- Jarvela, S., Naykki, P., Laru, J., & Luokkanen, T. (2007). Structuring and regulating collaborative learning in higher education with wireless networks and mobile tools. *Educational Technology & Society*, 10(4), 71-79.
- Jimenez-Aleixandre M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: an overview. In S. Erduran, & M. P. Jimenéz-Aleixandre, *Argumentation in Science Education: Recent Developments and Future Directions*. New York: Springer.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Ludgate, H. (2013). *NMC Horizon Report: 2013 Higher Education Edition*. The New Media Consortium.
- Keagen, D. (2005). *The incorporation of mobile learning into mainstream education and training*. Paper presented at Proceedings of mLearn 2005-4th World Conference on m-Learning, Cape Town, South Africa, 25-28 October 2005.
- Keller, F. S. (1974). Ten years of personalized instruction. *Teaching of Psychology*, 1, 4-9.
- Keller, J. M., & Subhiyah, R. (1993). *Course interest survey*. Florida State University.
- Keskin, N. O., & Metcalf, D. (2011). The current perspective, theories and practices of mobile learning. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(2), 202-208.
- Kiger, D., Herro, D., & Prunty, D. (2012). Examining the influence of a mobile learning intervention of third grade math achievement. *Journal of Research on Technology in Education*, 45(1), 61-82.
- Kinshuk, S. J., Sutinen, E., & Goh, T. (2003). Mobile technologies in support of

- distance learning. *Asian Journal of Distance Education*, 1(1), 60-68.
- Kirschner, P. A., Strijbos, J., Krejins, K., & Beers, P. J. (2004). Designing electronic collaborative learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 52(3), 47-66.
- Kirschner, P. A., Beersa, P. J., Boshuizena, H. P. A., & Gijsselaers, W. H. (2007). Coercing knowledge construction in collaborative learning environment. *Computers in Human Behavior*, 24(2), 403-420.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental detectives: The development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Koole, M. L. (2009). A model for framing mobile learning. In M. Ally (Ed.), *Mobile Learning: Transforming The Delivery of Education and Training*. Edmonton, AB: AU Press, Athabasca University.
- Korucu A. T., & Alkan A. (2011). Differences between m-learning (mobile learning) and e-learning, basic terminology and usage of m-learning in education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1925-1930.
- Kumar, N., Belhumeur, P. N., Biswas, A., Jacobs, D. W., Kress, W. J., Lopez, I. C., & Soares João V. B. (2012). Leafsnap: A computer vision system for automatic plant species identification. *Lecture Notes in Computer Science*, 7577, 502-516.
- Laat, M. & Vally, V. (2003). Complexity, theory and praxis: Researching collaborative learning and tutoring processes in a networked learning community. *Instructional Science*, 31, 7-39.
- Lin, Y-T., Chang, C-H., Hou, H-T., & Wu, K-C. (2015). Exploring the effects of employing Google Docs in collaborative concept mapping on achievement, concept representation, and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 23(3), 1-20.
- Liu, T-C., Peng, H., Wu, W-H., & Lin, M-S. (2009). The effects of mobile natural-science learning based on the 5E learning cycle: A case study.

- Educational Technology & Society*, 12(4), 344-358.
- Liu, M., Scordino, R., Geurtz, R., Navarrete, C., Ko, Y., & Lim, M. (2014). A look at research on mobile learning in K-12 education from 2007 to the present. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(4), 325-372.
- Maloney, J., & Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- Matthews, M. R. (2002). Constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Education & Technology*, 11(2), 121-134.
- Messinger, J. (2011). *M-learning: An exploration of the attitudes and perceptions of high school students versus teachers regarding the current and future use of mobile devices for learning*. Retrieved from <http://gradworks.umi.com/34/87/3487951.html>
- Milrad L. (2003), Mobile learning: Challenges, perspectives, and reality, In K. Nyiri (Ed.). *Mobile Learning: Essays on Philosophy, Psychology and Education*. Passagen Verlag Vienna, Austria.
- MoLeNet (2007). *What is the mobile learning?* Retrieved from <http://www.molene.t.org.uk/>
- Moore, M. G. (1993). *Theoretical principles of distance education*. New York: Routledge.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2003). Meaning making in secondary science classroom. Maidenhead-Philadelphia: Open university Press.
- Murphy, M. A., & Davidson, G. V. (1991). Computer-based adaptive instruction: Effects of learner control on concept learning. *Journal of Computer-Based Instruction*, 18(2), 51-54.
- Ng, W., Nicholas, H., Loke, Seng., & Torabi, T. (2009). Designing effective pedagogical systems for teaching and learning with mobile and ubiquitous devices. In T.T. Goh (Eds.). *Multiplatform E-learning Systems and Technologies. Mobile Devices for Ubiquitous ICT-Based Education*.

Hershey·New York, USA.

- 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.
- Oliveira, A. W., & Sadler, T. (2008). Interactive patterns and conceptual convergence during student collaborative in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(5), 634-658.
- O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J., Taylor, J., Sharples, M. & Lefrere, P. (2005). *Guidelines for learning/teaching/tutoring/in a mobile environment*. Retrieved from www.mobilearn.org/download/results/guidelines.pdf
- Özdemir, S. (2010). Supporting printed books with multimedia: A new way to use mobile technology for learning. *British Journal of Educational Technology*, 41(6), 135-138.
- Paramythis, A., & Loidl-Reisinger, S. (2004). Adaptive learning environments and e-Learning standards. *Electronic Journal on e-Learning*, 2(1), 181-194.
- Park, O., & Lee, J. (2003). Adaptive instructional systems. In D. H. Jonassen & P. Harris (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology*. Mahan: Lawrence Erlbaum Associates.
- Park, O. C. (1996). Adaptive instructional system. In Jonassen. D. (Ed.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology*. New York: Simon & Schuster Macmillan.
- Park, Y. (2011). A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 12(2), 78-102.
- Poslani, Z. (2003). *M-learning and its applications in 21st century*. New Delhi: Asia Publishing House.
- Prinsen, F. R., Volman, M L. L., Terwel, J., & Eden, P. (2009). Effects on participation of an experimental CSCL programme to support elaboration: Do all students benefit? *Computers & Education*, 52(1), 113-125.

- Reilly, M., & Shen, H. (2011). *Shared note-taking: A smartphone-based approach to increased student engagement in lectures*. Paper presented at the 11th International Workshop on Collaborative Editing Systems in conjunction with ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work.
- Reilly, M., & Shen, H. (2012). Personalized multi-user view and content synchronization and retrieval in real-time mobile social software applications. *Journal of Computer and System Sciences*, 78(4), 1185-1203.
- Reiser, R., & Dempsey, J. (2006). *Trends and issues in instructional design and technology*. Upper Saddle River, NJ: Merril Prentice Hall.
- Renzi, S., & Klobas, J. (2000). Steps toward computer supported collaborative learning for large classes. *Journal of Educational Technology & Society*, 3(3), 317-328.
- Rogers, Y., & Price, S. (2008). The role of mobile devices in facilitating collaborative inquiry in Situ. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 3(3), 1-21.
- Ross, J. A., & Smyth, E. (1995). Differentiating cooperative learning to meet the needs of gifted learners: A case for transformational leadership. *Journal for the Education of the Gifted* December, 19(1), 63-82.
- Rourke, L., & Anderson, T. (2002). Using peer teams to lead online discussions. *Journal of Interactive Media in Education*, 2002(1), p.Art. 1. DOI: <http://doi.org/10.5334/2002-1>
- Rummel, N., & Spada, H. (2005). Learning to collaborate: An instructional approach to promoting collaborative problem solving in computer-mediated settings. *Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 201-224.
- Schubert, W. H. (1986). *Curriculum: Perspective, paradigm, and possibility*. New York: MacMillan Publishing Company.
- Scott, K. M., Nerminathan, A., Alexander, S., Phelps, M., & Harrison, A. (2017). Using mobile devices for learning in clinical settings: A mixed-methods study of medical student, physician and patient perspectives. *British*

- Journal of Educational Technology*, 48(1), 176-190.
- Shapiro, A., & Niederhauser, D. (2003). Learning from hypertext: Research issues and findings. In D. H. Jonassen & P. Harris (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (2nd ed., pp. 605-620). Mahan: LEA.
- Shih, J. L., Chuang, C. W., & Hwang, G. J. (2010). An inquiry-based mobile learning approach to enhancing social science learning effectiveness. *Educational Technology & Society*, 13(4), 50-62.
- Shon, M. (1999). Cooperative learning approach to CAI. *International Journal of Educational Technology*, 1(1), 159-178.
- Shuler, C., Winters, N., & West, M. (2013). *The future of mobile learning: Implications for policy makers and planners*. UNESCO Working Paper Series on Mobile Learning.
- Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2, 1-8.
- Singer, J. E., Wu, H., & Tal, R. (2003). Students' understanding of the particulate nature of matter. *School Science and Mathematics*, 103(1), 28-44.
- Singhanayok C., & Hooper, S. (1998). The effects of cooperative learning and learner control on students' achievement, option selections, and attitudes. *Educational Technology Research and Development*, 46(2), 17-36.
- Snir, J., Smith, C. L., & Raz, G. (2003). Linking phenomena with computing underlying models: A software tool for introducing students to the particulate model of matter. *Science Education*, 87(6), 794-830.
- Song, S. H., & Keller, J. M. (2001). Effectiveness of motivationally adaptive computer-assisted instruction on the dynamic aspects of motivation. *Educational Technology, Research & Development*, 49(2), 5-22.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275.

- Sung, Y.-T., Hou, H.-T., Liu, C.-K., & Chang, K.-E. (2010). Mobile guide system using problem-solving strategy for museum learning: A sequential learning behavioural pattern analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(2), 106-115.
- Suthers, D., & Hundhausen, C. (2003). An empirical study of the effects of representational guidance on collaborative learning. *Journal of the Learning Sciences*, 12(2), 183-219.
- Tennyson, R. D., & Christensen, D. L. (1989). *Educational research and theory perspectives on intelligent computer-assisted instruction*. In 11th Annual Proceeding of Selected Research Paper presented at the 1989 Annual Convention of the AECT.
- Thomchick, E. (1997). The use of collaborative learning in logistic classes. *Journal of Business Logistics*, 18(2), 191-205.
- Tomlinson, C. A. (2001). *How to differentiate instruction in mixed ability classrooms (2nd ed.)*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Treleven, L. (2004). A knowledge-sharing approach to organizational change: A critical discourse analysis. In H. Tsoukas & N. Mylonopoulos (Eds.), *Organizations as Knowledge Systems: Knowledge, Learning and Dynamic Capabilities*. Retrieved from <https://link.springer.com/book/10.1057/9780230524545>
- Traxler, J. (2005). *Defining mobile learning*. Paper presented at the IADIS International Conference on Mobile Learning. Malta.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2012). *Turning on mobile learning: Global themes*. UNESCO Working Paper Series on Mobile Learning. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002164/216451E..pdf>
- Vahey, P., Tatar, D., & Roschelle, J. (2007). Using handheld technology to move between private and public interactions in the classroom. In M. van't

- Hooft & K. Swan (Eds.), *Ubiquitous Computing in Education: Invisible Technology, Visible Impact*. Mahwah, NJ: LEA.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (pp. 79-91). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Walsh, E., & Cho, I. (2012). Using evernote as an electronic lab notebook in a translational science laboratory. *Journal of Laboratory Automation*, 20(10), 1-6.
- Wang, M. (1980). Adaptive instruction: Building on diversity. *Theory into Practice*, 19, 122-128.
- Wexler, S., Schlenker, B., Brown, J., Metcalf, D., Quinn, C., Thor, E., Van Barneveld, A., & Wagner, E. (2007). *Research report on mobile learning: What it is, why it matters, and how to incorporate it into your learning strategy*. Santa Rosa, CA: eLearning Guild.
- Williams, A. J., & Pence, H. E. (2011). Smart phones, a powerful tool in the chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 88(6), 683-686.
- Wood, C., Jackson, E., Hart, L., Plester, B., & Wilde, L. (2011). The effect of text messaging on 9- and 10-year-old children's reading, spelling and phonological processing skills. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(1), 28-36.
- Yee, K., & Hargis, J. (2008). iPhones and smartphones. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 10(4), 8-9.
- Zangyuan, O. (2003). The application of adaptive learning environment on oxidation-reduction web-title. *International Journal of Instructional Media*, 30(4), 383-405.
- Zhai, X., Zhang, M., & Li, M. (2016). One-to-one mobile technology in high school physics classrooms: Understanding its use and outcome. *British Journal of Educational Technology*, DOI: <http://10.1111/bjet.12539>
- Zhu, Q., Guo, W., & Hu, Y. (2012) Mobile learning in higher education: Students acceptance of mobile learning in three top Chinese universities. Bachelor's thesis, Jonkoping University, Jonkoping, 2012.

Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education*, 94, 1-17.

부 록

<부록 I-1> 통계 집단(연구 I) 활동지 예시

과학 학습지	1학년 ()반 ()번
--------	---------------

6 기체의 온도와 부피의 관계

(1) 온도가 높아질 때 (압력 일정)

온도 () ⇨ 기체 분자의 운동이 () ⇨ 충돌 횟수() ⇨ 내부 압력 () ⇨ 부피 ()

(2) 온도가 낮아질 때 (압력 일정)

온도 () ⇨ 기체 분자의 운동이 () ⇨ 충돌 횟수() ⇨ 내부 압력 () ⇨ 부피 ()

(3) 일상생활 속의 현상

- ① 찌그러진 탁구공을 ()에 넣으면 팽팽해진다.
- ② 열기구 속의 기체를 가열하면 열기구가 ()
- ③ 여름철에는 자동차의 타이어에 공기를 겨울철보다 () 넣는다.
- ④ 온도가 낮은 액체 질소에 고무풍선을 넣으면 ()
- ⑤ 병위에 동전을 올려놓고 손으로 감싸면 ()



<미니탐구> 온도에 따른 고무풍선의 부피 변화

- 빈 삼각 플라스크의 입구에 공기를 뺀 고무풍선을 씌우자.

(가) 플라스크를 가열하면 고무풍선은 어떻게 될까?

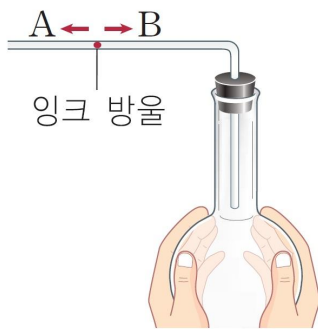


(나) (가)의 플라스크를 얼음물에 담그면 고무풍선은 어떻게 될까?

⇒ 온도에 따라 고무풍선의 부피가 달라지는 까닭을 설명해보자.

★ 확 인 문 제 ★

1. 다음 그림과 같이 잉크 방울이 유리관 중앙에 머물게 한 다음 플라스크를 손으로 감싸 쥐었다. 이 실험 결과에 대하여 바르게 설명한 것은?



- ① 잉크 방울은 A방향으로 움직인다.
- ② 잉크 방울은 B방향으로 움직인다.
- ③ 잉크 방울은 움직이지 않는다.

2. 다음 그림과 같이 삼각 플라스크를 가열하면 풍선이 부풀어 오른다.



이때 풍선 안에 있는 기체 분자의 상태에 대해 바르게 설명한 것은?
(가열하기 전에 12개의 기체 분자 ●들이 있다)





가열하면 기체 분자가 가벼워져서 위로 올라간다.



가열하면 기체 분자들 사이의 거리가 멀어진다.



가열하면 기체 분자의 크기가 증가한다.



가열하면 기체 분자의 수가 증가한다.

<부록 1-2> 스마트 기기를 활용한 개념 적용적 개별화 학습(연구 I)활동지 예시

과학 학습지	1학년 ()반 ()번
--------	---------------

6 기체의 온도와 부피의 관계

(1) 온도가 높아질 때 (압력 일정)

온도 () ⇨ 기체 분자의 운동이 () ⇨ 충돌 횟수() ⇨ 내부 압력 () ⇨ 부피 ()

(2) 온도가 낮아질 때 (압력 일정)

온도 () ⇨ 기체 분자의 운동이 () ⇨ 충돌 횟수() ⇨ 내부 압력 () ⇨ 부피 ()

(3) 일상생활 속의 현상

- ① 찌그러진 탁구공을 ()에 넣으면 팽팽해진다.
- ② 열기구 속의 기체를 가열하면 열기구가 ()
- ③ 여름철에는 자동차의 타이어에 공기를 겨울철보다 () 넣는다.
- ④ 온도가 낮은 액체 질소에 고무풍선을 넣으면 ()
- ⑤ 병위에 동전을 올려놓고 손으로 감싸면 ()



<미니탐구> 온도에 따른 고무풍선의 부피 변화

- 빈 삼각 플라스크의 입구에 공기를 뺀 고무풍선을 씌우자.

(가) 플라스크를 가열하면 고무풍선은 어떻게 될까?



(나) (가)의 플라스크를 얼음물에 담그면 고무풍선은 어떻게 될까?

⇒ 온도에 따라 고무풍선의 부피가 달라지는 까닭을 설명해보자.

★ 확 인 문 제 ★

이제부터 재미있는 퀴즈를 풀어볼까요? 아래의 QR 코드를 스캔해서 학습하세요~

[1번 문제]



문제를 풀고 학습한 후, 새로 알게 된 점을 정리해서 써보세요.



[2번 문제]



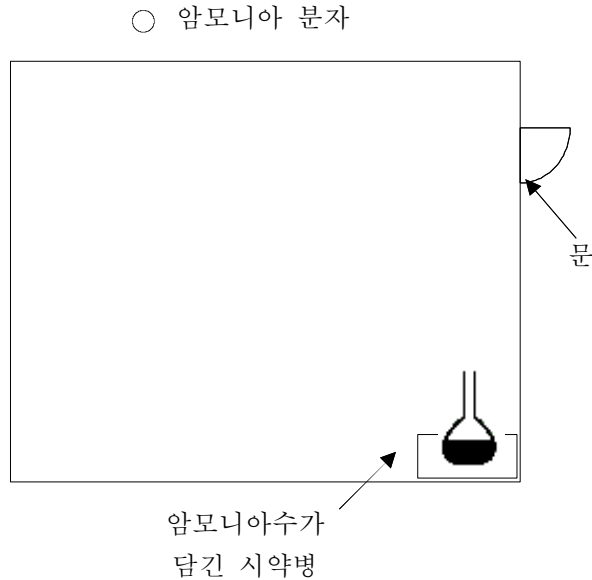
문제를 풀고 학습한 후, 새로 알게 된 점을 정리해서 써보세요.



<부록 I-3> 개념 이해도 검사지(연구 I)

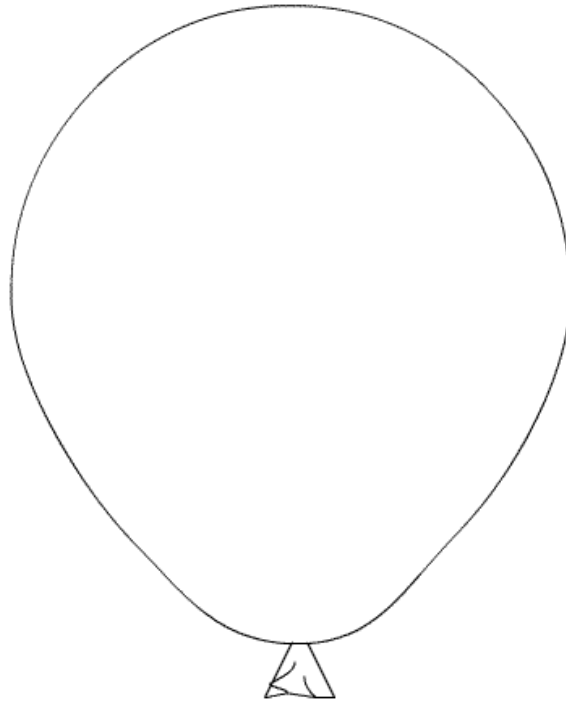
과학 개념 검사	1학년 ()반 ()번
----------	---------------

1. 실험실에서 암모니아수를 사용한 뒤, 깜빡 잊고 뚜껑을 열어둔 채 나갔다. 몇 시간 뒤, 실험실에 돌아와 문을 여는 순간 암모니아 냄새를 맡을 수 있었다.
 이 실험실에 있는 암모니아 분자(○)는 **20 개**이고, 이 분자들을 볼 수 있다고 가정하자. 문을 열기 직전 실험실 내에 있는 암모니아 분자들의 분포 상태를 아래 그림에 나타내보자.



암모니아 분자들의 분포 상태를 위의 그림처럼 나타낸 이유를 자세히 설명해보자.

2. 납작하던 풍선에 헬륨 기체를 넣고 입구를 묶었더니, 아래 그림처럼 풍선이 부풀어 올랐다. 풍선 속에 넣어준 헬륨 분자(○)는 **20 개**이고, 이 분자들을 볼 수 있다고 가정하자. 헬륨 기체를 넣어준 후, 풍선 속에 들어 있는 **헬륨 분자들의 분포 상태**를 아래 그림에 나타내보자.

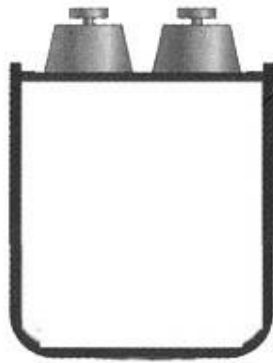
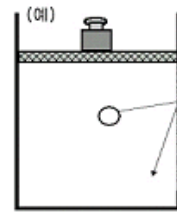


○ 헬륨 분자

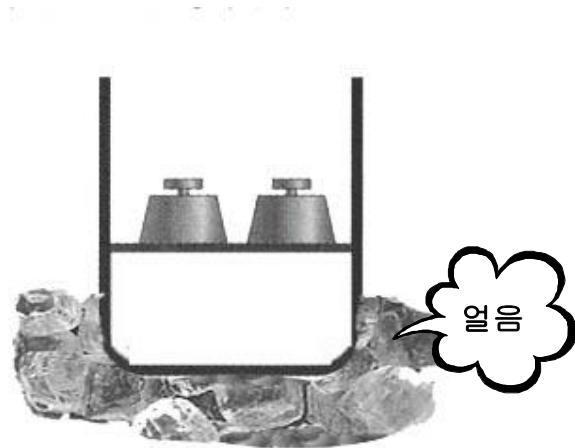
헬륨 기체를 넣은 후 풍선이 부풀어 오른 이유를 위에서 그린 **헬륨 분자들의 분포**와 관련지어 **자세히** 설명해보자.

3. [그림 1]은 산소 기체가 든 용기를 나타낸 것이다. 이 용기를 냉각시키면 [그림 2]와 같이 된다. 용기 안에 든 산소 분자(○)는 **10 개**이고, 이 분자들을 볼 수 있다고 가정하자. 냉각 전([그림 1])과 냉각 후([그림 2])에 **산소 분자들의 분포와 운동 상태(운동 속도, 충돌 횟수)**를 각각의 그림에 나타내보자.

1. 분자 운동 방향은 화살표(→)로 표시하자.
2. 분자 운동 속도는 화살표의 길이로 나타내자.
(예: 운동 속도 느림 ○→, 운동 속도 빠름 ○→→)
3. 분자가 용기 벽에 충돌하는 경우는 오른쪽 그림과 같이 꺾인 화살표로 나타내자.



냉각 전
[그림 1]

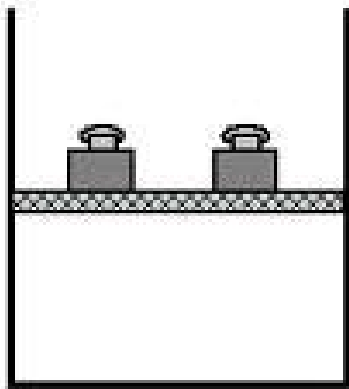
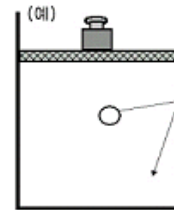


냉각 후
[그림 2]

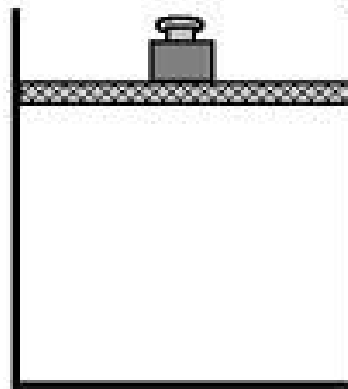
용기를 냉각하기 전과 후에 **산소 분자들의 분포와 운동 상태(운동 속도, 충돌횟수)**를 위의 그림처럼 나타낸 이유를 **기체의 온도와 부피의 관계**와 관련지어 **자세히** 설명해보자.

4. [그림 1]은 일정 온도 하에서 질소 기체가 들어있는 용기에 추가 2개 올려져 있는 것을 나타낸 것이다. 이 용기 위에 있는 추를 1개 들어냈더니 [그림 2]와 같이 되었다. 용기 안에 든 질소 분자(○)는 10개이고, 이 분자들을 볼 수 있다고 가정하자. 추를 2개 올려놓은 경우[그림 1]와 추를 1개 올려놓은 경우[그림 2]에 질소 분자들의 분포와 운동 상태(운동 속도, 충돌 횟수)를 각각의 그림에 나타내보자.

1. 분자 운동 방향은 화살표(→)로 표시하자.
2. 분자 운동 속도는 화살표의 길이로 나타내자.
(예: 운동 속도 느림 ○→, 운동 속도 빠름 ○→→)
3. 분자가 용기 벽에 충돌하는 경우는 오른쪽 그림과 같이 꺾인 화살표로 나타내자.



[그림 1]



[그림 2]

추를 들어내기 전과 후에 질소 분자들의 분포와 운동 상태(운동 속도, 충돌횟수)를 위의 그림처럼 나타낸 이유를 기체의 압력과 부피의 관계와 관련지어 자세히 설명해보자.

<부록 I-4> 스마트 기기를 활용한 과학 수업(연구 I)에 대한 인식 검사지

스마트 기기를 이용한 과학 수업에 대한 질문지

이 질문지는 스마트 기기를 이용한 분자 운동 단원의 수업에 대하여 여러분의 의견을 조사하기 위한 것입니다. 자신의 생각을 솔직하고 성실하게 적어주시기 바랍니다.

1학년 ____ 반 ____ 번

1. 스마트 기기를 이용해 학습하는 과학 수업이 재미있었습니까?

- ① 재미있었다. ② 보통이다. ③ 재미없었다.

왜 그렇게 생각하는지 적어 봅시다.

2. 스마트 기기를 이용한 과학 수업이 과학 공부에 도움이 되었습니까?

- ① 되었다. ② 보통이다. ③ 안 되었다.

왜 그렇게 생각하는지 적어 봅시다.

3. 과학 수업에서 스마트 기기를 이용하는 것이 좋다고 생각합니까?

- ① 그렇다. ② 보통이다. ③ 그렇지 않다.

왜 그렇게 생각하는지 적어 봅시다.

<부록 II-1> 통제 집단(연구 II) 활동지 예시

학습지	4. 산화-환원 반응과 산과 염기는 어떤 관계가 있을까? 산과 염기의 정의, 산과 염기의 확인, 우리 주변의 산과 염기, 산화-환원 반응과 산-염기	2학년 () 반 ()번
-----	---	----------------

■ 산과 염기의 정의

1. 산과 염기의 성질

(1) 산은 어떤 성질을 나타낼까?

- ① _____ 맛을 낸다.
- ② 금속과 반응하여 _____ 기체를 발생시킨다.
- ③ 그 외 성질: _____

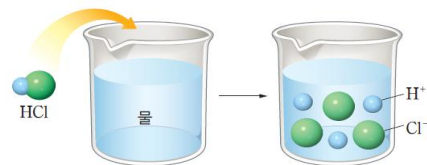
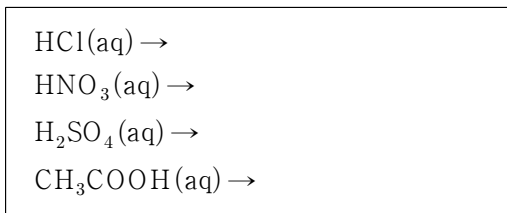
(2) 염기는 어떤 성질을 나타낼까?

- ① _____ 맛을 낸다.
- ② _____ 을 녹인다. (만졌을 때 어떤 느낌인가? _____)
- ③ 그 외 성질: _____

2. 아레니우스의 산과 염기의 정의

(1) 산(acid)

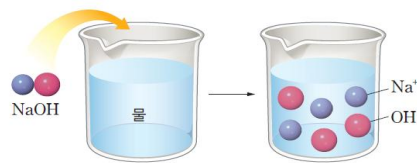
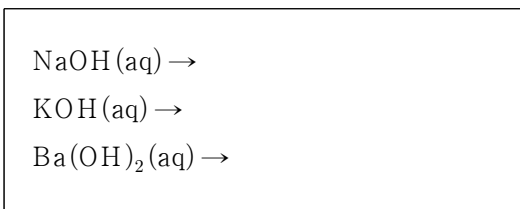
① 산의 이온화 과정을 반응식으로 나타내보자.



② 산의 정의 : 수용액에서 이온화하여 _____를 내는 물질

(2) 염기(base)

① 염기의 이온화 과정을 반응식으로 나타내보자.



② 염기의 정의 : 수용액에서 이온화하여 _____를 내는 물질

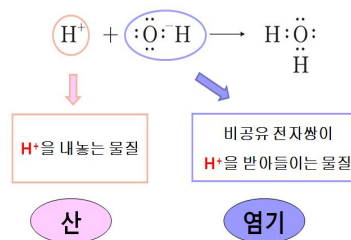
2 산-염기 정의의 확장

1. 아레니우스 정의의 한계는 무엇일까?

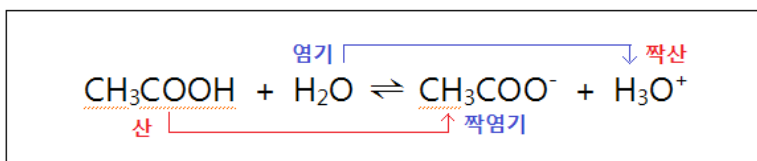
- (1) _____
- (2) _____
- (3) NH₃ 분자의 경우 : 물에 녹으면 염기성을 나타내지만 _____
아레니우스의 산-염기 개념으로는 염기라 정의할 수 없다.

2. 브뢴스테드-로우리는 산과 염기를 어떻게 정의했을까?

- (1) 산 : 수소 이온(H⁺)을 () 수 있는 분자나 이온
- (2) 염기 : 수소 이온(H⁺)을 () 수 있는 분자나 이온



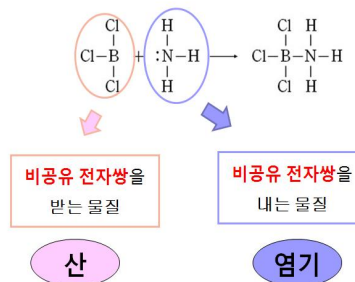
(3) 짝산과 짝염기 : 산과 염기의 반응에서 수소 이온(H⁺)을 주고 받는 관계



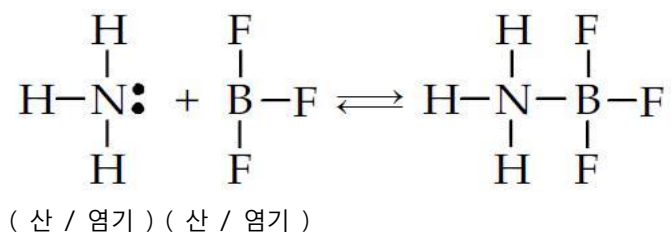
- (4) 양쪽성 물질 : 양성자(H⁺)를 줄 수도 있고 받을 수도 있는 물질
(H₂O, HS⁻, HCO₃⁻, H₂PO₄⁻ 등)
- (5) 한계 : 수용액의 한계성은 극복되었지만, 산이 반드시 이온화될 수 있는 _____ 원자를 포함하고 있어야 한다는 한계를 지닌다.

3. 루이스는 산과 염기를 어떻게 정의했을까?

- (1) 산
 - ① _____
 - ② 양성자(H⁺)이외에도 전자쌍을 받을 수 있는 다른 이온이나 분자(Ag⁺, BF₃, SO₂ 등)들도 포함
- (2) 염기
 - ① _____



(3) 루이스의 산·염기 정의를 이용하여 암모니아와 삼플루오린화붕소의 반응을 설명해보자.

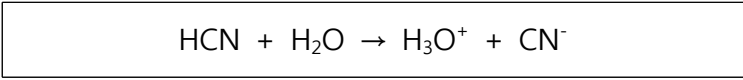


▶ NH₃가 BF₃에 ()을 주어 공유 결합을 형성하므로, NH₃는 ()이고, BF₃는 ()이다.



문제를 풀어보자.

다음 반응에서 산과 염기를 찾고 (1) 아레니우스의 산, 염기, (2) 브뢴스테드-로우리의 산, 염기, (3) 루이스의 산, 염기의 정의를 이용하여 각각 설명해보자.



<부록 II-2> 스마트 기기를 활용한 소집단 학습(연구 II) 활동지 예시

학습지	4. 산화-환원 반응과 산과 염기는 어떤 관계가 있을까? 산과 염기의 정의, 산과 염기의 확인, 우리 주변의 산과 염기, 산화-환원 반응과 산-염기	2학년 () 반 () 번
-----	---	-----------------

 교과서(191쪽)와 웹 검색을 이용하여, 함께 토의하며 과제를 해결해보자.

1 산과 염기의 정의

1. 산과 염기의 성질

(1) 산은 어떤 성질을 나타낼까?

- ① _____ 맛을 낸다.
- ② 금속과 반응하여 _____ 기체를 발생시킨다.
- ③ 그 외 성질: _____

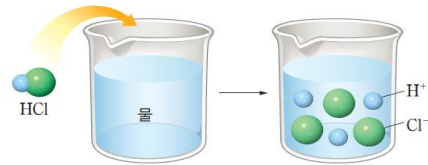
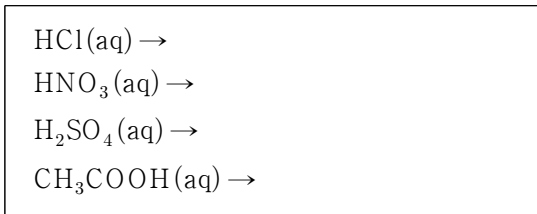
(2) 염기는 어떤 성질을 나타낼까?

- ① _____ 맛을 낸다.
- ② _____ 을 녹인다. (만졌을 때 어떤 느낌인가? _____)
- ③ 그 외 성질: _____

2. 아레니우스의 산과 염기의 정의

(1) 산(acid)

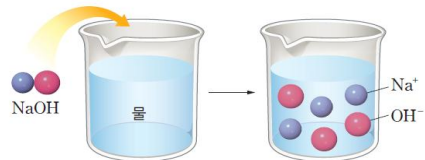
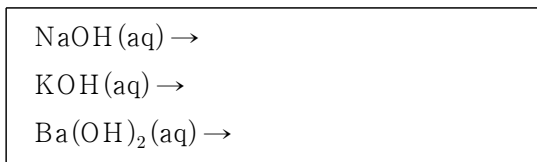
① 산의 이온화 과정을 반응식으로 나타내보자.



② 산의 정의 : 수용액에서 이온화하여 _____를 내는 물질

(2) 염기(base)

① 염기의 이온화 과정을 반응식으로 나타내보자.



② 염기의 정의 : 수용액에서 이온화하여 _____를 내는 물질

 QR코드의 자료를 읽고, 함께 토의하여 과제를 해결해보자.

2 산-염기 정의의 확장

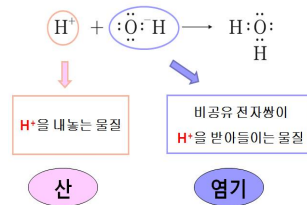
1. 아레니우스 정의의 한계는 무엇일까?

- (1) _____
- (2) _____
- (3) NH₃ 분자의 경우 : 물에 녹으면 염기성을 나타내지만 _____
아레니우스의 산·염기 개념으로는 염기라 정의할 수 없다.

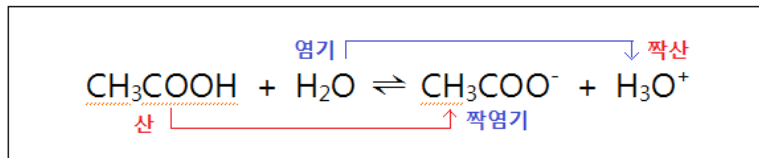


2. 브뢴스테드-로우리는 산과 염기를 어떻게 정의했을까?

- (1) 산 : 수소 이온(H⁺)을 () 수 있는
분자나 이온
- (2) 염기 : 수소 이온(H⁺)을 () 수 있는
분자나 이온



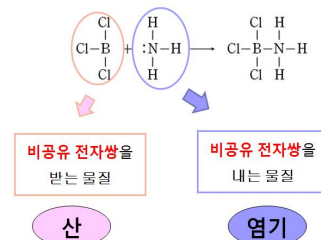
- (3) 짝산과 짝염기 : 산과 염기의 반응에서 ()을 주고 받는 관계



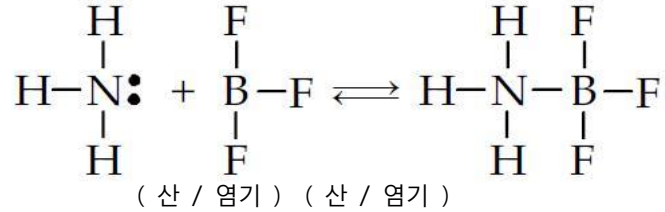
- (4) 양쪽성 물질 : 양성자(H⁺)를 줄 수도 있고 받을 수도 있는 물질(H₂O, HS⁻, HCO₃⁻, H₂PO₄⁻ 등)
- (5) 한계 : 수용액의 한계성은 극복되었지만, 산이 반드시 이온화될 수 있는 ___ 원자를 포함하고 있어야 한다는 한계를 지닌다.

3. 루이스는 산과 염기를 어떻게 정의했을까?

- (1) 산
 - ① _____
 - ② 양성자(H⁺)이외에도 전자쌍을 받을 수 있는 다른 이온이나 분자(Ag⁺, BF₃, SO₂ 등)들도 포함
- (2) 염기
 - ① _____



(3) 루이스의 산·염기 정의를 이용하여 암모니아와 삼플루오린화붕소의 반응을 설명해보자.

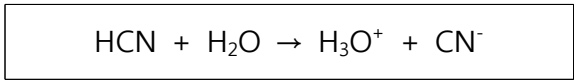


▶ NH₃가 BF₃에 ()을 주어 공유 결합을 형성하므로, NH₃는 ()이고, BF₃는 ()이다.



함께 토의하며 문제를 풀어보자.

다음 반응에서 산과 염기를 찾고 (1) 아레니우스의 산, 염기, (2) 브뢴스테드-로우리의 산, 염기, (3) 루이스의 산, 염기의 정의를 이용하여 각각 설명해보자.



조별 학습 결과를 QR 코드의 학습지에 함께 작성해보자.

<부록 II-3> 스마트 기기를 활용한 소집단 학습(연구 II)에 대한 인식 검사지

스마트 기기를 이용한 협력 수업에 대한 질문지

이 질문지는 스마트 기기를 이용한 협력 수업에 대하여 여러분의 의견을 조사하기 위한 것입니다. 자신의 생각을 솔직하고 성실하게 적어주시기 바랍니다.

2학년 ____ 반 ____ 번

1. 스마트 기기를 통해 친구들과 협력해서 학습하는 활동이 좋다고 생각합니까?

- ① 그렇다. ② 보통이다. ③ 그렇지 않다.

2. 스마트 기기를 통해 친구들과 협력해서 학습했을 때 좋았던 점과 싫었던 점은 무엇입니까?

▶ 좋았던 점:

▶ 싫었던 점:

ABSTRACT

The Influences of Individualized Learning Adapted to Student's Conception and Small Group Learning Using Smart Devices in Secondary Chemistry Classes

Jeonghyun Yun
Chemistry Major
Department of Science Education
The Graduate School
Seoul National University

There have been multiple of approaches of using smart devices in classes, but not many studies on teaching and learning methods that can be practically applied to science classes. In these studies, we applied science teaching and learning methods using smart devices in individualized learning adapted to students' conceptions and small group learning, and investigated the instructional influences and students' perceptions. We also investigated the patterns of verbal interactions among students in small group science learning processes using smart devices.

In Study 1, the effects of individualized learning adapted to students' conceptions using smart devices in science instruction upon students' conceptual understanding, the retention of conception, achievement, learning motivation, enjoyment of science lessons, and perception about individualized learning using smart devices were investigated. Four classes of seventh-grade (N=112) at a coed middle school in Seoul were assigned to a control group and a treatment

group. Students were taught about molecular motions for 7 class periods. Two-way ANCOVA results revealed that the scores of a conception test, the retention of the conception test, a learning motivation test, and an enjoyment of science lessons test for the treatment group were significantly higher than those for the control group ($p < .01$). Although the score of the treatment group was higher than that of the control group in the achievement test, the difference was not statistically significant. Students' perceptions about individualized learning using smart devices were also found to be positive.

In Study II, we investigated the influences of small group learning using smart devices in science classes on students' achievement, learning motivation, attitude toward science lessons, and perception of small group learning using smart devices. Four 11th-grade classes ($N=133$) at a coed high school in Seoul were assigned to a control group and a treatment group. The intervention of small group learning using smart devices emphasized collaborative writing on activity sheet. The students were taught about acid, base, and neutralization reaction for six class periods. After the instructions, an achievement test, the learning motivation test, the attitude toward science lessons test, and a questionnaire on the perception of small group learning using smart devices were administered. Two-way ANCOVA results revealed that there was a statistically significant interaction effect by their previous chemistry achievement in the achievement test scores ($p < .05$). Only low-level students in small group learning using smart devices significantly improved their achievement probably by having the opportunities to get help from high-level students. The adjusted means of the treatment group were significantly higher than those of the control group in learning motivation and attitude toward science lessons ($p < .01$). Students' perceptions of small group learning using smart devices tended to be positive. These results of Study II show that the effect of small group learning using smart devices has different effects on academic achievement according to their previous achievement and suggest the necessity to investigate the

characteristics of student interaction by the level of the prior achievement in small group learning process using smart devices.

In Study III, we classified the types of verbal interactions among students in small group science learning using smart device and compared the patterns of verbal interactions by the level of the prior achievement. Four heterogeneous groups (sixteen 11th graders) at a coed high school in Seoul participated in this study. Verbal interactions during small group science learning were audio- and video-taped, transcribed, and analyzed. Verbal interactions were analyzed at the levels of a turn and an interaction unit. The results of this study revealed that the frequencies of verbal interactions were high in task category, especially at information explanation, information question, and reflection on standards subcategories. Furthermore, the frequencies of the high-level students at direction explanation, reflection on standards and progress subcategories were higher than those of the low-level students, and the frequencies of the low-level students at direction question and information explanation subcategories were higher than their counterpart. In the analyses of the interaction units, the frequencies in symmetric elaborated interaction were high, especially at cumulative and evaluative subcategories.

In conclusion, individualized learning adapted to students' conceptions and small group learning promoting the sharing of information and knowledge using smart devices in secondary chemistry classes can positively affect students' cognitive and affective aspects. In addition, in the small group learning using smart devices, high-level students showed mainly verbal behaviors to check the learning process and outcomes, and low-level students also actively participated in solving tasks by exploring and providing information on their own, while learning was led by high-level students in the existing small group learning. These results suggest that individualized learning adapted to students' conceptions and small group learning using smart devices are effective teaching and learning methods applicable in actual science classes.

keywords: smart device, science teaching and learning methods,
individualized learning, adaptive learning, small group learning,
verbal interaction

Student Number: 2008-30974