creative commons
COMMONS DEED

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

dCollection

교육학박사학위논문

조작형 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에서 효과적인 도구 사용 환경 탐색

Exploring Effective Environments for Using Tools in Small Group Science Learning with Manipulative Augmented Reality

2023년 2월

서울대학교 대학원
과학교육과 화학전공
신 석 진

조작형 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에서 효과적인 도구 사용 환경 탐색

Exploring Effective Environments for Using Tools in Small Group Science Learning with Manipulative Augmented Reality

指導敎授　盧　泰　熙

이 論文을 敎育學博士學位 論文으로 提出함.
2022年 12月

서울大學校 大學院
科學敎育科 化學專攻
申　　晳　　進

申晳進의 博士學位論文을 認准함.
2022年 12月

委 員 長 _____.
副委員長 _____.
委　　員 _____.
委　　員 _____.
委　　員 _____.

국 문 초 록

과학 교육에서 증강현실은 관찰하기 어려운 현상을 시각화하여 학생들이 복잡하고 추상적인 개념을 이해하는 것을 돕는다. 또한 증강현실은 학생들에게 마커를 조작 및 탐색하는 쌍방향의 학습 경험을 제공하고 학생들 사이의 상호작용을 촉진한다. 증강현실의 매체적 특징을 고려할 때, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습은 증강현실의 교육적 효과를 높이기 위한 전략 중 하나이다. 하지만, 선행 연구에서는 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수에 차이가 있었으며, 가상 객체를 관찰하는 유형의 증강현실이 주로 사용되었다. 증강현실의 도구인 마커와 스마트 기기는 소집단 학습에 영향을 주는 중요한 학습 환경 요소이므로, 조작형 증강현실을 사용하는 맥락에서 도구 사용 환경을 비교하고 효과적인 학습 과정을 조사할 필요가 있다.

이 연구는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경별 교수학습 효과와 담화를 비교하고, 효과적인 학습 과정에서 나타난 상호작용을 분석하였다. 화학 결합 주제의 조작형 증강현실을 개발했으며, 선행 연구를 분석하여 도구 사용 환경을 도구 공유 환경과 개별 도구 환경으로 구분하였다. 도구 공유 환경의 학생들은 마커와 스마트 기기를 공동으로 사용하며, 개별 도구 환경의 학생들은 마커와 스마트 기기를 각자 사용한다. 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 교수학습 효과를 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미 측면에서 정량적으로 비교하였다(연구 Ⅰ). 소집단 학습에서 나타난 담화를 도구 사용 환경별로 비교하였다(연구 Ⅱ). 효과적인 학습 과정을 심층적으로 이해하기 위해 언어적 상호작용과 물리적 상호작용을 분석하였다(연구 Ⅲ).

연구 Ⅰ에서는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경의 교수학습 효과를 학생들의 자기조절 수준에 따라 조사하였다. 서울시에 소재한 남녀공학 고등학교 1학년 64명이 연구에 참여하였으며, 학생들을 4인 1 모둠으로 편성하고 도구 공유 환경과 개별 도구 환경으로 무선 배치하였다. 이때 도구 공유 환경은 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공했으며, 개별 도구 환경은 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 각각 4개씩 제공하였다. 학생들은 통합과학 교과의 화학 결합을 주제로 증강현실을 활용한 소집단 학습에 2차시 동안 참여하였다.

사전 검사로 학습에 대한 자기조절 검사를 실시하였고, 사후 검사로 개념 이해도, 몰입, 상황 흥미 검사를 실시하였다. 이원 변량 분석 결과, 개별 도구 환경의 개념 이해도, 몰입, 상황 흥미 점수가 도구 공유 환경보다 유의미하게 높았다. 도구 사용 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과는 없었다. 또한 몰입의 하위 요소인 선행, 과정, 효과 요소에 대해서도 개별 도구 환경의 점수가 도구 공유 환경보다 유의미하게 높았다. 상황 흥미에서는 도전을 제외한 모든 하위 요소에서 개별 도구 환경의 점수가 도구 공유 환경보다 유의미하게 높았다.

연구 Ⅱ에서는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타난 담화를 분석하여 도구 사용 환경별로 참여 유형, 담화의 유형, 지식 형성 과정을 조사하였다. 고등학교 1학년 24명을 4인 1 모둠으로 나누고 6개 모둠을 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 배치한 후, 화학 결합에 대해 증강현실을 사용한 소집단 학습을 2차시 동안 실시하였다. 모든 수업 과정은 모둠별로 녹음 및 녹화하였으며, 학생 6명을 대상으로 반구조화된 면담을 실시하였다. 연구 결과, 도구 공유 환경은 일인 주도형의 비율이 높았으나, 개별 도구 환경은 부분 참여형 및 다수 참여형의 비율이 높았다. 개별 도구 환경은 도구 공유 환경보다 담화 수가 많고 유형이 다양했으며, 지식 공유와 지식 구성 담화의 비율이 유사하였다. 도구 공유 환경에서는 일부 학생에 대해서만 의미 있는 지식 형성 과정이 나타났다. 반면 개별 도구 환경에서는 모둠원 대부분이 목표 개념에 대해 올바른 지식을 구성하며 의미 있는 지식 형성 과정이 이루어졌으며, 일부 모둠원에게 나타난 오개념은 소집단 토의를 통해 올바른 과학 개념으로 수정되었다.

연구 Ⅲ에서는 효과적인 학습 과정을 이해하기 위해 언어적 상호작용, 물리적 상호작용, 언어적 및 물리적 상호작용의 관련성을 분석하였다. 고등학교 1학년 12명을 대상으로 개별 도구 환경의 3개 모둠을 구성하였다. 증강현실을 활용한 소집단 활동을 녹음 및 녹화하였으며 학생 3명을 대상으로 반구조화된 면담을 실시하였다. 언어적 상호작용은 개별 진술과 상호작용 단위 수준에서, 물리적 상호작용은 마커, 가상 객체, 활동지에 중점을 두고 분석하였다. 연구 결과, 개별 진술 단위에서는 정보 질문과 정보 설명 및 방향 질문과 방향 설명에 대한 진술의 빈도가 높았고, 상호작용 단위에서는 교정형 및 누적형 상호작용의 빈도가 높았다. 학습 진행에 관한 개별 진술 및 상호작용의 비율도 높게 나타났다. 학생들의 물리적 상호

작용은 유의미한 언어적 상호작용 없이 단독으로 이루어진 경우가 가장 많았다. 학생들이 지식 구성 언어적 상호작용을 하며 물리적 상호작용을 할 때는 가상 객체를 응시하거나 활동지 관련 활동을 하는 빈도가 높았다. 물리적 상호작용만 수행하거나 운영 관련 언어적 상호작용을 하며 물리적 상호작용을 할 때는 마커의 조작과 관련한 다양한 탐색 활동이 주로 나타났다.

이상의 연구 결과를 바탕으로 조작형 증강현실 활용한 소집단 학습에서 효과적인 도구 사용 환경을 논의하였다. 또한 증강현실 활용 학습 및 교수 전략 수립에 관한 교육적 함의를 제언하였다.

주요어: 증강현실, 소집단 학습, 언어적 상호작용, 물리적 상호작용, 도구 사용 환경

학 번: 2015-31135

목 차

국 문 초 록 ····· i
목 차 ····· iv
표 목 차 ····· viii
그 림 목 차 ····· x
부 록 목 차 ····· xii

제 1 장. 서 론

1. 연구 배경과 목적 ····· 1
2. 연구 문제 ····· 7
3. 연구의 제한점 ····· 8
4. 용어의 정의 ····· 10

제 2 장. 이론적 배경 및 선행 연구

1. 증강현실 활용 학습
1.1 증강현실의 개념 및 분류 ····· 13
(1) 증강현실의 개념 ····· 13
(2) 증강현실의 분류 ····· 14
1.2 증강현실에 관한 교수학습 이론 ····· 17
(1) 멀티미디어 학습 이론 ····· 17
(2) 구성주의 이론 ····· 20
1) 상황학습 ····· 22
2) 협력학습 ····· 23
(3) 몰입 학습 이론 ····· 25

1.3 증강현실의 교육적 활용 ····· 27
1.4 증강현실 활용 학습의 교육적 효과 ····· 31
1.5 증강현실을 활용한 교수학습 설계의 방향 ····· 41
2. 과학 교육에서 증강현실
2.1 과학 교육에서 증강현실의 활용 ····· 44
2.2 과학 교육에서 증강현실의 장점과 매체적 특징 ····· 49
2.3 과학 교육에서 증강현실 기반의 국외 및 국내 연구 동향 ····· 56
3. 과학 교육에서 스마트 기기나 증강현실을 활용한 소집단 학습
3.1 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 ····· 62
(1) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과 ····· 62
(2) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학습 환경 탐색 ····· 65
3.2 증강현실을 활용한 소집단 학습 ····· 72
(1) 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과 ····· 72
(2) 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 외적 학습 환경 ····· 77
(3) 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경 탐색 ·· 80

제 3 장. 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 교수학습 효과 비교 (연구 I)

1. 서 론 ····· 83
2. 연구 방법 ····· 86
2.1 연구 참여자 ····· 86
2.2 연구 단원 ····· 87
2.3 조작형 증강현실 애플리케이션 개발 ····· 88
(1) 조작형 증강현실 애플리케이션의 설계 ····· 88
(2) 조작형 증강현실 애플리케이션의 개발 및 구성 ····· 92
2.4 연구 절차 ····· 99
2.5 검사 도구 ····· 104
2.6 분석 방법 ····· 107

3. 연구 결과 및 논의 ····· 108
3.1 통계 분석을 위한 기본 가정 검토 ····· 108
3.2 개념 이해에 미치는 영향 ····· 109
3.3 몰입에 미치는 영향 ····· 111
3.4 상황 흥미에 미치는 영향 ····· 114
4. 요약 및 제언 ····· 118

제 4 장. 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 담화 비교 (연구 Ⅱ)

1. 서 론 ····· 121
2. 연구 방법 ····· 123
2.1 연구 참여자 ····· 123
2.2 연구 상황 ····· 124
2.3 연구 절차 및 방법 ····· 125
2.4 분석틀 ····· 128
(1) 참여 유형 ····· 128
(2) 담화의 유형 ····· 128
(3) 지식 형성 과정 ····· 136
2.5 분석 방법 ····· 137
3. 연구 결과 및 논의 ····· 138
3.1 참여 유형 ····· 138
3.2 담화의 유형 ····· 143
3.3 지식 형성 과정 ····· 147
4. 요약 및 결론 ····· 152

제 5 장. 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타나는 언어적·물리적 상호작용 (연구 Ⅲ)

1. 서 론 ····· 155
2. 연구 방법 ····· 158
2.1 연구 참여자 ····· 158
2.2 연구 절차 ····· 158
2.3 상호작용 분석틀 ····· 160
(1) 언어적 상호작용 ····· 160
(2) 물리적 상호작용 ····· 168
2.4 분석 방법 ····· 170
3. 연구 결과 및 논의 ····· 171
3.1 언어적 상호작용 ····· 171
(1) 개별 진술 단위 분석 ····· 171
(2) 상호작용 단위 분석 ····· 175
3.2 물리적 상호작용 ····· 180
4. 요약 및 결론 ····· 184

제 6 장. 결론 및 제언

1. 연구의 요약 ····· 188
2. 결론 및 제언 ····· 190
3. 추후 연구 과제 ····· 194

참고 문헌 ····· 197
부 록 ····· 217
ABSTRACT ····· 220

표 목 차

<표 1> 학년별 증강현실의 활용 연구 ····· 27
<표 2> 교육 분야별 증강현실의 활용 연구 ····· 28
<표 3> 과학 교육 맥락에서 증강현실의 이용 형태 ····· 30
<표 4> 교육 맥락에서 증강현실의 장점 및 단점 ····· 34
<표 5> 증강현실 활용 학습의 교수학습 효과 ····· 38
<표 6> 매개 변인에 따른 증강현실의 교육적 효과 ····· 39
<표 7> 과학 분야에서 증강현실의 활용 사례 ····· 46
<표 8> 관찰형 증강현실과 조작형 증강현실의 특징 비교 ····· 48
<표 9> 화학 교육에서 증강현실 활용의 교육적 장점 ····· 50
<표 10> 과학 교육에서 증강현실의 매체적 특징 ····· 54
<표 11> 과학 교육 맥락에서 증강현실 기반의 국외 연구:2014년~2018년 ·· 58
<표 12> 과학 교육 맥락에서 증강현실 기반의 국외 연구:2018년~2021년 ·· 59
<표 13> 과학 교육 맥락에서 증강현실 기반의 국내 연구:2008년~2021년 ·· 61
<표 14> 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학습 환경별 효과 및 특징 · 71
<표 15> 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에 관한 선행 연구 ····· 74
<표 16> 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 외적 학습 환경의 분류틀 ··· 77
<표 17> 증강현실을 활용한 소집단 학습의 학습 환경 ····· 79
<표 18> 마커와 스마트 기기 수에 따른 도구 사용 환경 ····· 82
<표 I-1> 도구 사용 환경과 자기조절 수준에 따른 연구 참여자 수 ····· 87
<표 I-2> 화학 결합에 대한 조작형 증강현실 애플리케이션의 설계 방향 ·· 90
<표 I-3> 원자 마커의 종류와 이를 조합하여 만들 수 있는 결합 모형 ····· 98
<표 I-4> 차시별 수업 및 소집단 학습 내용 ····· 100
<표 I-5> 몰입 검사의 하위 요소와 신뢰도 ····· 105
<표 I-6> 상황 흥미 검사의 하위 요소와 신뢰도 ····· 106
<표 I-7> 변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 동변량성 검정 결과 ····· 108
<표 I-8> 자기조절 수준에 따른 개념 이해도 검사 점수의 평균과 표준 편차 ·· 109
<표 I-9> 개념 이해도 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과 ····· 110
<표 I-10> 자기조절 수준에 따른 물입 검사 점수의 평균과 표준 편차 ····· 111

〈표 Ⅰ-11〉 몰입 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과 ····· 111
〈표 Ⅰ-12〉 자기조절 수준에 따른 몰입의 하위 요소별 점수의 평균과 표준 편차 112
〈표 Ⅰ-13〉 몰입의 하위 요소별 점수 대한 이원 변량 분석 결과 ····· 113
〈표 Ⅰ-14〉 자기조절 수준에 따른 상황 흥미 검사 점수의 평균과 표준 편차 ··· 114
〈표 Ⅰ-15〉 상황 흥미 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과 ····· 114
〈표 Ⅰ-16〉 자기조절 수준에 따른 상황 흥미의 하위 요소별 점수의 평균과 표준 편차 116
〈표 Ⅰ-17〉 상황 흥미의 하위 요소별 점수에 대한 이원 변량 분석 결과 ···· 117
〈표 Ⅱ-1〉 담화 유형의 분석틀 ····· 130
〈표 Ⅱ-2〉 도구 사용 환경별 참여 유형의 빈도 및 백분율 ····· 139
〈표 Ⅱ-3〉 도구 사용 환경별 담화 유형의 빈도 및 백분율 ····· 144
〈표 Ⅲ-1〉 개별 진술 분석틀 ····· 161
〈표 Ⅲ-2〉 언어적 상호작용 분석틀 ····· 164
〈표 Ⅲ-3〉 물리적 상호작용 분석틀 ····· 169
〈표 Ⅲ-4〉 개별 진술의 빈도 ····· 172
〈표 Ⅲ-5〉 언어적 상호작용 빈도 ····· 176
〈표 Ⅲ-6〉 물리적 상호작용 빈도 ····· 181

그 림 목 차

<그림 1> 연구 개요 ····· 6
<그림 2> 증강현실의 정의 ····· 13
<그림 3> 마커 기반 증강현실 ····· 16
<그림 4> 위치 기반 증강현실 ····· 16
<그림 5> 증강현실에 관한 교수학습 이론 ····· 17
<그림 6> 멀티미디어 학습 이론 ····· 18
<그림 7> 과학 교육에서 증강현실의 매체적 특징 ····· 54
<그림 I-1> 도구 공유 환경 (1-1) ····· 87
<그림 I-2> 개별 도구 환경 (4-4) ····· 87
<그림 I-3> 비즈 구슬과 실을 사용한 화학 결합 모형 ····· 89
<그림 I-4> OHP 필름과 스티커를 사용한 화학 결합 모형 ····· 89
<그림 I-5> 연구에 사용한 다양한 원자 마커 ····· 92
<그림 I-6> 스마트 기기에 증강된 나트륨(Na)의 원자 모형 ····· 92
<그림 I-7> 염소(Cl) 마커와 나트륨(Na) 마커를 떨어뜨린 모습 ····· 93
<그림 I-8> 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형 ····· 93
<그림 I-9> 염소(Cl_2)의 공유 결합 모형 ····· 94
<그림 I-10> 산소(O_2)의 공유 결합 모형 ····· 94
<그림 I-11> 산화 마그네슘(MgO)의 이온 결합 모형 ····· 95
<그림 I-12> 원자 마커의 조작에 따른 결합 모형의 변화 ····· 95
<그림 I-13> 플루오린 분자(F_2)의 공유 결합 모형을 확대한 모습 ····· 95
<그림 I-14> 물 분자(H_2O)의 공유 결합 모형 ····· 97
<그림 I-15> 산소(O) 원자 마커와 수소(H) 원자 마커를 인접시킨 모습 ····· 97
<그림 I-16> 염화 마그네슘($MgCl_2$)의 이온 결합 모형 ····· 97
<그림 I-17> 산화 칼륨(K_2O)의 이온 결합 모형 ····· 97
<그림 I-18> 연구 절차 ····· 103
<그림 II-1> 본 연구에서 수업 상황 ····· 125
<그림 II-2> 연구 절차 ····· 127

〈그림 Ⅱ-3〉 도구 공유 환경에서 학생들의 영향 값 변화 ····· 148
〈그림 Ⅱ-4〉 개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 유형 Ⅰ ····· 149
〈그림 Ⅱ-5〉 개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 유형 Ⅱ ····· 151

부 록 목 차

<부록 Ⅱ-1> 도구 사용 환경별 지식 형성 과정 ····· 217

제 1 장. 서 론

1. 연구 배경과 목적

정보통신기술의 혁신적 발달로 인해 증강현실(augmented reality, AR)과 같은 실감형 멀티미디어 기술과 첨단 디스플레이 매체가 빠르게 보편화됨에 따라 이에 관한 관심이 높아지고 있다. 증강현실은 현실 세계에 3차원의 가상 객체를 실시간으로 혼합하여 표현한 기술로(Azuma, 1997), 실물형 인터페이스인 물리적 마커와 이를 인식하고 가상 객체를 나타낼 수 있는 디스플레이 매체로 구성된다(장상현, 계보경, 2007; Santos *et al.*, 2013). 과거에는 웹캠과 컴퓨터가 증강현실의 디스플레이 매체로 사용되었으나, 스마트폰이나 태블릿 등이 널리 보급된 최근에는 이러한 스마트 기기가 증강현실의 디스플레이 매체로 활용되고 있다. 특히 핸드헬드(hand-held) 방식의 스마트 기기는 마커를 자유롭게 비출 수 있고 가상 객체의 조작이나 변화를 관찰하기 용이하므로 웹캠보다 자연스러운 학습 환경을 제공한다. 이뿐만 아니라 스마트 기기가 대중화되면서 증강현실을 활용한 교수학습 환경 구축에 필요한 경제적 비용 문제도 상당 부분 해결되었다(박화정 등, 2009; 이운형, 2015). 이에 전 세계적으로 교육용 증강현실 콘텐츠가 꾸준하게 개발되고 있으며, 우리나라에서도 증강현실을 활용한 과학 실험 콘텐츠나 증강현실이 접목된 디지털 교과서를 개발 및 보급하는 등 증강현실에 대한 관심과 투자가 높아지고 있다(한국과학창의재단, 2015).

교육에서 증강현실은 주로 증강현실 책(AR books)이나 증강현실 게임, 모델링, 스킬 훈련 등의 매체로 활용된다(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 이러한 교수학습 매체들은 3차원 방식의 다감각적 정보, 실물형 인터페이스를 조작하는 경험과 즉각적인 피드백 등을 제공함으로써 증강현실과 학습자와의 상호작용을 중시하는 특징이 있다. 과학 교육 분야의 증강현실은 자석의 자기력선, 원자 구조, 화학결합 모형과 같이 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 실제 세계와 연결하여 시각화하고, 실제 사물이나 마커와 같은 물리적 객체를 조작하는 과정에서 나타나는 가상 세계의 변화를 탐색하는 특징이 있다(Arici *et al.*, 2019, Ibáñez *et al.*, 2014). 또한 증강현실은 학습자들 사이의 면대면 상호작용이나 온라인상에서 실시간 상호작용

을 활성화하는 특징을 가진다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Matcha & Rambli, 2011).

증강현실의 독특한 매체적 특징으로 인해 증강현실을 활용한 교수학습은 많은 장점이 있으며 학업 성취도, 동기, 흥미 등의 인지적 및 정의적 측면에서도 긍정적 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Akçayir & Akçayir, 2017). 예를 들어 증강현실을 사용한 집단은 전통적 학습 방법을 사용한 집단보다 능동적으로 학습에 참여하며 학습 내용을 쉽고 빠르게 이해하였고(Liu, 2009, Liu & Tsai, 2013), 증강현실로 학습한 내용을 오랫동안 기억하는 파지 효과가 높아졌다(Hou *et al.*, 2013). 또한 증강현실 기반의 학습 활동은 학습자가 즐기면서 배운다는 인식을 하게 하여 학습에 대한 긍정적 태도와 자신감, 흥미를 높인다(Diegmann *et al.*, 2015; Lu & Liu, 2015). 그러나 적지 않은 연구에서는 증강현실을 활용한 교수학습의 부정적 영향 또한 보고하고 있다. 예를 들어 학습자가 증강현실을 사용하는 과정에서 인지 부담을 느끼거나(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009), 디스플레이 화면상의 가상 객체에만 지나치게 몰두하여 학습에 집중하지 못하는 등의 한계점도 있었다(Dunleavy & Simmons, 2011). 따라서 증강현실의 활용 맥락이나 학습 환경 등을 고려하여 증강현실의 교육적 효과를 높이는 방법에 관한 연구가 진행될 필요가 있다.

증강현실의 조작 및 탐색 활동은 기존 멀티미디어 매체와 차별되는 증강현실의 독특한 매체적 특징 중의 하나이며, 이는 증강현실과 학습자와의 능동적 상호작용을 촉진하여 교수학습 효과를 높이는 유용한 방법이 될 수 있다. 특히 실물형 인터페이스를 지원하는 조작형 증강현실은 물리적 마커와 가상 객체에 대해 다양한 조작 활동이 가능하며 학습자에게 다양한 탐색적 경험을 제공한다(Chang, Chung, & Huang, 2016; Hsiao *et al.*, 2016). 즉, 학생들은 이동 및 회전, 확대 등 다양한 행동으로 물리적 마커와 가상 객체를 조작할 수 있으며, 이러한 조작 활동을 통해 가상 객체의 다양한 모습을 탐색할 수 있다. 증강현실의 조작 및 탐색 과정에서 학생들은 다감각적 정보를 얻고 증강현실 콘텐츠에 깊게 몰입하여 능동적인 학습을 할 수 있다(Diegmann *et al.*, 2015; Ibáñez *et al.*, 2014). 또한 학생들은 증강현실과 끊임없는 상호작용을 통해 학습 내용에 더욱 집중하여 학습 통제감, 자의식의 상실 등을 동반한 몰입감을 느끼고 학습에 대한 흥미가 높아진다(계보경, 김영수, 2008; Salmi, Thuneberg, & Vainikainen, 2017). 하지만 과학 교육 맥락에서 증강현실 이용

사례를 분석한 결과, 마커를 스마트 기기의 카메라로 비추면 준비된 동영상이 재생되거나 3차원 이미지를 제시하는 형태의 증강현실이 주로 활용되는 경향이 있었다(류혜주, 박헌우, 2017; 이지수 등, 2010; Lu & Liu, 2015). 이러한 유형의 증강현실은 가상 객체의 관찰에 초점을 두므로 학습자에게 다양한 조작 경험을 제공하기 어려워 증강현실과 학습자와의 상호작용 수준이 낮아지는 한계가 있다. 따라서 조작형 증강현실을 활용하는 방법은 증강현실의 독특한 매체적 특징을 모두 반영할 수 있을 뿐만 아니라, 증강현실의 교육적 효과를 높이는 데 유용할 것이다.

증강현실의 교수학습 효과를 높일 수 있는 또 다른 방법의 하나로 소집단 학습을 고려할 수 있다(Phon, Ali, & Halim, 2014; Wanis, 2019). 증강현실을 활용한 소집단 학습은 다수의 학생이 마커나 가상 객체를 조작하고 관찰하면서 목표 개념에 관해 자유롭게 탐구하고 토의할 수 있는 면대면의 협업 환경을 조성한다(Diegmann *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2011). 이는 학생들 사이의 원활한 상호작용과 협력을 촉진하고 의사소통 능력과 탐구 능력 함양에도 도움을 주며 사회적 구성주의에 따른 학습 환경과도 부합한다(Cheng & Tsai, 2013; Kamarainen *et al.*, 2013). 또한 증강현실의 교육적 효과를 메타 분석한 연구에서는 다양한 교수학습 방법 중에서도 학습자들 사이의 협력을 강조하는 방법이 가장 높은 효과가 있음을 보고하였다(Garzón *et al.*, 2020). 지금까지 이루어진 선행 연구에서도 개별 학습보다는 소집단 학습 상황에서 증강현실을 사용한 경우가 많았다(고영남, 김종우, 2012; Li *et al.*, 2011; Matcha & Rambli, 2011).

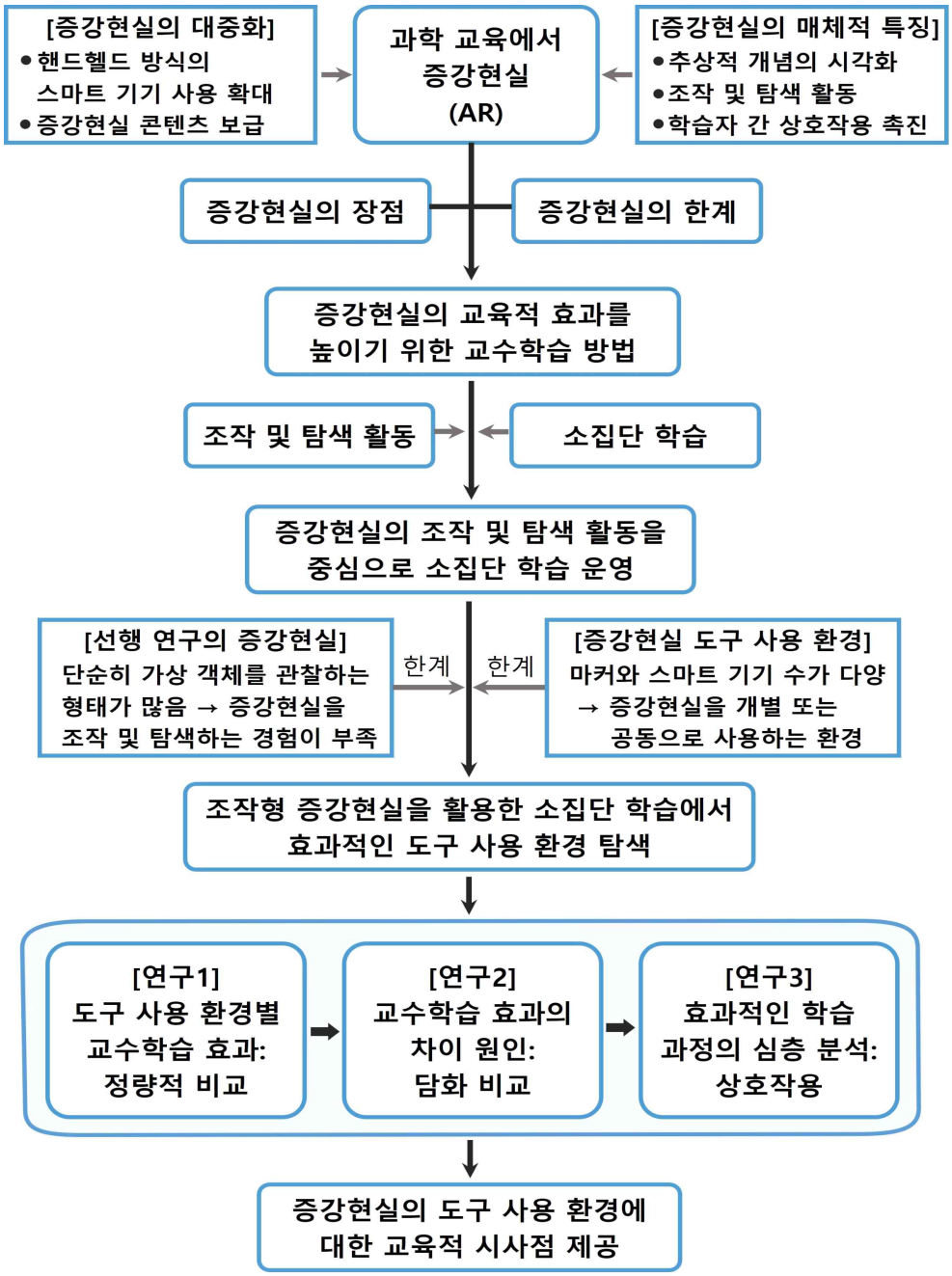
그러나 소집단 학습에 증강현실을 사용한 선행 연구 또한 다양한 도구 사용 환경에서 산발적으로 이루어졌으며 환경별 특징이나 장단점에 대한 별다른 고려 없이 교수학습 효과를 규명하는 데에만 중점을 두었다. 예를 들어 선행 연구(Li *et al.*, 2011; Nachairit & SrisawasdI, 2015)에서는 연구자에 따라 모둠에 제공하는 마커나 스마트 기기 수가 달랐으며 모둠원 수도 2~5명으로 다양하게 나타났다. 이와 같은 외적 환경 요소를 종합적으로 고려할 때, 증강현실의 도구 사용 환경은 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수에 따라 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 두 가지 유형으로 구분할 수 있었다. 첫째, 도구 공유 환경은 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 1개씩 제공하여 2인 이상의 모둠원이 증강현실을 공동으로 사용하는 환경이다. 예를 들어 Nachairit와 SrisawasdI(2015)의 연구에서는 3~5명으로 구성된 모

둠별로 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공하였으며, 모둠원들이 함께 모여 화면상의 중화 반응에 대한 입자 모형을 관찰하며 소집단 토의를 하였다. 둘째, 개별 도구 환경은 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기를 제공하여 모둠원들이 각자 증강현실을 사용하며 소집단 학습을 수행하는 환경이다. 예를 들어 Li 등(2011)의 연구에서는 2명의 모둠원이 마커와 스마트 기기를 각자 사용하면서 탄성 충돌을 주제로 토의하였다. 하지만 지금까지 두 가지 도구 사용 환경의 교수학습 효과나 특징을 비교하는 연구가 진행되지 않아 증강현실을 활용한 소집단 학습을 계획 및 수행하는 데 있어 효과적인 도구 사용 환경에 대한 정보가 거의 없는 실정이다.

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기 수 등의 외적 학습 환경 요소는 교수학습 효과에 직접적인 영향을 줄 수 있다(Dalim *et al.*, 2017; Garzón *et al.*, 2020). 또한 특별한 교수 전략 없이 멀티미디어 도구를 소집단 학습에 도입하게 되면 증강현실과 같은 매체가 협력학습에 유용하게 활용되지 않을 수도 있다(Hakkarainen, 2009). 따라서 마커와 스마트 기기와 같은 도구의 활용 방법을 중심으로 증강현실의 교육적 효과를 높일 수 있는 도구 사용 환경을 체계적으로 탐색할 필요가 있다. 도구 공유 환경에서는 모둠원들이 마커와 스마트 기기를 공동으로 사용하므로 증강현실 사용에 있어 불편함이 있으나(Baran *et al.*, 2019), 학습 활동이 더욱 협력적으로 이루어질 가능성이 있어 가상 객체나 목표 개념에 관한 토의는 활발하게 진행될 수 있다. 이러한 점에서 도구 공유 환경은 소집단 토의와 같이 학습자와 학습자 사이의 상호작용을 강조하는 특징이 있다. 반대로 개별 도구 환경에서는 모둠원들이 각자 마커와 스마트 기기를 사용하며 소집단 학습에 참여하므로 개인이 원하는 대로 증강현실을 사용할 수 있고 증강현실의 사용 기회 또한 많아지나, 다른 모둠원과 목표 개념에 관해 토의하는 빈도가 낮아질 수 있다. 즉, 개별 도구 환경은 증강현실 사용에 있어 개인의 주도성을 강조하는 특징이 있다. 하지만 위와 같은 주장은 문헌에 근거한 가설일 뿐, 도구 사용 환경별 효과나 특징, 소집단 학습 과정은 실증적 관점의 연구에 기초하여 설명할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 마커와 스마트 기기의 활용 방법에 초점을 두고, 조작형 증강현실을 사용한 소집단 과학 학습에서 효과적인 도구 사용 환경을 탐색하였다. 우선 연구 Ⅰ에서는 화학 결합에 대한 조작형 증강현실 애플리케이션을 개발하고, 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 대해 조작형 증강현실을 사용한 소집단 학습을

하였다. 그 후, 학생들의 개념 이해나 몰입, 상황 흥미를 조사하여 폭넓은 관점에서 두 가지 도구 사용 환경별 교수학습 효과를 정량적으로 비교하였다. 연구 Ⅱ에서는 각 도구 사용 환경에 대해 소집단 학습 과정에서 나타난 담화를 분석하여 교수학습 효과의 차이가 나타난 원인을 분석하였다. 즉, 구체적 관점에서 연구 Ⅱ의 담화 비교를 통해 연구 Ⅰ의 정량적 결과를 보완하였으며, 효과적인 도구 사용 환경 또한 선정하였다. 마지막으로 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ의 후속 연구로 진행된 연구 Ⅲ에서는 효과적인 도구 사용 환경을 심층적으로 조사하기 위해 학습자들 사이에 나타나는 언어적 상호작용과 증강현실과 학습자와의 물리적 상호작용을 분석하였다. 이상의 연구를 통해 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기 수가 다른 도구 사용 환경들의 장단점과 특징을 제시하고, 효과적인 소집단 학습 전략을 수립하는 데 필요한 교육적 시사점을 제공하였다. 연구 배경 및 목적, 연구 내용을 도식화한 연구 개요는 <그림 1>과 같다.


[증강현실의 대중화]
● 핸드헬드 방식의 스마트 기기 사용 확대
● 증강현실 콘텐츠 보급
과학 교육에서 증강현실 (AR)
[증강현실의 매체적 특징]
● 추상적 개념의 시각화
● 조작 및 탐색 활동
● 학습자 간 상호작용 촉진
증강현실의 장점
증강현실의 한계
증강현실의 교육적 효과를 높이기 위한 교수학습 방법
조작 및 탐색 활동
소집단 학습
증강현실의 조작 및 탐색 활동을 중심으로 소집단 학습 운영
[선행 연구의 증강현실]
단순히 가상 객체를 관찰하는 형태가 많음 → 증강현실을 조작 및 탐색하는 경험이 부족
한계
한계
[증강현실 도구 사용 환경]
마커와 스마트 기기 수가 다양 → 증강현실을 개별 또는 공동으로 사용하는 환경
조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 효과적인 도구 사용 환경 탐색
[연구1]
도구 사용 환경별 교수학습 효과: 정량적 비교
[연구2]
교수학습 효과의 차이 원인: 담화 비교
[연구3]
효과적인 학습 과정의 심층 분석: 상호작용
증강현실의 도구 사용 환경에 대한 교육적 시사점 제공

<그림 1> 연구 개요

2. 연구 문제

이 연구에서는 조작형 증강현실을 활용하여 소집단 과학 학습을 수행할 때 증강현실의 도구 사용 환경별 교수학습 효과를 비교하고 소집단 학습 과정을 탐색하였다. 우선 화학 결합을 주제로 조작형 증강현실 애플리케이션을 설계 및 개발하였으며, 학습자가 마커와 가상 객체를 중심으로 다양한 조작 및 탐색 활동이 가능하도록 증강현실 콘텐츠를 구성하였다. 선행 연구를 분석하여 마커와 스마트 기기 수에 따라 증강현실의 도구 사용 환경을 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 두 가지 유형으로 분류하였다. 이때 도구 공유 환경은 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 1개씩만 제공하여 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용하는 환경이며, 개별 도구 환경은 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기를 제공하여 모둠원들이 증강현실을 각자 사용하는 환경이다. 두 가지 도구 사용 환경에서 증강현실을 활용한 소집단 학습을 진행하였으며, 도구 사용 환경별 교수학습 효과를 비교하고 효과적인 소집단 학습 과정을 조사하기 위해 연구 Ⅰ~Ⅲ을 수행하였다.

연구 Ⅰ에서는 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 대해 인지적 및 정의적 측면의 교수학습 효과를 정량적으로 비교하였다. 이때 자기조절 수준에 따른 교수학습 효과를 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미의 세 가지 측면에서 조사하였다. 연구 Ⅱ는 연구 Ⅰ의 후속 연구로서 도구 사용 환경이 달라질 때 교수학습 효과에서 차이가 나타난 이유를 분석하였다. 이를 위해 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 담화를 분석하였으며, 도구 사용 환경별 참여 유형 및 담화의 유형, 지식 형성 과정을 비교하였다. 또한 교수학습 효과에서 차이의 원인을 조작형 증강현실 사용 과정에서 드러난 개인의 역할과 증강현실 사용이 담화에 미치는 영향과 관련지어 고찰하였다. 마지막으로 연구 Ⅲ에서는 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ를 바탕으로 효과적인 도구 사용 환경을 선정하고, 이때 나타난 소집단 학습 과정을 심층적으로 이해하기 위해 언어적 상호작용과 물리적 상호작용을 분석하였다. 이와 더불어 언어적 상호작용에 따른 물리적 상호작용의 연계성을 분석하여 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타나는 특징을 파악하였다. 연구 Ⅰ~Ⅲ의 결과에 근거하여 조작형 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에서 마커와 스마트 기기 수가 다른 도구 사용 환경의 장단점을 설명하고 증강현실의 교육적 효과를 높이는 방안을 제시하였다.

3. 연구의 제한점

이 연구는 다음과 같은 제한점을 지닌다. 첫째, 이 연구는 서울특별시에 소재한 남녀 공학 고등학교 1학년 학생들을 대상으로 연구를 진행하였다. 학교의 학습 분위기, 학생들의 증강현실 사용 경험 등의 배경 요소가 연구 결과에 영향을 줄 가능성이 있으며, 이에 관한 연구 참여자의 배경이 모집단의 비율과 차이가 있다. 따라서 연구 Ⅰ의 결과를 우리나라 고등학생 전체에 대해 일반화하는 데 한계가 있다.

둘째, 이 연구의 수업 처치는 증강현실 오리엔테이션을 포함한 연습 수업 1차시와 화학 결합에 대한 본 수업 2차시로 구성되며, 2~3주 동안 수업 처치를 진행하였다. 비록 연습 수업에서 학생들에게 증강현실 사용에 익숙해질 수 있는 활동을 제공했을지라도, 증강현실과 같은 새로운 매체에 대한 개인의 친숙함이나 역량 차이는 교수학습 효과에 영향을 주었을 가능성이 있다. 또한 증강현실을 활용한 소집단 학습이 비교적 짧은 기간 동안 진행되었기 때문에 학생들이 새로운 교수학습 방법을 내면화하여 실천하는 데 한계가 있어, 연구 Ⅰ에서 증강현실의 교육적 효과가 충분히 나타나지 않았을 가능성도 있다.

셋째, 이 연구의 목표는 증강현실을 개별 또는 공동으로 사용하는 두 가지 도구 사용 환경에 대해 교수학습 효과를 비교하는 것이다. 이때 학급 분위기 등 다른 변인의 영향을 최소화하기 위해 한 교실에 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 모둠을 고르게 편성하였다. 하지만 도구 사용 환경이 다른 모둠이 물리적으로 가까운 거리에 있어 특정 모둠의 소집단 학습이 도구 사용 환경이 다른 모둠에 의해 영향을 받을 수 있다. 예를 들어 모둠에 마커와 스마트 기기가 1개씩 주어진 도구 공유 환경의 학생들은 증강현실을 개별로 사용하는 다른 모둠의 학습 상황을 관찰할 수 있으며, 이는 증강현실을 공동으로 사용하는 학생들의 흥미나 학습 동기 등에 영향을 줄 수 있다. 따라서 두 가지 도구 사용 환경을 비교하는 맥락에서 진행된 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ의 결과를 해석할 때, 도구 사용 환경이 다른 모둠 사이에서 상호작용 효과가 나타날 수 있다는 것에 유의할 필요가 있다.

넷째, 이 연구에서는 화학 결합 주제의 조작형 증강현실을 개발하고 이를 소집단 학습에 활용하였다. 조작형 증강현실은 물리적 마커와 가상 객체를 중심으로 다양한 조작 및 탐색 활동이 가능한 특징을 가진다. 즉 학습자는 원자 마커를 다양하

게 조합하거나 이동하면서 가상 객체인 화학 결합 모형의 생성 과정을 탐색할 수 있다. 하지만 조작형 증강현실은 사용법이 단순하지 않아서 초등학생이나 중학생 대상으로는 이를 효과적으로 활용하기 어려우며, 조작형 증강현실에 적합한 학습 주제나 상황이 있음을 유의해야 한다. 예를 들어 온도에 따른 용해도 변화는 증강현실 콘텐츠에 다양한 조작 활동을 포함하기 어려우며, 가상 객체인 입자 모형을 관찰하는 용도로 증강현실 콘텐츠를 설계하는 것이 효과적이다. 따라서 이 연구의 학습 상황과 달리 초등학생이나 중학생이 관찰형 증강현실을 사용하는 학습 상황에서는 연구 Ⅱ와 연구 Ⅲ에서 제시한 담화의 유형이나 빈도, 상호작용 등이 다르게 나타날 수 있다.

다섯째, 증강현실을 활용한 소집단 학습은 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수뿐만 아니라, 모둠원 수와 기기의 종류, 의사소통 방법 등과 같이 다양한 외적 학습 환경 요소에 따라 교육적 효과가 달라질 수 있다. 하지만 국내외 선행 연구를 분석한 결과, 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 외적 학습 환경을 비교하는 맥락에서 진행된 연구는 거의 없는 실정이다. 특히 이 연구는 소집단 학습에 증강현실을 사용할 때 외적 학습 환경의 영향을 조사한 초기 연구의 성격을 지닌다. 현시점에서 도구 사용 환경을 제외한 다른 외적 환경 요소의 영향까지 모두 고려하여 분석하기에는 한계가 있었다. 이 연구의 결과를 해석할 때 효과적인 도구 사용 환경이 탐구 주제나 모둠원 수에 따라 달라질 수 있으며, 증강현실 구현에 사용한 기기의 종류 또한 도구 사용 환경에 영향을 줄 수 있음을 고려해야 한다.

마지막으로 이 연구는 증강현실을 개별 또는 공동으로 사용하는 두 가지 도구 사용 환경에 대해 교수학습 효과와 소집단 학습 과정을 탐색하는 것을 목표로 하였다. 이 연구에서는 별다른 교수학습 전략을 도입하지 않고, 있는 그대로의 소집단 학습 상황을 분석하는 데 초점을 두었다. 특히 연구 Ⅲ에서는 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ를 바탕으로 효과적인 도구 사용 환경에 대해서만 상호작용을 분석하였으나, 만약 도구 사용 환경별로 특별한 교수학습 전략을 도입한다면 교수학습 효과나 상호작용이 달라질 수 있음에 유의할 필요가 있다.

4. 용어의 정의

이 연구에서 사용하는 주요 용어는 다음과 같은 정의로 사용하였다.

(1) 증강현실(augmented reality, AR)

증강현실은 현실 세계에 3차원의 가상 객체를 이음새 없이(seamless) 실시간으로 혼합하여 제시하는 기술로(Azuma, 1997; Milgram & Kishino, 1994), 학습자는 증강현실을 조작 및 탐색하는 과정에서 몰입감(immersion)과 현존감(presence)을 느끼게 되며 이는 증강현실이 동영상과 같은 기존의 멀티미디어 매체와는 차별되는 요소이다(Cheng & Tsai, 2013; Wu *et al.*, 2013). 증강현실은 일반적으로 스마트 기기와 같이 카메라를 포함한 디스플레이 매체(display device), 카메라의 촬영 대상이 되며 가상 객체를 증강시키는 매개체 역할을 하는 마커(marker), 촬영 영상 위에 실시간으로 증강되어 나타나는 3차원 컴퓨터 그래픽인 가상 객체(virtual object)로 구성된다(장상현, 계보경, 2007).

(2) 조작형 증강현실(manipulative augmented reality)

증강현실은 학습자와의 상호작용을 촉진하고 능동적 학습 경험을 제공하기 위해 다양한 조작 및 탐색 활동이 가능한 독특한 매체적 특징을 지닌다(Cheng & Tsai, 2013; Xu *et al.*, 2022). 이러한 매체적 특징을 강조한 조작형 증강현실은 학습자가 마커나 가상 객체를 조작하며 가상 객체의 다양한 변화를 탐색하도록 실물형 인터페이스를 지원한다(장상현, 계보경, 2007; Hsiao *et al.*, 2016; Shelton & Hedley, 2004). 즉, 학습자가 스마트 기기 화면을 보면서 손으로 마커의 배열, 이동 등을 조작하면 가상 객체의 변화 과정이나 결과가 실시간으로 제시되며, 가상 객체에 대해서도 확대, 회전 등의 조작을 통해 다양한 변화를 탐색할 수 있다. 비록 일반적인 증강현실도 가상 객체에 대해서만 약간의 조작이 가능하나, 조작형 증강현실은 마커에도 목표 개념에 관한 의미를 부여할 수 있어 마커와 가상 객체에 대한 조작과 탐색이 유기적으로 연결된 특징이 있다(Chang, Chung, & Huang, 2016).

(3) 물리적 상호작용(physical interaction)

증강현실 활용 학습에서는 증강현실과 학습자와의 상호작용이 중요한 역할을 한다. 이때 학습자가 증강현실이나 활동지와 같은 학습 객체를 물리적으로 다루는 활동을 물리적 상호작용으로 정의한다(Matcha & Rambli, 2013). 이 연구에서 학생들의 물리적 상호작용 대상에는 활동지와 마커, 디스플레이 매체의 화면상에 존재하는 가상 객체가 모두 포함된다.

(4) 소집단 학습(small group learning)

소집단 학습은 편의상 학생 2~6명을 한 모둠으로 구성하고 모둠원들이 공동의 목표를 성취하기 위해 함께 노력하는 형태의 학습 유형이다(한재영, 2003). 교육 연구 맥락에서 소집단 학습은 장기간에 걸쳐 협력학습(collaborative learning)과 협동학습(cooperative learning)의 두 가지 형태로 주류를 형성하였다(Davidson & Major, 2014). 이 연구의 맥락에서 소집단 학습은 모둠원들이 공동의 목표를 달성하기 위해 협업하고 상호작용을 통한 문제 해결 및 지식 구성을 중시하는 협력학습이다.

(5) 증강현실의 도구 사용 환경(environments for using AR tools)

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 외적 학습 환경은 의사소통 방법, 모둠원 수, 기기의 종류, 모둠에 제공하는 마커나 스마트 기기 수 등으로 분류할 수 있다(Phon, Ali, & Halim, 2014; Wanis, 2019; Wu *et al.*, 2013). 이때 도구적 측면의 학습 환경인 마커와 스마트 기기 수는 모둠원 수와 결합하여 소집단 학습 과정에서 특별한 도구 사용 환경을 제공한다. 즉, 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경은 모둠에 주어진 마커와 스마트 기기 수에 따라 달라진다. 예를 들면 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 1개씩 제공(1-1: 마커 1개, 스마트 기기 1개)하여 증강현실 사용에서 모둠원들의 협력을 중시하는 환경을 구성할 수 있다. 또한 학생 4명으로 구성된 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 각각 4개씩 제공(4-4: 마커 4개, 스마트 기기 4개)하여 증강현실 사용에서 개인의 주도성을 중시하는 환경을 구성할

수 있다. 증강현실 사용에서 협력과 주도성의 조화를 추구하기 위해 학생 4명으로 구성된 한 모둠에 마커 4개와 스마트 기기 1개를 제공(4-1)하거나, 마커 1개와 스마트 기기를 4개를 제공(1-4)하는 등의 다양한 조합의 도구 사용 환경도 가능하다.

하지만 선행 연구에서는 소집단 과학 학습의 참여 학생들이 증강현실을 공동으로 사용하거나 개별로 사용하는 두 가지 유형의 도구 사용 환경이 주로 나타났다. 이에 이 연구에서는 각각의 유형을 도구 공유 환경(sharing tools environment)과 개별 도구 환경(individual tools environment)으로 명명하였다. 우선 도구 공유 환경은 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용하며, 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공(1-1)하는 환경이다. 다음으로 개별 도구 환경은 모둠원들이 증강현실을 각자 사용하며 소집단 학습에 참여하고, 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기 수를 제공하는 환경이다. 만약 학생 4명을 한 모둠으로 구성하면 모둠별로 마커와 스마트 기기를 각각 4개씩 제공(4-4)한다.

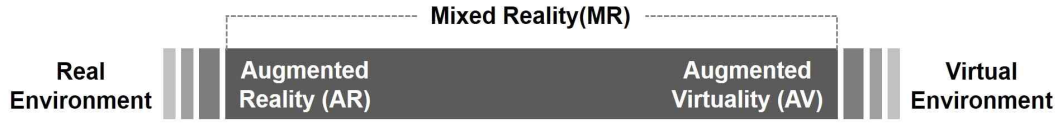
제 2 장. 이론적 배경 및 선행 연구

1. 증강현실 활용 학습

1.1 증강현실의 개념 및 분류

(1) 증강현실의 개념

증강현실(AR)이란 현실 세계에 3차원의 가상 객체를 실시간으로 혼합하여 표현한 기술이다(Azuma, 1997). 보통 증강현실의 개념적 속성은 혼합 현실(Mixed Reality)의 연속성 맥락에서 가상현실(Virtual reality: VR)과 비교하여 이해할 수 있다. Milgram과 Kishino(1994)가 제시한 분류틀(그림 2)에서 오른쪽 끝에 위치한 가상현실(또는 가상 환경)은 컴퓨터가 만들어낸 가상 공간에 학습자를 몰입하게 하는 기술인 반면, 증강현실은 실제 환경과 가상현실의 중간에 위치하고 있으며 학습자의 실제 환경에 가상의 정보를 혼합하여 실시간으로 제시하는 특징이 있다. 가상현실이 실제 환경을 컴퓨터의 가상 공간으로 완전히 대체하는 것이라면 증강현실은 기존의 실제 환경에 관한 정보를 유지하는 점에서 차이가 있다(장상현, 계보경, 2007). 또한, 혼합현실은 증강현실(AR)과 증강가상(AV)으로 구분하는데, 이때 증강가상은 가상 환경을 바탕으로 하고 실제 이미지를 덧붙이는 형태의 기술이다.



<그림 2> 증강현실의 정의 (Milgram & Kishino (1994)의 그림을 수정)

증강현실의 개념적 속성에는 실제와 가상 세계의 혼합, 학습자와 증강현실의 실시간 상호작용, 3차원의 가상 객체가 모두 포함된다(Azuma, 1997). 이를 고려하면 증강현실은 학습자에게 실제 세계에 가상의 정보를 투영시켜 제시하며 학습자가

증강현실과 실시간으로 상호작용할 수 있어야 한다. 일반적으로 증강현실은 마커와 이를 인식하여 가상 객체를 구현하는 디스플레이 매체로 구성된다(장상현, 계보경, 2007; Santos *et al.*, 2013). 물리적 객체인 마커를 카메라가 인식하면 디스플레이 매체의 화면에 가상 객체가 나타나게 된다. 특히 증강현실 애플리케이션이나 프로그램에는 학습자가 가상 객체를 이동, 회전, 확대, 변화 등을 탐색하도록 조작 기능을 포함하는 경우가 많다. 이와 더불어 마커의 이동이나 회전, 배열 등과 같이 마커를 조작함에 따라 가상 객체가 변하거나 새로운 가상 객체가 화면상에 나타나도록 구성할 수 있다. 학습자는 증강현실의 물리적 객체인 마커와 가상 객체를 능동적으로 조작하고 탐색하는 과정에서 현존감 및 몰입감, 흥미를 느낄 수 있으며 이는 증강현실이 그림이나 동영상과 같은 과거의 시각 자료와 차별화되는 요소이다(계보경, 김영수, 2008; Cheng & Tsai, 2013; Wu *et al.*, 2013). 예를 들어 동영상의 경우 학습자가 정해진 콘텐츠를 수동적으로 관찰하기 때문에 자유로운 탐색적 활동을 하는데 한계가 있지만, 실물형 인터페이스(tangible user interface)를 활용하는 증강현실에서는 학습자가 손으로 물리적 대상을 만지고 움직이면서 가상 객체를 조작 및 탐색할 수 있다.

(2) 증강현실의 분류

정보통신기술의 발달에 따라 증강현실을 구현하는 기술과 관련 장비의 종류도 다양하게 변하고 있다. 예를 들어 초기에는 데스크톱 컴퓨터를 주된 하드웨어로 사용했으나 스마트 기술의 발달에 따라 최근에는 스마트폰이나 태블릿 등의 스마트 기기를 이용하여 증강현실을 구현하고 있다. 이때 이러한 기기에 연결된 카메라가 특정 정보를 인식 및 식별하는 데 사용되었지만, 최근에는 기기에 내장된 GPS 센서를 활용한 증강현실도 사용할 수 있게 되었다. 이러한 기술적 요소는 증강현실을 분류하는 기준으로 사용된다.

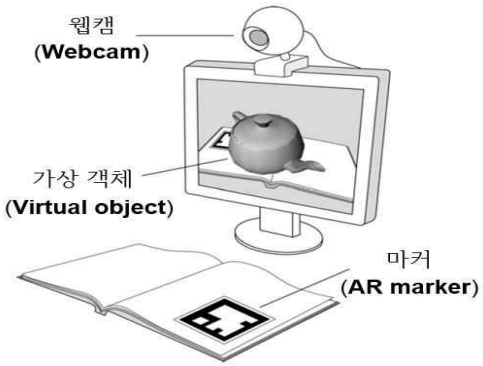
Pence(2010)는 마커 기반 증강현실(marker-based AR)과 마커 없는 증강현실(markerless AR)의 2가지 관점에 따라 증강현실을 분류하였다. 마커는 QR 코드와 같이 웹캠이나 스마트 기기의 카메라가 인식하는 문양인데, 마커 기반 증강현실에서는 마커를 물리적인 학습 도구나 카드에 붙여서 사용하는 특징이 있다. 마커 없

는 증강현실은 스마트 기기의 카메라가 학습자 주위의 실제 사물을 평면 인식하여 적절한 위치에 3D 정보를 증강하는 특징이 있는데, 스마트 기기에 연동된 카메라의 인식 기술이 초기 단계임을 고려하면 아직까지 마커 없는 증강현실은 널리 사용되지 못하는 실정이다.

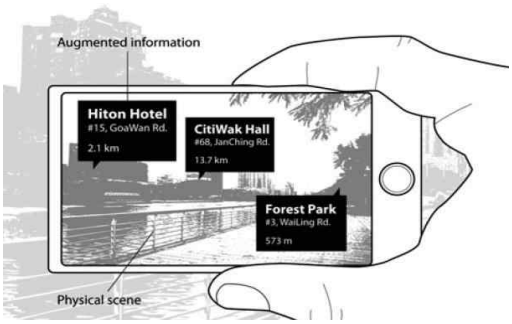
Cheng과 Tsai(2013)는 증강현실을 이미지 기반 증강현실(image-based AR)과 위치 기반 증강현실(location-based AR)로 분류하고 각각의 특징을 비교하였다. 이미지 기반 증강현실은 인공적인 마커 또는 자연 상태의 그래픽을 인식 문양으로 사용한다. 이때 전자는 인공적인 마커를 사용하는 점에 있어 마커 기반 증강현실과 같으며(그림 3), 후자는 마커 없는 증강현실이 더욱 발전된 형태로 간주할 수 있다. 인공적인 마커를 사용하는 증강현실의 구성과 운영 방법은 웹캠과 마커, 컴퓨터를 통해 모니터의 화면상에서 가상 객체를 포함하는 세부 정보를 확인하는 형태이다(Linn, 2003). 특히 마커 기반 증강현실에서는 Núñez 등(2008)의 연구 사례와 같이 마커를 조작하여 3차원의 가상 객체에 변화를 줄 수 있으며, 최근에는 마커 기반 증강현실을 사용하기 위해 컴퓨터 대신 카메라를 포함하는 태블릿과 같은 스마트 기기로 대체하는 실정이다. 이미지 기반 증강현실에서 자연 상태의 그래픽을 사용하는 사례로, 카메라가 실제 사람의 얼굴을 인식하여 스마트 기기의 화면상에 가상 객체를 실제 모습에 덧붙이는 경우나 레스토랑의 광고를 카메라로 비추면 기기 화면에 3차원의 가상 객체가 나타나는 경우가 있다(Ajanki *et al.*, 2011). 이처럼 인공적인 마커 대신 실제 모습 그대로를 증강현실의 인식 문양으로 사용하는 방향으로 인식 기술이 점차 발전하고 있다.

위치 기반 증강현실은 무선 인터넷 또는 GPS 시스템을 인식 코드로 사용하기 때문에 학습자가 어떤 장소의 특정 위치에서 스마트 기기의 애플리케이션을 실행하면 화면상에 가상의 정보가 제시되는 특징이 있다(Cheng & Tsai, 2013, 그림 4). 예를 들어 Kamarainen 등(2013)의 연구에서는 중학생을 대상으로 위치 기반 증강현실을 사용하여 하천의 생태에 관한 현장 학습을 수행하였다. 이때 학생이 스마트 기기의 애플리케이션을 실행한 상태로 호수의 특정 위치에 도달하면 이곳에 사는 어류의 정보가 스마트 기기의 화면상에 제시되었다. 위 사례와 같이 위치 기반 증강현실은 학습자에게 특정 장소에서 실시간으로 가상의 정보를 실제 모습에 덧붙여 제시하는 특징이 있다.

이를 요약하면 일반적으로 증강현실은 마커 기반 증강현실과 위치 기반 증강현실로 구분할 수 있다. 특히 정보통신기술이 발전함에 따라 마커 기반 증강현실에는 스마트폰이나 태블릿 등의 스마트 기기를 디스플레이 매체로 사용하는 경향이 있다. 또한 위치 기반 증강현실은 GPS 시스템을 사용하여 학습자의 위치 정보가 변함에 따라 스마트 기기 화면에 다양한 가상 객체가 표현되며, 이는 현장 학습에 적합한 증강현실로 여겨진다.



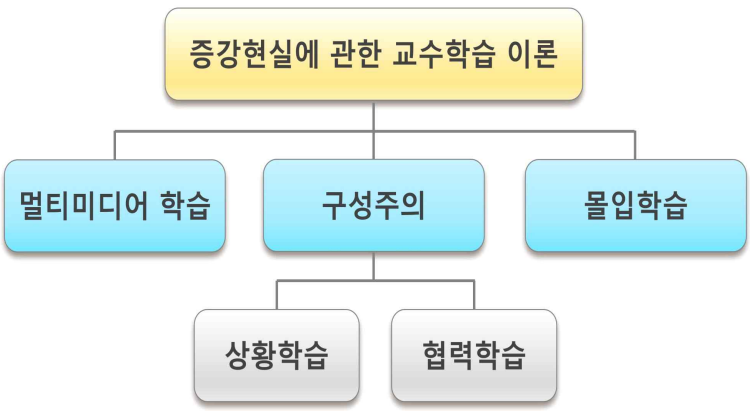
<그림 3> 마커 기반 증강현실
(Lin *et al.*, (2011)의 그림을 수정)



<그림 4> 위치 기반 증강현실
(Cheng & Tsai (2013))

1.2 증강현실에 관한 교수학습 이론

증강현실을 교육에 활용하기에 앞서 연구자들은 증강현실의 이론적 기반이 될 수 있는 교수학습 이론에 관심을 가졌다. 특히 연구자들은 증강현실의 설계나 증강현실 활용 학습에 대해 교육 분야에서 널리 알려진 교수학습 이론으로 설명하였으며, 이때 증강현실에 적합한 교수학습 이론의 내용에 대해 증강현실의 독특한 특성을 반영하여 재구성 및 발전시키고 있다. 현재 증강현실에 관한 교수학습 이론은 멀티미디어 학습, 구성주의, 몰입학습으로 구분할 수 있으며, 이때 구성주의는 상황학습과 협력학습으로 세분할 수 있다(그림 5). 다음 절에서는 각각의 교수학습 이론의 핵심 내용을 제시하고, 이러한 내용 요소들과 증강현실 특성과의 관련성을 설명하고자 한다.

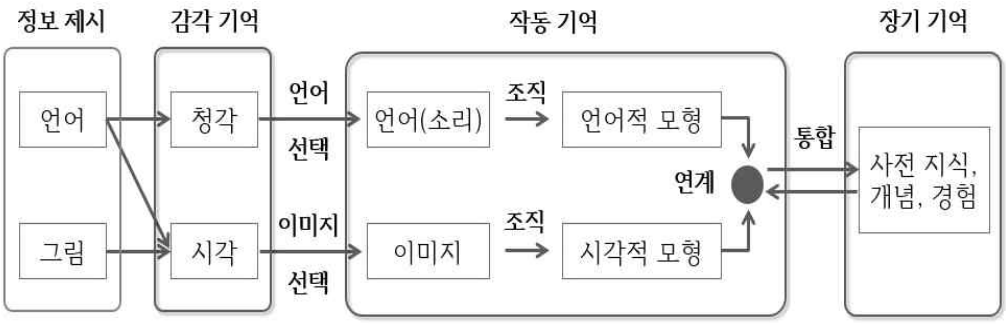


<그림 5> 증강현실에 관한 교수학습 이론

(1) 멀티미디어 학습 이론

다양한 연구자들(Goff *et al.*, 2018; Wei *et al.*, 2015)은 Mayer(2005)가 제시한 멀티미디어 학습 이론이 증강현실을 활용한 학습이나 증강현실 콘텐츠 개발의 이론적 근거가 된다고 설명하고 있다. 멀티미디어 학습에서는 시각과 청각의 이중 부호화 이론(dual coding theory) 및 제한된 기억 용량 이론(limited capacity theory), 정

보의 선택과 조직, 통합을 강조하는 능동적 학습 이론(active learning theory)을 기본 가정으로 제시한다. 멀티미디어 학습 이론에 따르면 글과 그림과 같은 외적 표상은 학습자의 감각 기억에 입력되고 학습자는 작동 기억 속에서 선택한 언어적 및 시각적 정보를 내적 표상으로 전환하는 조직 과정을 수행한다. 그 후, 학습자는 장기 기억 속의 사전 지식이나 개념, 경험을 바탕으로 내적 표상을 연결하는 통합 과정을 거쳐 의미를 구성하게 된다(그림 6).



<그림 6> 멀티미디어 학습 이론(Mayer, 2005)

멀티미디어 학습 이론에 따라 잘 설계된 증강현실(well-designed AR)은 구성주의적 학습 환경에서 글과 그림, 동영상 등의 다양한 정보들이 연계 및 협력하여 개인의 의미 구성을 촉진한다(Garzón *et al.*, 2020; Goff *et al.*, 2018). Sommerauer와 Müller(2014)는 증강현실이 멀티미디어 학습 이론과 밀접한 관련이 있음을 주장하였다. 첫째, 멀티미디어 원리(multimedia principle)에 따르면 학습 과정에서 글과 같은 언어적 정보와 그림과 같은 시각적 정보를 함께 제시하는 것이 각각의 정보를 따로 제시하는 것보다 높은 효과를 보여준다. 증강현실은 실제 환경에 글과 그림으로 나타낸 가상의 정보를 함께 제시하는 특징이 있으며 여기에는 기존의 물리적 객체에 가상의 언어적 정보를 추가하는 것뿐만 아니라, 3차원 형태의 이미지를 추가하는 것도 포함된다. 둘째, 공간적 및 시간적 근접성(spatial and temporal contiguity) 이론은 상호 관련된 글과 그림의 정보들이 디스플레이 매체와 같은 학습 공간에 가깝게 위치해야 하며, 정보를 제시할 때의 시간 차이를 최소화하는 것이 학습자의 인지 부담을 줄여 학습 효과를 높인다고 설명한다. 증강현실은 물리적 객체에 시간적 및 공간적 관계를 일치시켜 가상의 정보를 적절히 배치하기 때문에 학습자의

인지 부담을 줄일 수 있는 장점이 있다. 셋째, 양식 원리(modality principle)에 따르면 학습자는 글보다는 귀로 들리는 청각적 양식을 통해 많은 정보를 얻기 때문에 시각적 정보와 청각적 정보를 적절하게 융합하는 방향으로 학습을 설계해야 한다. 이 원리에 따라 학습 경험 전반에 청각적 정보를 제시하는 방향으로 증강현실 콘텐츠를 구성할 수 있으며, 최근에는 모바일 기기를 중심으로 증강현실이 구현되기 때문에 해당 기기에 이어폰이나 헤드셋을 장착하여 학습자가 청각적 정보를 접하는 경험을 확대할 수 있다. 마지막으로 신호 이론(signaling principle)은 강조 표시나 화살표와 같은 시각적 도구를 신호로 하여 학습자가 핵심 내용을 쉽게 파악할 수 있도록 하는 것이다. 증강현실도 가상의 이미지나 글에 학습자의 관심을 유도하도록 시각적 표시를 할 수 있으며, 이러한 학습의 중요한 단서들은 학습자가 핵심 요소를 서로 연결하여 이해하는 데 도움이 될 것이다.

멀티미디어 이론에 따라 설계된 증강현실은 인지 부담을 낮추고 목표 개념에 관한 의미 구성에 효과적이라는 장점에도 불구하고(Wu *et al.*, 2018), 적지 않은 연구에서는 증강현실이 학습자의 인지 부담을 낮추지 못하거나 관련 정보들의 통합에 별다른 영향을 주지 못하는 단점을 제시하고 있다(Akçayir *et al.*, 2016; Cheng & Tsai, 2013). 증강현실을 사용하는 과정에서 유발되는 인지 부담은 증강현실 콘텐츠 설계의 문제와 증강현실과 상호작용하는 과정에서 학습자가 자신의 정신 모형을 구성하지 못하는 문제에 기인한다(Sweller, 1994). 예를 들면 증강현실 콘텐츠를 설계할 때 멀티미디어 이론과 부합하지 않는 점이 있는 경우나 증강현실의 물리적 및 가상 객체와의 유의미한 상호작용을 하지 못하는 경우, 학습자가 정신 모형을 원활하게 구성하지 못할 수 있다. 또한, Dunleavy와 Dede, Mitchell(2009)의 연구에서는 학습자가 실제 세계의 물리적 객체에 가상 객체를 증강시켜 관찰할 때, 물리적 객체는 제외하고 가상 객체에만 초점을 두어 학습하기 때문에 학습 내용과 관련된 정보들을 통합하여 이해하는 데 어려움이 있다고 보고하였다. 즉, 학습자는 가상 객체에 지나치게 몰입하여 실제 세계의 핵심 개념을 관찰하지 못하거나 실제 세계와 가상 세계의 불일치로 인해 관련 핵심 개념을 연계하여 이해하는 과정에서 혼란을 겪는 것으로 볼 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 멀티미디어 학습 이론에 기초하여 증강현실 콘텐츠를 설계하고 증강현실 시스템에서 다양한 관련 정보를 통합하는 학습 경험을 제공할 필요가 있다(Wei *et al.*, 2015).

⑵ 구성주의 이론

구성주의(constructivism)는 교사가 학습자에게 지식을 일방적으로 전달하는 것이 아니라, 학습 경험 속에서 학습자 스스로 지식을 구성하는 것에 중점을 둔다(나일주, 조은순, 2016). 구성주의 이론에 따르면, 학습은 학습자가 발달 수준이나 선지식, 사전 경험, 사회문화적 배경에 기초하여 지식에 대한 의미를 구성하는 것으로 볼 수 있다(Bruner, 1966; Vygotsky, 1978). 또한, 지식은 특정 환경이나 실제 세계에 내재되어 있어 지식 구성에 있어 실제적이고 유의미한 과제를 통한 숙달이 중시된다.

학습에 대한 논의 관점에서 구성주의는 지식 구성 과정을 기준으로 인지적 구성주의와 사회적 구성주의로 구분된다. 인지적 구성주의는 피아제(Piaget)의 인지 발달 이론에 근거를 두고 주위 환경과의 상호작용과 경험 속에서 개인의 의미 구성에 초점을 둔다. 이에 따르면 학습은 인지 갈등이 발생할 때 동화나 조절을 통해 인지구조를 변화시키는 과정이다(박성익 등, 1999). 사회적 구성주의는 비고스키(Vygotsky)의 인지 발달 이론에 근거를 두며, 인지 발달에서 사회적 상호작용에 초점을 둔다(Vygotsky, 1978). 사회적 구성주의 관점에서 학습은 개인이 속해 있는 사회문화적 상황에 영향을 받으며 내부적 심리 과정을 통해 일어나기 때문에 학습자는 타인과의 관계를 바탕으로 성장하는 존재로 볼 수 있다(박성익 등, 1999). 일반적으로 학습자 사이에 나타나는 사회적 상호작용은 언어를 매개로 이루어지는 특징이 있는데, 이는 학습자가 타인이 말을 이해하고 환경과 자신을 연결하는 과정에서 언어를 사용하여 지식을 구성하기 때문이다. 특히 비고스키는 사회적 과정을 통한 개인의 의미 구성에 있어 언어와 토의의 역할을 강조하였다(Vygotsky, 1978). 즉 사회적 구성주의의 배경인 비고스키 인지 발달 이론에서 가장 중요하게 고려되는 요소는 의사소통의 도구인 언어이며, 대부분의 학습은 언어를 매개로 이루어질 뿐만 아니라 언어는 개인의 의미 구성의 결과물인 동시에 이를 형성하는 도구이다(강석진, 2000). 따라서 소집단 토의 과정에서 나타나는 학생들의 개별 진술이나 특정 주제에 대한 개별 진술들의 집합으로 이루어진 언어적 상호작용은 소집단 학습에서 중요하게 고려되어야 할 요소이다.

구성주의 관점에서 교수학습은 다음과 같이 정리할 수 있다. 첫째, 지식은 교사에 의해 일방적으로 전달되는 것이 아니라 학습자가 능동적으로 구성하는 것이다. 특히 학습자가 새로운 경험으로부터 지식을 구성할 때, 선경험이나 선지식이 중요한 역할을 미치며, 교사는 느슨하게 구조화된 학습 환경에서 가이드를 제공하거나 멘토링을 수행하여 학습을 촉진하는 역할을 수행한다(Lave & Wenger, 1991). 둘째, 학습은 수동적이지 않고 능동적 과정으로 자기주도적 학습 경험을 제공하는 것을 중시한다(Yilmaz, 2008). 수동적인 관점에서 학습은 지식을 학습자에게 채울 수 있는 것으로 여겨지지만, 구성주의 관점에서의 학습은 학습자가 실제 맥락의 과업에 참여하여 외부 환경과의 상호작용을 통해 의미를 구성하는 것으로 여긴다. 셋째, 학습자는 친구, 교사 등과 같이 사회적 관계망에 포함되어 있어 이들과의 사회적 관계가 학습자의 삶과 이해에 영향을 준다(Palincsar, 1998). 이처럼 사회적 환경이 학습자의 의미 구성에 있어 중요한 역할을 수행하기 때문에 교수자는 협력학습과 같이 사회적 합의나 사회적 상호작용을 중시하는 학습 경험을 제공할 필요가 있다. 넷째, 구성주의 학습에서 사회적 활동도 중요한 역할을 하지만, 궁극적으로 지식은 학습자 개인이 구성하는 것이며 이때 학습자가 선지식과 선경험을 통해 가지고 있는 독특한 관점이 밀접하게 영향을 준다. 이에 똑같은 활동이나 교수 방법으로 수업을 운영하여도 학습자가 사물과 현상에 대한 해석이 달라 학습 결과가 개별적으로 다르게 나타날 수 있다.

학습에 대한 구성주의 관점은 상호작용을 중시하는 학습자 중심의 테크놀로지에도 적용되어 이에 대한 연구들이 진행되었다(Jonassen & Land, 2014). 특히 증강현실은 구성주의 관점을 접목할 수 있는 효과적인 교수학습 매체로 사용할 수 있다(한송이, 2019; Dunleavy & Dede, 2014). 그 이유는 증강현실이 실제 상황의 문제에 관해 학습자의 능동적인 학습 참여를 촉진하며, 교사의 가이드나 동료의 스캐폴딩과 같은 사회적 관계 속에서 개인의 의미 구성을 돕기 때문이다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009). 특히 증강현실을 교육 맥락에서 활용한 연구들은 구성주의 교육철학과 깊게 관련되는 상황학습이나 협력학습에 이론적 기반을 두어 진행되는 경향이 있었다(Garzón *et al.*, 2020). 다음 절에서는 상황학습과 협력학습의 개념적 요소를 제시하고 이와 연계되는 증강현실의 특징이나 교육적 활용을 중심으로 알아보고자 한다.

1) 상황학습

상황학습(situated learning)은 전통적인 교실 수업이 특정 상황이나 맥락을 고려하지 않고 추상적인 내용만을 전달하는 문제의 대안으로 제시된 사회적 구성주의 관점의 학습 이론이다(Lave & Wenger, 1991). 이에 따르면 지식과 학습은 상황적이고 학습 활동은 지식이 활용되는 실제 맥락이나 사회문화적 환경 속에서 이루어져야 하며, 학습자는 구성원들과의 사회적 상호작용을 통해 지식을 구성하고 행동을 결정하게 된다. 이때 동료와의 지식 구성 과정에 대한 개인의 참여 수준과 특정 맥락 속에서 사회적 상호작용의 질은 학습 효과에 영향을 주는 중요한 요소이다(Driscoll, 1994). 상황학습에서는 특정 상황에서 획득한 지식을 다른 상황에 적용할 수 있는 전달 가능성이 높은 지식을 중시하며, 이를 위해 교수자는 실제 상황에서 해당 지식이 사용되는 방법을 보여주고 사례 기반의 문제를 제시할 필요가 있다.

21세기 정보통신기술의 발달로 인해 교실에서도 실제 상황의 경험을 매개할 수 있는 기기들이 개발되었고, 이에 교육 실천가들은 학습자가 경험하면서 배울 수 있는 실습 환경을 구축할 수 있게 되었다. 예를 들면 상황학습 이론을 기초로 한 시뮬레이션이나 가상현실에서는 복잡한 실제 세계의 특정 부분만을 모델링하여 학습자에게 제시하며, 학습자는 가상현실에 참여하여 파라미터를 조작하면서 학습 결과를 관찰할 수 있게 되었다(Yusoff, Zaman, & Ahmad, 2010). 복잡한 가상현실의 경우 가상성이 지나치게 높아 학습자가 비현실적으로 느낄 수 있다는 단점이 있으나, 증강현실은 실제 학습 환경을 사용하여 가상성을 낮추기 때문에 증강현실을 사용하는 과정에서 실제 맥락의 자연스러운 행위유발성이 나타나게 된다(Rosenbaum, Klopfer, & Perry, 2007). 즉, 증강현실은 가상 정보의 장점과 단점의 균형을 맞추며 실제 세계의 학습 환경에서 구조화된 학습 활동을 제공하며 이 과정에서 참여자와의 실시간 상호작용을 가능하게 한다.

Herrington 등(2000)은 상황학습 이론에 근거하여 온라인 학습이나 증강현실 등의 멀티미디어 매체를 기반의 학습 환경에서 교수 설계 전략을 다음과 같이 제시하였다. 첫째, 실제 맥락에서 지식이 적용되는 방법을 배울 수 있는 학습 활동이 포함되어야 한다. 둘째, 학습자가 전문가의 문제 해결 방법이나 모델링 과정에 접근할 수 있어야 하며 이를 통해 다양한 역할이나 관점을 배울 수 있어야 한다. 셋째, 지식은 협력적 상호작용을 통해 구성되므로 학습 활동에서 교수자와 학습자 사

이, 그리고 학습자 사이의 코칭(coaching)이나 스캐폴딩(scaffolding)을 촉진할 필요가 있다. 넷째, 추상적 개념을 구성하는 과정에서 반성적 사고의 기회를 제공해야 하며 학습 자료에는 암묵적 지식에 대한 구체적인 설명이 포함되어야 한다. 마지막으로 평가의 경우 실생활에 근접한 과제를 중심으로 다양한 시각에 통합적으로 접근할 수 있도록 설계해야 한다.

2) 협력학습

사회적 구성주의에서는 소집단 활동에서 학습자들 사이의 상호작용을 통해 지식을 공유 및 구성하는 것을 중시한다(곽영순, 2001; Vygotsky, 1978). 이러한 사회적 상호작용에 중점을 둔 교수학습 전략으로 소집단 구성원들이 서로 도와가며 공동의 작업을 수행하는 협력학습(collaborative learning)이 널리 알려져 있다. 일반적으로 협력학습은 협동학습(cooperative learning)과 혼용되기도 하지만, 학습 활동 성격과 구조 측면에서 상당히 다른 차이가 있다(남영옥, 유병민, 2016; Davidson & Major, 2014). 예를 들어 협동학습은 공동 목표 달성을 위한 개인의 활동과 개인의 책무성이 중시되며 학습 결과가 학습자 개인의 역량에 의존하는 경향이 있으나(Panitz, 1999), 협력학습은 소집단 구성원들의 협력적 관계와 상호작용을 통한 문제해결이나 정보 공유를 통한 지식 창출을 중시하기 때문에 집단의 책무성을 강조하며 개인의 역할분담 없이 소집단 구성원들의 참여와 합의를 통해 공동의 학습 목표를 달성하는 것을 목표로 한다(Paulus, 2005). 학습 효과 측면에서 협동학습과 협력학습은 개별 학습보다 학업 성취도 향상에 도움이 되며(임희준, 차정호, 노태희, 2001), 소집단 활동을 통해 학생들의 만족감이 높아지고 참여 학생 사이의 관계에서도 긍정적 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Roger & Johnson, 1994).

협력학습에서는 사회적 상호작용이 중시되는데, 이에 대해 Dillenbourg(1999)는 비고츠키의 학습 사회성 개념에 기반하여 협력학습에서 학습자들 사이의 상호작용을 촉진하는 4단계의 전략을 제시하였다. 1단계는 협력학습의 초기 조건을 정하는 것으로 모둠 구성에서 최적의 학생 수 및 성비, 발달 수준 등의 요소들이 협력적 과제 수행에서 적합한지를 판단하는 것이다. 2단계는 상호동료 교수(reciprocal teaching)와 유사하게 모둠을 구성하는 학생들의 역할을 분명히 하는 것이다. 예를 들어 토의나 논쟁 중에 학습자 자신의 관점을 발표하게 하거나 동료의 학습 결과

를 분석하는 등과 같이 소집단 활동에서 개인의 역할을 명시할 수 있다. 3단계는 교수학습 매체를 통해 상호작용을 구체화하고 상호작용의 효과를 높이기 위한 스캐폴딩을 수행하는 것이다. 이는 교수자와 학습자, 학습자 사이의 면대면 상호작용을 활성화하거나 CSCL(Computer-Supported Collaborative Learning) 환경에서 개인의 의견을 제시하여 학습자들 사이의 소통을 돕는 것을 의미한다. 4단계는 상호작용을 모니터링 및 조절하는 것으로 학습 촉진자로서 교사의 역할이 중시된다.

협력학습 환경에는 적절한 모둠원 수 및 학습 목표, 의사소통, 과제 등의 다양한 요소들이 포함된다. Garzón 등(2020)에 따르면 모둠원 수는 4~5명이 적절한 것으로 알려져 있으며 모둠원 수가 적으면 집단 내 개인의 생각이 다양하지 않아 발산적 사고가 어렵다는 단점이 있고, 반대로 모둠원이 지나치게 많으면 모든 학생이 학습 활동에 참여하는데 제약이 있다. 또한, 소집단 활동을 시작하기 전에 모둠의 목표를 설정하는 것이 중요하며 이는 모둠원들이 학습 활동에 집중하고 협력을 통해 목표를 달성하도록 돕는다. 다음으로 모둠원들 사이에 상호 신뢰감이 없을 때는 협업 과정에서 지나친 논쟁이나 다툼 등의 정서적 문제가 발생할 수 있어, 협력학습을 수행하기 전에 충분한 의사소통의 기회를 제공하여 상호 신뢰감이 형성되게 해야 한다. 또한 학습 내용에 관한 토의 과정에서 모둠원들이 설명을 최대한 구체적으로 할 수 있도록 설계하면 협력학습의 효과가 높아지는 장점이 있다. 마지막으로 협력학습 환경을 구성할 때, 토의의 질적 측면이나 모둠원들의 헌신적 노력, 규범 준수 등과 같이 학습 과정 전반에 대한 평가가 이루어지는 것이 바람직하다.

최근 정보통신 기술의 발달로 인해 컴퓨터나 태블릿 등의 교수학습 매체를 활용하여 교사와 학생 사이 또는 학생과 학생 사이의 상호작용을 촉진할 수 있는 환경이 조성되고 있는 실정이다. 특히 증강현실은 개별 학습뿐만 아니라 협력학습에도 널리 사용되는 편인데(Kaufmann, 2003; Lin *et al.*, 2013), 이는 증강현실이 학생 사이의 상호작용을 촉진하여 협업을 강화하는 특성이 있기 때문이다(한송이, 2019; Phon, Ali, & Halim, 2014). 예를 들어 두 명 이상의 학생들이 증강현실을 통해 동일한 학습을 수행하고, 그래픽으로 표현된 가상 객체에 대해 의견을 교환할 수 있다. 또한, 모둠 과제를 수행할 때 개인별로 역할을 나누어 증강현실을 사용하여 학습을 수행하고, 그 결과에 대해 모둠원들이 서로 토의하면서 지식을 공유 및 구성할 수 있다. 앞으로 학생들이 사용하는 기기들의 상호 연결이 활성화되는 환경에서

는 특별한 플랫폼을 사용하여 멀리 떨어진 공간에서도 학생들이 학습 내용에 관해 쉽게 토의할 수 있는 환경이 구축될 것이다. 이를 종합하여 정리하면, 증강현실은 학습자 사이에 상호작용을 활성화시켜 협력학습의 효과를 높이는 데 유용한 교수 학습 매체로 볼 수 있다.

(3) 몰입 학습 이론

일반적으로 몰입(immersion)은 독서에 깊게 빠진 사람이 외부 환경을 인식하지 못하는 것처럼 외부 세계의 요소가 학습자 내면에 깊숙하게 파고드는 경험을 의미한다(Csikszentmihalyi, 1997; Scoresby & Shelton, 2011). 이러한 몰입은 음악이나 예술 등의 다양한 학문에서 널리 사용되는 개념이며, e-러닝 맥락에서의 몰입은 교육 이론이나 증강현실의 물리적 및 시각적 특성과 밀접하게 관련되어 있다(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 특히 증강현실에서의 몰입은 물리적 대상이나 가상 객체를 조작하고 탐색하는 과정에서 유발되며 학습자의 학업 성취에 영향을 주는 중요한 구인으로 작용한다(서희전, 2008; Konradt & Sulz, 2001).

가상현실이나 증강현실 프로그램 개발자들은 사용자의 몰입을 촉진하기 위해 감각 운동적 몰입(sensory-motoric immersion), 인지적 몰입(cognitive immersion), 감성적 몰입(emotional immersion), 공간적 몰입(spatial immersion)과 같은 4가지 몰입에 중점을 둔다(Björk & Holopainen, 2006). 감각 운동적 몰입은 손과 같은 감각 기관에서 느끼는 감각이고, 인지적 몰입은 문제 해결 과정에서 옳은 선택을 하였을 때 나타나는 뇌 수준에서의 즐거움이며, 감성적 몰입은 연극이나 스토리형 게임 등에 참여하거나 경험하는 사람이 느끼는 애착과 시간을 사용하려는 감정을 의미한다. 공간적 몰입은 가상현실이나 증강현실의 학습 환경에서 유발되는 몰입으로, 학습자가 가상의 시뮬레이션 환경이나 증강현실 환경 속의 경험에 완전하게 몰입하여 즐거움이나 매력을 느끼는 것이다. 교육 연구자들도 멀티미디어 학습 환경을 구성하는 데 4가지 몰입을 고려해야 함을 주장하였고, 이때 학습자가 느끼는 몰입감은 현실적이고 유의미한 학습 경험과 밀접한 관련이 있다(Sadowski & Stanney, 2002). 또한 몰입형 학습 콘텐츠에 학습자의 적극적 참여를 유발하기 위해 교육 설계자는 멀티미디어 콘텐츠의 감각 및 행동, 상징적 요소를 충분하게 활용할 필요가

있으며, 이러한 몰입 경험은 학습자가 복잡한 현상의 핵심을 파악하는 것을 돕고, 학습 내용을 실제 맥락에 적용하도록 하여 문제 해결력을 향상시킨다(Dede, 2009).

몰입 학습에서는 능동적 학습 공동체의 구성원인 학습자가 실제 맥락의 문제를 다른 학습자와 협력적으로 탐색하여 해결하는 것을 기본 전제로 설정하였다(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 이러한 점에서 몰입 학습은 학습자 중심의 학습 및 상황학습 이론과 유사한 성격을 가진다. 특히 몰입 학습에서는 학습자 자신의 성공뿐만 아니라 집단의 성공에 초점을 두기 때문에 학습자가 적극적으로 소집단 활동에 참여하는 것을 중시한다. 이에 연구자들은 증강현실에서 학습자의 몰입을 촉진하는 환경을 설계할 때, 시뮬레이션과 같은 고도의 첨단 기술이나 디자인 등에 초점을 맞추기보다는 증강현실을 활용한 협력학습에 초점을 두고 현실적이고 실제적 문제 해결을 강조하였다(Herrington, Reeves, & Oliver, 2007). 이러한 점을 종합하면 증강현실을 사용하는 환경에서 학습자의 몰입감은 증강현실 활용 학습에 능동적 참여와 학습자 사이의 상호작용을 통해 나타난다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009).

한편, 증강현실에서 공간적 몰입은 학습 효과를 높이는 데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 왔다(Dede, 2009; Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 특히 공간적 몰입의 증가는 물리적 세계와 가상 객체 사이, 학습자의 내적 세계와 가상 객체 사이의 전환을 촉진하여 학습 내용의 구체화나 추상적 개념에 대한 통찰력 등의 다양한 관점을 갖도록 한다(Dede *et al.*, 1999). 증강현실은 물리적 객체나 가상 객체를 조작하도록 구성되며, 이러한 조작 활동은 학습자가 추상적 개념에 대한 구체적인 정신 모형(mental model)을 형성하는 데 도움을 준다. 또한 공간적 몰입은 가상의 공간에서 현장 체험이나 실험 활동을 수행하는 위치 기반 증강현실에서도 중요한 요소로 작용하며, 학습자의 몰입은 실제적 문제의 해결 경험이나 동료와의 상호작용에도 영향을 받는다(Dede, 2009).

이상의 내용을 요약하면 증강현실 활용 학습에서는 학습자의 몰입 경험이나 몰입감을 중시한다. 학습자는 물리적 객체인 마커나 가상 객체를 조작 및 탐색하는 능동적인 학습 경험을 통해 몰입감을 느낄 수 있다. 또한 동료와 함께 증강현실을 사용하여 실제 문제를 해결하는 과정에서는 학습자 사이의 상호작용을 통해서도 몰입감이 향상될 수 있다.

1.3 증강현실의 교육적 활용

증강현실이 학생들에게 풍부한 학습 경험을 제공하여 학습 효과를 높인다는 사실이 알려짐에 따라 교육 맥락에서 증강현실을 활용 사례도 점점 증가하고 있다. Garzón과 Acevedo(2019)는 교육 맥락에서 증강현실의 활용 연구를 학년별 및 교육 분야별로 분류하기 위해 2012년부터 2018년까지 학술지나 회의 자료에 발표된 64개의 선행 연구를 대상으로 문헌 리뷰를 수행하였다. 학년별로 증강현실의 활용 연구를 분석한 결과(표 1), 초등학생을 대상으로 한 연구가 19개(29.7%)로 가장 많았으며 대학생 대상 18개(28.1%), 중학생 대상 13개(20.3%), 고등학생 대상 12개(18.8%) 순으로 나타났다. 특히 유치원생 대상으로는 증강현실을 사용한 연구가 거의 없었는데, 이는 증강현실의 복잡한 시스템이 어린 학생들에게 상당한 인지 부담으로 작용하는 것과 관련된다(Akçayir & Akçayir, 2017).

<표 1> 학년별 증강현실의 활용 연구(Garzón & Acevedo, 2019)

구분	초등학생	중학생	고등학생	대학생	기타	합계
연구 수(개)	19	13	12	18	2	64
백분율(%)	29.7	20.3	18.8	28.1	3.1	100

교육 분야별로 증강현실의 활용 연구를 분석한 결과(표 2), 자연과학 및 수학, 통계학 분야의 연구가 32개(50.0%)로 가장 많았으며 예술과 인문학 분야의 연구 11개(17.2%), 의료 및 보건·복지 분야 7개(10.9%) 순으로 나타났다. 증강현실은 추상적 개념을 시각화하는 장점을 가지고 있어(Ibáñez *et al.*, 2014), 자연 과학 및 수학에서 가장 많이 사용되는 경향이 있었다. 예술과 인문학 분야에서는 박물관 체험을 돕는 증강현실이 많은 비중을 차지하였는데, 이는 증강현실이 텍스트 및 오디오, 3차원 이미지 제공 등의 다감각적 정보를 제공하는 것과 관련된다. 이상의 내용을 요약하면 교육에서 증강현실은 주로 초등학생이나 대학생을 대상으로 자연 과학이나 수학 분야에서 주로 활용되는 경향이 있었다.

<표 2> 교육 분야별 증강현실의 활용 연구(Garzón & Acevedo, 2019)

분야	연구 수(개)	백분율(%)
자연 과학 및 수학, 통계학	32	50.0
예술 및 인문학	11	17.2
사회 과학 및 저널리즘	5	7.8
공학 및 제조, 건설	5	7.8
정보 통신	3	4.7
의료 및 보건·복지	7	10.9
교육학	1	1.6

교육에서 증강현실을 사용한 사례를 분석한 선행 연구(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011)에서는 증강현실의 이용 형태를 증강현실 책(AR books), 증강현실 게임(AR gaming), 발견 학습(discovery-based learning), 객체 모델링(object modeling), 스킬 훈련(skill training)의 5가지 범주로 분류하였다.

증강현실 책은 증강현실 기술을 도서에 적용한 것으로, 웹캠이 특정 페이지에 포함된 마커를 인식하여 3차원의 가상 객체를 모니터의 화면에 제시하는 기법이다. 이는 팝업 북(pop-up book)으로도 알려져 있으며, 글과 그림으로 구성된 2차원 정보에 3차원 정보를 함께 제시하여 학습자가 생생한 체험이 가능하도록 구성되어 있다. 예를 들면 이재인과 최종수(2011)의 연구에서 개발한 증강현실 책은 태양계의 행성을 주제로 하였는데, 특정 행성에 관한 설명 위로 행성의 3차원 모습이 증강되어 나타나는 특징이 있었다. 최근에는 증강현실 책을 읽는 학습자가 단순히 가상 객체를 관찰하는 데 그치지 않고, 가상 객체를 조작하고 탐색하는 경험을 할 수 있을 정도로 증강현실 기술이 발전하였으며, 이에 따라 증강현실 책도 학습자와 증강현실 사이의 상호작용이 더욱 촉진되는 형태로 변화하고 있는 추세이다.

증강현실 게임은 교육 맥락에서 증강현실 기술을 활용하여 학습자가 목표 개념을 쉽게 이해할 수 있도록 게임 형식으로 구성한 것으로, 실제 세계와 가상 세계의 연계를 통해 추상적 개념의 상호 관련성을 이해하는 것에 초점을 둔다(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 일반적으로 증강현실 게임은 마커와 스마트 기기

중심으로 운영되며, 학습자는 다양한 마커들을 사용하여 가상 객체를 구현해보면서 능동적 학습을 수행한다. 예를 들면 화학 결합을 주제로 한 증강현실 게임에서는 나트륨과 염소 원자를 나타내는 마커들을 서로 인접시키면 가상 객체인 염화 나트륨의 결합 모형을 관찰할 수 있다[1]. 최근에는 위치 기반 증강현실 기술의 발달에 따라 '포켓몬 고'과 같이 사용자가 현실 세계를 이동하면서 스마트폰을 통해 가상 객체를 관찰 및 조작하는 형태로 증강현실 게임이 발전하고 있다(신선경, 박주연, 2017).

증강현실은 특정 위치의 좌표를 기반으로 정보를 제공할 수 있어 학습자는 실제 현장에서 증강현실로 구현된 가상의 정보를 확인할 수 있다. 이와 같이 증강현실은 학습자가 역사적 장소를 다니면서 중요 사건에 대해 가상 공간에서 보고 듣는 등의 현장 체험을 지원하여 실제 환경에서 발견 학습이 가능하게 한다. 학습자는 GPS 시스템이 탑재된 스마트 기기를 들고 특정 위치로 이동하게 되면 즉시 정보가 화면상에 증강되어 나타난다. 예를 들면 미국에서 개발된 'The Civil War Augmented Reality Project'에서는 학습자가 증강현실 콘텐츠의 안내에 따라 남북전쟁의 역사적 장소를 둘러보면서 관련 정보를 얻을 수 있다[2].

증강현실을 활용한 객체 모델링은 화면상의 3차원 가상 객체를 중심으로 이루어지며 학습자는 이를 이동하거나 회전하는 등의 조작 활동을 수행하면서 목표로 하는 가상 객체를 완성한다. 이 과정에서 학습자는 교사의 설명이나 프로그램에 포함된 힌트를 통해 즉각적인 피드백을 받게 되며, 이러한 모델링은 동료와 의사소통을 하면서 협력적으로 진행되는 경우가 많다. 예를 들면 Ng와 Ong, Nee(2015)의 연구에서는 증강현실이 결합된 CAD 환경에서 태블릿 클리너를 만들어보는 모델링 활동을 수행했으며, 학습자들은 토의를 통해 가상 객체인 3D 모델을 디자인한 후 증강현실을 사용하여 시제품을 구현하고 마커나 가상 객체와 상호작용하면서 시제품 모양의 개선점을 찾을 수 있었다.

증강현실은 실제와 유사한 맥락적 환경을 제공하기 때문에 반복적인 실습이 요구되는 공학이나 의학 등의 고등교육 분야에서 스킬 훈련을 목적으로 사용할 수 있다. 예를 들어 디스플레이 기기의 화면상에서 가상 객체를 수리하거나, 투과형

1) AR Chemistry Augmented Reality Education Arloon: https://youtu.be/Qi3h18wJJiI
2) https://acwarproject.wordpress.com/

디스플레이 장치인 HMD(head mount display)를 착용한 상태에서 해부학 실습을 반복하여 수행할 수 있다(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 최근에는 증강현실이 위와 같은 스킬 훈련에 머무르지 않고, STEAM 교육의 맥락에 적용되어 학습자가 반복적인 조작 활동을 수행하면서 숨겨진 과학과 기술의 원리를 탐색하는 형태로 진행되는 추세이다. 예를 들어 Korenova 등(2019)의 연구에서는 학습자가 증강현실로 자동차 엔진을 조작해보면서 엔진의 작동 원리를 탐색하거나, 터널의 건설 과정을 증강현실로 체험해보면서 이 과정에 포함된 과학과 기술의 원리를 소개하고 있다. 즉, 스킬 훈련은 증강현실을 조작하는 감각적인 경험을 제공함과 동시에 증강현실 콘텐츠가 가지고 있는 과학과 기술의 주요 특징을 탐색하는 형태이다.

한편 2012년부터 스마트폰이 대중화됨에 따라 교육에서 증강현실의 이용 형태도 조금씩 변하였다. 과거에는 증강현실을 구현하기 위해 마커와 웹캠, 컴퓨터, 모니터가 필요하였으나, 최근에는 스마트 기기를 사용하여 증강현실 콘텐츠를 이용할 수 있게 되었다. Arici 등(2019)은 2013년부터 2018년까지 학술지에 발표된 증강현실 관련 선행 연구를 분석하여 과학 교육 맥락에서 증강현실의 이용 형태를 제시하였다(표 3). 분석 결과, 스마트 기기의 증강현실(AR) 애플리케이션[3]을 사용하는 경우가 42개(64.6%)로 가장 많았으며, 종이로 된 마커를 사용하는 마커 기반 증강현실(AR)을 사용하는 경우도 10개(15.4%)로 적지 않았다. 증강현실(AR) 책이나 증강현실(AR) 게임, GPS를 사용하는 위치 기반 증강현실(AR)은 여전히 적은 비율을 차지하고 있었다. 이를 요약하면 교육에서 증강현실을 다양한 형태로 이용되고 있으며 최근에는 마커와 스마트 기기를 사용한 증강현실이 높은 비율을 차지하고 있다. 또한 증강현실 콘텐츠가 학습자와의 상호작용을 촉진하도록 구성하는 추세이다.

<표 3> 과학 교육 맥락에서 증강현실의 이용 형태(Arici *et al.*, 2019)

구분	AR 애플리케이션	마커 기반 AR	AR 책	위치 기반 AR	AR 게임	기타	합계
연구 수(개)	42	10	4	2	2	5	65
백분율(%)	64.6	15.4	6.2	3.1	3.1	7.7	100

3) Arici 등(2019)의 연구에서 'AR 애플리케이션'은 스마트폰에 내장된 증강현실 애플리케이션을 이용하는 형태를 의미한다. 마커는 증강현실을 구현하기 위한 필수 요소이므로, 'AR 애플리케이션'에서도 마커로 작용하는 요소들이 증강현실 컨텐츠 속에 포함되어 있다.

1.4 증강현실 활용 학습의 교육적 효과

첨단 디스플레이 매체와 정보처리 기술의 급속한 발달에 따라 다양한 분야에서 증강현실이 보편화하게 되었으며, 이에 교육에서도 기존의 동영상이나 시뮬레이션과 같은 멀티미디어 매체 대신 증강현실을 사용하여 교육적 효과를 조사하는 실험 연구가 진행되었다. 증강현실의 교수학습 효과를 탐색하는 처치 연구들이 누적됨에 따라 증강현실의 교육적 효과를 리뷰하는 연구가 진행되었으며, 이를 통해 증강현실의 장단점이나 한계도 알려지게 되었다. 또한 증강현실의 교육적 효과를 정량화하기 위해 메타 분석에 관한 연구들도 진행되었다. 증강현실 활용 학습에 대한 리뷰 문헌과 메타 분석 연구를 중심으로 증강현실의 교육적 효과를 탐색하였다.

Diegmann 등(2015)은 증강현실을 교육 맥락에 적용한 25편의 선행 연구를 분석하여 학습자의 내적 상태와 교수, 학습 측면에서 증강현실의 교육적 장점을 10가지로 요약하여 제시하였다. 학습자의 내적 상태 측면에서 증강현실은 학습자의 동기와 주의집중, 만족감을 높이는 장점이 있다. 증강현실을 사용한 교육용 게임은 증강현실을 사용하지 않은 경우보다 자기주도적 학습에 관한 학습자의 내재적 동기를 증가시켰으며, 이때 증강현실과의 상호작용은 학습자의 정서적 참여를 촉진하는 역할을 하였다(Iwata, Yamabe, & Nakajima, 2011). Chang 등(2014)의 연구에서는 박물관에서 방문자들이 증강현실 관람 안내를 경험했을 때와 오디오 관람 안내를 경험했을 때의 행동 패턴을 분석한 결과, 증강현실 관람 안내를 사용하였을 때 방문객들이 더 적극적인 관람 태도를 보였다. Kamarainen 등(2013)은 연못의 생태를 주제로 한 위치 기반 증강현실을 사용했을 때, 학습자는 실제 연못에 증강된 가상 객체와 상호작용을 하면서 학습 내용에 대해 주의가 촉진됨을 확인하였다. 또한, 전기 회로에 대한 증강현실 콘텐츠를 교수학습에 적용한 결과, 학습자는 물리적 객체인 마커 및 스마트 기기의 가상 객체와 상호작용하면서 학습 내용에 더욱 집중하여 몰입하는 특징이 있었다(Ibáñez *et al.*, 2014). 이와 같이 증강현실을 사용하여 학습할 때 학습자의 만족감이 높게 나타나는 경향이 있는데(Chen & Tsai, 2012; Martin-Gutiérrez *et al.*, 2013), 이는 증강현실 콘텐츠가 적절한 학습 수준과 더불어 사용 편의성을 제공하기 때문이다.

교수 측면에서 증강현실은 학습자 중심의 능동적 학습과 협력학습을 촉진하고

상세한 정보를 제시함과 더불어 이러한 정보에 접근하기 용이하게 하며, 학습 매체와의 상호작용을 증대시키는 경향이 있다. Kamarainen 등(2013)은 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 일반적인 소집단 학습과 마찬가지로 학습자 개개인이 책무성을 가지고 학습에 참여하며 교사는 학습의 촉진자 역할을 수행하는 것을 확인하였다. 또한 증강현실을 활용하여 문제를 해결하거나 새로운 정보를 탐색할 때 자기주도적인 학습이 이루어진다. 따라서, 교사는 학생 개인의 능력에 따라 개별화된 전략으로 수업을 설계하여 학습자 중심의 학습을 지원할 필요가 있으며, 증강현실을 사용하여 새로운 정보를 탐색하거나 문제를 해결하는 활동을 통해 학습자의 능동적인 참여를 유도하는 것이 바람직하다. 다음 세 가지 연구는 증강현실이 새로운 형태의 의사소통이나 협력 방법을 제공하여 협력학습의 효과가 높아짐을 보고하였다. Wang 등(2012)의 연구에서는 증강현실이 협력적 탐구학습을 수행하는 과정에서 효과적인 의사소통의 도구로 작용하였으며, Li 등(2011) 및 Kamarainen 등(2013)의 연구에서는 증강현실 사용 경험이 모둠원 간의 의사소통이나 문제 해결 활동을 지원하여 협력학습의 효과를 높이는 것을 보고하였다. 한편, 증강현실은 글과 그림과 같은 전통적인 매체보다 더 많은 세부 정보를 제시할 수 있으며(Chen & Wang, 2015), 정보에 대한 접근성을 높이고 학습자가 중요한 정보를 통합하여 이해하는 데 도움을 준다고 알려져 있다(Iwata, Yamabe, & Nakajima, 2011). 또한 학습 매체와의 상호작용은 기존의 학습 자료와는 다른 증강현실만의 독특한 장점이며(Hou *et al.*, 2013), 구성주의 학습 이론에 따라 학습자는 증강현실을 조작하는 과정에서 학습에 몰입하게 되며 증강현실에 포함된 목표 개념에 대해 의미를 구성하게 된다(Dünser *et al.*, 2012).

학습 측면에서 증강현실은 교수학습 효과가 높은 매체이며, 학습자의 공간 능력을 신장하며 학습 내용을 쉽게 기억하는 파지 효과가 높은 장점을 지니고 있다. 예를 들어 증강현실 애플리케이션을 사용한 집단은 전통적인 학습 방법을 사용한 집단보다 쉽고 빠르게 학습 내용을 이해하는 경향이 있었다(Liu, 2009). 또한 안내된 증강현실(guided-AR)은 학습자의 개념 이해를 돕고 학습 수행을 돕는 특징이 있었다(Chang *et al.*, 2014). Dünser 등(2012)은 증강현실이 자기력선과 같은 3D 개념을 학습하는 데 도움이 된다고 보고하였으며 Martin-Gutíerrez 등(2013)은 증강현실 기반의 그래픽 엔지니어링 콘텐츠가 학습자의 공간 능력을 향상시키는 것을 확인하

였다. 증강현실을 통해 학습한 내용은 학습자의 장기 기억에 저장되며, Hou 등(2013)의 연구에서는 증강현실을 사용한 집단이 많은 학습 내용을 오랫동안 기억하는 특징이 있었다. 이와 유사하게 Chang 등(2014)의 연구에서도 증강현실을 사용한 결과, 관람객들이 작품에 대해 생생하게 기억할 수 있었다고 보고하였다.

Akçayir와 Akçayir(2017)는 증강현실의 교수학습 효과를 보고한 68개의 SSCI급 논문의 연구 결과를 분석하여 교육 맥락에서 증강현실의 장단점을 제시하였다(표 4). 선행 연구에서 제시한 증강현실의 교육적 장점은 학습 결과 및 교육적 기여, 상호작용, 기타의 4가지 영역으로 구분되며 총 25개의 하위 요소로 구성된다. 이 하위 요소의 40%는 앞서 언급한 Diegmann 등(2015)이 제시한 장점과 같으나 나머지는 서로 다르며, 다른 장점을 위주로 다음과 같이 요약하여 정리하였다.

첫째, 학습 결과 영역에서 증강현실 기반 학습 활동은 학습자가 즐기면서 배운다는 인식을 가지게 하여 학습에 대한 긍정적 태도와 자신감을 높일 수 있다(Lu & Liu, 2015). 또한 학습 내용의 조직화 및 통합이 쉬운 증강현실 콘텐츠는 학습자의 인지 부담을 낮추는데(Santos *et al.*, 2013), 이는 Mayer(2005)의 정보처리이론에서 글과 그림의 관련 정보가 서로 가까이 제공되면 인지 부담이 낮아지는 공간적 근접성의 원리(spatial contiguity principle)와 관련된다.

둘째, 교육적 기여 영역에서 게임과 유사한 성격을 가진 증강현실은 지루한 학습을 즐겁게 만들어주기 때문에 학습자의 흥미와 즐거움을 높이는 장점이 있다(Ibáñez *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2014). 또한 학습자용 가이드가 포함된 증강현실 콘텐츠는 학습자의 참여와 학습에 대한 성공 경험을 높인다(Liu & Tsai, 2013). 교사가 학습자 중심의 증강현실 콘텐츠를 학습자에게 제공하는 것만으로도 학습에 대한 책무성을 높일 수 있으며(Kamarainen *et al.*, 2013), 증강현실 사용 과정에서 교사의 피드백을 통해 교사와 학생 간의 의사소통이 활성화되는 장점이 있다(Zarraonandia *et al.*, 2013). 증강현실은 실제 세계와 가상 세계를 혼합하여 제시하기 때문에 학습자가 실제 세계와 가상 세계의 공통 요소를 연계 및 통합하여 이해할 수 있으며(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009), 이때 증강현실이 학습자가 보고 듣고 말하는 등의 다감각적 경험을 제공하기 때문에 경험을 통한 학습이 이루어지는 장점이 있다(Lu & Liu, 2015).

셋째, 기타 영역에서는 증강현실이 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 시각화하여

학생의 개념 이해를 도울 수 있다는 장점을 제시하고 있다(El Sayed, Zayed, & Sharawy, 2010). 또한 스마트 기기의 사용이 익숙한 사용자의 경우, 증강현실 콘텐츠를 쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있다(Di Serio, Ibáñez, & Kloos, 2013). 이와 더불어, 증강현실로 가상의 공간에서 실험을 할 수 있기 때문에 실험 재료와 같은 소모품의 비용을 낮출 수 있는 특징이 있다(Ferrer-Torregrosa *et al.*, 2015).

<표 4> 교육 맥락에서 증강현실의 장점 및 단점(Akçayir & Akçayir, 2017)

구분	영역	세부 요소	
장점	학습 결과	• 학업 성취도 향상	• 학습에 대한 만족감 향상
		• 학습 동기 향상	• 인지 부담의 저하
		• 개념 이해를 도움	• 학습에 대한 자신감 향상
		• 긍정적 태도 제공	• 공간능력 신장
	교육적 기여	• 즐거움 향상	• 현실 세계와 가상 세계를 혼합
		• 참여 수준의 향상	• 경험 학습의 기회 확대
		• 흥미 향상	• 학생 중심의 기술적 설계
		• 학생 간의 협력 기회를 제공	• 다감각적 경험의 제공
		• 학생과 교사의 의사소통 기회 확대	• 필요 정보를 빠르게 획득
		• 자기주도학습을 활성화	
	상호 작용	• 학생 간의 상호작용 기회를 제공	• 학생과 교사의 상호작용 제공
		• 학생과 증강현실의 상호작용 확대	
	기타	• 보이지 않는 추상적 개념을 시각화	• 실험 재료 비용의 감소
		• 학생이 사용하기 편리함	
단점 (한계)	사용성	• 증강현실 사용 과정에서의 어려움	• 인지 부담을 야기
		• 신기함으로 인해 많은 시간 소요	• 교사의 증강현실 사용 능력 부족
		• 학습자의 주의를 산만하게 함	
	기술적 문제	• 마커 인식에서 민감성이 떨어짐	• 증강현실 콘텐츠 설계의 어려움
		• 고가의 비용	• GPS 오류로 인한 혼란을 유발
		• 증강현실 콘텐츠의 과대 용량	• 카메라 등의 기술적 문제
		• 인체공학적 문제를 야기	

한편, 위와 같은 증강현실의 장점에도 불구하고, 여전히 증강현실을 교육 맥락에 적용할 때 나타나는 단점이나 한계점이 보고되고 있다. Akçayir와 Akçayir(2017)는 증강현실의 단점을 총 12가지로 제시하고, 이를 사용성과 기술적 문제의 두 가지 영역으로 구분하였다. 이때 증강현실의 사용성 영역의 단점 및 한계점은 증강현실을 사용하는 개인의 학습 효과에 직접적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며(Chang *et al.*, 2014), 기술적 문제 영역의 단점은 증강현실 애플리케이션 오류 등의 하드웨어적 단점이 주로 포함된다.

증강현실 인터페이스가 조직화되지 않고 복잡한 경우에는 학습자가 이를 사용하는 데 어려움을 느낄 수 있다(Munoz-Cristobal *et al.*, 2014). 이를 해결하기 위해 학습자에게 즉각적인 가이드나 힌트가 제공될 필요가 있으며, 학습자가 증강현실과 충분하게 상호작용하여 증강현실 사용에 있어 익숙함을 느끼도록 할 필요가 있다(Cheng & Tsai, 2013). 적지 않은 학생들은 증강현실을 활용한 학습에서 많은 시간이 소모하는 단점이 있었는데, 이는 학생들이 증강현실을 사용하는 데에 어려움을 겪었을 뿐만 아니라 증강현실 콘텐츠가 제공하는 새로움(novelty)으로 인해 학생들이 학습 목표에 집중하지 못하였기 때문이었다(Gavish *et al.*, 2015). 또한 증강현실로 다루는 과제가 지나치게 복잡하고 방대한 학습 내용을 포함한 경우에는 학습자의 주의를 산만하게 하여(Chiang, Yang, & Hwang, 2014b), 학습자가 학습 내용을 이해하는 과정에서 상당한 인지 부담을 느끼게 한다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009). 또한 수업에서 증강현실을 효과적으로 활용하기 위해서는 교사가 증강현실과 같은 멀티미디어에 대해 풍부한 소양을 가지고 있어야 하는데, Dunleavy와 Dede, Mitchell(2009)의 연구에서는 증강현실에 관한 교사의 이해 수준과 사용 능력이 낮았고 이러한 점으로 인해 교사가 학습 활동을 지도하는 데 어려움을 느꼈다고 보고하였다.

증강현실의 기술적 문제는 증강현실의 교수학습 효과를 저해하는 주된 단점으로 작용한다. 예를 들어 증강현실로 현장 학습을 수행할 때 GPS 시스템의 오류로 인해 잘못된 가상 정보가 제시되거나 정보가 제시되지 않아 학생들이 혼란스러워할 수 있고(Chiang, Yang, & Hwang, 2014a), 웹캠이나 카메라가 마커를 인식하는 민감성이 좋지 않아 마커를 인식하지 못하는 문제도 생길 수 있다(Chang *et al.*, 2014). 또한 증강현실을 사용하기 위해 고가의 스마트 기기나 HMD와 같은 특수한

장비가 필요해 고가의 비용이 들 수 있고, 증강현실 애플리케이션에 다양한 기능을 추가하기 위해서는 복잡한 프로그래밍이나 코딩 작업이 필수적으로 요구되기 때문에 설계에서의 어려움이 있다(Chang *et al.*, 2014). 특히 이러한 애플리케이션은 큰 데이터 용량을 가지고 있어 무선 인터넷이 원활하지 않은 환경에서는 학생들이 이를 공유 및 설치하는 데 어려움이 있다(Ke & Hsu, 2015). 이와 더불어, 컴퓨터나 스마트 기기에 연동된 카메라나 인터넷의 기술적 문제, 증강현실의 빛에 대한 민감성이나 카메라 각도와 같은 인체공학적 문제는 교수학습을 목적으로 증강현실을 사용하는 과정에 있어서 추가적인 단점으로 작용한다. 이러한 기술적 문제는 보급형 장비가 저렴한 가격으로 공급되고 정보통신기술이 발달하면서 점차 해결될 것으로 여겨진다.

이상의 연구 결과를 종합하면, 선행 연구에서는 개념 이해도, 동기, 흥미, 과학적 태도 등 여러 가지 인지적·정의적 측면에서 증강현실을 활용한 수업의 효과를 조사하였다. 교육 맥락에서 증강현실을 사용하였을 때 다양한 장점들이 있었으나 몇 가지 단점이나 한계점도 존재하고 있었다. 즉, 증강현실의 교수학습 효과에 대한 상반된 결과들이 선행 연구에서 나타나기도 하였다. 예를 들어 증강현실의 활용이 학습자의 인지적 부담을 줄이거나 수업 참여도를 높일 수 있다고 보고한 연구가 있는 반면(고영남, 김종우, 2012; Liu & Tsai, 2013; Wojciechowski & Cellary, 2013), 증강현실의 활용이 학습자의 주의 집중도에 유의미한 차이를 가져오지 못하거나 오히려 인지적 부담을 유발하기도 한다는 주장도 있다(Chang *et al.*, 2014; Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Munoz-Cristobal *et al.*, 2014). 이는 증강현실을 활용한 수업의 효과가 증강현실 콘텐츠의 특성 또는 수업에서 증강현실이 활용되는 맥락이나 환경에 따라서 달라질 수 있음을 의미한다. 따라서 증강현실의 교육적 효과를 극대화하기 위해서는 증강현실을 적용하기에 적합한 목표 개념의 특성과 적절한 교수 전략에 관한 연구가 이루어질 필요가 있다.

교육 맥락에서 증강현실을 활용하는 과정에서 다양한 장점과 한계점도 있었지만, 증강현실의 효과를 분석한 메타 연구에서는 증강현실 활용 학습이 전통적 교수 학습보다 인지적 및 정의적 측면에서 긍정적 효과가 있다고 보고하였다(Garzón, Pavón, & Baldiris, 2019; Tekedere & Göke, 2016; Xu *et al.*, 2022). Tekedere와 Göke(2016)는 증강현실 활용 학습에 관한 선행 연구 결과들을 통합하고 재분석하기 위해 2005년부터 2015년까지 SCI 및 SSCI급 학술지에 발표된 15개의 연구를 대상으로 메타 분석을 수행하였다(표 5). 이 연구에서 조사한 변인은 학업 성취도 및 학습 수행, 동기, 태도, 몰입감이었으며 처치 집단과 통제 집단의 평균, 표준 편차 등을 고려하여 효과 크기를 계산하였다. 연구 결과, 총 15개 연구의 효과 크기(d)는 .116 ~ 1.968의 범위를 가지며, 학습 결과 측면에서 11개의 연구는 통계적으로 유의미한 차이($p < .05$)가 있었지만 나머지 4개의 연구는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 또한 평균 효과 크기(d)는 .67 ($p = .000$)로 중간 정도의 효과[4]를 보였다. Garzón과 Pavón, Baldiris(2019)도 증강현실 활용 학습의 효과를 조사하기 위해 2012년부터 2018년까지 진행된 총 27개의 연구를 대상으로 메타 분석을 수행하였다. 연구 결과, 학습 효과 측면에서 평균 효과 크기(d)는 .64 ($p < .001$)로 중간 정도의 효과를 보였으며 증강현실 활용 학습은 학생들이 학습 결과와 동기 향상에 긍정적 효과가 있었다. 또한 연구 대상의 학년에 따른 평균 효과 크기는 초등학생 .65, 중학생 .60, 고등학생 .70, 대학생 이상 .62로 나타났다.

한편 Xu 등(2022)은 과학 교육 맥락에서 증강현실이 학업 성취도에 미치는 효과를 메타 분석하였으며, 교과 분야 및 교육 단계, 증강현실의 종류, 디스플레이 매체, 처치 기간, 집단 구성 등의 매개 변인이 학업 성취도에 미치는 효과를 조사하였다. 이를 위해 2013년부터 2020년까지의 증강현실 관련 실험 연구 35개를 대상으로 효과 크기를 구하고 매개 변인의 하위 요소별로 효과 크기를 비교하였다(표 6). 연구 결과, 과학 교육 맥락에서 증강현실이 학업 성취도에 미치는 평균 효과 크기는 0.737로 중간 정도의 효과를 보였다. 이는 증강현실의 교육적 효과를 메타 분석한 선행 논문(Garzón, Pavón, & Baldiris, 2019; Tekedere & Göke, 2016)의 결과와 유사하였다. 또한 매개 변인 중에서 교과 분야에 대해서만 하위 요소에 따라 학업 성취도에 대해 유의미한 차이가 나타났다. 반면 교육 단계 및 증강현실의 종류, 디

4) $.15 < d < .40$: 낮음(low), $.40 < d < .75$: 중간(medium), $.75 < d < 1.10$: 높음(high)

<표 5> 증강현실 활용 학습의 교수학습 효과(Tekedere & Göke, 2016)

연구자	분야	대상	사례수	연구(조사) 내용	효과 크기 (ES)	*p* 값
Cai, Chiang & Wang (2013)	물리	중학생	50명	• 학업 성취도 • 학습 태도	.116	.678
Chen & Tsai (2012)	도서관 교육	초등학생	116명	• 학습 수행	.271	.154
Di serio, Ibanez, & Kloos (2013)	시각 예술	중학생	55명	• 동기: ARCS 모델	.551	.042
Ferrer-Torregrasa *et al.*, (2015)	해부학	대학생	211명	• 동기, 태도 • 주의집중	.663	.000
Hsiao (2013)	물리	초등학생	66명	• 학업 성취도	1.436	.000
Hasio, Chen, & Huang (2012)	과학 교육	고등학생	482명	• 학업 성취도	.917	.000
Ibáñez *et al.*, (2014)	물리	고등학생	60명	• 학업 성취도 • 몰입감	.531	.041
Jee *et al.*, (2014)	수학, 영어, 과학 등	초등학생, 중학생	56명	• 학업 성취도	.366	.033
Ke & Hsu (2015)	발명	대학생	34명	• 학업 성취도	.610	.077
Lin *et al.*, (2013)	물리	대학생	40명	• 학업 성취도	.732	.022
Martin-Gutiérrez *et al.*, (2013)	공학	대학생	49명	• 학습 수행	.618	.032
Gutiérrez & Fernández (2014)	공학	대학생	47명	• 학업 성취도 • 동기	.781	.009
Sommerauer & Müller (2014)	수학	초·중·고등, 대학생	101명	• 학업 성취도	.805	.000
Wei *et al.*, (2015)	창의성 교육	고등학생	33명	• 동기: ARCS 모델	1.968	.000
Zhang *et al.*, (2014)	천문학	초등학생	74명	• 학업 성취도 • 몰입감	.423	.070

<표 6> 매개 변인에 따른 증강현실의 교육적 효과(Xu *et al.*, 2022)

매개 변인	참여자 수(N)	연구 수(k)	효과 크기(d)	p 값
[교과]		39		.001
1. 물리(화학 포함)	723	12	.670	
2. 생명과학	617	12	.186^{N}	
3. 지구과학	777	9	1.451	
4. 수학	221	4	.716	
5. 과학 관련 분야	287	2	1.146	
[교육 단계]		39		.425
1. 유치원 및 초등학교	851	15	.681	
2. 중학교	1014	13	.726	
3. 고등학교	119	3	.230^{N}	
4. 대학교 이상	641	8	1.045	
[증강현실의 종류]		39		.056
1. 마커 기반(marker-based)	1892	27	.915	
2. 마커 없는(markerless)	569	10	.411^{N}	
3. 위치 기반(location based)	164	2	.001^{N}	
[디스플레이 매체]		39		.345
1. 컴퓨터(노트북 포함)와 웹캠	532	8	.594	
2. 모바일(스마트폰)	572	8	1.027	
3. 태블릿	1402	21	.704	
4. 해드셋	74	1	-.332^{N}	
5. 태블릿과 모바일 혼합	45	1	1.423^{N}	
[처치 기간]		39		.942
1. 24시간 미만	590	10	.759	
2. 1주 이상 ~ 4주 미만	724	12	.831	
3. 1달 이상 ~ 4달 미만	978	13	.683	
4. 확인되지 않음	333	4	.592^{N}	
[집단 구성]		39		.169
1. 개인	1221	17	.748	
2. 2~4명	711	11	.538	
3. 4명 초과	219	3	.270^{N}	
4. 확인되지 않음	474	8	1.172	

N: 효과 크기가 95% 신뢰 수준에서 유의미하지 않음. $p < .05$:매개 변인의 하위 요소에 따라 차이가 있음

스플레이 매체, 처치 기간, 집단 구성 등의 하위 요소는 학업 성취도에 대해 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 즉, 교과를 제외한 나머지 매개 변인들은 효과 크기가 하위 요소별로 유의미한 차이가 없음을 의미한다.

교과 분야별로는 지구과학에서 증강현실의 효과 크기가 가장 컸는데, 이는 태양계와 천체 운동 등의 천문학 개념의 경우 증강현실을 사용해 3차원 이미지로 시각화하는 것이 효과적임을 의미한다(Sahin & Yilmaz, 2020). 교육 단계에 대해서는 대학교 이상에서 효과 크기가 가장 컸다. 과학 분야의 증강현실은 상호작용성이 높아 다양한 조작 활동이 요구되는데, 대학생들은 비교적 테크놀로지에 쉽게 적응하고 정확한 조작이 가능하여 증강현실의 교육적 효과가 높았다(Xu *et al.*, 2022). 또한 과학 관련 증강현실은 마커 기반이 가장 흔하고 효과 크기도 큰 편이다. 디스플레이 매체의 경우 스마트폰과 같은 모바일 기기나 태블릿 순으로 효과 크기가 크게 나타났다. 두 가지 매체는 학생들에게 친숙할 뿐만 아니라 가상 객체를 표현하는 방법도 학생 수준에 적합하였다. 처치 기간은 1주 이상에서 4주 미만이 효과 크기가 가장 컸다. 특히 증강현실 사용 기간이 지나치게 길어지는 경우에는 새로움 효과(novelty effect)로 인해 효과 크기가 감소하였다(Garzón & Acevedo, 2019). 집단 구성의 경우 학생들이 증강현실을 개별적으로 사용하는 것이 모둠을 구성하여 사용하는 것보다 효과가 컸다. 증강현실은 학습자 사이의 상호작용을 촉진하지만, 협업에 대한 전략이 없거나 유의미한 토의가 일어나지 않으며 증강현실의 교육적 효과가 낮아질 수 있다(Xu *et al.*, 2022). 이러한 점을 고려할 때, 위 결과만으로 증강현실을 활용한 개별 학습이 소집단 학습보다 효과가 높다고 단정하기 어렵다.

이를 종합하면, 증강현실을 활용 학습은 전통적 교수학습보다 인지적 및 정의적 측면에서 효과가 높으며, 효과 크기는 중간 정도에 해당하고 고등학생이나 대학생 대상으로 효과 크기가 커진다. 과학 교육 맥락에서는 지구과학 분야 및 스마트 기기를 사용한 마커 기반 증강현실이 교육적 효과가 높았고 증강현실을 한 달 이상 사용하는 경우에는 교육적 효과나 낮아지는 경향이 나타났다. 다만, 어떤 선행 연구에서는 증강현실 활용 학습의 효과가 유의미하지 않았다는 점을 고려하면, 학습 효과를 높이기 위한 교수 전략 및 학습 환경, 학습 과정에 관한 연구가 필요한 것으로 여겨진다.

1.5 증강현실을 활용한 교수학습 설계의 방향

증강현실을 활용 학습에 관한 선행 연구에서는 교수학습 전략에 대한 고려없이, 그림이나 동영상과 같은 일반적인 교수학습 매체를 단순히 증강현실로 대체한 수준에서 활용한 경우가 많았다(류혜주, 박헌우, 2017; 이지수 등, 2010; Ibáñez *et al.*, 2014; Lu & Liu, 2015). 최근 증강현실을 활용한 수업에 5E 모형이나 탐구학습 전략(정연화, 이정민, 2015; Cheng & Chu, 2016) 또는 동기설계 모형(이지수 등, 2010)을 적용한 연구도 일부 수행되었으나, 교수학습 방법에 증강현실의 매체적 특징을 고려하기보다 일반적인 교수학습 전략이나 모형을 응용한 것에 가깝다는 점에서 한계가 있다. 이와 더불어 증강현실을 활용한 교수학습 설계에 있어 연구자별로 강조하는 방향성도 다르기 때문에 아직까지 일반화된 교수학습 설계 전략이나 모형은 없는 실정이다. 이에 마커 기반 또는 위치 기반 증강현실에 중점을 두고 교수학습 설계 방향을 제시한 몇 가지 선행 연구(한송이, 2019; Duneavy, 2014; Wu *et al.*, 2013)의 주요 내용을 정리하였다.

Dunleavy(2014)는 증강현실의 독특한 행위유발성이 나타나도록 증강현실 게임이나 증강현실을 활용한 현장 학습에서 사용할 수 있는 세 가지의 학습 설계 원리를 제시하였다. 첫째, 학습자가 증강현실을 활용한 학습 활동에서 핵심 내용을 파악 및 접근하는 경험을 가진 후 높은 수준의 문제에 도전하도록 한다. 증강현실 활용 학습에는 마커를 이동하거나 화면상의 가상 객체를 조작하는 활동 및 학습지의 내용을 해석하여 정리하는 활동, 동료와 토의하여 협력적으로 문제를 해결하는 활동이 모두 포함된다. 이러한 활동은 학습자에게 상당한 인지 부담으로 작용하기 때문에 교수 설계자는 학습자에게 튜토리얼 형태의 증강현실을 제공하여 증강현실을 활용한 학습 경험에 익숙해지도록 할 필요가 있다. 그 후 고차원적 문제에 대해 증강현실 활용 학습을 제공하는 방향으로 학습자에게 도전감을 유발해야 한다. 둘째, 학습 자료에 흥미있는 이야기를 포함하여 학습자와의 상호작용을 촉진해야 한다. 학습 맥락과 연관된 이야기는 증강현실 경험의 질에 중대한 영향을 미치기 때문에, 교수 설계자는 학습자가 물리적 환경에 포함된 다양한 학습 요소에 대한 정보를 수집 및 통합할 수 있도록 대화형 학습 경험을 제공할 필요가 있다(Squire *et al.*, 2007). 예를 들어 위치 기반 증강현실로 1600년대 인디언 역사를 학습할 때, 증강현

실이 들려주는 이야기에 따라 학습자가 직접 역사적 장소를 거닐면서 가상의 인디언 주인공을 도와주는 형태로 몰입 경험을 제공할 수 있다. 셋째, 스마트 기기는 물리적 환경에서 학습자에게 보이지 않는 가상의 객체를 가시화하는 렌즈 역할을 하기 때문에 증강현실을 사용하여 보이지 않는 추상적 개념을 시각적으로 구체화하는 학습 경험을 제공해야 한다. 다만, 학습자는 물리적 환경보다 화면상의 가상 객체에만 집중하는 경향이 있기 때문에(Dunleavy & Simmons, 2011), 교수자는 관찰한 내용에 의미를 부여하는 활동을 포함하거나 물리적 환경과 가상 객체 사이의 상호작용이나 학습자 사이의 토의에 초점을 두어 수업을 설계할 필요가 있다.

Wu 등(2013)은 모바일 기반의 증강현실에 관한 다양한 선행 연구를 분석하여 교수 설계 과정에서 중점 사항을 역할(role) 및 위치(location), 과제(task)의 세 가지 범주로 재구성하였다. 첫째, 증강현실을 사용하는 과정에서 학습자에게 특정한 역할을 부여하거나 다른 역할을 경험하게 하는 것은 학습자 사이의 상호작용을 촉진하여 협력적 문제 해결을 돕는다. 둘째, 장소나 위치 기반 증강현실에서 학습자의 지리적 위치 정보는 물리적 환경과 학습자 사이의 상호작용을 촉진한다. 특히 GPS가 내장된 스마트 기기는 증강현실 콘텐츠 상에서 사용자의 위치와 연계된 정보를 제공하기 때문에 학습자가 물리적 환경에 실제성을 느낄 수 있고 실제 맥락에서 학습이 이루어지는 장점이 있다. 셋째, 증강현실 환경에서 학습 과제 설계에 중점을 두는 것으로, 이는 문제 중심 학습(problem-based learning)과 유사하게 학습 과제를 중심으로 학습자의 능동적 참여와 자기주도적 학습, 문제 해결력을 중시한다.

한송이(2019)는 의과대학에서 증강현실을 활용한 수업에 참여하는 대학생을 대상으로 연구를 수행하여 증강현실 기반 수업을 위한 실천 전략을 제시하였다. 첫째, 증강현실이 가지는 독특한 행위유발성을 극대화하기 위해서는 학습 기자재와 증강현실을 융합하여 사용할 필요가 있다. 예를 들면 심폐 소생술을 배울 때 증강현실을 활용하여 교육용 마네킹 위에 가상 객체를 증강시켜 실습을 하거나, 지구과학 교과에서 태양계를 배울 때 실제 하늘에 가상 객체를 구현하여 제시할 수 있다. 둘째, 수업 전에 학습자가 증강현실에 익숙해지도록 충분한 시간을 제공해야 한다. 대부분의 학습자는 증강현실에 익숙하지 않기 때문에 기기 사용이 미숙하며, 이러한 미숙함은 제한 시간 내에 학습자가 효과적인 학습을 하는 것을 방해한다. 셋째, 소집단을 구성을 하고 소집단 활동이 활발하게 운영되는 환경을 구성할 필요가 있

다. 특히 소집단 학습 상황에서는 증강현실의 사용을 어려워하는 학습자가 동료의 도움을 받을 수 있고, 모둠원들이 서로의 화면을 공유할 수 있어 자신의 차례가 되었을 때 증강현실을 더욱 효과적으로 사용할 수 있다는 장점이 있다. 넷째, 경험 학습을 극대화하기 위해 학습자가 직접 증강현실을 만들어보는 것이 권장된다. 이는 학습자가 증강현실의 기술적 측면을 이해할 수 있으며 다양한 사례에 대해 심층적인 학습이 가능하게 한다.

위 선행 연구에서 증강현실을 활용한 교수학습 설계 방향에 대해 연구자들이 공통적으로 주장한 내용을 다음과 같이 정리할 수 있다. 우선 증강현실과 학습자와의 상호작용이 촉진되도록 마커나 기기상의 가상 객체를 조작하는 활동을 포함하고 실제 맥락에서 도전적인 학습 경험을 제공할 필요가 있다. 다음으로 소집단을 구성하고 증강현실을 사용하여 협력적으로 문제를 해결하도록 수업 방법을 구성할 필요가 있다. 이때 학습자 사이의 토의를 통해 증강현실의 가상 객체나 관련 학습 경험에 의미를 부여하도록 수업 전략을 구성하는 것이 적절하다. 마지막으로 학습자가 증강현실 사용에 익숙해질 수 있도록 충분한 시간이나 관련 학습 경험을 제공해줄 필요가 있다. 다만, 증강현실을 활용한 교수학습 전략을 구체화하고 효과적인 교수학습 방법을 마련하기 위해서는 증강현실을 활용한 수업 사례나 증강현실을 사용한 학습 과정 등의 실증적 연구에 기반을 두어야 할 것이다.

2. 과학 교육에서 증강현실

2.1 과학 교육에서 증강현실의 활용

최근 몇 년 동안 증강현실 기술은 수학이나 과학 분야에서 주목받고 있는데(Arici *et al.*, 2019), 이는 증강현실이 실제와 가상 세계를 결합하며, 실시간 상호작용을 제공하고 3차원의 가상 객체를 제시하는 등의 현실감이 높은 학습 경험을 통해 학습자의 능동적 학습을 촉진하기 때문이다. 특히 다수의 추상적인 개념이 포함된 과학은 학생들이 대체로 어려워하는 과목이기 때문에 과학 교육의 맥락에서 증강현실은 학습자의 개념 이해를 돕기 위해 사용되는 경향이 있다(Arici *et al.*, 2019). 예를 들면 교사의 설명을 보충하기 위해 풍부한 시각 자료를 포함한 증강현실을 사용하여 구체적인 정보를 제공할 수 있다(Rehmat & Bailey, 2014). 또한 실제와 가상 세계를 결합한 증강현실 시뮬레이션은 학습자가 복잡한 과학 개념을 이해하는 데 도움을 준다(Arvanitis *et al.*, 2009). 증강현실은 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 3차원의 가상 객체로 시각화시켜 주기 때문에 학습자는 실제 세계와 가상 세계의 연계를 통해 추상적 개념을 쉽게 해석할 수 있게 된다(Wu *et al.*, 2013).

과학 교육에서 증강현실의 활용 사례를 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 분야로 구분하여 주로 제시된 주제와 증강현실의 유형 및 특징을 <표 7>에 제시하였다. 물리 분야에서는 자기력선, 공기의 흐름, 전자의 이동 등의 주로 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 실제 사물의 모습에 증강시켜 제시하는 경향이 있었다(Montoya, Díaz, & Moreno, 2016; Radu & Schneider, 2019; Yoon *et al.*, 2017). 화학 분야에서도 물리 분야와 유사하게 마커 기반 증강현실로 원자 및 분자의 구조, 결정 구조와 같이 눈에 보이지 않는 미시적 세계를 3차원의 이미지로 제시하는 특징이 있었으며(Cai, Wang, & Chiang, 2014), 학습자가 가상의 공간에서 적정 실험을 하면서 산염기 반응의 입자 모형을 탐색하는 콘텐츠도 있었다(Wojciechowski & Cellary, 2013). 생명과학 분야에서는 마커 기반의 증강현실로 체내 기관의 구조와 기능을 설명하는 3차원의 이미지를 제시하거나, 미생물의 특징 및 식물의 생장 과정에 대해 탐구하는 형태의 콘텐츠도 있었다(류혜주, 박헌우, 2017; Hung, Chen, & Huang, 2017). 특히 생명과학에서 환경 분야의 주제들은 위치 기반 증강현실을 사용하여

호수와 같은 실제 환경 속에서 동료들과 협력적 탐구학습을 수행하는 형태로 제시되는 경우가 많았다(Georgiou & Kyza, 2018). 지구과학 분야에서는 천문학의 주요 개념에 관해 마커나 실제 모형을 조작하면서 탐구하는 형태의 콘텐츠가 많은 편이며(고영남, 김종우, 2012; Chen & Wang, 2015), 위치 기반 증강현실을 사용하여 지질 답사를 수행하는 콘텐츠도 포함되었다(Bursztyn *et al.*, 2017).

과학 분야에서 증강현실의 활용 사례를 분석한 결과, 발견되는 주요 특징은 다음과 같다. 첫째, 증강현실 구현을 위한 도구는 웹캠과 컴퓨터에서 점차 스마트 기기로 변하였다. 구체적으로 과거에는 웹캠을 마커에 비춰 컴퓨터에 연결된 모니터에 가상 객체를 제시하는 방식이 주를 이루었다. 하지만 2015년 이후 스마트폰이나 태블릿 보급이 확대되면서 모바일 형태의 증강현실이 사용되는 빈도가 높아졌다. 다만 최근에 도입된 위치 기반 증강현실은 아직까지 과학 교육에서 사용되는 빈도는 매우 낮은 편이었다(Arici *et al.*, 2019). 둘째, 학습자가 마커를 스마트 기기의 카메라로 비추면서 화면상에 나타나는 가상 객체를 관찰하는 형태의 증강현실이 높은 빈도로 활용되는 경향이 있었다. 예를 들어 Chen(2006)의 연구에서는 학습자가 노트북에 연결된 카메라로 마커를 비추면서 3차원의 분자 모형을 관찰하는 증강현실을 사용하였다. 또한 Montoya와 Díaz, Moreno(2016)의 연구에서 사용한 증강현실의 경우 학습자가 마커를 스마트폰의 카메라로 비추면 화면에서 전기 회로에서 전자의 이동이나 저항 등이 정적인 이미지로 제시되거나 동영상이 재생되었다. 이는 학습자가 증강현실의 가상 객체를 관찰하는 데 중점을 두는 전통적인 증강현실의 활용 방식으로 볼 수 있다. 셋째, 학습자가 물리적 객체인 마커와 가상 객체를 직접 조작하는 활동이 가능하도록 증강현실 콘텐츠가 구성된 경우도 있었다. 구체적으로 마커의 이동이나 배열, 조합에 따라 가상 객체가 변하거나 새로운 가상 객체가 나타나기도 하였으며 가상 객체를 이동, 확대, 회전하는 다양한 조작 활동이 포함되었다. 예를 들어 원자 마커를 조합하여 다양한 분자 모형을 만들거나(Cai, Wang, & Chiang, 2014), 태양과 지구 마커의 위치를 이동시키면 자전과 공전에 따른 변화가 나타나기도 하였다(Chen & Wang, 2015). 이는 학습자가 증강현실을 사용하여 탐색적으로 과제의 해결 방법을 찾는 것으로 증강현실의 독특한 활용 방식으로 볼 수 있다.

<표 7> 과학 분야에서 증강현실의 활용 사례

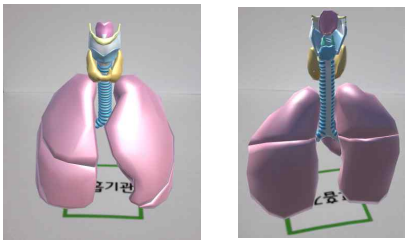
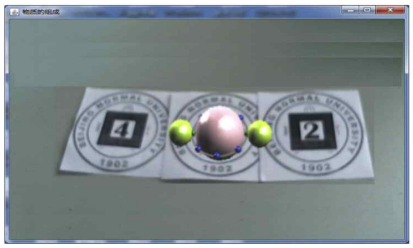
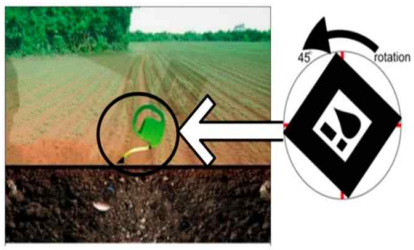
구분	연구자	주제	유형	증강현실의 특징
물리	Li *et al.*, (2011)	역학 (탄성 충돌)	마커 기반	• 두 물체의 충돌에 대한 증강현실 시뮬레이션을 제시
	Yoon *et al.*, (2017)	유체 역학 (베르누이 원리)	이미지 기반	• 공(실제) 주위의 공기 흐름(가상 객체)을 증강시켜 제시
	Montoya, Díaz, & Moreno (2016)	전기 (전류, 전압 등)	마커 기반	• 전류, 저항, 충전 등에 대해 정적 또는 동적의 미시적 표상을 제시
	Radu & Schneider (2019)	전자기학	마커 기반	• 전기와 자기의 관계를 미시적 표상으로 제시 및 가상 객체를 조작
화학	이재원, 박가영, & 노태희 (2020)	물질의 입자성 (끓는점, 용해도)	마커 기반	• 거시적 표상(사진)에 미시적 표상(입자 모형)을 증강시켜 제시
	Cai, Wang, & Chiang (2014)	원자 구조, 분자 구조	마커 기반	• 원자 및 분자의 3차원 모형 제시 • 원자 마커를 조합하여 분자 생성
	Chen (2006)	생화학 (아미노산)	마커 기반	• 아미노산의 3차원 구조를 제시 • 분자 구조를 회전하는 조작 활동
	Núñez *et al.*, (2008)	무기화학 (결정 구조)	마커 기반	• Al_2O_3, SiO_4 등의 물질들에 대한 결정 격자 구조를 제시
	Wojciechowski & Cellary (2013)	화학 반응 (중화 반응 등)	마커 기반	• 마커를 조작하면서 화면에 제시된 도구를 사용하여 적정 실험 수행
생명 과학	류혜주, 박헌우 (2017)	해부학 (우리 몸의 기관)	마커 기반	• 소화 기관, 순환 기관 등에 대한 3차원 이미지와 설명을 제시
	Hung, Chen, & Huang (2017)	미생물	마커 기반	• 증강현실 책 형태의 학습 자료 • 조작을 통한 미생물의 특징 탐색
	Chang, Chung, & Huang (2016)	식물	마커 기반	• 마커를 조작하면서 식물을 성장 • 마커들의 조합으로 광합성 탐구
	Georgiou & Kyza (2018)	환경 (호수 생태계)	위치 기반	• 호수를 이동하면서 증강현실로 탐구 및 문제 해결 활동을 수행
지구 과학	고영남, 김종우 (2012)	천문학 (지구와 달)	마커 기반	• 마커들을 조합하여 지구와 달의 모습과 관계를 파악하도록 구성
	계보경, 김영수 (2008)	물의 순환	마커 기반	• 구름과 비의 생성 과정을 제시 • 가상 객체를 조작하여 변화 탐색
	Chen & Wang (2015)	천문학 (태양과 지구)	이미지 기반	• 지구와 태양 실제 모형을 이동시키면서 가상 공간상의 변화 관찰
	Bursztyn *et al.*, (2017)	지질 답사	위치 기반	• 학교 밖에서 모바일 형태의 증강현실로 그랜드 캐니언 지질 답사

이상의 분석 결과에 기초하여 과학 교육에 주로 활용되는 증강현실을 관찰형과 조작형의 두 가지 유형으로 구분하였다(표 8). 관찰형 증강현실은 증강현실 책에서와 같이 학습자가 QR 코드와 같은 마커를 스마트 기기의 카메라로 비추면서 화면상의 가상 객체를 관찰하는 유형이다(Ozdamli & Karagozlu, 2018; Yilmaz, 2021). 이는 기기 화면에 증강된 3D 이미지 등을 관찰하는 활동을 수반하는 일반적인 형태의 증강현실이며, 때로는 가상 객체에 대해 이동이나 확대 등의 조작 기능이 일부 포함된 경우도 있다. 예를 들어 용해도에 대한 증강현실 콘텐츠를 개발한 선행 연구(이재원, 박가영, 노태희, 2020)에서 학습자는 특정 온도에 해당하는 마커와 스마트 기기를 사용하여 포도당 수용액의 입자 모형 동영상을 관찰할 수 있다. 또한 우리 몸의 구조에 대한 증강현실에서는 3D 이미지의 호흡 기관을 관찰할 수 있다(류혜주, 박헌우, 2017). 이러한 유형의 증강현실은 사용 방법이 간단하고 쉬워 활용 난도가 낮은 편이지만, 증강현실과 학습자 사이에 쌍방향의 능동적 상호작용을 이끌어내기 어렵고 학습자는 안내에 따라 수동적으로 가상 객체만 관찰하는 수준에서 학습이 머무를 수 있다(Hsiao *et al.*, 2016).

조작형 증강현실은 학습자가 마커나 가상 객체를 다양하게 조작하면서 스마트 기기 화면상에 나타나는 가상 객체의 변화를 탐색하는 유형이다(Ibáñez *et al.*, 2014; Shelton & Hedley, 2004). 이는 게임 기반의 증강현실로 학습자가 능동적으로 마커나 스마트 기기상의 가상 객체를 조작할 수 있기 때문에 증강현실과 학습자와의 상호작용이 활발하게 일어날 수 있다. 또한 조작형 증강현실에서 사용하는 마커는 인식 기능을 포함할 뿐만 아니라, 배열이나 이동 등의 조작을 통해 가상 객체의 변화를 실시간으로 제시하기 때문에 학습자에게 새로운 의미를 전달하는 기능도 가진다. 즉, 조작형 증강현실은 물리적 객체인 마커와 가상 객체가 모두 목표 개념에 관한 유의미한 정보를 포함하는 특징이 있다. 예를 들어 화학 결합을 주제로 조작형 증강현실을 개발한 선행 연구(Cai, Wang, & Chiang, 2014)에서는 학습자가 기기 화면을 보면서 수소(H) 원자 마커 2개와 산소(O) 원자 마커 1개를 H-O-H 순으로 배열하여 가상 객체인 물(H_2O) 분자의 결합 모형을 관찰하였다. 또한 광합성에 대한 조작형 증강현실을 개발한 선행 연구(Chang, Chung, & Huang, 2016)에서 물을 표상하는 마커를 회전시켜 스마트 기기상에 나타난 식물에 물을 줄 수 있다. 이러한 실물형 조작 방식을 가지는 증강현실은 사용법이 복잡하고 활용 난도가 높지

만, 학습자가 증강현실과 능동적으로 상호작용하면서 학습에 참여할 수 있는 장점이 있다.

〈표 8〉 관찰형 증강현실과 조작형 증강현실의 특징 비교

구분	관찰형 증강현실	조작형 증강현실
학습 활동	주로 가상 객체를 관찰하는 활동 (예) 마커와 스마트 기기를 사용하여 입자 모형이나 기관을 관찰	마커와 가상 객체를 조작하며 가상 객체의 변화를 탐색하는 활동 (예) 기기 화면상에 원자 마커들을 배열시킨 후, 마커 이동에 따른 물분자의 결합 생성을 관찰
특징	• 마커를 스마트 기기의 카메라로 비추면서 가상 객체의 특징을 관찰 ※가상 객체의 회전 등 조작도 일부 가능 • 주로 교사의 안내에 따라 학습자가 수동적으로 증강현실을 사용	• 게임 기반의 증강현실로 학습자가 능동적으로 마커나 스마트 기기상의 가상 객체를 조작할 수 있음 • 마커들의 배열이나 이동에 따른 가상 객체의 변화를 실시간으로 제시
마커의 기능	주로 인식 기능	인식 기능, 목표 개념에 관한 정보를 마커에 포함
사용 방법 및 난도	비교적 단순하고 쉬움	비교적 복잡하며 학습자에 따라 어려움을 느낄 수 있음
사례	 〈이재원, 박가영, 노태희 (2020)〉  〈류혜주, 박헌우 (2017)〉	 〈Cai, Wang, & Chiang (2014)〉  〈Chang, Chung, & Huang (2016)〉

2.2 과학 교육에서 증강현실의 장점과 매체적 특징

교육 맥락에서 증강현실을 사용한 선행 연구들에 대해 메타 분석 및 리뷰 연구(Akçayir & Akçayir, 2017; Bacca *et al.*, 2014; Chen *et al.*, 2017)들이 활발하게 수행되었고, 증강현실의 교육적 장점이나 효과 등이 널리 알려지게 되었다. 이러한 추세에 맞추어 과학 교육 맥락에서 증강현실의 효과를 분석한 리뷰 연구들도 점점 증가하고 있다(Arici *et al.*, 2019; Cheng & Tsai, 2013; Xu *et al.*, 2022). 예를 들어 Arici 등(2019)은 2013년부터 2018년 동안 발표된 외국의 증강현실 관련 연구 논문 중에서 과학 교육 맥락에서 진행된 연구 62편을 분석하였다. 이 연구에 따르면 교육 맥락에서 증강현실의 장점들이 과학 교육 맥락에서도 대부분 공유되며, 과학 교육에서 증강현실은 능동적 학습의 촉진 및 현존감과 흥미 향상, 학습 동기부여, 효율적인 학습 환경을 제공하는 장점이 있었다. 또한 과학 교육에서 증강현실 기반의 국외 연구에서는 주로 학업 성취도나 동기, 흥미를 중심으로 정량 연구가 약 80% 정도를 차지하였으며, 마커 기반의 증강현실을 사용하는 빈도가 매우 높았다.

Mazzuco 등(2022)은 2011년부터 2020년까지 화학 교육 분야에서 증강현실을 활용한 선행 연구 49편을 분석하여 증강현실의 활용 분야 및 증강현실의 장점, 한계점을 리뷰하였다. 이때 증강현실 활용의 교육적 장점을 학습 측면과 기술적 측면으로 구분하였고, 학습 측면은 블룸(Bloom)의 분류틀에 따라 인지적 및 정의적, 심동적 영역으로 세분하였으며 기술적 측면은 상호작용 및 실험실, 학습자의 자율성 영역으로 세분하였다(표 9). 전체적으로 학습 측면의 장점을 보고한 연구(79.7%)가 기술적 측면의 장점을 보고한 연구(20.3%)보다 많은 편이었다. 이때 학습 측면에서 인지적 및 정의적 영역의 장점은 각각 33.3%, 35.3%로 높은 비율을 차지하였다. 기술적 측면에서는 상호작용 영역의 장점이 10.5%로 가장 높은 비율을 차지하였는데, 이와 같은 상호작용에는 증강현실과 학습자와의 실시간 상호작용과 교수자와 학습자 사이의 상호작용, 학습자 사이의 상호작용이 모두 포함된다. 특히 화학 교육 분야의 경우 기술적 측면의 실험실 영역에서 독특한 장점이 나타났다. 예를 들어 폭발과 같은 위험한 화학 반응을 증강현실로 보여주거나(Xiao *et al.*, 2020), 삼각 플라스크 등의 실험 도구에 마커를 붙이고 스마트 기기로 이를 관찰 및 조작하면서 적정을 수행하는 실제적 실험 경험을 제공하였다(Tee *et al.*, 2018).

<표 9> 화학 교육에서 증강현실 활용의 교육적 장점(Mazzuco *et al.*, 2022)

구분	영역	요소	연구수 (개)	백분율 (%)	
학습 측면	인지적	학습 지원	24	15.7	33.3
		인지적 스킬 발달	2	1.3	
		학습 수행(성취도, 개념 이해 등)의 향상	16	10.5	
		개념의 파지 향상	4	2.6	
		기타	5	3.3	
	정의적	수업에 대한 긍정적 태도 향상	5	3.3	35.3
		즐거운 학습의 수행	6	3.9	
		학습에 대한 흥미 향상	8	5.2	
		학습 동기 향상	10	6.5	
		학습에 대한 참여 촉진	3	2.0	
		자신감 향상	7	4.6	
		만족감 향상	5	3.3	
		학습자의 스트레스나 걱정 감소	2	1.3	
		기타	8	5.2	
	심동적	보이지 않는 현상이나 추상적 개념의 시각화	8	5.2	11.1
		공간 지각력 향상	5	3.3	
		학습자의 실제 조작 경험의 제공	1	0.7	
		추상적 개념의 현실화	3	2.0	
기술적 측면	상호작용	사용하기 쉬움	7	4.6	10.5
		실시간 상호작용의 제공	2	1.3	
		교수자와 학습자, 학습자 사이 상호작용 촉진	2	1.3	
		기타	5	3.3	
	실험실	위험한 실험의 안전한 수행	3	2.0	7.2
		복잡한 실험 절차를 통합하여 제공	1	0.7	
		실제에 가까운 실험 경험의 제공	1	0.7	
		실험 도구나 재료 등의 비용 감소	3	2.0	

구분	영역	요소	연구수 (개)	백분율 (%)	
기술적 측면	실험실	실험 수업에 적합함	2	1.3	
		전통적 교수 방법을 지원	1	0.7	
	학습자의 자율성	수행 과정에서 자유로운 학습 가능	1	0.7	
		장소나 시간의 제약 없이 학습 가능	2	1.3	2.6
		학생 주도적 학습	1	0.7	
총계		-	153	100	

많은 연구자들은 증강현실의 효과를 설명하기 위해 증강현실이 가지는 매체적 특징에 관심을 가지게 되었다(장상현, 계보경, 2007; Cheng & Tsai, 2013). 예를 들어 장상현과 계보경(2007)은 증강현실의 매체적 특징으로 3차원 방식의 다감각적(multi sensory) 정보 제공, 끊김없는(seamless) 인터페이스를 통해 실제 세계와 연결된 가상 세계에서 자유로운 정보 탐색, 실물형 인터페이스를 통한 조작성 강화를 제시하였다. Cheng과 Tsai(2013)는 과학 교육에서 증강현실을 사용한 12개의 선행연구를 분석하여 증강현실의 종류에 따른 매체적 특징을 다음과 같이 제시하였다. 첫째, 마커 기반 증강현실은 학생들의 개념 이해 및 공간 능력, 실제적 스킬을 향상시키는 용도로 사용한다. 예를 들어 학습자는 마커를 조작하면서 가상 객체의 3차원적 구조를 살펴볼 수 있으며 이러한 과정은 학습자의 공간 능력을 향상시키고 개념 이해를 돕는다(Núñez *et al.*, 2008). 또한 실험실과 같은 물리적 환경에서 디스플레이 기기 화면상에 제공되는 보조 정보들은 학습자가 실제적 실험 스킬을 익히는 데 도움을 주었다(Eursch, 2007). 특히 학습자가 증강현실의 마커나 가상 객체를 조작하면서 새로운 내용을 탐색하도록 증강현실을 설계하면 학습자가 단순히 증강현실을 관찰하는 수준을 벗어나 증강현실과 상호작용함으로써 학습 과정 및 목표 개념을 이해하는 데 효과적이다(Kerawalla *et al.*, 2006). 둘째, 위치 기반 증강현실은 학생들이 교실 밖의 실제 세계나 현상에서 가상 정보를 활용하여 문제를 조사 및 해결할 수 있는 기회를 제공한다(Rosenbaum, Klopfer, & Perry, 2007). 즉, 학생들은 실제 환경의 특정 장소를 이동하면서 증강현실이 제공하는 가상 객체를 확인하고 화면상에 제시된 문제를 해결하게 된다. 이러한 활동은 증강현실과 학습자와

의 상호작용이나 학습자들 사이의 상호작용을 촉진하고 학생들은 실제적인 과학 탐구학습에 깊게 몰입하는 장점이 있다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009).

과학 교육 맥락에서 증강현실을 활용한 사례나 증강현실의 교육적 효과를 조사한 선행 연구를 분석하여 증강현실의 매체적 특징 3가지를 <표 10>에 제시하였다(그림 7). 첫째, 과학 교육에서 증강현실은 추상적 개념을 시각화하여 학생들의 개념 이해를 돕는 특징이 있다(Sahin & Yilmaz, 2020). 자기장이나 원자 모형 등의 추상적 개념은 눈에 보이지 않는 속성을 가지고 있어 거시적 관점의 실제 세계의 맥락에서는 이를 설명하기 어렵다. 하지만 증강현실은 마커와 스마트 기기를 사용하여 실제 세계를 바탕에 두고 추상적 개념을 실시간으로 혼합하여 제시한다. 예를 들어 Ibáñez 등(2014)의 연구에서는 학생들이 자석이나 전선에 해당하는 마커들을 스마트 기기의 카메라로 비추면 화면상에는 자기력선이 가상 객체로 나타나게 되고 마커를 이동시키면서 자기력선의 변화를 관찰할 수 있다. 최근에는 마커 인식 기술이 발달함에 따라 실제 자석을 스마트 기기의 카메라로 비추어도 자기력선이 실시간으로 나타나게 되었다(Liu *et al.*, 2021). 특히 증강현실은 3차원 이미지의 가상 객체를 표현할 수 있어 물질의 구조나 행성들의 자전과 공전과 같이 공간적 이해가 요구되는 개념을 시각화할 수 있다(Cheng & Tsai, 2013). 예를 들어 Elford와 Lancaster, Jones(2022)의 연구에서는 학생들이 정사면체나 삼각쌍뿔, 정팔면체를 지정하는 마커들을 스마트 기기의 카메라로 비추면서 VSEPR 이론에 따른 3차원의 분자 구조를 관찰하였다. Majgaard 등(2017)은 증강현실 책과 구글 카드보드 형태의 HMD를 사용하여 태양계에 관한 증강현실 애플리케이션을 개발하였다. 이때 학습자는 증강현실 책을 HMD로 관찰하면서 태양계를 이루는 행성들의 자전과 공전, 달의 위상 변화를 3차원의 이미지로 관찰할 수 있다.

둘째, 증강현실은 물리적 마커나 스마트 기기의 가상 객체를 조작하는 핸즈온(hands-on) 활동을 통해 가상 객체의 다양한 변화를 탐색할 수 있는 특징을 가지며 이는 탐구 맥락에서 증강현실과 학습자와의 상호작용을 촉진한다(Cheng & Tsai, 2013; Wu *et al.*, 2013; Xu *et al.*, 2022). 증강현실의 조작 활동은 마커를 선택 및 이동, 회전, 조합하거나 가상 객체를 이동 및 회전, 확대 등을 포함하며, 마커와 가상 객체 모두를 대상으로 증강현실의 조작이 가능하다. 이때 실제 세계의 물리적 마커를 조작하면 실시간으로 스마트 기기의 가상 객체의 변화가 연동되어 나타나

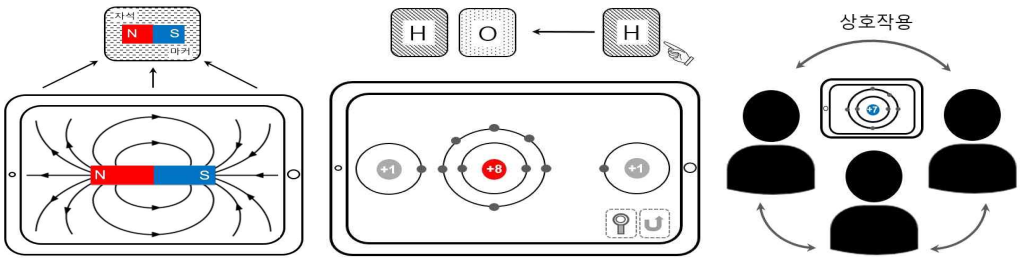
는데, 이는 실물형 인터페이스를 지원하는 증강현실의 독특한 매체적 특징으로 볼 수 있다(장상현, 계보경, 2007; Ibáñez *et al.*, 2014; Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2011). 특히 과학 교육에서 활용한 조작형 증강현실은 목표 개념의 결과뿐만 아니라 변화 과정에도 중점을 두기 때문에(Hasio, Chen, & Huang, 2012; Hsiao *et al.*, 2016), 학습자는 증강현실을 조작하면서 목표 개념에 관한 과정적 지식을 이해할 수 있다. 즉, 증강현실 활용 학습에서 학생들은 단순히 스마트 기기상의 가상 객체를 관찰하는 수준에서 머무르지 않고, 마커나 가상 객체를 다양하게 조작하면서 가상 객체의 변화를 탐색하는 등의 증강현실과 능동적 상호작용에 참여하게 된다. 조작형 증강현실을 사용한 선행 연구의 사례는 다음과 같다. Cai와 Wang, Chiang(2014)의 연구에서는 화학 결합을 주제로 한 증강현실을 사용하였다. 학생들은 수소 원자와 산소 원자 마커를 각각 스마트 기기의 카메라로 비추면서 원자 모형을 관찰하였다. 이때 학습자가 기기 화면을 보면서 수소 원자 마커 2개와 산소 원자 마커 1개를 인접시키면 스마트 기기상에 3차원의 물 분자 모형이 가상 객체로 나타난다. 이때 학생들은 가상 객체를 회전하면서 미시적 관점의 분자 구조나 결합각을 탐색할 수 있으며 줌 아웃(zoom out)을 하면 거시적 관점에서 액체 상태의 물을 관찰할 수 있다. 또한 Chang과 Chung, Huang(2016)은 광합성을 주제로 'ARFlora'라는 증강현실을 개발하였다. 학생들은 씨를 뿌리는 마커, 물을 주는 마커, 태양 빛을 쪼여주는 마커 등의 다양한 마커를 선택 및 회전시키면서 스마트 기기상의 식물에서 소모되는 이산화 탄소나 발생하는 산소 기체를 관찰하였다.

셋째, 증강현실은 학습자들 사이의 면대면 상호작용이나 온라인상에서 실시간 상호작용을 활성화하는 특징을 가진다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Phon, Ali, & Halim, 2014). 이러한 특징은 증강현실을 활용한 소집단 학습과 같이 학생들 사이의 협업 과정에서 주로 나타난다. 특히 마커 기반 증강현실은 교실 학습 상황에서 면대면 상호작용을, 위치 기반 증강현실은 현장 학습 상황에서 실시간의 온라인 상호작용을 촉진한다. 교실 학습 상황에서 소집단 학습을 수행할 때, 증강현실의 구성 요소인 마커나 가상 객체는 의사소통의 단서나 근거로 작용하여 학생들 사이의 면대면 상호작용을 촉진한다. 예를 들어 Matcha와 Rambli(2011)의 연구에서는 2인 1 모둠을 구성하여 빛의 분산과 합성을 주제로 증강현실을 활용한 소집단 학습을 수행하였다. 이때 증강현실을 매개로 하여 학습 내용을 공유 및 해석하는 소집

단 토의가 활발하게 나타났다. 현장 학습 상황에서는 면대면 토의가 어렵기 때문에 언제 어디서든지 온라인 토의가 가능하도록 증강현실 애플리케이션을 구성하였다. Chiang과 Yang, Hwang(2014b)의 연구에서 호수의 생태를 주제로 위치 기반 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 운영하였다. 학생들은 관찰 내용을 온라인 플랫폼에 업로드하여 다른 모둠과 관찰 결과를 공유하였으며, 다수의 학생이 온라인 토의를 통해 활발한 의사소통을 하였으며 학생들 사이의 지식 구성 상호작용이 나타났다.

〈표 10〉 과학 교육에서 증강현실의 매체적 특징

구분		내용	사례 및 연구자
추상적 개념의 시각화		•증강현실은 실제 세계를 바탕으로 가상 객체를 혼합하여 실시간으로 시각화 •3차원 이미지의 가상 객체는 공간적 개념을 시각화	•자기력선(Ibáñez *et al.*, 2014) •분자 구조(Elford, Lancaster, & Jones, 2022) •태양계(Majgaard *et al.*, 2017)
상호작용 촉진	증강현실과 학습자의 상호작용	•증강현실에는 마커나 가상 객체를 조작하는 핸즈온 활동이 포함 •조작 활동을 통해 가상 객체의 다양한 변화 과정이나 결과를 탐색	•화학 결합 모형 (Cai, Wang, & Chiang, 2014) •광합성 관찰(Chang, Chung, & Huang, 2016)
	학습자들 사이의 상호작용	•마커 기반 증강현실은 학생들 사이의 면대면 상호작용을 촉진 •위치 기반 증강현실은 주로 온라인상에서 상호작용 촉진	•Matcha & Rambli (2011) •Chiang, Yang, & Hwang (2014b)



(추상적 개념의 시각화) (증강현실과 학습자의 상호작용: 조작형 증강현실) (학습자들 사이의 상호작용)

〈그림 7〉 과학 교육에서 증강현실의 매체적 특징

과학 교육에서 증강현실의 매체적 특징은 추상적 개념의 시각화와 상호작용 촉진으로 구분하며, 이때 상호작용은 증강현실과 학습자와의 상호작용과 학습자들 사이의 상호작용으로 세분할 수 있다. 특히 증강현실과 학습자와의 상호작용은 단순히 가상 객체를 관찰하는 수준을 넘어서, 학습자가 마커나 가상 객체를 조작하면서 목표 개념을 탐색하는 능동적 참여 활동을 통해 촉진할 수 있다. 이러한 매체적 특징은 증강현실의 교육적 효과를 설명하는 데 유용한 요인이며, 증강현실을 활용 학습에서 수업 방법을 설계할 때에도 고려할 요소이다. 하지만 과학 교육에서 증강현실의 효과를 조사한 선행 연구에서는 매체적 특징을 고려하지 않고 단순히 증강현실을 수업에 활용하는 수준에 머물러있는 한계가 있었다(류혜주, 박헌우, 2017; Nachairit & SrisawasdI, 2015; Núñez *et al.*, 2008). 예를 들어 마커를 스마트 기기로 비추면 준비된 동영상이 단순히 재생되는 관찰형 증강현실이 사용되는 경우가 많았으며 조작형 증강현실을 활용한 경우는 적은 편이었다. 또한 개발된 증강현실 콘텐츠를 수업에 효과적으로 사용하기 위한 구체적인 교수학습 전략도 부족한 실정이다(이지수 등, 2010). 따라서 증강현실의 매체적 특성을 고려하여 과학 수업에서 증강현실의 활용 효과를 극대화할 수 있는 증강현실 콘텐츠 및 교수학습 전략을 개발하여 적용하는 것이 필요하다.

2.3 과학 교육에서 증강현실 기반의 국외 및 국내 연구 동향

과학 교육에서 증강현실 기반의 국외 연구들에 대해 분야 및 대상, 방법, 연구 내용을 정리하여 <표 11, 12>에 제시하였다. 이때 증강현실을 활용한 소집단 학습에 대한 연구도 다수 진행되었으나 이에 관한 내용은 다음 챕터에 포함시켰다. 선행 연구들의 내용이나 방법 등을 고려하여 정리한 결과, 과학 교육에서 증강현실 활용 학습의 국외 연구 동향은 다음과 같이 요약하여 설명할 수 있다.

첫째, 증강현실 콘텐츠를 개발하고 교수학습 효과를 조사하기 위해 학업 성취도나 개념 이해와 같은 인지적 측면과 태도나 흥미, 몰입, 인지 부담 등의 정의적 측면에서 처치 집단과 전통 집단을 비교하는 실험 연구들이 진행되었다. 예를 들어 Sahin과 Yilmaz(2020)는 태양계를 주제로 증강현실 책을 개발하고 중학교 1학년 100명을 대상으로 증강현실 콘텐츠의 교수학습 효과를 조사하였다. 연구 결과, 증강현실을 사용한 처치 집단은 교과서를 사용한 통제 집단보다 학업 성취도와 과학 수업에 대한 태도가 유의미하게 높았다. 이러한 실험 연구들은 교실 수업에서 진행된 경우가 많았으나, 실험실 맥락에서 학생들의 실험 스킬이나 실험에 대한 태도에 초점을 두고 진행된 연구도 있었으며(Akçayir *et al.*, 2016), 위치 기반 증강현실을 개발하여 학교 밖 탐구 활동의 효과를 조사한 연구도 있었다(Chiang, Yang, & Hwang, 2014a). 또한 최근에는 증강현실을 사용할 때 PBL(Problem Based Learning) 등의 특별한 교수학습 전략을 사용하여 증강현실의 교육적 효과를 높이기 위한 시도도 이루어지고 있었다(Fidan & Tuncel, 2019).

둘째, 증강현실의 학습 효과를 매개하는 다양한 변인들 사이의 관계를 조사하는 연구들이 진행되었다. 예를 들어 Chen과 Wang(2018)은 초등학교 5~6학년 60명을 대상으로 지구 온난화와 탄소 배출을 주제로 한 증강현실을 사용하여 70분 동안 수업을 진행하고 학업 성취도 및 현존감, 증강현실 환경에 대한 인식에 대해 사후 검사를 실시하였다. 연구 결과, 학업 성취도는 현존감은 서로 유의미한 상관이 있었으며($r = .218$, $p = .049$), 현존감은 증강현실 환경에 대한 인식과 서로 유의미한 상관이 나타났다($r = .516$, $p = .000$). 또한 회귀 분석 결과, 증강현실을 활용한 상호작용 경험이 현존감의 22.3%를 설명하는 것으로 나타났다. 이러한 상관 및 회귀 분석 등의 정량 연구는 증강현실을 활용한 학습 전략이나 환경을 설계할 때, 교사나

연구자가 중점을 두어야 할 학습 요소를 선정하는 데 도움을 준다.

셋째, 증강현실의 매체 특성에 초점을 두고 증강현실과 그림이나 동영상과 같은 기존 학습 매체들의 효과를 비교하는 연구들이 진행되었다. 예를 들어 Hung과 Chen, Huang(2017)은 박테리아를 주제로 3D 증강현실, 2D 그림, 3D 물리적 도구에 대한 총 3가지 매체의 학습 효과를 비교하였다. 초등학생 5학년 72명을 3개의 그룹으로 나누어 학생들이 하나의 매체만을 사용하게 하였으며, 학습 과정에서 발견되는 오류 횟수 및 파지, 만족감을 조사하였다. 연구 결과, 증강현실이 다른 두 가지 매체보다 핸즈온 활동의 기회를 촉진하며 개념 학습에 유의미한 효과를 보였으며, 학생들은 증강현실 활용 학습을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 이와 같이 증강현실과 다른 학습 매체를 비교하는 연구들은 동영상(Abdinejad *et al.*, 2021)이나 시뮬레이션(Chang, Hsu, & Wu, 2016)에 대해서도 진행되었으며, 어떤 연구에서는 증강현실의 학습 효과에 영향을 주는 시각 요소 및 청각 요소, 활동형 요소를 비교하여 학습 효과에 크게 기여하는 요소를 탐색하기도 하였다(Wan, Sun, & Omar, 2018).

넷째, 학생들의 학습 과정이나 증강현실과 학생 사이의 상호작용에 대한 연구가 있었지만, 이러한 정성 연구는 매우 적은 편이었다. Turan과 Atila(2021)는 학습 장애를 가진 초등학생 4명을 대상으로 교사와 학생이 1:1 수업을 진행하였으며, 연구자는 수업 관찰 및 녹화, 면담을 활용해 학생들의 학습 과정을 분석하였다. 이때 수업이 진행됨에 따라 학생이 과학 개념을 옳게 설명한 빈도를 그래프로 나타냈으며 증강현실에 대한 학생들의 인식, 증강현실과 학생 사이의 상호작용을 조사하였다. 연구 결과, 증강현실은 학습 장애를 가진 학생의 학습을 지원하며 학생들은 증강현실 활용 학습에 매력을 느끼고 시간이 지남에 따라 자발적으로 증강현실을 사용하는 경향이 나타났다. 또한 증강현실이 제공하는 반복 기능, 즉시적인 피드백 등은 학생들의 학습에 효과를 주는 상호작용 요소였다. 이러한 정성 연구는 증강현실 활용 학습에 대한 심층적 정보를 제공하여 증강현실의 교수학습 효과를 높이기 위한 전략을 마련하는 데 유용하지만, 과학 교육 맥락에서 증강현실을 활용한 학습 과정이나 학생들의 인식을 조사한 정성 연구는 부족한 편이었다.

<표 11> 과학 교육 맥락에서 증강현실 기반의 국외 연구: 2014년~2018년

연구자	분야	대상	방법	내용 및 결과
Chiang, Yang, & Hwang (2014a)	생명 과학	초등 4학년 (57명)	설문	•호수의 생태를 주제로 위치 기반 증강현실을 개발하고, 증강현실을 활용한 탐구 수업의 효과를 조사 •증강현실로 탐구 활동을 수행한 집단은 교실에서 모바일 수업을 수행한 집단보다 학생 사이의 상호작용이 촉진되고 유의미한 지식 구성이 일어남
Stoyanova, Kafadarova, & Stoyanova-Petrova (2015)	과학	초등 4학년 (92명)	설문	•태블릿을 사용한 증강현실을 개발하고 사용성 평가 및 학습 효과 조사 •증강현실은 학습 내용에 대한 흥미를 높이며 학습 활동을 촉진함.
Akçayir *et al.*, (2016)	물리	대학 1학년 (76명)	설문	•증강현실이 학생들의 실험 능력과 실험에 대한 태도에 미치는 효과를 조사 •증강현실은 학생들의 실험 능력과 실험에 대한 태도를 유의미하게 향상시킴
Chang, Hsu, & Wu (2016)	과학	중학 3학년 (45명)	설문	•SSI에 대해 증강현실과 시뮬레이션의 효과 비교 •증강현실에 대한 인식은 SSI에 대한 태도와 유의미한 상관이 있지만, 시뮬레이션의 경우에는 SSI에 대한 지식과 SSI에 대한 태도가 유의미한 상관이 있음
Cai *et al.*, (2017)	물리	고등 1학년 (42명)	설문	•자기장을 주제로 조작이 가능한 증강현실을 개발하고 개념 이해도 및 태도 측면에서 효과 조사 •증강현실 집단은 통제 집단에 비해 개념 이해 및 학습에 대한 태도가 유의미하게 높음
Hung, Chen, & Huang (2017)	생명 과학	초등 5학년 (72명)	설문, 면담	•3가지 교수 매체(2D 그림, 3D 물리적 도구, 3D 증강현실)의 효과 비교 •증강현실이 학습자의 핸즈온 활동의 기회를 촉진하며 학습 개념을 탐색 및 개념 이해에 도움을 제공 •학생들은 증강현실 활용 학습을 가장 선호함
Wan, Sun, & Omar (2018)	화학	고등 1학년 (59명)	설문	•시청각 및 활동형 증강현실 개발 후, 효과 조사 •증강현실의 시각 및 활동 요소가 학습 효과를 높임 •증강현실 집단은 통제 집단보다 성취도가 유의미하게 높으며, 학습 활동에 대해 긍정적으로 인식함

<표 12> 과학 교육 맥락에서 증강현실 기반의 국외 연구: 2018년~2021년

연구자	분야	대상	방법	내용 및 결과
Chen & Wang (2018)	지구 과학	초등 5, 6학년 (60명)	설문	•증강현실에서 현존감과 인식, 성취도의 관계 조사 •현존감은 성취도 및 증강현실에 대한 인식과 관련되고, 높은 수준의 현존감은 학습 효과를 높임
Georgiou & Kyza (2018)	생명 과학	고등 1학년 (135명)	설문	•위치 기반 증강현실에서 동기 및 몰입의 관계 조사 •학습자의 동기는 몰입을 예측하는 변인이며, 학습 성과는 학습자의 몰입 수준과 유의미하게 관련됨
Sirakaya & Cakmak (2018)	지구 과학	중학 1학년 (118명)	설문	•증강현실이 학생들의 학업 성취도 및 오개념, 학습 참여에 미치는 효과 조사 •증강현실 집단은 통제 집단에 비해 학업 성취도가 높고 오개념은 감소했지만, 학습 참여는 두 집단에서 차이가 없음
Fidan & Tuncel (2019)	물리	중학 1학년 (91명)	설문, 면담	•증강현실을 활용한 PBL의 교수학습 효과 조사 •증강현실과 PBL을 사용한 집단은 통제 집단(전통 수업, PBL)보다 성취도와 태도가 유의미하게 높음
Lai, Chen, & Lee (2019)	과학	초등 5학년 (46명)	설문, 면담	•증강현실과 멀티미디어 학습의 효과를 학업 성취도 및 태도, 인지 부담 측면에서 비교 •증강현실 집단은 통제 집단보다 성취도와 태도가 유의미하게 높고, 인지 부담은 유의미하게 낮음
Sahin & Yilmaz (2020)	지구 과학	중학 1학년 (100명)	설문	•태양계 주제로 증강현실 책을 개발하고, 학업 성취도 및 태도 측면에서 효과 조사 •증강현실 책을 사용한 집단은 통제 집단보다 학업 성취도와 수업에 대한 태도가 유의미하게 높음
Abdinejad *et al.*, (2021)	화학	대학 2, 3학년 (302명)	설문	•분자 구조와 화학 반응을 주제로 3D 동영상과 증강현실에 대한 학습 효과 비교 •3D 동영상과 증강현실 모두 개념 이해에 효과적이며, 증강현실은 3차원 개념을 시각화하고 플랫폼을 통해 학습 정보에 접근하는 장점이 있음
Turan & Atila (2021)	과학	초등 6학년 (4명)	면담, 녹화	•학습 장애를 가진 학생을 대상으로 증강현실이 과학 개념 학습에 미치는 영향 조사 •증강현실은 학습 장애를 가진 학생의 학습을 지원하고, 이 학생들은 증강현실 활용 학습에 매력을 느끼며 증강현실을 자발적으로 사용하게 됨

한편, 국내 과학 교육에서도 증강현실에 기반한 선행 연구를 리뷰하여 연구 동향을 파악하는 시도가 이루어지고 있다(나지연, 윤회정, 2021). 이 선행 연구에서는 2010년부터 2020년까지 국내에서 발표된 증강현실을 사용한 과학 교육 논문 19편에 대해 연구 대상 및 연구 방법, 내용 영역, 연구 변인 등을 분류하여 정리하였다. 연구 결과, 연구 대상은 초등학생(9개, 47.4%)과 중·고등학생(10개, 52.6%)의 비율이 서로 유사했으며, 연구 방법은 실험을 활용한 양적 연구(11개, 57.9%)가 가장 많았으며 자료 수집 방법도 설문(12개, 63.2%)이 가장 높은 비율을 차지하였다. 또한 내용 영역은 지구과학(5개, 29.4%)과 생명과학(4개, 23.5%)이 높은 비율을 차지했으며, 연구 변인으로는 정의적 영역(14개, 48.2%), 인지적 영역(6개, 20.7%) 순으로 나타났다. 요약하면, 국내에서는 지구과학이나 생명과학 주제의 증강현실을 사용하여 실험 연구를 통해 인지적 및 정의적 측면에서의 효과를 분석한 연구가 많은 편이다.

과학 교육에서 증강현실 기반의 국내 연구들에 대해 분야 및 대상, 방법, 연구 내용을 정리하여 <표 13>에 제시하였다. 국내 과학 교육에서 증강현실 활용 학습의 연구 동향은 앞에서 제시한 국외 연구 동향과 거의 유사하였다. 즉, 국내에서도 증강현실 콘텐츠를 개발하고 교수학습 효과를 조사하거나, 학습 효과에 영향을 주는 다양한 변인들 사이의 상관이나 인과 관계를 분석하는 연구들이 많았다. 이와 더불어 증강현실을 사용한 학습 과정을 분석한 정성 연구도 매우 부족한 실정이었다. 다만, 국내에서는 증강현실과 다른 학습 매체와의 효과를 비교하거나 증강현실의 학습 효과를 높이는 기능적 측면에 관한 연구들은 거의 진행되지 않았다.

과학 교육에서 증강현실 관련 국내외 연구 동향을 바탕으로 증강현실 기반의 후속 연구는 다음과 같은 정성 연구 위주로 진행할 필요가 있다. 우선, 선행 연구에서 인지적 및 정의적 영역의 변인에 대한 측정이 주로 객관식 검사로만 진행되었기 때문에, 그리기나 쓰기와 같은 서술형 형태의 문항이나 면담이나 녹화와 같이 연구 방법에 있어 변화가 요구된다. 또한 증강현실을 활용한 학습 과정을 분석하고 증강현실의 장점인 상호작용이나 협업 활동을 분석하여 증강현실 활용 학습에 대한 심층적 정보를 조사해야 할 것이다.

<표 13> 과학 교육 맥락에서 증강현실 기반의 국내 연구: 2008년~2021년

연구자	분야	대상	방법	내용 및 결과
계보경, 김영수 (2008)	지구 과학	초등 5학년 (290명)	설문	•현존감, 몰입감, 학습 효과 등의 관계 규명 •감각적 몰두, 몰입감, 조작이 학습 효과에 영향 •증강현실의 조작이 성취도에 있어 중요한 변인
서희전 (2008)	지구 과학	초등 5학년 (57명)	설문	•태양계와 지구 주제의 증강현실을 사용하여 몰입감, 현존감, 태도, 성취도와의 관계 연구 •몰입감은 태도와 성취도에 영향을 주나, 현존감은 성취도에 직접적인 영향을 주지 않음
김경현 (2009)	생명 과학	초등 6학년 (50명)	설문	•우리 몸을 주제로 마커 기반 증강현실 활용하여 증강현실 집단과 전통 집단의 차이 비교 •증강현실 집단은 학습 집중도과 능동성이 높고, 다양한 활동이 촉진되며 학습 분위기가 좋음
이지수 등 (2010)	물리	초등 5학년 (30명)	설문	•전기 회로를 주제로 증강현실 콘텐츠 개발 후, ARCS 전략에 따른 교수학습 효과 조사 •증강현실 집단은 전통 집단보다 학습 동기, 학업 성취도의 원리 및 규칙 적용이 유의미하게 높음
고영남, 김종우 (2012)	지구 과학	초등 5학년 (69명)	설문	•지구와 달을 주제로 조합형 증강현실 제작·적용 •증강현실 집단은 학습에 대한 자신감과 주의 집중이 높으며, 긍정적인 학습 태도를 가지게 됨
정연화, 이정민 (2015)	생명 과학	중학 2학년 (120명)	설문	•우리 몸 주제의 증강현실 콘텐츠를 활용한 탐구학습과 전통적 탐구학습과 교수학습 효과 비교 •증강현실 활용 탐구학습은 과학적 태도와 몰입을 높이나 과학탐구능력에는 유의미한 변화가 없음
류혜주, 박헌우 (2017)	생명 과학	초등 5학년 (24명)	설문, 면담	•우리 몸 단원의 증강현실 개발 및 효과 분석 •증강현실 활용 수업은 학습자의 개념 이해를 돕고, 흥미와 참여도 면에서 긍정적 인식을 심어줌
이재원, 박가영, 노태희 (2020)	화학	중학 2학년 (136명)	설문	•물질의 입자성 주제의 증강현실 개발 후, 다중표상학습 전략에 따른 교수학습 효과 조사 •증강현실 집단은 전통 집단보다 개념 이해도, 과학 수업에 대한 즐거움이 유의미하게 높음
정민형, 소금현 (2021)	생명 과학	초등 3학년 (52명)	설문	•동물의 생활 주제로 증강현실 개발 및 효과 분석 •증강현실 집단은 전통 집단보다 학업 성취도 및 과학 학습 동기가 유의미하게 높음

3. 과학 교육에서 스마트 기기나 증강현실을 활용한 소집단 학습

본 연구의 목표는 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과에 영향을 미치는 학습 환경을 마커 및 스마트 기기 수를 중심으로 탐색하는 것이다. 소집단 학습에서 컴퓨터나 스마트 기기, 증강현실 등의 테크놀로지를 활용하는 것은 모두 CSCL에 학문적 기반을 두고 있다(Matcha & Rambli, 2013; Kirschner *et al.*, 2018). 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과나 학습 환경을 분석하기 전, 컴퓨터나 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학습 환경이나 교수학습 효과를 살펴볼 필요가 있다. 이는 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과나 학습 환경을 이해하는 데 유용한 정보를 제공할 것이다. 따라서 다음 절에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 효과와 소집단에 제공하는 컴퓨터나 스마트 기기 수의 영향에 관한 문헌을 조사하였다. 이와 더불어 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 조사하고, 마커 및 스마트 기기 수와 같은 외적 학습 환경을 분석하였다.

3.1 스마트 기기를 활용한 소집단 학습

(1) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과

정보통신기술의 발전에 따라 테크놀로지를 접목한 교수학습 방법도 다양해지고 많은 변화가 나타났다. 1996년 ICT 활용 교육의 맥락에서 컴퓨터나 인터넷을 교육과 융합한 컴퓨터 보조 학습(CAI: Computer Assisted Instruction)이나 원격교육(WBI: Web-Based Instruction)이 시작되었으며, 2012년부터 우리 일상에 스마트폰이나 태블릿 등이 보편화됨에 따라 스마트 기기를 교수학습에 활용하는 스마트러닝이 등장하게 되었다(장상현, 2013). 스마트 기기 활용 학습의 특성으로는 협업을 촉진하는 상호작용성, 언제 어디서나 학습이 가능한 상시성, 맞춤형 학습이 가능한 적응성, 현상의 맥락을 반영하는 실제성이 있다(강인애, 임병노, 박정영, 2012). 특히 과학 교육 맥락에서 스마트러닝의 운영 요소를 살펴보면 활동지에 부착된 QR 코드를 활용하여 보충 학습을 위한 자료를 제공하거나, 인터넷 연결을 통해 풍부한 자료를 다운로드할 수 있는 환경을 조성하고, 탐구 활동을 안내하는 애플리케이션을 사용

하는 경향이 있었다(William & Pence, 2011). 이러한 점들을 고려할 때, 스마트 기기를 활용한 교수학습은 학생과 학습 자원의 연결에 초점을 맞추고, 학습자가 언제 어디서나 풍부한 학습 자원과 자유롭게 연결되도록 지원하여 학습 효과를 높인다.

스마트 기기는 실시간 토론방 및 게시판, 공동 문서 작성이 가능하기 때문에 학습자와 학습자 사이의 상호작용을 촉진하며, 스마트 기기에 탑재된 애플리케이션을 통해 학습자의 자기주도적 학습을 지원할 수 있다(윤정현, 2017). 이와 같은 매체적 특징으로 인해 스마트 기기는 협력학습의 도구로 널리 사용되었으며, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 학습자의 자기주도적 학습을 지원하고 소집단 구성원들의 적극적 상호작용을 촉진한다. 예를 들어 학습자는 스마트 기기를 자기주도적으로 사용해 인터넷상에서 학습 내용에 관한 정보를 찾아 이를 다른 모둠원과 공유할 수 있으며, 실시간 의사소통이 가능한 애플리케이션을 사용하거나 면대면 상호작용을 통해 공동의 지식을 구성할 수 있다.

스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 학업 성취나 학습 동기, 태도 등의 인지적 및 정의적 영역에서 효과가 있었다. 예를 들어 윤정현(2017)의 연구에서는 고등학교 2학년을 대상으로 산과 염기 및 중화 반응에 대해 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 수행하였다. 연구 결과, 학업 성취도와 사전 성취 수준과의 상호작용 효과가 나타났으며, 하위 수준의 학생들은 소집단 학습을 통해 상위 수준의 학생으로부터 도움을 받을 기회가 많아져 성취도가 유의미하게 향상되었다. 또한 스마트 기기를 활용해서 소집단 학습을 수행한 집단이 전통적 소집단 학습을 수행한 집단보다 학습 동기 및 과학 수업에 대한 태도가 유의미하게 높았다. 강석진과 윤성용(2017)은 초등학교 5학년을 대상으로 태양계와 별을 주제로 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 수행하고, 학생들의 자기주도적 학습 능력 수준에 따라 학업 성취도, 의사소통 불안, 과학 학습 동기 측면에서 교수학습 효과를 조사하였다. 연구 결과, 자기주도 학습 능력이 높은 학생이 소집단 학습을 통해 학업 성취도가 높아지는 상호작용 효과가 있었으며, 자기주도적 학습 능력이 상위 수준의 학생은 하위 수준의 학생보다 학습 내용을 장기기억으로 전이하는 파지 효과가 유의미하게 높았다. 하지만 의사소통 불안이나 학습 동기와 같은 정의적 측면에서는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이 유의미한 효과를 주지 못했는데, 이는 초등학생이 자기주도적으로 과제를 수행하는 것이 상당한 인지 부담으로 작용하는 것을 의미한다.

소집단 학습에 스마트 기기나 컴퓨터 등을 활용할 때, 테크놀로지가 협업을 지원하는 방법이나 소집단 학습 과정에서 학생들이 받는 도움은 다음과 같이 7가지의 행위유발성을 중심으로 설명할 수 있다(Jeong & Hmelo-silver, 2016). 첫째, 유의미한 소집단 학습을 위한 출발점은 학생들에게 공동의 협업 과제를 제공하는 것이며, 학생은 모둠원들과 함께 모둠 활동에 적극적으로 참여해야 한다. 스마트 기기를 사용하면 학생들에게 과학 현상에 대한 시뮬레이션이나 동영상을 제시하거나 기기를 사용하여 정보를 탐색 및 조작할 수 있는 경험을 제공하는데, 학생들은 이러한 활동에 참여함으로써 자연스럽게 모둠원과 토의할 수 있는 기회를 가진다. 둘째, 스마트 기기는 모둠원들 사이에 활발한 의사소통을 활성화시킨다. 이는 면대면 협업과 분산된 협업의 두 가지 관점으로 나눌 수 있는데, 면대면 협업에서는 학생들이 교실과 같은 공간에 모여 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 수행하면서 자연스럽게 학습 내용에 대해 동기화된 의사소통을 하는 것이며, 분산된 협업은 멀리 떨어진 다른 학생들과 언제라도 의사소통이 가능한 환경을 제공하는 것으로 동기화되지 않는 특징이 있다. 셋째, 스마트 기기는 학습 자원이나 학습 내용에 대한 아이디어를 공유 및 교환할 수 있는 도구나 공간을 제공한다. 소집단 학습을 수행할 때, 목표 개념에 대한 학생들의 생각이나 관련 경험은 개인별로 차이가 있으므로 협업 과제를 수행하는 과정에서 이를 통합하는 것이 필수적이다. 학생들은 스마트 기기를 사용하는 과정에서 모둠원들과 자연스럽게 학습 내용에 대한 아이디어를 전달할 수 있으며, 스마트 기기의 인터페이스를 모둠원들이 함께 사용함으로써 아이디어를 공유할 수 있다. 넷째, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 개인별 역할이나 학습 단계별 활동에 대한 안내를 병행하여 학생들이 효과적이며 협력적 활동에 참여하도록 지원한다. 소집단 학습에서 학생들은 질문 및 응답, 비판, 피드백 제공 등의 다양한 상호작용을 할 수 있으나, 때로 어떤 학생은 학습 과제에 대해 피상적으로 접근하거나 과제 외의 활동(off-task)을 수행하기도 한다. 모든 모둠원이 적극적으로 소집단 활동에 참여할 수 있도록 다양한 교수 전략이나 지원, 스캐폴딩이 제공되어야 학생들 사이에 유의미한 상호작용을 촉진할 수 있다. 다섯째, 모둠 내에서 공동의 지식 구성이 일어나야 한다. 지식 구성은 소집단 학습에서 가장 중요한 요소인데, 이는 학생들이 스마트 기기를 활용하여 학습 내용을 공유하는 수준을 넘어, 각자의 기여를 통해 문제를 해결하고 새로운 지식을 공동으로 구

성하는 것을 의미한다. 모둠원들의 상호작용을 통해 공동의 지식이 구성되지만, 최종 결과는 개인의 아이디어가 단순히 합쳐지는 것이 아니라 이를 뛰어넘는 수준으로 넘어가야 한다. 여섯째, 스마트 기기는 소집단 학습을 모니터링하는 조절 상호작용을 촉진한다. 성공적인 협업을 위해서는 모둠원들이 학습 활동을 계획하고 학습 상황을 모니터링하는 역량이 요구되며, 스마트 기기와 같은 테크놀로지는 온라인 또는 오프라인상에서 학생들의 다양한 행동에 대한 모니터링을 지원한다. 마지막으로 스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 모둠이나 학습 커뮤니티를 구축하는 기회를 제공한다. 이는 온라인상의 소집단 학습에 적용되는 요소이며, 학생이 다른 모둠원과 소통하는 과정에서 학습 내용에 대한 정보를 교환할 뿐만 아니라, 학습 동기가 높아져 성공적 협업을 위한 학습 커뮤니티를 구성할 수 있게 된다.

(2) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학습 환경 탐색

많은 연구자들은 소집단 학습에 스마트폰이나 태블릿과 같은 스마트 기기를 사용하는 학습 환경을 설계할 때 모둠에 제공하는 스마트 기기의 수는 학습 활동에 대한 학생의 참여나 학습 효과에 영향을 줄 수 있는 중요한 요소로 간주하였다(Kirschner *et al.*, 2018; Kreijns, Kirschner, & Jochems, 2002). 특히 모둠에 제공하는 기기 수가 달라지면 기기당 학생 수 비율도 변하게 되는데, 이에 대한 논의는 과거 CAI에서부터 스마트폰의 널리 보급된 현재에 이르기까지 적지 않은 연구들에서 꾸준히 언급된 학습 환경의 한 가지 측면이었다.

과학 교육에서 컴퓨터당 학생 수 비와 CAI의 효과의 관련성은 개별적 CAI와 협동적 CAI를 비교하는 연구를 통해 확인할 수 있었다. 이때 개별적 CAI는 학생이 자신의 컴퓨터를 사용하여 개별 학습을 수행하는 유형이며, 협동적 CAI는 모둠원들이 컴퓨터 1대를 함께 사용하여 소집단 학습을 수행하는 유형이다. 문헌 조사 결과, 개별적 CAI가 협동적 CAI보다 교수학습 효과가 높다는 연구 결과도 있었으나, 이와 반대로 협동적 CAI가 개별적 CAI보다 효과가 높거나, 둘 사이에 유의미한 차이가 없다는 결과도 있었다. 예를 들어 Bayraktar(2001)는 과학 교육에서 CAI의 효과를 메타 분석하여 컴퓨터당 학생 수 비와 교수학습 효과의 관련성을 탐색하였다. 개별적 CAI에서는 효과 크기가 0.368로 가장 높으며, 학생 2명이 컴퓨터 1대를 사용하는 환경에서는 효과 크기가 0.168, 학생 3명 이상이 컴퓨터 1대를 사용하는 환경에

서는 효과 크기가 0.096으로 감소한다고 보고하였다. 즉, 모둠을 구성하는 학생 수가 많아짐에 따라 CAI의 교수학습 효과가 감소하였다. 하지만 Bayraktar(2001)의 연구 자료에서 볼 수 있듯이 36개의 연구 논문에서는 컴퓨터당 학생 수 비율에 따라 CAI의 효과가 달라지지 않았으며, Hines(2020)의 연구에서도 컴퓨터당 학생 수 비와 학업 성취도의 관계를 조사했으나 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 한편, 협동적 CAI가 개별적 CAI보다 학생들의 성취도 향상에 효과적임을 보고한 선행 연구도 적지 않았는데(노태희, 김창민, 1999), 이 연구들은 개별적 책무성과 학생 사이의 상호작용을 장려하는 교수학습 전략을 사용한 특징이 있었다.

이를 요약하면 CAI에서는 개별적 CAI와 협동적 CAI를 비교하는 연구들이 진행되었으나, 통계적으로 유의미한 차이가 없거나 연구 결과에 있어서도 일관성이 나타나지 않았다. 또한 협동적 CAI에서 컴퓨터당 학생 수가 증가하여 다수의 학생이 1대의 컴퓨터를 공유하게 되면 교수학습 효과가 감소하는 연구 결과도 있었지만, 다른 연구에서는 컴퓨터당 학생 수가 교수학습 효과에 유의미한 영향을 주지 않았다. 특히 개별적 CAI는 학생들이 각자 컴퓨터를 사용하는 개별 학습이며, CAI에서는 모둠원들이 개별적으로 컴퓨터를 사용하여 소집단 학습을 수행하는 환경은 나타나지 않았다. 그 이유는 과거에 컴퓨터는 크기가 크고 비싸기 때문에 다수의 학생들이 컴퓨터를 개별적으로 사용하면서 소집단 학습을 수행하는 것은 물리적으로 어려웠을 가능성이 있다. 따라서 CAI에서는 컴퓨터를 개별적으로 사용한 소집단 학습 환경과 컴퓨터를 협력적으로 사용한 소집단 학습 환경의 교수학습 효과를 비교 및 분석하는 데 한계가 있다.

정보통신기술의 발달과 스마트폰의 보급으로 인해 CSCL에서는 컴퓨터나 노트북을 사용하는 대신 스마트폰이나 태블릿과 같은 스마트 기기를 사용하는 추세로 변하였다. 이때 Chan 등(2006)은 학생 1명이 스마트 기기 1개를 사용하는 1:1 학습 개념을 제시하면서 스마트 기기당 학생 수 비가 1:1(one-device-per-student)[5]이 되도록 학습 환경을 설계하면 학생이 자율적으로 기기를 사용하면서 학습 내용을 좀 더 많이 관찰하기 때문에 학습 경험이 향상되며 언제 어디서나 끊김없는 학습

5) 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 모둠원들이 스마트 기기를 각자 사용하는 환경을 1:1, 모둠원들이 스마트 기기를 공동으로 사용하는 환경을 1:m으로 분류한다. 하지만 이 연구는 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수에 따라 증강현실의 도구 사용 환경을 도구 공유 환경과 개별 도구 환경으로 구분하는데, 도구 공유 환경은 1:m, 개별 도구 환경은 1:1과 유사하다.

(seamless learning)이 일어난다고 주장하였다. 이로 인해 많은 후속 연구들이 스마트 기기당 학생 수 비를 1:1로 설정한 상태에서 소집단 학습을 수행하고 이에 대한 교수학습 효과를 조사하였다. Looi 등(2011)은 초등학교 3학년 40명을 대상으로 2인 1 모둠을 구성하고 학생들이 개별적으로 스마트 기기를 사용하면서 교내 및 학교 밖에서 소집단 학습을 수행하도록 하였다. 연구 결과, 1:1 학습을 경험한 학생들은 전통적 탐구 활동을 수행한 학생들보다 학습 활동에 적극적으로 참여하였고 학습 내용을 심층적으로 이해할 뿐만 아니라, 소집단 학습에 대해서도 긍정적 태도를 가지는 것으로 나타났다.

한편, 어떤 연구자들은 협력적 탐구학습 상황에서 모둠별로 스마트 기기 1개만을 제공하여 스마트 기기당 학생 수 비가 1:m(one-device-to-many-students)인 학습 환경을 제안하였다(Clariana, 2009; Lin, Wong, & Shao, 2012). 이러한 환경을 제시한 이유는 학교에서 전통적인 소집단 학습을 수행할 때와 같이 모둠별로 탐구 도구를 1세트 제공하는 것에 익숙하고 재정적 문제로 인해 스마트 기기의 보급률이 낮기 때문이다. 또한 1:1 학습을 운영하는 과정에서 스마트 기기의 기술적 문제의 발생, 기기 사용 능력과 경험이 학생별로 편차가 있어 일부 학생은 기기 사용에서의 어려움을 호소했기 때문이다(Haßler, Major, & Hennessy, 2016). 스마트 기기당 학생 수 비가 1:m인 환경에서도 소집단 학습의 긍정적 효과가 보고되었다. Fokides와 Mastrokoukou(2018)은 초등학생 2명을 한 모둠으로 편성하고 모둠별로 우리 몸에 대한 가상 객체가 탑재된 스마트 기기 1개를 제공하여 소집단 학습을 수행하도록 하였다. 그 결과, 전통적인 소집단 학습을 수행한 집단보다 학업 성취도 및 흥미가 높았으며 수업에서 스마트 기기를 활용하는 것에 대해 긍정적으로 인식하였다.

지금까지의 연구 결과를 살펴보면, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습은 1:1 또는 1:m의 두 가지 학습 환경에서 이루어졌으며 1:1과 1:m 학습 환경은 각각 전통적인 소집단 학습보다 효과적일 수 있으나, 두 학습 환경 중에서 어떤 환경이 교수학습 효과가 높은지에 대한 정보는 알 수 없다. 특히 CSCL에서 기기당 학생 수 비와 같이 모둠에게 제공되는 학습 자원의 수량이 변하면 학생들의 협업이나 소집단 토의 과정에서 나타나는 상호작용이 달라지게 되고 이는 교수학습 효과에 직접적인 영향을 미친다(Kirschner *et al.*, 2018). 따라서 1:1과 1:m의 두 가지 학습 환경을 비

교하면서, 각 학습 환경별 장단점을 파악하고 기기당 학생 수가 소집단 학습 과정에 어떤 영향을 미치는지 살펴볼 필요가 있다.

1:1과 1:m의 두 가지 학습 환경에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습의 효과를 조사한 연구를 <표 14>에 정리하였다. Lin과 Wong, Shao(2012)는 사회과학 주제에 대해 초등학생을 대상으로 스마트 기기를 활용한 소집단 학습을 수행하였다. 이때 학생 4명을 한 모둠으로 편성한 후 모둠별로 스마트 기기 1개를 제공하는 환경(1:m)과 모둠원 수만큼 스마트 기기를 1개씩 제공하는 환경(1:1)으로 구분하였으며, 두 학습 환경의 학생들은 면대면 상황에서 서로 대화하거나 다른 모둠원의 화면을 보는 등의 협업을 하면서 개념 맵을 작성하는 활동을 수행하게 하였다. 연구 결과, 1:1과 1:m의 두 가지 학습 환경에서 학습 효과 및 파지, 개념 맵 점수에 대해 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 다만, 1:m 환경의 학생들은 개념 맵 점수의 표준 편차가 작았으나 1:1 환경의 학생들은 개념 맵 점수의 표준 편차가 컸다. 또한 1:1 환경에서는 학생들이 각자 스마트 기기를 사용하면서 다양한 개념을 연결하고 개념 맵을 재수정하였으나, 1:m 환경에서는 일부 학생만이 개념 맵을 작성하고 나머지 모둠원은 의견을 제시하였다. 이로 인해 상호작용 유형은 1:1 환경에서 이상적인 형태가 나타났지만 1:m 환경에서는 일부 학생이 활동을 주도하는 리더형이나 일부 학생이 활동에 참여하지 않고 주변인으로 남아있는 분절된 형태가 나타났다.

스마트 기기를 활용한 협력적 탐구학습에서 물리 주제로 1:1 환경과 1:m 환경에 대해 인지적 및 정의적 측면에서 정량적 효과를 비교하는 많은 연구들이 진행되었다(Wang *et al.*, 2021; Wang & Le, 2022; Wang, Ma, & Wu, 2020; Wang & Yu, 2021). 연구 결과, 인지적 측면에 대해서는 1:m 환경의 학생들이 1:1 환경의 학생들이 모둠 활동지 점수나 개념 이해도, 문제 해결이 통계적으로 유의미하게 높았다. 이와 더불어 개념 파지나 개인의 지식 습득에 대해서는 두 학습 환경에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다(Wang *et al.*, 2021; Wang, Ma, & Wu, 2020). 정의적 측면에서는 인지 부담이나 몰입, 소집단 활동에 대한 만족도, 과제 참여도를 중심으로 1:1 환경과 1:m 환경을 비교하였는데, 인지 부담과 몰입, 만족도는 두 환경에서 유의미한 차이가 나타나지 않았으나 과제 참여도는 1:m 환경이 1:1 환경보다 통계적으로 유의미하게 높았다(Wang *et al.*, 2021; Wang, Ma, & Wu, 2020; Wang &

Yu, 2021). 학습 수행이나 과제 참여도에 대해 두 환경에서 차이가 나타난 이유는 1:m 환경의 학생들은 기기 화면을 공유하면서 합의된 결론을 도출하는 데 적은 시간이 걸렸으나, 1:1 환경에서는 학생들의 의견 불일치가 나타났으며 학생들이 자신의 화면에만 집중하여 공동의 탐구 목표에 대해 주의를 기울이지 못하기 때문이다. 또한 Wang과 Le(2022)는 학생들이 책무성을 가지고 소집단 활동에 참여할 수 있도록 역할 활동지를 사용하였으며 과제의 복잡성에 따라 1:1 환경과 1:m 환경의 학습 효과를 조사하였다. 특히 1:m 환경에서 1:1 환경보다 학생들의 개념 이해도나 문제 해결이 우수하게 나타난 이유는 1:m 환경의 학생들은 비록 스마트 기기 사용에 있어 제한이 있으나, 기기 화면을 공유하면서 다른 모둠원과 상호작용하는 기회가 많아지며, 소집단 토의가 학습 효과에 영향을 미치기 때문이다. 과제 복잡성의 경우, 단순한 과제가 제시될 때는 1:m 환경이 1:1 환경보다 효과적이나, 이와 반대로 복잡한 과제에서는 1:1 환경이 효과적인 것으로 나타났다. 1:1 환경은 기기 사용에 자율성이 있어 학생들이 학습 내용을 탐색할 기회가 많아지며 탐구 과제를 모둠원별로 분업할 수 있어 학습의 효율성이 높아지는 장점이 있었다.

한편, 협력적 탐구학습 상황에서 1:1 환경과 1:m 환경을 심층적으로 비교하기 위해 소집단 활동에 초점을 두고 학생들의 상호작용 유형이나 역할 등을 분석하는 정성 연구도 진행되었다(Liu & Wang, 2022; Wang, Xu, & Liu, 2022). Wang과 Xu, Liu(2022)는 1:1 환경과 1:m 환경의 소집단 활동을 비디오로 녹화하였으며, 협업 과정에서 나타난 상호작용이나 행동 유형을 분석하였다. 연구 결과, 두 가지 환경에서 상호작용 빈도는 1:m 환경이 1:1 환경보다 많았으며, 세부 영역별로는 질문하기 상호작용은 1:1 환경이 1:m 환경보다 많았고 과제 수행이나 협업 전략에 대한 상호작용은 1:m 환경이 1:1 환경보다 많았다. 즉, 1:1 환경의 학생들은 서로 질문하고 답변하는 상호작용이 나타났으며 1:m 환경의 학생들은 기기 화면에 나타난 학습 내용에 대해 모둠원들과 활발한 탐색을 수행했으며, 공동의 과제를 해결하기 위한 전략을 제시하는 등의 활발한 상호작용이 나타났다. 행동 유형을 분석한 결과, 1:1 환경에서는 학생들이 독립적으로 자신의 기기를 사용하는 데 집중하여 모둠 내 리더의 제안을 무시하거나, 기기 화면을 다른 모둠원과 공유하지 않아 불충분한 정보 교환이 일어났다. 반면 1:m 환경에서는 모둠원들이 하나의 기기 화면을 공유하면서 학습 내용을 관찰하였고 모둠 내 리더의 유도 행동에 영향을 받아 모든 모둠원이

학습 내용에 집중하여 협력적으로 과제를 수행하였다. Liu와 Wang(2022)은 소집단 학습에서 개인의 역할이나 협업 활동에 대한 개방형 설문지를 사용하여 1:1 환경과 1:m 환경에서 두드러지게 나타난 개인별 역할을 비교하였다. 연구 결과, 1:1 환경에서는 1:m 환경보다 통합자 역할의 빈도가 높았으나, 1:m 환경에서는 1:1 환경에 비해 통합자 역할의 빈도는 감소했지만 주변인 역할의 빈도가 높게 나타났다. 즉, 1:1 환경의 학생들은 자신의 기기를 사용하여 학습 내용을 관찰 및 조작하였으나 이러한 활동이 모둠 내에서 공유되지 않았기 때문에 각자 분산된 학습을 수행하였고, 이로 인해 개인별 활동지를 기록하거나 요약하는 활동을 수행하는 통합자 역할이 많아지게 되었다. 1:m 환경에서는 학생들이 스마트 기기를 실시간으로 공유하였으며 학습 내용에 대해 토의가 활발히 일어나고 공통된 의견을 도출하였기에 통합자 역할이 줄어들었으나, 기기 사용의 기회가 제한되어 소수의 학생들은 소집단 활동에 소외되는 주변인 역할을 하게 되었다.

이상의 연구 결과를 종합하면, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 스마트 기기당 학생 수 비는 학습에 영향을 미치는 중요한 요소이며 모둠원들이 스마트 기기를 함께 사용하는 환경(1:m)은 학생들이 스마트 기기를 개별적으로 사용하는 환경(1:1)보다 교수학습 효과가 높은 편이었다. 이러한 차이가 나타난 까닭은 각 학습 환경별 특징과 연관지어 해석할 수 있다. 1:1 환경은 학생이 자유롭게 스마트 기기를 사용할 수 있어 학습 정보를 탐색하는 데 용이하였으나 학생 사이에 효과적인 상호작용이 활발하게 나타나지 못하였다. 반면, 1:m 환경에서는 개인의 기기 사용에는 제한이 있으나 모둠원들이 실시간으로 스마트 기기를 공유하여 학습하였고 이 과정에서 학생 사이의 상호작용이 활발하게 나타나게 되었다. 즉, 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 기기 사용에서의 자율성보다 학생 사이의 상호작용이 학습 효과에 크게 영향을 미친다.

<표 14> 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 학습 환경별 효과 및 특징

구분	대상	방법	내용 및 결과
Lin, Wong, & Shao (2012)	초등 6학년 (64명)	설문, 면담	• (학습 효과) 1:1 환경과 1:m 환경에서 통계적으로 유의미한 차이는 없으나 개념 맵의 편차는 1:m에서 작게 나타남 • (상호작용 유형) 1:1 환경에서는 이상적인 형태가 나타났지만, 1:m 환경에서는 리더형이나 분절된 형태가 나타남
Wang, Ma, & Wu (2020)	중학 2학년 (80명)	설문	• (학습 수행) 1:m 환경은 1:1 환경보다 활동지 점수가 통계적으로 유의미하게 높으나 개념 파지에서는 차이가 없음 • (몰입, 인지 부담) 1:1 환경과 1:m 환경에서 통계적으로 유의미한 차이가 없음 • (과제 참여) 1:m 환경은 1:1 환경보다 과제 참여도가 높음
Wang *et al.*, (2021)	초등 5학년 (128명)	설문	• (학습 수행) 1:m 환경은 1:1 환경보다 개념 이해 및 문제 해결이 통계적으로 유의미하게 높음 • (차이의 원인) 1:1 환경의 학생들은 자신의 스마트 기기 화면에만 집중하여 모둠의 탐구 목표에 주의를 기울이지 못함
Wang & Yu (2021)	초등 5학년 (117명)	설문	• (학습 수행) 1:m 환경은 1:1 환경보다 활동지 점수가 통계적으로 유의미하게 높으나 개념 파지에서는 차이가 없음 • (인지 부담, 소집단 활동에 대한 만족도) 1:1 환경과 1:m 환경에서 통계적으로 유의미한 차이가 없음
Wang & Le (2022)	초등 5학년 (130명)	설문	• (학습 수행) 역할 활동지를 사용할 때, 1:m 환경은 1:1 환경보다 개념 이해 및 문제 해결이 통계적으로 유의미하게 높음 • (과제 복잡성) 단순한 과제는 1:m 환경이 학습 효과가 좋으나, 복잡한 과제는 1:1 환경이 효과가 좋음
Wang, Xu, & Liu (2022)	초등 5학년 (21명)	활동 녹화	• (상호작용) 1:m 환경은 1:1 환경보다 상호작용 빈도가 높았으며, 1:1은 질문하기 상호작용이 1:m은 과제 수행이나 협업 전략에 대한 상호작용이 다른 환경보다 높게 나타남 • (행동 유형) 1:m 환경은 학생들이 공유된 화면을 보면서 리더의 안내에 따라 협력하여 과제를 해결하나, 1:1 환경은 학생이 자신의 기기에만 집중하고 이를 모둠원과 공유하지 않음
Liu & Wang (2022)	초등 6학년 (128명)	설문	• (역할) 1:1 환경은 1:m 환경보다 통합자 역할의 빈도가 높았고, 1:m 환경에서는 주변인 역할이 높게 나타남 • (협업) 1:1 환경의 학생들은 개별적으로 학습을 수행했으나, 1:m 환경의 학생들은 기기를 실시간으로 공유하였고 학습 내용에 대한 토의가 활발해짐

3.2. 증강현실을 활용한 소집단 학습

(1) 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과

CSCL 환경에서 컴퓨터와 같은 정보통신기기의 활용은 교사와 학습자 사이, 그리고 학습자들 사이의 협력과 의사소통을 촉진하여 학습 효과를 높인다(Jeong & Hmelo-Silver, 2016). 이와 유사하게 증강현실이나 가상현실과 같은 혼합현실도 두 명 이상의 학습자가 공동의 목표를 달성하기 위한 협력을 활성화하고 학습자들 사이의 의사소통 기회를 확대하기 때문에 소집단 학습의 효과를 높이기 위한 도구로 활용될 수 있다(Wanis, 2019).

이에 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 교수학습 효과를 전통적인 소집단 학습 또는 증강현실을 개별적으로 사용하는 학습과 비교하는 연구들이 진행되었다(표 15). Li 등(2011)은 대학생을 대상으로 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행하는 처치 집단과 전통적인 소집단 학습을 수행하는 통제 집단의 교수학습 효과를 비교하였다. 이때 사용한 증강현실은 물리학의 탄성 충돌에 대한 시뮬레이션이며, 두 집단 모두 소집단 학습을 수행하면서 같은 내용을 배우지만 처치 집단은 증강현실의 도움을 받도록 수업을 구성하였다. 연구 결과, 처치 집단은 통제 집단보다 개인의 이해 수준이 유의미하게 높았으며, 증강현실 시뮬레이션을 협력적으로 사용하는 과정에서 학습에 대한 흥미가 높아졌다. 이 연구와 유사하게 Lin 등(2013)도 소집단 학습에서 증강현실을 사용하는 처치 집단과 2D 시뮬레이션을 사용하는 통제 집단에 대해 학업 성취도를 비교하였으며, 처치 집단 학생들의 협력적 지식 구성 과정에서 나타난 행동 유형을 분석하였다. 이때 연구 참여자는 대학생 40명이며 Li 등(2011)과 같이 탄성 충돌에 대한 증강현실을 사용하였고, 학생 2명이 한 모둠이 되도록 소집단을 구성하였다. 분석 결과, 처치 집단은 통제 집단에 비해 학업 성취도가 유의미하게 높았으며 효과 크기는 0.75로 나타났다. 또한 처치 집단의 학생들은 문제에 대해 능동적으로 토의하는 행동 유형, 물리 개념을 이루는 하위 요소들 사이의 관계를 파악하는 행동 유형, 실제 맥락에 적용하는 상황에서 문제에 포함된 과학 원리를 해석하는 행동 유형이 나타났다. 특히 증강현실은 개념을 이루는 요소들의 관계를 이해하는 과정과 문제 상황을 재해석하는 과정을 촉진하여 협력적 지식 구성이 가능하게 할 뿐만 아니라, 이러한 두 가지 과정을 연결해주는 역

할을 하였다.

Chen(2008)은 학습 참여 및 인지 부담 측면에서 증강현실을 활용한 소집단 학습 및 증강현실을 활용한 개별 학습, 전통적 소집단 학습의 효과를 비교하였다. 이때 대학생 96명을 3가지 집단에 무작위 배정하였고 학습 주제는 단백질의 구조였다. 연구 결과, 증강현실을 활용한 소집단 학습은 개별 학습 및 전통적 소집단 학습보다 학습 참여 수준이 통계적으로 유의미하게 높았지만, 인지 부담은 오히려 증강현실을 활용한 소집단 학습이 개별 학습보다 높았다. 즉, 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행한 학생들은 동료의 도움을 받아 능동적으로 협업에 참여할 수 있었지만, 증강현실을 개별적으로 사용한 집단에 비해 학습 과정에 더욱 많은 시간을 할애하였기 때문에 인지 부담이 높게 나타났다. Chen과 Liu(2020)는 원소와 화학 반응을 주제로 조작형 증강현실을 개발하고 이를 개별 및 협력적으로 사용하는 처치 집단과 증강현실 사용을 동영상으로 관찰하는 통제 집단에 대해 개념 이해도 및 상황 흥미, 개인별 흥미를 조사하였다. 연구 대상은 고등학교 1학년 104명이며 처치 집단의 학생들은 개별 학습 및 학생 2명이 1 모둠을 이루는 동료 학습(peer learning), 학생 4~5명이 1 모둠을 이루는 소집단 학습을 각각 순차적으로 총 4개월 동안 수행하였다. 연구 결과, 처치 집단은 통제 집단보다 개념 이해도 및 개념 파지, 상황 흥미가 유의미하게 높았으나, 개인별 흥미는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 특히 증강현실을 사용한 조작 활동은 학생들의 능동적 학습을 촉진하며 즉각적인 학습 효과뿐만 아니라 개념의 파지에 대해서도 긍정적 효과가 나타났다.

한편, 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생들의 활동이나 의사소통, 참여 수준을 분석한 정성 연구도 진행되었다. Matcha와 Rambi(2016)는 중학생 16명을 대상으로 전기 회로 주제의 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행하였으며 학습 과정에서 나타나는 언어적 및 비언어적 행동 유형과 과제에 대한 참여 시간을 분석하였다. 이때 학생 2명이 한 모둠이 되게 소집단을 편성하였고, 학습 활동 녹화와 설문을 병행하여 증강현실을 활용한 소집단 학습에 대한 학생들의 인식도 함께 조사하였다. 연구 결과, 학생들은 소집단 활동에서 90% 이상의 시간 동안 과제 관련 활동에 집중하였다. 특히 마커나 가상 객체를 조작하는 과정에서 학생 사이의 언어적 상호작용과 응시, 손짓 등의 비언어적 상호작용이 활발하게 일어났다.

<표 15> 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습의 선행 연구

연구자	분야	대상	방법	내용 및 결과
Chen (2008)	화학	대학생 (96명)	설문	•증강현실을 활용한 소집단 학습 및 개별 학습, 전통적 소집단 학습의 교수학습 효과 비교 •증강현실을 활용한 소집단 학습은 증강현실을 사용하는 개별 학습 및 전통적 소집단 학습보다 학습 참여 수준이 유의미하게 높음
Li *et al.*, (2011)	물리	대학생 (36명)	설문	•증강현실을 활용한 소집단 학습과 전통적인 소집단 학습의 효과 비교 •증강현실 집단은 통제 집단보다 이해 수준과 흥미가 유의미하게 높음
Lin *et al.*, (2013)	물리	대학생 (40명)	설문, 녹화	•증강현실을 활용한 소집단 학습과 2D 시뮬레이션을 사용하는 소집단 학습의 교수학습 효과를 비교하고 증강현실 사용 과정에서 나타난 행동 유형 분석 •증강현실 집단은 통제 집단보다 성취도가 유의미하게 높으며, 증강현실은 학생들이 개념 요소들의 관계를 이해하고 문제를 해석하는 데 도움을 제공
Matcha & Rambi (2016)	물리	중학생 (16명)	설문, 녹화	•증강현실을 활용한 소집단 학습에서 행동 유형과 과제에 대한 참여 시간 분석 •학생들은 90% 이상의 시간 동안 과제에 집중하였으며, 증강현실 활용에 대해 긍정적으로 인식함 •증강현실을 조작하는 과정에서 상호작용이 촉진
Unahalekhaka, Radu, & Schneider (2019)	물리	대학생 (16명)	설문, 녹화	•증강현실 사용한 소집단 학습과 실제 모형을 사용한 소집단 학습에 대해 의사소통 및 효과 비교 •증강현실은 시각적 개념을 학습하는데 효과적이나 실제 모형은 동적 개념을 학습하는데 효과적임 •증강현실을 사용한 집단은 시각적 효과에 초점을 두고 짧은 의사소통을 하나, 실제 모형을 사용한 집단은 다양한 표상을 사용하며 긴 의사소통을 함
Chen & Liu (2020)	화학	고등 1학년 (104명)	설문	•조작형 증강현실을 개발하고, 이를 개별 및 협력적으로 사용하는 처치 집단과 증강현실 동영상을 관찰하는 통제 집단의 교수학습 효과 비교 •처치 집단은 통제 집단에 비해 개념 이해도 및 상황 흥미, 파지가 유의미하게 높음 •증강현실의 조작 활동은 능동적 학습을 촉진함

또한 설문 조사에서는 학생들이 소집단 학습에 증강현실을 활용하는 방법에 대해 긍정적으로 인식함을 확인하였다. 다만 증강현실을 사용하지 않는 동안, 학생들은 다른 모둠원을 응시하거나 학습 내용과 관련 없는 이야기를 하는 등의 과제 무관 행동을 보였다. Unahalekhaka와 Radu, Schneider(2019)는 증강현실을 활용한 소집단 학습과 전통적인 소집단 학습에서 나타나는 의사소통을 조사하여 증강현실이 협업과 학습 효과에 미치는 영향을 분석하였다. 대학생 16명을 2인 1 모둠이 되도록 소집단을 편성했으며 4개의 모둠은 전자기학 주제의 증강현실을 사용하고, 나머지 4개의 모둠은 실제 모형을 사용하여 소집단 학습을 수행하였다. 연구 결과, 증강현실은 자기력선과 같이 시각적인 개념을 학습할 때 효과적이나, 물체의 이동에 따른 자기장의 변화와 같이 동적 개념 학습할 때는 효과가 낮았다. 또한 증강현실을 사용한 모둠은 가상 객체의 시각적 효과나 특징에 초점을 두고 짧은 의사소통을 하였으나, 실제 모형을 사용한 모둠은 눈에 보이지 않는 자기장을 설명하기 위해 그림을 그리는 것과 같이 다양한 표상을 사용하였으며 긴 의사소통을 하였다.

한편, 증강현실을 활용한 소집단 학습을 리뷰하거나 메타 분석을 수행한 연구들도 진행되었다. Phon과 Ali, Halim(2014)은 2000년부터 2013년까지 진행된 증강현실을 활용한 소집단 학습에 대한 선행 논문 10편을 리뷰하였다. 선행 연구를 분석한 결과, 소집단 학습에서 협업은 두 가지 접근 방법이 있으며, 하나는 증강현실 시스템 속에 협업 활동을 포함시키는 것이고 다른 하나는 학생들이 증강현실을 개별적 또는 모둠원과 공유하여 사용하면서 학습 내용을 탐색하고 이에 대해 모둠원과 토의하는 형태로, 협업 활동은 증강현실의 사용 및 소집단 토의 과정에서 나타난다. 우선 증강현실 시스템 내에서 협업에 초점을 둔 선행 연구의 예시는 다음과 같다. Dunleavy와 Dede, Mitchell(2009)은 중·고등학생들의 수학 및 언어, 과학적 소양을 키우기 위해 외계인 침공(Alien Contact!)이라는 증강현실 게임을 개발하였다. 팀을 이룬 학생들은 각자 화학자, 암호학자, 해커, FBI 요원 중에서 한 가지 역할을 선택하여 외계인이 지구에 착륙한 이유를 조사하기 위해 수학 및 과학, 언어 문제에 관한 정보를 공유하여 문제를 해결하는 협업 활동을 수행하였다. 연구 결과, 증강현실 시스템 내에서도 학습자 개인의 역할 수행이 가능하며 학습자 간 상호의존성이 강화되는 특징이 있었다. 다음은 증강현실의 사용과 소집단 토의 과정에서 학생들의 협업에 초점을 둔 선행 연구의 예시이다. Matcha와 Rambli(2011)는 대학생 12명

에 대해 학생 2명이 한 모둠이 되게 소집단을 구성하였고, 빛의 분산과 합성을 주제로 한 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행하도록 하였다. 학생들은 증강현실을 사용하면서 학습 내용을 탐색하고 소집단 토의를 통해 관찰한 내용을 공유 및 해석하는 활동을 수행하였다. 특히 마커와 화면상의 가상 객체는 의사소통의 단서나 증거로 작용하며 증강현실은 학생 사이의 활발한 상호작용을 촉진하는 매개체였다.

Garzón 등(2020)은 교육적 접근 방법에 따라 증강현실 활용 학습의 효과를 메타분석하였다. 2010년부터 2019년까지 교육 맥락에서 증강현실을 사용한 선행 연구 46편에 대해 협력학습(collaborative learning), 탐구학습(Inquiry based learning), 상황학습(situated learning), 문제 중심 학습(project based learning), 멀티미디어 인지 이론(cognitive theory of multimedia learning)의 총 5가지 접근법으로 분류하고 각 선행 연구에 대해 효과 크기(d)를 계산하였다. 분석 결과, 협력학습 .85, 멀티미디어 인지 이론 .76, 문제 중심 학습 .74, 탐구학습 .73, 상황학습 .59 순으로 평균 효과 크기가 나타났다. 즉, 다양한 교육적 접근 방법 중에서 증강현실을 활용한 소집단 학습이 가장 높은 교육적 효과를 보였다.

소집단 학습 맥락에서 증강현실을 사용한 선행 연구의 결과를 종합하면, 인지적 및 정의적 측면에서 장점의 대부분은 개별 및 탐구학습 등의 일반적인 교육 맥락에서의 장점들과 유사하였으나, 장점 중 일부는 학습자 사이의 협업과 밀접한 관련이 있었다(Phon, Ali, & Halim, 2014). 첫째, 증강현실을 활용한 협력 활동은 학습자의 비판적 사고 및 문제 해결 능력, 의사소통 능력 등의 학습 과정에 관한 역량을 향상시켰다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009). 둘째, 비형식 교육의 상황에서 학생들이 학교 밖의 특정 장소에서 증강현실을 함께 사용하면 서로 간의 상호작용이 증대되며 학습 내용을 익히는 데 도움을 주었다(Salmi, Thuneberg, & Vainikainen, 2017). 셋째, 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커나 가상 객체를 조작하는 경험은 학습자들 사이의 협업을 촉진하므로 증강현실의 조작 활동에 기반한 학습 환경은 소집단 학습에 대한 학습자의 참여 수준을 높인다(Li *et al.*, 2011). 넷째, 소집단 학습에서 증강현실은 다른 학생에게 내용을 설명하거나 피드백을 제공하는 등의 의사소통이나 학생들 사이의 상호작용을 활성화시키는 장점이 있다(Matcha & Rambli, 2011).

(2) 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 외적 학습 환경

컴퓨터나 증강현실 등의 기기를 활용한 소집단 학습에서 학습 환경을 분석한 선행 연구(Chen *et al.*, 2018; Phon, Ali, & Halim, 2014; Wanis, 2019; Wu *et al.*, 2013)에 근거하여 소집단 학습에 증강현실을 사용할 때 나타나는 외적 학습 환경에 대한 분류틀을 구성하였다(표 16). 이는 학습자 사이의 상호작용 측면과 도구적 측면으로 구분되며, 상호작용 측면은 의사소통 방법과 토의에 참여하는 모둠원 수로, 도구적 측면은 증강현실을 구현하기 위한 기기의 종류와 모둠에 제공하는 마커와 기기 수로 각각 세분할 수 있다. 의사소통 방법에 대한 학습 환경은 학습자 사이의 면대면 상호작용과 온라인 상호작용으로 구분하였다. 이때 면대면 상호작용 방법은 마커 기반이나 이미지 기반 증강현실을 사용하여 주로 교실이나 실험실의 학습 상황에서, 온라인 상호작용 방법은 위치 기반 증강현실을 사용하여 주로 현장 학습 상황에서 각각 사용되는 경향이 있다. 또한 일반적인 협력학습에서 모둠별 학생 수를 다양하게 편성하듯이 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 학생 2~6명을 한 모둠으로 편성할 수 있다. 증강현실을 구현하기 위한 학습 환경은 컴퓨터와 웹캠을 사용하는 전통적인 PC 기반의 환경과 스마트폰과 태블릿을 사용하는 모바일 기반의 환경으로 구분하였다. 특히 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 기기당 학생 수의 환경 요소가 있는 것과 유사하게 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수가 다양하였다. 즉, 소집단 학습을 수행할 때 학생들이 사용할 수 있는 증강현실의 수가 학습 환경에 따라 다르게 나타났다.

〈표 16〉 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 외적 학습 환경의 분류틀

대분류	중분류	외적 학습 환경 요소
학습자 사이의 상호작용 측면	의사소통 방법	•면대면 상호작용: 마커, 이미지 기반 증강현실에서 사용 •온라인 상호작용: 주로 위치 기반 증강현실에서 사용
	모둠원 수	•학생 2~6명을 한 모둠으로 다양하게 편성
도구적 측면	기기의 종류	•컴퓨터(PC)와 웹캠: PC 기반의 학습 환경 •스마트폰, 태블릿: 모바일 기반의 학습 환경
	마커나 기기 수	•한 모둠에 마커와 기기 수를 다양하게 제공

외적 학습 환경에 대한 분류틀에서 의사소통 방법과 기기의 종류에 관한 환경 요소들은 모두 증강현실의 유형으로 묶을 수 있었으며, 모둠원 수나 모둠에 제공하는 마커와 기기 수는 소집단 학습 환경으로 그룹화하였다. 이러한 맥락에 따라 과학 교육에서 증강현실을 활용하여 소집단 학습을 수행한 선행 연구들의 학습 환경을 조사하여 <표 17>에 제시하였다. 분석 결과, 많은 선행 연구에서 사용한 증강현실의 종류는 대부분 면대면 상호작용을 지원하는 마커 기반 증강현실이었으며, 스마트폰이나 태블릿과 같은 모바일 기반의 학습 환경과 웹캠과 컴퓨터를 연결하여 사용하는 PC 기반의 전통적 학습 환경의 비율도 유사하게 나타났다. 최근 스마트폰이나 태블릿의 성능과 기술이 혁신적으로 발달하고 있는 실정을 고려하면, 앞으로는 모바일 기반의 증강현실이 대부분을 차지할 것으로 여겨진다. 또한 과학의 물리, 화학, 생명과학, 지구과학 분야에서는 위치 기반 증강현실을 사용한 연구는 거의 없었다. 소집단 학습 환경의 경우, 모둠별 학생 수는 2~5명으로 다양하였으며 각 모둠에 제공하는 마커나 디스플레이 기기 수도 다양하게 나타났다. 구체적으로 모둠별로 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공하거나 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기를 제공하는 환경이 있었다.

마커 및 스마트 기기 수, 모둠별 학생 수를 종합적으로 고려할 때 도구적 측면에서의 학습 환경은 두 가지 유형으로 구분할 수 있었다. 첫째, 모둠별로 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공하여 2인 이상이 모둠원이 증강현실을 함께 사용하는 환경이 있었다. 예를 들어 Nachairit와 Srisawasdl(2015)의 연구에서는 3~5명으로 구성된 모둠에 마커와 스마트폰을 각각 1개씩만 제공하여 모둠원들이 함께 모여 산·염기 적정 과정에서 중화 반응에 따른 입자 모형을 관찰하는 활동이 진행되었다. 특히 Chen과 Wang(2015)의 연구에서는 학생 2명이 한 모둠이 되어 마커와 스마트 기기를 교대로 사용하였는데, 이는 증강현실을 사용한 상호동료 교수의 새로운 형태로 볼 수 있다. 둘째, 모둠원 수만큼 마커와 기기를 제공하여 모든 모둠원이 증강현실을 개별적으로 사용하면서 소집단 학습을 수행하는 환경이 있었다. 예를 들어 Li 등(2011)의 연구에서는 2명의 모둠원이 각자 마커와 스마트 기기를 사용하면서 물체의 탄성 충돌에 대해 토의하는 모습을 보여주었다. 다음 절에서는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠에 제공하는 마커나 스마트 기기 수가 다른 환경의 특징을 CSCL이나 스마트러닝의 연구 결과에 기초하여 고찰하고자 한다.

<표 17> 증강현실을 활용한 소집단 학습의 학습 환경

연구자	분야	증강현실		소집단 학습 환경	
		주제	유형	모둠별 마커, 기기 수	모둠원 수
Cai, Wang, & Chiang (2014)	화학	원자 구조와 분자 구조, 화학 결합	마커 기반 (웹캠, PC)	마커 1개, 모니터 1개	3인
Chen & Liu (2020)	화학	주기율표의 다양한 원소, 화학 반응	마커 기반 (모바일)	마커 1개, 스마트 기기 1개	5인
Nachairit & SrisawasdI (2015)	화학	산염기 적정: 중화 반응의 입자 모형	마커 기반 (모바일)	마커 1개, 스마트 기기 1개	3~5인
Yoon *et al.*, (2017)	물리	베르누이 원리, 자기장	이미지 기반 (웹캠, PC)	마커(물체) 1개, 모니터 1개	3인
Núñez *et al.*, (2018)	화학	무기 화합물의 결정 구조	마커 기반 (웹캠, PC)	마커 1개, 모니터 1개	2인
Matcha & Rambli (2016)	물리	전기회로	마커 기반 (웹캠, PC)	마커 1개, 모니터 1개	2인
Chen & Wang (2015)	지구 과학	지구의 자전과 공전	이미지 기반 (웹캠, PC)	마커(물체) 1개, 모니터 1개	2인
Li *et al.*, (2011)	물리	역학: 물체의 탄성 충돌	마커 기반 (모바일)	마커 2개, 스마트 기기 2개	2인
Fidan & Tuncel (2019)	물리	물리 관련 PBL 주제	마커 기반 (모바일)	마커 3개, 스마트 기기 3개	3인
Abdusselam *et al.*, (2018)	생명 과학	미생물의 생활사: 발효, 번식 등	마커 기반 (모바일)	마커 4개, 스마트 기기 4개	4인

(3) 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경 탐색

선행 연구의 분석 결과에 따르면 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구적 측면의 학습 환경이 서로 다른 특징이 있었으며, 마커와 스마트 기기 수와 같은 도구 사용 환경을 두 가지 유형으로 구분할 수 있었다. 첫 번째 유형은 도구 공유 환경(sharing tools environment)으로 모둠원들이 마커와 스마트 기기를 공동으로 사용하는 환경이다. 선행 연구(Cai, Wang, & Chiang, 2014; Chen & Liu, 2020)의 도구 공유 환경은 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공하는(1-1: 마커 1개, 스마트 기기 1개) 경향성이 나타났다. 두 번째 유형은 개별 도구 환경(individual tools environment)으로 모둠원들이 마커와 스마트 기기를 개별로 사용하는 환경이다. 선행 연구(Abdusselam *et al.*, 2018; Fidan & Tuncel, 2019)를 분석한 결과, 개별 도구 환경은 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기를 제공하기 때문에 모둠원 수에 따라 한 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수도 달라진다. 예를 들어 학생 4명을 한 모둠으로 구성하면 모둠별로 마커와 스마트 기기를 각각 4개씩 제공하게 된다(4-4: 마커 4개, 스마트 기기 4개). 증강현실 활용 학습에서 마커와 스마트 기기 수와 같은 도구 사용 환경은 학습 효과에 영향을 주는 중요한 요인으로 작용한다(Dalim *et al.*, 2017). 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 각각의 도구 사용 환경별로 장단점이 있을 것이며 이에 따라 소집단 학습 효과도 도구 사용 환경에 따라 차이가 나타날 가능성이 있다. 특히 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서는 모둠별로 제공하는 기기 수가 달라질 때, 학습 정보에 대한 개인의 접근성 또는 학생들 사이의 상호작용의 두 가지 요인이 소집단 학습 효과에 영향을 주었다(Haßler, Major, & Hennessy, 2016; Wang & Le, 2022). 이러한 요인들은 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 마커와 스마트 기기 수의 차이에 따른 학습 효과를 예측 및 설명하는 데 유용할 것이다.

모둠원들이 증강현실을 함께 사용하는 도구 공유 환경은 소집단 토의와 같은 학습자 사이의 상호작용에 중점을 둔다. 이러한 환경에서는 모둠원들의 협력이나 토의를 통해 증강현실을 사용해야 하므로 개인이 증강현실을 사용하는 경험은 감소할 수 있지만, 활발한 토의를 통해 소집단 활동이 협력적으로 이루어질 수 있다. 즉, 증강현실로 목표 개념을 탐색할 때, 토의에 기초하여 마커나 스마트 기기를 조작함으로써 증강현실 사용 과정에서 시행착오를 줄일 수 있으며, 모둠원들이 기기

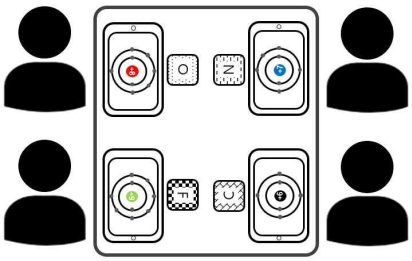
화면을 함께 보고 있기 때문에 관찰한 가상 객체에 대해서도 의사소통이 활발하게 이루어질 수 있다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서도 모둠원들이 기기를 함께 사용한 환경에서는 개인의 기기 사용에 제한이 있었지만, 모둠원 사이에 활발한 상호작용으로 인해 학습 내용에 대한 공유와 지식 구성이 효과적으로 일어났다(Liu & Wang, 2022; Wang, Xu, & Liu, 2022). 이를 종합적으로 고려하면, 도구 공유 환경에서는 학습 정보에 대한 접근성이 낮아지는 단점을 모둠원 사이의 활발한 의사소통으로 극복할 수 있을 것이다.

모둠원들이 증강현실을 각자 사용하면서 소집단 학습을 수행하는 개별 도구 환경은 증강현실 사용에 있어 개별화에 중점을 둔다. 이러한 환경에서는 증강현실 사용에 대한 주도권이 개인에게 있어 모둠원들의 증강현실 사용 경험이 많아지나, 학생들이 자신의 학습에만 집중하기 때문에 모둠원 사이에 토의가 적게 일어날 가능성이 있다. 특히 증강현실의 마커나 스마트 기기를 조작하는 데 어려움을 느끼는 학생들은 이러한 환경에서 많은 시행착오를 겪을 가능성이 있으며, 증강현실로 관찰한 가상 객체나 증강현실 사용 방법이 개인별로 달라질 때에는 학습 내용이 모둠 내에 효과적으로 공유되지 않아 소집단 토의가 단절될 수 있다. 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서도 모둠원들이 개별적으로 기기를 사용하게 되면 개인이 학습 정보에 접근할 기회가 많아졌으나, 학습자 사이의 상호작용이 어려워 학습 내용에 대한 공유나 합의가 효과적으로 일어나지 않았다(Liu & Wang, 2022; Wang & Le, 2022). 이를 종합적으로 고려하면, 개별 도구 환경에서는 개인의 증강현실 활용 경험은 많아지나, 모둠원 사이의 상호작용이 효과적으로 일어나기 어려울 가능성이 있다. 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기 수에 따른 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 예상되는 특징이나 장단점을 <표 18>에 제시하였다.

하지만 마커와 스마트 기기 수가 다른 도구 사용 환경별 특징이나 장단점은 모두 스마트 기기를 활용한 선행 연구에 근거한 가설이다. 실제로 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 두 가지 유형의 도구 사용 환경에 대해 교수학습 효과나 소집단 학습 과정을 비교한 연구는 거의 없었다. 특히 증강현실 활용 학습에서는 단순히 스마트 기기 화면을 관찰하는 학습 상황과는 달리, 마커와 가상 객체, 학습자의 관계 속에서 나타나는 역동적 상호작용이 학습 과정 및 결과에 상당한 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Cheng & Tsai, 2013). 이러한 증강현실의 독특한 매체적 특징

을 고려하면 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 증강현실과 학습자의 능동적 상호작용이 소집단 토의와 같은 학습자들 사이의 언어적 상호작용에도 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 증강현실과 학습자 사이의 상호작용과 학습자와 학습자 사이의 상호작용에 초점을 두고 각 도구 사용 환경별 장단점과 교수학습 효과에 대해 충분한 연구와 고찰이 필요하다.

<표 18> 마커와 스마트 기기 수에 따른 도구 사용 환경

도구 사용 환경	**도구 공유 환경 (1-1)** **(Sharing tools environment)**	**개별 도구 환경 (4-4)** **(Individual tools environment)**
마커와 스마트 기기 제공	마커와 스마트 기기를 공동으로 사용하도록 제공	마커와 스마트 기기를 개별로 사용하도록 제공
예상되는 특징	• 학습자 사이의 상호작용에 중점 • 토의와 협력을 통해 증강현실 사용 • 모둠원들이 함께 가상 객체를 관찰	• 증강현실 사용에 있어 개별화에 중점 • 개인이 증강현실로 학습한 내용에 대해 다른 모둠원과 토의
예상되는 장단점	• 개인의 증강현실 사용 기회는 감소 • 토의나 협업 등의 학습자 사이 상호작용이 활발해짐	• 개인이 증강현실을 사용하여 목표 개념을 탐색하는 기회가 증가 • 학습자 사이의 상호작용 기회가 감소
학습 환경 예시 (4인 1 모둠)		

제 3 장. 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 교수학습 효과 비교 (연구 I)[6]

1. 서 론

최근 정보통신기술의 혁신적인 발달로 인해 증강현실(AR)과 같은 새로운 실감형 콘텐츠를 교육에 응용하려는 시도가 이루어지고 있다. 증강현실을 구동하기 위해서는 QR 코드와 같은 물리적 마커 및 스마트폰과 같은 카메라가 포함된 디스플레이 매체가 필요하며, 카메라로 마커를 비추면 디스플레이 화면상의 실제 세계에 3차원의 가상 객체가 증강되어 나타난다(Azuma, 1997). 따라서 학습자는 증강현실을 통해 실제 세계와 가상 객체를 동시에 관찰하며 가상 객체와 상호작용을 할 수 있다(Lukosch *et al.*, 2015). 증강현실은 학생들에게 자기력선이나 분자 구조 등 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 실제 세계와 연결하여 제시하는 매체적 특징을 가지므로, 과학 교육의 맥락에서도 증강현실이 유용하게 사용된다(Chen, 2006; Ibáñez *et al.*, 2014). 이에 우리나라에서도 증강현실을 활용한 실험 콘텐츠나 증강현실이 접목된 디지털교과서를 개발하는 등, 증강현실을 활용한 과학 교육 콘텐츠를 개발 및 보급하기 위해 집중적으로 노력하고 있다(한국과학창의재단, 2015).

실제 세계와 가상 객체의 자연스러운 융합으로 대표되는 증강현실의 독특한 매체적 특성은 과학 교수학습에서 개념 이해나 학업 성취 등의 인지적 요소뿐 아니라 흥미나 즐거움, 학습 동기 등의 정의적 요소에도 긍정적 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Akçayir & Akçayir, 2017). 이는 학습자가 물리적 마커를 손으로 조작하고 가상 객체를 탐색하는 과정에서 다감각적 정보를 얻고 증강현실 콘텐츠에 깊게 몰입하여 능동적 학습을 수행할 수 있기 때문이다(Diegmann *et al.*, 2015; Ibáñez *et al.*, 2014). 이러한 과정에서 학습자는 증강현실과 끊임없는 상호작용을 통해 학습 내용에 더욱 집중하며 학습에 대한 통제감, 자의식의 상실 등을 동반한 몰입감을

6) 연구 I은 대한화학회지 64권 6호의 360-370쪽에 게재된 '증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 촉진할 수 있는 학습 환경 탐색(신석진, 노태희, 이재원, 2020)'의 내용을 보완하고 재구성한 것임.

느낄 수 있으며(계보경, 김영수, 2008), 학습 내용에 대해 높은 흥미를 느끼게 된다(Akçayir & Akçayir, 2017). 또한 증강현실은 면대면 학습을 지원하기 때문에 가상 객체를 중심으로 학습자와 학습자, 학습자와 교사 간의 다양한 상호작용이나 협업을 촉진한다(Phon, Ali, & Halim, 2014). 실제로 소집단 학습 상황에서 증강현실의 교수학습 효과를 조사한 선행 연구(고영남, 김종우, 2012; Matcha, & Rambli, 2011; Nachairit & Srisawasdi, 2015)에서는 증강현실 활용 학습이 학습자의 수업 참여를 높이고 학습자들 사이의 활발한 상호작용을 촉진함으로써 개념 이해나 몰입 증대, 흥미 유발 등에 도움이 된 것으로 보고하고 있다.

그러나 대부분의 선행 연구는 소집단 학습 상황에 증강현실 콘텐츠를 단순히 접목한 수준으로, 각 모둠에 제공한 마커와 디스플레이 기기의 수, 모둠원 수와 같이 증강현실 사용을 위한 도구적 측면의 환경이 서로 다르게 나타났다. 예를 들어 3인 또는 5인으로 구성된 모둠에 마커와 스마트 기기를 1개씩만 제공하여 모둠원들이 증강현실을 함께 사용하는 환경(Nachairit & Srisawasdi, 2015), 모둠원들이 개별적으로 마커와 스마트 기기를 사용하면서 소집단 학습을 수행하는 환경이 있었다(Li *et al.*, 2011). 모둠원들이 마커와 스마트 기기를 공동으로 사용하는 도구 공유 환경에서는 기기 사용에 있어 개인의 불편함은 있으나(Baran *et al.*, 2019), 소집단 활동이 더욱 협력적으로 이루어지게 되므로 가상 객체나 목표 개념 등에 대한 논의는 활발하게 진행될 수 있을 것이다. 반대로 모둠원들이 마커와 스마트 기기를 각자 사용하는 개별 도구 환경에서는 개인이 원하는 대로 증강현실을 사용할 수 있지만, 일부 학생은 관찰한 가상 객체에 대한 오개념을 가질 수 있고 학생 사이의 토의도 상대적으로 적게 일어날 가능성이 있다. 이와 같이 마커나 스마트 기기 수에 따른 도구 사용 환경은 나름의 장단점을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다. 또한 증강현실을 사용할 때 도구적 측면의 환경이 교수학습 효과에 영향을 줄 수 있다는 주장(Dalim *et al.*, 2017)을 고려하면 증강현실을 교육 현장에 적용하기에 앞서 최적의 도구 사용 환경에 대한 탐색이 우선적으로 진행될 필요가 있다.

이를 위해 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경별 교수학습 효과를 인지적 및 정의적 측면에서 조사하여 비교할 필요가 있다. 과학 교육 맥락에서 증강현실의 효과를 리뷰한 선행 연구(Arici *et al.*, 2019; Tekedere & Göke, 2016)에 따르면 개념 이해도나 몰입, 흥미 등의 변인들이 증강현실의 교수학습 효

과를 정량적으로 비교하는 데 널리 사용되었다. 이는 증강현실이 능동적 학습을 지원하기 때문에 학습자는 물리적 마커나 스마트 기기상의 가상 객체와 상호작용하면서 소집단 학습에 몰입할 수 있으며(Ibáñez *et al.*, 2014), 증강현실이 제공하는 탐색적 경험을 통해 흥미를 느끼고 목표 개념에 대한 의미를 구성하기 때문이다(Dünser *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2014). 즉, 증강현실의 교육적 효과는 학습자의 개념 이해도나 몰입, 상황 흥미를 조사하여 정량화할 수 있으며, 이러한 변인들을 중심으로 교수학습 효과를 조사하는 것은 최적의 도구 사용 환경 탐색에 도움을 줄 것이다.

한편 증강현실 활용 학습에서 학습자는 물리적 마커와 스마트 기기를 직접 조작하며 증강현실의 가상 객체를 관찰해야 하므로, 학습자가 능동적으로 학습을 통제하는 자기조절(self-regulation) 능력이 교수학습 효과에 영향을 줄 수 있다(Dalim *et al.*, 2017; Gweon *et al.*, 2018). 일반적으로 자기조절 수준이 높은 학생일수록 학업 성취가 우수한 경향이 나타남을 고려할 때(Loyens, Magda, & Rikers, 2008), 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 자기조절 수준이 높은 학생에 대해 학습 효과가 높게 나타날 가능성이 있다. 하지만 자기조절 능력은 소집단 학습에서 구성원들 사이의 관계 맺기, 공동의 의사 결정 등을 포함한 사회적 상호작용과도 밀접한 관련이 있으므로(Panadero *et al.*, 2015), 도구 사용 환경의 차이는 자기조절 수준이 다른 학생들에게 복합적인 영향을 줄 가능성도 있다. 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경별 교수학습 효과를 학생의 자기조절 수준에 따라 조사하면 각 도구 사용 환경의 특징을 이해 및 비교하는 데 도움을 줄 것이다.

이에 연구 Ⅰ에서는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 대해 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 정량적으로 조사하여 비교하였고, 이때 학습자의 자기조절 수준이 도구 사용 환경별 교수학습 효과에 주는 영향을 분석하였다.

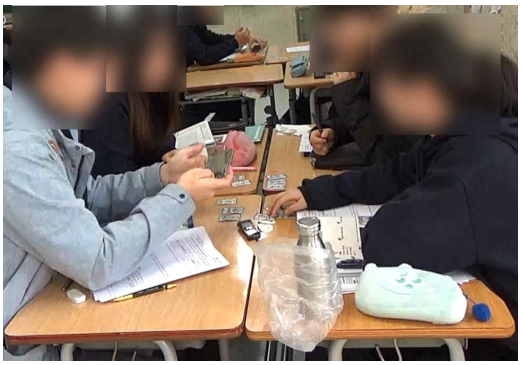
2. 연구 방법

2.1 연구 참여자

서울시에 소재한 1개 남녀공학 고등학교의 1학년에서 연구 참여에 자발적으로 동의한 5개 학급의 재학생 72명을 무작위로 선정하였다. 국내 협동학습 상황에서 일반적인 모둠 편성 방법(한재영 등, 2006)을 고려하여 4인 1 모둠으로 총 18개의 모둠을 편성하였다. 이때 모둠원 간의 상호작용 향상과 모둠별 학습 수준에 대한 격차를 줄이기 위해 과학 교사의 협조를 구하여 각 모둠에 반 편성 고사 성적을 기준으로 상위와 하위 학생 각각 1명, 중위 학생 2명을 포함한 이질 집단을 구성하였다. 증강현실을 활용한 소집단 학습에 관한 선행 연구(Li *et al.*, 2011; Nachairit & Srisawasdi, 2015; Núñez *et al.*, 2008)의 도구 사용 환경을 분석하여, 모둠에 제공하는 마커 세트와 스마트 기기 수를 달리한 두 가지 환경을 구성하였다. 즉, 한 모둠에 마커 세트 1개와 스마트 기기 1개만을 제공하는 도구 공유 환경(1-1), 한 모둠에 마커 세트 4개와 스마트 기기 4개를 제공하는 개별 도구 환경(4-4)을 구성하였다(그림 Ⅰ-1, Ⅰ-2). 이때 도구 공유 환경에서는 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용하므로 가상 객체에 대한 이해에서부터 제시된 과제의 해결 방법, 활동지 작성에 이르기까지 학습 과정 전반에 걸쳐 활발한 논의와 학생 사이의 상호작용이 촉진될 것으로 예상하였다. 개별 도구 환경에서는 모둠원들이 증강현실을 각자 사용하므로 학습 과제를 중심으로 소집단 활동에 협력적으로 참여하도록 안내하였으며, 도구 공유 환경에 비해 학생이 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 기회나 시간이 많아질 것으로 예상하였다. 각 학급에 두 가지 도구 사용 환경이 고르게 분포되도록 무작위 배정을 하여 학급 분위기나 학급별 교수 효과에 의한 편향이 나타나지 않도록 하였다. 또한 스마트 기기의 종류에 따른 학습 편차가 나타나지 않도록 연구자가 같은 모델의 스마트폰을 준비하여 학생들에게 배부했으며, 마커 세트에 포함된 원자 카드의 종류와 수도 모둠별로 같게 하였다. 연구에 참여한 72명 중 사후 검사에 참여하지 않았거나 과반의 검사 문항에 무응답을 한 학생 8명을 제외한 총 64명의 응답을 분석하였다. 모든 연구 참여 학생들을 자기조절 검사 점수의 중앙값을 기준으로 자기조절 수준 상위 및 하위 학생으로 구분하였다(표 Ⅰ-1).

<표 Ⅰ-1> 도구 사용 환경과 자기조절 수준에 따른 연구 참여자 수

자기조절 수준	도구 공유 환경 (1-1) (마커 세트 1개, 스마트 기기 1개)	개별 도구 환경 (4-4) (마커 세트 4개, 스마트 기기 4개)	계
상위	15	13	28
하위	19	17	36
계	34	30	64



<그림 Ⅰ-1> 도구 공유 환경 (1-1)

<그림 Ⅰ-2> 개별 도구 환경 (4-4)

2.2 연구 단원

이 연구에서 목표 개념은 고등학교 1학년 통합과학의 '물질의 규칙성과 결합' 단원 내 이온 결합과 공유 결합으로 정하였다. 이 단원에서는 물질을 이루는 다양한 원소의 원자 모형을 배우고 주기율표에서 발견되는 규칙성을 원자 모형에서의 전자 배치와 관련지어 학습한다. 예를 들어, 1족 원소인 알칼리 금속의 화학적 성질이 유사한 까닭을 리튬(Li), 나트륨(Na), 칼륨(K) 원자 모형의 전자 배치에서 가장 바깥 껍질의 전자 수가 1개인 것과 연관 지어 해석한다. 다음으로 금속 원소와 비금속 원소 사이에는 이온 결합이, 비금속 원소들 사이에는 공유 결합이 생성되는 것을 학습한다. 이때 두 종류의 결합이 만들어지는 원동력은 다르지만, 생

성된 결합 모형은 모두 가장 바깥 껍질에 전자가 8개씩 채워지는 옥텟 규칙을 만족하는 규칙성이 있다는 것을 배운다. 과학 교과서에는 다양한 탐구 활동을 통해 학생들이 화학 결합의 규칙성을 배울 수 있도록 안내하고 있다. 예를 들어, 비즈 구슬과 실, OHP 필름과 스티커 등을 사용하여 원자 모형 및 금속 원소와 비금속 원소 사이의 이온 결합이나 비금속 원소들 사이의 공유 결합 모형을 만드는 활동이 포함된다.

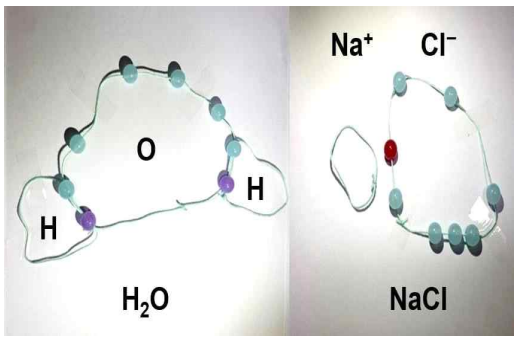
증강현실은 실제 세계와 연결하여 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 시각화하고 다양한 조작 및 탐색 활동을 통해 학생들에게 능동적인 학습 경험을 제공한다(Ibáñez *et al.*, 2014). 이와 같은 증강현실의 특징은 '물질의 규칙성과 결합' 단원의 학습 요소나 탐구 활동과 밀접하게 연계된다. 예를 들어, 비즈 구슬이나 실 대신, 원자 카드를 마커로 사용하면 학생들은 스마트 기기 화면에 나타난 원자 모형을 가상 객체로 관찰할 수 있다. 또한 OHP 필름이나 스티커로 결합 모형을 만드는 것은 화학 결합의 결과적 특징만 관찰할 수 있으나, 증강현실을 사용하면 여러 원자 카드를 조합해 다양한 화학 결합 모형을 가상 객체로 관찰할 수 있으므로 화학 결합의 결과적 특징뿐만 아니라 전자 이동이나 공유 등의 변화 과정도 관찰할 수 있게 된다. 이때 원자 마커나 가상 객체를 조작하면서 화학 결합의 생성 여부를 확인하고 다양한 화합물의 결합 모형이나 전자 수 등의 특징을 3차원 이미지로 탐색하게 하면 학생들에게 능동적인 학습 경험을 제공할 것으로 기대하였다.

2.3 조작형 증강현실 애플리케이션 개발

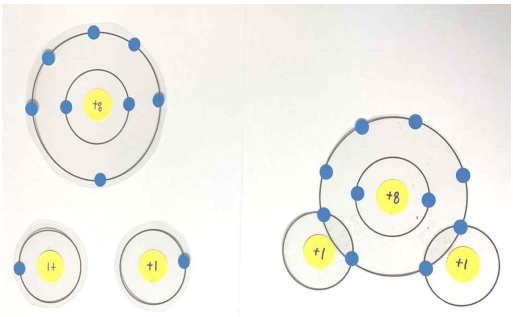
(1) 조작형 증강현실 애플리케이션의 설계

이 연구에서는 화학 결합에 대한 조작형 증강현실 콘텐츠를 개발하기 위해 선행 연구(Dunleavy, 2014; Wu *et al.*, 2013)에서 제시한 증강현실의 효과적인 교수학습 설계 전략을 도입하였다. 예를 들어 다양한 조작 및 탐색 활동을 통해 학습자가 증강현실과 능동적으로 상호작용할 수 있도록 높은 수준의 도전 과제를 제시할 뿐만 아니라, 스마트 기기상에서 전자 수, 분자 모형 등을 시각화하여 추상적 개념에 대한 학습자의 이해를 돕고자 하였다. 또한 조작형 증강현실을 사용하여 문제를 해결하는 과정에서 학습자가 자기 주도적으로 원리나 개념을 탐색하도록 하였다.

증강현실 콘텐츠의 목표 개념은 고등학교 1학년 통합과학의 이온 결합과 공유 결합이며, 교과서에 제시된 전통적인 탐구 활동을 모방하고, 장점을 살리며 단점을 보완하는 방향으로 증강현실 애플리케이션의 설계 방향을 정하였다. 구체적으로 비즈 구슬과 실을 이용한 결합 모형(그림 Ⅰ-3)은 이온 결합의 생성 과정에서 구슬(전자)의 이동을 동적으로 나타낼 수 없으며, 내부 전자를 표현하지 않기 때문에 학습자가 양이온의 입자 모형에 대해 오개념을 가질 가능성이 있다. 또한 공유 결합 모형을 만들 때 공유 전자쌍이 되는 구슬 2개에 두 가닥의 실을 연결하는 과정은 너무 어렵고 많은 시간이 소모되기 때문에 다양한 공유 결합 모형을 만들면서 화학 결합의 규칙성을 찾는 데 한계가 있었다. OHP 필름과 스티커를 이용한 결합 모형(그림 Ⅰ-4)에서도 전자의 이동과 같은 동적 속성을 나타내지 못하는 한계가 있다. 다만 이 모형은 전자가 정지된 스티커로 표현되기 때문에 원소들의 주기와 족이 달라지거나 화학 결합이 생성될 때 스티커(전자) 수의 변화나 총개수를 쉽게 파악할 수 있어 옥텟 규칙을 학습할 때 효과적일 수 있다.



〈그림 Ⅰ-3〉 비즈 구슬과 실을 사용한 화학 결합 모형



〈그림 Ⅰ-4〉 OHP 필름과 스티커를 사용한 화학 결합 모형

구체적인 설계 방향을 정하기 위해 화학 결합에 대한 기존의 증강현실을 비판적 관점에서 재구성하였다. 예를 들어 선행 연구(Cai, Wang, & Chiang, 2014)에서는 물과 염화 나트륨, 다이아몬드와 흑연의 구조에만 중점을 두었기 때문에 화학 결합의 다양성과 이에 따른 규칙성을 학습하기 어려운 한계가 있었다. 이에 조작형 증강현실에 다양한 이온 결합 및 공유 결합 모형을 만들 수 있는 특징을 반영하였다.

이 연구에 사용할 조작형 증강현실 애플리케이션의 설계 방향은 다음과 같다(표 Ⅰ-2). 첫째, 추상적 개념의 시각화에 주안점을 두고 원자 모형이나 결합 모형의 구조나 전자 배치, 결합 생성 과정을 증강현실 애플리케이션에 반영하도록 설계하였다. 예를 들어 원자 모형의 전자 배치를 증강현실로 구현할 때는 스마트 기기상의 가상 객체인 원자 모형에서 내부 전자와 가장 바깥 껍질의 전자들이 궤도 운동하도록 동적 속성이 나타나게 하였다. 또한 이온 결합이 생성될 때는 금속 원자의 가장 바깥 껍질의 전자가 비금속 원자의 가장 바깥 껍질로 이동하는데, 이때 학습자가 전자 이동을 쉽게 파악하도록 전자의 색깔을 다르게 하였다. 이와 유사하게 공유 결합이 생성될 때는 비금속 원자의 가장 바깥 껍질이 서로 겹치면서 두 개의 전자가 공유되는데, 이때 공유 전자쌍의 색깔이 달라지게 하였다. 이온 결합 및 공유 결합 모형에서는 전자의 움직임을 잠시 멈추게 하여 학습자가 전자 수나 결합 모형의 특징을 파악하는 것이 용이하도록 설계하였다.

<표 Ⅰ-2> 화학 결합에 대한 조작형 증강현실 애플리케이션의 설계 방향

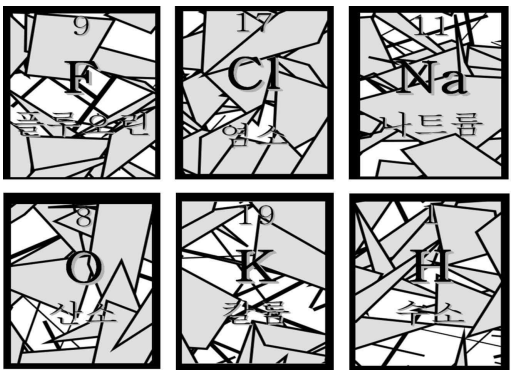
주안점		목표 개념	증강현실 구현 방식(요약)
추상적 개념의 시각화		• 원자 모형에서 전자 배치	• 전자의 궤도 운동을 동적으로 표현
		• 이온 결합의 생성 과정	• 금속의 전자가 비금속 원소로 이동
		• 공유 결합의 생성 과정	• 바깥 껍질이 겹치며 전자쌍이 공유
		• 이온 결합 및 공유 결합 모형	• 전자를 잠시 정적으로 나타냄
증강현실과 학습자의 능동적 상호작용 촉진	조작 활동	• 화학 결합 전후의 변화 과정	• 원자 마커 사이의 거리를 변화
		• 원자 모형의 양성자 수, 결합 모형의 전자 수(옥텟 규칙)	• 기기상의 가상 객체를 확대나 회전 • 기기상에서 스크린 캡처 기능 구현
	탐색 활동	• 다양한 이온 결합 및 공유 결합 모형을 만들면서 화학 결합의 규칙성 탐색	• 다양한 원자 마커를 선택 및 배열하면서 결합 생성 여부를 관찰 → 중심, 주변 원자의 배열 순서 고려 • 결합 생성이 성공 또는 실패할 때, 초기화 기능을 제공

둘째, 증강현실과 학습자의 능동적 상호작용을 촉진하기 위해 증강현실 애플리케이션을 사용하여 다양한 조작 활동 및 탐색 활동이 가능하도록 설계 방향을 정하였다. 특히 연구 단원의 핵심 개념은 화학 결합의 특징 및 생성 과정, 화학 결합의 규칙성이므로 학습자가 다양한 원자 마커를 선택 및 배열, 이동시키면서 스마트 기기로 결합 생성 여부와 변화 과정을 관찰하고, 증강현실을 사용하여 다양한 이온 결합 및 공유 결합 모형을 만들어보면서 화학 결합의 규칙성을 탐색하도록 설계하였다. 증강현실 애플리케이션에서 조작 활동에 대한 목표 개념과 설계 방법은 다음과 같다. 학습자가 증강현실로 화학 결합 모형을 관찰한 후, 다시 원자 모형으로 되돌아가기 위해서는 자연스럽게 인접한 두 원자 마커를 떨어뜨려 원자 사이의 거리가 멀어지게 조작한다. 또한 원자 모형의 양성자 수나 움직이는 전자의 개수를 파악할 수 있도록 스마트 기기상에서 스크린 캡처 또한 가능하게 하였다. 한편 이 연구에서는 학습자가 단순히 마커를 스마트 기기로 비추면서 수동적으로 화학 결합 모형을 관찰하는 형태를 지양하고, 학습자가 생각하는 이온 결합 및 공유 결합 모형을 만들기 위해 원자 마커를 선택 및 배열한 후 스마트 기기로 결합 생성 여부를 확인하는 형태의 능동적 탐구 활동이 가능하도록 설계하였다. 이처럼 조작형 증강현실을 사용해 다양한 이온 결합 및 공유 결합 모형을 만들면서 화학 결합을 형성할 때 이동 또는 공유하는 전자 수나 옥텟 규칙과 같은 화학 결합의 규칙성을 탐색할 수 있다. 예를 들어 학습자가 수소(H)와 산소(O)가 공유 결합을 생성하는지를 확인하기 위해 두 원자 마커를 인접시키면 별다른 변화 없이 원자 모형이 그대로 있게 된다. 하지만 산소(O) 원자 마커 옆에 두 개의 수소(H) 원자 마커를 H-O-H 형태로 인접시키면 물(H_2O) 분자의 결합 모형이 만들어진다. 만약 H-H-O와 같이 원자 마커의 배열 순서에 오류가 있는 경우에는 결합 모형이 생성되지 않으며, 이 경우에는 스마트 기기상의 가상 객체가 초기화되도록 설계하였다. 즉 학습자는 화학 결합 모형을 만들기 위해 자기 주도적으로 계획을 세워 원자 마커의 종류와 수를 선택해야 하며, 결합이 생성되는 경우와 생성되지 않는 경우를 각각 경험해보면서 화학 결합의 규칙성을 탐색할 수 있다. 이상의 조작형 증강현실 애플리케이션 설계 방향은 과학 교육 전문가 2인과 현직 교사 1인이 참여한 세미나를 통해 타당성을 점검하였다.

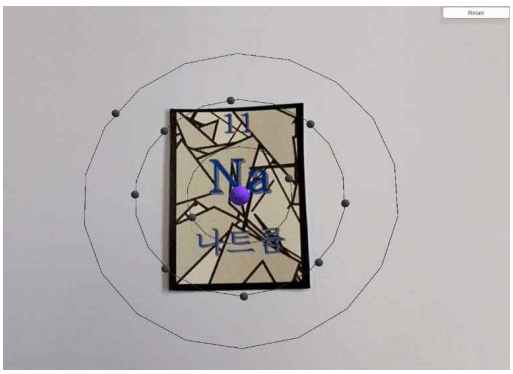
(2) 조작형 증강현실 애플리케이션의 개발 및 구성

이 연구에서 사용한 조작형 증강현실 애플리케이션은 Unity 2.1을 기반으로 하는 AR/VR 콘텐츠 개발 플랫폼인 Vuforia SDK(software development kit) 소프트웨어를 사용하여 개발하였고, 가상 객체의 모델링은 3ds Max 2017 프로그램을 사용하였다. 증강현실 애플리케이션은 증강현실 프로그래밍 전문가 1인의 자문을 받아 연구자와 동료들이 함께 프로토타입(prototype)으로 개발하였고, 현직 과학 교사 3인을 대상으로 애플리케이션의 기술적 안정성 및 사용성에 대한 피드백을 받아 수정 및 보완하였다. 이 연구에서 개발한 조작형 증강현실 애플리케이션의 구체적인 콘텐츠와 작동 방식은 다음과 같다.

증강현실에서 카메라의 인식 대상이 되는 물리적 마커는 다양한 원자 카드이며(그림 Ⅰ-5), 원자 마커에는 원소의 이름과 원소 기호, 원자 번호가 제시되어 있다. 또한 스마트 기기 화면상에 증강되는 가상 객체는 원자 모형이나 이온 결합 모형, 공유 결합 모형이다. 즉 학습자가 증강현실 애플리케이션을 실행한 후 스마트 기기의 카메라로 원자 마커를 비추면 스마트 기기의 화면에 원자 모형이 증강되어 나타나도록 하였다. 이때 정지된 상태의 원자핵에는 양성자 수가 적혀있고 각 껍질에 존재하는 전자들은 궤도를 따라 원운동을 한다(그림 Ⅰ-6). 이러한 방법으로 1~3주기의 다양한 원자 마커들을 스마트 기기의 카메라로 비추면서 원자 모형의 양성자 수나 전자 수, 전자 배치의 규칙성을 각각 파악할 수 있다.

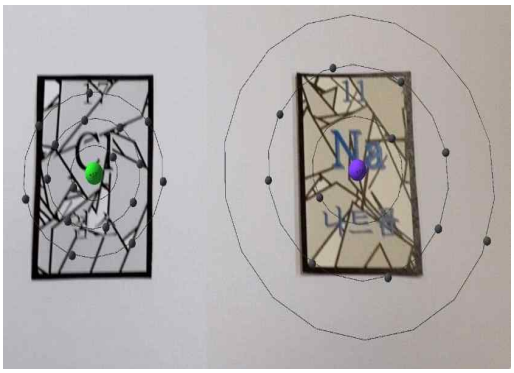


〈그림 Ⅰ-5〉 연구에 사용한 다양한 원자 마커(※일부만 제시함)

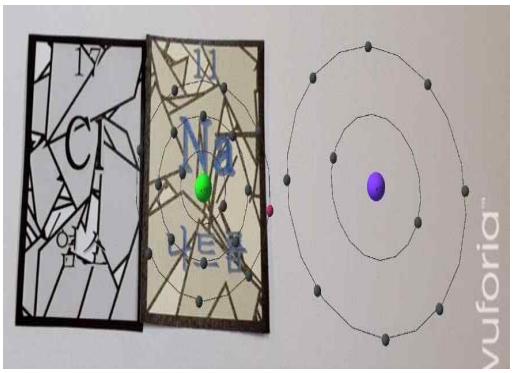


〈그림 Ⅰ-6〉 스마트 기기에 증강된 나트륨(Na)의 원자 모형

학습자가 여러 원소의 원자 모형이 동시에 나타나도록 한 상태에서 두 개 이상의 원자 마커들을 인접시키는 경우, 옥텟 규칙에 따라 이온이나 분자의 형성이 가능한 조합일 때에만 이온 결합이나 공유 결합이 형성되는 과정과 결합 모형이 나타나도록 하였다. 예를 들어 나트륨(Na) 원자 마커와 염소(Cl) 원자 마커를 일정 거리 이상 떨어뜨려 놓으면, 각각의 원자 모형이 스마트 기기 화면상에 제시되지만(그림 Ⅰ-7), 두 마커를 인접시키면 나트륨의 가장 바깥 껍질 전자 1개가 염소 원자의 바깥 껍질로 이동하면서 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형이 스마트 기기 화면에 제시된다(그림 Ⅰ-8).



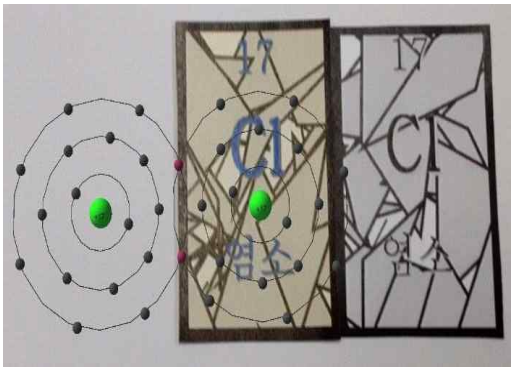
〈그림 Ⅰ-7〉 염소(Cl) 마커와 나트륨(Na) 마커를 떨어뜨린 모습



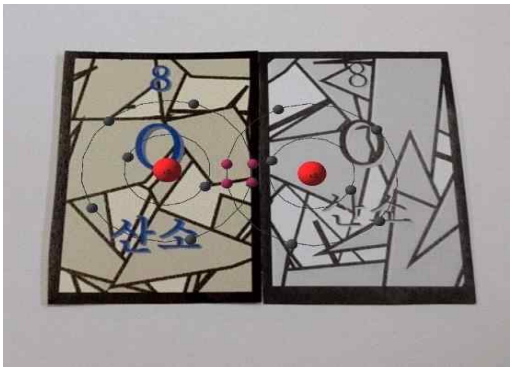
〈그림 Ⅰ-8〉 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형

이때 나트륨에서 염소로 이동한 전자는 붉은색으로 표현하여 전자가 이동하는 이온 결합의 특성을 반영하였다. 또한 두 개의 염소(Cl) 원자 마커를 인접시키면 두 염소 원자의 가장 바깥 껍질이 서로 겹치면서 전자 2개가 공유 전자쌍이 되어 염소 분자(Cl_2)의 공유 결합 모형이 생성된다(그림 Ⅰ-9). 이와 유사하게 산소(O) 원자 마커를 인접시키면 옥텟 규칙을 만족시키기 위해 전자쌍 2개가 공유되어 이중 결합을 가지는 산소 분자(O_2)의 결합 모형이 가상 객체로 제시된다(그림 Ⅰ-10). 특히 다른 전자와 달리 공유 전자쌍은 붉은색으로 표현하여 학습자가 전자를 공유하는 공유 결합의 특성을 쉽게 이해할 수 있도록 구성하였다. 일단 이온 결합 및 공유 결합이 생성되면 전자가 운동하지 않고 정적인 결합 모형이 유지되므로 학습자

는 가장 바깥 껍질의 전자 수를 세면서 옥텟 규칙을 이해할 수 있다. 한편 이온 결합이 형성될 때 금속 양이온은 원자보다 반지름이 감소하고 비금속 음이온은 원자보다 반지름이 증가하지만, 이 내용은 고등학교 1학년 통합과학에서 다루지 않기 때문에 증강현실 애플리케이션에 반영하지 않았다.

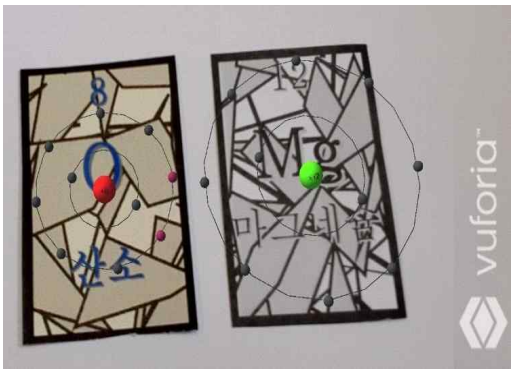


<그림 Ⅰ-9> 염소(Cl_2)의 공유 결합 모형

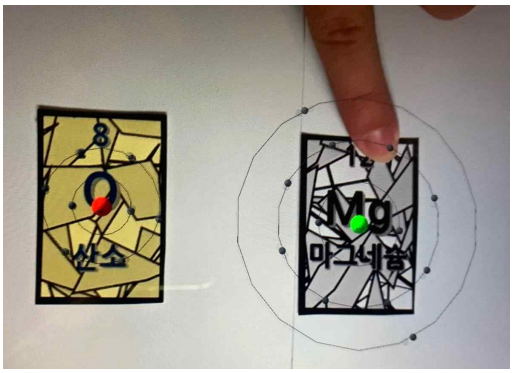


<그림 Ⅰ-10> 산소(O_2)의 공유 결합 모형

이 연구에서는 학습자가 증강현실 애플리케이션을 사용할 때 마커나 스마트 기기상의 가상 객체에 대해 다양한 조작 활동이 가능하게 하였으며, 이는 학습자가 증강현실의 독특한 행위유발성을 경험하면서 목표 개념을 이해하는 데 도움을 줄 것으로 기대하였다. 예를 들어 마그네슘(Mg) 원자 마커와 산소(O) 원자 마커를 사용하여 산화 마그네슘(MgO)의 이온 결합 모형을 생성한 후(그림 Ⅰ-11), 손가락을 사용하여 인접한 두 원자 마커를 일정 거리만큼 떨어뜨려 놓으면 스마트 기기상에 다시 마그네슘(Mg) 원자 마커와 산소(O) 원자 마커가 나타나게 된다(그림 Ⅰ-12). 이 과정에서 학습자는 산화 이온(O^{2-})의 가장 바깥 껍질 전자 2개가 다시 마그네슘(Mg) 원자의 바깥 껍질로 되돌아가는 모습을 관찰할 수 있다. 이처럼 조작에 따른 탐색 활동은 실물형 인터페이스를 지원하는 증강현실의 특징이다. 특히 마커를 이동시키는 조작 활동은 화학 결합의 생성 전후에 나타나는 전자의 이동과 같은 과정적 특징을 파악하는 데 도움을 줄 것으로 기대하였다.

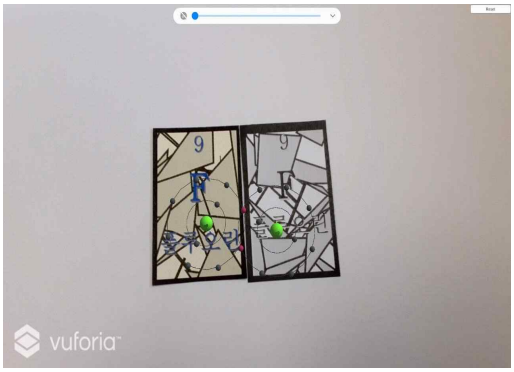


<그림 Ⅰ-11> 산화 마그네슘(MgO)의 이온 결합 모형



<그림 Ⅰ-12> 원자 마커의 조작에 따른 결합 모형의 변화

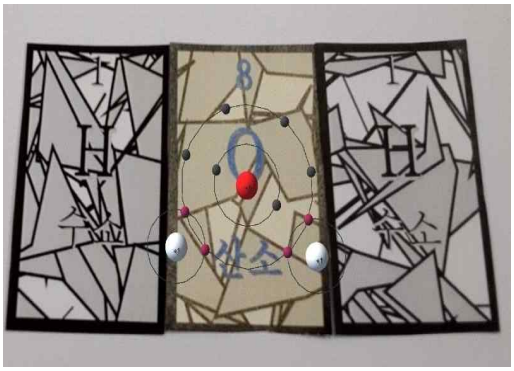
또한 학습자가 스마트 기기상의 가상 객체를 손으로 늘려 확대할 수 있을 뿐만 아니라(그림 Ⅰ-13), 가상 객체를 회전이나 이동할 수 있도록 조작형 증강현실 애플리케이션을 구성하였다. 이와 더불어 관찰하고 있는 화학 결합 모형을 스크린 캡처하여 별도의 저장 공간에 저장되도록 하였다. 이와 같은 조작 활동은 학습자가 원자의 양성자 수나 전자 수, 이온 결합 및 공유 결합의 전자 수를 쉽게 셀 수 있어 옥텟 규칙을 이해하는 데 도움을 제공할 것이다.



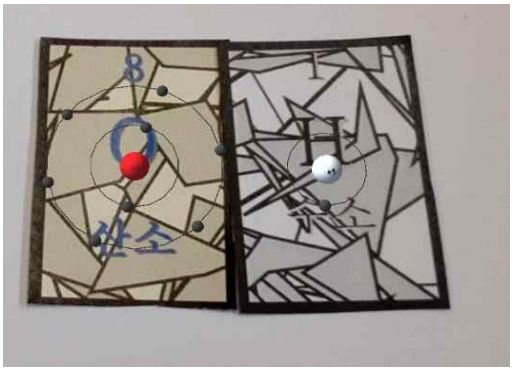
<그림 Ⅰ-13> 플루오린 분자(F_2)의 공유 결합 모형을 확대한 모습

이 연구에서 다양한 탐색 활동이 가능하도록 증강현실 애플리케이션을 구성하였다. 즉 학습자는 여러 가지 원자 마커를 조합하여 다양한 이온 결합 모형이나 공유 결합 모형을 생성하는 탐구 활동을 수행할 수 있다. 학습자는 화학 결합이 만들어지는 원자 마커의 종류와 개수를 정해야 하며, 옥텟 규칙을 만족하도록 중심 및 주변 원자에 대해 마커의 배열까지 고려해야 한다. 특히 원자들이 가까워지면서 화학 결합이 생성되는 것과 같이 학습자는 기기 화면상에 나타난 원자 모형을 관찰하면서 원자 마커들을 손으로 인접시킨다. 이때 화학 결합이 생성되면 해당 화합물이 이온 결합 모형이나 분자의 공유 결합 모형이 가상 객체로 나타난다. 만약 결합이 생성되지 않으면 학습자는 다른 원자 마커를 인접시켜 보거나, 원자 마커들의 배열 순서를 다르게 하는 활동을 수행해야 한다. 이 경우에는 가상 객체를 초기화할 수 있도록 스마트 기기 화면에서 리셋(reset) 버튼을 누를 수 있도록 구성하였다. 위와 같은 탐색 활동은 증강현실과 학습자 사이의 능동적 상호작용을 촉진하며 학습자가 화학 결합의 규칙성을 이해하는 데 도움을 줄 것으로 기대하였다.

조작형 증강현실 애플리케이션을 사용하여 결합 모형의 생성 여부를 확인하는 사례는 다음과 같다. 예를 들어 학습자가 스마트 기기의 화면을 보면서 비금속인 산소(O) 원자 마커 1개와 수소(H) 원자 마커 2개를 H-O-H 순으로 인접시키면 물 분자(H_2O)의 공유 결합 모형을 증강현실로 관찰할 수 있다(그림 Ⅰ-14). 그러나 만일 학습자가 산소(O) 원자 마커 1개와 수소(H) 원자 마커 1개만을 인접시킨다면 옥텟 규칙을 만족하지 않아 결합이 생성되지 않은 채 두 개의 원자 모형이 그대로 있는 모습을 관찰하게 된다(그림Ⅰ-15). 이와 유사하게 중심 원자로 수소(H) 원자 마커를 사용하여 O-H-H 순으로 인접시키면 원자 마커의 배열 순서가 옳지 않아 결합이 생성되지 않고 스마트 기기 화면상에 원자 모형들이 그대로 있게 된다.

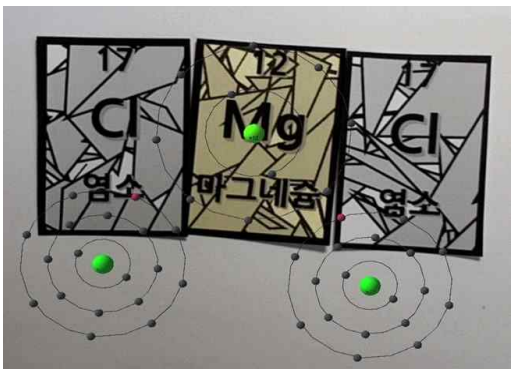


<그림 Ⅰ-14> 물 분자(H_2O)의 공유 결합 모형

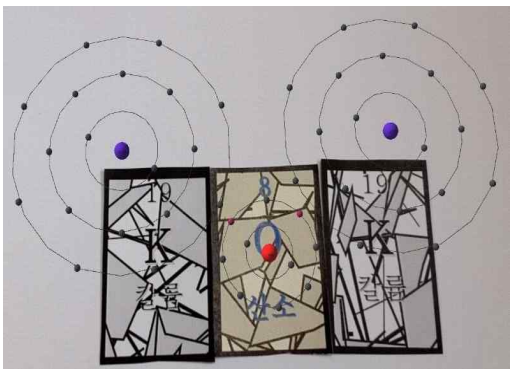


<그림 Ⅰ-15> 산소(O) 원자 마커와 수소(H) 원자 마커를 인접시킨 모습

위와 유사하게 금속 원자 마커와 비금속 원자 마커를 사용하여 다양한 이온 결합 모형을 만들 수 있다. 예를 들면 금속 마그네슘(Mg) 원자 마커와 비금속 염소(Cl) 원자 마커를 사용하여 이온 결합 모형을 만들 때, 전자를 주고받는 이온 결합의 특성을 고려해 마그네슘(Mg) 원자 마커 1개, 염소(Cl) 원자 마커 2개를 사용해야 하며 Cl-Mg-Cl 순으로 원자 마커를 배열해야 염화 마그네슘($MgCl_2$)의 이온 결합 모형이 생성된다(그림 Ⅰ-16). 또한 염화 마그네슘의 모형에서는 양이온인 마그네슘 이온(Mg^{2+})이 중심에 있지만, 산화 칼륨(K_2O)에서는 음이온인 산화(O^{2-}) 이온이 중심에 오도록 K-O-K 순으로 마커를 배열해야 이온 결합 모형을 만들 수 있다(그림 Ⅰ-17).



<그림 Ⅰ-16> 염화 마그네슘($MgCl_2$)의 이온 결합 모형



<그림 Ⅰ-17> 산화 칼륨(K_2O)의 이온 결합 모형

이 연구에서 개발한 조작형 증강현실 애플리케이션에 사용할 수 있는 11종류의 원자 마커와 이를 조합하여 만들 수 있는 이온 결합 및 공유 결합 모형을 <표 Ⅰ-3>에 제시하였다. 대부분의 결합 모형은 고등학교 1학년 통합과학에서 다루고 있으나, 과산화 수소(H_2O_2)와 같이 두 개의 중심 원자를 가진 분자는 프로그래밍이 어렵고 오류를 유발하여 제외하였다. 또한 옥텟 규칙을 만족하지 않는 분자나 옥텟 확장, 오존(O_3)과 같이 공명 구조로 설명할 수 있는 분자는 모두 교육과정의 수준을 뛰어넘기 때문에 제외하였다. 한편, 학생들이 증강현실을 사용하여 <표 Ⅰ-3>에 제시된 모든 결합 모형을 만드는 것은 시간 제약으로 인해 실제 수업에 적용하기 어렵고 지나치게 복잡한 단점이 나타날 수 있다. 이에 과학 교육 전문가와의 세미나를 통해 고등학교 1학년 수준에서 화학 결합의 특징이나 규칙성을 학습하는데 적합한 결합 모형을 선정하였으며, 학생들이 사용할 수 있는 원자 마커의 종류와 개수를 조절하였다.

<표 Ⅰ-3> 원자 마커의 종류와 이를 조합하여 만들 수 있는 결합 모형

원자 마커의 종류 (마커 세트)	이온 결합 모형		공유 결합 모형	
	사용한 마커의 개수		사용한 마커의 개수	
	2개	3개	2개	3개 이상
H, Li, C, N, O, F, Na, Mg, Cl, K, Ca	LiF, NaF, KF, LiCl, NaCl, KCl, MgO, CaO	Li_2O, Na_2O, K_2O, MgF_2, $MgCl_2$, CaF_2, $CaCl_2$, KNaO	H_2, O_2, N_2, F_2, Cl_2, HF, HCl	H_2O, OF_2, CO_2, HCN, NH_3, CH_4

2.4 연구 절차

증강현실을 활용한 소집단 학습을 위한 수업 지도안과 학생용 활동지 등 모든 교수학습 자료를 개발하였다. 이때 교수학습 자료의 수준이나 어휘, 증강현실 애플리케이션 사용 예시 등의 적절성은 과학 교육 전문가 2인과 현직 고등학교 교사 2인으로 구성된 소모임에서 여러 차례 논의를 거쳐 점검하였다. 도구 공유 환경 및 개별 도구 환경에 대해 경력 10년의 과학 교사 1인이 수업을 운영하였다. 처치 교사 워크숍을 통해 증강현실 애플리케이션 사용법과 수업 운영 방법을 소개하였으며, 수업 지도안과 활동지, 원자 마커 세트, 스마트폰을 제공하였다.

이 연구에서 수업 처치는 통합과학의 '물질의 규칙성과 결합' 단원에 대해 연습 수업 1차시와 본 수업 2차시로 구성하였으며, 차시별 수업 및 소집단 활동 내용은 <표 Ⅰ-4>에 제시하였다. 이때 연습 수업의 주제는 원소의 주기성이며, 본 수업의 주제는 이온 결합과 공유 결합이다. 연습 수업에서는 사전 검사로 자기조절 검사를 실시하였다. 이후 학생들이 증강현실에 익숙해지도록 하기 위한 오리엔테이션과 소집단 학습을 하였다. 구체적으로 연습 차시에서는 과학 교사가 학생들에게 증강현실의 개념 및 물리적 마커와 가상 객체의 특징, 애플리케이션 사용법에 대하여 설명한 다음, 원소들의 주기성에 대해 수업하였다. 학생들은 마커인 다양한 원자 카드를 스마트 기기로 비추어 원자 모형을 관찰하고, 원자가 전자 수나 전자 껍질 수와 같은 전자 배치상의 특징을 정리하는 방식으로 소집단 학습을 하였다.

1차시의 수업 처치는 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위해 선행 연구(Chiang, Yang, & Hwang, 2014a; Dunleavy, 2014) 결과를 바탕으로 증강현실에 대해 도전적인 탐색적 경험과 피드백을 교수학습에 포함되게 하였다. 즉, 모둠원들이 원자 카드를 조합해 화학 결합을 만드는 탐색적 활동과 관찰한 가상 객체의 특징을 분석하는 활동을 협력적으로 수행하면서 학생들 사이에 학습 내용에 대한 피드백이 진행되도록 교수학습을 설계하였다. 이온 결합을 주제로 한 1차시에서 학생들은 먼저 나트륨(Na) 원자 마커와 염소(Cl) 원자 마커를 스마트 기기의 카메라로 비추면서 원자 모형을 관찰하고 이들이 안정한 18족 원소의 전자 배치를 가질 수 있는 방법에 대해 토의하였다. 이후 담당 교사는 학습 내용을 정리한 후, 증강현실로 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형을 만드는 방법을 설명하였다.

<표 Ⅰ-4> 차시별 수업 및 소집단 학습 내용

구분	주제	수업 및 소집단 활동 내용	운영	시간(분)
연습	원소의 주기성	• 연구 소개 및 사전 검사 실시		
		• 증강현실 오리엔테이션 - 증강현실의 개념, 마커와 스마트 기기 사용법 소개 - 원자 마커와 스마트 기기 배부 후, 증강현실로 원자 모형 관찰하는 방법 안내	교사	15
		• 알칼리 금속의 화학적 성질이 같은 이유 탐색 - 증강현실로 리튬, 나트륨, 칼륨의 원자 모형 관찰 - 알칼리 금속의 화학적 성질이 같은 이유에 대해 모둠원과 토의하여 활동지에 정리 **• 원자가 전자 수 및 전자 껍질 수의 규칙성 탐색** - 증강현실로 2, 3주기 1, 2, 13~17족 원소의 전자 배치를 관찰하고 몇 가지 원소의 원자 모형 그리기 - 같은 주기, 같은 족에 대해 전자 배치상의 규칙성에 대해 모둠원과 토의하여 정리	소집단 활동	30
		• 활동 내용 정리 및 다음 차시 예고	교사	5
1차시	이온 결합	• 전시 학습 확인 및 수업 소개, 준비	교사	5
		• 금속, 비금속 원소가 18족처럼 안정해지는 방법 탐색 - 증강현실로 금속 및 비금속 원소의 전자 배치와 18족 원소의 전자 배치를 관찰하여 비교 - 금속 및 비금속 원소가 안정해지는 방법에 대해 토의 **• 염화 나트륨(NaCl)의 결합 모형 만들기** - Na 마커 및 Cl 마커를 가까이할 때 스마트 기기상에 나타나는 변화 관찰 - 염화 나트륨의 결합 모형에서 전자 수 등의 특징 토의	소집단 활동	15
		• 활동 내용 정리 및 다음 활동 안내	교사	5
		• 여러 원자 마커들로 다양한 이온 결합 모형의 생성 - K, Mg, O, Cl 마커를 사용하여 생성 가능한 모든 이온 결합 모형(KCl, K_2O, MgO, $MgCl_2$)을 만들기 - 이온 결합 모형이 생성되지 않는 경우, 이유 탐색 - 이온 결합 형성을 전자 배치, 전자 이동과 관련해 토의	소집단 활동	20
		• 활동 내용 정리 및 다음 차시 안내	교사	5

구분	주제	수업 및 소집단 활동 내용	운영	시간(분)
2차시	공유 결합	• 전시 학습 확인 및 수업 소개, 준비	교사	5
		• 비금속 원소들이 18족처럼 안정해지는 방법 탐색 - 증강현실로 염소 분자(Cl_2)의 결합 모형을 만들기 - 분자의 전자 배치에서 전자 수 등에 대해 토의 **• 물 분자(H_2O)의 결합 모형 만들기** - H 마커 1개, O 마커 1개를 사용해 결합을 만들어 보고, 안정한 분자가 만들어지지 않는 이유에 대해 토의 - H 마커 2개, O 마커 1개를 사용해 물 분자(H_2O)의 결합 모형을 만들고 전자 수 등의 특징 토의	소집단 활동	15
		• 활동 내용 정리 및 다음 활동 안내	교사	5
		• 여러 원자 마커들로 다양한 공유 결합 모형의 생성 - O, F 마커를 사용하여 생성 가능한 모든 공유 결합 모형(F_2, O_2, OF_2)을 만들기 - 공유 결합 모형이 생성되지 않는 경우, 이유 탐색 - 공유 결합에서 전자 배치, 결합의 종류에 대해 토의	소집단 활동	20
		• 활동 내용 정리 및 다음 차시, 사후 검사 안내	교사	5

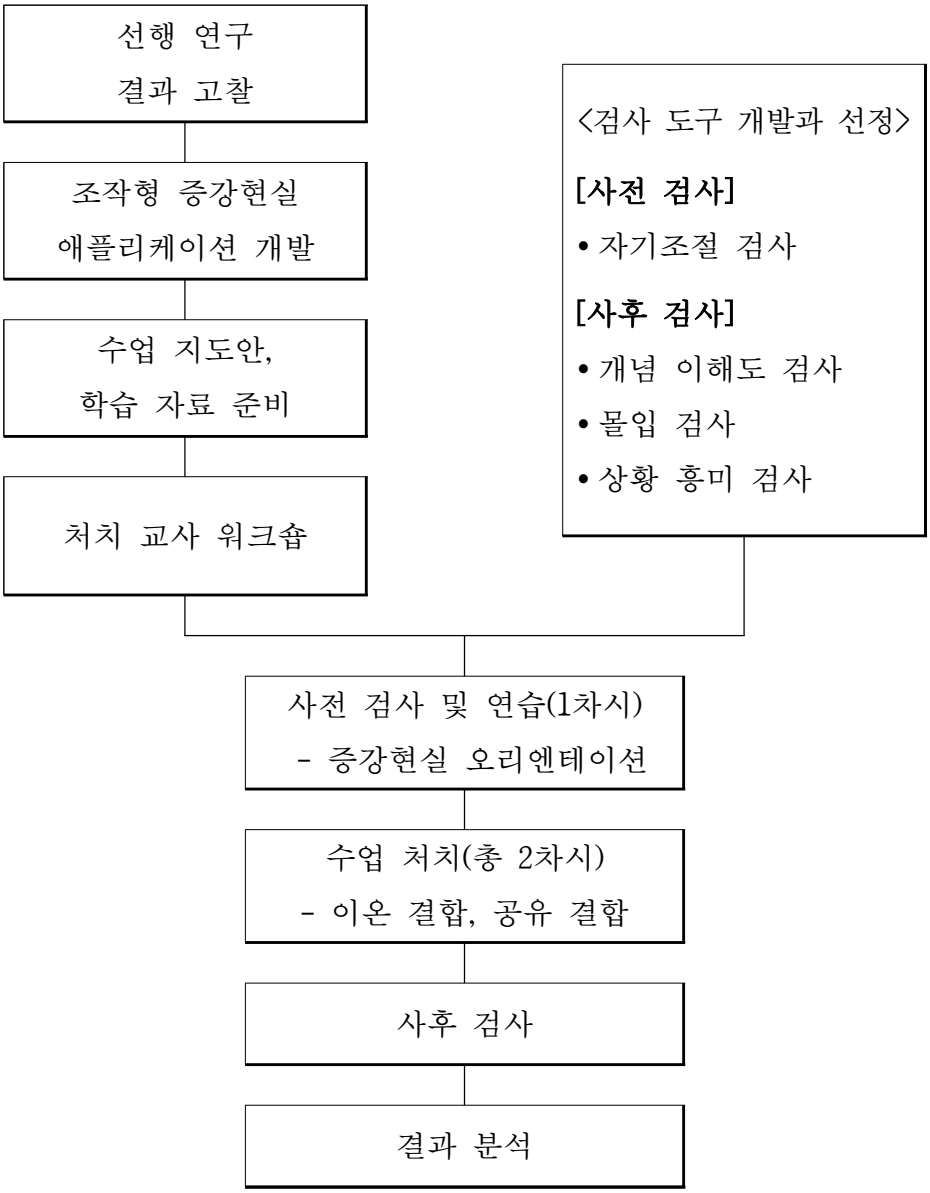
학생들은 교사의 설명에 따라 나트륨(Na) 원자 마커와 염소(Cl) 원자 마커를 인접시키면서 나타나는 가상 객체의 변화를 관찰하고 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형의 특징에 대해 토의하여 활동지에 정리하였다. 이어서 학생들은 산소(O), 마그네슘(Mg), 염소(Cl), 칼륨(K) 원자 마커들을 자유롭게 사용하여 생성 가능한 모든 이온 결합 모형(염화 칼륨(KCl), 산화 칼륨(K_2O), 염화 마그네슘($MgCl_2$), 산화 마그네슘(MgO))을 증강현실로 만들어보는 활동을 하였다. 이때 이온 결합이 생성되는 경우에는 결합 모형을 관찰하면서 전자 배치상의 특징이나 화학식에 대해 토의하였고, 결합이 생성되지 않는다면 그 이유에 관해서도 토의하였다. 이후 교사는 PPT를 사용하여 각 활동의 핵심 내용을 정리하는 강의를 10분 정도 진행하였다.

공유 결합을 주제로 한 2차시에서도 1차시와 유사한 방법으로 소집단 학습을 운영하였다. 학생들은 증강현실을 사용하여 각 원자 카드의 원자 모형을 관찰한 후, 염소 분자(Cl_2)와 물 분자(H_2O)의 공유 결합 모형을 만들며 전자 배치상의 특징

을 토의 및 정리하였다. 또한 모둠원들의 협업을 통해 산소(O), 플루오린(F) 원자 마커를 사용하여 생성 가능한 모든 공유 결합 모형(산소(O_2), 플루오린(F_2), 이플루오린화 산소(OF_2))을 만들며 가장 바깥 껍질의 전자 수, 결합의 종류와 개수 등을 정리하는 방식으로 소집단 학습을 수행하였다. 수업 중에 교사는 증강현실 사용에 어려움을 겪는 학생들에게 도움을 주었으며, 학생들 사이의 상호작용이 촉진되도록 학습 분위기를 조성하였다. 본 차시 수업 활동 직후, 약 20분 동안 화학 결합에 관한 개념 이해도 검사와 몰입, 상황 흥미에 관해 사후 검사를 하였다.

이 연구의 목표는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수가 달라질 때 교수학습 효과의 차이를 비교하는 것이다. 이에 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용하는 도구 공유 환경과 증강현실을 각자 사용하는 개별 도구 환경에서 수업 방법 및 소집단 활동의 주제가 같도록 구성하였다. 다만 소집단 학습에 조작형 증강현실을 활용하는 맥락에서 도구 사용 환경에 따라 모둠의 증강현실 사용 방법이나 소집단 토의가 달라질 것으로 예상하였다. 구체적으로 도구 공유 환경은 증강현실 사용에 있어 협업을 중시하기 때문에 소집단 토의를 바탕으로 증강현실의 조작 및 탐색 활동을 수행할 것으로 예상하였다. 이러한 과정은 증강현실 사용에 있어 시행착오를 줄이고 증강현실로 관찰한 내용도 모둠원 사이에서 효과적으로 공유될 수 있다. 반대로 개별 도구 환경은 증강현실 사용에 있어 개별화를 중시하기 때문에 모둠원들이 각자 증강현실을 사용하면서 조작 및 탐색 활동을 수행하고, 각자 학습한 내용을 바탕으로 모둠원들과 토의할 것으로 예상하였다. 특히 화학 결합에 대한 조작형 증강현실은 학습자와의 상호작용 수준이 높아 증강현실 사용에 어려움이 있는 학생은 학습이 단절되거나 시행착오를 거칠 가능성도 있다. 하지만 개별 도구 환경은 도구 공유 환경보다 개인의 증강현실 사용 기회가 많아지기 때문에 다양한 이온 결합 및 공유 결합 모형을 탐색하는 데 강점이 있을 것으로 예상하였다.

본 연구의 전체적인 절차를 <그림 I-18>로 정리하였다.


선행 연구
결과 고찰
조작형 증강현실
애플리케이션 개발
수업 지도안,
학습 자료 준비
처치 교사 워크숍
<검사 도구 개발과 선정>
[사전 검사]
• 자기조절 검사
[사후 검사]
• 개념 이해도 검사
• 몰입 검사
• 상황 흥미 검사
사전 검사 및 연습(1차시)
- 증강현실 오리엔테이션
수업 처치(총 2차시)
- 이온 결합, 공유 결합
사후 검사
결과 분석

<그림 Ⅰ-18> 연구 절차

2.5 검사 도구

사전 검사로 사용한 학습에 대한 자기조절 검사는 Pintrich 등(1993)이 개발한 MSLQ(Motivated Strategies for Learning Questionnaire) 중 자기조절에 대한 9문항을 번안하였다. 이 검사는 5단계 리커트 척도로 구성되어 있으며, 이 연구에서 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .901이었다.

Tan과 Treagust(1999)가 개발한 CBDI(Chemical Bonding Diagnostic Instrument)와 화학 결합 모형 그리기(Coll & Treagust, 2001; Ünal *et al.*, 2006) 문항을 분석하여 사후 검사에 사용할 개념 이해도 검사지의 초안을 개발하였다. CBDI는 화학 결합, 격자의 구조, 분자간 힘, 흑연의 전기 전도성을 주제로 2단계(two-tier) 객관식 9문항으로 구성되어 있는데, 이 중에서 과학 교육과정과 통합과학 교과 내용에 부합하는 3개 문항만을 선택하여 번안하였다. 또한 이와 별도로 화학 결합을 나타내는 그림은 글로 설명하기 어려운 화학 결합에 대한 내적 이미지(mental image)를 효과적으로 표현할 수 있는 장점이 있으므로(White & Gunstone, 1992), 개념 이해도 검사에 화학 결합 모형 그리기 문항을 포함하였다. 특히 그리기 문항에서는 학생의 이해를 돕기 위한 예시 그림을 넣었으며, 몇 가지 원소들의 원자 모형을 제시한 후 학생들이 해당 원소를 사용하여 생성 가능한 이온 결합 및 공유 결합을 그림으로 나타내도록 하였다.

이 연구에서 개발한 개념 이해도 검사지 초안의 난도와 타당도, 어휘의 적절성 등을 종합적으로 점검하기 위해 연구 참여 학교가 아닌 고등학교 1학년 학생 38명(남: 25명, 여: 13명)을 대상으로 예비 검사를 수행하였다. 학생들은 수업을 통해 이온 결합과 공유 결합을 배운 상태였으며, 예비 검사에는 약 10분 정도의 시간이 소요되었다. 예비 검사 결과, 물질의 분류 개념이 포함된 객관식 문항은 정답률이 5.2%로 매우 낮았으며, 공유 결합 그리기 문항의 정답률도 약 30% 정도로 낮은 편이었다. 이에 난이도를 조절하기 위해 물질의 분류에 관한 객관식 1문항은 개념 이해도 검사에서 배제하였고, 그리기 문항은 주어진 원소로 만들 수 있는 특정 화합물의 결합 모형을 그리도록 수정하였다. 예를 들어 질소(N)에 해당하는 임의 원소 X와 수소(H) 원자에 해당하는 임의 원소 Y로 만들 수 있는 X_2와 XY_3 분자의 공유 결합 모형을 그리도록 하였다. 최종적으로 이 연구에 사용한 개념 이해도 검사는

화학 결합에 대한 2단계 객관식 2문항, 화학 결합 모형 그리기 2문항의 총 4문항으로 구성하였다. 개념 이해도 검사지를 수정 및 보완하는 과정에서 과학 교육 전문가 2인, 중등 과학 교사 3인, 과학 교육 전공 대학원생이 참여한 여러 차례의 세미나를 통해 내용 타당도를 검증하였고, 이 연구에 사용한 개념 이해도 검사지의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .874이었다.

증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행한 학생들의 몰입감 및 상황 흥미를 측정하기 위해 검사지를 번안하였다. 사후 검사로 사용한 몰입 검사는 Jackson과 Marsh(1996)의 Flow State Scale 36문항 중에서 증강현실의 특성과 몰입의 구인별 핵심 개념을 명확히 포함하는 18문항으로 재구성하고 타당화 과정을 거친 서희전(2008)의 검사지를 사용하였다(표 Ⅰ-5). 이 검사지의 몰입은 선행(antecedents), 경험(experiences), 효과(effects)의 세 가지 하위 요소로 구분된다. 선행 요소는 학생의 몰입 상태를 유발하는 과제나 수업에 대한 인식을 나타내고, 경험 요소는 몰입 상태에 있을 때 경험하는 것에 대한 인식을 의미하며, 효과 요소는 몰입 후 느끼는 내재적 보상에 대한 인식으로 정의할 수 있다. 이 연구에서 사용한 몰입 검사지의 전체 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .913이었고, 선행 및 경험, 효과의 하위 요소별 신뢰도 계수는 각각 .906, .721, .721이었다.

<표 Ⅰ-5> 몰입 검사의 하위 요소와 신뢰도

몰입		문항 수	Cronbach's α
선행	분명한 목표 분명한 피드백 도전과 능력의 일치	6	.906
경험	행동과 인식의 통합 과제에 대한 집중 학습통제감	6	.721
효과	자의식 상실 왜곡된 시간 감각 자기만족적 경험	6	.721
계		18	.913

상황 흥미 검사는 Chen과 Darst, Pangrazi(2001)의 Situational Interest Scales 24문항을 번안하여 사용하였다(표 Ⅰ-6). 상황 흥미는 증강현실의 활용과 같은 특수한 상황에 의해 유발되는 흥미를 의미하므로, 제시한 상황을 '증강현실을 활용한 소집단 학습'으로 정의한 후 검사지의 지문을 '나는 증강현실을 활용한 소집단 학습이 흥미로웠다.'와 같이 증강현실의 상황에 맞게 수정하였다(강훈식, 김민경, 노태희, 2007). 선행 연구(Chen, Darst, & Pangrazi, 2001)에서는 상황 흥미의 하위 요소를 탐구 의도(exploration intention), 순간적 즐거움(instant enjoyment), 새로움(novelty), 주의집중 요구(attention demand), 도전(challenge), 전체 흥미(total interest)의 여섯 가지로 구분하였다. 이때 전체 흥미를 제외한 다섯 가지 요소는 제시된 상황에 의해 상황 흥미를 유발한다(Schraw & Lehman, 2001). 증강현실의 맥락에서 각 하위 요소의 정의를 요약하면, 탐구 의도는 학생들이 증강현실의 활용 방법 또는 원리를 탐색하려는 마음, 순간적 즐거움은 증강현실에 의하여 유발된 즐거움의 정도, 새로움은 학생 개인에게 증강현실이 새롭게 느껴지는 정도, 주의집중 요구는 학생이 증강현실에 주의를 집중하는 정도, 도전은 학생이 증강현실에 대하여 느낀 어려움의 정도를 의미한다. 이 연구에 사용한 상황 흥미 검사지의 전체 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .928이었고, 탐구 의도, 순간적 즐거움, 새로움, 주의집중 요구, 도전, 전체 흥미의 하위 요소별 신뢰도 계수는 각각 .903, .929, .774, .728, .666, .925이었다. 몰입과 상황 흥미 검사는 모두 5단계 리커트 척도로 5점 만점으로 구성되며, 과학 교육 전문가 1인으로부터 번역의 적절성을 점검받았다.

<표 Ⅰ-6> 상황 흥미 검사의 하위 요소와 신뢰도

상황 흥미	문항 수	Cronbach's α
탐구 의도	4	.903
순간적 즐거움	4	.929
새로움	4	.774
주의집중 요구	4	.728
도전	4	.666
전체 흥미	4	.925
계	24	.928

2.6 분석 방법

개념 이해도 검사에서 화학 결합 그리기 문항을 채점하기 위해 무작위로 10부의 검사지를 추출한 후, 구조 및 배열, 전자 배치, 전자 이동 또는 전자 공유의 세 가지 하위 요소를 중심으로 초기 분석틀을 구성하였다. 초기 분석틀을 바탕으로 2인의 연구자가 무작위로 추출한 20부의 개념 이해도 검사지를 각자 채점하여 결과를 비교하였고, 채점 결과가 일치하지 않으면 논의를 통해 분석틀을 수정 및 보완하였다. 분석자 간 일치도가 .92에 도달한 후, 연구자 1인이 개념 이해도 검사 중 화학 결합 그리기 문항에 대한 학생 응답을 모두 분석하였다. 최종 분석틀에서 구조 및 배열 요소는 양이온과 음이온의 종류와 개수, 분자를 구성하는 원자의 개수, 이온들의 배열 순서와 분자를 이루는 원자들의 연결을 평가하였다. 또한 전자 배치 요소는 이온 결합 화합물과 분자에 대해 옥텟 규칙의 만족 여부와 내부 전자 껍질의 전자 수를 평가하였다. 마지막으로 전자 이동 또는 전자 공유 요소는 화학 결합의 종류에 따라 구분하여 채점하였는데, 이온 결합 화합물은 금속 원자에서 비금속 원자로의 전자 이동, 이온의 전하, 전기적 중성 원리의 만족 여부를 평가하였고 분자는 전자 껍질의 겹침과 공유 또는 비공유 전자쌍 수를 각각 평가하였다.

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 대해 교수학습 효과를 비교하고, 도구 사용 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위하여 2×2 요인 방안에 의한 이원 변량 분석(two-way ANOVA)을 하였다. 변량 분석을 위한 기본 가정을 고려하기 위해 각 변인에 대해 정상성과 동변량성을 점검하였다. 증강현실의 도구 사용 환경을 독립 변인, 자기조절 수준을 구획 변인으로 하고 학생들의 개념 이해, 몰입, 상황 흥미를 종속 변인으로 사용하였다. 이때 몰입과 상황 흥미는 각각의 하위 요소에 대해서도 위와 같은 방법으로 이원 변량 분석을 하였다. 연구 결과에 대한 통계 분석과 검증에는 SPSS statistics 25 프로그램을 사용하였다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1 통계 분석을 위한 기본 가정 검토

변량 분석을 위한 기본 가정으로는 정규성 가정, 동변량성 가정이 있다. 먼저 정규성 가정의 경우, 집단의 크기가 30 이상인 경우에는 중심극한정리에 의하여 정규성 가정을 만족하며 모집단에서 각 변인이 정규 분포를 이룬다. 동변량성은 등분산성이라고도 하며 변량 분석에서 동변량성은 각 변인에 대해 모집단에서 변량이 동일한 것을 의미한다(성태제, 2019). 또한 변량 분석은 집단의 크기가 12 이상이라면 표본의 점수 분포가 정규 분포가 아니더라도 큰 영향을 받지 않으며(Clinch & Keselman, 1982; Tan, 1982), 정규성 가정의 파기에 대해서도 상당히 견고한 특징이 있다(Ferguson & Takane, 1989). 이 연구에서 도구 공유 환경과 개별 도구 환경은 집단의 크기가 모두 30 이상으로 정규성 가정을 충족한 것으로 볼 수 있다. 두 집단의 동변량성을 확인하기 위하여 Levene의 검정을 실시하였으며, 그 결과는 <표 Ⅰ-7>과 같다. 검정 결과 모든 종속 변인의 총점 및 하위 점수에서 동변량성 가정을 만족하였다.

<표 Ⅰ-7> 변량 분석을 위한 사후 검사 점수들의 동변량성 검정 결과

영 역	Levene 통계량	p
개념 이해도	$F = 1.723$	.194
몰입	$F = 1.183$	.281
선행	$F = 1.051$	.309
경험	$F = .000$	.982
효과	$F = .000$	.990
상황 흥미	$F = .598$	.442
탐구 의도	$F = .022$	.882
순간적 즐거움	$F = .498$	.483
새로움	$F = .600$	.442

영 역	Levene 통계량	p
주의집중 요구	F = .701	.406
도전	F = .014	.907
전체 흥미	F = .508	.479

3.2 개념 이해에 미치는 영향

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 개념 이해도 검사의 평균과 표준 편차를 <표 Ⅰ-8>에, 이원 변량 분석 결과를 <표 Ⅰ-9>에 제시하였다. 개별 도구 환경(61.13)이 도구 공유 환경(42.21)보다 평균 점수가 높았으며, 이원 변량 분석 결과, 이 차이는 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다(p =.018). 도구 사용 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과는 유의미하지 않았다. 또한 개념 이해 측면에서 개별 도구 환경의 효과 크기는 .58이었다. 이는 자기조절 수준과 무관하게 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 개념 이해에 효과적이었음을 의미한다. 따라서 모둠원들이 개별적으로 증강현실을 사용하여 소집단 학습에 참여한 환경이 증강현실을 공동으로 사용하는 환경에 비해 화학 개념 학습에 효과적이라고 할 수 있다.

<표 Ⅰ-8> 자기조절 수준에 따른 개념 이해도 검사 점수의 평균과 표준 편차

자기조절 수준	평균 (표준 편차)	
	도구 공유 환경	개별 도구 환경
상위	63.67 (33.75)	72.46 (24.37)
하위	25.26 (25.16)	52.47 (32.33)
계	42.21 (34.69)	61.13 (30.40)

<표 Ⅰ-9> 개념 이해도 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
도구 사용 환경	5082.11	1	5082.11	5.96	.018*
자기조절 수준	13369.86	1	13369.86	15.67	.000***
상호작용	1329.27	1	1329.27	1.56	.217

*$p < .05$, ***$p < .001$

이 결과는 소집단 학습에서 스마트 기기당 학생 수의 영향을 조사한 선행 연구의 결과와는 다른 양상을 보여준다(Wang, Ma, & Wu, 2020; Wang & Yu, 2021). 예를 들어, Wang과 Yu(2021)의 연구에서는 마찰 전기에 대한 시뮬레이션이 탑재된 스마트 기기를 모둠별로 1개 제공한 환경은 모든 모둠원에게 스마트 기기를 제공한 환경보다 학습 효과가 높았다. 그 이유는 모둠원들이 스마트 기기를 함께 사용하는 경우, 비록 개인의 기기 사용 기회가 낮아지나 의사소통이 활발해져 모둠원들 사이의 상호작용이 소집단 학습에 큰 영향을 주었기 때문이다(Wang & Yu, 2021).

그러나 단순히 화면상의 가상 객체를 관찰하는 선행 연구와는 달리, 이 연구에서는 학생들은 원자 마커의 종류나 개수를 변화시켜 다양한 결합 모형을 관찰하는 탐색 활동과 화면상의 가상 객체를 확대하는 등의 조작 활동을 수행할 수 있다. 이러한 점을 고려하면 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 학생 개인의 증강현실 사용 기회가 목표 개념을 학습하는 데 큰 영향을 줄 수 있다. 이때 개별 도구 환경은 모든 모둠원이 직접 탐색 및 조작 활동을 수행할 수 있지만, 도구 공유 환경은 증강현실을 협력적으로 활용해야 하므로 모둠원과의 갈등이나 특정 학생이 증강현실 사용의 주도권을 가지는 문제가 발생할 수 있다(Baran *et al.*, 2019). 즉 개별 도구 환경에서는 학생들이 자신의 수준과 요구에 맞게 증강현실을 주도적으로 사용하면서 소집단 토의에 참여할 수 있지만, 도구 공유 환경의 경우 개인의 역할에 따라 다른 학생이 만든 가상 객체를 관찰하는 등의 수동적인 학습이 이루어졌을 가능성이 있다.

3.3 몰입에 미치는 영향

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 몰입감에 대한 평균과 표준 편차를 <표 Ⅰ-10>에 제시하였다. 이에 대한 이원 변량 분석 결과(표 Ⅰ-11), 도구 사용 환경에 따라 학생이 느끼는 몰입감에 유의미한 차이가 있었다(p =.000). 도구 사용 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과는 유의미하지 않았다. 즉, 자기조절 수준에 상관없이 개별 도구 환경에서 학습한 학생들이 도구 공유 환경에서 학습한 학생들에 비해 증강현실을 활용한 소집단 학습에 더욱 몰입한 것으로 볼 수 있다.

<표 Ⅰ-10> 자기조절 수준에 따른 몰입 검사 점수의 평균과 표준 편차

자기조절 수준	평균 (표준 편차)	
	도구 공유 환경	개별 도구 환경
상위	3.43 (.44)	3.98 (.44)
하위	3.17 (.53)	3.59 (.57)
계	3.29 (.50)	3.76 (.55)

<표 Ⅰ-11> 몰입 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
도구 사용 환경	3.68	1	3.68	14.45	.000***
자기조절 수준	1.70	1	1.70	6.68	.012*
상호작용	.067	1	.067	.264	.609

*p < .05, ***p < .001

소집단 학습에 스마트 기기를 사용한 선행 연구에서는 모둠원들이 각자 스마트 기기를 사용하여 가상 객체를 관찰하는 환경과 모둠원들이 기기를 함께 사용하는 환경은 몰입감에 대해 유의미한 차이가 나타나지 않았다(Wang, Ma, & Wu, 2020). 단순히 화면상의 학습 내용을 관찰하는 선행 연구의 맥락과는 다르게, 증강현실에

서의 몰입은 가상 객체를 관찰하는 감각적 경험뿐만 아니라 인터페이스상의 조작이나 탐색 가능성 등에 기인하는 것으로 알려져 있다(Georgiou & Kyza, 2017). 이를 고려하면, 도구 공유 환경의 학생들은 주로 화학 결합 모형을 관찰하는 과정과 동료들과의 상호작용을 통하여 몰입감을 느낄 수 있으나, 개별 도구 환경의 학생들은 이러한 상호작용뿐 아니라 증강현실을 조작 및 탐색하는 경험을 통하여 몰입감을 느낄 수 있다. 이때 개별 도구 환경의 학생들이 더욱 높은 몰입감을 느낀 것으로 나타난 결과는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 조작 및 탐색 활동이 학생들의 몰입에 더욱 큰 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

도구 사용 환경에 따른 몰입감의 차이와 이러한 차이의 원인을 더욱 구체적으로 살펴보기 위해 몰입의 하위 요소별 평균과 표준 편차를 <표 Ⅰ-12>에 제시하였다. 이원 변량 분석 결과(표Ⅰ-13), 몰입의 선행, 경험, 효과의 세 가지 요소에서 개별 도구 환경의 평균 점수가 도구 공유 환경의 평균 점수보다 높았고, 자기조절 수준과 무관하게 세 가지 하위 요소에 대해 도구 사용 환경에 따른 차이는 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 그러나 몰입의 하위 요소에서 도구 사용 환경과 자기조절 수준과의 상호작용 효과는 모두 통계적으로 유의미하지 않았다.

<표 Ⅰ-12> 자기조절 수준에 따른 몰입의 하위 요소별 점수의 평균과 표준 편차

하위 요소 / 자기조절 수준	평균 (표준 편차)	
	도구 공유 환경	개별 도구 환경
선행	3.27 (.63)	3.77 (.72)
상위	3.47 (.59)	4.09 (.59)
하위	3.11 (.63)	3.53 (.72)
경험	3.41 (.49)	3.80 (.51)
상위	3.49 (.46)	3.94 (.47)
하위	3.35 (.52)	3.70 (.53)
효과	3.18 (.63)	3.71 (.54)
상위	3.34 (.46)	3.92 (.38)
하위	3.04 (.72)	3.54 (.59)

<표 Ⅰ-13> 몰입의 하위 요소별 점수에 대한 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
선행					
도구 사용 환경	4.23	1	4.23	10.28	.002**
자기조절 수준	3.27	1	3.27	7.95	.007**
상호작용	.17	1	.17	.41	.524
경험					
도구 사용 환경	2.46	1	2.46	9.84	.003**
자기조절 수준	.56	1	.56	2.24	.140
상호작용	.04	1	.04	.16	.688
효과					
도구 사용 환경	4.52	1	4.52	13.78	.000***
자기조절 수준	1.84	1	1.84	5.60	.021*
상호작용	.03	1	.03	.08	.774

*$p<.05$, **$p<.01$, ***$p<.001$

위 결과에 따르면 몰입의 세 가지 하위 요소에 대해 공통적으로 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 긍정적인 영향을 주는 것으로 판단된다. 몰입에 도달하기 위한 선행 요소는 과제에 대한 즉각적인 피드백 제공 및 도전할 과제의 수준이 학습자의 능력과 일치하는 것과 관련된다(Konradt & Sulz, 2001). 학생들이 마커와 스마트 기기를 각자 사용하는 개별 도구 환경에서는 학생들이 자신의 요구와 수준에 맞게 증강현실로 화학 결합 모형을 만들 수 있으며, 원자 마커들을 잘못 조작하여 원하는 결합 모형을 만들지 못하더라도 즉각적인 교정과 모둠원들 사이의 피드백이 활발하게 이루어진 것으로 해석할 수 있다. 몰입의 경험 요소는 과제에 대한 집중이나 학습 통제감과 관련되며, 몰입에 도달한 결과로 인한 효과 요소는 시간이 빠르게 흘러가는 것과 같은 시간 왜곡, 자신의 행동에 대한 자기 만족적 즐거움과 관련된다(Csikszentmihalyi, 1997; Konradt & Sulz, 2001). 이와 관련해서도 개별 도구

환경은 자신의 현재 상태에 따라 학습 과정을 조절하며 활동에 집중할 수 있기 때문에 학습자가 더 깊은 몰입 상태에 도달한 것으로 해석할 수 있다.

3.4 상황 흥미에 미치는 영향

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 상황 흥미에 대한 평균과 표준 편차를 <표 Ⅰ-14>에 제시하였고, 이에 대한 이원 변량 분석 결과를 <표 Ⅰ-15>에 제시하였다. 분석 결과, 개별 도구 환경의 상황 흥미에 대한 평균 점수는 3.72로 도구 공유 환경의 점수 3.19보다 높았다. 그리고 이 차이는 통계적으로 유의미하였으며(p =.000), 자기조절 수준과의 상호작용 효과는 유의미하지 않았다. 즉, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개별 도구 환경의 학생들은 도구 공유 환경의 학생들보다 상황 흥미가 높았고, 이는 자기조절 수준과 무관하였다.

<표 Ⅰ-14> 자기조절 수준에 따른 상황 흥미 검사 점수의 평균과 표준 편차

자기조절 수준	평균 (표준 편차)	
	도구 공유 환경	개별 도구 환경
상위	3.38 (.49)	3.92 (.47)
하위	3.04 (.57)	3.57 (.54)
계	3.19 (.56)	3.72 (.53)

<표 Ⅰ-15> 상황 흥미 검사 점수에 대한 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
도구 사용 환경	4.48	1	4.48	16.26	.000***
자기조절 수준	1.80	1	1.80	6.53	.013*
상호작용	.000	1	.00	.001	.972

*p < .05, ***p < .001

개별 도구 환경의 학생들은 도구 공유 환경의 학생들보다 증강현실을 조작하고 가상 객체에 관찰하는 기회가 많이 제공되었다. 따라서 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생이 더 높은 상황 흥미를 느끼도록 하기 위해서는 학생들이 증강현실을 조작 및 탐색하는 실제적 경험을 높이는 학습 환경을 제공해야 할 것이다. 또한 이상의 결과는 증강현실을 이용한 과학 수업에서 학생들이 느끼는 흥미가 증강현실이 제공하는 다감각적 참여나 가상 객체에 대한 체험 활동 등에 주로 기인한다는 선행 연구(Zimmerman, Land, & Jung, 2016)의 결과와 부합한다.

도구 사용 환경에 따른 상황 흥미의 하위 요소별 평균과 표준 편차를 <표 Ⅰ-16>에 제시하였다. 총 여섯 가지의 하위 요소 중에서 도전 요소를 제외한 탐구 의도, 순간적 즐거움, 새로움, 주의집중 요구, 전체 흥미의 다섯 가지 하위 요소에서 개별 도구 환경의 평균 점수가 도구 공유 환경의 평균 점수보다 높았다. 하위 요소별 이원 변량 분석 결과(표 Ⅰ-17), 도전 요소를 제외한 나머지 요소들에서 그 차이가 통계적으로 유의미하였다($p < .05$). 하지만 도전 요소의 경우 도구 공유 환경의 평균 점수가 개별 도구 환경의 평균 점수보다 높았으나, 이러한 차이는 통계적으로 유의미하지는 않았다. 또한 상황 흥미의 하위 요소에서 도구 사용 환경과 자기조절 수준과의 상호작용 효과는 모두 통계적으로 유의미하지 않았다. 즉, 상황 흥미의 도전 요소를 제외한 나머지 다섯 가지 요소에서 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 학생들의 상황 흥미에 긍정적인 영향을 주었다.

<표 Ⅰ-16> 자기조절 수준에 따른 상황 흥미의 하위 요소별 점수의 평균과 표준 편차

하위 요소 / 자기조절 수준	평균 (표준 편차) 도구 공유 환경	개별 도구 환경
탐구 의도	2.99 (.88)	3.73 (.74)
상위	3.55 (.69)	4.06 (.58)
하위	2.55 (.78)	3.49 (.77)
순간적 즐거움	3.28 (.84)	4.06 (.68)
상위	3.53 (.71)	4.31 (.60)
하위	3.08 (.91)	3.87 (.70)
새로움	3.44 (.72)	3.94 (.74)
상위	3.45 (.70)	4.27 (.67)
하위	3.43 (.76)	3.69 (.70)
주의집중 요구	3.32 (.69)	3.84 (.54)
상위	3.58 (.48)	3.94 (.51)
하위	3.11 (.76)	3.76 (.56)
도전	2.76 (.79)	2.69 (.75)
상위	2.53 (.75)	2.71 (.53)
하위	2.93 (.79)	2.67 (.99)
전체 흥미	3.36 (.84)	4.07 (.68)
상위	3.62 (.79)	4.25 (.60)
하위	3.16 (.83)	3.93 (.73)

<표 Ⅰ-17> 상황 흥미의 하위 요소별 점수에 대한 이원 변량 분석 결과

변량원	자승화	자유도	평균자승화	F	p
탐구 의도					
도구 사용 환경	8.13	1	8.13	15.72	.000***
자기조절 수준	9.66	1	9.66	18.67	.000***
상호작용	0.71	1	0.71	1.37	.247
순간적 즐거움					
도구 사용 환경	9.58	1	9.58	17.02	.000***
자기조절 수준	3.14	1	3.14	5.57	.022*
상호작용	.00	1	.00	.00	.970
새로움					
도구 사용 환경	4.54	1	4.54	8.97	.004**
자기조절 수준	1.38	1	1.38	2.73	.104
상호작용	1.24	1	1.24	2.45	.123
주의집중 요구					
도구 사용 환경	4.07	1	4.07	11.24	.001***
자기조절 수준	1.69	1	1.69	4.66	.035*
상호작용	.35	1	.35	.98	.326
도전					
도구 사용 환경	.03	1	.03	.05	.821
자기조절 수준	.74	1	.74	1.24	.270
상호작용	.53	1	.53	.89	.348
전체 흥미					
도구 사용 환경	7.71	1	7.71	13.61	.000***
자기조절 수준	2.40	1	2.40	4.24	.044*
상호작용	.07	1	.07	.13	.723

*$p<.05$, **$p<.01$, ***$p<.001$

증강현실은 학습 내용을 3차원 그래픽 형태뿐만 아니라 학습자와 상호작용 할 수 있는 쌍방향(interactive) 형태로 제시할 수 있다. 이는 학생들이 흥미와 동기를 느끼게 하는 요소로 작용하며, 전통적인 글이나 그림보다 학습 내용을 심층적으로 이해하는 데 도움을 준다(Radu, 2014). 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기 수와 같은 도구 사용 환경의 변화는 탐구 의도 및 즐거움, 새로움, 주의집중 요구, 흥미 요소에 영향을 주었고, 이러한 하위 요소의 변화로 인해 전체 상황 흥미에서 차이가 유발되었다. 따라서 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 마커나 스마트 기기를 모든 학생에게 제공하는 방향이 학생들의 주의집중을 증대시켜 증강현실의 가상 객체를 탐색하려는 마음을 가지게 하였으며, 최종적으로 즐거움과 전체 흥미를 높이는 데 효과적이었다. 하지만 도전 요소에서는 도구 사용 환경에 따른 상황 흥미의 차이가 없었으며 다른 요소에 비해 평균 점수도 낮은 편이었다. 도전 요소는 증강현실에 대하여 느낀 어려움의 정도를 의미하는데, 이는 학습자가 조작형 증강현실을 사용하는 과정에서 시행착오를 겪거나 인지 부담을 느끼는 등의 부정적인 영향에 비롯된 것으로 볼 수 있다(Akçayir & Akçayir, 2017). 따라서 학생들의 상황 흥미를 더욱 촉진하기 위해서는 교사가 학생들이 어려움을 느끼지 않는지 확인하고, 필요한 경우 적절한 도움을 제공해야 할 것이다.

4. 요약 및 제언

조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커나 스마트 기기 등의 매체 사용은 교수학습 효과에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 연구 Ⅰ에서는 고등학교 1학년을 대상으로 마커와 스마트 기기를 모둠원들이 공동으로 사용하는 환경과 개별로 사용하는 환경을 구성한 후, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습을 운영하였다. 이후에 도구 사용 환경에 따른 교수학습 효과를 개념 이해도 및 몰입, 상황 흥미 측면에서 정량적으로 분석하였다. 학생들의 자기조절 수준을 구획 변인으로 하여 자기조절 수준과 도구 사용 환경의 상호작용 효과 또한 분석하였다.

연구 결과, 개념 이해 측면에서는 모둠원들이 증강현실을 개별적으로 사용하면서 소집단 학습에 참여한 개별 도구 환경이 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용하는 도구 공유 환경보다 개념 이해에 효과적이었다. 몰입 측면에서도 개별 도구

환경의 학생들은 도구 공유 환경의 학생들보다 소집단 학습에 더욱 몰입하였다. 이러한 차이는 학생들의 자기조절 수준과 무관하였으며 몰입의 하위 영역인 선행, 과정, 효과 요소 전반에 걸쳐 나타났다. 상황 흥미 측면에서는 자기조절 수준과 상관없이 개별 도구 환경의 학생들이 도구 공유 환경의 학생들보다 높은 상황 흥미를 느꼈다. 하위 요소 분석 결과, 도전 요소를 제외한 나머지 모든 요소에서 개별 도구 환경에 속한 학생들의 상황 흥미가 높았다. 이상의 결과를 요약하면, 다양한 조작 및 탐색 활동이 가능한 증강현실을 활용하여 소집단 학습을 수행할 때, 개별 도구 환경은 도구 공유 환경보다 개념 이해와 몰입, 상황 흥미 촉진에 효과적이었다고 할 수 있다.

그동안 증강현실의 교수학습 효과는 증강현실을 구현하는 데 필요한 마커나 스마트 기기 개수와 같은 외적 학습 환경이 영향을 줄 수 있다는 주장(Dalim *et al.*, 2017)이 제기되어 왔으나, 이를 실증적으로 조사하거나 비교한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 각 소집단에 제공된 마커나 스마트 기기 수 차이에 따라 교수학습 효과가 다르게 나타난 이 연구의 결과는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습을 계획 및 실행할 때 도구 사용 환경의 중요성을 밝혔다는 점에서 그 의미가 있다. 이때 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미의 측면에서 더 효과적인 것으로 나타난 결과는 조작형 증강현실을 주도적으로 사용한 경험이 소집단 학습 효과에 크게 영향을 주는 것을 의미한다. 이상의 결과를 종합적으로 고려하면, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 모둠 내 학생들이 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 참여 기회를 확대하는 것이 바람직한 방향이라고 판단할 수 있다.

이 연구의 결과를 바탕으로 증강현실을 활용한 소집단 학습의 교육적 효과를 높이기 위한 시사점을 다음과 같이 제안하였다. 우선 증강현실 활용 수업을 계획하는 교사는 소집단 학습을 운영할 때 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기의 개수에 따라 교수학습 효과가 달라질 수 있음을 인식해야 한다. 특히 조작형 증강현실을 모둠원들이 공동으로 사용할 때는 가능한 학습자 개인이 직접 증강현실을 다루며 학습에 대한 자기 주도성을 높일 수 있는 방향으로 학습 환경을 구성할 필요가 있다. 하지만 학생들이 증강현실을 사용하여 단순히 가상 객체를 관찰하는 수준에 머무른 경우, 이 과정에서 발생할 수 있는 오개념이나 어려움 등에 관하여 도움을

받기 어려울 수 있다. 이때 교사가 모둠원들이 협업하여 수행하는 도전적 과제를 함께 제공하거나, 증강현실을 사용한 이후 학생들이 각자 관찰한 가상 객체나 목표 개념 등에 대하여 토의하는 활동을 도입한다면 더욱 효과적일 것이다.

이 연구는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수와 같은 도구 사용 환경별 교수학습 효과의 차이를 비교하는 데 초점을 두었다. 이 과정에서 전통 수업을 수행하는 통제반을 설정하지 않았는데, 그 이유는 많은 선행 연구를 통해 도구 공유 환경 및 개별 도구 환경은 전통적 소집단 학습보다 효과가 높다는 결과가 적지 않게 보고되었기 때문이다(Li *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2021; Phon, Ali, & Halim, 2014). 다만 이 연구에서 성취도 검사 등의 사전 검사를 통해 두 가지 도구 사용 환경에서 집단 간 동질성을 확인하지 못했기 때문에, 도구 사용 환경별 교수학습 효과를 심층적으로 비교 및 분석하는 정성 연구가 병행되어야 할 것이다. 특히 이 연구에서는 두 가지 도구 사용 환경에 따른 교수학습의 효과를 정량적으로 분석하였으므로, 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에서 나타나는 학생들의 역할이나 상호작용의 특징은 연구자가 예상한 것과 다르게 나타날 수 있다. 이러한 점을 고려할 때, 추가적인 정성 연구를 통해 소집단 학습 과정을 분석하고 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 효과적인 이유를 탐색할 필요가 있다.

이와 더불어 증강현실 활용한 소집단 학습의 환경에는 모둠원 수나 증강현실 종류 등의 다양한 요소들이 포함되지만, 이 연구에서는 이를 통제 변인으로 둠으로써 이러한 외적 학습 환경 요소들의 효과는 분석하지 않았다. 현재 증강현실을 활용한 소집단 학습에 관한 연구는 아직 초기 단계로 교수학습의 효과를 확인하는 정량 연구의 비중이 높은 편이다. 앞으로 질적 측면에서 증강현실의 교수학습 효과를 분석하기 위해 언어적 상호작용과 같은 소집단 토의에 중점을 둔 정성 연구가 충분히 이루어져야 할 것이다.

제 4 장. 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 도구 사용 환경에 따른 담화 비교 (연구 Ⅱ)

1. 서 론

정보통신기술의 발달에 따라 증강현실(AR), 가상현실(VR) 등 새로운 기술을 교육에 적용하려는 변화가 빠르게 확산되고 있다. 이 중 증강현실은 실제로 존재하는 환경 위에 컴퓨터 그래픽으로 구현한 가상 객체를 삽입하여 학습자에게 실감형 영상을 제공하는 기술로(Azuma, 1997), 실제 환경과 관련된 정보를 화면상에서 자유롭게 표현할 수 있다는 장점이 있다. 학생들은 증강현실을 사용하면서 학습 내용에 관한 맥락을 이해할 수 있으며, 복잡한 현상을 가상 객체로 탐색하면서 능동적 학습을 수행할 수 있다(계보경, 김영수, 2008). 특히 과학 교육 분야에서는 직접 관찰하거나 텍스트로 설명하기 어려운 개념을 다루는 경우가 많은데, 증강현실의 활용은 이러한 개념을 시각화할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들어 증강현실은 자기력선, 체내 기관의 구조, 행성의 위치와 같이 눈에 보이지 않는 추상적인 개념을 실제 환경과 연결하여 제시할 수 있다(Ibáñez *et al.*, 2014). 이러한 장점을 바탕으로 디지털교과서에 증강현실을 포함한 학습 자료를 제공하거나 증강현실을 활용한 과학 실험 콘텐츠를 개발 및 보급하는 등 증강현실 기반의 학습 환경을 구축하기 위한 다양한 노력이 이루어지고 있다(장진아, 박준형, 송진웅, 2019; 한국과학창의재단, 2015).

증강현실을 구동하기 위해서는 스마트 기기와 같은 디스플레이 매체와 가상 객체를 증강시키는 매개체인 마커가 필요하다(Azuma, 1997). 학생들은 마커와 스마트 기기를 직접 조작하면서 가상 객체를 탐색하고 설명하는 활동을 수행할 수 있으므로, 증강현실과 학습자 사이의 상호작용뿐만 아니라 학습자와 학습자 사이의 상호작용에도 참여할 수 있다(계보경, 김영수, 2008; Diegmann *et al.*, 2015). 이에 증강현실을 소집단 학습에 접목하는 연구들이 적지 않게 진행되었으며, 이는 전통적인 소집단 학습보다 개념 이해나 태도 등의 인지적 및 정의적 영역에서 긍정적인 효과를 보였다(이재원, 박가영, 노태희, 2020; Phon, Ali, & Halim, 2014). 또한 증강현

실을 활용한 소집단 학습은 학생 사이의 상호작용을 활성화하고 학습 과정과 연관된 문제 해결력 및 의사소통 능력, 협업 능력을 향상시키는 장점이 있는 것으로 나타났다(Dunleavy, Dede, & Mitchell, 2009; Matcha & Rambli, 2011).

학생들에게 제공하는 학습 매체의 개수 차이는 학생 사이의 상호작용 유형이나 관계, 토의를 통한 학습 방식 등에 영향을 미친다(Jeong & Hmelo-silver, 2016; Kirschner *et al.*, 2018). 이러한 맥락에서 증강현실을 활용한 소집단 학습 효과는 증강현실을 구현하는 데 필요한 마커나 스마트 기기의 개수 차이에 따라 다르게 나타날 수 있다(Dalim *et al.*, 2017). 그러나 대부분의 연구는 도구적 측면에서의 학습 환경에 대한 고찰 없이 증강현실 콘텐츠를 소집단 학습 상황에 접목하는 수준에 그쳤다. 예를 들어 모둠별로 마커와 스마트 기기를 1개만 제공(Núñez *et al.*, 2008)하여 증강현실을 모둠원들이 공동으로 사용하게 하거나 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기를 제공(Li *et al.*, 2011)하여 증강현실을 개별로 사용하는 등 도구 사용 환경이 매우 다양하였다. 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습이 효과적으로 이루어질 수 있도록 도구 사용 환경을 탐색하는 연구가 이루어질 필요가 있다.

그러나 연구 Ⅰ외에 증강현실을 구현하는 데 필요한 도구의 개수 차이가 학습에 미치는 영향을 조사한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 이 연구에서는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠별로 제공하는 마커와 스마트 기기 수가 다른 두 가지 도구 사용 환경에 대해 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미 측면에서 나타난 차이를 비교하였다. 그 결과 학생들은 증강현실을 공동으로 사용하는 환경에서보다 증강현실을 개별적으로 사용하는 환경에서 목표 개념을 잘 이해하고, 소집단 학습에 더욱 몰입하여 높은 수준의 상황 흥미를 느끼는 것으로 나타났다. 하지만 위 연구는 도구 사용 환경별 교수학습 효과만을 정량적으로 비교하는 데 그쳤다. 따라서 소집단 학습에 조작형 증강현실을 사용할 때, 도구 사용 환경에 따라 교수학습 효과에서 차이가 나타난 원인을 심층적으로 조사하는 연구가 추가로 이루어져야 한다.

학생들은 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정에서 증강현실에 관한 다양한 담화에 참여하게 된다. 학생들은 이러한 담화 과정에서 각자의 생각을 언어로 표현하고 경청하는 경험을 하게 되는데, 이는 학생들이 능동적으로 지식을 구성하고 각자의 생각을 성찰하도록 촉진한다(강석진, 2000; 한재영, 2003; Nor, Hamat, & Embi,

2012). 즉, 학생들은 담화를 통해 개념이 지닌 의미를 다른 학생과 타협하고 개념에 대한 심층적 이해를 구성할 수 있다(Payne & Samhat, 2012). 그러나 소집단 학습에 참여하는 모든 학생이 담화에 적극적으로 참여하는 것은 아니며(Richmond & Striley, 1996), 모든 학생이 활발하게 참여하더라도 학습 내용에 대한 이해가 일관적으로 나타나지 않을 수도 있다(Hmelo-Silver *et al.*, 2017). 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정에서 나타나는 담화에 초점을 두고, 도구 사용 환경별로 어떤 차이가 있었는지 심층적으로 분석한다면 증강현실의 도구 사용 환경에 따라 차이가 나타난 원인을 이해할 수 있을 것이다.

이에 이 연구에서는 모둠원들이 조작형 증강현실을 공동으로 사용하는 환경과 이를 개별로 사용하는 환경에 대해 도구 사용 환경별 담화 유형의 차이를 조사하였다.

2. 연구 방법

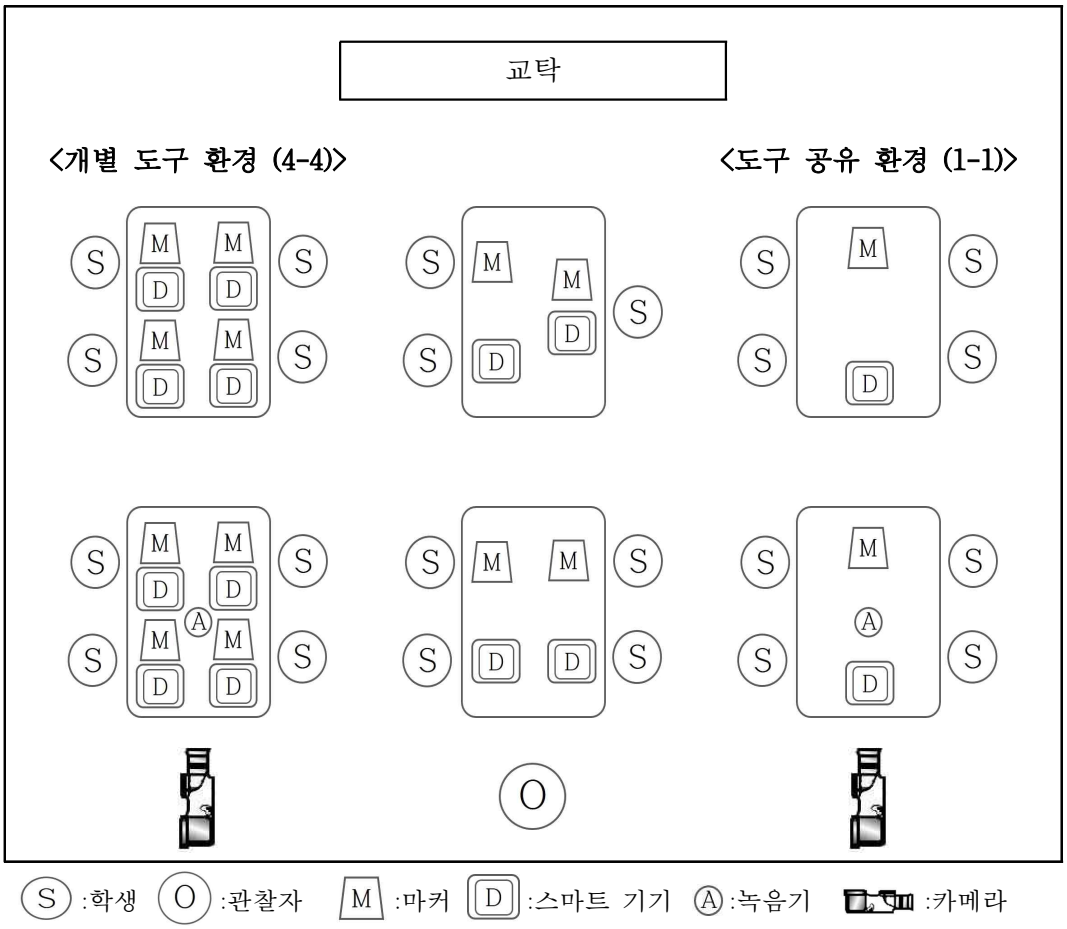
2.1 연구 참여자

서울시에 소재한 1개 남녀공학 고등학교 1학년 중 연구 참여에 자발적으로 동의한 학생 24명(남: 12명, 여: 12명)이 연구에 참여하였다. 효과적인 소집단 학습을 위한 집단 편성 방법을 고려(한재영, 2003)하여 4인 1 모둠으로 총 6개의 모둠을 구성하였다. 이때 과학 교사는 반편성 고사의 성적에 따라 각 모둠에 상위와 하위 학생 각각 1명, 중위 학생 2명이 포함되게 하였다. 선행 연구에서 한 모둠에 제공한 마커와 스마트 기기 수를 참고(Li *et al.*, 2011; Núñez *et al.*, 2008)하여 한 모둠에 마커 세트와 스마트 기기를 각각 1개씩 제공하는 도구 공유 환경(1-1)과 한 모둠에 마커 세트 4개와 스마트 기기 4개를 제공하는 개별 도구 환경(4-4)을 구성하였다. 총 6개의 모둠 중에서 3개의 모둠은 도구 공유 환경으로, 나머지 3개의 모둠은 개별 도구 환경으로 무작위 배정하였다. 도구 공유 환경의 모둠은 A, B, C로, 개별 도구 환경의 모둠은 D, E, F로 구분하였으며, 모둠원들의 이름은 모둠 이름에 숫자 1~4를 임의로 덧붙여 제시하였다.

2.2 연구 상황

수업을 담당한 교사는 10년의 교육 경력을 가진 여교사로 과학 교육 분야의 석사 학위를 소지하고 있으며 다수의 교육연구 경험도 있었다. 처치 교사 워크숍을 통해 조작형 증강현실 애플리케이션의 사용법과 증강현실을 활용한 소집단 학습의 운영 계획을 안내하였다. 또한 연구자는 교사용 수업 지도안과 수업용 PPT, 학생용 활동지 등의 교수학습 자료를 개발하여 교사에게 제공하였다. 특히 이 연구에서는 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수가 다른 두 가지 도구 사용 환경에 대해 소집단 학습 과정을 비교 및 분석하는 데 초점을 두었다. 이에 학급별로 두 가지 도구 사용 환경이 고르게 분포하도록 하였으며 학급별 교수 효과나 학급 분위기에 의한 편향이 나타나지 않도록 하였다.

모든 수업은 교실이나 과학실에서 이루어졌다. 이때 연구자 1인이 연습 수업과 본 수업을 참관하면서 증강현실을 활용한 소집단 학습이 수업 지도안의 계획에 따라 실행되는지를 점검하였고 모둠별 마커 및 스마트 기기, 활동지를 배부하는 등 처치 교사의 업무를 보조하였다. 실제 교실 상황에서 모든 모둠의 소집단 활동을 녹화하기에는 한계가 있으므로, 수업 활동을 녹화 및 녹음하는 것을 동의한 연구 참여자들을 대상으로 모둠을 편성해 교실 뒤쪽으로 배치하고 카메라와 녹음기를 설치하였다. 소집단 학습이 진행된 교실이나 과학실에서 모둠별 녹음기, 카메라의 배치, 관찰자의 위치 등은 <그림 Ⅱ-1>과 같다. 개별 도구 환경은 왼쪽, 도구 공유 환경은 오른쪽에 각각 배치하였다. 수업에 참여한 전체 학생 수가 홀수인 경우도 있었기 때문에, 가운데 열의 모둠은 모둠원 수가 3~4명이 되기도 하였으며 해당 모둠에는 마커와 스마트 기기를 각각 2개씩 제공하고 이 연구의 분석 대상에 포함하지 않았다.



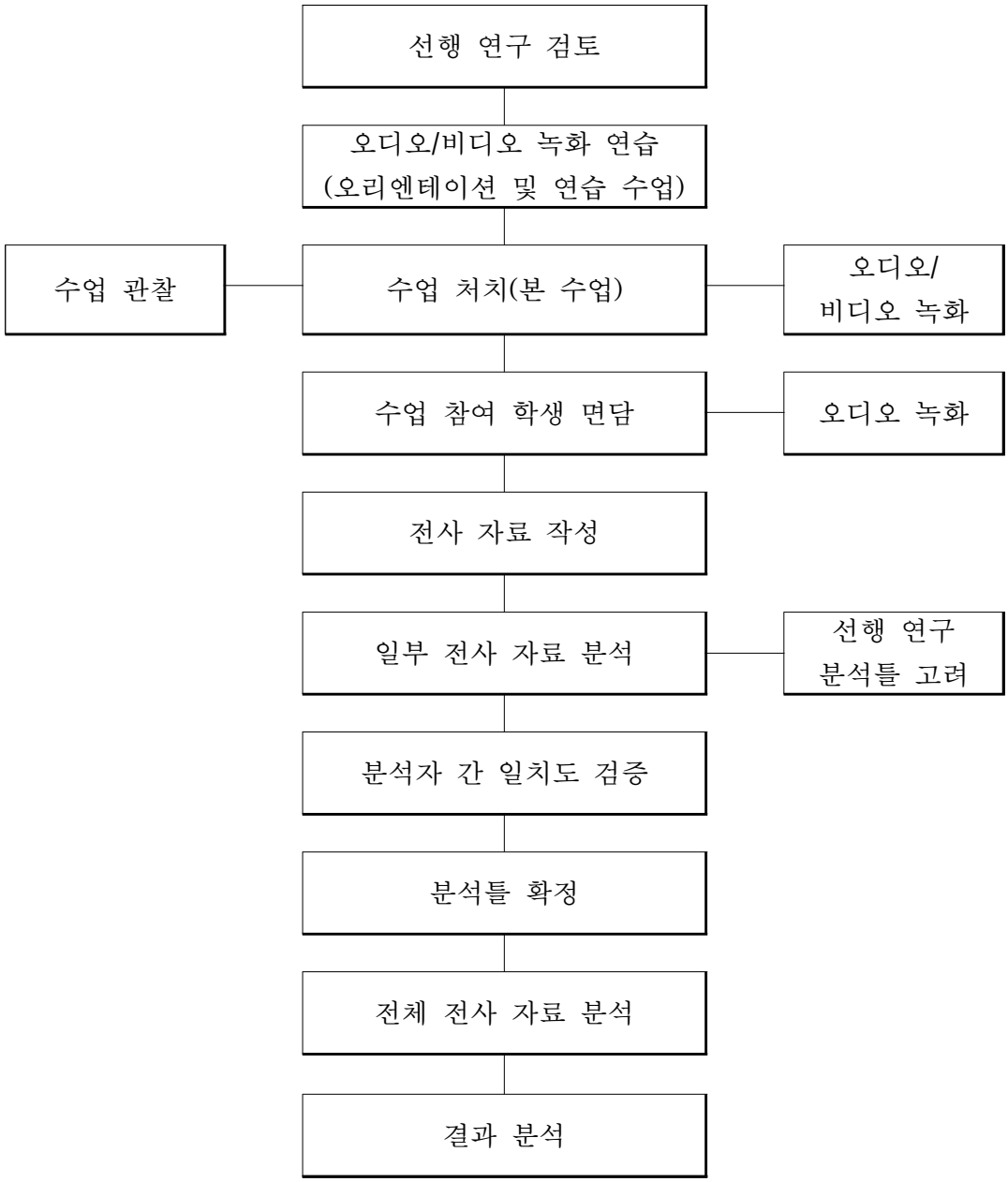
〈그림 Ⅱ-1〉 본 연구에서 수업 상황

2.3 연구 절차 및 방법

이 연구에서는 연구 Ⅰ에서 개발한 화학 결합 주제의 조작형 증강현실을 사용하였다. 증강현실의 마커는 원소 기호와 이름이 표시된 원자 카드이며 학생이 스마트 기기에서 관찰하는 가상 객체는 원자 모형 및 이온 결합 모형, 공유 결합 모형이다. 특히 이 연구에서는 조작형 증강현실을 사용하여 원자 마커들의 조합을 통해 다양한 이온 결합 모형과 공유 결합 모형을 탐색할 수 있도록 하였으며, 스마트 기기상에서 가상 객체의 확대, 축소, 회전 등의 조작 활동도 가능하게 하였다.

고등학교 1학년 ‘물질의 규칙성과 결합’ 단원을 선정한 후, 증강현실을 이해하고 사용법에 익숙해질 수 있도록 원소의 주기성을 주제로 연습 수업을 진행하였다. 본 수업은 이온 결합과 공유 결합을 주제로 각각 1차시씩 총 2차시의 증강현실을 활용한 소집단 학습으로 이루어졌다. 이온 결합을 주제로 한 1차시는 염화 나트륨(NaCl), 산화 마그네슘(MgO) 등 다양한 이온 결합 모형을 생성하고 이를 분석하는 활동으로 수업이 이루어졌다. 공유 결합을 주제로 한 2차시에서도 1차시와 유사한 방법으로 소집단 학습이 이루어졌다. 모든 수업은 경력 10년의 과학 교사 1인이 진행하였으며, 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 연구 참여자들은 같은 시간과 장소에서 동일한 수업을 들으며 소집단 학습을 하였다.

이상의 모든 수업 과정을 연구자 1인이 관찰하면서 필드 노트를 정리하였으며, 모둠마다 녹음기와 캠코더를 설치하여 수업 과정을 녹음 및 녹화하였다. 수업을 마친 후에는 학생 6명을 대상으로 학생 1명당 20분 동안 반구조화된 면담을 하였고, 그 과정을 녹음하였다. 면담에서는 필드 노트에 작성한 내용을 중심으로 모둠별 학습 방법 및 증강현실의 사용 방식, 역할 분담 등에 관해 질문하였다. 이상의 수업 활동과 면담 내용은 자료를 수집한 후 전사본을 작성하였다. 총 6개의 모둠에 대해 이온 및 공유 결합을 주제로 2차시 동안의 자료를 수집하였으므로 총 12차시 분량의 활동 전사 자료를 분석에 활용하였다. 특히 소집단 활동에 대한 전사 자료에서 개별 진술 속의 ‘…’은 잠시 멈춤을, ‘@@@’은 녹음이나 녹화 기록을 통해 알아들을 수 없었던 부분을 의미한다. 전체적인 연구 절차는 <그림 Ⅱ-2>와 같다.


선행 연구 검토
오디오/비디오 녹화 연습
(오리엔테이션 및 연습 수업)
수업 관찰
수업 처치(본 수업)
오디오/
비디오 녹화
수업 참여 학생 면담
오디오 녹화
전사 자료 작성
일부 전사 자료 분석
선행 연구
분석틀 고려
분석자 간 일치도 검증
분석틀 확정
전체 전사 자료 분석
결과 분석

<그림 Ⅱ-2> 연구 절차

2.4 분석틀

학생 사이의 담화가 도구 사용 환경에 따라 어떤 차이가 나타나는지 조사하기 위해 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타난 과제 관련 담화를 참여 유형, 담화의 유형, 지식 형성 과정의 세 가지 관점에서 분석하였다. 이때 과제 관련 담화는 화학 결합의 특징 및 전자 수, 옥텟 규칙 등 학습 내용과 관련된 진술이나 조작형 증강현실을 활용하여 이온 및 공유 결합 모형을 만드는 방법적 지식과 관련된 진술을 의미한다.

(1) 참여 유형

모둠원의 참여 유형은 소집단 토론에서 학생들의 참여 형태에 따른 상호작용의 유형을 분석한 강석진(2000)의 연구를 참고하여 일인 주도형 및 부분 참여형, 다수 참여형으로 분류하였다. 일인 주도형은 2인 이상의 구성원이 담화에 참여하지만 주도적 역할은 한 사람이 담당하고 나머지 모둠원은 단순히 찬성 또는 반대하는 의견을 제시하는 등의 수동적인 역할을 맡는 유형이다. 부분 참여형은 4명 중 2명이 담화에 참여하여 토의의 진행에서 동등한 역할을 담당하는 유형이다. 마지막으로 다수 참여형은 3명 이상의 모둠원이 동등한 역할을 가지고 능동적으로 토의에 참여하는 유형이다.

(2) 담화의 유형

CSCL 환경에서 지식 생성에 관한 담화 유형을 분석한 선행 연구(Aalst, 2009; Nichols, Hanan, & Ranasinghe, 2013)를 바탕으로 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 담화의 유형을 분류하기 위한 예비 분석틀을 개발하였다. 선행 연구에서는 담화를 지식 공유(knowledge sharing), 지식 구성(knowledge construction), 지식 생성(knowledge creation)의 세 가지 범주로 구분하였다. 지식 공유는 활동 결과로부터 나온 산출물에 대한 즉각적인 의견 교환을 통해 학습이 이루어지는 유형의 담화이다. 지식 구성은 활동 결과로부터 나온 산출물에 대한 설명, 해석, 평가 등의 과정

을 통해 학생들이 문제를 해결하고 학습 상황에 대한 심층적인 이해를 구성하는 것과 관련된 담화이다. 지식 생성은 혁신을 지속하기 위한 아이디어 개발 방법과 관련된 담화이나, 이 연구의 맥락에는 적합하지 않다고 판단하여 분석에서 제외하였다.

총 12차시 중 1차시를 무작위로 추출하는 과정을 반복하면서 수업을 예비 분석하였고, 이를 바탕으로 세부 분석 기준을 수정하여 보완하였다. 예를 들어 이 연구에서는 증강현실을 사용하여 가상 객체인 결합 모형을 확인하고, 전자의 이동이나 결합 모형의 특징을 해석하는 등 가상 객체인 결합 모형을 해석하는 방법에 관해 토의하는 과정이 나타났다. 이에 증강현실로 결합 생성 여부를 확인하는 것과 관련된 담화는 지식 공유의 하위 요소로, 가상 객체인 결합 모형을 해석하는 방법이 중심이 되는 담화는 지식 구성의 하위 요소로 분석틀에 포함하였다. 최종적으로 지식 공유는 사전 지식의 회상(recalling existing knowledge), 가상 객체의 생성 확인(identifying the formation of virtual objects), 기초 수준의 토의(introductory level discussions), 외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의(introductory level discussions based on external information)의 네 가지 하위 요소로 구성하였다. 지식 구성은 가상 객체의 분석 방법(analyzing ways of virtual objects), 심화 수준의 토의(advanced level discussions), 새로운 정보의 조직(organizing new information), 다양한 수준에서의 아이디어 공유(sharing ideas at different levels), 다양한 수준에서의 아이디어 비판(critiquing ideas at different levels), 현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력(efforts to rise above current levels of explanation)의 여섯 가지 하위 요소로 구성하였다. 분석틀과 요소별 정의를 <표 Ⅱ-1>에 제시하였다.

<표 Ⅱ-1> 담화 유형의 분석틀

대분류	세분류	정의
지식 공유	사전 지식의 회상	기존에 학습한 지식을 회상하여 모둠원에게 전달하는 내용의 토의
	가상 객체의 생성 확인	증강현실을 사용하여 가상 객체(예: 화학 결합 모형)의 생성을 확인하는 토의
	기초 수준의 토의	활동지의 답을 공유하는 등의 설명 및 평가, 해석으로 확장되지 않는 기초 수준 토의
	외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의	교사의 설명이나 PPT 등의 외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의
지식 구성	가상 객체의 분석 방법	스마트 기기상의 가상 객체(예: 전자 이동, 전자 배치)를 분석하는 방법과 관련한 토의
	심화 수준의 토의	학습 내용에 대한 설명, 평가, 해석 등이 포함된 심화 수준의 토의
	새로운 정보의 조직	학습 내용을 바탕으로 새로운 정보(예: 화학 결합의 원리)를 조직화하는 토의
	다양한 수준에서의 아이디어 공유	다른 수준에서의 생각(예: 옥텟 규칙, 화학 결합의 원리)을 공유하는 토의
	다양한 수준에서의 아이디어 비판	다른 수준에서의 생각(예: 옥텟 규칙, 화학 결합의 원리)을 비판하는 토의
	현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력	요약이나 재구성과 같이 현재 수준의 설명을 뛰어넘기 위한 노력이 포함된 토의

담화의 유형 중에서 지식 공유에 속하는 하위 요소에 대한 정의와 사례는 다음과 같다. 첫째, ‘사전 지식의 회상’ 담화는 기존에 학습한 지식을 회상하여 모둠원에게 전달하는 내용의 토의이다. 이 연구에서 사전 지식의 대표적인 예는 금속 원소와 비금속 원소의 특징에 관한 내용이다. 다음 사례에서 모둠 E의 학생들은 이온 결합을 배우기 전, 금속 및 비금속 원소의 종류와 특징에 대해 학습을 수행하였다. 이때 조작형 증강현실로 이온 결합 모형을 만들기 위해 원자 마커들을 금속 또는 비금속으로 분류하는 과정에서 지난 시간에 배운 내용을 근거로 토의하고 있다.

[지식 공유: 사전 지식의 회상]

학생 **E2** : 산소(O)는 금속 원소가 아닌데..
학생 **E3** : 무슨 소리야?
학생 **E2** : 금속 원소 아니야
학생 **E3** : 그럼 마그네슘(Mg)은 금속이야?
학생 **E4** : 응 그렇지. 금속이지

[개별 도구 환경: 모둠 E의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

둘째, '가상 객체의 생성 확인' 담화는 증강현실을 사용하여 이온 결합 모형이나 공유 결합 모형과 같은 가상 객체의 생성을 확인하는 토의이다. 이러한 담화는 교사의 설명이나 활동지의 안내에 따라 조작형 증강현실로 결합 모형을 만드는 과정에서 주로 나타난다. 이때 학생들은 결합 생성이 가능한 원자 마커의 종류와 수를 적절하게 선택 및 배열하면 스마트 기기상에서 결합 전후의 변화를 관찰할 수 있다. 다음 사례에서 학생들은 수소 및 산소 마커를 각각 1개씩을 사용하면 결합이 생성되지 않지만, 수소 마커 2개와 산소 마커 1개를 '수소(H)-산소(O)-수소(H)' 순으로 마커를 인접시키면 물 분자(H_2O)의 결합 모형이 생성되는 것에 관해 토의하고 있다.

[지식 공유: 가상 객체의 생성 확인]

학생 **B1** : (증강현실을 보며) 산소와 수소 (마커)를 이렇게 붙이는 거야?
학생 **B2** : 아니. (B1에게 수소 마커를 추가로 붙여주며) 여기 하나 더
학생 **B4** : (수소 마커 1개를 제거하며) 야 이거 빼는 거 아니야?
학생 **B1** : (증강현실을 보며) 근데 그러면 이거 안 붙어
학생 **B4** : 안 붙어? 그거 안 붙나 보네

[도구 공유 환경: 모둠 B의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

셋째, '기초 수준의 토의' 담화는 활동지의 답을 공유하는 등의 설명 및 평가, 해석으로 확장되지 않는 기초 수준 토의이다. 이러한 담화는 활동지의 답을 공유하는 과정에서 주로 나타나며, 자기 생각을 다른 모둠원에게 일방적으로 전달하는 특징이 있다. 이때 담화를 구성하는 개별 발화에는 구체적 설명이나 평가, 해석이 포함되지 않으며, 토의 과정에서 어떠한 의견 수정도 없이 다른 모둠원의 의견

을 그대로 수용하는 특징이 나타났다. 다음 사례에서는 학생 C2가 자기 생각에 따라 활동지의 답을 알려주면 학생 C3가 이를 수용하여 정리하는 모습을 보여준다.

[지식 공유: 기초 수준의 토의]

학생 **C2** : 안정해지는 방법은 가장 바깥 껍질의 전자 1개를 버린다.
학생 **C3** : 금속에 적는 거야?
학생 **C2** : 어 금속에. (전자 1개를) 버린다고 적어
학생 **C3** : 금속 기호는 뭐야?
학생 **C2** : K(칼륨), 다음은 8개, 전자 1개를 버린다. 밑에 비금속은 전자 2개를 얻는다.
학생 **C3** : 비금속은 O(산소)?
학생 **C2** : 어 맞아

[도구 공유 환경: 모둠 C의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

넷째, '외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의' 담화는 주로 교사의 설명에 근거한 기초 수준의 토의로 모둠원들이 교사의 설명이나 PPT 자료를 근거로 토의하거나 교사와 직접 토의하면서 학습 내용을 확인 및 공유하는 특징을 가진다. 또한 기초 수준의 토의이기 때문에 자기 생각에 대한 자세한 설명이나 평가, 해석이 포함되지 않는 특징이 있다. 다음 사례에서 학생 B1은 교사의 PPT 자료를 보면서 염화 마그네슘($MgCl_2$)의 이온 결합을 만들기 위해 염소(Cl) 원자 1개는 전자 1개를 얻어야 한다는 것을 파악하고 이를 학생 B2에게 전달하고 있다.

[지식 공유: 외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의]

학생 **B1** : (선생님의 PPT 자료를 보며) 여기 (Cl) 전자 수는 1개
학생 **B2** : 왜 1개야?
학생 **B1** : 선생님이 1개라고 하는데?
학생 **B2** : 그게 왜 1이야?

[도구 공유 환경: 모둠 B의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

담화 유형 중에서 지식 구성에 속하는 하위 요소에 대한 정의와 사례는 다음과 같다. 첫째, '가상 객체의 분석 방법' 담화는 가상 객체를 분석하는 방법과 관련한 토의이다. 이러한 담화는 조작형 증강현실을 사용하여 결합 모형을 만드는 과정

에서 주로 나타났다. 예를 들어 학생들은 스마트 기기 화면을 보면서 전자 이동이나 결합 모형의 전자 배치를 분석하는 방법에 대해 토의하였다. 또한 학생들의 발화에는 가상 객체인 원자 모형이나 화학 결합 모형에 관한 해석이 포함된 특징이 있다. 다음 사례는 모둠원들이 조작형 증강현실로 염화 나트륨(NaCl)의 결합 모형을 만드는 과정에서 나트륨(Na)의 전자 1개가 염소(Cl)로 이동하는 이온 결합의 특징을 해석하는 모습을 보여준다.

[지식 구성: 가상 객체의 분석 방법]

학생 **E4** : (증강현실을 보며) 이거 나트륨과 염소가 붙는다는 것이 두 개가 하나가 되는 거야? 아니면…
학생 **E3** : 둘이 붙어서 하나가 되는 것인가?
학생 **E4** : 전자가 이동한다는 거야?
학생 **E2** : 응. 전자가 이동하는 거
학생 **E3** : (스마트 기기 화면상의 전자를 가리키며) 맞아. 애(전자)가 이렇게 오더라
학생 **E2** : (증강현실을 보며) 어? 아까 이상하게 붙었는데
학생 **E3** : (증강현실을 보며) 야야! 이거 봐, 이거 봐. 방금 봤어? 전자 1개 이동한 것?

[개별 도구 환경: 모둠 E의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

둘째, ‘심화 수준의 토의’ 담화는 단순히 모둠원 사이에 의견을 공유하는 수준을 넘어 지식을 구성하는 단계까지 이동하는 심화 수준의 토의로, 학생들의 발화에는 학습 내용에 대한 구체적 설명, 평가, 해석 등이 포함된 특징이 있다. 다음 사례에서는 모둠원들이 이온의 전하를 주제로 토의할 때 전자를 잃거나 얻는 원리에 근거하여 설명하는 모습을 보여준다.

[지식 구성: 심화 수준의 토의]

학생 **E3** : 그럼 마그네슘(Mg)은 전자 2개를 잃거나.. 아니면 6개를 얻어야 되네
학생 **E2** : 두 가지 경우를 다 쓰는거야?
학생 **E3** : 그러면 왜 마그네슘은 플러스(+)야?
학생 **E4** : 그거야 전자를 잃는 것이 더 쉬우니까
학생 **E1** : 그럼 오(O)는 비금속이라서 전자 2개를 얻거나, 6개를 잃는거지?
학생 **E2** : 이때는 전자를 얻는 거지

[개별 도구 환경: 모둠 E의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

셋째, ‘새로운 정보의 조직’ 담화는 학습 내용을 바탕으로 새로운 정보를 조직화하는 토의이다. 이러한 담화는 조작형 증강현실로 다양한 결합 모형을 탐색하는 활동이나 결합 생성 과정에서 발견되는 특징을 분석하는 활동에서 나타났다. 이때 학생들의 발화에는 증강현실로 관찰한 내용을 근거로 화학 결합의 규칙성이나 원리를 재구성하는 내용이 포함되었다. 다음은 학생들이 증강현실로 염화 나트륨(NaCl)의 결합 모형을 관찰하면서 새로운 지식을 조직화하는 사례이다. 학생 D2가 염화 나트륨의 결합 모형을 만드는 과정에서 나트륨 원자의 전자 1개가 염소 원자로 이동한 현상을 공유 결합과 관련지어 해석하자, 학생 D3와 D1이 전자를 공유하는 관점에서 전자 배치상의 특징을 설명하였다. 이를 통해 모둠원들은 이온 결합 및 공유 결합에 대해 전자 배치상의 특징을 비교하면서 화학 결합에 대한 개념을 조직화하는 모습을 보여주었다.

[지식 구성: 새로운 정보의 조직]

학생 **D3** : (증강현실을 보며) 염화 나트륨에서 이게 어떻게 된거냐면.. 여기 빨간색 있잖아. 나트륨에 있던 빨간색 전자 하나가 이쪽(염소)으로 옮겨갔어

학생 **D2** : (증강현실을 보며) 그럼 공유 결합 아니냐? 공유 결합 되는 거 아니야?

학생 **D3** : 어? 공유 결합은 전자를 빼앗는게 아니고 공동 소유하는거지

학생 **D1** : 공유 결합은 내가 (전자) 1개 부족하니까.. 내가 (전자) 1개를 주고 남의 것을 1개 갖고 오고

학생 **D3** : 예를 들어, Cl 두 개가 있어.. 애(Cl)네 둘 다 전자 1개를 얻고 싶어하잖아. 그럼 애(Cl)들이 공유 결합하면 전자를 서로 하나씩 얻을 수 있는 거야

학생 **D2** : 아.. 오케이!

[개별 도구 환경: 모둠 D의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

넷째, ‘다양한 수준에서의 아이디어 공유’ 담화는 다른 수준에서의 생각을 공유하는 토의이다. 이러한 담화는 조작형 증강현실로 다양한 결합 모형을 탐색하는 활동과 마커나 스마트 기기의 가상 객체를 조작하는 과정에서 주로 나타났다. 특히 화학 결합 모형을 탐색할 때, 학생들은 서로 다른 수준의 방법적 지식을 공유하면서 화학 결합 생성 원리나 옥텟 규칙에 대해 개념을 구성하는 모습을 보여주었다. 다음 사례는 학생들이 산소(O)와 플루오린(F) 마커를 사용하여 생성 가능한 공유 결합 모형을 탐색하는 활동에서 나타나는 토의며, 학생별로 원자 마커 조합 방법이 달랐으나 서로 의견을 공유하면서 이플루오린화 산소(OF_2) 분자의 생성 과정을 탐색하는 모습을 보여준다.

[지식 구성: 다양한 수준에서의 아이디어 공유]

학생 **F4** : (증강현실을 보며) 야? 산소(O)랑 플루오린(F)은 결합이 안 만들어지지?
학생 **F2** : (증강현실을 보며) 어? 아닌데. O랑 F를 (사용)하면 FOF(F－O－F)가 돼
학생 **F4** : OF(O－F)는 안 되고, OFF(O－F－F) 방법으로는 아직 안 해 봤어
학생 **F3** : OFF?
학생 **F1** : (증강현실을 보며) OF는 확실히 안 되고, F_2O는 돼

[개별 도구 환경: 모둠 F의 공유 결합에 관한 토의 중에서]

다섯째, '다양한 수준에서의 아이디어 비판' 담화는 다른 수준에서의 생각을 비판하는 토의이다. 이러한 담화는 증강현실로 다양한 결합 모형을 탐색하는 활동에서 나타났으며, 주로 이온 결합에서 이동한 전자의 수나 공유 결합에서 공유 전자쌍 수에 대한 모둠원 각자의 해석이 달라 서로의 의견에 대해 비판하는 형태의 토의이다. 다음 사례는 염화 마그네슘($MgCl_2$)의 결합 모형에서 염소(Cl) 원자가 얻는 전자 수를 2개 또는 1개로 해석해야 하는지에 대해 모둠원들이 상호 비판하는 모습을 보여준다.

[지식 구성: 다양한 수준에서의 아이디어 비판]

학생 **E3** : 그러면 (염화 마그네슘에서) Cl이 얻는 전자 수는 2개지?
학생 **E4** : (활동지를 보며) 여기서 말하는 개수는 그냥 Cl의 개수 아닌가?
학생 **E3** : 뭘 써야 하는 거지?
학생 **E2** : (증강현실을 보며) 그니까. 여기 Mg하고 Cl하고 결합해서 전자가 (Cl쪽으로) 1개, 1개씩 붙는 거잖아
학생 **E3** : 아 뭐야?
학생 **E2** : 그래서 Mg (전자) 2개 잃고, 두 Cl은 (전자) 각각 1개씩 얻지

[개별 도구 환경: 모둠 E의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

여섯째, '현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력' 담화는 요약이나 재구성과 같이 현재 수준의 설명을 뛰어넘기 위한 노력이 포함된 토의이다. 이러한 담화도 조작형 증강현실로 다양한 결합 모형을 탐색하는 과정에서 나타나며, 현재의 학습 수준을 뛰어넘어 새로운 아이디어를 창출하는 특징이 있다. 다음 사례에서 학생들은 칼륨(K), 나트륨(Na), 산소(O) 원자 마커를 사용하여 이온 결합을 만드는 과정에서

$KNaO$와 같은 새로운 물질의 존재 여부를 이온 결합의 생성 원리와 관련지어 토의하였고 증강현실을 사용하여 결합이 만들어지는 것을 확인하였다.

[지식 구성: 현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력]

학생 **D1** : 나. 궁금한 것이 생겼어. 나트륨은 플러스(Na^{+})이거든
학생 **D3** : 염소(Cl)는 마이너스(Cl^{-}), 오(산소, O)는 2마이너스(O^{2-})
학생 **D2** : 그럼, K(칼륨), O(산소), Na(나트륨) 순으로 (마커를 연결)하면?
학생 **D3** : 칼륨이랑 나트륨은 $+1$이고, 산소는 -2이니까. 가능하지 않을까?
학생 **D2** : 과연? 이론상 가능하지 않나? 가능할 것 같은데
학생 **D1** : 내가 알기론 $KNaO$라는 물질은 없거든?
학생 **D2** : 증강현실로 만들어서 되면 있겠지
학생 **D1** : (증강현실을 보며) 우와!.. 야! 이거 하나로 합쳐졌어. $KNaO$ 만들어져
학생 **D2** : 야! 진짜. 내가 @@@봐. 이론상 가능하잖아
학생 **D1** : 그치! 이론상 가능하지. 금속, 금속, 비금속이니까 이론상으로 가능하지
학생 **D2** : 결합이 되긴 되는데. 내가 생각하는 것보다 세상이 참 넓네

[개별 도구 환경: 모둠 D의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

(3) 지식 형성 과정

조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠별 학생들의 지식 형성 과정을 분석하기 위해 테크놀로지 기반의 협력적 탐구 학습에서 학습 과정을 분석한 선행 연구(Lämsä *et al.*, 2018)의 분석 방법을 활용하였다. 담화를 이루는 개별 발화에 대해 $+1$, 0, -1의 영향 값(impact value)을 부여하였다. 발화 내용에 목표 개념이나 증강현실의 결합 및 해석에 관한 옳은 내용이 포함되면 $+1$의 영향 값을 부여하였다. 이와 반대로 발화 내용에 오개념이 포함되면 -1의 영향 값을 부여하고, 발화 내용에서 개념 이해의 옳고 그름을 판단할 수 없거나 다른 학생이 제시한 정답을 그대로 읽으면 0의 영향 값을 부여하였다.

2.5 분석 방법

참여 유형과 담화의 유형의 분석 단위를 두 명 이상의 학생들이 참여한 담화에서 새로운 개념의 도입과 같이 학습 개념의 초점이 바뀔 때까지로 정의하였다. 예를 들어 결합 전 원자의 전자 개수와 결합 후 생성된 화합물의 전자 개수를 탐색하는 것에 대한 담화가 이루어진 경우 각각 구분하여 두 개의 담화로 코딩하였다. 모둠별 지식 형성 과정의 분석 단위는 한 학생의 진술이 자발적으로 마무리되는 시점으로 하였다. 이때 서로 다른 영향 값을 보이는 두 가지 이상의 진술이 동시에 나타나는 경우에는 독립적으로 구분하였다. 예를 들어 한 학생이 학습 내용에 관해 오개념을 드러내다가 올바른 개념으로 수정하는 경우에는 각각 −1, +1로 코딩하였다.

2인의 연구자가 도구 사용 환경별로 1차시씩 무작위로 선정하여 참여 유형, 담화의 유형, 지식 형성 과정에 대한 예비 분석을 하였다. 분석 결과가 다른 경우에는 논의를 통해 분석틀을 수정 및 보완하는 과정을 반복하여 최종 분석틀을 확정하였다. 최종 분석틀을 바탕으로 분석자 간 일치도가 .91에 도달한 후 연구자 1인이 차시별 담화를 모두 분석하였다. 참여 유형은 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 대해 빈도와 백분율로 제시했으며, 도구 사용 환경에 대한 카이제곱 검증을 실시하였다. 한편 기기 사용에 있어 개인의 역할은 학습 참여에 영향을 주는 요소이므로(Kirschner *et al.*, 2018), 참여 유형에 대해서는 증강현실 사용 과정에서 드러난 개인의 역할을 분석하였다. 담화의 유형도 마찬가지로 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에 대해 빈도와 백분율로 제시하였다. 이때 증강현실을 바탕으로 이루어진 담화의 빈도를 별도로 코딩하여 도구 사용 환경별로 증강현실이 미치는 영향을 조사하였다. 이상의 결과는 카이제곱 검증을 실시하여 도구 사용 환경별 차이의 통계적 유의미성을 분석하였다.

지식 형성 과정은 선행 연구(Lämsä *et al.*, 2018)의 분석 방법에 따라 그래프의 가로축을 누적 발화 수, 세로축을 누적 영향 값으로 설정하였고, 지식 형성 과정에 따른 모둠원 개인별 누적 영향 값의 변화와 개인별 누적 영향 값을 합산한 모둠의 전체 영향 값 변화를 그래프로 나타냈다. 모둠의 전체 영향 값 변화에 기여하는 모둠원 수, 개인의 영향 값에 큰 변화가 나타난 부분 등을 고려하여 그래프의 개형을

파악하였다. 분석의 타당도와 신뢰도를 확보하기 위해 필드 노트, 연구 참여자 면담 자료 등의 다양한 자료에서 담화의 특징을 검토하는 삼각측정(triangulation)을 실시하였고, 연구 결과를 지지하는 보조 증거로 활용하였다. 또한 과학 교육 전문가 2인과 현직 과학 교사 4인이 참여한 세미나를 여러 차례 진행하여 연구 방법 및 결과 해석의 타당도를 점검받았다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1 참여 유형

도구 사용 환경별 참여 유형에 대한 빈도와 비율을 <표 Ⅱ-2>에 제시하였다. 도구 공유 환경의 담화는 일인 주도형(48개, 63.2%), 부분 참여형(22개, 28.9%), 다수 참여형(6개, 7.9%)의 순으로 나타났으며, 일인 주도형이 절반 이상으로 가장 높은 비율을 차지하였다. 개별 도구 환경에서는 부분 참여형(71개, 47.3%), 다수 참여형(52개, 34.7%), 일인 주도형(27개, 18.0%) 순으로 나타나 부분 참여형의 비율이 가장 높았으며 다수 참여형 또한 상당한 비중을 차지하였다. 도구 사용 환경별 참여 유형은 통계적으로 유의미한 차이가 있었다($\chi^2 = 49.228$, $df = 2$, $p = .000$). 이때 개별 도구 환경은 도구 공유 환경보다 부분 참여형과 다수 참여형의 비율은 더 높았던 반면 일인 주도형의 비율은 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 결과는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서도 유사하였다(Lin, Wong & Shao, 2012; Liu & Wang, 2022). 스마트 기기를 개별적으로 활용하는 환경은 자율적인 기기 활용에 따른 학생들의 적극적인 참여를 촉진하며, 이는 활동에 관한 학생들의 탐구 의지를 더욱 높이는 것으로 보고된다(Liu & Wang, 2022). 이상의 결과는 학생들이 개별 도구 환경에서 소집단 활동에 더욱 적극적으로 참여했음을 보여주므로, 개별 도구 환경이 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에 바람직하다고 할 수 있다.

<표 Ⅱ-2> 도구 사용 환경별 참여 유형의 빈도 및 백분율

참여 유형	도구 공유 환경 (1-1)				개별 도구 환경 (4-4)			
	A (%)	B (%)	C (%)	계(%)	D (%)	E (%)	F (%)	계(%)
일인 주도형	7 (46.7)	19 (55.9)	22 (81.5)	48 (63.2)	6 (13.6)	10 (20.4)	11 (19.3)	27 (18.0)
부분 참여형	7 (46.7)	11 (32.4)	4 (14.8)	22 (28.9)	18 (40.9)	28 (57.1)	25 (43.9)	71 (47.3)
다수 참여형	1 (6.7)	4 (11.8)	1 (3.7)	6 (7.9)	20 (45.5)	11 (22.4)	21 (36.8)	52 (34.7)
총계	15 (100.0)	34 (100.0)	27 (100.0)	76 (100.0)	44 (100.0)	49 (100.0)	57 (100.0)	150 (100.0)

$\chi^2 = 49.228 \quad df = 2 \quad p = .000$

조작형 증강현실의 도구 사용 과정에서 드러난 개인의 역할을 분석한 결과, 도구 공유 환경에서는 학생들에게 수동적으로 역할이 부여되는 경우와 학생들이 능동적으로 역할을 찾는 경우의 두 가지 유형으로 나타났다. 먼저 수동적으로 역할이 부여되는 경우, 소집단 학습 환경 내에서 활동을 주도하는 한 학생이 존재하여 해당 학생이 마커를 선택하고 배치하는 등 가상 객체를 생성하기 위한 의사결정을 내리면 나머지 모둠원이 의사결정 한 결과를 '그대로 따라' 하거나 이를 구현하기 위해 '마커를 이동하는' 등 활동을 보조하는 방식으로 이루어졌다.

면담자: 증강현실을 사용하여 모둠 학습을 할 때, 증강현실을 어떻게 사용하였나요?
학생 C2: 수업에서 제가 활동을 주도했어요. 제가 원소 카드와 핸드폰을 사용하여 (가상 객체를) 보여주면 다른 학생이 이걸 그대로 따라 하는 식이었어요. 이때 좀 아쉬운 점이 있었는데, 모둠에서 관심 있는 학생만 (증강현실을 사용)하는 것이 아쉬웠어요.
면담자: 그때 나머지 학생들은 어떻게 했나요?
학생 C2: 저 혼자 증강현실을 세팅해놓고 친구들에게 도와달라고 했어요. 제가 핸드폰을 잡고 있으면서 다른 학생에게 마커들을 서로 가깝게 다가오게 해달라고 그런 식으로 했어요.

[도구 공유 환경: 학생 C2의 면담 중에서]

능동적으로 역할을 찾는 경우에는 학생들이 마커를 담당하는 역할, 스마트 기기를 담당하는 역할, 활동지 작성을 담당하는 역할 등으로 자연스럽게 역할을 분담하였다. 이때 학생들의 역할은 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정에서 바뀌지 않고 고정되어 나타나는 경향이 있었다. 이에 따라 마커를 담당하는 학생과 스마트 기기를 담당하는 학생은 서로 달랐는데, 주로 관련 개념을 잘 이해하고 있는 학생이 마커를 담당하는 경향이 있었으며, 이러한 역할의 차이는 학습 개념이 바뀐 후에도 크게 변하지 않았다.

면담자: 모둠 활동에서 마커와 스마트 기기를 어떻게 사용했나요?
학생 B4: 한 명은 카드(마커) 배치를 했고요. 다른 한 명은 스마트 기기로 화면을 보면서 사진을 찍었어요. 저는 애들이 모르는 내용이 있으면 알려주고 활동지를 작성하는 역할을 했어요. 특히, 통합과학을 잘 아는 애가 마커를 배치하는 역할을 했고요. 스마트 기기를 다루는 친구는 내용을 잘 알지 못했던 것 같아요.
면담자: 혹시 두 번의 수업 모두 개인의 역할이 같았나요?
학생 B4: 거의 비슷하긴 했던 것 같아요.

[도구 공유 환경: 학생 B4의 면담 중에서]

결과적으로 두 유형 모두 학생들이 맡은 역할은 고정적인 경향이 있었으며, 개념을 학습하는 데 핵심적인 과정이라 할 수 있는 가상 객체의 해석 및 설명 과정은 마커 선택 및 배치의 역할을 맡았던 학생들을 중심으로 이루어지는 경향이 있었다. 다음 예시는 소집단 활동을 주도하는 학생 C2가 물(H_2O) 분자의 결합 모형을 생성하기 위해 수소와 산소 원자 마커를 선택 및 배치하여 모둠원에게 제시하면, 나머지 모둠원들이 C2의 지시에 따라 마커를 이동시킨 후 스마트 기기 화면상에 나타난 결합 모형을 관찰하는 모습을 보여준다.

학생 C2: (산소 원자 마커 주위에 2개의 수소 마커를 배치하며) 다 됐다. (학생 C1에게) 이제 (원자 마커들을) 하나씩 붙여봐
학생 C1: 오케이(산소 원자 마커 주위에 수소 원자 마커를 인접시킴)
학생 C3: 뭐가 좀 보여?
학생 C2: (증강현실을 보며) 왜 안 붙어? 멈춰, 되었다. 오! 보여
학생 C3: (증강현실을 보며) 나도 보여줘

[도구 공유 환경: 모둠 C의 공유 결합에 관한 토의 중에서]

학생들에게 학습 자원에 접근할 기회가 충분히 주어지지 않거나 낮은 지적 수준의 참여만을 촉진하는 경우, 학생들은 질문하고 아이디어를 공유하는 등의 학습 활동에 적극적으로 참여하기 어려울 수 있다(Wang & Yu, 2021). 따라서 학생들이 학습에 필요한 자원에 접근할 수 있는 형평성을 가지도록 해야 한다(Nasir & Hand, 2008). 도구 공유 환경에서 마커를 선택하고 배치할 기회를 접하지 못한 학생들은 증강현실이라는 학습 자원에 충분히 접근할 기회를 받지 못하고 마커를 이동하는 것과 같은 낮은 수준의 활동에만 참여하였다. 그 결과 생성한 가상 객체를 바탕으로 한 토의에서도 단순히 스마트 기기 화면만을 관찰하거나 소극적인 참여로 일관하는 등 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습 전반의 과정에서 학습의 불평등이 나타났다. 이에 따라 소수의 모둠원만이 증강현실을 사용하여 학습 내용을 탐색하였으며, 이는 결과적으로 토의에서도 다수 참여형 담화로 이어지지 못하는 한계를 유발한 것으로 보인다.

한편 개별 도구 환경에서는 증강현실 사용에 있어 개인의 역할은 차이가 없었으며 학생들은 자기 주도적으로 스마트 기기와 마커를 직접 조작함으로써 가상 객체의 생성 여부를 확인하는 방식으로 이루어졌다. 이는 ‘애가 이거하고 다른 애가 다른 것을 하는 것이 아니라 모두 같은 활동을 했어요.’의 학생 E3의 면담 내용과 연결되며 모둠원들은 활동지에 주어진 문제에 대해 증강현실을 사용하여 개별적으로 탐색하였다. 이에 따라 개별 도구 환경에서 토의는 주로 학생들이 ‘개별적으로 생성한 가상 객체를 해석하고 비교하는 과정’에서 이루어졌다.

면담자: 증강현실을 어떻게 사용하면서 수업에 참여했는지 설명해 줄래요?

학생 E3: 처음에 (마커와 스마트 기기들을) 받았을 때, 4명이서 각각 1개씩 나누어서 각자 사용했어요. 수업 중간에 증강현실을 사용하는 활동이 나올 때마다 직접 한 번씩 마커를 스마트 기기의 카메라로 찍은 다음에 증강현실을 보면서 스스로 활동지에 기록한 다음에 애들끼리 서로 비교하여 답을 알려주었어요.

면담자: 각자 증강현실을 사용했다는 부분을 좀 더 자세히 설명해 줄래요?

학생 E3: 애가 이거하고 다른 애가 다른 것을 하는 것이 아니라 모두 같은 활동을 했어요.

[개별 도구 환경: 학생 E3의 면담 중에서]

다음의 수업 사례는 개별 도구 환경의 학생들이 각자 마커와 스마트 기기를 사용하여 가상 객체를 생성한 후, 생성한 가상 객체의 특징을 파악하기 위해 모둠원들과 질문하고 답하는 과정을 보여주고 있다. 즉 개별 도구 환경에서는 모든 모둠원이 자기 주도적으로 조작형 증강현실을 사용하여 결합 모형을 만드는 경험을 수행하였고, 이러한 경험은 학생들이 증강현실을 사용한 소집단 토의에 자연스럽게 참여할 수 있도록 촉진하였다. 이에 따라 일인 주도형 담화보다는 부분 참여형이나 다수 참여형 담화의 빈도가 높아진 것으로 해석된다.

학생 E3: (증강현실로 Cl_2의 결합 모형을 만들며) 이거 붙어 다니면 어떻게 해야 해? 하나로 봐야 해?

학생 E4: (자신의 스마트폰을 보며) 그치

학생 E3: (스마트폰의 가상 객체를 누르며) 그러면 여기도 여덟 개 있고, 여기에도 여덟 개 있는 거야?

학생 E4: (학생 E3의 스마트폰을 보며) 여기는 한 번 겹쳐있는 거잖아. 이렇게 붙어가지고 여덟 개. 그러니까 여긴 여섯 개가 있는 거야

[개별 도구 환경: 모둠 E의 공유 결합에 관한 토의 중에서]

3.2 담화의 유형

도구 사용 환경별 담화 유형의 비율을 <표 Ⅱ-3>에 제시하였다. 도구 공유 환경과 개별 도구 환경에서는 각각 76개, 150개의 담화가 나타났다. 이는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠별로 마커와 스마트 기기를 1개씩 제공하여 증강현실을 모둠원들이 함께 사용하는 도구 공유 환경보다 모둠원 수만큼 마커와 기기를 제공하여 증강현실을 각자 사용하는 개별 도구 환경에서 담화의 빈도가 높음을 의미한다. 이 결과는 소집단 학습 상황에서 스마트 기기당 학생 수의 영향을 조사한 선행 연구(Wang & Le, 2022)와는 다른 양상을 보여준다. 즉 Wang과 Le(2022)는 모둠별로 스마트 기기를 사용하여 정전기 유도를 관찰하도록 하였으며, 모둠원들이 스마트 기기를 개별적으로 사용하는 환경보다 기기 1개를 공유하여 사용하는 환경에서 의사소통이 더 활발하게 이루어졌다고 보고하였다.

단순히 스마트 기기 화면에 나타난 대상을 관찰하는 학습 상황과는 다르게 증강현실을 활용한 학습은 물리적 객체인 마커와 스마트 기기상의 가상 객체와의 역동적인 상호작용이 필수적으로 요구된다(Cheng & Tsai, 2013). 따라서 학습자가 직접 증강현실을 사용하는지가 학습에 직접적인 영향을 미치며, 증강현실의 사용 기회가 더 많은 개별 도구 환경이 모둠원 사이의 상호작용 기회를 더욱 확대시킨 것으로 보인다.

<표 Ⅱ-3> 도구 사용 환경별 담화 유형의 빈도 및 백분율

구분		도구 공유 환경 (1-1)					개별 도구 환경 (4-4)				
		A (%)	B (%)	C (%)	총계 (%)		D (%)	E (%)	F (%)	총계 (%)	
지식 공유	사전 지식의 회상	1 (6.7)	1 (2.9)	3 (11.1)	5 (6.6)	-	3 (6.8)	3 (6.1)	5 (8.8)	11 (7.3)	-
	가상 객체의 생성 확인	4 (26.7)	8 (23.5)	7 (25.9)	19 (25.0)	[19]	7 (15.9)	7 (14.3)	6 (10.5)	20 (13.3)	[20]
	기초 수준의 토의	7 (46.7)	13 (38.2)	12 (44.4)	32 (42.1)	[6]	8 (18.2)	18 (36.7)	19 (33.3)	45 (30.0)	[16]
	외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의	1 (6.7)	2 (5.9)	1 (3.7)	4 (5.3)	-	1 (2.3)	2 (4.1)	3 (5.3)	6 (4.0)	-
	소계	13 (86.7)	24 (70.6)	23 (85.2)	60 (78.9)	[25]	19 (43.2)	30 (61.2)	33 (57.9)	82 (54.7)	[36]
지식 구성	가상 객체의 분석 방법	1 (6.7)	2 (5.9)	3 (11.1)	6 (7.9)	[6]	3 (6.8)	5 (10.2)	3 (5.3)	11 (7.3)	[11]
	심화 수준의 토의	1 (6.7)	8 (23.5)	1 (3.7)	10 (13.2)	[2]	9 (20.5)	8 (16.3)	15 (26.3)	32 (21.3)	[23]
	새로운 정보의 조직	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	-	4 (9.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (2.7)	[2]
	다양한 수준에서의 아이디어 공유	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	-	2 (4.5)	5 (10.2)	2 (3.5)	9 (6.0)	[9]
	다양한 수준에서의 아이디어 비판	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	-	2 (4.5)	1 (2.0)	4 (7.0)	7 (4.7)	[7]
	현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	-	5 (11.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	5 (3.3)	[5]
	소계	2 (13.3)	10 (29.4)	4 (14.8)	16 (21.1)	[8]	25 (56.8)	19 (38.8)	24 (42.1)	68 (45.3)	[57]
총계		15 (100)	34 (100)	27 (100)	76 (100)	[33]	44 (100)	49 (100)	57 (100)	150 (100)	[93]

$\chi^2 = 12.734 \quad df = 1 \quad p = .000$

'[ ]' : 증강현실에 근거한 누적 발화 수

도구 사용 환경별 담화의 유형을 세부적으로 분석한 결과, 도구 공유 환경에서는 지식 공유가 60개(78.9%), 지식 구성이 16개(21.1%)로 나타났으며, 개별 도구 환경에서는 지식 공유가 82개(54.7%), 지식 구성이 68개(45.3%)로 나타났다. 도구 사용 환경별 담화 유형은 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며($\chi^2 = 12.734$, $df = 1$, $p = .000$), 이는 도구 사용 환경이 달라짐에 따라 지식 공유 및 지식 구성의 담화 빈도에 차이가 있음을 의미한다. 이때 각 도구 사용 환경에서 지식 공유와 지식 구성의 비율 차이는 각각 57.8%, 9.4%로, 도구 공유 환경보다 개별 도구 환경에서 더 작게 나타났다. 학생별 의미 구성을 촉진하기 위해서는 지식 공유의 목적을 달성하는 데 그치지 않고 이를 지식 구성을 위한 논의로 확장하여 지식 공유와 지식 구성이 균형을 이루는 것이 중요하다(Aalst, 2009; Jeong & Hmelo-Silver, 2016). 개별 도구 환경에서는 두 요소가 균형을 이루고 있음을 보여주므로, 소집단 토의에 있어 학생 사이에 더욱 바람직한 상호작용이 이루어졌다고 할 수 있다.

지식 공유에서는 도구 공유 환경과 개별 도구 환경 모두 기초 수준의 토의, 가상 객체의 생성 확인, 사전 지식의 회상, 외부 정보에 근거한 기초 수준의 토의 순으로 나타났으며, 그중 기초 수준의 토의와 가상 객체의 생성 확인에 관한 토의가 주를 이루었다. 지식 구성의 경우, 도구 공유 환경과 개별 도구 환경 모두 심화 수준의 토의 및 가상 객체의 분석 방법에 대한 토의가 높은 비중을 차지하였다는 점에서 유사한 결과를 보였다. 그러나 개별 도구 환경에서는 이외에 새로운 정보의 조직, 다양한 수준에서의 아이디어 공유, 다양한 수준에서의 아이디어 비판, 현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력에 관한 토의 또한 나타났다. 특히 개별 도구 환경에서는 68개의 지식 구성 담화 중 증강현실 기반의 담화가 57개로 83.8%를 차지하였는데, 이는 증강현실 활용 여부가 지식 구성 담화에 상당한 영향을 준다고 해석할 수 있다.

구체적으로 증강현실은 학생들이 직접 조작과 탐색을 수행한 후 지식 구성 담화를 통해 화학 결합의 원리를 이해하도록 하는 데 도움을 주었다. 이는 학생 E2가 ‘증강현실로 결합을 만들 때 어떤 애는 되고 다른 애는 안되니까 그 차이점을 친구들과 이야기하면서 규칙성을 찾을 수 있었어요.’의 내용과 연결된다.

면담자: 증강현실로 화학 결합을 만드는 활동을 어떻게 하였는지 설명해 줄래요?

학생 E3: 증강현실로 몇 가지 결합 모형을 만든 후에 '이것도 될까?'하고 직접 다른 모형도 찾아보고 했어요. 예를 들면, 공유 결합 만들 때 이론상으로는 결합이 되는데, 존재하는 물질인지 증강현실로 확인해 보았어요. 이렇게 하면서 OF_2가 존재하는 것을 처음 알았어요. 있는 줄 몰랐는데, 있더라고요.

면담자: 이러한 활동을 하면서 무엇을 배울 수 있었나요?

학생 E3: 규칙성을 파악할 수 있었어요. 증강현실로 결합을 만들 때, 어떤 애는 (결합이 생성)되고 다른 애는 안되니까 그 차이점을 친구들과 이야기하면서 규칙성을 찾을 수 있었어요.

[개별 도구 환경: 학생 E2의 면담 중에서]

뿐만 아니라 증강현실은 학생들이 자신의 의견을 보완하기 위한 근거 자료를 제시할 때도 유용하게 활용되었다. 다음은 다양한 수준에서 아이디어를 비판하는 과정의 한 예시로, 개별 도구 환경의 학생들은 공유 전자쌍이 두 쌍인 이플루오린화 산소(OF_2)의 결합 종류와 결합수에 대한 이견을 합의하기 위해 증강현실을 자신의 주장에 대한 근거 자료로 활용하면서 지식 구성 과정에 참여하였다.

학생 F3: 왜 얘(OF_2)는 이중 결합이야?

학생 F2: 이거(OF_2) 이중 결합 가진 것 아니야?

학생 F4: (증강현실을 보며) 전자가 4개라서 단일 결합이 맞는 것 같기도 해. 왜 단일 결합일까? (증강현실을 F3에게 보여주며) 얘(OF_2)는 이거 둘끼리 연결할 때 2개씩 했잖아. 얘는 이것끼리. 이거 2개만 보면 단일이잖아. 뭔지 알겠어?

학생 F1: 뭔 소리인지 알겠어

학생 F3: 나 이해가 안 가

학생 F1: (F3의 증강현실을 보며) 얘는 이거(전자가) 이렇게 2개 해서 결합이 되는 건데. 왜냐면 이렇게 하나로 보면 단일이고, 이 둘이 이어지지 않잖아

학생 F3: 그럼 얘(O_2)는 단일 아니잖아. 얘(OF_2)랑 똑같잖아

학생 F1: (F3의 증강현실을 보며) 왜냐면 얘(OF_2)는 이렇게 하면 한 쌍이고, 얘(O_2)는 이렇게 2개로 두 쌍인데, 얘(OF_2)는 이렇게 하나씩 보면 한 쌍이잖아

[개별 도구 환경: 모둠 F의 공유 결합에 관한 토의 중에서]

한편 도구 공유 환경에서는 스마트 기기와 마커의 한정된 개수로 인해 자신이 직접 증강현실을 조작 및 관찰할 기회가 부족하였으므로, 학생들이 이온 및 공유 결합의 규칙성을 찾는 데 어려움이 있었다. 이는 학생들이 증강현실을 바탕으로 결합 모형의 생성 원리를 설명하기보다는 사전 지식이나 활동지 작성 결과를 단순히 언급함으로써 소집단 토의에 참여하는 결과를 유발하였다. 다음 예시에서 학생 B2는 마그네슘과 염소 원자가 결합하여 염화 마그네슘($MgCl_2$)을 만드는 내용에 대해 활동지를 바탕으로 자기 생각을 설명하고 있다.

학생 B1: 근데 마그네슘과 염소가 결합할 때 왜 이거(염화 이온이) 2야?
학생 B4: (염화 이온) 1개 아니야?
학생 B2: (활동지의 답을 보여주며) 여기서 마그네슘 1개만 있고 염소가 2개 있잖아.

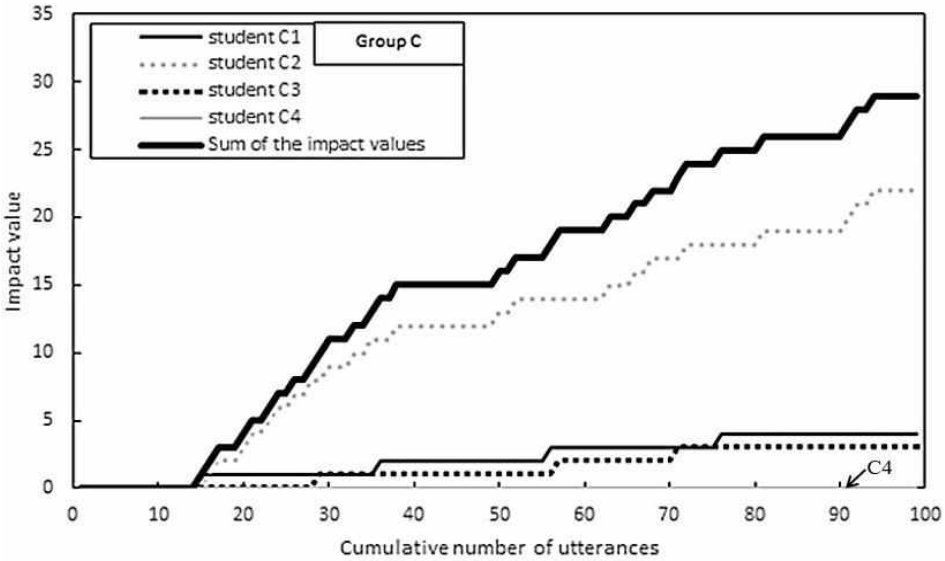
[도구 공유 환경: 모둠 B의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

이상의 결과는 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 담화의 양적 및 질적 수준을 높이는 도구 사용 환경으로 적절하다는 것을 보여준다. 개별 도구 환경은 증강현실의 매체적 특성인 다양한 조작에 따른 탐색 경험(Ibáñez *et al.*, 2014)의 기회를 촉진하였으며, 학생들이 결합 모형의 생성 여부를 확인하는 것에서 나아가 자신의 의견에 대한 근거 자료로 증강현실을 활용하도록 하였다.

3.3 지식 형성 과정

조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정에서 나타난 모둠별 지식 형성 과정에 대해 총 12개의 그래프를 얻었다. 도구 공유 환경의 2차시, 개별 도구 환경의 1차시는 지식 관련 발화 개수가 적어 그래프 개형을 파악하는 것이 어려워 지식 형성 과정에 대한 최종 분석에서 제외하였다. 그래프들의 경향성을 분석한 결과, 도구 공유 환경에서는 지식 형성 과정에 대한 그래프가 단일한 형태로 나타났으며, 개별 도구 환경에서는 2가지 형태가 나타났다.

도구 공유 환경에서는 모둠원 중 일부 학생의 영향 값이 전체 영향 값과 거의 유사한 지식 형성 과정을 보이는 경향이 있었다(그림 Ⅱ-3). 학생 C2는 올바른 과학 개념을 포함하여 모둠원에게 의문을 제기하거나 설명하는 경우가 많아 토의가 진행됨에 따라 영향 값이 증가하였지만, 나머지 학생들은 중립적인 질문을 제시하거나 다른 학생이 설명한 내용을 그대로 표현하는 것과 같은 단순한 반응만을 주로 보일 뿐 과학 개념에 대한 이해를 드러내는 발화가 거의 없어 토의가 진행됨에 따라 영향 값이 거의 변하지 않았다. 즉 도구 공유 환경에서는 담화에 적극적으로 참여한 일부 학생만이 화학 결합에 관한 개념을 구성해 나가는 것을 알 수 있다.



<그림 Ⅱ-3> 도구 공유 환경에서 학생들의 영향 값 변화

앞서 지식 구성 담화의 비율이 낮게 나타난 결과를 통해서도 알 수 있듯이 도구 공유 환경의 학생들은 소집단 학습에서 화학 결합의 형성 과정이나 원리에 대해 깊이 있게 토의하기보다는 특정 학생의 설명만을 공유하는 것에 초점을 두고 수동적으로 학습을 수행하는 모습으로 나타났다. 다음 예시는 학생 B1이 가상 객체인 염화 나트륨(NaCl)의 결합 모형을 관찰하면서도 이를 스스로 해석하기보다는 학생 B2의 설명에 의존하여 활동지를 정리하는 모습을 보여주고 있다.

학생 B1: (증강현실로 염화 나트륨 결합 모형을 관찰하며) 나트륨, 염소의 결합 전 상태를 어떻게 써?

학생 B2: (나트륨) 1개, (염소) 7개. 가장 바깥쪽에 있는 거잖아

학생 B1: 이온 결합 후에 전자 수는?

학생 B2: (나트륨 이온) 8개, (염화 이온) 8개 아니야?

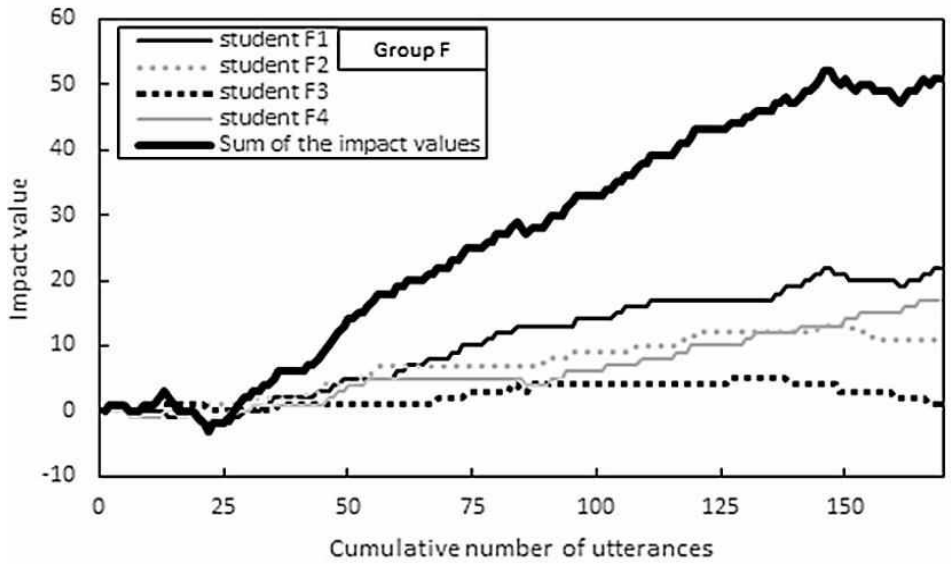
[도구 공유 환경: 모둠 B의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

면담자: 모둠원들과 학습했던 그때의 분위기를 말해줄래?

학생 C2: 안타깝게도 제가 (증강현실을) 사용하면 애들이 관심을 가지지 않고, 그냥 결과 보고 활동지를 채우는 것에만 관심을 두었어요.

[도구 공유 환경: 학생 C2의 면담 중에서]

개별 도구 환경에서는 토의가 진행됨에 따라 대체로 모든 모둠원의 영향 값과 전체 영향 값이 증가하는 경향을 보였다. 즉 개별 도구 환경에서는 소집단 학습을 통해 모둠원 대부분이 화학 결합에 관해 올바른 개념을 구성해 나갔다. 이때 개별 도구 환경에서 나타난 모둠별 지식 형성 과정의 첫 번째 형태는 <그림 Ⅱ-4>와 같이 수업 초기부터 대부분의 모둠원 개인의 영향 값이 꾸준하게 증가하여 모둠의 전체 영향 값이 점진적으로 증가하는 유형으로 5차시 중 3차시에서 나타났다.

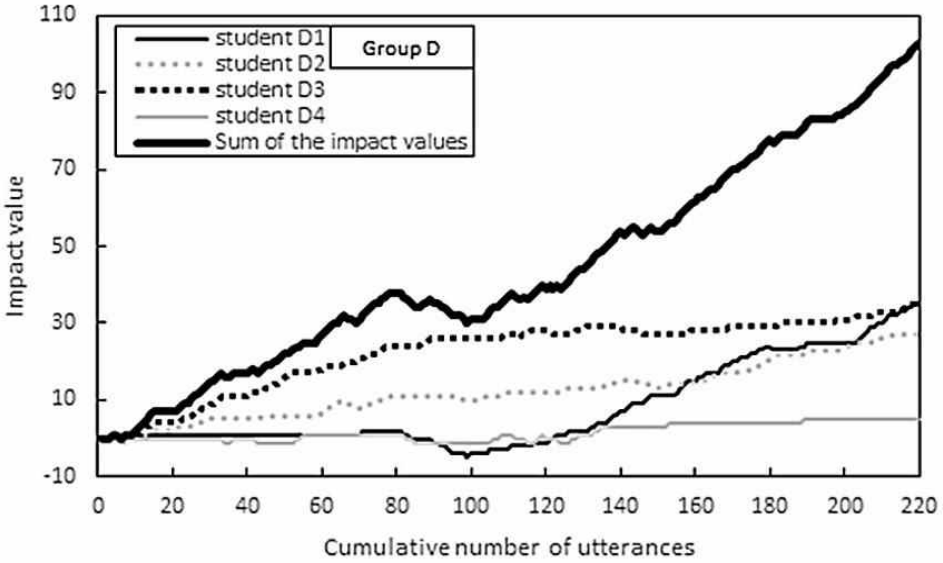


<그림 Ⅱ-4> 개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 유형 I

이는 학생 대부분이 수업 초기부터 활동지의 답을 공유하는 것뿐만 아니라 증강현실을 통해 서로의 생각을 비교하면서 토의에 적극적으로 참여하여 올바른 개념을 형성해 나감에 따라 나타난 결과이다. 다음 예시는 모둠원들이 증강현실의 가상 객체에 대한 각자의 해석에 대해 비평하는 과정을 보여준다. 이때 학생 F3는 물 분자의 결합 모형을 해석하는 과정에서 자신이 궁금한 내용에 대해 학생 F1으로부터 설명을 듣고, 학생 F2에게 스마트 기기상의 결합 모형을 보면서 공유 전자쌍 수에 대해 설명하고 있다.

학생 F3: (활동지를 보며) 이건 뭐야?
학생 F1: 공유 전자쌍 수는 2개, 공유 결합 수도 2개일 거야
학생 F3: 왜?
학생 F1: (학생 F3의 증강현실을 보며) 이렇게 전자 2개를 겹쳐 봐야지
학생 F2: 전자쌍 수 4개 아니야?
학생 F3: 전자 2개가 한 쌍이라고 했잖아. (학생 F2의 증강현실을 보며) 여기에 4개가 있잖아. 여기 한 쌍, 두 쌍 해서 (공유 전자쌍 수가) 2잖아.
[개별 도구 환경: 모둠 F의 공유 결합에 관한 토의 중에서]

두 번째는 <그림 Ⅱ-5>와 같이 수업 초기에는 일부 모둠원의 영향 값이 변화가 없었으나 수업의 어느 시점이 지난 후부터 감소하다가 다시 증가하는 유형으로 5차시 중 2차시에서 나타났다. 이러한 결과는 일부 모둠원이 목표 개념에 대해 오개념이 포함된 발언을 하였으나 토의가 진행됨에 따라 오개념을 수정하고 과학적으로 옳은 설명을 하게 되었다는 것을 의미한다.



<그림 Ⅱ-5> 개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 유형Ⅱ

이러한 변화가 일어난 구간에서는 주로 지식 구성 담화가 이루어졌으며, 특히 학습 내용에 대한 개인의 해석이나 설명을 다른 모둠원이 검토하는 과정은 학생들이 오개념을 수정하고 올바른 개념을 구성하는 데 중요한 역할을 하였다. 다음 지식 구성 담화의 예시는 학생 D1이 증강현실을 통해 산화 칼륨(K_2O)이 생성된다는 것을 확인하고, 초기에 가지고 있던 오개념을 수정하는 과정을 보여주고 있다.

학생 D1: (활동지를 보며) K_2O는 없어. K_2O라는 물질은 없다고
학생 D3: 그럼 (활동지에) 어떻게 써야 해?
학생 D1: 이온 결합 생성 여부가 없는거야. K_2O라는 것은 존재하지 않아
학생 D3: 왜 존재하지 않다고 생각해? 나 진짜 궁금해서 그래
학생 D2: 아직 발견되지 않은 거야
학생 D1: 없지 않나? 있나? (증강현실을 사용하여 K_2O를 확인함) 아, 있네! K_2O 존재하네
학생 D3: 활동지에서 (K_2O를) 지우지 않은 나의 승리!

[개별 도구 환경: 모둠 D의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

소집단 학습에 증강현실과 같은 테크놀로지를 접목하였을 때 전통적인 면대면 상호작용과 달리 개인의 학습 과정에 대한 모니터링이 성공적인 협업을 위한 중요한 요소로 작용하는데(Jeong & Hmelo-Silver, 2016), 개별 도구 환경에서는 개인이 증강현실 사용에 대한 주도권을 가져 모둠원의 학습 과정을 점검하는 데 용이했으며 이에 따라 소집단 학습 효과가 높아진 것으로 볼 수 있다.

4. 요약 및 결론

이 연구에서는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기를 모둠원들이 공동으로 사용하는 환경과 개별로 사용하는 환경에 대해 도구 사용 환경별 담화를 비교하였다.

연구 결과, 참여 유형의 경우 도구 공유 환경은 일인 주도형의 비율이 높았으나, 개별 도구 환경은 부분 참여형 및 다수 참여형의 비율이 높았다. 도구 공유 환경에서는 마커의 선택 및 배치 역할을 담당한 학생이 생성된 가상 객체를 해석하고 설명하는 과정 또한 주도하였지만, 개별 도구 환경에서는 모든 모둠원이 개별적으로 증강현실을 사용한 학습 활동을 경험함에 따라 소집단 토의에 자연스럽게 참여할 수 있었으므로 도구 사용 환경별 참여 유형의 비율이 달라졌다. 담화의 유형을 분석한 결과, 개별 도구 환경은 도구 공유 환경보다 담화의 수가 많았으며, 지식 공유 담화의 비율이 높았던 도구 공유 환경과 달리 지식 공유와 지식 구성 담화의 비율이 유사하였다. 도구 공유 환경과 개별 도구 환경 모두 지식 공유 담화에서는 기초 수준의 토의와 가상 객체의 생성 확인과 관련한 토의가 높은 비율로 나타났으며, 지식 구성 담화에서는 가상 객체의 분석 방법과 심화 수준의 토의가 높은 비율로 나타났다. 개별 도구 환경에서는 이외에 새로운 정보의 조직, 다양한 수준에서의 아이디어 공유, 다양한 수준에서의 아이디어 비판, 현재의 설명 수준을 넘어서려는 노력에 대한 토의 또한 나타났다. 지식 형성 과정의 경우, 도구 공유 환경에서는 일부 학생에 대해서만 의미 있는 지식 형성 과정이 나타났다. 반면 개별 도구 환경에서는 모둠원 대부분이 목표 개념에 대해 올바른 지식을 구성하였으며, 일부 모둠원에게 나타난 오개념은 소집단 토의를 통해 올바른 과학 개념으로 수정되었다.

즉 도구 사용 환경의 차이는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타난 담화의 다양한 차이를 유발하였으며, 활동에 대한 학생별 참여 형태와 전반적인 지식 형성 과정에도 영향을 미쳤다. 마커와 스마트 기기 개수의 증가는 학생들이 증강현실을 사용하면서 조작 활동에 따른 탐색 경험의 기회를 증가시켰으며, 학생들이 증강현실을 근거 자료로 활용하면서 소집단 토의에 자연스럽게 참여할 수 있도록 촉진하였다. 따라서 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위해서는 모든 학생이 개별적으로 증강현실을 다루도록 하는 환경을 구축할 필요가 있다. 이때 증강현실을 사용하면서 화학 결합의 원리나 규칙성을 탐색하는 과정은 모둠원 간 토의를 통한 지식 구성을 촉진하므로, 학생들이 마커와 스마트 기기를 충분히 조작하여 가상 객체를 탐색할 시간을 충분히 제공할 필요가 있다. 위 도구 사용 환경에서 학습 내용에 대한 개인의 해석이나 설명을 다른 모둠원이 검토하는 과정은 오개념 수정에 중요한 역할을 하므로, 과학 개념 구성을 위해 학생들이 자기 생각을 모둠원과 공유하고, 교사나 다른 모둠원이 이에 대해 올바른 피드백을 할 수 있는 방안을 도입할 필요가 있다.

하지만 학교 현장에서 고가의 스마트 기기를 충분하게 제공할 수 없거나 학습 과제의 수준이 높아 증강현실이 학습자에게 높은 인지 부담으로 작용할 때는 모둠원들이 증강현실을 협력적으로 사용하는 환경을 구성하는 것이 불가피할 수 있다. 이러한 환경에서는 증강현실 사용하는 데 있어 불평등이 나타날 수 있으므로 모든 모둠원에게 특별한 역할을 부여하고 모둠 활동에서 이러한 역할이 순환되는 교수학습 전략을 사용할 필요가 있다. 특히 마커 선택, 마커 배치 등 마커를 조작하는 것에 대한 주도적인 역할을 경험해보지 못한 경우에는 학생들의 협력적 상호작용 참여가 감소하는 것으로 나타났으므로, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습의 한 과정으로써 마커를 선택하고 배치하는 역할을 모둠원 모두가 경험하고, 이를 바탕으로 토의에 참여할 수 있도록 도움을 줄 필요가 있다. 이때 학생들이 단순히 증강현실을 사용하는 데 그치지 않고 증강현실을 바탕으로 학습한 내용에 대한 해석이나 토의로 이어지도록 교수학습 전략을 세울 필요가 있을 것이다. 예를 들어 학생들이 소집단 토의에서 각자의 생각을 주장할 때 증강현실로 학습한 내용을 근거로 설명하게 하거나 증강현실의 마커를 조합하는 활동을 수행할 때에도 그렇게 하는 이유를 탐색하도록 안내하도록 할 수 있다.

한편 증강현실을 활용한 소집단 학습은 모둠원 수, 마커가 아닌 GPS를 사용하는 위치 기반 증강현실과 같은 구현 방식 등의 다양한 외적 환경 요소에 의해 달라질 수 있으나, 이 연구에서는 4인 1 모둠의 소집단 학습 상황에서 스마트 기기와 마커의 개수를 다르게 했을 때 나타나는 소집단 학습만을 분석하였다. 따라서 증강현실을 활용한 효과적인 소집단 학습 환경 구축을 위해서는 모둠원 수, 증강현실의 구현 방식, 학년 등의 다양한 변인에 대한 학습 과정을 분석하는 연구가 계속해서 이루어질 필요가 있다.

제 5 장. 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타나는 언어적·물리적 상호작용 (연구 Ⅲ)[7]

1. 서 론

정보통신기술의 발달에 따라 증강현실에 대한 관심이 높아지고 있으며 이를 교육에 적용하기 위한 시도가 빠르게 확산되고 있다. 과학 교육에서 증강현실은 자기력선이나 원자 모형 등의 추상적 개념을 실제 세계와 혼합하여 시각화할 수 있으며, 증강현실을 조작 및 탐색하는 활동을 통해 능동적 학습 경험을 제공하고 이는 학습자 사이의 협업을 촉진하는 장점이 있는 것으로 알려져 있다(Cheng & Tsai, 2013; Hsiao *et al.*, 2016; Wanis, 2019). 이러한 장점으로 인해 증강현실을 소집단 학습을 위한 매체로 사용하게 되었으며, 증강현실을 활용한 소집단 학습은 개념 이해 및 몰입, 흥미 등의 인지적 및 정의적 측면에서 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Phon, Ali, & Halim, 2014). 최근에는 연구 Ⅰ과 같이 증강현실의 교육적 효과를 높이기 위해 도구 사용 환경을 탐색하거나, 문제 중심 학습(PBL)과 같은 교수학습 전략을 도입하는 등의 다양한 연구들도 진행되고 있다(Fidan & Tuncel, 2019).

하지만 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이는 방법이나 학습 환경을 설계하기 위해서는 우선으로 소집단 학습 과정을 분석한 실증적인 연구로부터 증강현실의 교육적 효과를 매개하는 요인을 탐색할 필요가 있다. 선행 연구에 따르면 학생들이 증강현실 애플리케이션의 다양한 기능을 조작하는 과정에서 과학 개념을 이루는 요소들의 관계를 이해하였으며, 이러한 능동적 학습 경험은 다른 모둠원과 학습 내용에 관한 토의를 촉진하였다(Lin *et al.*, 2013). 또한 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생들은 기기 화면에 나타나는 가상 객체의 시각적 효과나 특징에 초점을 두고 모둠원과 의사소통을 하는 것으로 나타났다(Unahalekhaka, Radu, & Schneider, 2019). 연구 Ⅱ에서는 증강현실을 개별로 사용하는 환경의 학생들을 마커나 스마트 기기를 조작하여 다양한 학습 내용을 탐색하였으며, 이는 모둠원들 사

7) 연구 Ⅲ은 한국과학교육학회지 40권 2호의 191-201쪽에 게재된 '고등학생의 증강현실을 활용한 협력적 과학 개념학습에서 나타나는 언어적·물리적 상호작용(신석진 등, 2020)'의 내용을 보완하고 재구성한 것임.

이에 다양한 지식 구성 담화가 활발하게 나타나도록 하였다. 이를 종합하면 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과는 증강현실과 학습자 사이의 상호작용뿐만 아니라 학습자와 학습자 사이의 상호작용에 기인한 것으로 볼 수 있다. 즉 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타나는 두 가지 형태의 상호작용은 증강현실의 교육적 장점인 동시에 교수학습 효과를 매개하는 중요한 요인이다(Akcayir & Akcayir, 2017, Bacca *et al.*, 2014).

증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 다수의 학생이 면대면 상황에서 마커와 스마트 기기를 동시에 조작하고 관찰하게 되므로, 가상 객체를 자유롭게 탐구하고 이에 대해 논의할 수 있는 환경이 조성된다(Diegmann *et al.*, 2015; Li *et al.*, 2011). 이러한 학습 환경은 학생들 사이의 상호작용을 촉진하여 소집단 활동이나 협업을 효과적으로 일어나게 한다. 또한 이때 나타나는 언어적 상호작용은 학생들의 수업에 대한 동기와 흥미를 향상할 뿐만 아니라, 지식 구성에도 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(윤정현 등, 2017). 그런데 교실 수업에서 학생들의 상호작용은 새로운 교수학습 매체의 도입에 따라 달라질 수 있다(윤정현 등, 2017). 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 마커와 가상 객체를 다양하게 조작하거나 여러 가지 마커들의 배치를 변화시켜 가상 객체의 다양한 특징을 탐색하는 활동이 이루어진다. 이와 같은 학습 상황에서 나타나는 언어적 상호작용은 전통적인 소집단 학습 또는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 상황과는 다를 것으로 예상된다. 따라서 조작형 증강현실을 소집단 학습에 적용할 때 나타나는 언어적 상호작용을 분석하면 새로운 특징과 시사점을 도출할 수 있을 것이다.

한편, 증강현실을 활용한 교수학습과 같이 기기 사용 중심의 학습 상황에서는 학생 사이의 언어적 상호작용뿐 아니라 학생이 증강현실이나 활동지와 같은 학습 매체를 다루는 활동을 의미하는 물리적 상호작용도 중요하다(Matcha & Rambli, 2013). 구체적으로 물리적 상호작용의 대상에는 물리적 마커나 스마트 기기 화면에 존재하는 가상 객체와 활동지가 모두 포함되며, 학생들이 이를 사용할 때 나타나는 물리적 상호작용의 행동 유형은 매우 다양할 것으로 예상된다. 특히 학생들이 증강현실을 활용하면서 느낄 수 있는 몰입감은 학생들이 직접 마커를 조작하거나 증강현실로 구현된 가상 객체를 조작하는 활동에서 비롯되므로(Ibáñez *et al.*, 2014), 이들을 대상으로 하는 물리적 상호작용의 특징을 분석하는 것은 증강현실을 사용하

는 학생들의 학습 과정을 탐색하고 증강현실의 교육적 효과를 규명하는 의미도 가진다. 또한 증강현실을 활용하여 소집단 학습을 수행할 때는 학생들이 증강현실 사용에만 집중할 수도 있지만, 다른 학생과 의사소통하면서 동시에 증강현실을 사용할 수도 있다. 즉, 물리적 상호작용과 학생들 사이의 언어적 상호작용은 동시에 일어날 뿐만 아니라 서로 영향을 주고받을 가능성이 있다. 그러므로 학생들의 물리적 상호작용과 언어적 상호작용을 통합적으로 분석한다면, 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정을 이해하는 데 도움을 줄 것이다.

그러나 증강현실을 활용한 소집단 학습 상황에서 나타나는 언어적 상호작용이나 물리적 상호작용에 대한 정보는 매우 부족한 실정이다. 증강현실의 매체적 특징이 학생들의 과학적 의사소통 능력이나 언어적 상호작용의 특징에 영향을 미칠 수 있다는 가능성이 보고된 바 있으나(Diegmann *et al.*, 2015), 실증적 관점에서 이에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 연구 Ⅱ에서는 소집단 학습에서 나타난 담화를 지식 형성 과정의 관점에서 지식 공유나 지식 구성으로 분류하여 비교하였기 때문에 이 연구의 결과만으로는 학생들의 개별 발화의 특징이나 학습 운영에 관한 진술 등과 같이 소집단 토의에서 나타난 모든 언어적 상호작용에 대한 정보를 심층적으로 파악하는 데 한계가 있다. 또한 물리적 상호작용을 분석한 선행 연구(Matcha & Rambli, 2013)는 현재 거의 사용하지 않는 PC 기반의 증강현실 학습 상황에서 나타나는 학생들의 물리적 상호작용을 분석하였다. 이때 학생들은 고정된 모니터 화면을 보면서 증강현실을 사용하므로 학생들 사이의 자연스러운 면대면 상호작용이 일어나기 어려운 한계점을 가진다. 최근에 디스플레이 매체로 핸드헬드 방식의 스마트 기기가 사용되고 있으며, 이는 더욱 자연스러운 면대면 상호작용을 촉진할 수 있으므로 이때의 언어적 상호작용과 물리적 상호작용을 조사하는 연구가 필요한 상황이다.

이에 이 연구에서는 조작형 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행할 때 나타난 효과적인 학습 과정을 더욱 구체적으로 이해하기 위해 상호작용을 조사하고자 한다. 특히, 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ를 통해 증강현실을 모둠원들이 개별로 사용하는 환경에서 교수학습 효과가 높고 학생들이 소집단 토의에 적극적으로 참여하였으며 다양한 지식 관련 담화가 풍부하게 나타났다. 따라서 이러한 환경에서 나타난 학생들 사이에 일어나는 언어적 상호작용, 증강현실과 학습자와의 물리적 상호작용을

각각 조사하였다. 또한 언어적 상호작용과 물리적 상호작용의 분석 결과를 관련지어 언어적 상호작용 유형에 따른 물리적 상호작용의 특징을 비교하였다. 이로부터 나타난 결과를 통해 증강현실을 활용한 소집단 학습 상황에서 나타나는 특징을 밝히고, 이를 바탕으로 과학 교과에서 증강현실을 효과적으로 활용하기 위한 구체적인 교수학습 전략 및 교육적 시사점을 찾고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 참여자

서울특별시에 소재한 한 남녀 공학 고등학교의 1학년 학생 12명(남학생 6명, 여학생 6명)이 연구에 참여하였다. 이들은 증강현실을 활용한 소집단 학습에 참여한 학생 중 무작위로 선정한 3개 모둠의 구성원이다. 각 모둠은 D, E, F로 구분하였으며 모둠원들의 이름은 모둠 이름에 숫자 1~4를 임의로 덧붙여 제시하였다. 연구 참여자 중에서 4명은 증강현실 게임이나 증강현실 체험전 등을 통해 증강현실을 접해보았으며, 3명은 중학교 시절에 빛과 세포를 주제로 교육용 증강현실을 사용한 경험이 있었다. 나머지 5명의 학생 중 2명만이 인터넷 뉴스나 과학 잡지를 통해 증강현실이라는 용어를 들어본 경험이 있었다.

2.2 연구 절차

연구 Ⅰ에서 개발한 화학 결합 주제의 조작형 증강현실을 사용했으며 연구자가 직접 스마트 기기에 애플리케이션을 설치한 후 학생들에게 제공하였다. 특히 이 연구에서는 조작형 증강현실을 사용하므로 학생들은 스마트 기기 화면상의 가상 객체를 단순히 관찰하는 수준에 머무는 것이 아니라, 여러 개의 원자 마커를 직접 조작하여 가상 객체로 구현된 원자들이 이온 결합 또는 공유 결합을 형성하는 과정을 체험할 수 있도록 하였다.

통합과학 교과의 ‘물질의 규칙성과 결합’ 단원을 선정한 후, 원소의 주기성을

주제로 연습 수업 1차시를 운영하고 이어서 이온 결합 및 공유 결합을 주제로 각각 1차시씩 총 2차시에 해당하는 본 수업을 실시하였다. 연습 수업에서는 학생들이 증강현실 애플리케이션의 활용 방법에 대하여 충분히 숙지하고 연구자의 수업 관찰 및 녹음, 녹화 등 연구 상황에 익숙해지도록 하였다. 학생들은 증강현실 구현에 필요한 마커 세트와 스마트 기기를 각자 하나씩 가지고 4인 1 모둠으로 소집단 학습에 참여하였다. 이온 결합을 다루는 1차시 수업에서 학생들은 증강현실로 다양한 원자 모형을 관찰하면서 원자가 전자 수나 전자 껍질 수와 같은 전자 배치상의 특징을 활동지에 정리하였다. 다음으로 학생들은 교사의 안내에 따라 증강현실로 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형을 만들었으며, 이때 나트륨 원자에서 염소 원자로 이동하는 전자 수와 결합 모형을 이루는 나트륨 이온과 염화 이온의 전자 배치상의 특징 등을 활동지에 기록하였다. 이후 학생들은 2, 3주기의 여러 가지 원자 마커를 자유롭게 사용하여 다양한 이온 결합 화합물을 만드는 활동을 하였고, 관찰 내용을 다른 모둠원과 토의하여 활동지에 정리하였다. 이때 수업 담당 교사는 학생들의 협업과 토의가 활발하게 이루어지도록 촉진하는 역할을 하였다. 공유 결합에 대한 수업에서도 이온 결합과 유사한 방법으로 증강현실 활용 학습이 진행되었고, 이온 결합 화합물 대신 다양한 분자를 만들어보는 활동을 하였다.

이상의 모든 수업 과정은 연구자 2명이 관찰하면서 특이사항을 필드 노트에 기록하였으며, 모든 모둠의 소집단 활동을 녹음기와 캠코더로 녹음 및 녹화하였다. 수업 후 면담에 자발적으로 동의한 3명의 학생을 대상으로 학생 1명당 약 20분 동안 반구조화된 면담을 하였으며, 면담에서는 필드 노트에 작성된 내용을 바탕으로 수업에서 나타난 학생의 활동이나 다른 모둠원과의 대화 내용 등에 관하여 질문하였다. 3개의 모둠에 대해 이온 결합과 공유 결합을 주제로 각각 1차시씩 총 2차시 동안 자료를 수집하였으므로, 총 6차시 분량의 전사 자료를 얻었다.

2.3 상호작용 분석틀

(1) 언어적 상호작용

과학 교과에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 및 일반적인 협동학습 상황에서 학생들의 언어적 상호작용을 분석한 선행 연구(윤정현 등, 2017; 주영, 김경순, 노태희, 2014)를 바탕으로, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타나는 언어적 상호작용을 분석하기 위한 예비 분석틀을 개발하였다. 선행 연구와 같이 학생들의 언어적 상호작용을 각 학생의 개별 진술 단위와 학생들 사이의 상호작용 단위의 두 수준에서 분석하여 언어적 상호작용의 전체적 흐름을 파악하였다.

개별 진술 단위의 분석에서는 윤정현 등(2017)의 개별 진술 단위 분석틀을 수정 없이 적용하여 예비 분석을 하였다. 분석 단위는 한 학생의 진술이 시작된 후부터 다른 학생의 개입 없이 자발적으로 끝날 때까지이며, 서로 다른 기능을 가진 두 개 이상의 진술이 나타날 때는 각각을 독립적인 개별 진술로 구분하였다. 예를 들어 한 학생이 학습 내용에 관하여 설명한 후 새로운 학습 내용에 관하여 질문하면 각각을 정보 설명과 정보 질문으로 코딩하였다. 예비 분석 결과, 역할 분담이나 기록, 진행, 학습 참여 권장 등의 운영 관련 진술은 대부분 학습 과제를 논의하는 맥락에서 나타났다. 이에 학생들의 운영 관련 진술을 과제 관련 진술과 같은 위계로 분류한 윤정현 등(2017)과 달리, 운영 관련 진술을 과제 관련 진술의 일부로 분류한 주영과 김경순, 노태희(2014)의 언어적 상호작용 분석틀을 참고하여 학생들의 개별 진술을 학습 내용과 관련한 과제 관련 진술(on-task), 학습 내용과 무관한 과제 무관 진술(off-task), 교사와 학생의 대화인 교사 참여 진술(teacher participation)의 3가지 영역으로 분류하고 과제 관련 진술은 질문, 설명, 반응, 평가, 운영의 다섯 가지 하위 영역으로 구분하였다. 질문과 설명은 그 내용과 수준에 따라 단순, 정보, 방향으로 세분하였으며, 반응은 상대방의 진술에 대한 반응에 따라 수용, 반론, 수용적 확산, 논쟁으로 세분하였다. 평가는 평가 대상에 따라 곤란도 평가와 기준 반성으로 세분하였으며, 운영은 활동 유형에 따라 기록, 진행, 참여 권장으로 세분하였다. 이 연구에서 사용한 개별 진술 단위 분석틀과 요소별 정의를 <표 Ⅲ-1>에 정리하였다.

<표 Ⅲ-1> 개별 진술 분석틀

대분류	중분류	세분류	코드
과제 관련 (On-task)	질문 (Question)	단순 질문(Simple question)	Q1
		정보 질문(Information question)	Q2
		방향 질문(Direction question)	Q3
	설명 (Explanation)	단순 설명(Simple explanation)	S1
		정보 설명(Information explanation)	S2
		방향 설명(Direction explanation)	S3
	반응 (Reaction)	수용(Agreement)	R1
		반론(Disagreement)	R2
		수용적 확산(Positive explanation)	R3
		논쟁(Argument)	R4
	평가 (Evaluation)	곤란도 평가(Evaluating task difficulty)	E1
		기준 반성(Reflection on standards)	E2
	운영 (Management)	기록(Writing)	M1
		진행(Progress)	M2
		참여 권장(Encouragement)	M3
과제 무관(Off-task)			OT
교사 참여(Teacher participation)			T

과제 관련 영역 중에서 질문은 동의나 부정 등의 간단한 설명을 요구하는 단순 질문(Q1), 구체적인 정보나 의견을 요구하는 정보 질문(Q2), 과제의 해결 방법이나 방향에 관한 방향 질문(Q3)으로 세분하였다. 질문의 유형별 예시는 다음과 같다.

학생	진술	분류 코드
F2	산소가 2개가 있으면 오투(O_2)야?	Q1
F1	어 오투. 산소 분자	S1
E3	(H_2O에서) 결합 전이면 부족한 전자 수가 2개 아니야?	Q2
	산소가 원자 번호 8번이잖아. 수소는 1번이고	S2
D2	아니 그니까. 금속에서 칼륨 골랐으면 숫자 1을 쓰는 거야?	Q3
D3	어 맞아	S3
D1	비금속에서 염소를 골랐으면?	Q3
D2	일곱 개를 쓰면 되지	S3

설명은 동의나 부정 등의 간단한 설명 또는 정보나 의견이 불분명한 설명을 단순 설명(S1), 구체적인 정보를 제시하거나 그에 근거한 정보 설명(S2), 과제의 해결 방법이나 방향에 관한 방향 설명(S3)으로 세분하였다. 설명의 유형별 예시는 다음과 같다.

학생	진술	분류 코드
E2	그니까.. 지금 뭐를 하는거야? 무엇을 어떻게 해야지 (결합이) 되는거야?	Q3
F1	어.. 마그네슘..	S1
D2	공유 결합 되는 거 아니야?	Q2
D3	공유 결합은 애(전자)를 빼앗는 게 아니고 공동 소유하는 거지	S2
F2	산소 하나랑 수소 하나랑 (결합이) 만들어지지 않는다는 거지?	Q2
F1	수소 하나랑 산소가 만나면 안정해지지 않아. 옥텟 규칙을 만족할 수 없어	S3

반응은 상대방의 진술에 대해 단순히 동의를 표하거나 받아들이는 수용(R1), 상대방의 진술에 대해 단순히 거부를 표하거나 반대하는 반론(R2), 상대방의 진술에 동의하면서 자신의 의견을 첨가하는 수용적 확산(R3), 상대방의 진술에 반대하면서 자신의 의견을 제시하는 논쟁(R4)으로 세분하였다. 반응의 유형별 예시는 다음과 같다.

학생	진술	분류 코드
E2	그러니까 ($MgCl_2$에서) 마그네슘이 (Cl에게) 전자 1개씩 준거 아니야? 이렇게?	Q2
E4	그치.. 그러네. 되네	R1
F2	물 분자에서 산소 쪽이 8개 아니야? 산소니까	Q2
F4	네온처럼 되는구나	S2
F1	아니지	R2
F1	그래서 이 분자는 OF_2야? 아니면 F_2O야?	Q1
F4	OF_2	S1
F2	OF_2. 이걸 일반적으로 더 많이 쓴데	R3
D4	우리 이거 다 만들어 봤잖아. 다 만들어졌다고 쓰면 되나?	Q2
D1	아까 D2가 케이(K)랑 오(O)랑 붙여 봤잖아. 이건 결합이 안 만들어졌잖아	R4

평가는 학습 내용의 곤란한 정도에 대해 평가하는 곤란도 평가(E1), 외부적 기준에 근거한 학습 과정이나 결과물에 대해 평가하는 기준 반성(E2)로 세분하였다. 평가의 유형별 예시는 다음과 같다.

학생	진술	분류 코드
F2	아니야 아까 이상하게 되던데. 가로로 해볼까? 나와라	M2
F1	그래 오류 아니야	M2
F2	아 되었다. 오.. 그래서	S1
F3	아.. 힘들다	E1
F1	야 이것도 (바깥 껍질의 전자 수가) 8개인데	E2
F2	(증강현실을 보며) 야! 겹치는 부분 전자 수가 2개 아니야?	E2

운영은 소집단 활동에 사용한 활동지 기록과 관련된 진술을 기록(M1), 학습 진행이나 증강현실 사용에 관련된 진술은 진행(M2), 모둠원의 참여를 권장하는 진술은 참여 권장(M3)으로 세분하였다. 운영의 유형별 예시는 다음과 같다.

학생	진술	분류 코드
E4	필기한 것 한 번만 보여주면 안돼? 필기 한 번만	M1
E2	이거? 근데 이거 틀릴 수도 있어	M1
D1	너랑 나랑 같이해야 해. 가운데에 Mg 놓고 양옆에 Cl을 놓으면 될 거야. $MgCl_2$ 이렇게 하면 돼	M3
D2	나 Cl(마커)이 왜 1개 밖에 없지? 아.. 2개 있구나	M2

상호작용 단위의 분석에서는 윤정현 등(2017)의 상호작용 단위 분석틀을 사용하였으며, 예비 분석 결과에서 수정의 필요성이 도출되지 않아 분석틀을 수정 없이 사용하였다. 이때 상호작용 단위는 하나의 대화 주제에 대해 2개 이상의 개별 진술로 구성되며, 두 명 이상의 대화에서 초점이 바뀔 때까지로 정의하였다. 이 연구에서 사용한 상호작용 단위의 분석틀은 <표 Ⅲ-2>에 제시하였으며, 학생들 사이의 언어적 상호작용은 성격에 따라 지식 구성 상호작용과 운영 상호작용으로 구분하였다. 이 중 지식 구성 상호작용은 대칭적 상호작용과 비대칭적 상호작용으로 구분하였다(강석진, 김창민, 노태희, 2000; 윤정현 등, 2017; 주영, 김경순, 노태희, 2014).

<표 Ⅲ-2> 언어적 상호작용 분석틀

대분류	중분류	세분류	
지식 구성 (Knowledge construction)	대칭적 (Symmetrical)	단순(Simple)	
		정교화 (Elaborated)	누적형(Cumulative)
			교정형(Reformative)
			논쟁형(Disputative)
			평가형(Evaluative)
	비대칭적 (Non-symmetrical)	단순(Simple)	
		정교화(Elaborated)	
운영 (Management)	진행 관련(Writing)		
	기록 관련(Progress)		

지식 구성 상호작용에서 대칭적 상호작용은 대화 참여 학생이 모두 상호작용에 유의미한 기여를 하면서 상호작용을 이끌어 가는 것으로, 한 학생의 질문에 대한 다른 학생의 의견이나 정보 제시가 이루어지는 특징이 있다. 대칭적 상호작용은 대화의 질에 따라 단순 상호작용 및 정교화 상호작용으로 세분하였다. 이때 대칭적 단순 상호작용은 개별 진술의 수가 적고 한 모둠원의 간단한 질문에 다른 모둠원이 간단하게 답변하는 형태이며 대칭적 정교화 상호작용은 모둠원의 진술에 근거한 대화가 이어지면서 내용이 양적 또는 질적으로 확장하는 특징이 있다.

[대칭적 단순 상호작용]

F3	전자 배치가 같은 18족 원소는.. 이건 뭐야?
F1	헬륨이랑 네온일걸? 헬륨 네온

또한 대칭적 정교화 상호작용은 대화의 발달 유형에 따라 누적형, 교정형, 논쟁형, 평가형 상호작용으로 세분하였다. 누적형은 모둠원들이 대화를 주고받으면서 지식이 누적되며 이를 모둠 내에서 공유하여 확장되는 형태, 교정형은 한 모둠원이 다른 모둠원의 오류를 수정하기 위해 답을 제시하거나 설명하는 형태, 논쟁형은 모둠원들의 의견이 서로 대립할 때 각자 의견을 제시하면서 논쟁하는 형태, 평가형은 교과서나 활동지, 증강현실 등의 외부적 기준에 근거하여 모둠원들이 함께 학습에 대하여 평가하거나 반성하는 형태의 상호작용 단위이다.

[대칭적 정교화 상호작용: 누적형]

D2	전자 1개를 잃는다?
D3	K 바깥 껍질 전자의 전자 1개를 잃는다. 이렇게
D4	적었어
D3	밑에 있는 Cl은 바깥 껍질의 전자 1개 얻는다
D4	근데 전자가 마이너스잖아?
D2	그치
D3	마이너스(전자)를 잃으면?
D2	양이온
D3	그렇지. 양이온이 되지. 그러니까 K^+, Cl은 마이너스를 얻었으니 Cl^-

[대칭적 정교화 상호작용: 교정형]

E2	F_2에서 바깥 껍질 전자 수 1개라고 해야 해?
E3	(증강현실을 보며) 이거 (전자 수) 8개인데? 플루오린? 왜 8개이지?
E4	그러게..
E3	아.. 왜 이거 바깥 껍질에서 전자 개수가 8개야?
E1	합쳤을 때
E3	아. 합쳤을 때.. 합쳤을 때래. 와... 합쳤을 때 하는 거래. 우리 뭐 한 거야

[대칭적 정교화 상호작용: 논쟁형]

F1	(Cl_2에서) 총 전자수는 8개니?
F2	16개 아니야?. 염소 원자 두 개 합쳐서
F1	원자가 전자 수를 봐야 하는 거 아냐?
F2	근데 총 전자수라고 했잖아
F1	바깥 껍질의 총 전자 수. 바깥 껍질에
F4	7개 아니야?
F2	왜 7개야?

[대칭적 정교화 상호작용: 평가형]

F1	각 염소 원자의.. 각이라고 했으니까 이건 (전자 수가) 7개인가?
F4	이건 각 염소 원자니까 전자 수가 7개, 근데 결합한 이후에는 8개
F3	왜 7개야?
F4	(증강현실을 보며) 이거 봐봐. 이게 염소 원자인데 전자 수가 7개잖아. 근데 이렇게 하면 결합을 하잖아
F1	(F3을 바라보며) 가장 바깥 껍질에 있는 것을 봐야 하잖아
F3	그럼 왜 결합 후에는 (전자 수가) 8개야?
F4	(증강현실을 보며) 애는 이렇게 서로 공유 결합했잖아. 그러면 공유 전자 2개 포함해서 세어보면 8개지

비대칭적 상호작용은 한 명의 학생만이 상호작용에 유의미한 기여를 하면서 주도적으로 상호작용을 이끌어가는 것으로, 한 학생의 질문이나 설명에 대해 나머지 학생들은 수동적 동의, 상대방에 대한 격려 등의 단순한 역할만을 담당하는 특징이 있다(강석진, 김창민, 노태희, 2000). 비대칭적 상호작용도 대화의 질에 따라 단순 및 정교화 상호작용으로 세분하였다. 비대칭적 단순 상호작용은 한 모둠원이

의견을 제시하거나 질문할 때, 다른 모둠원이 질문과 관련이 적고 간단한 응답을 하는 형태이고, 비대칭적 정교화 상호작용은 한 모둠원이 다른 모둠원의 대화 참여와 관계없이 혼자서 학습 내용을 양적 또는 질적으로 확장하는 형태이다.

[비대칭적 단순 상호작용]

D1	과연 이 중에서 플루오린은..어떻게 결합하지?
D2	저거 결합이 만들어지는지 다 해봐야 해?
D3	에프투오(F_2O)가 가능할 것인가? 그것이 문제로다...

[비대칭적 정교화 상호작용]

E3	(증강현실을 보며) 쩐다. 야 E4야! 이거 정말 대박이다!
E3	(증강현실을 보며) 여기(Na)에 원래 전자 하나가 있잖아. 근데 이게 이 쪽(Cl)으로 갔어. 이동한 전자가 빨간색이야. 이거 보고 그리면 되겠다.
E4	응

운영 상호작용은 증강현실 사용에 대한 진행 관련 상호작용과 활동지에 학습 내용을 정리하는 형태의 기록 관련 상호작용으로 나누어 분류하였다. 이때 진행 관련 상호작용은 모둠원들이 마커나 스마트 기기를 사용하는 방법에 대해 토의하는 형태의 상호작용 단위이다.

[운영 상호작용: 진행 관련]

F1	(증강현실로 H_2O를 만들며) 어 되었다!
F4	산소를 가운데에 두면..
F2	난 산소가 없는데?
F1	난 됐어. 됐어
F2	선생님! 노란 산소(중심 원자 마커)가 없어요
F1	노란 산소가 없다고? 어 진짜네?
F4	(F1의 마커 세트를 확인하며) 여기 있잖아. 노란 산소 여기 있잖아
F1	여기 있네

[운영 상호작용: 기록 관련]

E3	이렇게 쓰는 것이 맞나?
E4	과정을 뭐라고 써야 해?
E3	3번에 뭐라고 써야 해?
E2	Na은 전자를 잃어서 양이온이 되고 Cl는 전자를 얻어서 음이온이 되고

⑵ 물리적 상호작용

PC 기반 증강현실을 활용한 소집단 학습 환경에서 학생들의 물리적 상호작용을 분석한 Matcha와 Rambli(2013)의 분석틀을 이 연구의 맥락에 맞게 수정 및 보완하여 예비 분석틀을 개발하였다. 선행 연구에서는 마커를 PC에 연결된 웹캠에 인식하는 형태의 학습 환경을 제공하고 학습자와 증강현실의 마커 및 활동지 사이의 물리적 상호작용을 분석하였다. 하지만 이 연구에서는 스마트폰으로 증강현실을 구현하는 모바일 기반의 학습 환경을 제공하였으므로, 학습자는 스마트 기기의 터치스크린을 사용하여 증강현실의 가상 객체와도 다양한 물리적 상호작용을 할 수 있다. 이에 학습자와 상호작용하는 물리적 대상으로 증강현실의 가상 객체를 추가하고, 소집단 활동의 촬영 영상을 분석하여 귀납적으로 학습자와 가상 객체 사이의 물리적 상호작용에 대한 행동 유형을 파악하였다. 또한 선행 연구에서는 2명의 학습자가 증강현실을 공동으로 사용하는 환경이었기 때문에 학습자와 학습자 사이의 물리적 상호작용 또한 분석하였다. 하지만 이 연구는 학생들이 개별로 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 수행하는 환경을 제공하므로 질문, 설명, 운영 등의 언어적 상호작용이 주로 나타났으며, 이러한 이유로 인해 학생들 사이의 물리적 상호작용은 분석 대상에서 제외하였다.

물리적 상호작용 분석틀 초안을 바탕으로 예비 분석하였다. 물리적 상호작용의 분석 단위는 물리적 대상과 상호작용하는 학생의 행동이 다른 행동이나 다른 물리적 대상으로 전환되는 시점으로 정의하였다. 예를 들어 어떤 학생이 마커를 선택해 스마트폰 카메라 아래에 위치시키고 화면상의 가상 객체를 관찰하였다면, 물리적 상호작용은 마커 선택하기, 마커 위치시키기, 가상 객체 관찰하기 순으로 분석하였다. 이와 같은 방법으로 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타난 물리적 상호작용을 모둠원별로 각각 분석하였다. 예비 분석 결과, 학생들이 단순히 마커만을 응시하거나 가리키는 행동의 비율이 매우 낮았기 때문에 분석틀에서 마커를 응시하는 행동(gazing marker)을 제외하였다. 학생과 가상 객체 사이의 물리적 상호작용은 가상 객체를 응시하는 행동 외에 가상 객체를 확대, 회전, 캡처, 초기화하는 행동이 추가로 관찰되어 이를 분석틀에 포함하였다. 물리적 상호작용의 최종 분석틀과 요소별 정의를 <표 Ⅲ-3>에 제시하였다.

<표 Ⅲ-3> 물리적 상호작용 분석틀

대분류	중분류	세분류	정의
증강현실(AR)	물리적 객체(Physical Object)	마커 선택(Selecting a marker)	자신이 원하는 마커를 선택하는 행동
		마커 위치(Locating a marker)	마커를 스마트 기기의 카메라에 위치시키는 행동
		마커 초기화(Refreshing a marker)	마커를 초기 상태로 되돌리는 행동
		마커 이동(Moving a marker)	증강현실을 관찰하는 중에 마커를 이동하는 행동
	가상 객체(Virtual Object)	가상 객체 관찰(Gazing a virtual object)	스마트 기기의 화면 속 가상 객체를 단순히 응시하는 행동
		가상 객체 확대(Magnifying a virtual object)	스마트 기기를 마커에 가까이하거나, 가상 객체를 손으로 확대하는 행동
		가상 객체 회전(Rotating a virtual object)	가상 객체를 드래그하여 이동하거나 회전시키는 행동
		가상 객체 캡쳐(Capturing a virtual object)	움직이는 가상 객체를 캡쳐하는 행동
		가상 객체 초기화(Resetting a virtual object)	가상 객체를 초기화하는 행동
활동지(Worksheet)		활동지 읽기(Reading a worksheet)	활동지를 응시하면서 읽는 행동
		활동지 작성(Writing a worksheet)	활동지를 작성하는 행동

2.4 분석 방법

무작위로 선정한 한 개의 모둠에서 이루어진 한 차시 분량의 수업 활동 자료를 바탕으로 언어적 상호작용과 물리적 상호작용을 예비 분석하였다. 2명의 연구자가 녹음 및 녹화 자료를 검토하며 예비 분석틀을 구성하였고, 이를 바탕으로 해당 소집단의 언어적 상호작용과 물리적 상호작용을 각자 분석하였다. 분석 결과를 비교하며 나타난 차이에 대하여 논의하고 필요시 분석틀의 요소와 정의를 수정 및 보완하는 과정을 반복하여 분석틀을 확정하였다. 분석자 간 일치도가 .93에 도달한 후, 1명의 연구자는 언어적 상호작용을, 다른 1명의 연구자는 물리적 상호작용을 모두 분석하였다. 모든 모둠에 대해 언어적 상호작용과 물리적 상호작용의 분석을 마친 후, 언어적 상호작용과 물리적 상호작용의 관련성을 통합적으로 분석하기 위해 언어적 상호작용 단위의 분석 결과를 기준으로 물리적 상호작용의 등장 비율을 나누어 분석하였다. 즉, 학생들이 과제 관련 언어적 상호작용을 할 때, 운영 관련 언어적 상호작용을 할 때, 그리고 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용만 할 때의 세 가지 경우에 대하여 나타난 물리적 상호작용의 빈도와 비율을 제시하여 물리적 상호작용 및 언어적 상호작용을 교차 분석하였다. 분석 결과의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해 상호작용 분석을 통해 나타난 특징들이 소집단 학습에 사용한 활동지와 면담, 필드 노트 등의 다양한 자료에서 공통으로 나타나는지를 검토하는 삼각 측정(triangulation)을 수행하고, 연구 결과를 뒷받침하는 증거로 활용하였다. 또한 과학 교육 전문가 1인과 현직 과학 교사 4인이 참여한 세미나를 여러 차례 운영하여 연구 방법 및 결과 해석의 타당도를 점검받았다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1 언어적 상호작용

(1) 개별 진술 단위 분석

조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타난 개별 진술 단위의 언어적 상호작용 분석 결과를 <표 Ⅲ-4>에 제시하였다. 전체 2,126개의 개별 발화 중 과제 관련 진술이 75.6%(1,607개)로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 과제 무관 진술은 15.3%(326개), 교사 참여 진술은 9.1%(193개)로 나타났다. 또한 과제 관련 진술 중에서 가장 비율이 높았던 개별 진술은 설명(28.3%)이었고, 운영(19.7%)과 질문(19.2%)의 비율도 낮지 않았다. 다만 반응(6.2%)과 평가(2.3%)의 비율은 상대적으로 낮았다.

질문과 설명 요소에서는 공통으로 화학 결합이 이루어지는 조건이나 특정 원자의 최외각 전자 수 등 학습 내용에 관한 구체적인 정보를 요구하거나 제시하는 정보 질문과 정보 설명의 비율이 각각 9.6%, 10.7%로 가장 높았다. 구체적인 학습 내용에 관하여 서로 질문하고 설명하는 언어적 상호작용의 빈도는 학업 성취도와 높은 관련이 있으므로(주영, 김경순, 노태희, 2014; Abram *et al.*, 2002), 학생들이 학습 개념에 관한 정보를 주제로 서로 질문과 답변을 하는 경우가 많았다는 것은 증강현실을 활용한 소집단 학습이 바람직한 방향으로 운영된 것으로 해석할 수 있다.

<표 Ⅲ-4> 개별 진술의 빈도

대분류	중분류	세분류	빈도	(%)
과제 관련	질문	단순 질문	48	(2.3)
		정보 질문	204	(9.6)
		방향 질문	156	(7.3)
		소계	408	(19.2)
	설명	단순 설명	186	(8.7)
		정보 설명	228	(10.7)
		방향 설명	187	(8.8)
		소계	601	(28.3)
	반응	수용	85	(4.0)
		반론	12	(0.6)
		수용적 확산	9	(0.4)
		논쟁	25	(1.2)
		소계	131	(6.2)
	평가	곤란도 평가	19	(0.9)
		기준 반성	29	(1.4)
		소계	48	(2.3)
	운영	기록	78	(3.7)
		진행	327	(15.4)
		참여 권장	14	(0.7)
		소계	419	(19.7)
과제 무관			326	(15.3)
교사 참여			193	(9.1)
총 계			2,126	(100.0)

과제 해결 방향이나 방법을 묻고 답하는 방향 질문과 방향 설명의 비율도 각각 7.3%, 8.8%로 나타났다. 학생들은 활동지에 제시된 여러 과제 중에서 특히 증강현실을 활용한 과제의 해결 방법에 관해 서로 질문하고 답변하는 경우가 많았다. 다음 예시에서 학생 E3는 염화 마그네슘을 만들기 위해 마그네슘 마커 옆에 염소 마

커를 배열하는 방법을 질문하고 있고, 이에 대해 학생 E4는 염화 마그네슘을 만들기 위해서는 마그네슘 마커 왼쪽과 오른쪽에 각각 염소 마커 1개씩을 배열해야 한다고 설명하고 있다.

학생 E3: 지금 (Mg 마커의) 양쪽이 비어있는 (상태인데)... (Mg 마커의 한 쪽 옆에 Cl 마커를 놓으며) 한 쪽이 비었으면 어디에다 배열해야 돼, 얘(Cl 마커)를?
학생 E4: 마그네슘을 사이에 두고 (Cl 마커) 두 개를 배열해야 되고, (Mg 마커의 다른 쪽 옆에 Cl 마커를 놓으며) 지금 한 쪽이 비었으니까 하나만 더 배열하면 돼.

[모둠 E의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정에서 학생들은 학습 내용에 관한 정보뿐 아니라 증강현실을 활용한 과제의 해결 방향에 관해서도 활발한 질문과 설명을 하였다. 하지만 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 상황(윤정현 등, 2017)에서는 정보 질문의 비율이 본 연구와 유사하게 높았으나, 방향 질문의 비율은 1% 미만으로 매우 낮게 나타났다. 과학 교육에서 증강현실은 마커나 스마트 기기를 조작하면서 가상 객체의 다양한 변화를 탐색하는 경향이 있으므로(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2013), 이러한 조작 및 탐색 과정은 학생들에게 복잡하고 어려울 수 있어 학생들이 증강현실을 사용하여 과제를 해결하는 과정에서 방향 질문의 비율이 높게 나타난 것으로 보인다. 또한 증강현실은 원자 모형이나 화학 결합과 같이 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 표현해주는 도구적 역할을 수행할 뿐, 가상 객체의 의미에 대해서는 학생들이 서로 논의하고 생각해야 한다. 따라서 증강현실 활용 수업을 운영하는 교사는 학생들이 증강현실을 사용하는 과정에서 과제 해결을 돕고 가상 객체나 목표 개념에 대한 의미 구성을 촉진할 수 있도록 효과적인 교수학습 방법을 마련할 필요가 있다.

한편, 운영 요소에서는 진행의 비율(15.4%)이 매우 높게 나타났는데, 이는 과학 교과에서 스마트 기기를 활용한 소집단 학습이나 일반적인 협동학습 상황(윤정현 등, 2017; 주영, 김경순, 노태희, 2014)에서 기록과 진행의 비율이 거의 같게 나타났던 것과 다른 결과이다. 진행 진술의 대부분은 마커와 스마트 기기의 사용법 등 증강현실의 활용에 관한 것이었다. 이러한 진행 진술은 증강현실의 작동 원리나 방법

과 같은 기술적 측면의 진술이라는 점에서 과제의 해결 방향에 대하여 논의하는 방향 질문 및 방향 설명과 구분된다. 다음은 증강현실은 작동 원리에 관한 진행 진술의 예시이며, 학생 D1은 다른 모둠원에게 증강현실로 결합 모형을 만들려면 먼저 스마트 기기가 각 원자 마커를 인식한 다음 마커들을 인접시켜야 한다고 설명하고 있다.

학생 D1: 제발 (마커들을) 떨어트린 다음에 붙여. 일단 (스마트 기기가 모든 마커를) 인식 다 하고 붙여. 됐어?
학생 D2: 안 될 것 같은데
학생 D3: 안 돼
학생 D1: 내가 보여줄게. 자, 여기로 와봐

[모둠 D의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

이처럼 증강현실의 작동 원리를 이해하지 못한 학생들은 다른 모둠원으로부터 증강현실의 구성 요소나 기술적 특성에 관해 설명을 듣는 경우가 많았다. 특히 이 연구에서는 증강현실의 매체적 특성인 몰입감(계보경, 김영수, 2008)을 극대화할 수 있도록, 학생들이 가상 객체인 화학 결합 모형이 구현된 상태에서 다시 원자 마커를 조작하여 결합이 형성되기 전 원자 모형으로 되돌려보며 결합 형성 전후의 변화를 탐색할 수 있도록 하였다. 이는 마커와 가상 객체의 조작과 탐색을 중시하는 조작형 증강현실의 독특한 매체적 특징을 반영한 것이다. 특히 조작형 증강현실을 사용할 때는 단순히 마커를 스마트폰의 카메라로 비추면서 가상 객체를 관찰할 때보다 증강현실의 구성 요소와 조작법에 대한 이해가 필요하므로, 진행의 비율이 운영의 다른 요소에 비해 매우 높게 나타났을 가능성이 있다.

개별 진술 단위의 언어적 상호작용에 관한 분석 결과를 요약하면, 질문과 설명 요소에서는 정보 질문과 정보 설명, 방향 질문과 방향 설명의 비율이 높았고, 운영 요소에서는 증강현실 활용에 관한 진행의 비율이 높았다. 즉, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습 과정이 증강현실의 기술적 특성을 이해하는 것과 이를 바탕으로 과제 해결 방법 및 목표 개념에 관한 정보들을 찾아가는 활동을 중심으로 이루어졌음을 의미한다. 이는 학생이 스스로 학습 매체의 사용 방법을 익히고, 이를 활용하여 능동적으로 과제를 해결해나가는 학생 주도적 탐구 수업의 특징(이재원, 노태희, 이선경, 2017)과 부합한다.

교과서의 물 분자 그림을 보면 그냥 물 분자가 이렇게 생겼구나 하고 넘어가지만. 증강현실로 (물 분자를) 만들면 자기가 어떻게 만드는지, 이게 순서도 틀리면 안 되잖아요. 순서도 보고... 이거는 3개가 따닥따닥 붙어있는 것이 아니라 산소 하나에 수소 2개가 붙는 느낌이구나 이런 것도 한 눈으로 잘 보이잖아요. (중략) 이런 과정까지 볼 수 있으니까 더 괜찮은 것 같아요.

[학생 E3의 면담 중에서]

특히 이 연구의 수업 주제인 이온 결합과 공유 결합은 학생이 눈으로 관찰할 수 없는 추상적 개념이므로, 전통적 수업에서는 교과서의 시각 자료 등을 사용하여 해당 개념을 학습하는 것이 일반적이다. 하지만 증강현실은 실험 또는 관찰이 어려운 현상을 시각화하여 학생이 조작할 수 있는 형태로 제공할 수 있는 교육적 장점(Akçayir & Akçayir, 2017; Wu *et al.*, 2013)을 가지고 있다. 그 결과 화학 결합 주제의 조작형 증강현실을 소집단 학습에 사용할 때 학생들의 언어적 상호작용에서 학생 주도적 탐구 활동과 가까운 특징이 나타난 것으로 해석할 수 있다.

그림은 그냥 멈춰진 그림일 뿐이니까, 거기서 더도 말고 덜도 말고 딱 그 상태인데. 증강현실은 저희가 직접 마커를 조합해보면서 어떻게 원자들이 이온 결합물이 되는지 분자가 되는지, 그 과정이라든지, 그 조합들을 (가상 객체를 통해) 직접 볼 수 있어서 더 이해가 잘 돼요.

[학생 E4의 면담 중에서]

(2) 상호작용 단위 분석

상호작용 단위에서의 언어적 상호작용 분석 결과를 <표 Ⅲ-5>에 제시하였다. 총 198개의 언어적 상호작용이 나타났으며, 이 중 지식 구성 상호작용과 운영 관련 상호작용의 수는 각각 120개(60.6%), 78개(39.4%)였다. 120개의 지식 구성 상호작용 중에서는 대칭적 상호작용이 112개(93.3%)로 나타났다. 즉, 대부분의 지식 구성 상호작용은 모둠원들이 균등하게 언어적 상호작용을 이끌어가는 형태로 이루어졌다고 할 수 있다.

<표 Ⅲ-5> 언어적 상호작용 빈도

대분류	중분류	세분류		빈도	(%)
지식 구성	대칭적	단순		59	(29.8)
		정교화	누적형	19	(9.6)
			교정형	27	(13.6)
			논쟁형	3	(1.5)
			평가형	4	(2.0)
			소계	53	(26.8)
		소계		112	(56.6)
	비대칭적	단순		5	(2.5)
		정교화		3	(1.5)
		소계		8	(4.0)
	소계			120	(60.6)
운영	진행 관련			21	(10.6)
	기록 관련			57	(28.8)
	소계			78	(39.4)
총계				198	(100.0)

또한 대칭적 상호작용의 비율은 스마트 기기를 활용한 소집단 학습에서 나타난 결과(윤정현 등, 2017)와는 유사하였지만, 일반적인 협동학습 상황(주영, 김경순, 노태희, 2014)보다는 더 높은 편이었다. 이는 조작형 증강현실을 개별로 사용하는 소집단 학습 환경에서는 학생들이 더욱 과제를 협력적으로 해결해나가는 경향이 있음을 의미한다. 지식 구성 상호작용 중 대칭적 상호작용에서는 짧은 질문과 답변 또는 간단한 대화가 반복적으로 이어지는 단순 상호작용의 비율이 52.7%(59개), 이전 발화 내용을 토대로 다음 발화 내용을 이어가는 정교화 상호작용의 비율이 47.3%(53개)로 나타났다. 정교화 상호작용 중에서는 교정형의 비율이 50.9%로 가장 높았는데, 교정형 상호작용은 소집단 토의에서 나타난 오개념을 과학 개념으로 변

화시키는 언어적 상호작용으로 목표 개념을 잘 이해하고 있는 모둠원이 그렇지 않은 모둠원에게 자신의 언어로 설명해주는 특징을 가진다. 이러한 교정형 상호작용은 다음과 같이 증강현실을 사용하여 화학 결합 형성에 어려움을 겪거나 증강현실로 관찰한 현상을 해석하는 데 어려움을 겪는 모둠원과 이를 도와주는 모둠원 사이에서 주로 나타났다. 다음 예시에서 학생 E3은 마그네슘 마커와 염소 마커를 각각 1개씩 사용하면 이온 결합이 형성되지 않는 것을 관찰하였고, 이에 대해 학생 E4는 학생 E3에게 가상 객체인 두 원자 모형의 전자 배치상의 특징과 함께 마그네슘 원자와 염소 원자가 1:1의 개수비로 결합하면 가장 바깥 껍질의 전자 수를 8개로 맞출 수 없다는 것을 설명하고 있다. 이 연구에서 교정형 상호작용의 비율이 높게 나타났다는 것은 증강현실을 활용한 소집단 학습이 개념 이해도가 낮은 학생들의 적극적 수업 참여를 유도함을 의미한다.

학생 E3: (Mg와 Cl의 결합을 시도하며) 왜 (결합 형성이) 안 되는 거야?
학생 E4: 왜 안 되냐면 (Mg은 원자가 전자의 수가) 2개잖아
학생 E3: 뭐가? (기기를 보며) 아 얘(Mg)가 2고
학생 E4: 그러니까 얘(Mg)는 바깥에 2개가 있는 거지. 두 개가 남고. 얘(Cl) 같은 경우엔 (전자의 수가) 17이잖아? 2, 8, 8 하면 (원자가 전자의 수가) 일곱 개잖아
학생 E3: 어, 그렇지. 일곱 개지
학생 E4: 그럼 얘(Cl)는 (얻어야 하는 전자가) 몇 개라고?
학생 E3: 얘(Cl)는 한 개를 얻어야 해
학생 E4: 그치 얘(Mg)는?
학생 E3: 얘(Mg)는 두 개를 잃거나 여섯 개를 얻어야 해, 그치
학생 E4: 근데 숫자가 안 맞지. 그래서 서로 (전자를) 주거나 잃거나 이게 안 돼
학생 E3: 아, 전자의 수가 안 맞아서. 아, 얘는 남거나 부족한 거네

[모둠 E의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

면담자: (친구들에게 수업 내용을) 알려줄 때는 보통 어떤 것을 얘기했나요?
학생 F4: 잘 모르는 친구들은 이것(증강현실)을 찍어 봐도 잘 못 적는 경우도 많아서요. 그럴 때는 서로 알려주고, 친구에게 보여주면서 왜 그렇게 되는지 알려주고요.

[학생 F4의 면담 중에서]

교정형 상호작용 다음으로는 정교화 상호작용 중에서 누적형의 비율이 35.8%로 높게 나타났다. 누적형 상호작용은 증강현실을 통해 관찰한 가상 객체나 이와 관련한 목표 개념에 대해 논의하는 과정에서 주로 나타났다. 증강현실은 학습자가 현실 세계를 배경으로 몰입감을 느끼며 가상 객체를 관찰하도록 하는 데 그 목적이 있으므로, 가상 객체의 시각적 표현에 중점을 둔다(Nielsen, Brandt, & Swensen, 2016). 따라서 학생들은 증강현실로 관찰한 가상 객체의 특징을 파악하고 의미를 해석하는 과정을 주로 거쳤고, 이때의 소집단 토의가 관찰한 현상이나 목표 개념에 관한 지식과 이해도를 높여가는 누적형 상호작용으로 나타나게 되었다. 다음 예시에서 학생들은 가상 객체인 마그네슘과 염소의 원자 모형을 관찰하면서 염화 마그네슘의 이온 결합을 학습하고 있는데, 모든 모둠원이 동등하게 토의에 참여하며 전자 배치상의 특징과 안정한 이온 결합이 형성되는 방법에 대한 이해를 공유 및 누적하고 있다.

학생 F2: Cl 바깥쪽이 7개야?
학생 F1: Cl 바깥쪽? 수헬리베(H, He, Li, Be).... 아닌가? 잠깐만.
학생 F4: 어? 맞아. 7개일걸
학생 F1: 맞겠지? (증강현실의 가상 객체를 보며 전자 개수를 세고) 7개 맞다. 마그네슘은 2개
학생 F3: 그러면 17이니까 얘(Cl)는 7개, 마그네슘은 2개. (활동지를 보며) 안정해지는 방법? 이건 뭔가?
학생 F4: 마그네슘은 전자 2개를 버린다고 해야 되나? 그렇지?
학생 F1: 전자 2개를 버린다. 버리니까 Mg^{2+}

[모둠 F의 이온 결합에 관한 토의 중에서]

과학 교과의 소집단 학습에서 나타나는 학생들의 언어적 상호작용을 분석한 선행 연구(윤정현 등, 2017; 주영, 김경순, 노태희, 2014)에서는 정교화 상호작용의 유형 중에서 누적형 상호작용이 주로 나타난 것으로 보고되고 있다. 하지만 증강현실을 활용한 소집단 학습에 참여한 학생들은 목표 개념에 대한 자신의 이해 수준 및 모둠원들과의 상대적인 이해 수준에 따라 누적형 상호작용이나 교정형 상호작용, 때로는 두 가지 상호작용 모두를 사용하여 학습한 것으로 나타났다. 교사의 설명만

으로 목표 개념을 충분히 이해하지 못한 학생들도 동료들과의 활발한 언어적 상호작용이 이루어지면 자연스러운 개념 변화 과정을 거쳐 개념 이해에 도달할 수 있다(이희진, 2011). 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 대칭적 정교화 상호작용으로 누적형 상호작용뿐 아니라 교정형 상호작용 또한 활발하게 일어나는 특징이 있었다. 하지만 교정형 상호작용은 불완전한 개념이나 오개념을 가진 학습자가 개념 변화를 거치는 상호작용 방식이므로, 교사는 소집단 토의 중에 학생들 사이에 새로운 오개념이 나타나지 않도록 주의할 필요가 있다.

한편, 운영 관련 상호작용에서는 진행 관련 상호작용(57개; 73.1%)이 기록 관련 상호작용(21개; 26.9%)보다 더 높은 비율을 차지하였다. 이는 개별 진술 단위의 분석에서 증강현실 사용에 대한 진행 진술의 비율이 높았던 결과와 유사한 맥락이다. 진행 관련 상호작용은 증강현실의 사용법에 대해 이해가 부족한 학생들이 수업에 원활하게 참여할 수 있도록 지원하는 역할을 하며, 증강현실과 같이 기기 사용 중심의 교수학습 맥락에서는 어느 정도 나타날 수 있다. 그러나 증강현실에 포함된 과학 개념보다는 기술적 측면에 대한 진행 관련 상호작용이 소집단 토의 과정에서 지나치게 많이 나타나는 것은 바람직하지 않다. 따라서 조작형 증강현실을 활용하여 과학 수업을 하는 교사들은 수업 중에 도움이 필요한 학생들이 참고하도록 증강현실의 사용 방법에 관한 안내서를 제공하거나, 적극적인 피드백을 수행할 필요가 있다.

3.2 물리적 상호작용

조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 나타난 물리적 상호작용을 분석한 결과를 <표 Ⅲ-6>에 제시하였다. 전체 4,023개의 물리적 상호작용이 나타났으며, 12명의 연구 참여자가 2차시 동안 수업에 참여하였으므로 이는 한 학생이 한 차시당 평균 168개의 물리적 상호작용을 수행한 것과 같다. 이 중 증강현실의 가상 객체에 대한 물리적 상호작용이 45.9%(1,848개)로 가장 높은 비율로 나타났으며, 마커에 대한 물리적 상호작용의 비율은 30.2%(1,213개), 활동지에 대한 물리적 상호작용의 비율은 23.9%(962개)로 나타났다.

이 연구에서의 조작형 증강현실은 가상 객체의 종류와 크기, 위치 등은 마커에 연동되므로, 학습자의 조작 활동은 마커 및 가상 객체를 대상으로 나타날 수 있다. 예를 들어 마커를 선택하거나 마커를 스마트 기기의 카메라에 위치시키는 행동, 마커를 이동하는 행동 등을 통해 마커에 대한 조작 활동이 나타날 수 있고, 가상 객체에 대한 조작 활동은 스마트 기기의 화면상에서 손가락으로 가상 객체를 직접 드래그하여 확대하거나 회전하는 행동, 가상 객체에 대한 인식을 초기화하는 행동 등으로 나타날 수 있다. 이때 가상 객체에 대한 상호작용은 원자 모형이나 화학 결합 모형 등의 가상 객체를 관찰하는 행동이 35.0%로 높은 비율을 차지하였다. 가상 객체를 조작하는 활동인 확대 및 회전, 캡처, 초기화하는 행동의 비율은 1.1%~4.3%로 낮은 편이었다. 마커에 대한 상호작용은 마커 세트 중에서 관찰할 마커를 선택하는 행동의 비율이 10.6%, 가상 객체를 관찰하기 위해 마커를 스마트 기기의 카메라에 위치시키는 행동의 비율이 10.5%로 서로 유사하게 나타났다. 이온 결합 및 공유 결합 형성 전과 후의 변화를 관찰하기 위해 두 개 이상의 원자 마커들을 이동시키는 행동의 비율도 7.0%로 나타났다. 사용한 원자 마커들을 모아 처음 상태로 되돌리는 행동의 비율은 2.0%로 낮은 편이었다. 즉, 조작형 증강현실을 사용하는 맥락에서 학생들은 가상 객체를 대상으로는 조작보다는 관찰하는 행동을 주로 수행하였고, 증강현실을 조작하는 행동은 주로 마커를 대상으로 수행하였다.

<표 Ⅲ-6> 물리적 상호작용 빈도

대분류	중분류	세분류	물리적 + 언어적 상호작용		물리적 상호작용	총계
			지식 구성	운영		
증강 현실	물리적 객체	마커 선택	86 (7.0)	123 (12.0)	219 (12.4)	428 (10.6)
		마커 위치	88 (7.2)	119 (11.6)	215 (12.1)	422 (10.5)
		마커 초기화	21 (1.7)	17 (1.7)	43 (2.4)	81 (2.0)
		마커 이동	49 (4.0)	84 (8.2)	149 (8.4)	282 (7.0)
		소계	244 (20.0)	343 (33.4)	626 (35.3)	1,213 (30.2)
	가상 객체	가상 객체 관찰	425 (34.8)	388 (37.7)	596 (33.6)	1,409 (35.0)
		가상 객체 확대	46 (3.8)	53 (5.2)	74 (4.2)	173 (4.3)
		가상 객체 회전	37 (3.0)	27 (2.6)	67 (3.8)	131 (3.3)
		가상 객체 캡쳐	11 (0.9)	8 (0.8)	25 (1.4)	44 (1.1)
		가상 객체 초기화	11 (0.9)	37 (3.6)	43 (2.4)	91 (2.3)
		소계	530 (43.4)	513 (49.9)	805 (45.4)	1,848 (45.9)
활동지		활동지 읽기	85 (7.0)	41 (4.0)	69 (3.9)	195 (4.8)
		활동지 작성	363 (29.7)	131 (12.7)	273 (15.4)	767 (19.1)
		소계	448 (36.7)	172 (16.7)	342 (19.3)	962 (23.9)
총계			1,222 (100.0)	1,028 (100.0)	1,773 (100.0)	4,023 (100.0)

※ 빈도 뒤의 ( )는 백분율(%)을 나타냄

이와 같은 맥락에서 학생들이 가상 객체를 확대하거나 회전할 때는 연구자의 의도대로 화면상의 가상 객체를 드래그하여 조작하기보다 스마트 기기 자체를 마커에 가까이 위치시키거나 마커를 회전시키는 행동을 주로 하였고, 가상 객체의 인식을 초기화할 때도 마커를 카메라 밖으로 이동시켰다가 다시 인식시키는 방법을 사용하였다. 이는 교사가 학생들에게 알려준 것이 아니라 학생들이 증강현실을 사용하는 과정에서 자연스럽게 나타난 행동으로, 현실의 사물을 조작함으로써 가상 객체를 조작할 수 있는 증강현실의 매체적 특징인 실물형 인터페이스와 관련된다.

컴퓨터나 태블릿 등의 일반적인 교수학습 매체와 달리, 증강현실을 학생이 현실 세계에 놓여 있는 마커를 직접 손으로 잡고(grasp) 조작하면서 스마트 기기 화면에 나타난 가상 객체의 변화를 탐색할 수 있으므로 학생들에게 직관적이고 자연스러운 행위유발성을 제공한다. 이는 학생들이 증강현실의 활용 방법을 더 쉽게 이해할 수 있도록 할 뿐만 아니라, 다감각적 학습 경험을 제공함으로써 목표 개념에 대한 이해 향상에도 도움을 줄 수 있다.

> 스마트폰으로만 하면 터치만 할 수 있는데, (증강현실에서는 마커나 가상 객체를) 저희가 직접 모으고 떨어뜨리고, 그걸 직접 손으로 하잖아요. 그 과정을 연상할 수 있는... 분자가 만들어지고, 이온 결합이 만들어지고 분해되었을 때, 저희 손으로 똑같이 모이고 그러잖아요? 저희 손을 보면서 원자들이 어떻게 모이는지 연상이 잘 된 것 같아요.
>
> [학생 E4의 면담 중에서]

증강현실을 활용한 소집단 학습 과정을 더욱 자세히 알아보기 위해 언어적 상호작용의 유형에 따라 나타난 물리적 상호작용의 빈도를 분석하여 물리적 상호작용과 언어적 상호작용의 관련성을 조사하였다. 전체 물리적 상호작용 4,023개 중 학생들이 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용만 하고 있을 때의 비율이 44.1%(1,773개)로 가장 높았으며, 지식 구성 언어적 상호작용을 할 때 나타난 물리적 상호작용의 비율은 30.4%(1,222개), 운영 관련 상호작용을 할 때 나타난 물리적 상호작용의 비율은 25.6%(1,028개)였다. 따라서 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생들은 유의미한 언어적 상호작용을 하지 않고 있을 때 마커를 조작하거나 가상 객체를 관찰하는 등 더욱 활발한 물리적 상호작용을 수행한 것으로 여겨진다.

지식 구성 상호작용과 물리적 상호작용이 함께 일어날 때, 운영 관련 상호작용과 물리적 상호작용이 함께 일어날 때, 그리고 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용만 일어날 때를 비교했을 때, 가상 객체와 상호작용하는 비율은 각각 43.4%, 49.9%, 45.4%로 유사하게 나타났다. 또한 운영 관련 상호작용이 물리적 상호작용과 함께 일어날 때와 의미 있는 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용만 일어날 때 마커와 상호작용하는 비율은 각각 33.4%와 35.3%, 활동지와 상호작용하는 비율은

16.7%와 19.3%로 모두 서로 유사한 결과를 보여주었다. 그런데 지식 구성 언어적 상호작용이 함께 일어날 때는 마커와 상호작용하는 비율이 20.0%로 감소하고 활동지와 상호작용하는 비율이 36.7%로 높아졌다. 즉, 학생들은 지식 구성 언어적 상호작용을 할 때는 마커보다는 가상 객체를 관찰하면서 활동지를 정리하는 활동에 더 집중하였고, 운영 관련 상호작용을 하거나 물리적 상호작용만을 할 때는 마커를 선택, 위치시키거나 확대, 회전하는 등의 다양한 조작 및 탐색 활동을 수행하였다.

운영 관련 상호작용과 물리적 상호작용이 함께 일어나거나 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용만 일어날 때 나타난 물리적 상호작용의 비율은 전체 물리적 상호작용의 69.6%에 달하며, 이때 증강현실의 조작과 탐색이 활발하게 일어났다는 이상의 결과는 주목할 만하다. 아무리 효과적인 교수학습 매체를 활용하더라도 매체는 그 자체로 유의미하지 않으며, 학생이 자신의 활동에 통합시켜 사용할 때 비로소 유의미한 매체가 된다(Verillon & Rabardel, 1995). 특히 증강현실 애플리케이션이 학생들에게 익숙하지 않을 때에는 학생들이 증강현실을 자유롭게 탐색하면서 이에 익숙해질 수 있는 충분한 시간이 필요하다(Yuen, Yaoyuneyong, & Johnson, 2013) 따라서 지식 구성 언어적 상호작용이 일어나지 않을 때 나타났던 조작과 탐색 활동은 학생들이 개별로 증강현실을 사용하며 충분한 숙달 과정을 거침으로써 증강현실을 의미 있는 교수학습 도구로 사용할 기회를 제공하였다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

> 원자들이 움직이는 과정, 이온 결합 물질이라든지 공유 결합 물질이라든지 그 과정들을 볼 수 있어서 좋았어요. 직접 저희가 이리저리 조합해보고 하니까 이론 수업보다는 더 참여하는 수업이 된 것 같아서 더 재미있었어요.
>
> [학생 E4의 면담 중에서]

증강현실은 학습자가 마커와 스마트 기기의 다양한 요소를 조작하면서 몰입감을 느끼며 가상 객체를 관찰할 수 있게 하는 매체적 특징을 지니고 있다. 그러나 전통적 탐구 상황에서 학생들의 활동이 단순히 현상을 관찰하는 수준에 머무르게 되면 탐구 활동을 통해 기대되는 인지적 및 정의적 효과가 제한될 수 있다고 보고된 바 있다(Schmid & Bogner, 2017). 이처럼 증강현실을 활용 학습에서도 학생들이

단순히 가상 객체를 관찰하는 수준에 그친다면 증강현실의 교육적 효과는 제한될 가능성이 있다. 그러므로 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위해서는 학생들이 증강현실의 마커와 가상 객체를 조작하면서 그 안의 콘텐츠를 탐색할 시간을 충분히 제공해야 할 것이며, 소집단 토의에서도 관찰한 가상 객체의 특징을 분석하여 정리할 수 있는 별도의 교수학습 전략을 마련할 필요가 있다.

4. 요약 및 결론

이 연구에서는 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 효과적인 학습 과정을 심층적으로 조사하고자 언어적 상호작용과 물리적 상호작용을 분석하였다. 이를 통해 과학 수업에서 증강현실의 활용 효과를 높일 수 있는 교수학습 전략의 개발에 필요한 기초 자료와 교육적 시사점을 얻고자 하였다.

조작형 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에서 나타나는 학생들의 언어적 상호작용을 분석한 결과, 개별 진술 단위 수준에서는 정보 질문과 정보 설명 및 방향 질문과 방향 설명의 비율이 높았으며, 운영 중 진행 진술의 비율도 높게 나타났다. 상호작용 단위 수준에서는 정교화 상호작용 중 교정형과 누적형의 비율이 높았으며, 운영 관련 상호작용 중 진행의 비율이 높게 나타났다. 다음으로 학생들의 물리적 상호작용을 분석한 결과, 증강현실의 가상 객체를 대상으로는 대부분 관찰하는 행동이 나타났지만, 마커를 대상으로는 마커를 선택하고 위치시키는 등 조작하는 행동이 주로 나타났다. 또한 학생들이 물리적 상호작용을 할 때는 의미 있는 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용에만 집중하는 경우가 가장 많았고, 증강현실의 조작 및 탐색 활동은 물리적 상호작용만 수행하거나 운영 관련 언어적 상호작용을 하며 물리적 상호작용을 할 때 주로 나타났다. 반면, 지식 구성 언어적 상호작용을 하며 물리적 상호작용을 할 때는 가상 객체를 관찰하거나 가상 객체의 특징을 분석하여 정리하는 등 활동지 관련 활동을 하는 비율이 높았다. 이상의 연구 결과를 바탕으로 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위한 제언을 다음과 같이 제시하였다.

학생들의 언어적 상호작용에서 교정형 및 누적형 상호작용이 주로 나타난 이유는 증강현실을 사용하는 과정에서 모든 모둠원이 학습에 주도적으로 참여하고 다

른 모둠원으로부터 원활하게 피드백을 받을 수 있는 학습 환경이 마련되었기 때문이었다. 이러한 교정형 및 누적형 상호작용은 학생의 개념 이해에 도움이 되는 바람직한 상호작용이므로, 과학 수업에서 증강현실을 활용하는 교사는 이러한 정교화 상호작용이 원활하게 이루어질 수 있도록 개방적인 수업 분위기를 조성할 필요가 있다. 하지만 학생들이 교정형 상호작용을 하는 과정에서 오개념이 발생할 수 있고 이를 올바르게 교정하지 못하고 수업이 마무리될 수 있으므로 교사는 이를 유의할 필요가 있다. 예를 들어 교사가 교실을 순회하며 학생들의 활동을 주의 깊게 관찰하며 필요한 경우 즉각적인 피드백을 제공하거나, 학생 주도의 탐구 활동을 마친 후 교사와 학생이 함께 학습 내용을 정리하는 활동을 할 수 있다.

이 연구에서는 학생들이 조작형 증강현실을 개별로 사용하는 환경을 구성하고, 이때 나타난 물리적 상호작용과 언어적 상호작용의 관련성을 분석하였다. 증강현실의 조작 활동에 대한 물리적 상호작용은 지식 구성에 대한 언어적 상호작용보다는 운영 관련 언어적 상호작용과 관련이 있었고, 지식 구성 언어적 상호작용은 가상 객체를 관찰 또는 활동지에 대한 물리적 상호작용과 관련이 있었다. 즉, 학생들은 증강현실을 각자 사용하면서 다양한 조작 활동을 통해 가상 객체의 변화를 탐색하였으며, 이때 증강현실의 사용법이나 학습 결과에 대한 토의가 진행되었다. 그 후 스마트 기기 화면에 나타난 가상 객체에 초점을 두고 활동지의 안내에 따라 다양한 지식 구성에 관한 토의가 이루어졌을 가능성이 있다. 특히 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ에서 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 교수학습 효과가 높았던 이유는 학생들이 다양한 조작 및 탐색 활동을 통해 증강현실과 능동적으로 상호작용하였기 때문에 소집단 학습에 더욱 몰입할 수 있었으며 유의미한 언어적 상호작용을 유도한 것으로 여겨진다. 소집단 학습에 조작형 증강현실을 활용할 때, 교사는 먼저 학생들이 증강현실의 학습 요소를 탐색 및 숙달할 수 있는 충분한 시간을 제공해야 하며, 이후 가상 객체를 중심으로 학생들이 지식 구성 상호작용에 집중하도록 안내해야 할 것이다. 한편, 언어적 상호작용에서 방향 질문과 방향 설명의 비율이 높았고, 물리적 상호작용에서 증강현실의 조작 및 탐색 활동이 많이 수행되었다는 점은 화학 결합과 같은 미시적 수준의 개념을 학생들이 직접 조작하며 탐구하는 형태로 제공한 증강현실의 장점이 잘 드러난 것으로 볼 수 있다. 하지만 이와 같은 조작 및 탐색 활동이 수행될 때 언어적 상호작용에서 진행에 관한 개별 진술 및 상호작

용의 비율이 공통으로 높았다는 점은 증강현실 활용 학습에서 증강현실의 구성 요소나 기술적 측면에 대한 이해와 증강현실의 사용법에 숙달하는 행동이 큰 비중을 차지하고 있다는 것을 의미한다. 이 연구에서는 증강현실의 가상 객체를 직접 구현해보는 등의 실천적인 오리엔테이션을 통해 학생들이 증강현실에 익숙해질 기회를 제공하였으나, 이후에도 증강현실을 사용한 경험 여부나 오리엔테이션의 적극적 참여 여부에 의해 학생들이 조작형 증강현실을 익숙하게 사용하는 정도에 차이가 나타났다. 증강현실에 대하여 다른 이해 수준을 가진 학생들이 다양한 상호작용을 통해 증강현실의 원리와 사용법에 대한 이해를 함께 발전시켜 나가는 활동은 기기 사용이 중심이 되는 수업에서 나타나는 자연스러운 현상이지만, 교수학습의 관점에서 학생들의 활동이 기술적인 측면에 지나치게 집중되는 것은 바람직하지 않다. 따라서 증강현실 활용 수업을 운영하는 교사는 학생들이 증강현실에 익숙해질 수 있는 충분한 연습 시간을 부여하고, 수업 중에 활용할 수 있는 매뉴얼과 같은 보조 자료를 제공할 필요가 있다.

하지만 이 연구의 결과만으로는 조작형 증강현실의 의미 있는 물리적 상호작용들이 어떤 유형의 언어적 상호작용을 유도하는지를 심층적으로 파악하기 어렵다. 이 연구에서 사용한 물리적 상호작용의 분석틀은 마커와 가상 객체에 대해 나타나는 학습자의 모든 행동을 요소별로 세분하였기 때문에, 각각의 행동 요소들을 연계하여 특정한 의미를 가진 물리적 상호작용을 추출하기 어려운 한계가 있다. 앞으로 증강현실과 학습자와의 물리적 상호작용을 분석할 때 증강현실의 조작과 탐색에 대한 행동 요소들을 연결하고 학습 내용을 바탕으로 의미를 지닌 물리적 상호작용으로 새롭게 유형화시킬 필요가 있다. 예를 들면 학습자가 기기 화면을 응시하면서 두 원자 마커를 인접시킬 때 가상 객체의 변화를 탐색하는 행동이나 가상 객체인 화학 결합 모형을 확대한 후 전자 수를 세는 행동 등은 의미를 지닌 물리적 상호작용으로 볼 수 있다. 이를 바탕으로 물리적 상호작용의 분석틀을 재구성한다면 물리적 상호작용과 언어적 상호작용의 연계성을 심층적으로 이해하는 데 도움을 줄 것으로 여겨진다.

마지막으로 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위해서는 교사뿐만 아니라 다양한 관계자들의 노력이 필요하다. 특히 증강현실 활용 학습은 증강현실 콘텐츠의 조작과 탐색과 같은 매체적 특징에 많은 영향을 받기 때문에

증강현실 개발자는 증강현실과 학습자의 상호작용을 촉진하고 조작 및 탐색 활동이 원활하게 이루어질 수 있도록 기획해야 한다. 예를 들어 수업에 활용할 조작형 증강현실과 사용법이 유사한 증강현실로 연습 또는 튜토리얼(tutorial) 콘텐츠를 고려할 필요가 있다. 또한 연구자는 소집단 학습에서 나타난 학생들의 증강현실 사용 과정을 바탕으로 증강현실의 교육적 효과를 극대화할 수 있는 교수학습 전략 등을 개발하여 교사에게 제공할 필요가 있다. 이때 교사들이 증강현실 활용 학습에서 나타나는 학생들의 언어적 및 물리적 상호작용의 특징을 이해하고 상호작용에 영향을 주는 증강현실의 매체적 특성을 우선으로 고려하면 증강현실 활용 수업의 효과를 높일 수 있을 것이다.

제 6 장. 결론 및 제언

1. 연구의 요약

과학 교육에서 증강현실은 학습자에게 물리적 마커나 스마트 기기상의 가상 객체를 조작 및 탐색하는 경험을 제공하며, 학습자들 사이의 상호작용이나 협력을 촉진하는 교수학습 매체이다. 이와 같은 증강현실의 독특한 매체적 특징을 고려할 때, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습은 증강현실의 교육적 효과를 높이는 방법의 하나이다. 하지만 소집단 학습에 증강현실을 사용할 때 연구자에 따라 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수가 달랐으나, 선행 연구에서는 증강현실의 도구 사용 환경의 영향을 고려하지 못한 채 교수학습 효과를 확인하는 데 중점을 두고 있었다. 즉, 선행 연구는 각기 다른 도구 사용 환경에서 증강현실을 활용하여 소집단 학습 효과를 조사했기 때문에, 현재 다양한 도구 사용 환경의 장단점이나 효과적인 도구 사용 환경에 관한 실증적인 정보는 부족한 실정이다. 이에 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수에 따라 증강현실의 도구 사용 환경을 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 두 가지 유형으로 구분하였다. 이때 도구 공유 환경은 각 모둠에 마커와 스마트 기기를 1개씩만 제공하여 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용하는 환경이며, 개별 도구 환경은 모둠원 수만큼 마커와 스마트 기기를 제공하여 모둠원들이 증강현실을 각자 사용하는 환경이다. 이 연구에서는 조작형 증강현실을 사용한 소집단 과학 학습에서 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 교수학습 효과를 비교하고 효과적인 도구 사용 환경을 탐색하였다.

연구 Ⅰ에서는 두 가지 도구 사용 환경에 대해 인지적 및 정의적 측면에서의 교수학습 효과를 조사하였다. 모둠별 학생 수를 4명으로 정하고 고등학교 1학년 64명을 도구 공유 환경(1-1: 마커 1개, 스마트 기기 1개)과 개별 도구 환경(4-4: 마커 4개, 스마트 기기 4개)의 집단에 고르게 편성하였다. 화학 결합 주제의 조작형 증강현실을 개발하였으며, 도구 사용 환경별로 조작형 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 하였다. 그 후, 학생들의 개념 이해도 및 몰입감, 상황 흥미를 측정하여 도구 사용 환경에 따른 교수학습 효과를 정량적으로 비교하였으며, 자기조절 수준과 도구 사용 환경의 상호작용 효과 또한 분석하였다. 연구 결과, 모둠원들이 증강현실

을 각자 사용하면서 소집단 학습에 참여하는 개별 도구 환경이 증강현실을 공동으로 사용하는 도구 공유 환경보다 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미에 효과적이었다. 이러한 차이는 몰입의 하위 영역인 선행, 과정, 효과 요소 전반에 걸쳐 나타났으며, 상황 흥미에 대해서도 도전 요소를 제외한 나머지 하위 요소에 걸쳐 개별 도구 환경의 점수가 도구 공유 환경보다 유의미하게 높았다. 즉, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에서는 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 효과적이다.

연구 Ⅱ에서는 두 가지 도구 사용 환경에서 교수학습 효과의 차이가 나타나는 원인을 탐색하기 위해 담화를 분석하였으며, 도구 사용 환경별 참여 유형, 담화의 유형, 지식 형성 과정을 각각 비교하였다. 참여 유형을 분석한 결과, 도구 공유 환경에서는 1~2명의 모둠원만이 증강현실을 주도적으로 사용하여 지식 관련 토의에서도 일인 주도형의 비율이 높았다. 하지만 개별 도구 환경에서는 모든 모둠원이 증강현실을 각자 사용했으며, 증강현실을 주도적으로 사용한 경험과 목표 개념에 관한 소집단 토의가 어우러져 부분 참여형이나 다수 참여형의 비율이 높게 나타났다. 담화 유형의 경우, 개별 도구 환경이 도구 공유 환경보다 담화의 수가 많았고 지식 공유와 지식 구성 담화의 비율이 유사하였으며 다양한 유형의 지식 구성 담화가 나타났다. 즉, 개별 도구 환경에서 나타난 지식 관련 담화는 도구 공유 환경에 비해 양적 및 질적 측면에서 우수하였다. 지식 형성 과정의 경우, 도구 공유 환경에서는 일부 학생에 대해서만 의미 있는 지식 형성 과정이 나타났지만, 개별 도구 환경에서는 모둠원 대부분이 목표 개념에 대한 올바른 지식을 구성하였으며 일부 모둠원에게 나타난 오개념은 토의를 통해 과학 개념으로 수정되었다. 특히 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수가 많아짐에 따라 증강현실을 사용한 조작 및 탐색 경험의 기회가 증가하였으며, 학생들은 증강현실을 지식 주장의 근거로 활용하면서 소집단 토의에 자연스럽게 참여하게 되었다.

연구 Ⅲ에서는 효과적인 도구 사용 환경을 구체적으로 이해하기 위해 상호작용을 분석하였다. 이때 연구 Ⅰ과 연구 Ⅱ의 결과를 바탕으로 소집단 학습 효과가 높았던 개별 도구 환경에 대해 학습자들 사이의 언어적 상호작용과 증강현실과 학습자와의 물리적 상호작용을 분석하였다. 또한 증강현실의 조작 및 탐색 과정, 소집단 학습 과정의 특징을 심층적으로 이해하고자 언어적 상호작용과 물리적 상호작용의 관련성을 분석하였다. 연구 결과, 언어적 상호작용의 개별 진술 단위에서는

정보 질문과 정보 설명, 방향 질문과 방향 설명이 높은 비율로 나타났으며, 운영 중 진행에 관한 진술도 적지 않은 편이었다. 상호작용 단위에서는 지식 구성의 정교화 상호작용 중 교정형과 누적형의 비율이 높았으며, 증강현실 사용과 관련된 운영 상호작용의 비율도 높은 편이었다. 물리적 상호작용의 경우, 가상 객체 대상으로는 학습자의 관찰 행동이 대부분을 차지하였으나, 마커 대상으로는 마커를 선택하고 위치시키는 등의 다양한 조작 행동이 주로 나타났다. 또한 학생들의 물리적 상호작용은 유의미한 언어적 상호작용 없이 물리적 상호작용에만 집중하는 경우가 가장 많았고, 증강현실을 사용한 조작 및 탐색 활동은 물리적 상호작용만 수행하거나 운영 관련 상호작용을 할 때 주로 나타났다. 반면, 지식 구성의 언어적 상호작용을 할 때 나타나는 물리적 상호작용은 가상 객체를 응시하거나 활동지 관련 활동이 높은 비율로 나타났다.

2. 결론 및 제언

이 연구를 통해 조작형 증강현실을 활용한 소집단 과학 학습에서 효과적인 도구 사용 환경에 대해 다음과 같은 지식 주장이 가능하다. 첫째, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 모둠에 제공하는 마커와 스마트 기기 수는 교수학습 효과에 직접적인 영향을 주며, 모든 모둠원이 개별적으로 증강현실을 사용해야 교육적 효과가 높아질 수 있다. 마커와 스마트 기기를 각자 사용하며 소집단 학습에 참여하는 개별 도구 환경의 학생들은 이들을 공동으로 사용하는 도구 공유 환경의 학생들보다 개념 이해도 및 몰입감, 상황 흥미가 유의미하게 높았다. 특히 증강현실을 개별로 사용하면 증강현실이 제공하는 조작 및 탐색 경험의 기회가 많아져 능동적인 학습 참여가 이루어졌다. 또한 개별 도구 환경에서는 소집단 토의에서 다양한 유형의 지식 구성 담화가 나타났으며, 학생들은 증강현실로 관찰한 내용에 근거하여 지식 주장을 하였다. 따라서 조작형 증강현실을 소집단 학습에 사용할 때는 학생들이 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 활동에 참여할 수 있도록 기회를 확대하는 것이 바람직하다.

둘째, 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개인의 증강현실의 사용 경험과 소집단 토의는 상호 연계되어 학습자의 올바른 지식 형성을 돕는다. 이 연구에

서는 스마트러닝에서 기기당 학생 수의 영향을 조사한 선행 연구(Lin, Wong, & Shao, 2012; Wang & Yu, 2021)를 바탕으로 다음과 같이 가설을 설정하였다. 증강현실을 모둠원들이 공동으로 사용할 때는 개인의 증강현실 사용에 제약은 있으나 소집단 토의가 활발하게 일어나며, 반대로 증강현실을 개별적으로 사용하면 개인의 증강현실 사용 기회는 많아지나 소집단 토의의 빈도는 감소할 것으로 예측하였다. 그러나 이 연구에서 개인의 증강현실 사용 기회가 많아지면 학습자들 사이의 상호작용이 촉진되어 소집단 토의가 활발해지는 것을 확인하였다. 즉, 개인이 주도적으로 증강현실을 사용하여 학습 과정을 수행할 때 자연스럽게 소집단 토의에 참여하여 목표 개념에 관한 의미를 구성할 수 있으며, 토의 과정에서도 증강현실을 기반으로 의견을 교환하게 된다. 이러한 특징으로 인해 도구 공유 환경과 개별 도구 환경의 학생들은 마커와 스마트 기기를 활용하는 방법이 달랐으며, 소집단 토의 내용도 양적 및 질적 측면에서 상당한 차이가 있었다. 예를 들어 도구 공유 환경에서는 증강현실을 주도적으로 사용하는 학생이 토의를 주도하며 목표 개념에 관한 의미를 구성하였다. 이때 증강현실을 사용하지 않고 단순히 가상 객체만을 관찰하는 학생은 활동지의 답을 적는 것과 같이 학습 결과에만 관심을 가지게 되어 소집단 토의에 있어 지식 공유 성격의 담화가 높은 빈도로 나타나게 되었다. 반대로 개별 도구 환경에서는 모든 모둠원이 주도적으로 증강현실을 사용함에 따라 자연스럽게 다수의 모둠원이 소집단 토의에 참여하게 되었고 학생 대부분이 의미 있는 지식 구성을 하였다. 특히 소집단 활동을 통해 학생들 사이에 서로 의미 구성을 주고받는 누적형의 언어적 상호작용이나 오개념을 과학 개념으로 변화시키는 교정형 상호작용이 활발하게 나타나게 되었으며, 이러한 과정에서도 개인의 지식 주장은 증강현실을 기반으로 이루어진 경우가 많았다. 이를 종합하면 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 다른 모둠원이 증강현실로 학습하는 것을 단순히 관찰하는 활동으로는 유의미한 지식 구성이 어려우며, 개인이 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 활동을 수행해야만 모둠원 사이에서도 의사소통이 활발해지며 유의미한 지식 구성이 가능하다.

셋째, 증강현실을 조작하고 탐색하는 경험이 많아지면 학생들이 목표 개념의 과정적 지식을 이해하는 데 도움을 주며, 지식 관련 토의의 질적 수준이 높아진다. 이 연구에서 개별 도구 환경의 학생들은 원자 마커들을 다양하게 조합하거나 마커

를 이동할 때 나타나는 가상 객체의 변화를 탐색하면서 화학 결합의 규칙성을 이해하였으며, 결합 생성에서 나타나는 전자의 변화와 같이 목표 개념에 관한 과정적 지식을 학습하였다. 또한 개별 도구 환경에서의 소집단 토의는 새로운 정보의 조직이나 다양한 수준에서의 아이디어 공유나 비판 등 다양한 유형의 지식 구성 담화를 포함하였다. 반대로 도구 공유 환경의 학생들은 1~2명의 학생이 증강현실 사용과 소집단 토의를 주도하였으며, 나머지 학생들은 주도하는 학생의 의견에 따라 수동적으로 학습에 참여하였다. 이에 따라 도구 공유 환경의 소집단 토의는 화학 결합의 특징과 같이 목표 개념의 결과적 측면을 중심으로 진행되는 경향이 나타났다. 상호작용 분석 결과, 개별 도구 환경에서 증강현실의 조작 및 탐색에 대한 물리적 상호작용은 단독으로 또는 운영 관련 언어적 상호작용과 함께 나타났고, 지식 구성 언어적 상호작용은 증강현실의 가상 객체에 초점을 두고 일어났다. 즉, 학생들은 마커와 스마트 기기를 주도적으로 사용하면서 증강현실의 조작 및 탐색 활동에 몰입하였으며, 그 후 관찰한 가상 객체에 관해 다른 모둠원과 토의하였다. 이를 고려하면 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 학습자가 증강현실을 조작 및 탐색할 기회와 시간을 충분히 제공하여 증강현실과 학습자와의 상호작용을 촉진할 필요가 있으며, 증강현실로 관찰한 가상 객체나 학습 내용을 중심으로 소집단 토의가 활발히 이루어지도록 장려해야 할 것이다.

이 연구의 결론으로부터 조작형 증강현실을 활용한 소집단 학습에 대한 제언은 다음과 같다. 첫째, 교수학습 설계자나 교사는 모둠에 제공하는 마커나 스마트 기기 수에 따라 증강현실 사용에 대한 학생의 역할이나 소집단 토의 유형과 내용이 달라지는 것을 이해하고, 교수학습을 설계할 때 모둠의 도구 사용 환경을 고려할 필요가 있다. 마커와 스마트 기기를 모둠원들이 공동으로 사용할 때, 1~2명의 학생이 증강현실 사용을 주도하거나 개인별로 마커나 스마트 기기를 담당하는 역할이 분담되어 모둠원들이 이를 고르지 않게 사용하게 된다. 이러한 환경에서는 적지 않은 학생들이 단순히 증강현실의 가상 객체를 관찰하는 수준에 머무르게 되며, 소집단 토의를 주도하는 일부 학생만이 목표 개념에 대한 지식을 구성한다. 반대로 증강현실을 개별적으로 사용하면서 소집단 학습을 수행할 때, 학생들은 직접 마커와 스마트 기기를 사용한 학습 과정을 경험하면서 자연스럽게 다수의 학생이 소집단 토의에 참여하게 되며 모둠원 대부분이 목표 개념에 대한 지식을 구성한다. 즉, 도

구 사용 환경에 따라 소집단 학습 과정이 달라지므로 소집단 학습 전략을 수립할 때 도구 사용 환경별 특징이나 소집단 학습 과정을 고려할 필요가 있다.

둘째, 증강현실을 활용한 소집단 학습을 계획할 때 도구 사용 환경별 장단점을 보완하는 방법을 마련할 필요가 있다. 도구 공유 환경과 같이 모둠원들이 증강현실을 공동으로 사용할 때는 모든 모둠원이 마커와 스마트 기기를 사용할 수 있도록 역할을 부여하여 학습에 대한 자기 주도성을 높여줄 필요가 있다. 또한 증강현실을 단순히 관찰하는 데 머무르지 않고 학생들이 협력적으로 문제를 해결하도록 도전적인 학습 과제를 제시하거나, 증강현실 사용 후 가상 객체나 목표 개념에 대해 토의하는 활동을 도입하는 것도 효과적일 것이다. 한편, 개별 도구 환경과 같이 증강현실을 각자 사용할 때는 학생들이 학습 내용에 대해 의견을 교환하며 의미를 구성하는 누적형 상호작용과 다른 학생으로부터 피드백을 받는 교정형 상호작용이 활발하게 나타난다. 이러한 언어적 상호작용은 학생의 개념 이해에 도움을 되는 바람직한 상호작용이므로, 교사는 이러한 상호작용이 원활하게 이루어지도록 개방적인 분위기를 조성해야 한다. 다만 교정형 상호작용 과정에서 오개념이 발생하거나 올바른 개념 변화에 이르지 못할 가능성도 있으므로, 학생들의 피드백이나 학습 내용 정리에 도움을 주는 학습 보조 자료를 병행하여 사용할 필요가 있다.

셋째, 증강현실 콘텐츠를 설계할 때, 학습자가 마커와 스마트 기기상의 가상 객체를 조작하는 활동이나 마커들의 이동 및 배열에 따라 가상 객체의 변화가 나타나는 탐색 활동을 포함하는 것이 바람직하다. 이 연구에서는 조작형 증강현실을 개발하여 학습자가 능동적으로 증강현실을 조작 및 탐색하는 활동을 강조하였다. 이러한 조작 및 탐색 활동은 다양한 유형의 지식 구성 담화를 유발하며 목표 개념의 결과적 특성뿐 아니라, 개념이 성립하는 과정과 원리를 이해하는 데 도움을 주었다. 지금까지 증강현실 활용 학습에 조작 및 탐색과 같은 증강현실의 매체적 특징이 중요하다는 주장이 있었으나(Cheng & Tsai, 2013), 이를 뒷받침하는 실증적 연구는 부족한 실정이었다. 하지만 이 연구에서 증강현실의 조작 및 탐색이 중요한 실증적 근거를 제시하였으므로, 증강현실 콘텐츠를 기획 및 설계할 때 학습자가 단순히 가상 객체를 관찰하는 수준에서 벗어나 마커와 가상 객체에 대해 다양한 조작 및 탐색 활동이 이루어질 수 있도록 해야 한다.

넷째, 증강현실 애플리케이션에 모든 학습 내용이나 사용법과 같은 학습 운영에

관한 정보를 포함하기 어렵기 때문에 학습 안내와 추가 정보 제공이 가능한 활동지를 효율적으로 사용하면 증강현실을 활용한 지식 구성을 촉진할 수 있다. 이 연구에서 상호작용을 분석한 결과, 학생들 사이의 지식 구성 언어적 상호작용은 활동지와 학생 사이의 물리적 상호작용과 관련되어 나타난 경우가 많았다. 개인의 증강현실 사용 경험이 의미 있는 소집단 토의로 이어지기 위해서는 활동지와 같은 보조 자료의 역할이 중요하다. 예를 들어 활동지에 가상 객체를 해석하는 방법이나 증강현실로 목표 개념을 탐색하는 방법이 포함되면 소집단 토의에서도 이를 고려하여 유의미한 지식 구성이 가능할 것이다.

다섯째, 증강현실 활용 학습을 수행하기 전, 학생들이 증강현실 콘텐츠에 익숙해질 수 있도록 충분한 시간과 경험을 제공해야 한다. 이 연구에서는 증강현실 사용에 대한 오리엔테이션을 운영하였음에도 불구하고 증강현실의 사용법에 관한 토의가 적지 않은 편이었다. 이러한 토의는 목표 개념의 이해 측면에서 적절하지 않으므로 증강현실 사용법 등의 운영 관련 토의가 줄어들 수 있도록 특별한 전략이 요구된다. 특히 조작형 증강현실은 사용성 측면에서 다소 복잡하고 난도가 높을 수 있다. 이에 증강현실의 다양한 조작 및 탐색 활동을 경험하는 튜토리얼 형태의 오리엔테이션을 운영하는 것도 효과적인 방안이 될 수 있다.

3. 추후 연구 과제

이 연구를 바탕으로 다음과 같은 추후 연구가 이루어질 수 있다. 첫째, 증강현실을 활용한 소집단 학습은 모둠원 수에 따라 학습 효과가 달라질 수 있다. 이 연구에서는 4인 1 모둠의 도구 사용 환경에 대해서만 소집단 학습을 분석하였는데, 이때 나타나는 개인의 역할이나 소집단 학습의 양상은 모둠원 수가 2명 및 3명, 5명으로 달라질 때와는 어느 정도 차이가 있을 수 있다. 특히 2명의 학습자가 짝을 지어 증강현실을 사용하는 환경에서 이루어지는 소집단 학습에 관한 연구도 의미가 있을 것이다. 선행 연구(Chen & Wang, 2015; Matcha & Rambli, 2016)에서도 2인 1 모둠을 구성하고 모둠별로 마커와 스마트 기기를 1개씩만을 제공하여 증강현실을 교대로 사용하는 경우가 적지 않았으며, 이는 일반적인 소집단 학습과 달리 증강현실의 사용 맥락에서 상호 동료 교수의 새로운 형태라고 할 수 있다. 또한 전

통적 교실에서의 자리 배치는 주로 학생 2명이 짝을 이루는 경향이 있으므로, 2인 1 모둠의 학습 상황에서 도구 공유 환경 또는 개별 도구 환경에 대해 효과적인 환경을 탐색하고 이를 실제 교육 현장에 적합하게 도입할 수 있다.

둘째, 증강현실의 유형에 따라 도구 사용 환경별 소집단 학습 과정이 달라질 수 있다. 이 연구는 고등학생을 대상으로 조작형 증강현실을 사용했으나, 만약 가상 객체 관찰에 초점을 두는 증강현실을 사용하면 도구 사용 환경에 따른 교수학습 효과와 소집단 학습 과정, 상호작용은 이 연구의 결과와 다르게 나타날 수 있다. 특히 국내외 증강현실 사용 동향을 고려하면, 주로 초등학생이나 중학생을 대상으로 관찰형 증강현실 콘텐츠를 사용하는 경향이 있었으며, 이때 학습자는 마커에 스마트 기기의 카메라를 비추면서 가상 객체를 관찰한다. 증강현실의 유형이 조작형에서 관찰형으로 변할 때 증강현실의 교육적 효과도 달라질 수 있으며, 모둠원들이 관찰형 증강현실을 공동으로 사용하는 환경에서 소집단 토의가 활발하게 나타날 가능성도 있다. 따라서 증강현실의 유형이 달라짐에 따라 소집단 학습 효과를 정량적 및 정성적 관점에서 분석할 필요가 있으며, 이는 증강현실 유형에 따른 교육적 함의를 도출할 때 중요한 근거 자료로 활용될 것이다.

셋째, 다양한 학습자 특성이 증강현실을 활용한 소집단 학습 효과에 미치는 영향을 조사할 필요가 있다. 이 연구에서는 조작형 증강현실을 사용할 때 학습자의 자기조절 능력이 소집단 학습 효과에 미치는 영향을 조사하였다. 하지만 지금까지 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 이러한 학습자 특성에 관한 연구는 매우 부족한 실정이다. 학습자 특성은 증강현실을 활용한 소집단 학습을 이해하고 효과적인 교수학습을 설계할 때 고려해야 할 중요한 요소이므로, 앞으로 학습자의 나이, 인지 용량, 학업 성취 수준 등의 변인에 대해 증강현실의 소집단 학습 효과를 정량적으로 분석하는 연구가 이루어져야 할 것이다.

마지막으로, 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위해 적절한 교수학습 전략에 관한 연구가 이루어질 필요가 있다. 최근 증강현실에 5E 모형이나 탐구학습 전략을 적용한 연구도 일부 수행되었으나(정연화, 이정민, 2015; Cheng & Chu, 2016), 이는 증강현실의 매체적 특징을 고려하기보다 일반적인 교수학습 전략이나 모형을 응용한 것에 가깝다. 따라서 증강현실의 매체적 특징과 학습 과정을 고려하여 과학 수업에서 증강현실의 활용 효과를 높일 수 있는 증강현실 콘텐츠

및 교수학습 전략을 개발하여 적용하고, 그 효과를 실증적으로 조사하는 것은 과학 교육을 위한 증강현실이 널리 보급되고 있는 현시점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

강석진 (2000). 토론 과정에서 사회적 합의 형성을 강조한 개념학습 전략: 교수 효과와 소집단 토론에서의 언어적 상호작용. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

강석진, 윤성용. (2017). 초등 과학 수업에서 스마트 기기를 활용한 소집단 협력 학습의 효과. 초등과학교육, 36(3), 181-192.

강석진, 김창민, 노태희 (2000). 소집단 토론 과정에서의 언어적 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 20(3), 353-363.

강인애, 임병노, 박정영 (2012), '스마트 러닝'의 개념화와 교수학습전략 탐색: 대학에서의 활용을 중심으로. 교육방법연구, 24(2), 283-303.

강훈식, 김민경, 노태희 (2007). 인지갈등과 비인지적 변인이 개념변화에 미치는 영향 및 변칙사례에 의해 유발된 상황 흥미의 근원. 한국과학교육학회지, 27(1), 18-27.

계보경, 김영수 (2008). 증강현실 기반 학습에서 매체특성, 현존감, 학습몰입, 학습효과의 관계 규명. 교육공학연구, 24(4), 193-224.

고영남, 김종우 (2012). 증강현실 조합형 마커시스템의 교육효과분석. 정보교육학회논문지, 16(3), 373-382.

곽영순 (2001). 구성주의 인식론의 이론적 배경. 한국지구과학회지, 22(5), 427-447.

김경현 (2009). 초등학교 과학수업에서 AR 콘텐츠 활용이 학습 활동에 미치는 효과. 컴퓨터교육학회 논문지, 12(5), 75-85.

나일주, 조은순 (2016). 교육공학탐구, 서울: 박영사

나지연, 윤회정. (2021). 증강현실을 활용한 국내·외 과학교육 연구 동향 분석-초등과학교육 연구를 위한 시사점을 중심으로. 초등과학교육, 40(1), 22-35.

남영옥, 유병민 (2016). 협동학습과 협력학습에서 팀 구성원의 특성, 팀 멘탈 모델, 팀 효과성 관계 분석. 학습자중심교과교육연구, 16(9), 517-541.

노태희, 김창민. (1999). 협동적인 컴퓨터 보조 수업이 중학생들의 과학 학습에 미치는 효과. 한국과학교육학회지, 19(2), 266-274.

류혜주, 박헌우 (2017). '우리 몸' 단원에 대한 증강현실 교육콘텐츠의 제작과 적용. 초등과학교육, 36(4), 367-378.

박성익, 임철일, 이재경, 최정임 (1999). 교육방법의 교육공학적 이해. 서울: 교육과학사.

박화정, 한태화, 전준철, 김광훈 (2009). 증강현실 기반 E-Learning 기술동향. 인터

넷정보학회지, 10(2), 12-22.
서희전 (2008). 증강현실기반 학습 환경에서 학습자의 현존감, 학습 몰입감, 사용성에 대한 태도, 학업성취도의 관계 연구. 교육정보미디어연구, 14(3), 137-165.
성태제 (2019). 현대 기초통계학 이해와 적용. 학지사
신석진, 김혜린, 노태희, 이재원 (2020). 고등학생의 증강현실을 활용한 협력적 과학 개념학습에서 나타나는 언어적 · 물리적 상호작용. 한국과학교육학회지, 40(2), 191-201.
신석진, 노태희, 이재원 (2020). 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 촉진할 수 있는 학습 환경 탐색. 대한화학회지, 64(6), 360-370.
신선경, 박주연 (2017). 증강현실 게임 이용 동기 및 특징이 몰입에 미치는 영향: 포켓몬 고 (Pokémon Go) 를 중심으로. 정보사회와 미디어, 18(3), 141-171.
윤정현, 강석진, 안인영, 노태희 (2017). 스마트 기기를 활용한 소집단 과학 학습에서 학생의 언어적 상호작용 분석. 대한화학회지, 61(3), 104-111.
윤정현 (2017). 중등 화학 수업에서 스마트 기기를 활용한 개념 적응적 개별화 학습과 소집단 학습의 효과. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
이운형 (2015). 교육용 모바일 증강현실 어플리케이션의 분류와 활용. 한국디자인포럼, 47, 105-114.
이재원, 노태희, 이선경 (2017). 고등학생의 학교 과학 탐구 활동에서 나타나는 도구발생의 특징. 한국과학교육학회지, 37(6), 971-980.
이재원, 박가영, 노태희 (2020). 물질의 입자성 개념에서 증강현실을 활용한 다중 표상 학습 전략의 개발과 적용. 한국과학교육학회지, 40(4), 375-383.
이재인, 최종수 (2011). 증강현실 기반의 초등과학교육 콘텐츠 제작. 한국콘텐츠학회논문지, 11(11), 514-520.
이지수, 심현애, 김경연, 이강성 (2010). 증강현실 기반 학습프로그램이 학습동기 및 학업성취도에 미치는 영향: Keller의 동기설계 모형을 적용한 초등과학 학습 프로그램의 개발 및 적용. 교육의 이론과 실천, 15(1), 99-121.
이희진 (2011). Peer Instruction 을 통한 초등학교 6학년 학생의 과학 개념 변화. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.
임희준, 차정호, 노태희 (2001). 협동학습에서 언어적 행동과 학습 변인들 사이의 관계 및 협동학습에 대한 중학생들의 인식. 한국과학교육학회지, 21(3), 487-496.
장상현 (2013). 교육3.0과 ICT 융합, 스마트교육. 한국콘텐츠학회지, 11(1), 35-39.
장상현, 계보경 (2007). 증강현실 (Augmented Reality) 콘텐츠의 교육적 적용. 한국

콘텐츠학회지, 5(2), 79-85.
장진아, 박준형, 송진웅 (2019). 초등학교 과학 디지털교과서에 제시된 테크놀로지를 활용한 탐구 활동의 특징-가상실험, 가상현실, 증강현실 활용 사례들을 중심으로. 초등과학교육, 38(2), 275-286.
정민형, 소금현. (2021). 증강현실과 가상현실을 활용한 과학 수업이 초등학생의 과학학습동기와 학업성취도에 미치는 영향. 생물교육, 49(3), 391-398.
정연화, 이정민 (2015). 증강현실 활용 탐구학습의 효과성 분석: 중등과학수업을 중심으로. 교육정보미디어연구, 21(4), 521-542.
주영, 김경순, 노태희 (2014). 중학생의 집단주의 성향에 따른 과학 협동학습에서 언어적 상호작용의 양상 비교. 한국과학교육학회지, 34(3), 221-233.
한국과학창의재단 (2015). 사이언스레벨업. https://sciencelevelup.kofac.re.kr/
한송이 (2019). 증강현실 기반 수업설계 원리 개발 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
한재영 (2003). 소집단 과학 학습에서 유화성에 따른 집단 구성의 교수 효과 및 언어적 상호작용. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
한재영, 노태희, 이지영, 이혜인 (2006). 과학 수업에서의 협동학습에 대한 교사들의 인식. 열린교육연구, 14(3), 103-117.
Aalst, J. (2009). Distinguishing knowledge-sharing, knowledge-construction, and knowledge-creation discourses. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(3), 259-287.
Abdinejad, M., Talaie, B., Qorbani, H. S., & Dalili, S. (2021). Student perceptions using augmented reality and 3d visualization technologies in chemistry education. *Journal of Science Education and Technology*, 30(1), 87-96.
Abdusselam, M. S., Kilis, S., Şahin Çakir, Ç., & Abdusselam, Z. (2018). Examining microscopic organisms under augmented reality microscope: A 5E learning model lesson. *Science Activities*, 55(1-2), 68-74.
Abram, P., Scarloss, B., Holthuis, N., Cohen, E., Lotan, R., & Schultz, S. E. (2002). The use of evaluation criteria to improve academic discussion in cooperative groups. *Asia Pacific Journal of Education,* 22(1), 16-27.
Ajanki, A., Billinghurst, M., Gamper, H., Järvenpää, T., Kandemir, M., Kaski, S., & Tossavainen, T. (2011). An augmented reality interface to contextual information. *Virtual Reality*, 15(2-3), 161-173.
Akçayir, M., & Akçayir, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature.

Educational Research Review, 20, 1-11.

Akçayir, M., Akçayir, G., Pektaş, H. M., & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342.

Arici, F., Yildirim, P., Caliklar, Ş., & Yilmaz, R. M. (2019). Research trends in the use of augmented reality in science education: Content and bibliometric mapping analysis. *Computers & Education*, 142, 103647.

Arvanitis, T. N., Petrou, A., Knight, J. F., Savas, S., Sotiriou, S., Gargalakos, M., & Gialouri, E. (2009). Human factors and qualitative pedagogical evaluation of a mobile augmented reality system for science education used by learners with physical disabilities. *Personal and Ubiquitous Computing*, 13(3), 243-250.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.

Baran, B., Yecan, E., Kaptan, B., & Paşayiğit, O. (2019). Using augmented reality to teach fifth grade students about electrical circuits. *Education and Information Technologies*, 25(2), 1371-1385.

Bayraktar, S. (2001). A meta-analysis of the effectiveness of computer-assisted instruction in science education. *Journal of Research on Technology in Education*, 34(2), 173-188.

Björk, S., & Holopainen, J. (2006). Games and design patterns. T*he game design reader*, 410-437.

Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction* (Vol. 59). Harvard University Press.

Bursztyn, N., Walker, A., Shelton, B., & Pederson, J. (2017). Increasing undergraduate interest to learn geoscience with GPS-based augmented reality field trips on students' own smartphones. *GSA Today*, 27(5), 4-11.

Cai, S., Chiang, F. K., & Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865.

Cai, S., Chiang, F. K., Sun, Y., Lin, C., & Lee, J. J. (2017). Applications of

augmented reality-based natural interactive learning in magnetic field instruction. *Interactive Learning Environments*, 25(6), 778-791.

Cai, S., Wang, X., & Chiang, F. K. (2014). A case study of Augmented Reality simulation system application in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 37, 31-40.

Chan, T. W., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, Sharples, M., Brown, T., ... & Hoppe, U. (2006). One-to-one technology-enhanced learning: An opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 1(1), 3-29.

Chang, H. Y., Hsu, Y. S., & Wu, H. K. (2016). A comparison study of augmented reality versus interactive simulation technology to support student learning of a socio-scientific issue. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1148-1161.

Chang, K. E., Chang, C. T., Hou, H. T., Sung, Y. T., Chao, H. L., & Lee, C. M. (2014). Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. *Computers & Education*, 71, 185-197.

Chang, R. C., Chung, L. Y., & Huang, Y. M. (2016). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245-1264.

Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, 71(3), 383-400.

Chen, C. M., & Tsai, Y. N. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers & Education*, 59(2), 638-652.

Chen, C. P., & Wang, C. H. (2015). Employing augmented-reality-embedded instruction to disperse the imparities of individual differences in earth science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 24(6), 835-847.

Chen, J., Wang, M., Kirschner, P. A., & Tsai, C. C. (2018). The role of collaboration, computer use, learning environments, and supporting strategies in CSCL: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 88(6),

799-843.

Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. *Innovations in Smart Learning*, 13-18.

Chen, S. Y., & Liu, S. Y. (2020). Using augmented reality to experiment with elements in a chemistry course. *Computers in Human Behavior*, 111, 106418.

Chen, Y. C. (2006). *A study of comparing the use of augmented reality and physical models in chemistry education*. In Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications (pp. 369-372).

Chen, Y. C. (2008). *Peer learning in an AR-based learning environment*. In 16th international conference on computers in education (pp. 291-295).

Chen, Y. H., & Wang, C. H. (2018). Learner presence, perception, and learning achievements in augmented-reality-mediated learning environments. *Interactive Learning Environments*, 26(5), 695-708.

Cheng, K. H., & Tsai, C. C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*, 22(4), 449-462.

Cheng, S. H., & Chu, H. C. (2016). *An Interactive 5E Learning Cycle-Based Augmented Reality System to Improve Students' Learning Achievement in a Microcosmic Chemistry Molecule Course*. In 2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI) (pp. 357-360). IEEE.

Chiang, T. H., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014a). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.

Chiang, T. H., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014b). Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities. *Computers & Education*, 78, 97-108.

Clariana, R. (2009). Ubiquitous wireless laptops in upper elementary mathematics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(1), 5-21.

Clinch, J. J., & Keselman, H. J. (1982). Parametric alternatives to the analysis of variance. *Journal of Educational Statistics*, 7(3), 207-214.

Coll, R. K., & Treagust, D. F. (2001). Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, 31(3), 357-382.

Csikszentmihalyi, M. (1997). *Finding flow*. New York: Basic Books.

Dalim, C. S. C., Kolivand, H., Kadhim, H., Sunar, M. S., & Billinghurst, M. (2017). Factors influencing the acceptance of augmented reality in education: A review of the literature. *Journal of computer science*, 13(11), 581-589.

Davidson, N., & Major, C. H. (2014). Boundary crossings: Cooperative learning, collaborative learning, and problem-based learning. *Journal on Excellence in College Teaching*, 25(3), 51-62.

Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66-69.

Dede, C., Salzman, M. C., Loftin, R. B., & Sprague, D. (1999). *Multisensory immersion as a modeling environment for learning complex scientific concepts*. In Modeling and simulation in science and mathematics education (pp. 282-319). Springer, New York, NY.

Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596.

Diegmann, P., Schmidt-Kraepelin, M., Eynden, S., & Basten, D. (2015). Benefits of augmented reality in educational environments-a systematic literature review. *Benefits*, 3(6), 1542-1556.

Dillenbourg, P. (1999). *What do you mean by collaborative learning? collaborative-learning: Cognitive and computational approaches* (pp. 1-19). Oxford: Elsevier.

Driscoll, M. P. (1994). *Psychology of learning for instruction*. Allyn & Bacon.

Dunleavy, M. & Simmons, B. (2011). Assessing learning and identity in augmented reality science games. In L. Annetta & S. Bronack (Eds.), *Serious educational games assessment* (pp. 221-240). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

Dunleavy, M. (2014). Design principles for augmented reality learning. *TechTrends*, 58(1), 28-34.

Dunleavy, M., & Dede, C. (2014). Augmented reality teaching and learning. *Handbook of research on educational communications and technology*, 735-745.

Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of science Education and Technology*, 18(1), 7-22.

Dünser, A., Walker, L., Horner, H., & Bentall, D. (2012). *Creating interactive physics education books with augmented reality*. In Proceedings of the 24th Australian computer-human interaction conference (pp. 107-114).

El Sayed, N. A., Zayed, H. H., & Sharawy, M. I. (2010). *ARSC: Augmented reality student card*. In 2010 International Computer Engineering Conference (ICENCO) (pp. 113-120). IEEE.

Elford, D., Lancaster, S. J., & Jones, G. A. (2022). Exploring the effect of augmented reality on cognitive load, attitude, spatial ability, and stereochemical perception. *Journal of Science Education and Technology*, 31(3), 322-339.

Eursch, A. (2007). *Increased safety for manual tasks in the field of nuclear science using the technology of augmented reality*. In 2007 IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record (Vol. 3, pp. 2053-2059). IEEE.

Ferguson, G, A., & Takane, Y. (1989). *Statistical Analysis in Psychology and Education* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.

Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jimenez, M. A., García, S., & Barcia, J. M. (2015). ARBOOK: Development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24(1), 119-124.

Fidan, M., & Tuncel, M. (2019). Integrating augmented reality into problem based learning: The effects on learning achievement and attitude in physics education. *Computers & Education*, 142, 103635.

Fokides, E., & Mastrokoukou, A. (2018). Results from a study for teaching human body systems to primary school students using tablets. *Contemporary Educational Technology*, 9(2), 154-170.

Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244-260.

Garzón, J., Baldiris, S., Gutiérrez, J., & Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review*, 31,

100334.

Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447-459.

Gavish, N., Gutiérrez, T., Webel, S., Rodríguez, J., Peveri, M., Bockholt, U., & Tecchia, F. (2015). Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. *Interactive Learning Environments*, 23(6), 778-798.

Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2017). *A design-based approach to augmented reality location-based activities: Investigating immersion in relation to student learning*. In Proceedings of the 16th World Conference on Mobile and Contextual Learning.

Georgiou, Y., & Kyza, E. A. (2018). Relations between student motivation, immersion and learning outcomes in location-based augmented reality settings. *Computers in Human Behavior*, 89, 173-181.

Goff, E. E., Mulvey, K. L., Irvin, M. J., & Hartstone-Rose, A. (2018). Applications of augmented reality in informal science learning sites: a review. *Journal of Science Education and Technology*, 27(5), 433-447.

Gutiérrez, J. M., & Fernández, M. D. M. (2014). Applying augmented reality in engineering education to improve academic performance & student motivation. *The International Journal of Engineering Education*, 30(3), 625-635.

Gweon, G., Kim, B., Kim, J., Lee, K. J., Rhim, J., & Choi, J. (2018). *MABLE: Mediating Young Children's Smart Media Usage with Augmented Reality*. In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

Hakkarainen, K. (2009). A knowledge-practice perspective on technology-mediated learning. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(2), 213-231.

Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: A critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(2), 139-156.

Herrington, J., Reeves, T. C., & Oliver, R. (2007). Immersive learning technologies: Realism and online authentic learning. J*ournal of Computing in Higher Education*, 19(1), 80-99.

Herrington, T., Oliver, R., Cowan, E., & Sparrow, H. (2000). *Towards a new tradition of online instruction: Using situated learning theory to design web-based units*. In In 2000.

Hines, E. A. (2020). *Student-to-Computer Ratios: Differences in High and Low Ratios as Related to Student Achievement and Teachers' Perceptions*. Trevecca Nazarene University.

Hmelo-Silver, C., Jeong, H., Faulkner, R., & Hartley, K. (2017). *Computer-supported collaborative learning in STEM domains: Towards a meta-synthesis*. In Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences.

Hou, L., Wang, X., Bernold, L., & Love, P. E. (2013). Using animated augmented reality to cognitively guide assembly. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(5), 439-451.

Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y., & Wang, Y. Z. (2016). Weather observers: a manipulative augmented reality system for weather simulations at home, in the classroom, and at a museum. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 205-223.

Hsiao, K. F. (2013). Using augmented reality for students health-case of combining educational learning with standard fitness. *Multimedia Tools and Applications*, 64(2), 407-421.

Hsiao, K. F., Chen, N. S., & Huang, S. Y. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20(4), 331-349.

Hung, Y. H., Chen, C. H., & Huang, S. W. (2017). Applying augmented reality to enhance learning: a study of different teaching materials. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(3), 252-266.

Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., & Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13.

Iwata, T., Yamabe, T., & Nakajima, T. (2011). *Augmented reality go: extending traditional game play with interactive self-learning support*. In 2011 IEEE 17th International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (Vol. 1, pp. 105-114). IEEE.

Jackson, S. A., & Marsh, H. W. (1996). Development and validation of a scale to

measure optimal experience: The Flow State Scale. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 18(1), 17-35.

Jee, H. K., Lim, S., Youn, J., & Lee, J. (2014). An augmented reality-based authoring tool for E-learning applications. *Multimedia Tools and Applications*, 68(2), 225-235.

Jeong, H., & Hmelo-Silver, C. E. (2016). Seven affordances of computer-supported collaborative learning: How to support collaborative learning? How can technologies help? *Educational Psychologist*, 51(2), 247-265.

Jonassen, D. H., & Land, S. (2014). *Theoretical foundations of learning environments*. Routledge.

Kamarainen, A. M., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutwiler, M. S., & Dede, C. (2013). EcoMOBILE: Integrating augmented reality and probeware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.

Kaufmann, H. (2003). *Collaborative augmented reality in education*. Institute of Software Technology and Interactive Systems, Vienna University of Technology.

Ke, F., & Hsu, Y. C. (2015). Mobile augmented-reality artifact creation as a component of mobile computer-supported collaborative learning. *The Internet and Higher Education*, 26, 33-41.

Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). "Making it real": exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3-4), 163-174.

Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R, J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. International *Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), 213-233.

Konradt, U., & Sulz, K. (2001). The experience of flow in interacting with a hypermedia learning environment. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10(1), 69-84.

Korenova, L., Kožuchová, M., Dostál, J., & Lavicza, Z. (2019). *Applications of Augmented Reality Apps in Teaching Technical Skills Courses*. In Augmented Reality in Educational Settings (pp. 383-409). Brill Sense.

Kreijns, K., Kirschner, P. A., & Jochems, W. (2002). The sociability of computer-supported collaborative learning environments. *Educational*

Technology & Society, 5(1), 8-22.

Lai, A. F., Chen, C. H., & Lee, G. Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 232-247.

Lämsä, J., Hämäläinen, R., Koskinen, P., & Viiri, J. (2018). Visualising the temporal aspects of collaborative inquiry-based learning processes in technology-enhanced physics learning. *International Journal of Science Education*, 40(14), 1697-1717.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge university press.

Li, N., Gu, Y. X., Chang, L., & Duh, H. B. L. (2011). *Influences of AR-supported simulation on learning effectiveness in face-to-face collaborative learning for physics*. In 2011 IEEE 11th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 320-322). IEEE.

Lin, C. P., Wong, L. H., & Shao, Y. J. (2012). Comparison of 1:1 and 1:m CSCL environment for collaborative concept mapping. *Journal of Computer Assisted Learning*, 28(2), 99-113.

Lin, T. J., Duh, H. B. L., Li, N., Wang, H. Y., & Tsai, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321.

Linn, M. (2003). Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education*, 25(6), 727-758.

Liu, P. H. E., & Tsai, M. K. (2013). Using augmented-reality-based mobile learning material in EFL English composition: An exploratory case study. *British Journal of Educational Technology*, 44(1), E1-E4.

Liu, Q., Yu, S., Chen, W., Wang, Q., & Xu, S. (2021). The effects of an augmented reality based magnetic experimental tool on students' knowledge improvement and cognitive load. *Journal of computer assisted learning*, 37(3), 645-656.

Liu, T. Y. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for language listening and speaking. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25(6),

515-527.

Liu, W., & Wang, C. (2022). How Roles in Collaboration Respond to the Exchange of Device-Student Ratio Under the Impact of External Scripts?. *Educational Technology & Society*, 25(2), 15-30.

Looi, C. K., Zhang, B., Chen, W., Seow, P., Chia, G., Norris, C., & Soloway, E. (2011). 1:1 mobile inquiry learning experience for primary science students: A study of learning effectiveness. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(3), 269-287.

Loyens, S. M., Magda, J., & Rikers, R. M. (2008). Self-directed learning in problem-based learning and its relationships with self-regulated learning. *Educational Psychology Review*, 20(4), 411-427.

Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children' s learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541.

Lukosch, S., Billinghurst, M., Alem, L., & Kiyokawa, K. (2015). Collaboration in augmented reality. *Computer Supported Cooperative Work*, 24(6), 515-525.

Majgaard, G., Larsen, L., Lyk, P., & Lyk, M. (2017). Seeing the unseen—Spatial visualization of the solar system with physical prototypes and augmented reality. *International Journal of Designs for Learning*, 8(2). 95-109.

Martin-Gutiérrez, J., Garcia-Dominguez, M., González, C. R., & Corredeguas, M. M. (2013). *Using different methodologies and technologies to training spatial skill in Engineering Graphic subjects*. In 2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp. 362-368). IEEE.

Matcha, W., & Rambli, D. R. A. (2011). *Preliminary investigation on the use of augmented reality in collaborative learning*. In International Conference on Informatics Engineering and Information Science (pp. 189-198). Springer, Berlin, Heidelberg.

Matcha, W., & Rambli, D. R. A. (2013). Exploratory study on collaborative interaction through the use of augmented reality in science learning. *Procedia Computer Science*, 25, 144-153.

Matcha, W., & Rambli, D. R. A. (2016). Time on task for collaborative augmented reality in science experiment. *Jurnal Teknologi*, 78(2-2), 137-144.

Mayer, R. E. (2005). Introduction to Multimedia Learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning*, 2, 1-24.

Mazzuco, A., Krassmann, A. L., Reategui, E., & Gomes, R. S. (2022). A systematic review of augmented reality in chemistry education. *Review of Education*, 10(1), e3325.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77(12), 1321-1329.

Montoya, M. H., Díaz, C. A., & Moreno, G. A. (2016). Evaluating the effect on user perception and performance of static and dynamic contents deployed in augmented reality based learning application. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(2), 301-317.

Munoz-Cristobal, J. A., Jorrin-Abellan, I. M., Asensio-Perez, J. I., Martinez-Mones, A., Prieto, L. P., & Dimitriadis, Y. (2014). *Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments*: A study in primary education. IEEE Transactions on Learning Technologies, 8(1), 83-97.

Nachairit, A., & SrisawasdI, N. (2015). *Using mobile augmented reality for chemistry learning of acid-base titration: correlation between motivation and perception*. In Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education (pp. 519-528). Hangzhou: Asia-Pacific Society for Computers in Education.

Nasir, N. I. S., & Hand, V. (2008). From the court to the classroom: Opportunities for engagement, learning, and identity in basketball and classroom mathematics. *The Journal of the Learning Sciences*, 17(2), 143-179.

Ng, L. X., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2015). Conceptual design using functional 3D models in augmented reality. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 9(2), 115-133.

Nichols, K., Hanan, J., & Ranasinghe, M. (2013). Transforming the social practices of learning with representations: A study of disciplinary discourse. *Research in Science Education*, 43(1), 179-208.

Nielsen, B. L., Brandt, H., & Swensen, H. (2016). Augmented reality in science education: Affordances for student learning. *Nordic Studies in Science Education*, 12(2), 157-174.

Nor, N. F. M., Hamat, A., & Embi, M. A. (2012). Patterns of discourse in online interaction: Seeking evidence of the collaborative learning process. *Computer Assisted Language Learning*, 25(3), 237-256.

Núñez, M., Quirós, R., Núñez, I., Carda, J. B., Camahort, E., & Mauri, J. L. (2008).

Collaborative augmented reality for inorganic chemistry education. In WSEAS International Conference. Proceedings. Mathematics and Computers in Science and Engineering.

Ozdamli, F., & Karagozlu, D. (2018). Preschool teachers' opinions on the use of augmented reality application in preschool science education. Croatian Journal of Education: *Hrvatski časopis za odgoj i obrazovanje*, 20(1), 43-74.

Palincsar, S. (1998). Social constructivist perspectives on teaching and learning. *Annual Review of Psychology*, 49(1), 345-375.

Panadero, E., Kirschner, P. A., Jarvela, S., Malmberg, J., & Jarvenoja, H. (2015). How individual self-regulation affects group regulation and performance: A shared regulation intervention. *Small Group Research*, 46(4), 431-454.

Panitz, T. (1999). *Collaborative versus cooperative learning: A comparision of the two concepts*: ERIC document No. ED448443.

Paulus, T. M. (2005). Collaborative and cooperative approaches to online group work: The impact of task type. *Distance Education*, 26(1), 111-125.

Payne, R. A., & Samhat, N. H. (2012). *Democratizing global politics: Discourse norms, international regimes, and political community*. Suny Press.

Pence, H. E. (2010). Smartphones, smart objects, and augmented reality. *The Reference Librarian*, 52(1-2), 136-145.

Phon, D. N. E., Ali, M. B., & Abd Halim, N. D. (2014). *Collaborative augmented reality in education: A review*. In 2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering (pp. 78-83). IEEE.

Pintrich, P. R., Smith, D. A., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1993). Reliability and predictive validity of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ). *Educational and psychological measurement*, 53(3), 801-813.

Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.

Radu, I., & Schneider, B. (2019). *What Can We Learn from Augmented Reality (AR)? Benefits and Drawbacks of AR for Inquiry-based Learning of Physics.* In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 1-12).

Rehmat, A. P., & Bailey, J. M. (2014). Technology integration in a science classroom: Preservice teachers' perceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 744-755.

Richmond, G., & Striley, J. (1996). Making meaning in classroom: Social processes in small-group discourse and scientific knowledge building. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(8), 839-858.

Roger, T., & Johnson, D. W. (1994). An overview of cooperative learning. *Creativity and collaborative learning*, 1-21.

Rosenbaum, E., Klopfer, E., & Perry, J. (2007). On location learning: Authentic applied science with networked augmented realities. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 31-45.

Sadowski, W., & Stanney, K. (2002). *Presence in virtual environments*. In: Stanney K (ed) *Handbook of virtual environment.* Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, pp 791-806.

Sahin, D., & Yilmaz, R. M. (2020). The effect of Augmented Reality Technology on middle school students' achievements and attitudes towards science education. *Computers & Education*, 144, 103710.

Salmi, H., Thuneberg, H., & Vainikainen, M. P. (2017). Making the invisible observable by Augmented Reality in informal science education context. *International Journal of Science Education*, 7(3), 253-268.

Santos, M. E. C., Chen, A., Taketomi, T., Yamamoto, G., Miyazaki, J., & Kato, H. (2013). Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation. *IEEE Transactions on learning technologies*, 7(1), 38-56.

Schmid, S., & Bogner, F. X. (2017). How an inquiry-based classroom lesson intervenes in science efficacy, career-orientation and self-determination. *International Journal of Science Education*, 39(17), 2342-2360.

Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational interest: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review*, 13(1), 23-52.

Scoresby, J., & Shelton, B. E. (2011). Visual perspectives within educational computer games: effects on presence and flow within virtual immersive learning environments. *Instructional Science*, 39(3), 227-254.

Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2004). Exploring a cognitive basis for learning spatial relationships with augmented reality. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(4), 323.

Sirakaya, M., & Cakmak, E. K. (2018). The effect of augmented reality use on achievement, misconception and course engagement. *Contemporary*

Educational Technology, 9(3), 297-314.

Sommerauer, P., & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, 79, 59-68.

Squire, K. D., Jan, M., Matthews, J., Wagler, M., Martin, J., Devane, B. & Holden, C. (2007). *Wherever you go, there you are: The design of local games for learning*. In B. Sheldon & D. Wiley (Eds). The design and use of simulation computer games in education, (pp. 265-296). Rotterdam, Netherlands: Sense Publishing.

Stoyanova, D., Kafadarova, N., & Stoyanova-Petrova, S. (2015). Enhancing elementary student learning in natural sciences through mobile augmented reality technology. *Bulgarian Chemical Communications*, 47, 532-536.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312.

Tan, D. K. C., & Treagust, D. F. (1999). Evaluating students' understanding of chemical bonding. *School Science Review*, 81(294), 75-84.

Tan, W. Y. (1982). On approximating probability distributions of a statistic of brown-forsythe from normal and non-normal universes. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 16(1), 35-55.

Tee, N. Y. K., Gan, H. S., Li, J., Cheong, B. H. P., Tan, H. Y., Liew, O. W., & Ng, T. W. (2018). Developing and demonstrating an augmented reality colorimetric titration tool. *Journal of Chemical Education*, 95(3), 393-399.

Tekedere, H., & Göke, H. (2016). Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: A meta-analysis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(16), 9469-9481.

Turan, Z., & Atila, G. (2021). Augmented reality technology in science education for students with specific learning difficulties: Its effect on students' learning and views. *Research in Science & Technological Education*, 39(4), 506-524.

Unahalekhaka, A., Radu, I., & Schneider, B. (2019). *How augmented reality affects collaborative learning of physics: A qualitative analysis*. Paper presented at the CSCL 2019 Proccedings, Lyon.

Ünal, S., Çalik, M., Ayas, A., & Coll, R. K. (2006). A review of chemical bonding studies: needs, aims, methods of exploring students' conceptions, general

knowledge claims and students' alternative conceptions. *Research in Science & Technological Education*, 24(2), 141-172.

Verillon, P., & Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of though in relation to instrumented activity. *European Journal of Psychology of Education*, 10(1), 77-101.

Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. *Readings on the development of children*, 23(3), 34-41.

Wan, A. T., San, L. Y., & Omar, M. S. (2018). Augmented reality technology for year 10 chemistry class: Can the students learn better?. *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching*, 8(4), 45-64.

Wang, C., & Le, H. (2022). The More, the merrier? Roles of device-student ratio in collaborative inquiries and its interactions with external scripts and task complexity. *Journal of Educational Computing Research*, 59(8), 1517-1542.

Wang, C., & Yu, S. (2021). Tablet-to-student ratio matters: Learning performance and mental experience of collaborative inquiry. *Journal of Research on Technology in Education*, 1-17.

Wang, C., Ma, Y., & Wu, F. (2020). Comparative learning performance and mental involvement in collaborative inquiry learning: three modalities of using virtual lever manipulative. *Journal of Science Education and Technology*, 29(5), 587-596.

Wang, C., Wang, J., Shi, Z., & Wu, F. (2021). Comparison of the effects of 1:1 and 1:m CSCL environments with virtual manipulatives for scientific inquiry-based learning: a counterbalanced quasi-experimental study. *Interactive Learning Environments*, 1-18.

Wang, C., Xu, L., & Liu, H. (2022). Exploring behavioural patterns of virtual manipulatives supported collaborative inquiry learning: Effect of device-student ratios and external scripts. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(2), 392-408.

Wang, H. Y., Lin, T. J., Tsai, C. C., Duh, H. B. L., & Liang, J. C. (2012). *An investigation of students' sequential learning behavioral patterns in mobile CSCL learning systems*. In 2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 53-57). IEEE.

Wanis, I. A. (2019). *A review on collaborative learning environment across virtual and augmented reality technology*. In IOP Conference Series: Materials

Science and Engineering. IOP Publishing.
Wei, X., Weng, D., Liu, Y., & Wang, Y. (2015). Teaching based on augmented reality for a technical creative design course. *Computers & Education*, 81, 221-234.
White, R. & Gunstone, R. (1992) *Probing understanding* (Philadelphia, PA, Falmer).
Williams, A. J., & Pence, H. E. (2011). Smart phones, a powerful tool in the chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 88(6), 683-686.
Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of learners' attitude toward learning in ARIES augmented reality environments. *Computers & Education*, 68, 570-585.
Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49.
Wu, P. H., Hwang, G. J., Yang, M. L., & Chen, C. H. (2018). Impacts of integrating the repertory grid into an augmented reality-based learning design on students' learning achievements, cognitive load and degree of satisfaction. *Interactive Learning Environments*, 26(2), 221-234.
Xiao, M., Feng, Z., Yang, X., Xu, T., & Guo, Q. (2020). Multimodal interaction design and application in augmented reality for chemical experiment. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(4), 291-304.
Xu, W. W., Su, C. Y., Hu, Y., & Chen, C. H. (2022). Exploring the Effectiveness and Moderators of Augmented Reality on Science Learning: a Meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 31(5), 621-637.
Yilmaz, K. (2008). Constructivism: Its theoretical underpinnings, variations, and implications for classroom instruction. *Educational Horizons*, 86(3), 161-172.
Yilmaz, O. (2021). Augmented Reality in Science Education: An Application in Higher Education. *Shanlax International Journal of Education*, 9(3), 136-148.
Yoon, S., Anderson, E., Lin, J., & Elinich, K. (2017). How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), 156-168.
Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140.
Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2013). *Augmented reality and*

education: Applications and potentials. In Reshaping Learning (pp. 385-414). Springer, Berlin, Heidelberg.

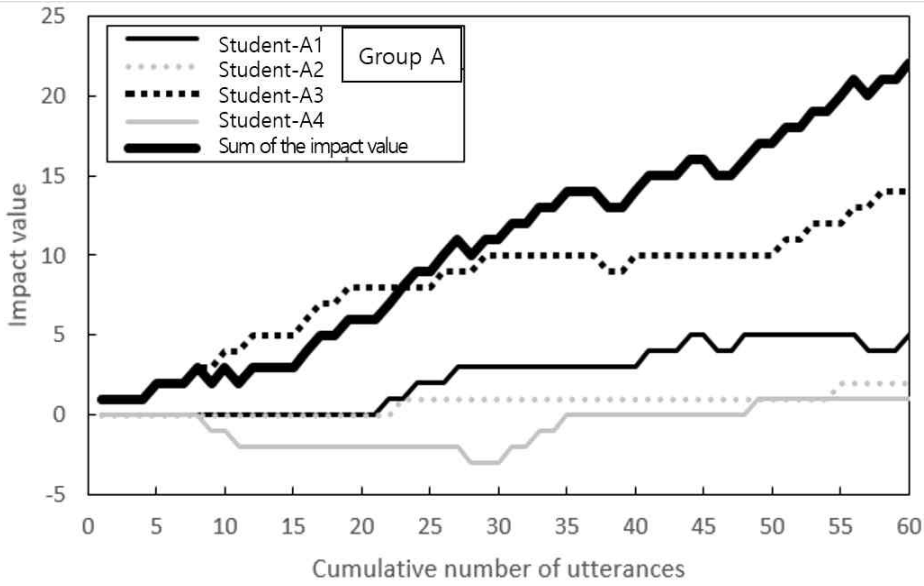
Yusoff, R. C. M., Zaman, H. B., & Ahmad, A. (2010). Design a situated learning environment using mixed reality technology-A case study. World Academy of Science, *Engineering and Technology*, 4(11), 1766-1771.

Zarraonandia, T., Aedo, I., Díaz, P., & Montero, A. (2013). An augmented lecture feedback system to support learner and teacher communication. *British Journal of Educational Technology*, 44(4), 616-628.

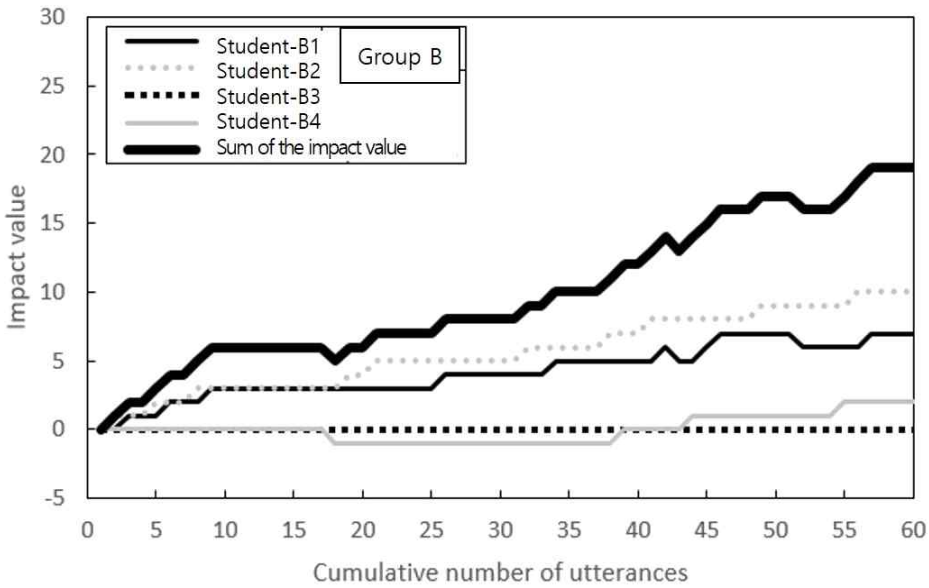
Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T., & Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188.

Zimmerman, H. T., Land, S. M., & Jung, Y. J. (2016). *Using augmented reality to support children's situational interest and science learning during context-sensitive informal mobile learning*. In Mobile, ubiquitous, and pervasive learning (pp. 101-119). Springer, Cham.

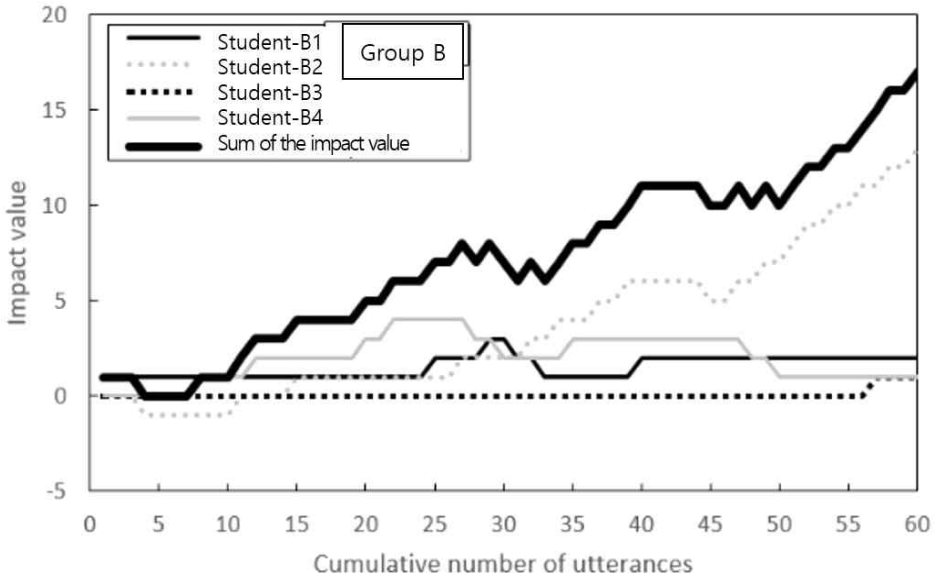
<부록 Ⅱ-1> 도구 사용 환경별 지식 형성 과정 (※본문에 제시한 그래프는 제외)



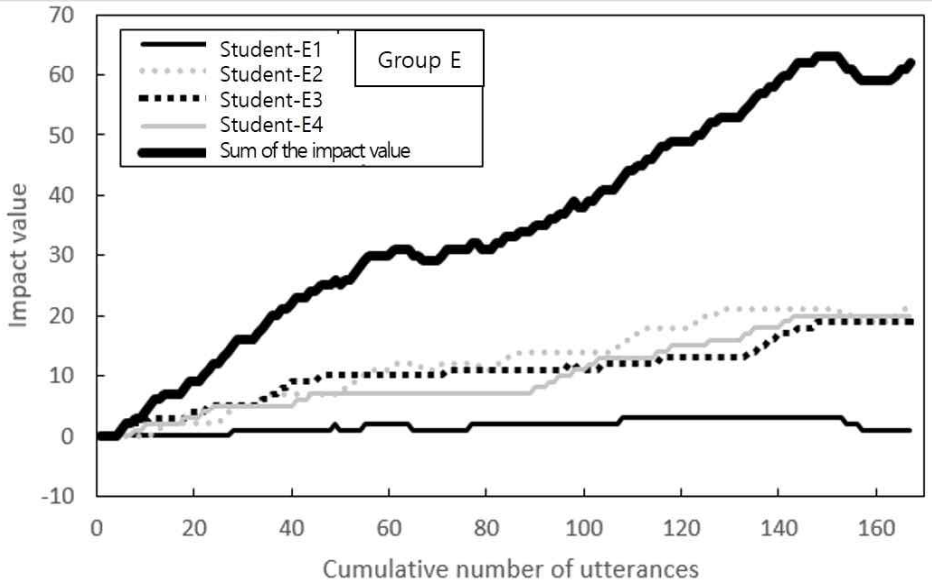
<도구 공유 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 모둠 A_공유 결합(2차시)>



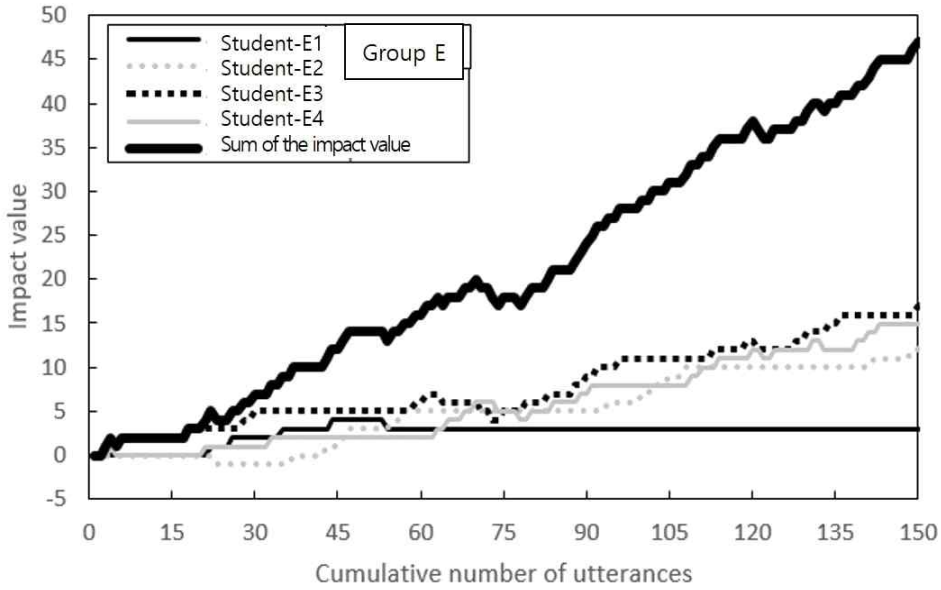
<도구 공유 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 모둠 B_이온 결합(1차시)>



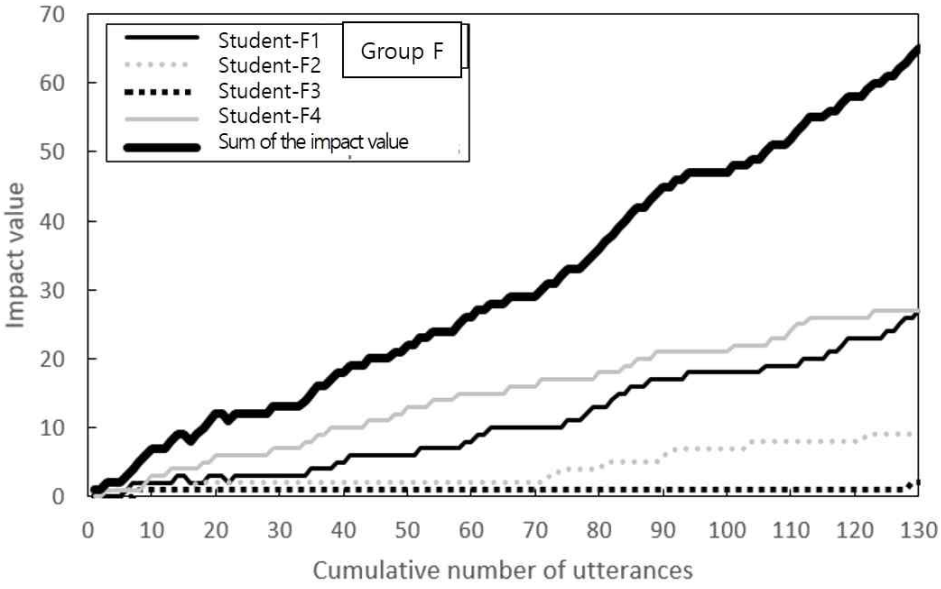
<도구 공유 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 모둠 B_공유 결합(2차시)>



<개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 모둠 E_이온 결합(1차시)>



<개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 모둠 E_공유 결합(2차시)>



<개별 도구 환경에서 학생들의 영향 값 변화: 모둠 F_이온 결합(1차시)>

ABSTRACT

Exploring Effective Environments for Using Tools in Small Group Science Learning with Manipulative Augmented Reality

Seokjin Shin
Chemistry Major
Department of Science Education
The Graduate School
Seoul National University

The use of augmented reality (AR) in science education makes it easier for students to understand complex abstract concepts by visualizing unobservable phenomena. In addition, augmented reality provides students with interactive learning experiences through the manipulation and exploration of markers and virtual objects and facilitates interaction among students. Considering the media characteristics of augmented reality, one of the strategies for enhancing educational effectiveness is to utilize manipulative augmented reality in small group learning. However, in previous studies, it was found that there were differences in the number of markers and smart devices provided to each group. Augmented reality for observing virtual objects was mainly used. Markers and smart devices are not only tools of augmented reality, but also important elements of the learning environment that have an influence on the effectiveness of small group learning. Thus, it is necessary to compare environments for using tools and investigate the effective learning process in a manipulative augmented reality setting.

In this study, we compared instructional effects and discourse by environments for using tools in small group learning with manipulative augmented reality and analyzed interactions in the effective learning process. For this study, we developed a manipulative augmented reality of chemical bonding topics. Based on analysis of previous studies, we classified environments for using tools into the sharing tools environment and the individual tools environment. Each group of students in the sharing tools environment shares one marker and one smart device. In the individual tools environment, each student in the group has a marker and a smart device. We quantitatively compared the instructional effects of the sharing tools environment and the individual tools environment in terms of concept understanding, immersion, and situational interest (Study Ⅰ). We compared the discourse in small group learning by environments for using tools (Study Ⅱ). To deeply understand the effective learning process, we analyzed verbal interactions and physical interactions (Study Ⅲ).

In Study I, we investigated the instructional effects of environments for using tools in small group learning with manipulative augmented reality based on the level of students' self-regulation. Sixty-four first-grade students from a coed high school in Seoul participated in this study. Students were divided into a group of four, and each group was randomly assigned to either the sharing tools environment or the individual tools environment. The sharing tools environment provided one marker and one smart device in each group, and the individual tools environment provided four markers and four smart devices in each group. The students participated in small group learning with augmented reality for 2 class hours about the chemical bonding concept from the Integrated Science subject. Prior to the instructions, the self-regulation test for learning was administered. After the instructions, the conception test, the immersion test, and the situational interest test were administered. Two-way ANOVA results revealed that scores of conception, immersion, and situational interest for the individual tools environment were significantly higher than those for the sharing tools environment. There

were no significant interactions between the environments for using tools and the level of self-regulation in the scores of the conception test, the immersion test, and the situational interest test. The scores of the individual tools environment were significantly higher than those of the sharing tools environment in the antecedents, experiences, and effects factors, which are subcategories of immersion. In the analyses of situational interest, the scores of the individual tools environment were significantly higher than those of the sharing tools environment for all subcategories except the challenge.

In Study Ⅱ, we analyzed discourse in small group learning with manipulative augmented reality and investigated participation types, discourse types, and knowledge building processes by environments for using tools. First-grade high school students ($N=24$) were divided into a group of four, and six groups were assigned to the sharing tools environment and the individual tools environment. All students participated in small group learning with augmented reality for 2 class hours to learn the chemical bonding concept. All classes were audio- and video-taped in groups, and semi-structured interviews were conducted with six students. The results of the study revealed that the sharing tools environment had a high proportion of one-student dominating type, while the individual tools environment had a high proportion of partly participating type and most students participating type. The number and types of discourses were more diverse in the individual tools environment than in the sharing tools environment. The discourses in the individual tools environment also had a similar ratio of knowledge sharing and knowledge construction. In the sharing tools environment, the knowledge building process was only meaningful for some students. On the other hand, in the individual tools environment, most of the group members constructed correct knowledge about the target concept, and the misconceptions of some group members were corrected through small group discussions.

In Study Ⅲ, we analyzed the verbal interactions, physical interactions, and the relevance of the verbal and physical interactions to comprehend the effective

learning process. First-grade high school students ($N=12$) were organized into three groups of the individual tools environment. The small group activities with augmented reality were audio- and video-taped, and semi-structured interviews were conducted with three students. Verbal interactions were analyzed at the levels of an individual statement and an interaction unit, while physical interactions were analyzed with a focus on markers, virtual objects, and worksheets. The results revealed that the frequencies of statements at the information question/explanation and the direction question/explanation were high within individual statement units. Within interaction units of verbal interactions, the frequencies of reformative and cumulative interaction were relatively high. The frequencies of progress were also found to be high within both individual statement units and interaction units. Students' physical interactions were mainly conducted without meaningful verbal interactions. When their physical interactions were accompanied by knowledge construction-related verbal interaction, the frequencies of gazing at virtual objects and worksheet-related interactions were high. In contrast, various exploratory activities related to the manipulation of markers mainly appeared when they conducted physical interactions only or when their physical interactions were accompanied by management-related verbal interactions.

On the basis of the results, we discuss the effective environments for using tools in small group learning with manipulative augmented reality. In addition, we suggest educational implications for educators in designing educational strategies and implementing learning with augmented reality.

Key words: augmented reality, small group learning, verbal interaction, physical interaction, environment for using tools

student number: 2015-31135