

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 촉진할 수 있는 학습 환경 탐색

신석진 · 노태희 · 이재원^{†,*}

서울대학교 화학교육과

[†]한국교육과정평가원

(접수 2020. 5. 6; 게재확정 2020. 7. 27)

An Exploration of Learning Environment for Promoting Conceptual Understanding, Immersion and Situational Interest in Small Group Learning Using Augmented Reality

Seokjin Shin, Taehee Noh, and Jaewon Lee^{†,*}

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 08826, Korea.

[†]Korea Institute for Curriculum and Evaluation, Chungbuk 27873, Korea.

*E-mail: jwlee978@kice.re.kr

(Received May 6, 2020; Accepted July 27, 2020)

요약. 이 연구에서는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 촉진할 수 있는 학습 환경을 학생들의 자기조절 수준에 따라 탐색하였다. 서울시에 소재한 남녀공학 고등학교 1학년 95명이 연구에 참여하였다. 한 모둠에 마커와 스마트 기기를 각각 1개(1-1), 2개(2-2) 또는 4개(4-4)를 제공하는 세 가지 학습 환경을 구성하고, 학생들을 4인 1모둠으로 편성하여 각 학습 환경에 무선 배치하였다. 통합과학 교과의 화학 결합 개념에 대하여 증강현실을 활용한 소집단 학습을 2차시 동안 실시하였다. 이원 변량 분석 결과, 개념 이해도 검사에서는 4-4 학습 환경의 점수가 1-1 또는 2-2 학습 환경보다 유의미하게 높았으며, 자기조절 수준이 낮은 학생들이 학습 환경 변화의 영향을 받았다. 몰입감 검사에서는 4-4 학습 환경의 점수가 1-1 학습 환경보다 유의미하게 높았고, 자기조절 수준이 높은 학생들이 학습 환경 변화의 영향을 받았다. 상황 흥미 검사에서 4-4 및 2-2 학습 환경의 점수는 1-1 학습 환경보다 통계적으로 유의미하게 높았고, 학습 환경 변화는 자기조절 수준 높은 학생과 낮은 학생 모두에게 영향을 주었다. 연구 결과를 바탕으로 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생들의 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 촉진할 수 있는 학습 환경에 대한 교육적 함의를 논의하였다.

주제어: 증강현실, 소집단 학습, 화학 결합

ABSTRACT. This study explored the learning environment for promoting conceptual understanding, immersion, and situational interest in small group learning using augmented reality, according to the level of students' self-regulation. 95 ninth-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 three learning environments that provide one marker and one smart device(1-1), two markers and two smart devices(2-2), and four markers and four smart devices(4-4) for a group. Small group learning using augmented reality was conducted for two class periods about the chemical bonding concept from the Integrated Science subject. Two-way ANOVA results revealed that students in the 4-4 learning environment scored significantly higher than those in the 1-1 or 2-2 learning environment in a conception test. Changes in the learning environment have affected students with a low level of self-regulation. In an immersion test, students in the 4-4 learning environment scored significantly higher than those in the 1-1 learning environment, and changes in the learning environment have affected students with a high level of self-regulation. As a result of situational interest test, students in the 4-4 and 2-2 learning environments scored significantly higher than those in the 1-1 learning environment, and changes in the learning environment have affected students with a low and a high level of self-regulation. Based on the results, the educational implications of the learning environment for promoting conceptual understanding, immersion, and situational interest in small group learning using augmented reality are discussed.

Key words: Augmented reality, Small group learning, Chemical bonding

서 론

최근 정보통신기술의 혁신적인 발달로 인해 증강현실(augmented reality)과 같은 새로운 실감형 콘텐츠를 교육에 응용하려는 시도가 이루어지고 있다. 증강현실을 구동하기 위해서는 QR 코드와 같은 물리적 마커(physical marker) 및 스마트폰과 같은 카메라가 포함된 디스플레이 매체가 필요하며, 카메라로 마커를 비추면 디스플레이 화면상의 실제 세계에 3차원의 가상 객체가 증강되어 나타난다.¹ 따라서 학습자는 증강현실을 통해 실제 세계와 가상 객체를 동시에 관찰하며 가상 객체와 상호작용을 할 수 있다.² 과학교육의 맥락에서 증강현실은 학생들에게 자기력선이나 분자 구조 등 눈에 보이지 않는 추상적 개념을 실제 세계와 연결 지어 줄 수 있기 때문에 유용하게 사용될 수 있다.^{2,3} 이에 우리나라에서도 증강현실을 활용한 실험 콘텐츠나 증강현실이 접목된 디지털교과서를 개발하는 등, 증강현실을 활용한 과학교육 콘텐츠를 개발 및 보급하기 위해 집중적으로 노력하고 있다.^{4,5}

실제 세계와 가상 객체의 자연스러운 융합으로 대표되는 증강현실의 독특한 매체적 특성은 과학 교수·학습에서 개념 이해나 학업 성취 등의 인지적 요소뿐만 아니라 흥미나 즐거움, 학습 동기 등의 정의적 요소에 긍정적 효과가 있는 것으로 알려져 있다.^{6,8} 이는 학습자가 물리적 마커를 손으로 조작하고 가상 객체를 탐색하는 과정에서 다감각적 정보를 얻고 증강현실 콘텐츠에 깊게 몰입하여 능동적 학습을 수행할 수 있기 때문이다.^{9,10} 이러한 과정에서 학습자는 증강현실과 끊임없는 상호작용을 통해 학습 내용에 더욱 집중하며 학습에 대한 통제감, 자의식의 상실 등을 동반한 몰입감을 느낄 수 있으며,^{11,12} 학습 내용에 대해 높은 흥미를 느끼게 된다.¹³ 또한, 증강현실은 면대면 학습을 지원하기 때문에 가상 객체를 중심으로 학습자와 학습자, 학습자와 교사 간의 다양한 상호작용이나 협력적 활동이 촉진된다.⁶ 실제로 소집단 학습이나 협력 상황에서 증강현실을 활용한 과학 수업의 효과를 조사한 선행 연구¹⁵에서는 이러한 학습 환경이 학습자의 수업 참여를 높이고 개인 간의 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 소집단에 제공한 마커와 디스플레이 기기의 수, 소집단별 학생 수 등의 구체적인 학습 환경이 매우 다양하였다. 예를 들어, 3인 또는 5인으로 구성된 소집단에 마커와 스마트 기기를 1개씩만 제공하여 조원들이 가상 객체를 함께 관찰하면서 토의하는 환경,¹⁵ 2인 1조로 구성된 소집단에 마커 세트와 스마트 기기를 1개만 제공하여 마커와 가상 객체의 조작

및 관찰을 협력적으로 수행하는 환경,¹⁶ 소집단 구성원들이 각자 마커와 스마트 기기를 사용하면서 학습을 수행하는 환경¹⁷ 등이 있었다. 소집단 구성원들이 마커와 스마트 기기를 함께 사용하면 기기 사용에 있어 불편함은 있으나,¹⁸ 활동이 보다 협력적으로 이루어지게 되므로 가상 객체나 목표 개념 등에 대한 논의는 활발하게 진행될 수 있을 것이다. 반대로 구성원들이 각자 마커와 스마트 기기를 가지고 소집단 학습에 참여하면 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 각각의 학습 환경은 나름대로의 장·단점을 가지고 있는 것으로 볼 수 있다. 또한, 증강현실을 사용할 때의 학습 환경이 교수·학습 효과에 영향을 줄 수 있다는 주장¹⁹을 고려하면 이와 같은 외적인 환경의 변화는 개념 이해, 몰입이나 흥미와 같은 인지적·정의적 측면의 수업 효과에도 영향을 줄 수 있으므로, 증강현실을 교육 현장에 적용하기에 앞서 최적의 학습 환경에 대한 탐색이 우선적으로 진행될 필요가 있다.

한편, 증강현실을 활용한 학습에서는 학습자가 물리적 마커와 디스플레이 기기 등 다양한 도구를 직접 조작하며 증강현실을 관찰해야 하므로 학생이 능동적으로 학습을 통제하는 자기조절(self-regulation) 능력이 교수·학습 효과에 중요한 영향을 줄 수 있다.^{19,20} 일반적으로 자기조절 수준이 높은 학생은 학업 성취도 우수한 경향이 있음을 고려할 때,²¹ 증강현실을 활용한 소집단 학습에서도 자기조절 수준이 높은 학생들의 성취가 더 우수할 가능성이 있다. 하지만 자기조절 능력은 소집단 학습에서 구성원들 사이의 관계 맺기, 공동의 의사 결정 등을 포함한 사회적 상호작용과도 밀접한 관련이 있으므로,²² 마커와 스마트 기기 수에 따른 학습 환경의 차이는 자기조절 수준이 다른 학생들에게 서로 다른 영향을 미칠 수 있다. 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학습 환경별 교수·학습 효과를 학생의 자기조절 수준에 따라 조사하면 각 학습 환경별 특징을 이해하고 최적의 학습 환경을 탐색하는 데 도움이 될 것이다.

이에 이 연구에서는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기 수를 달리한 학습 환경의 변화에 따른 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미를 정량적으로 조사하고, 이때 학생들의 자기조절 수준이 학습 환경 변화에 따른 교수·학습 효과에 주는 영향을 분석하고자 한다.

연구 방법

연구 참여자

서울시에 소재한 1개 남녀공학 고등학교의 1학년에서

연구 참여에 자발적으로 동의한 5개 학급의 재학생 108명을 무작위로 선정하였다. 국내 협동학습 상황에서 일반적인 모듈 편성 방법²³을 고려하여 4인 1모듈으로 총 27개의 모듈을 편성하였다. 이때 모듈원 간의 상호작용 향상을 위해 과학 담당 교사의 협조를 구하여 각 모듈에 반편성 교사 성적을 기준으로 상위와 하위 학생 각각 1명, 중위 학생 2명을 포함한 이질 집단을 구성하였다.²⁴ 증강현실을 활용한 소집단 학습에 관한 선행연구¹⁵⁻¹⁷의 학습 환경을 분석하여, 소집단에 제공하는 마커 세트와 스마트 기기 수를 달리한 3가지 학습 환경을 구성하였다. 즉, 한 모듈에 마커 세트 1개와 스마트 기기 1개만을 제공하는 학습 환경(이하 1-1 학습 환경), 마커 세트 2개와 스마트 기기 2개를 제공하여 모듈원들이 증강현실을 함께 사용하는 학습 환경(이하 2-2 학습 환경) 및 한 모듈에 마커 세트 4개와 스마트 기기 4개를 제공하여 모듈 내 모든 학생이 개별적으로 마커와 스마트 기기를 사용하면서 소집단 학습에 참여할 수 있는 학습 환경(이하 4-4 학습 환경)을 구성하였다. 이때 1-1 학습 환경은 모듈원들이 증강현실을 함께 사용하므로 가상 객체에 대한 이해에서부터 제시된 과제의 해결 방법, 모듈별 활동지 작성에 이르기까지 학습 과정 전반에 걸쳐 활발한 논의와 학생 사이의 상호작용이 촉진될 것이다. 4-4 학습 환경은 모듈원들이 증강현실은 각자 사용하면서 모듈별 활동지를 통한 논의 활동을 협력적으로 수행하는 데 집중하도록 하는 학습 전략을 사용하였으며, 1-1 학습 환경과 비교하면 학생 개인이 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 시간이 상대적으로 많아질 것으로 예상하였다. 2-2 학습 환경은 1-1 및 4-4 학습 환경의 중간 형태로서, 4-4 학습 환경보다 더 활발한 상호작용이 이루어질 수 있고, 동시에 1-1 학습 환경보다는 학생들이 증강현실을 조작 및 탐색할 기회를 더 많이 제공한 환경으로 구성하였다. 각 학급에 3가지 학습 환경의 모듈이 고르게 분포되도록 무작위 배정을 하여 학급 분위기나 학급별 교수 효과에 의한 편향이 나타나지 않도록 하였다. 연구에 참여한 108명 중 사후 검사에 참여하지 않았거나 과반의 검사 문항에 무응답을 한 학생 13명을 제외한 총 95명의 응답을 분석하였다. 모든 연구 참여 학생들을 자기조절 검사 점수의 중앙값에 기초하여 자기조절 수준 상위 및 하위 학생으로 구분하였다(Table 1).

증강현실 어플리케이션 개발

이 연구에서 사용한 증강현실 어플리케이션은 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. 목표 개념은 고등학교 1학년 통합과학의 ‘물질의 규칙성과 결합’ 단원 내 이온 결합과 공유 결합으로 정하였다. 이 단원에서는 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. 이러한 탐구 활동을 증강현실 어플리케이션으로 구현하고, 이때 증강현실의 장점인 조작성과 탐색성^{10,25}이 나타나도록 하였다.

이 연구에서 개발한 증강현실 어플리케이션의 구체적인 콘텐츠와 작동 방식은 다음과 같다. 증강현실에서 카메라의 인식 대상이 되는 물리적 마커는 다양한 원소 카드이고, 화면상에 증강되는 가상 객체는 원자 모형이다. 즉, 학생들이 증강현실 어플리케이션을 실행한 후 스마트 기기의 카메라로 원소 카드를 비추면 스마트 기기의 화면에 해당 원소의 보어 원자 모형이 증강되어 나타나도록 하였다. 이때 정지된 상태의 원자핵에는 양성자 수가 적혀있고 각 껍질에 존재하는 전자들은 궤도를 따라 원운동을 한다. 또한, 학생들이 여러 원소들의 원자 모형이 동시에 나타나도록 한 상태에서 두 개 이상의 원소 마커들을 인접시키는 경우, 옥텟 규칙에 따라 이온 결합 화합물이나 분자의 형성이 가능한 조합의 경우에 한하여 이온 결합이나 공유 결합이 형성되는 과정과 결합 모형을 나타나도록 하였다. 예를 들어, 나트륨(Na) 마커와 염소(Cl) 마커를 일정 거리 이상 떨어뜨려 놓으면, 각각의 원자 모형이 스마트 기기 화면상에 제시되지만, 두 마커를 인접시키면 나트륨의 가장 바깥 껍질 전자 1개가 염소 원자의 바깥 껍질로 이동하면서 염화 나트륨의 결합 모형을 스마트 기기 화면상에 가상 객체로 제시된다. 이와 유사하게 비금속인 산소(O) 마커 1개와 수소(H) 마커 2개를 H-O-H 순으로 인접시키면 물 분자의 결합 모형을 증강현실로 관찰할 수 있다(Fig. 1). 그러나 만일 학생들이 산소(O) 마커 1개와 수소(H) 마커 1개만을 인접시킨다면 공유 결합이 생성되지 않은 채 두 개의 원자 모형이 그대로 있는 모습을 관찰하게 된다. 또

Table 1. Numbers of subjects in the three AR learning environment by the level of self-regulation

Level	AR learning environments			Total
	1 Marker, 1 Device (1-1)	2 Markers, 2 Devices (2-2)	4 Markers, 4 Devices (4-4)	
High	15	17	13	45
Low	19	14	17	50
Total	34	31	30	95



Figure 1. Covalent bonding model of water molecule embodied in augmented reality application.

한 학생들이 물리적 마커인 원소 카드나 가상 객체인 원자 모형을 조작하며 다양한 이온 및 공유 결합 모형을 탐색하도록 화면상의 가상 객체는 손으로 늘려 확대시킬 수 있을 뿐만 아니라 회전, 이동 등의 다양한 조작 및 탐색 활동이 가능하도록 하였다. 이상의 증강현실 어플리케이션은 증강현실 프로그래밍 전문가 1인의 자문을 받아 연구자가 직접 개발하였으며, 현직 과학 교사 3인을 대상으로 어플리케이션의 기술적 안정성 및 사용성에 대한 피드백을 받아 수정 및 보완하였다.

연구 절차

수업 처치를 실시하기 전에 사전 검사로 자기조절 검사를 실시하였다. 이후 통합과학의 ‘물질의 규칙성과 결합’ 단원에서 원소의 주기성을 주제로 1차시 동안 학생들이 증강현실에 익숙해지도록 하기 위한 오리엔테이션과 연습 수업을 진행하였고, 이어서 이온 결합과 공유 결합을 주제로 각각 1차시씩 총 2차시 동안 수업 처치를 진행하였다. 모든 수업은 경력 10년의 과학 담당 교사 1인이 운영하였다. 연구자는 교사용 수업 지도안과 학생용 활동지 등 일체의 교수·학습 자료를 개발하여 교사에게 제공하였다. 교수·학습 자료의 내용 수준, 어휘, 증강현실의 사용 방법의 예시 등의 적절성은 개발 단계에서 과학교육 전문가 2인과 현직 고등학교 교사 2인으로 구성된 소모임에서 수차례의 논의를 거쳐 점검하였다.

구체적으로, 연습 차시에서는 과학 담당교사가 학생들에게 증강현실 및 증강현실의 구성 요소인 물리적 마커와 가상 객체의 개념, 어플리케이션의 사용법에 대해 안내한 다음, 원소들의 주기성에 대해 수업하였다. 학생들은 물리적 마커인 원자 카드를 스마트 기기로 비추어 가상 객체인 원자 모형을 관찰하고 전자 배치상의 특징을 정리하는 방식으로 소집단 학습을 하였다.

2차시의 수업 처치는 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위해 선행 연구^{26,27} 결과를 바탕으로 증강현실에 대해 도전적인 탐색 경험과 교사와 학생 및 학생들 사이의 피드백이 포함되도록 구성하였다. 즉, 모둠 내

학생들이 원자 카드를 조합해 화학 결합을 만드는 탐색적 활동과 관찰한 가상 객체의 특징을 분석하는 활동을 협력적으로 수행하면서 모둠 내 학생들 사이에 학습 내용에 대한 피드백이 이루어지도록 교수·학습을 설계하였다. 이온 결합을 주제로 한 1차시에서 학생들은 먼저 나트륨(Na) 원자 카드와 염소(Cl) 원자 카드를 각각 이용해 증강현실로 원자 모형을 관찰하면서 이들이 안정한 18족 원소의 전자 배치를 가질 수 있는 방법에 대해 토의하였다. 담당 교사는 학생들이 토의한 내용을 정리한 후, 증강현실로 염화 나트륨(NaCl)의 이온 결합 모형을 만드는 방법을 시범으로 제시하였다. 학생들은 같은 방법으로 이를 재현하면서 염화 나트륨의 이온 결합 모형에서 관찰할 수 있는 특징을 토의하여 활동지에 정리하였다. 이어서 학생들은 칼륨(K), 마그네슘(Mg), 산소(O), 염소(Cl) 원자 마커들을 사용하여 만들 수 있는 모든 이온 결합 모형(염화 칼륨(KCl), 산화 칼륨(K₂O), 염화 마그네슘(MgCl₂), 산화 마그네슘(MgO))을 증강현실로 자유롭게 만들어보는 활동을 하였다. 이때 결합이 형성되는 경우에는 형성된 모형을 관찰하며 전자 배치상의 특징이나 화학식을 토의하였고, 결합이 생성되지 않는다면 그 이유에 대해서 토의하였다. 이후 교사는 각 활동의 핵심 내용을 PPT로 정리하는 강의를 10분 정도 진행하였다.

공유 결합을 주제로 한 2차시에서도 1차시와 유사한 방법으로 소집단 학습을 진행하였다. 학생들은 증강현실을 사용하여 각 원자 카드의 원자 모형을 관찰한 후, 염소 분자(Cl₂)와 물 분자(H₂O)의 공유 결합 모형을 만들며 전자 배치상의 특징을 토의한 후 정리하였고, 모둠원들이 서로 협력하여 산소(O)와 플루오린(F) 원자 마커를 사용하여 생성 가능한 모든 공유 결합 모형(산소(O₂), 플루오린(F₂), 플루오린화 산소(OF₂))을 만들며 결합의 종류와 바깥 껍질의 전자 수 등을 토의하여 정리하는 형태의 수업을 진행하였다. 수업 중 교사는 교실을 순회하며 증강현실 사용에 어려움을 겪는 학생들에게 일부 도움을 주었으며, 학생들 사이의 상호작용이 촉진되도록 학습 분위기를 조성하였다. 본 차시 수업 직후, 약 20분 동안 사후 검사로 화학 결합에 관한 개념 이해도 검사와 몰입, 상황 흥미에 관한 검사를 실시하였다.

검사 도구

사전 검사로 실시한 학습에 대한 자기조절 검사는 Pintrich 등²⁸이 개발한 MSLQ(Motivated Strategies for Learning Questionnaire) 중 자기조절에 대한 9문항을 변안하여 사용하였다. 이 검사는 5단계 리커트 척도로 구성되어 있으며, 이 연구에서 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .87이었다. Tan과 Treagust²⁹가 개발한 CBDI(Chemical Bonding Diagnostic

Instrument)와 화학 결합 모형 그리기^{30,31}의 문항을 분석하여 사후 검사에 사용할 개념 이해도 검사지의 초안을 개발하였다. CBDI는 화학 결합 및 격자, 분자간 힘, 흑연의 전기 전도성을 주제로 2단계(two-tier) 객관식 9문항으로 구성되어 있는데, 이 중에서 2015 개정 과학과 교육과정의 통합과학 교과 내용에 부합하는 3개 문항만을 번안하여 사용하였다. 또한, 물질의 화학 결합을 나타내는 그림은 글로는 설명하기 어려운 화학 결합에 대한 학생들의 내적 이미지(mental image)를 효과적으로 표현할 수 있는 장점이 있으므로,³² 화학 결합에 대한 학생의 이해 수준을 보다 심층적으로 조사하고자 CBDI 문항과 별도로 결합 모형 그리기 문항을 포함하였다. 각 문항에서는 학생들의 문항 이해를 돕기 위한 예시 그림과 함께 몇 가지 원소의 원자 모형을 제시한 후 해당 원소로 만들 수 있는 모든 이온 또는 공유 결합 모형을 그림으로 나타내도록 하였다.

이 연구에서 개발한 개념 이해도 검사지 초안의 난이도와 타당도, 어휘의 적절성 등을 종합적으로 점검하기 위해 연구 참여 학교가 아닌 고등학교 1학년 학생 38명(남: 25명, 여: 13명)을 대상으로 예비 검사를 수행하였다. 이들은 화학 결합에 대해 학습을 한 상태였으며, 검사는 약 10분 정도의 시간이 소요되었다. 예비 연구 결과, 물질의 분류 개념이 포함된 객관식 문항은 정답률이 5.2%로 낮아 개념 이해도 검사에서 배제하였고, 공유 결합 그리기 문항의 정답률은 약 30% 정도로 낮아 학생들에게 다소 어려웠던 것으로 나타났다. 이에 난이도를 조절하기 위해 정해진 원소로 만들 수 있는 특정 분자의 공유 결합 모형을 그리도록 문항을 수정하였다. 예를 들어, 질소에 해당하는 X 원자와 수소에 해당하는 Y 원자로 만들 수 있는 X₂와 XY₃ 분자의 공유 결합 모형을 그리도록 하였다. 최종적으로 이 연구에서 개발한 개념 이해도 검사는 화학 결합에 대한 2단계 객관식 2문항, 화학 결합 모형 그리기 2문항의 총 4문항으로 구성하였다. 개발된 검사지는 과학교육 전문가 2인, 중등과학 교사 3인, 과학교육전공 대학원생이 참여한 수차례의 세미나를 통해 내용 타당도를 검증하였고, 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 .71이었다.

사후 검사로 증강현실에 대한 소집단 학습을 수행한 학생들의 몰입 및 상황 흥미를 측정하기 위해 검사지를 번안하였다. 몰입 검사는 Jackson과 Marsh³³의 Flow State Scale 36문항 중에서 증강현실의 특성과 몰입의 구인별 핵심 개념을 명확히 포함하는 18문항으로 재구성하고 타당화 과정을 거친 Seo³⁴의 검사지를 사용하였다. 상황 흥미에 관한 검사는 Chen 등³⁵의 Situational Interest Scales 24 문항을 사용하였다. 상황 흥미는 증강현실의 활용과 같이 구체적인 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 수정하여 사용하였다.³⁶ 몰입과 상황 흥미에 관한 검사는 모두 5단계 리커트 척도로 5점 만점으로 구성되어 있으며, 과학교육 전문가 1인으로부터 번역의 적절성을 점검받았다. 또한, 이 연구에서 몰입 및 상황 흥미에 관한 검사의 신뢰도 계수(Cronbach's α)는 각각 .93, .92이었다.

분석 방법

화학 결합에 대한 개념 이해도 검사 중 화학 결합 그리기 문항을 채점하기 위해 무작위로 10부의 검사지를 추출한 후, 구조와 배열, 전자 배치, 전자 이동 또는 공유의 세 가지 하위 요소를 중심으로 초기 분석틀을 제작하였다. 초기 분석틀의 개발이 완료된 후, 2인의 연구자가 무작위로 추출된 20부의 검사지를 각자 분석하여 결과를 비교하였고, 분석 의견이 일치하지 않는 경우에는 논의를 통해 분석틀을 수정 및 보완하였다. 이 과정을 반복하여 분석자간 일치도가 .92에 도달한 후 1인의 연구자가 화학 결합 개념 검사의 그리기 문항에 대한 학생 응답을 모두 분석하였다. 최종 분석틀에서 구조와 배열 요소는 양이온이나 음이온, 분자를 이루는 원자의 개수와 이들의 연결 및 배열 순서를 평가하였으며, 전자 배치 요소는 옥텟 규칙의 만족 여부와 내부 전자껍질의 전자 수를 평가하였다. 전자 이동 또는 공유 요소는 화학 결합의 종류에 따라 달리 채점하였는데, 이온 결합 화합물의 경우에는 금속 원소에서 비금속 원자로의 전자 이동, 이온 전하, 전기적 중성의 만족을 평가하였고 공유 결합 화합물에 대해서는 전자껍질의 겹침과 공유 전자 수를 평가하였다.

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커와 스마트 기기 수를 달리한 학습 환경에 따른 소집단 학습 효과를 비교하고, 수업 처치와 학습자의 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과를 조사하기 위하여 2×3 요인 방안에 의한 이원 변량 분석(two-way ANOVA)를 실시하였다. 변량 분석을 위한 기본 가정을 고려하기 위해 각 변인에 대해 정상성과 동변량성을 점검하였다. 증강현실 학습 환경을 독립 변인, 자기조절 수준을 구획 변인으로 하고 학생들의 개념 이해, 몰입, 상황 흥미를 종속 변인으로 사용하였다. 분산 분석 결과 학습 환경 사이에 유의미한 차이가 나타난 경우에는 LSD(Least Significant Difference)를 이용하여 사후 검정을 실시하였다. 이와 더불어 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 자기조절 수준에 따른 학습 환경별 개념 이해, 몰입, 상황 흥미의 차이를 분석하기 위해 이원 분산 내재 설계(two-way nested design)에 따른 통계적 검증을 실시하였다. 내재 설계는 자기조절 수준과 종속 변인 사이에 상호작용은 고려하지 않고 상위 또는 하위 수준에서

세 가지 학습 환경을 비교하는 통계적 방법이다.³⁷ 모든 통계 분석에는 SPSS statistics 25 프로그램을 사용하였다.

연구 결과 및 논의

개념 이해에 미치는 영향

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학습 환경에 따른 개념 이해도 점수의 평균과 표준 편차를 Table 2에, 이원 변량 분석 결과를 Table 3에 제시하였다. 분석 결과, 4-4 학습 환경의 평균 점수(61.13)가 1-1 학습 환경(42.21) 및 2-2 학습 환경(45.74)의 평균 점수보다 높았으며, 이원 변량 분석 결과 이 차이는 유의미한 것으로 나타났다($p=.021$). 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커 세트 및 스마트 기기 수를 달리한 학습 환경은 학생들의 개념 이해에 영향을 준다고 할 수 있다. 사후 검정(LSD) 결과, 4-4 학습 환경의 점수가 1-1 학습 환경($p=.01$) 및 2-2 학습 환경($p=.04$)의 점수에 비해 유의미하게 높았다. 즉, 모든 학생이 각자 마커 세트와 스마트 기기를 가지고 참여하는 학습 환경이 마커 세트와 스마트 기기를 각각 1개씩 또는 2개씩 제공하고 함께 사용하도록 한 환경에 비해 화학 개념 학습에 효과적인 것으로 나타났다.

이 연구에서는 탐색성과 조작성이 포함된 증강현실을 사용하였기 때문에 학생들은 원자 마커의 종류나 개수를 변화시켜 다양한 결합 모형을 관찰하는 탐색 활동과 화면상의 가상 객체를 확대하는 등의 조작 활동을 수행할 수 있다. 이때, 4-4 학습 환경은 모둠 내 모든 학생들이 직접 탐색 및 조작 활동을 수행할 수 있지만, 1-1 또는 2-2 학습 환경은 증강현실을 협력적으로 활용해야 한다. 이를 고려할 때, 이상의 결과는 1-1 또는 2-2 학습 환경에서 증강현실을 협력적으로 사용하면서 상호작용을 촉진할 수 있다는 장점보다는 협력적 활동 과정에서의 단점이 부각되었

음을 시사한다. 즉, 4-4 학습 환경에서는 학생들이 자신의 수준과 요구에 맞게 증강현실을 사용하면서 자신이 관찰한 가상 객체나 탐구 방법에 대해 능동적으로 토의에 참여할 수 있지만, 1-1이나 2-2 학습 환경의 경우 개인의 역할에 따라 다른 학생이 만든 가상 객체를 관찰하는 등의 수동적인 학습이 이루어졌을 가능성이 있다. 또한, 증강현실을 협력적으로 사용하는 과정에서는 모둠원과의 갈등이나 특정 학생이 증강현실 사용의 주도권을 가지는 등의 문제가 발생할 수도 있다.¹⁸ 따라서 탐색성과 조작성이 포함된 증강현실 콘텐츠를 활용한 소집단 학습에서 학생의 개념 이해를 돕기 위해서는 모둠의 모든 학생이 개별적으로 마커와 스마트 기기를 가지고 소집단 학습에 참여할 수 있는 학습 환경을 조성할 필요가 있다.

다음으로 자기조절 수준에 따른 개념 이해도를 분석한 결과, 주 효과에서는 통계적으로 유의미한 차이($p=.000$)가 나타났지만, 학습 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용은 유의미하지 않았다. 이는 학습 환경과 무관하게 자기조절 수준이 높은 학생은 낮은 학생에 비해 개념 이해도가 유의미하게 높았음을 의미한다. 또한 자기조절 수준에 따른 학습 환경별 개념 이해도의 차이를 살펴보면, 자기조절 수준이 높은 학생들에 대해서는 학습 환경에 따른 점수 차이가 유의미하지 않았으나($MS=637.06, F=.77, p=.464$), 자기조절 수준이 낮은 학생들의 경우 학습 환경에 따른 개념 이해도의 차이가 통계적으로 유의미하였다($MS=3726.18, F=4.53, p=.013$). 이때 1-1 학습 환경(25.26)과 2-2 학습 환경(29.14)인 학생들의 개념 이해도 평균 점수보다 4-4 학습 환경(52.47)의 학생들은 평균 점수가 20점 이상 높았다.

학습에 대한 자기조절 수준이 높은 학생들은 학습에 대한 목표 설정 및 적극적 참여와 함께 반성적 평가를 수행하는 경향이 있을 뿐만 아니라,³⁸ 소집단 학습에서 의견

Table 2. Means and standard deviations of the conception test scores by the level of self-regulation

Level	AR learning environments					
	1-1		2-2		4-4	
	M	SD	M	SD	M	SD
High	63.67	33.75	59.41	31.55	72.46	24.37
Low	25.26	25.16	29.14	21.62	52.47	32.33
Total	42.21	34.69	45.74	31.11	61.13	30.40

Table 3. The results of two-way ANOVA on the conception test scores

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Environment	6611.78	2	3305.89	4.02	.021*
Level	20402.95	1	20402.95	24.80	.000***
Environment × Level	1330.44	2	665.22	.81	.449

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

공유 등과 같은 사회적 상호작용에 대한 조절 능력도 우수한 것으로 보고되고 있다.²² 이러한 맥락에서 증강현실을 사용한 소집단 학습 환경에서 자기조절 수준이 높은 학생들은 학습 환경과 무관하게 수업에 적극적으로 참여하고 모둠원들 사이의 충분한 상호작용을 수행함으로써, 자기조절 수준이 낮은 학생들보다 높은 수준의 개념 이해에 도달하였을 뿐 아니라 학습 환경의 변화에 따른 차이도 나타나지 않은 것으로 판단된다. 반면, 자기조절 수준이 낮은 학생들은 상대적으로 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 기회가 더 많이 제공된 4-4 학습 환경에서 더욱 학습에 적극적으로 참여하게 됨으로써 학습 환경에 따른 차이가 나타난 것으로 해석된다.

몰입에 미치는 영향

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학습 환경에 따른 몰입감에 대한 평균과 표준 편차를 Table 4에 제시하였다. 이에 대한 이원 변량 분석 결과(Table 5), 학습 환경에 따라 학생이 느끼는 몰입감에 유의미한 차이가 있었으며($p=.004$), LSD를 이용한 사후 검정 결과 1-1 학습 환경과 4-4 학습 환경의 학생들 사이에 유의미한 차이가 나타났다($p=.001$). 즉, 이 연구에서 마커 및 스마트 기기의 수를 달리하여 제시한 소집단 학습 환경은 학생들의 몰입감에 영향을 주었으며, 4-4 학습 환경과 같이 마커와 스마트 기기를 학생들이 개별적으로 사용한 집단은 1-1 학습 환경과 같이 마커와 스마트 기기를 1개씩을 공유하여 사용한 집단에 비해 증강현실을 활용한 소집단 학습을 보다 몰입하여 수행한 것으로 볼 수 있다.

증강현실에서의 몰입은 가상 객체를 관찰하는 감각적 경험 및 인터페이스상의 조작이나 탐색 가능성, 동료들과의 상호작용 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.^{39,40} 이를 고려하면, 1-1 학습 환경의 학생들은 주로 화학 결합 모

형을 관찰하는 과정과 동료들과의 상호작용을 통하여 몰입감을 느낄 수 있으나, 4-4 학습 환경의 학생들은 상대적으로 이러한 상호작용보다는 증강현실을 조작 및 탐색하는 경험을 통하여 몰입감을 느낄 수 있다. 이때 4-4 학습 환경의 학생들이 더 높은 몰입감을 느낀 것으로 나타난 결과는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 증강현실을 조작 및 탐색하는 활동이 학생들의 몰입에 더욱 큰 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 스마트 기기를 사용한 소집단 학습 환경에서는 학습 자원이나 방법에서 학습자의 선택권이 높아지면 학생들이 학습에 보다 쉽게 참여할 수 있게 된다.⁴¹ 이를 고려하면 학생들이 자신의 요구와 이해 수준에 따라 마커나 스마트 기기를 자유롭게 사용하면서 수업에 참여할 수 있는 4-4 학습 환경에서 학생들이 더욱 적극적으로 수업에 참여하며 더욱 몰입하였을 가능성도 있다. 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생들이 학습에 보다 몰입할 수 있도록 하기 위해서는 모둠원들이 각자 증강현실을 다루면서 토의에 참여하는 학습 환경을 조성해야 할 것이다.

다음으로 자기조절 수준에 따른 몰입감을 분석한 결과 통계적으로 유의미한 차이($p=.003$)가 있었으며, 학습 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과는 유의미하지 않았다. 이는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 자기조절 수준이 높은 학생은 낮은 학생에 비해 더욱 높은 몰입감을 느꼈다는 것을 의미한다. 또한 자기조절 수준에 따른 학습 환경별 몰입감의 차이를 비교한 결과, 상위 학생들에서는 학습 환경에 따른 몰입감에 유의미한 차이($MS=1.06, F=3.46, p=.036$)가 있었고, 이때 1-1 학습 환경에서의 몰입감의 평균 점수(3.43)는 4-4 학습 환경(3.98)에 비해 낮았다. 그러나 하위 학생들에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다($MS=0.79, F=2.59, p=.081$). 즉, 학습에 대한 자기조절 수준이 낮은 학생은 마커나 스마트 기기 수

Table 4. Means and standard deviations of the immersion test scores by the level of the self-regulation

Level	AR learning environments					
	1-1		2-2		4-4	
	M	SD	M	SD	M	SD
High	3.43	.44	3.72	.73	3.98	.44
Low	3.17	.53	3.33	.52	3.59	.57
Total	3.29	.50	3.55	.66	3.76	.55

Table 5. The results of two-way ANOVA on the immersion test scores

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Environment	3.67	2	1.84	6.01	.004**
Level	2.85	1	2.85	9.31	.003**
Environment × Level	.088	2	.044	.144	.866

** $p<.01$

가 달라져도 몰입에 영향을 받지 않지만, 자기조절 수준이 높은 학생은 마커나 스마트 기기 수와 같은 학습 환경에 큰 영향을 받은 것으로 나타났다.

자기조절 수준이 높은 학생들은 능동적인 학습 참여를 지향하는 경향이 있으므로,²¹ 마커와 기기를 함께 사용함으로써 협력적 활동을 촉진하는 1-1 학습 환경보다는 직접적으로 증강현실을 사용함으로써 학습 참여를 가능케 하는 4-4 학습 환경이 몰입에 더 큰 영향을 주었다고 해석할 수 있다. 즉, 자기조절 수준이 높은 학생들이 마커와 스마트 기기를 1개씩 제공한 학습 환경에 놓인다면 이를 모둠원들과 함께 사용해야 하므로 능동적 참여가 어려워 학습에 몰입하는 데 어려움을 겪었을 가능성이 있다. 반면, 자기조절 수준이 낮은 학생들은 마커나 스마트 기기를 자신의 수준과 요구에 맞게 사용할 수 있는 4-4 학습 환경에서도 자기조절 수준이 높은 학생에 비해 몰입감의 증가폭이 낮았다고 할 수 있다. 따라서 이러한 결과가 나타난 것에 대한 원인을 분석하고, 자기조절 수준이 낮은 학생들의 몰입을 촉진할 수 있는 방안을 탐색할 필요성이 있을 것이다.

상황 흥미에 미치는 영향

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학습 환경에 따른 상황 흥미에 대한 평균과 표준 편차를 Table 6에 제시하였고, 이에 대한 이원 변량 분석 결과를 Table 7에 제시하였다. 분석 결과, 몰입감과 유사하게 상황 흥미에서도 1-1 학습 환경에서 2-2, 4-4 학습 환경으로 갈수록 학생들의 상황 흥미가 점점 증가하는 경향이 있었다. 또한 학습 환경에 따라 학생이 느끼는 상황 흥미는 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다($p=.000$). 사후 검정(LSD) 결과, 4-4 학습 환경의 상황 흥미가 1-1 학습 환경에 비해 유의미하게 높았으며($p=.000$), 2-2 학습 환경의 상황 흥미는 1-1 학습

환경과 유의미한 차이가 있었다($p=.006$). 즉, 증강현실을 사용한 소집단 학습에서 모둠 내 모든 학생이 각자 마커와 스마트 기기를 사용할 수 있는 4-4 학습 환경은 모둠에 마커와 스마트 기기를 1개만 제공하는 1-1 학습 환경보다 상황 흥미가 높았고, 모둠에 마커와 스마트 기기 2개를 제공하는 2-2 학습 환경 또한 1-1 학습 환경보다 상황 흥미가 높았다.

4-4 학습 환경이나 2-2 학습 환경의 학생들은 1-1 학습 환경의 학생들보다 증강현실을 조작하고 가상 객체를 관찰하는 기회가 상대적으로 더 많이 제공되었다. 따라서 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생이 더 높은 상황 흥미를 느끼도록 하기 위해서는 학생들이 실제로 증강현실을 조작 및 탐색할 기회를 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 연구⁴²의 결과와 부합한다.

학습에 대한 자기조절 수준에 따른 상황 흥미는 통계적으로 유의미한 차이가 있었으며($p=.008$), 학습 환경과 자기조절 수준 사이의 상호작용 효과는 유의미하지 않았다. 이는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 자기조절 수준이 높은 학생은 낮은 학생에 비해 높은 상황 흥미를 느꼈음을 의미한다. 또한 이상의 결과는 자기조절 수준이 높은 학생은 학습 동기가 높고 학습 내용에 대한 흥미와 관심이 많으나, 낮은 학생들은 반대의 경향이 있는 것으로 보고한 선행 연구의 결과²¹와 부합한다. 자기조절 수준에 따른 학습 환경별 상황 흥미의 차이를 비교한 결과, 상위 학생($MS=1.38$, $F=5.16$, $p=.008$)과 하위 학생($MS=1.01$, $F=3.78$, $p=.026$) 모두 학습 환경에 따른 유의미한 차이가 있었다. 즉, 자기조절 수준이 높거나 낮은 학생 모두 각 소집단에 제공된 마커와 스마트 기기의 수가 증가할수록 더

Table 6. Means and standard deviations of the situational interest test scores by the level of the self-regulation

Level	AR learning environments					
	1-1		2-2		4-4	
	M	SD	M	SD	M	SD
High	3.38	.49	3.64	.51	3.92	.47
Low	3.04	.57	3.45	.49	3.57	.54
Total	3.19	.56	3.56	.50	3.72	.53

Table 7. The results of two-way ANOVA on the situational interest test scores

Source of variance	SS	df	MS	F	p
Environment	4.63	2	2.32	8.65	.000***
Level	1.98	1	1.98	7.38	.008**
Environment × Level	.11	2	.05	.20	.82

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

높은 상황 흥미를 느끼는 것으로 나타났다. 따라서 증강 현실을 활용한 교수·학습을 설계할 때 가능한 소집단 내의 모든 학생이 증강현실을 사용하도록 접근성을 증대시키는 것이 바람직할 것이다.

결론 및 제언

증강현실을 활용한 소집단 학습에서 학생들에게 제공되는 외적인 학습 환경은 교수·학습의 효과에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 이 연구에서는 고등학교 1학년을 대상으로 소집단에 제공하는 마커와 스마트 기기 수를 달리한 세 가지 학습 환경을 구성한 후, 증강현실을 활용한 소집단 학습을 실시하고 학습 환경의 차이에 따른 교수·학습 효과를 개념 이해도, 몰입, 상황 흥미 측면에서 정량적으로 분석하였다. 또한 학생들의 자기조절 수준에 따라 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 비교하였다.

연구 결과, 개념 이해 측면에서는 모두 내 모든 학생이 개별적으로 마커와 스마트 기기를 사용하면서 소집단 학습에 참여한 4-4 학습 환경이 모두에 마커와 스마트 기기를 각각 1개씩 또는 2개씩 제공하는 1-1 또는 2-2 학습 환경보다 개념 이해에 더 효과적이었다. 이때 자기조절 수준이 높은 학생은 낮은 학생에 비해 목표 개념에 대한 이해도가 높았으며, 자기조절 수준이 낮은 학생들의 경우 학습 환경의 변화에 영향을 받아 목표 개념을 이해하는 정도에 차이가 있었다. 몰입 측면에서도 4-4 학습 환경의 학생들이 1-1 학습 환경의 학생들보다 몰입하여 소집단 학습에 참여하였으며, 자기조절 수준이 높은 학생의 경우에는 학습 환경 변화에 따라 느끼는 몰입감이 달라지는 경향이 있었다. 상황 흥미 측면에서는 4-4 학습 환경과 2-2 학습 환경의 학생들이 각각 1-1 학습 환경의 학생들보다 높은 상황 흥미를 느꼈다. 이때, 자기조절 수준이 높은 학생과 낮은 학생 모두 학습 환경의 변화에 따라 느끼는 상황 흥미에 차이가 있었다. 이상의 결과를 요약하면, 4-4 학습 환경은 1-1 학습 환경보다 개념 이해와 몰입, 상황 흥미 촉진에 효과적이었다. 또한, 4-4 학습 환경과 같이 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 기회를 높여주는 것은 자기조절 수준이 낮은 학습자들에게는 개념 이해와 상황 흥미의 향상에 효과적이며, 자기조절 수준이 높은 학생들에게는 몰입과 상황 흥미의 향상에 효과적이었다.

그동안 증강현실의 교수 효과에 학습 환경이 영향을 줄 수 있다는 주장¹⁹이 제기되어 왔으나, 이를 실증적으로 조사한 연구는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 각 소집단에 제공된 마커나 스마트 기기 수 차이에 따라 교수·학습 효과가 다르게 나타난 이 연구의 결과는 증강현실을 활용한 소집단 학습을 계획·실행할 때 외적인 학습 환경 구성

의 중요성을 밝혔다는 점에서 그 의미가 있다. 이때 4-4 학습 환경이 1-1 학습 환경보다 개념 이해 및 몰입, 상황 흥미 측면에서 더 효과적인 것으로 나타난 결과는 증강현실을 주도적으로 사용하면서 소집단 학습에 참여한 학습 환경이 증강현실을 협력적으로 사용하면서 학생 사이의 상호작용을 강조한 학습 환경보다 더 효과적이라는 것을 의미한다. 단, 4-4 및 2-2 학습 환경에서 교수·학습 효과에 대해 두 집단 사이에 유의미한 차이가 없었던 점을 고려하면, 2-2 학습 환경에서 강조되었던 학생 사이의 상호작용이 증강현실을 활용한 교수·학습에 미치는 영향도 무시할 수만은 없을 것으로 여겨진다.

또한 교육적 맥락에서 증강현실은 학생 중심의 능동적 학습을 촉진하기 때문에 학습에 대한 자기조절 능력은 증강현실을 협력적으로 사용하는 환경에서 중요한 학습자 특성으로 작용할 수 있으며, 실제로 자기조절 수준이 높은 학생은 낮은 학생보다 학습 개념을 잘 이해하였고 학습에 더 몰입하였으며 높은 수준의 상황 흥미를 느끼는 경향이 있었다. 이때 자기조절 수준이 다른 학생들이 학습 환경 변화에 영향을 받는 특징이 종속 변인에 따라 다르게 나타났다는 점은 주목할 만하다. 이때 자기조절 수준이 낮은 학생들의 경우 직접 증강현실을 사용하는 기회를 높여주었을 때 목표 개념 이해에 도움이 되었다. 그리고 자기조절 수준이 높은 학생들의 경우 증강현실을 개별적으로 사용하는 환경에서 증강현실이 제공하는 교수·학습 콘텐츠에 더욱 몰입하는 것으로 나타났는데, 증강현실을 사용하는 학습자의 몰입감은 학업 성취도에도 직접적인 영향을 줄 수 있다.³⁴ 따라서 이상의 결과를 종합적으로 고려하면, 증강현실을 활용한 소집단 학습에서는 소집단 내 학습자가 직접 증강현실을 조작 및 탐색하는 참여 기회를 확대하는 것이 자기조절 수준과 학습자 특성을 고려한 바람직한 방향이라고 판단할 수 있다.

이 연구의 결과를 바탕으로 증강현실을 활용한 소집단 학습의 효과를 높이기 위한 시사점을 제안할 수 있다. 먼저 증강현실을 활용한 교수·학습을 설계하는 교사는 증강현실을 활용한 소집단 학습에서 마커나 스마트 기기와 같은 학습 도구나 자기조절과 같은 학습자 특성이 교수·학습 효과에 영향을 주는 요소임을 알고 있어야 한다. 특히 증강현실을 협력적으로 사용할 때는 가능한 학습자 개인이 직접 증강현실을 다루며 학습에 대한 자기주도성을 높일 수 있는 방향으로 학습 환경을 구성할 필요가 있다. 하지만 학생들이 각자 증강현실을 개별적으로 관찰하고 끝내는 수준에만 머물 경우 이 과정에서 발생할 수 있는 오개념이나 어려움 등에 관하여 도움을 받기 어려울 수 있다. 따라서 이때 교사가 학생들이 협력적으로 수행해야 하는 도전적인 학습 과제를 함께 제공하거나, 증강현실을

활용한 활동 이후 학생들이 각자 관찰한 가상 객체나 목표 개념 등에 대하여 토의하는 활동을 도입한다면 더욱 효과적일 것이다. 또한 증강현실 콘텐츠를 포함하는 디지털 교과서나 교사용 지도서에서는 증강현실 콘텐츠의 사용 방법뿐만 아니라, 증강현실을 사용하여 소집단 학습을 진행할 때의 바람직한 학습 환경이나 교수·학습 방법에 대한 실증적 정보들도 함께 알려줄 필요가 있을 것이다.

이 연구에서는 증강현실을 활용한 집단 사이의 효과를 비교하는 데 적합한 종속 변인을 우선적으로 선정하였기 때문에 통제 집단을 두지 않았다는 점에서 해석에 주의할 기을일 필요가 있다. 즉, 이 연구에서 4-4 학습 환경이 1-1 및 2-2 학습 환경에 비해 증강현실을 활용한 소집단 학습에 더욱 적합한 것으로 나타났으나, 1-1 및 2-2 학습 환경도 통제 집단에 비해서는 장점을 가질 수 있음을 유의해야 한다. 또한, 이 연구에서는 세 가지 학습 환경에 따른 교수·학습의 효과를 정량적으로 분석하였으므로, 실제로 각 학습 환경에서 나타나는 학생들의 역할이나 상호작용의 특징은 연구자가 예상한 것과 다르게 나타날 수 있다. 이러한 점을 고려할 때, 추가적인 정성 연구를 통해 각 학습 환경에서 교수·학습 활동에 대한 심층적인 분석이 수반되어야 학습 환경에 대한 장·단점을 보다 심도 있게 논의할 수 있을 것으로 여겨진다. 뿐만 아니라 증강현실을 활용한 교수·학습 환경에는 어플리케이션의 특징이나 마커 종류 등의 다양한 요소들도 영향을 줄 수 있지만, 이 연구에서는 이를 통제 변인으로 둬으로써 이러한 외적 학습 환경 요소들이 미치는 효과는 분석하지 않았다. 현재 증강현실을 활용한 소집단 학습에 대한 연구는 아직 초기 단계로서 교수·학습의 효과에 영향을 줄 수 있는 인지 용량, 학업 성취 수준 등의 변인에 대한 정량 연구나 학생들의 언어적 상호작용과 같은 정성 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 앞으로 이러한 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

1. Azuma, R. T. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* **1997**, 6, 355.
2. Lukosch, S.; Billingham, M.; Alem, L.; Kiyokawa, K. *Computer Supported Cooperative Work* **2015**, 24, 515.
3. Chen, Y. C. *A Study of Comparing the Use of Augmented Reality and Physical Models in Chemistry Education*; Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications, New York, USA, 369-372, 2006.
4. *Science Level Up* 2015; Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity; Seoul. [Online] <https://sciencelevelup.kofac.re.kr/>
5. Jung, Y.; Sung, Y.; Lim, S.; Ryu, J.; Seo, H.; Ahn, H. *A Study on the Implementation of Future Digital Textbooks*. Korea Education & Research Information Service; Daegu, 2017, pp 25-44.
6. Akçayır, M.; Akçayır, G. *Educational Research Review* **2017**, 20, 1.
7. Phon, D. N. E.; Ali, M. B.; Halim, N. D. A. *Collaborative Augmented Reality in Education: A Review*; In 2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering, Kuching, Malaysia, 78-83, 2014.
8. Yoo, M.; Kim, J.; Koo, H.; Song, J. *The Journal of Educational Information and Media* **2018**, 24, 459.
9. Diegmann, P.; Schmidt-Kraepelin, M.; Eynden, S.; Basten, D. *Benefits* **2015**, 3, 1542.
10. Ibáñez, M. B.; Di Serio, Á.; Villarán, D.; Kloos, C. D. *Computers & Education* **2014**, 71, 1.
11. Kye, B.; Kim, Y. *Journal of Educational Technology* **2008**, 24, 193.
12. Novak, T. P.; Hoffman, D. L. *Interval Research Corporation* **1997**, 31, 1.
13. Salmi, H.; Thuneberg, H.; Vainikainen, M. P. *International Journal of Science Education* **2017**, 7, 253.
14. Ko, Y.; Kim, C. *Journal of the Korean Association of Information Education* **2012**, 16, 373.
15. Nachairit, A.; Srisawasdi, N. *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, Hangzhou, China, 519-528, 2015.
16. Núñez, M.; Quirós, R.; Núñez, I.; Carda, J. B.; Camahort, E.; Mauri, J. L. *Collaborative Augmented Reality for Inorganic Chemistry Education*; In WSEAS International Conference. Heraklion, Greece, 271-277, 2008.
17. Li, N.; Gu, Y. X.; Chang, L.; Duh, H. B.-L. *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, Athens, GA, USA, 320-322, 2011.
18. Baran, B.; Yecan, E.; Kaptan, B.; Paşayığıt, O. *Education and Information Technologies* **2019**, 25, 1371.
19. Dalim, C. S. C.; Kolivand, H.; Kadhim, H.; Sunar, M. S.; Billingham, M. *Journal of Computer Science* **2017**, 13, 581.
20. Gweon, G.; Kim, B.; Kim, J.; Lee, K. J.; Rhim, J.; Choi, J. *MABLE: Mediating Young Children's Smart Media Usage with Augmented Reality*; In Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, USA, 1-9, 2018.
21. Loyens, S. M.; Magda, J.; Rikers, R. M. *Educational Psychology Review* **2008**, 20, 411.
22. Panadero, E.; Kirschner, P. A.; Järvelä, S.; Malmberg, J.; Järvenoja, H. *Small Group Research* **2015**, 46, 431.

23. Han, J.; Noh, T.; Lee, J.; Lee, H. *The Journal of Yeolin Education* **2006**, *14*, 103.
 24. Panitz, T. *Ted's Cooperative Learning e-book*. Abruf am, 2001. [Online] <https://tpanitz.jimdofree.com/ted-s-coop-learning-ebook/>
 25. Lee, J.; Sim, H.; Kim, K.; Lee, K. *Theory and Practice of Education* **2010**, *15*, 99.
 26. Chiang, T. H. C.; Yang, S. J. H.; Hwang, G.-J. *Computers & Education* **2014**, *78*, 97.
 27. Dunleavy, M. *TechTrends* **2014**, *58*, 28.
 28. Pintrich, P. R.; Smith, D. A.; Garcia, T.; McKeachie, W. *J. Educational and Psychological Measurement* **1993**, *53*, 801.
 29. Tan, D. K. C.; Treagust, D. F. *School Science Review* **1999**, *81*, 75.
 30. Coll, R. K.; Treagust, D. F. *Research in Science Education* **2001**, *31*, 357.
 31. Ünal, S.; Çalık, M.; Ayas, A.; Coll, R. K. *Research in Science & Technological Education* **2006**, *24*, 141.
 32. White, R. T.; Gunstone, R. F. *Probing Understanding*. Falmer Press: London, UK, 1992.
 33. Jackson, S. A.; Marsh, H. W. *Journal of Sport and Exercise Psychology* **1996**, *18*, 17.
 34. Seo, H. *Journal of Korean Association for Educational Information and Media* **2008**, *14*, 137.
 35. Chen, A.; Darst, P. W.; Pangrazi, R. P. *British Journal of Educational Psychology* **2001**, *71*, 383.
 36. Kang, H.; Kim, M.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2007**, *27*, 18.
 37. Seong, T. *Modern Basic Statistics: Understanding and Application*. Hakjisa: Seoul, 2013.
 38. Saks, K.; Leijen, Ä. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* **2014**, *112*, 190.
 39. Kim, M. J. *Automation in Construction* **2013**, *33*, 79.
 40. Georgiou, Y.; Kyza, E. A. *In Proceedings of the 16th World Conference on Mobile and Contextual Learning 2017*, 1.
 41. Reilly, M.; Shen, H. *Shared Note-taking: a Smartphone-based Approach to Increased Student Engagement in Lectures*; In The 11th International Workshop on Collaborative Editing Systems in Conjunction with ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work, Hangzhou, China, 1-9, 2011.
 42. Zimmerman, H. T.; Land, S. M.; Jung, Y. J. *Using Augmented Reality to Support Children's Situational Interest and Science Learning During Context-Sensitive Informal Mobile Learning*. In: Peña-Ayala A., Eds.; *Mobile, Ubiquitous, and Pervasive Learning*, Springer, Cham, 2016; p 101.
-