

증강현실 샌드박스를 활용한 지리 학습의 교육적 효과: 해안 퇴적 지형을 사례로

김민성* · 문현빈** · 신용정*** · 박의현****

The Pedagogical Effects of Geographic Learning Using Augmented Reality Sandbox: Centering on Coastal Sedimentary Topography

Minsung Kim* · Hyunbin Moon** · Yongjeong Shin*** · Eui-hyun Park****

요약 : 이 연구의 목적은 증강현실 샌드박스를 활용한 지형 수업의 교육적 효과를 검증하는 것이다. 학습자들이 사주, 석호 등을 포함한 해안 퇴적 지형을 학습하였을 때, 해당 내용에 대한 흥미와 이해, 해안 지형 학습에서 느끼는 어려움에 대한 자유 기술에 어떤 변화가 발생하는지를 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단으로 나누어 조사하였다. 연구 결과, 첫째, 흥미에 대한 자기 평가에서 샌드박스 활용 집단만이 유의미한 상승을 보였다. 샌드박스를 활용하여 학습한 학생들은 퇴적 지형과 관련된 내용을 흥미롭게 생각하고, 관련 내용을 더 배우고 싶어 했으며, 새로운 방식의 지형 수업에 참여하려는 열정을 보였다. 둘째, 이해에 대한 자기 평가와 실제 이해도 검사에서 두 집단 모두 통계적으로 유의미한 상승을 보였다. 그러나 샌드박스 활용 집단의 향상 정도가 더 크게 나타나 샌드박스 활용이 학습 내용의 이해에 미치는 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다. 셋째, 해안 지형 학습 어려움에 대한 자유 기술에서 샌드박스 활용 수업에 참여한 학생들이 학습 내용과 관련하여 자신이 모르는 부분을 구체적으로 파악하고, 학습에서의 어려움을 좀 더 메타인지적으로 표현하는 모습을 보였다.

주요어 : 샌드박스, 증강현실, 해안 퇴적 지형, 흥미, 이해, 학습 어려움

Abstract : The purpose of this study is to examine the pedagogical effects of geomorphology education using the augmented reality sandbox. This research investigated what changes occur in participants' interest, understanding of the contents, and open-ended descriptions related to difficulties felt in learning coastal sedimentary topography, including sand bars and lagoons, by comparing the sandbox use group and the non-use group. As a result, first, in the self-assessment of interest, only the sandbox use group showed a significant increase. The students who learned using the sandbox found the contents related to sedimentary topography interesting, wanted to learn more about them, and expressed a passion for participating in a new type of geomorphology class. Second, both groups achieved statistically significant increases in self-assessment of understanding and actual understanding test. However, the magnitude of improvement was greater in the sandbox use group, confirming the positive effects of sandbox use on the understanding. Third, in the open-ended descriptions regarding the difficulties related to coastal geomorphology learning, students who participated in the sandbox utilization class showed a more metacognitive perception of difficulties in learning by identifying in detail what they did not know about the learning content.

Key Words : Sandbox, Augmented reality, Coastal sedimentary topography, Interest, Understanding, Learning difficulties

*서울대학교 지리교육과 부교수(Associate Professor, Department of Geography Education, Seoul National University, geomskim@snu.ac.kr)

**서울대학교 지리교육과 학부생(Undergraduate student, Department of Geography Education, Seoul National University, serendipity5786@snu.ac.kr)

***서울대학교 지리교육과 학부생(Undergraduate student, Department of Geography Education, Seoul National University, tlsdydwjcd0609@snu.ac.kr)

****서울대학교 지리교육과 박사과정(Ph.D. student, Department of Geography Education, Seoul National University, geophist09@naver.com)

I. 서론

증강현실(augmented reality)은 컴퓨터 등을 통해 인공적으로 생성한 이미지를 실제 세계와 겹쳐 보이도록 하는 기술이다. 2016년에 출시된 포켓몬고는 전 세계적으로 증강현실에 대한 대중의 관심을 폭발시켰다. 주지하다시피, 포켓몬고는 위치 기반 증강현실 게임으로 실제 세계 위에 겹쳐진 캐릭터가 사용자들의 호기심을 자극한다. 포켓몬고 출시 이후 테크놀로지는 더욱 급속하게 발달하여 오늘날 증강현실 기술은 광범위하게 우리의 삶에 파고들고 있다. 기업에서는 증강현실을 활용하여 온라인으로 복잡한 장비의 수리를 돕고, 직관적인 3D 교육 콘텐츠를 제작하기도 한다. 자동차의 전방표시장치(Head Up Display)는 운전의 안전과 편의성을 높여주고 있다. 앞으로 증강현실은 더욱 실재감이 높아지는 방향으로 발전하고 그 활용 분야가 넓어질 것으로 예상된다.

교육계에서도 증강현실을 활용하려는 시도가 이루어지기 시작했다. 증강현실은 가상의 정보를 물리적 세계에 겹쳐 보이게 할 수 있기에 상호작용적인 학습 환경을 제공한다(Johnson *et al.*, 2012). Masmuzidin and Aziz (2018)의 메타분석에 따르면, 증강현실의 교육적 활용은 학생들의 학습 동기를 자극하고, 이해력을 향상시키며, 학습에 대한 긍정적인 태도 함양에 도움이 되었다. 박현린·손은남(2020) 역시 증강현실 교육 연구의 동향 분석을 통해 증강현실을 활용한 학습이 흥미, 동기, 학습 만족도, 능동적 태도에 긍정적인 영향을 미친다는 결과를 보고하였다. 박세록·이정민(2020)은 증강현실 활용 학습과 학습몰입, 흥미, 학습 태도가 긍정적인 상관관계를 가진다고 주장하였다.

본 연구는 증강현실 테크놀로지 중 샌드박스에 주목한다. 샌드박스는 모래를 물리적으로 변화시키는 직관적 시뮬레이션을 통해 학습자들이 역동적으로 다양한 현상을 이해할 수 있도록 해 주는 도구이다(Nielsen *et al.*, 2016; Ryker *et al.*, 2016; Vaughan *et al.*, 2017). 샌드박스에서 모래의 모양을 변화시키면 고도에 따라 다른 색깔이 모래 위에 투영된다. 비가 내리는 상황을 시뮬레이션하여 지형에 따라 달라지는 물의 흐름을 살펴볼 수도 있다. 학습자들은 모래를 실제 손으로 만져보는 체화적 활동을 통해 상호작용적으로 다양한 지형을 만들고 지형 형성과정을 시뮬레이션 해 볼 수 있다. 이런 활동은 교과서에서 텍스트로 읽거나 사진으로만 보던 지형

을 실제의 3차원으로 구현하는 학습 경험을 제공한다. 따라서 샌드박스는 책으로만 배울 때 학습자들에게 실질적으로 와 닿지 않던 다양한 지형을 역동적으로 학습할 수 있도록 돕는 도구로 지리교육에 의미 있게 도입될 수 있다(Sanchez and Wiley, 2014; Johnson and McNeal, 2022). 샌드박스를 통해 체화적 상호작용(embodied interaction), 다양한 모드의 감각 정보 입력(multimodal sensory input), 차원의 차이(dimensionality difference)를 활용하는 교육 전략을 제공할 수 있는 것이다(Richardson *et al.*, 2018).

샌드박스를 활용한 학습의 긍정적 효과가 보고되었다. 예를 들어, Woods *et al.*(2016)은 지형도 학습, 우각호 만들기 실습, 연안류 작동 시뮬레이션 등을 포함한 샌드박스 활용 수업에 학생들이 긍정적으로 반응하였다는 결과를 보고하였다. Johnson and McNeal(2022)의 연구에서는 샌드박스를 활용한 랩 수업이 심상 회전(mental rotation), 공간 시각화(spatial visualization), 공간 정향(spatial orientation)과 같은 공간적 사고 향상에 도움이 되었다. 무엇보다 샌드박스는 놀이적 요소를 통해 학습자들의 흥미를 자극하고 적극적으로 참여하는 수업을 가능하게 한다는 점에서 효과적이다(Jackson *et al.*, 2019; Soltis *et al.*, 2020). 그러나 샌드박스의 교육적 활용이 의미 있는 결과로 이어지지 못한 경우도 있다. Giorgis *et al.*(2017)에 따르면, 지형도 학습에서 샌드박스를 활용한 그룹과 전통적인 종이 지도를 활용한 그룹 간에 의미 있는 차이가 없었다. McNeal *et al.*(2020)은 샌드박스를 활용한 탐구기반 랩 세션에 참여한 학생들의 Topographic Maps Assessment 점수가 통계적으로 유의미하게 높지 못했다는 결과를 보고하였다. 이처럼 혼재된 결과가 보고되고 있는 샌드박스의 교육적 활용에 대한 확장된 연구가 필요한 상황이다(Soltis *et al.*, 2020).

이 연구의 목적은 샌드박스를 활용한 지형 수업의 교육적 효과를 검증하는 것이다. 학습자들이 샌드박스를 활용하여 해안 퇴적 지형을 학습하였을 때, 해당 내용에 대한 흥미와 이해, 해안 지형 학습에서 느끼는 어려움에 대한 자유 기술에 어떤 변화가 발생하는지를 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단으로 나누어 조사하였다. 우리나라 지리교육에서 샌드박스를 활용한 수업의 교육적 효과를 탐색한 연구는 전무하다 해도 과언이 아니다. 따라서 본고는 우리나라 지리교육에서 샌드박스 활용의 교육적 가능성을 실증적으로 살펴보는 선도적 연구로 의미가 있다.

II. 샌드박스의 교육적 활용

샌드박스는 교육적으로 의미 있게 활용될 수 있다. 상호작용적 시뮬레이션을 통해 탐구를 촉진하는 환경 제공, 지리 학습의 기반을 형성하는 공간적 사고 함양, 흥미를 자극하고 적극적 참여를 촉진하는 도구의 관점에서 샌드박스의 교육적 가능성을 논한다.

첫째, 학습자들은 샌드박스를 활용해 탐구를 위한 ‘what-if’ 질문을 제기하고 상호작용적으로 지형을 창조하는 능동적 학습자가 될 수 있다(Nielsen *et al.*, 2016; Johnson and McNeal, 2022). Woods *et al.*(2016)은 지형도와 지형형성 작용 학습을 위해 샌드박스를 활용한 다양한 수업 활동을 진행하고 그 교육적 효과를 검증하였다. 지형도 이해는 2D, 3D의 차원 변환을 필요로 하기에 학생들이 학습하기에 어려움을 겪는 내용으로 알려져 있다. 그런데 샌드박스를 이용해 지형을 3차원 모델로 만들면 물리적 모델에 등고선이 겹쳐 보인다. Woods *et al.*의 연구에서는 이러한 샌드박스의 기능을 활용해 학습자들이 고도와 등고선의 관계를 직관적으로 이해할 수 있었다. 나아가 여러 지형들을 직접 손으로 만들고, 자신이 만든 지형에서 물이 어떻게 흘러가는지 살펴볼 수 있었다. 이런 과정을 통해 우각호 형성, 만과 곳에서의 해수 이동 등 해당 강직에서 주요하게 다루는 지형형성 작용들을 효과적으로 학습하는 기회를 가졌다. 이러한 샌드박스 활용 수업에 참여한 학생들은 수업 내용을 직관적이고 명확하게 이해할 수 있었다는 반응을 보였다. Vaughan *et al.*(2017) 역시 샌드박스 활용 학습의 긍정적 효과를 보고하였다. 이 연구에서는 토양학 수업에 샌드박스를 도입함으로써 다양한 지형 요소의 변화에 따른 토양의 움직임과 지표면의 변화를 생생하게 이해할 수 있었다. 예를 들어, 고도 및 경사와의 관계 속에서 물이 어떻게 흘러가는지를 파악하고 이 과정에서 토양이 형성하는 지형을 이해한다든지, 고도 변화, 침식 진행, 초지 조성과 같은 시뮬레이션을 실행하고 이러한 환경 변화가 토양에 미치는 영향을 구체적으로 이해할 수 있었다. 참여자들은 샌드박스를 활용한 실습을 긍정적으로 평가하였으며 관련 활동이 더욱 확대되기를 원했다. 이처럼 샌드박스는 다양한 시뮬레이션을 통해 탐구 기반 학습을 효과적으로 지원할 수 있다(Nielsen *et al.*, 2016).

둘째, 샌드박스는 학습자들이 공간적으로 조작하고 상상할 수 있는 지도학적, 지형학적 요소들을 포함하기에 지리 학습의 기초를 형성하는 공간적 사고 향상에 기

여할 수 있다(Woods *et al.*, 2016; Hod and Twersky, 2020; Johnson and McNeal, 2022). 공간적 사고는 다양한 지리 개념의 이해를 뒷받침하는 인지적 능력이다(National Research Council, 2006; 김민성, 2020). 지리학, 지질학 처럼 지구 공간을 다루는 학문에서 성공적인 학습을 위해 공간적 사고가 필수적이다(Kastens *et al.*, 2009). George *et al.*(2020)은 샌드박스를 활용한 교육이 공간 시각화, 공간 정향과 같은 공간적 사고 향상에 도움이 된다는 결과를 보고하였다. George *et al.*의 연구는 4, 5세의 어린 학생들을 대상으로 하였는데, 참여자들은 친구들과 상호작용하면서 놀이를 하듯 샌드박스를 이용한 다양한 활동에 참여하였다. 샌드박스의 모래를 다양한 모양으로 바꾸어 보면서 변하는 색깔을 통해 샌드박스의 작동을 탐색하고, 호수나 언덕 등을 만들어보면서 여러 방향과 관점에서 실제 세계를 시뮬레이션하였다. 이런 활동은 지형을 다양한 시점과 고도에서 입체적으로 이해하는 공간적 사고의 발달에 도움을 주었다. Johnson and McNeal(2022)은 심상 회전, 공간 시각화, 공간 정향 관련 능력 향상을 위해 샌드박스를 활용한 랩 모듈을 개발하고 효과를 검증하였다. 학생들은 심상 회전을 위해 색상과 숫자를 이용해 고도 표현하기, 공간 시각화를 위해 지형 단면도(topographic profile) 생성하기, 공간 정향을 위해 지형 경관에서 방향 탐색하기와 같은 활동을 수행하였다. 연구 참여자들은 랩 모듈 활동이 공간 사고력 향상에 도움이 되었다고 평가하였으며, 자신들의 수행을 메타인지적으로 파악하는 모습을 보였다. Hod and Twersky(2020)는 샌드박스가 공간적 사고와 연계되는 행위유발성(affordance)을 가지고 있어 효과적인 학습 도구가 될 수 있다고 주장하였다. 예를 들어, 샌드박스 환경에서 학생들은 모래 위에 등고선이 투영되는 상황을 상상하게 되는데, 실제 이러한 장면을 구현할 수 있다. 이는 샌드박스라는 도구가 제공하는 맥락 속에서 가능한 학습이며, 2D, 3D 차원 변환이라는 공간적 사고와 밀접하게 연계된다. 이와 같이 샌드박스의 활용은 공간적 사고 향상에 도움을 주고 이는 효과적인 지리 학습을 위한 기반을 형성한다.

셋째, 샌드박스는 학습자들의 흥미를 자극하고 적극적인 참여를 이끄는 환경을 제공한다. 학습자들의 참여(engagement)는 효과적인 학습과 연계되는 중요한 지표이기에(Axelson and Flick, 2010), 샌드박스의 교육적 활용에 주목할 만하다. Soltis *et al.*(2020)은 피부 전기 활동(electrodermal activity) 데이터를 기반으로 샌드박스

활용과 학생 참여의 관계를 분석하였다. 연구 결과, 샌드박스를 도입한 수업에 참여한 학생들의 피부 전기 활동이 높아졌고, 이를 통해 참여 정도가 높아진다는 사실을 확인할 수 있었다. Soltis *et al.*은 샌드박스가 학습자들의 협동학습을 효과적으로 촉진하는 기제가 되어 사회적 구성주의를 실행하는 효과적인 전략이 될 수 있다고 주장하였다. Jackson *et al.*(2019)의 연구에서는 샌드박스를 활용해 2차원의 지형도를 3차원으로 구현하는 활동에 참여한 학생들이 스스로 학습 활동에 적극적으로 참여하고 있다고 평가하였다. 나아가 지형도 학습의 중요성을 인지하고 관련 정보를 능동적으로 해석하고 적용하는 모습을 보였다. Woods *et al.*(2016)의 연구에 참여한 학생들도 상호작용적인 탐구를 지원하는 샌드박스 환경에서 자신들의 학습 상황을 적극적으로 평가하고 의미 있게 학습에 임하는 태도를 보였다. 이러한 연구들은 샌드박스가 즐겁고 적극적인 학습을 지원하는 도구가 될 수 있다는 점을 보여준다.

요컨대 샌드박스를 활용한 학습은 탐구를 위한 상호작용적인 환경을 제공하고, 공간적 사고의 향상을 통해 지리 학습의 기초를 형성하는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 학습자들의 흥미를 자극하고 능동적으로 참여하는 수업을 기획할 수 있도록 해 준다. 따라서 샌드박스를 활용한 구체적인 수업 활동을 개발하고, 그 효과를 검증하는 연구를 수행할 필요가 있다.

III. 연구 방법

1. 연구 참여자

서울에 위치한 여자 중학교 4개 학급의 60명이 연구에 참여하였다. 참여자들은 본 연구의 주요 학습 주제인 해안 퇴적 지형에 대해 학습한 적이 없었으며, 샌드박스를 접한 경험 역시 전무하였다. 참여자들은 샌드박스 활용 집단 30명, 미활용 집단 30명으로 구성되었다.

2. 연구 절차

연구 수업이 시작되기 일주일 전, 사전 검사를 실시하였다. 사전 검사는 표 1에 제시된 이해와 흥미 관련 문항과 자유 의견을 물어보는 문항으로 구성된 자기 평가 검사,

그리고 표 2에 제시된 개념 이해도 검사를 활용하였다.

본격적인 수업은 반별로 이루어졌다. 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단은 동일한 내용을 학습하였고 샌드박스 활용 부분만 다른 방식으로 진행되었다(그림 1). 수업은 블록 타임으로 90분 동안 진행되었다. 두 집단 모두 학습 목표 소개로 수업을 시작하고 예능 프로그램에 등장하는 베네치아의 석호를 사례로 관심을 환기하였다. 이후 침식과 퇴적에 대한 기본적인 수업 전 퀴즈를 실시하였다.

퀴즈 실시 후 본격적인 수업이 시작되었는데, 우선 교사가 해안 지형 형성의 주요 동인으로 작동하는 파랑, 연안류, 바람이 어떤 역할을 하는지 설명하였다. 구체적으로, 만에서는 파랑 에너지가 분산되어 퇴적이 활발하고 곳에서는 파랑 에너지가 집중되어 침식이 활발하게 되는 상황을 소개하였다. 또한 연안류가 퇴적물을 이동시키는 양상, 바람이 해안의 모래를 이동시키는 상황을 이야기하였다. 이후 해안 지형 모식도와 지형 사진을 바탕으로 사빈, 사주, 육계도, 석호를 개념적으로 설명하였다.

이후 퇴적 지형 형성과정을 중점적으로 소개하였는데, 여기서 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단 간에 차이가 있었다. 샌드박스 활용 집단은 사빈, 사주, 육계도, 석호가 형성되는 과정을 샌드박스를 이용하여 시뮬레이션한 영상과 캡처 이미지를 보면서 학습하였다(그림 2). 샌드박스 미활용 집단의 경우, 내용은 동일하지만 파워포인트를 기반으로 생성한 모식적인 이미지와 이를 바탕으로 제작한 영상을 통해 형성과정을 학습하였다(그림 3). 이렇게 해안 퇴적 지형의 형성과정을 집단별로 다른 방식으로 학습한 후, 샌드박스 활용 집단은 모둠을 나누어 직접 샌드박스를 활용해 실습하는 시간을 가졌다(그림 4). 샌드박스 실습은 만 지형, 육계도와 육계사주, 석호 등을 직접 만들어보면서 수업 내용을 종합적으로 복습하는 방식으로 이루어졌다. 이때, 실습하지 않는 샌드박스 활용 집단 학생들은 수업 시간에 소개된 경포호와 명선도의 형성과정에 대해 논의하면 자신들의 차례를 기다렸다. 한편, 샌드박스 미활용 집단은 수업 시간에 배운 내용을 바탕으로 구성된 학습지를 통해 학습한 내용을 종합적으로 복습하고 암기하며 수업의 남은 시간을 보냈다. 두 집단 모두 해당 활동을 마무리한 후, 사전 검사와 동일한 세트르 구성된 사후 검사에 임하였다.

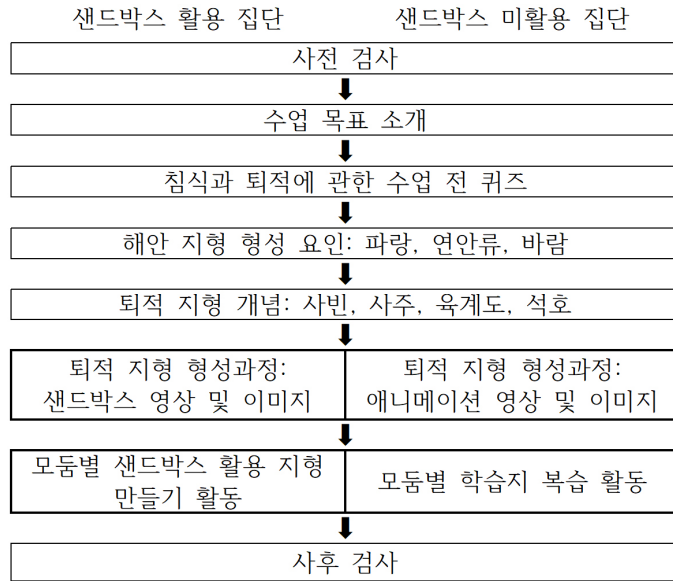


그림 1. 수업 전개 과정

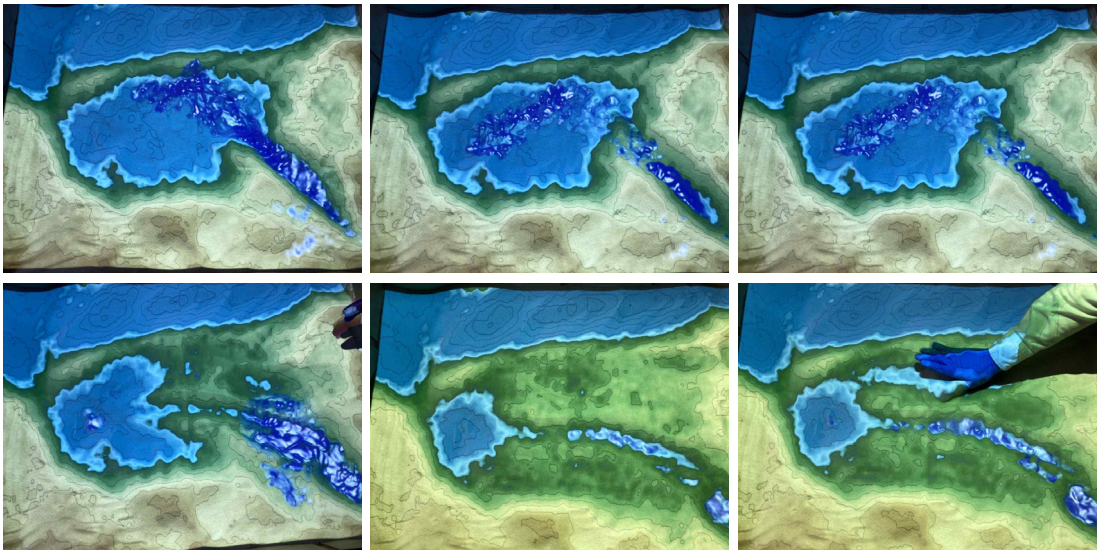


그림 2. 샌드박스 활용 집단의 석호 소멸과정 수업 자료

3. 검사 도구 및 분석

흥미, 이해, 학습에서의 어려움을 파악하기 위해 2개의 설문지를 활용하였다. 이해와 흥미에 대한 자기 평가 및 어려움에 대한 자유 서술을 포함한 설문지 1, 실제 개념 이해도를 평가하는 설문지 2가 사용되었다. 설문지

1은 학습 양상에 대한 스스로 평가, 설문지 2는 일반적인 개념 평가의 형식을 띤다. 설문지 1의 흥미 자기 평가는 '흥미'와 관련한 데이터, 설문지 1의 이해 자기 평가와 설문지 2의 개념 이해도 평가는 '이해'와 관련한 데이터, 설문지 1의 자유 서술은 학생들이 생각하는 학습에서의 '어려움'에 대한 심층적인 데이터를 제공한다(그림 5).

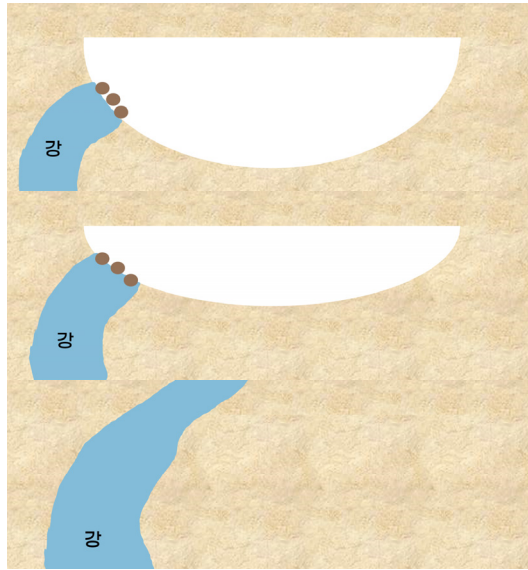
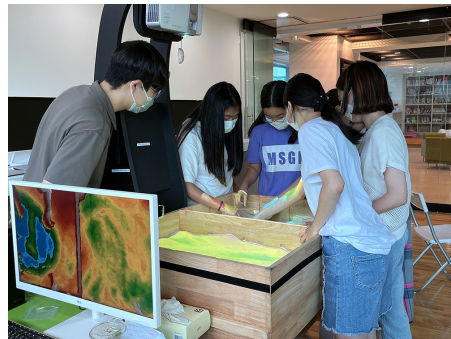


그림 3. 샌드박스 미활용 집단의 석호 소멸과정 수업 자료

주: 동영상으로 재생되는 화면의 일부를 캡처한 것임. 퇴적 입자들이 흘러가면서 석호의 면적이 줄어들어 최종적으로 소멸되는 과정을 애니메이션으로 제작하여 설명함.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 4. 샌드박스를 활용한 실습 장면

(a) 모둠별 실습 장면, (b) 샌드박스 실습 현황이 컴퓨터 모니터에도 나타남, (c)와 (d) 상호작용적으로 샌드박스를 조작하는 모습. 공중에서 손바닥을 펴면 그 아래 모래 지점에서 물이 흘러가기 시작하기 때문에 지형 현상을 시뮬레이션 해 볼 수 있음.

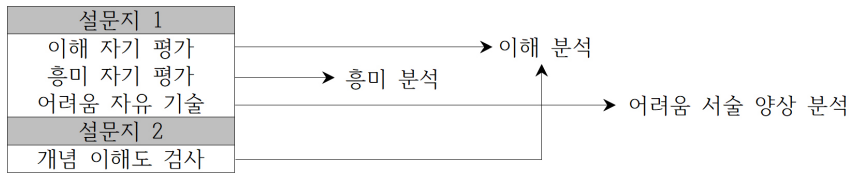


그림 5. 검사 도구와 분석 개요

표 1. 이해와 흥미 자기 평가 및 어려움 자유 기술(설문지 1)

구분	항목
이해	#1. 해안 퇴적 지형에 대해 잘 알고 있다.
	#2. 해안 퇴적의 과정을 알고 있다.
	#3. 구체적인 해안 퇴적 지형의 이름을 알고 있다.
	#4. 해안 지역의 사진을 보고 그 사진 안에 있는 해안 퇴적 지형의 이름을 말할 수 있다.
흥미	#5. 사회 수업에서 배우는 지형 단원이 재미있다.
	#6. 해안 퇴적 지형에 대한 수업이 재미있다.
	#7. 더 많은 해안 퇴적 지형을 배워보고 싶다.
	#8. 해안 퇴적 지형 학습과 관련된 새로운 수업에 참여해보고 싶다.
자유 의견	해안 지형을 학습할 때 어려움은 무엇인가요?

1) 설문지 1: 이해와 흥미 자기 평가 및 어려움 자유 기술

참여자들의 이해와 흥미를 평가하기 위해 표 1의 문항을 활용하였다. 학생들은 5단계 리커트 척도(1: 전혀 그렇지 않다~5: 매우 그렇다)를 기반으로 자신의 의견을 선택하였다. 실제 설문지는 리커트 형식으로 제시되었지만 표 1에서는 문항 정보만 제공한다. 이와 더불어 참여자들은 해안 지형 학습과 관련한 어려움에 대해 자유 의견을 기술하였다.

분석은 다음과 같이 이루어졌다. 우선, 이해와 흥미 리커트 척도 자기 평가의 경우, 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단을 대상으로 사전 검사와 사후 검사 점수 간에 통계적으로 유의미한 차이가 있는지를 대응표본 t 검정을 통해 분석하였다. 그리고 Cohen's *d* 효과 크기를 계산하여 두 검사 점수 간의 변화 크기에 대한 실제적 유의성을 살펴보았다.

다음으로, 자유 의견의 경우, 참여자별 사전 검사와 사후 검사 반응을 매칭하여 학습 후 느끼는 어려움을 확인

하였다. 즉, 개별 참여자가 사전 검사에서 기술한 내용과 사후 검사에서 기술한 내용을 비교하여 다른 의견을 제시하였는지를 분석한 것이다. 이를 위해 참여자들의 반응을 모두 코딩한 후, 데이터를 반복적으로 살펴보면서 패턴을 발견하고 범주를 생성하였다. 연구자 한 명이 최초 범주를 생성한 후, 다른 연구자 두 명이 범주와 해당 사례의 적절성을 검토하면서 분석의 타당성을 확립하였다.

2) 설문지 2: 개념 이해도 측정

해안 퇴적 지형과 관련된 실제 개념 이해 정도를 검사하기 위해 표 2의 문항을 활용하였다. 참여자들은 단답식으로 답을 적거나 선택지에서 답을 선택하였다. 사전 검사와 마찬가지로 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단의 사전 검사와 사후 검사 점수 차의 통계적 유의성을 확인하기 위해 대응표본 t 검정을 실시하였다. 그리고 실제적 유의성 분석을 위해 Cohen's *d* 효과 크기를 계산하였다.

표 2. 개념 이해도 검사(설문지 2)

#	문항
1	바다와 육지가 만나는 지역을 () 지역이라고 한다.
2	파도가 분산되는 (만/곶)에서는 퇴적 지형이 발달한다.
3	해안 (침식/퇴적) 지형으로는 모래사장과 갯벌 등이 있다.
4	사주(모래톱)에 의해 서로 다른 두 섬이 연결된 경우, 그 섬을 () (이)라고 한다.
5	()가 형성하는 에너지를 파랑 에너지라고 한다.
6	자갈, 모래, 흙 등이 물과 바람 같은 요인에 의해 쌓이는 것을 () (이)라고 한다.
7	지표의 바위, 돌, 흙 등이 빗물, 냇물, 바람 등에 의해 깎여 나가는 것을 () (이)라고 한다.
8	사주(모래톱)에 의해 바다와 분리된 호수를 () (이)라고 한다.

IV. 연구 결과

1. 이해와 흥미 자기 평가 및 어려움 자유 기술

1) 이해와 흥미 리커트 척도 자기 평가

샌드박스 활용 집단과 미활용 집단으로 나누어 참여자들의 수업 전후 점수 차이를 분석하였다. 우선, 활용 집단의 경우(표 3), 모든 문항을 대상으로 사전 검사와 사후 검사의 점수 차이를 비교하였을 때, 통계적으로 유의미한 상승이 있었고($p < 0.01$, Cohen's d 의 크기도 1.52로 큰 효과 크기를 보였다. 따라서 샌드박스를 활용한 해안 지형 수업의 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다. 하위 영역별 분석에서도 유사한 결과가 도출되었다. 이해와 흥미 영역 모두에서 통계적으로 유의미한 상승이 있었고($p < 0.01$, 효과 크기도 커서 전체를 합산한 분석과 유사한 경향을 확인하였다. 결론적으로 샌드박스를 활용하여 해안 퇴적 지형 수업을 진행하였을 때, 참여자들은 학습한 내용에 대한 이해가 향상되었다고 생각하였고, 수업에 대한 흥미도 증가하였다고 보고하였다. 이해와 흥미 영역 중, 이해 영역의 상승이 상대적으로 더 컸다는 점에서는 차이가 있었다.

샌드박스 미활용 집단의 경우(표 4), 활용 집단과는 다소 다른 학습자 반응을 확인할 수 있었다. 우선 모든 문항을 합산하여 분석을 실시하였을 때, 사전 검사와 사후 검사 점수 간에 통계적으로 유의미한 상승이 있었다($p < 0.01$). Cohen's d 의 크기는 0.59로 중간 크기에 가까웠다. 그런데 하위 영역별 분석에서는 변이를 확인할 수 있었다. 이해 영역의 경우, 수업 참여 후 통계적으로 유

의미한 상승이 있었고($p < 0.01$, 효과 크기도 큰 크기에 가까웠다(Cohen's $d = 0.79$). 그러나 흥미 영역에서는 통계적으로 유의미한 상승이 없었고, 효과 크기도 작았다. 다시 말해, 샌드박스를 활용하지 않은 수업에서 참여자들은 해안 퇴적 지형에 대한 이해가 향상되었다고 생각하였지만, 해당 학습에 대한 흥미는 상승하지 않았다. 한편, 이해 영역의 경우에도 샌드박스 활용 집단에 비해서는 Cohen's d 의 크기가 작아 그 상승 폭이 크지 않았다(활용 집단: 1.72 vs. 미활용 집단: 0.79).

요컨대 샌드박스를 활용한 집단의 경우 이해와 흥미 모두에서 커다란 점수의 상승이 있었다. 이에 비해 샌드박스를 활용하지 않았을 때 학습자들은 자신의 이해도가 향상되었다고 보고하였으나 흥미는 증가하지 않았다. 이해 영역의 증가 폭 역시 샌드박스 활용 집단에 비해 크지 않았다. 따라서 샌드박스를 활용하는 수업이 학습자들에게 좀 더 의미 있는 학습의 경험을 제공했다는 사실을 확인할 수 있었다.

참여자들의 반응을 좀 더 세부적으로 살펴보기 위해 문항별 분석을 실시하였다. 샌드박스 활용 집단의 경우(표 5), 개별 문항 모두에서 효과 크기가 큰 것으로 나타났다. 이는 앞선 분석과 맥을 같이 한다. 샌드박스 미활용 집단에서도 앞선 분석 결과와 유사한 결과를 확인할 수 있었다(표 6). 이해 영역에서의 효과 크기는 전반적으로 중간 크기에서 큰 크기로 나타났다. 그러나 흥미 영역의 경우, 전반적으로 효과 크기가 작아 학습자들의 흥미가 상승하지 않았다는 점을 확인할 수 있었다. 특히, #7, #8에서의 효과 크기가 매우 작았는데, 이 문항들은 해안 퇴적 지형에 대해 더 배우고 싶은지, 해안 퇴적 지형과 관련된 새로운 수업에 참여해보고 싶은지를 묻는 문항

표 3. 이해와 흥미 자기 평가 영역별 차이(활용 집단)

영역	사전 검사		사후 검사		평균 차이	Cohen's <i>d</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차		
이해	2.69	0.85	4.02	0.69	1.33**	1.72
흥미	2.28	1.17	3.53	1.07	1.25**	1.11
전체	2.49	0.90	3.77	0.78	1.28**	1.52

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

표 4. 이해와 흥미 자기 평가 영역별 차이(미활용 집단)

영역	사전 검사		사후 검사		평균 차이	Cohen's <i>d</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차		
이해	2.94	1.06	3.71	0.89	0.77**	0.79
흥미	2.91	1.00	3.16	0.99	0.25	0.25
전체	2.92	0.89	3.43	0.83	0.51**	0.59

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

표 5. 이해와 흥미 자기 평가 문항별 차이(활용 집단)

영역	문항	사전 검사 평균(표준편차)	사후 검사 평균(표준편차)	Cohen's <i>d</i>
이해	#1	2.97(0.98)	4.03(0.71)	1.24
	#2	2.93(1.09)	4.13(0.62)	1.35
	#3	2.43(0.88)	3.97(0.87)	1.76
	#4	2.43(1.02)	3.93(0.85)	1.60
흥미	#5	2.43(1.23)	3.53(1.18)	0.96
	#6	2.30(1.19)	3.67(1.04)	1.23
	#7	2.23(1.33)	3.33(1.27)	0.84
	#8	2.17(1.21)	3.57(1.17)	1.76

표 6. 이해와 흥미 자기 평가 문항별 차이(미활용 집단)

영역	문항	사전 검사 평균(표준편차)	사후 검사 평균(표준편차)	Cohen's <i>d</i>
이해	#1	3.30(1.16)	3.87(0.81)	0.57
	#2	3.23(1.17)	3.90(0.91)	0.64
	#3	2.67(1.22)	3.47(1.12)	0.68
	#4	2.57(1.20)	3.60(1.08)	0.90
흥미	#5	2.87(1.12)	3.20(1.08)	0.30
	#6	2.86(1.01)	3.30(1.13)	0.41
	#7	2.87(1.20)	3.00(1.03)	0.12
	#8	3.03(1.22)	3.13(1.09)	0.07

이었다. 이 결과는 통상적인 방식의 지형 수업을 진행했을 때 학습자들은 관련 내용을 더 배우고 싶거나 새로운 수업에 참여하고 싶다는 생각을 거의 하지 않는다는 사실을 보여준다. 이는 샌드박스 활용 집단의 #7, #8에

서의 효과 크기가 각각 0.84, 1.76이라는 결과와 극명하게 대비된다. 특히, 샌드박스 활용 수업에 참여한 학생들은 모든 문항 중 #8에서 가장 큰 효과 크기를 보였다. 이는 샌드박스를 이용한 새로운 방식의 수업이 참여자

들에게 흥미로운 학습 경험을 제공하였고, 이런 경험을 바탕으로 또 다른 새로운 방식의 수업에 참여하고 싶다는 의지를 표현한 것으로 해석할 수 있다. 많은 학생들이 지형 관련 수업을 어려워하고 흥미를 느끼지 못한다는 우려의 목소리가 있다. 이런 상황에서 본 연구의 결과는 의미 있는 시사점을 제공한다.

2) 어려움 자유 기술

학생들의 자유 의견을 표 7과 같이 범주화하였다. 첫째, 어려움이 구체적으로 변한 경우는 사전 검사보다 사후 검사에서 구체적인 개념 등을 활용하여 의견을 기술한 사례이다. 예를 들어, 사전 검사에서는 단순히 외우는 것이 어렵고 지형 간의 차이를 모르겠다고 이야기했던 학생이 사후 검사에서 만과 곳이 혼동된다고 보고했다면 어려움이 구체적으로 변한 것으로 분류하였다. 둘째, 어려움이 간결하게 변한 사례는 유사한 내용이지만 기술하는 방식이 단순하게 바뀌었거나 어려움의 정도가 줄어든 경우이다. 예컨대, 퇴적 지형의 이름과 형성과정을 모르겠다고 기술했던 학생이 형성과정만을 적었다거나 단순히 용어라고만 기술한 경우가 해당된다. 셋째, 어려움이 사라진 경우는 사전 검사에서만 내용을 적고 사후 검사에서는 아무것도 적지 않았거나 어려움이 없다고 적은 경우이다. 넷째, 다른 종류의 어려움이 생긴 경우는 말 그대로 사전 검사와 사후 검사에서 서로 다른 종류의 어려움을 기술한 사례이다. 다섯째, 새롭게 어려움이 생긴 경우는 사전 검사에서는 아무것도 적지 않았던 학생이 사후 검사에서 새로운 어려움을 보고한 경우이다. 여섯째, 동일한 어려움을 겪는다는 것은 사전 검사와 사후 검사에서 동일한 내용을 적은 경우이다. 마지막으로, 기타는 여러 가지가 헛갈린다가거나 사전 검사에

서는 모두 모르겠다고 했다가 사후 검사에서는 모르는 것이 없다고 한 경우처럼 답변에 신뢰도가 떨어지는 경우를 포함하였다.

이러한 범주를 바탕으로 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단 사이에 어떤 차이가 있는지를 비교하였다. 우선, 샌드박스 활용 집단의 가장 큰 특징은 어려움이 구체적으로 변한 경우가 많았다는 점이다. 단순히 이해가 잘 되지 않는다고 했던 학생이 육계도/육계사주, 사주, 석호의 구분이 어렵다고 이야기하기도 하고, 그냥 복잡하다고만 적었던 학생이 용어가 헛갈리고 형성과정을 말로 설명하기가 어렵다고 보고하기도 하였다. 이처럼 샌드박스를 활용한 수업에서 참여자들은 학습 내용과 관련하여 자신이 모르는 부분을 구체적으로 파악하고, 학습에서의 어려움을 메타인지적으로 인지하는 모습을 보였다. 어려움이 사라진 경우의 비중도 상대적으로 컸다. 한편, 동일한 어려움을 보고한 경우가 없었다는 점에서 전반적으로 샌드박스 활용 수업이 참여자들에게 의미 있는 경험을 제공했다는 점을 확인할 수 있었다.

샌드박스 미활용 집단의 경우, 어려움이 사라진 경우가 가장 높은 비중을 차지하였다. 이는 샌드박스를 활용하지 않더라도 참여자들의 이해 정도가 향상된다는 앞선 결과와 연계하여 이해할 수 있을 것이다. 그러나 불성실한 답변 태도로 아무것도 적지 않았을 경우도 배제할 수 없기에 해석에 주의가 필요하다. 어려움이 구체적으로 변한 경우도 다수 있었지만, 샌드박스 활용 집단에 비해 구체성의 정도가 떨어지는 경향이 있었다. 샌드박스 활용 집단과 큰 대조를 이루는 부분은 사전 검사와 비교하여 동일한 어려움을 겪는 학생의 비중이 높다는 점이었다. 이는 샌드박스 미활용 수업의 상대적인 제한성을 보여주는 결과로 해석할 수 있다.

표 7. 어려움 관련 기술 변화

범주	활용 집단	미활용 집단
어려움이 구체적으로 변함	10	6
어려움이 간결하게 변함	2	1
어려움이 사라짐	5	7
다른 종류의 어려움으로 변함	1	3
새롭게 어려움이 생김	1	2
동일한 어려움을 겪음	0	6
기타	2	1

2. 개념 이해도 검사

개념 이해 정도에 있어 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단 간에 차이가 있는지 분석하였다(표 8). 두 집단 모두 사전 검사보다 사후 검사에서 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 획득하였다. 활용 집단은 0.01 유의수준에서, 미활용 집단은 0.05 유의수준에서 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 따라서 기본적으로 어떤 유형의 수업이든 참여자들의 개념 이해를 증진하는 데 도움이 되었다는 사실을 알 수 있다. 그러나 향상 정도에 있어서는 차이가 있었다. 활용 집단의 Cohen's *d*는 1.39로 큰 효과 크기 값을 보였으나 미활용 집단의 Cohen's *d*는 0.66으로 중간에서 큰 크기 사이의 효과 크기 값을 보였다. 따라서 샌드박스를 활용한 경우, 학습자들이 개념 이해 정도가 더 크게 향상되었다는 사실을 알 수 있다.

V. 논의

이 연구는 증강현실 샌드박스를 활용한 지형 수업의 교육적 효과를 실증적으로 살펴보는 시도였다. 테크놀로지의 급속한 발달로 다양한 매체를 교육에 활용하려는 시도가 확장되고 있다. 그러나 우리나라 지리교육에서 증강현실 샌드박스를 활용한 연구 사례는 찾아보기 힘들다. 본 논문은 샌드박스를 활용한 해안 퇴적 지형 수업을 실제로 실시하고 실증적 데이터를 통해 샌드박스의 교육적 가능성을 점검했다는 점에서 의미가 있다. 본 연구의 결과를 좀 더 심층적으로 살펴보면 다음과 같다.

샌드박스를 활용한 수업에서 가장 눈에 띄는 점 중의 하나는 참여자들의 학습에 대한 흥미가 향상되었다는 점이다. 흥미에 대한 자기 평가에서 샌드박스 미활용 집단의 경우 통계적으로 유의미한 상승이 없었다. 그러나 샌드박스를 활용한 경우, 사전, 사후 검사 점수 간에 통계적으로 유의미한 상승이 있었고 Cohen's *d*의 값도 컸

다. 샌드박스를 활용하여 학습한 학생들은 퇴적 지형과 관련된 내용을 흥미롭게 생각하였고, 관련 내용을 더 배우고 싶어 했으며, 새로운 방식의 지형 수업에 참여하려는 열정을 보였다. 이러한 결과는 흥미와 같은 정의적 요소가 개념 학습과 같은 인지적 영역에도 영향을 미친다는 관점(Sinatra, 2005), 흥미와 지식 전문성이 밀접하게 연계된다는 이론(Alexander, 2004) 등의 측면에서 시사하는 바가 크다. 또한 지형 관련 수업의 개선에 대한 현장의 고민이 큰 상황에서 지리 수업 디자인에 통찰력을 제공할 수 있다(구덕훈 등, 2022).

이해와 관련된 참여자들의 자기 평가에서는 샌드박스 활용 집단과 미활용 집단 모두에서 유의미한 상승이 있었지만 활용 집단의 향상 정도가 더 컸다. 스스로 학습 내용을 더 잘 이해하고 있다고 느끼는 효능감에 있어 샌드박스 활용 참여자들에게 더 큰 상승이 있었던 것이다. 실제 개념을 물어보는 개념 이해도 검사에서도 샌드박스 활용 집단의 향상 폭이 더 크게 나타났다. 이러한 결과들을 통해 샌드박스 활용이 학습 내용 이해에 미치는 긍정적인 역할을 다각도로 확인할 수 있었다. 특정 영역에서의 개인적 유능감에 대한 믿음인 자기효능감은 더 크고 지속적인 노력, 동기 등과 연계되고 이는 효과적인 학업 성취의 기반이 된다. 본 분석 결과는 이러한 이론적 맥락과의 연계 속에서 이해될 수 있다(Woolfolk, 2013, 김아영 등 역, 2015).

해안 지형 학습에서의 어려움에 대한 자유 응답에서도 의미 있는 점들을 발견할 수 있었다. 특히, 샌드박스를 활용한 수업에 참여한 학생들이 어려움을 겪는 내용에 대해 구체적으로 질문하는 경우가 늘었다는 사실에 주목할 만하다. 일찍이, 소크라테스는 문답법을 통한 이해의 발전을 추구하면서 명백해 보이는 것이라 하더라도 엄정하게 탐구해 보면 다양한 측면에서의 질문이 가능함을 강조하였다(Weiner, 2020, 김하연 역, 2021). 다시 말해, 어떤 개념을 온전하게 이해하고 어려움을 파악하기 위해서는 세밀하게 그 개념에 대해 생각해 볼 필요

표 8. 개념 이해도 변화

영역	사전 검사		사후 검사		평균 차이	Cohen's <i>d</i>
	평균	표준편차	평균	표준편차		
활용 집단	3.37	1.63	6.10	2.26	2.73**	1.39
미활용 집단	4.13	1.72	5.67	2.83	1.54*	0.66

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

가 있다는 것이다. 이런 견지에서 Downs(1994)는 특정 개념을 얼마나 세밀하게 다룰 수 있는지가 전문성의 본질이며, 이는 지리교육이 반드시 관심을 가져야 할 부분이라고 주장하였다. 예를 들어, 전통적인 대륙의 정의는 ‘해양에 둘러싸인 커다란 땅덩어리’이다. 그러나 이를 온전하게 이해하기 위해서는 다음과 같은 구체적인 질문을 제기하고 탐구할 수 있어야 한다: ① 얼마나 커야 대륙이라 할 수 있는가? 그린란드도 충분히 큰가? ② 해양에 둘러싸여 있다는 것의 의미는 무엇인가? 그렇다면 유럽은 대륙이라 할 수 있는가? ③ 아프리카는 정말 해양에 둘러싸여 있는가? 수에즈 운하 때문에 이런 정의를 만족할 수 있게 되는가? ④ 파나마 운하는 어떠한가? 파나마 운하 때문에 남북 아메리카 대륙이 만들어질 수 있는가? 그렇다면 인간이 만든 운하 2개가 대륙 2개를 만들었는가? 이와 같은 질문은 대륙이라는 개념을 표면적으로 받아들이는 것과 세밀하게 이해하는 것이 얼마나 큰 차이가 있는지를 극명하게 보여준다. 유사한 견지에서, Gersmehl and Gersmehl(2007)은 위치가 단순히 지표상의 지점만을 나타내는 것이 아니라 랜드마크, 근접성, 고도, 경위도와 같은 다양한 요소와 연계되는 복잡한 개념이라고 주장하였다. 따라서 특정 개념을 두루뭉술하게 이해하지 않고 세밀하고 구체적으로 생각하고 질문하는 것은 해당 개념에 대한 학습이 진전되고 전문가의 사고방식에 다가가는 모습이라 볼 수 있다. 이런 견지에서 샌드박스 활용 집단 학생들의 어려움에 대한 질문이 구체적으로 변화한 것은 학생들이 좀 더 전문가처럼 생각하기 시작했다는 사실을 시사한다. 다시 말해, 자신이 개념 이해에서 겪는 어려움을 좀 더 구체적으로 파악하는 메타인지적 사고가 진전된 것이다. 이외에도 샌드박스 활용 집단에서 어려움이 사라진 사례가 많거나 샌드박스 미활용 집단에서 동일한 어려움을 호소하는 학생의 비중이 상대적으로 컸다는 점 등 역시 샌드박스 활용 수업의 의미 있는 효과를 보여준다.

VI. 결론 및 제언

이 연구에서는 사주, 석호 등을 포함한 해안 퇴적 지형을 주제로 샌드박스를 활용한 지형 수업의 교육적 효과를 살펴보았다. 동일한 내용을 다루되, 샌드박스 활용 부분에서만 차이를 두어 수업을 실시하고, 샌드박스 활

용 집단과 미활용 집단의 이해와 흥미에 대한 자기 평가, 해안 지형 학습에서의 어려움에 대한 자유 기술, 개념 이해도 검사에서 어떤 차이가 있는지를 살펴보았다. 분석 결과, 전반적으로 샌드박스를 활용한 집단에서 향상 정도가 더 크게 나타나 샌드박스 활용이 지형 교육에 미치는 긍정적인 효과를 확인할 수 있었다. 학습 흥미에 있어 샌드박스 활용 집단만이 의미 있는 향상을 보였고, 개념 이해에 있어서도 샌드박스 활용 집단의 향상 정도가 더 컸다. 학습 어려움에 대한 자유 기술에서는 샌드박스 활용 집단 학생들의 질문이 구체적으로 변하기 시작했다라는 점이 주목할 만한 부분이었다.

본 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 후속 연구에 관심을 가질 수 있다. 첫째, 학습자 특성에 따라 더욱 세분화된 분석을 수행할 수 있다. 이 논문에서는 관련 내용을 다루지 않았지만, 본 연구 참여자들의 경우, 평소 상대적으로 학업 성취 수준이 떨어지거나 학습 분위기가 좋지 않았던 학급에서 샌드박스 활용의 효과를 더욱 극명하게 확인할 수 있었다. 본 연구진은 이와 관련된 내용을 다루는 후속 연구를 진행하고 있다. 한편, 이 연구의 참여자들이 모두 여학생이었다는 점은 성별을 고려한 후속 연구가 수행되어야 할 필요성을 낳는다. 공간적인 관점이 중요하거나 과학적인 특성이 강한 분야에서의 성별 차이에 대한 연구가 다양하게 이루어지고 있다(Newcombe and Frick, 2010; Uttal *et al.*, 2013). 따라서 공간적 사고와 연계되고 자연과학적 콘텐츠라는 특성을 지닌 본 프로젝트의 학습 주제를 바탕으로 샌드박스 활용에 따른 성별 차이를 탐색하는 것은 의미 있는 연구 주제가 될 것이다.

둘째, 샌드박스 활용과 공간적 사고 함양과의 관련성을 좀 더 명시적으로 검증하는 연구에 관심을 가질 필요가 있다. 샌드박스 활용을 공간적 사고 연구와 연계하려는 시도들이 존재한다(예: Carbonell Carrera and Bermejo Asensio, 2017). 본 연구 수업의 주제인 해안 퇴적 지형도 다양한 공간 요소의 작동을 통한 지형 프로세스 이해를 필요로 한다는 점에서 공간적 사고와 관련될 가능성이 크다. 따라서 본 연구 활동이 공간적 사고 향상에 도움이 되었을 가능성을 기대할 수 있다. 그러나 직접적인 검사를 통해 공간적 사고를 측정하지는 않았기에 후속 연구를 통해 활동 전후의 공간적 사고 차이를 테스트하는 연구를 수행할 수 있다. 실제 유사한 맥락의 연구들이 긍정적인 결과가 보고하였다(예: George *et al.*, 2020;

Johnson and McNeal, 2022). 그러나 아직까지 샌드박스 활용과 공간적 사고를 연계하는 연구의 저변이 그렇게 넓지는 못하고, 우리나라 지리교육에서는 관련 사례가 전무하기 때문에 이러한 맥락의 연구 프로젝트에 관심을 가질 필요가 있다.

셋째, 샌드박스를 GIS 등과 연계해 고급 분석을 수행하는 연구가 관심을 끈다. Harmon *et al.*(2018)은 오픈소스 GIS와 샌드박스의 연계를 통해 전문화된 지형 모델링의 가능성을 제시하였다. 주지하다시피, GIS는 실제 세계의 지형을 디지털화하고 다양한 공간분석 및 시뮬레이션을 가능하게 한다. 학생들이 직접 손으로 만들어 볼 수 있는 샌드박스 지형을 디지털 환경과 연계하고 GIS 분석을 수행하는 학습은 학습자들이 실제 손으로 만져 보고 제작할 수 있는 샌드박스와 지리정보기술을 연계하여 학습자들의 이해를 향상시키는 효과적인 전략이 될 수 있다(Petrasova *et al.*, 2018). 이런 맥락의 연구들은 3D 프린터를 활용하여 관심 대상 지형을 직접 만들고 이를 디지털화하여 분석을 수행하는 방식으로도 확장될 수 있다. 이처럼 최신의 도구와 테크놀로지를 활용하는 전략은 수업을 역동적이고 상호작용적으로 디자인하는데 도움이 될 것이다. 나아가 다양한 분야에서 필요로 하는 전이가능한 역량을 함양하는 데에도 효과적인 전략이 될 수 있을 것이다.

이 연구는 우리나라 지리교육에서 샌드박스를 활용한 수업의 교육적 효과를 실증적으로 검증한 선도적 시도로 의미가 크다. 추후 다양한 주제와 학습전략을 바탕으로 관련 연구의 지평을 확대할 필요가 있다. 학습자들의 체화된 경험과 탐구를 지원하고 흥미롭고 적극적인 참여를 촉진하는 샌드박스 활용을 통해 새롭고 창의적인 지리 학습 전략이 다양하게 개발되기를 기대한다.

참고문헌

구덕훈·전보애·최광희, 2022, “지형교육에 대한 중등 지리교사의 인식과 교수학습 자료의 개발 방향,” 한국사지리학회지, 32(4), 98-115.
 김민성, 2020, “캐나다 온타리오주 지리교육과정의 특징과 시사점: 역량기반 관점에서의 접근,” 한국지리학회지, 9(3), 441-456.
 박새록·이정민, 2020, “국내 증강현실 활용 교육 연구 동향”

학습자중심교과교육연구, 20(11), 1-23.
 박현린·손은남, 2020, “가상현실 및 증강현실 기술을 기반으로 한 매체의 교육적 효과에 대한 국내 동향 연구,” 학습자중심교과교육연구, 20(5), 725-741.
 Alexander, P.A., 2004, A model of domain learning: Reinterpreting expertise as a multidimensional, multistage process, in Dai, D. Y. and Sternberg, R. J., eds., *Motivation, Emotion, and Cognition: Interpretive Perspectives on Intellectual Functioning and Development*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 273-298.
 Axelson, R.D. and Flick, A., 2010, Defining student engagement, *Change: The Magazine of Higher Learning*, 43(1), 38-43.
 Carbonell Carrera, C. and Bermejo Asensio, L.A., 2017, Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill, *Journal of Geography in Higher Education*, 41(1), 119-133.
 Downs, R., 1994, Being and becoming a geographer: An agenda for geography education, *Annals of the Association of American Geographers*, 84(2), 175-191.
 George, R., Howitt, C., and Oakley, G., 2020, Young children's use of an augmented reality sandbox to enhance spatial thinking, *Children's Geographies*, 18(2), 209-221.
 Gersmehl, P.J. and Gersmehl, C.A., 2007, Spatial thinking by young children: Neurologic evidence for early development and “educability”, *Journal of Geography*, 106(5), 181-191.
 Giorgis, S., Mahlen, N., and Anne, K., 2017, Instructor-led approach to integrating an augmented reality sandbox into a large-enrollment introductory geoscience course for nonmajors produces no gains, *Journal of Geoscience Education*, 65(3), 283-291.
 Harmon, B.A., Petrasova, A., Petras, V., Mitasova, H., and Meentemeyer, R., 2018, Tangible topographic modeling for landscape architects, *International Journal of Architectural Computing*, 16(1), 4-21.
 Hod, Y. and Twersky, D., 2020, Distributed spatial sensemaking on the augmented reality sandbox,

- International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 15(1), 115-141.
- Jackson, D., Kaveh, H., Victoria, J., Walker, A., and Bursztyn, N., 2019, Integrating an augmented reality sandbox challenge activity into a large-enrollment introductory geoscience lab for nonmajors produces no learning gains, *Journal of Geoscience Education*, 67(3), 237-248.
- Johnson, E.T. and McNeal, K.S., 2022, Student perspectives of the spatial thinking components embedded in a topographic map activity using an augmented-reality sandbox, *Journal of Geoscience Education*, 70(1), 13-24.
- Johnson, L., Adams, S., and Cummins, M., 2012, *NMC Horizon Report: 2012 K-12 Edition*, Austin, TX: New Media Consortium.
- Kastens, K.A., Manduca, C.A., Cervato, C., Frodeman, R., Goodwin, C., Liben, L.S., Mogk, D.W., Spangler, T.C., Stillings, N.A., and Titus, S., 2009, How geoscientists think and learn, *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 90(31), 265-266.
- Masmuzidin, M.Z. and Aziz, N.A.A., 2018, The current trends of augmented reality in early childhood education, *The International Journal of Multimedia & Its Applications (IJMA)*, 10(6), 47-58.
- McNeal, K.S., Ryker, K., Whitmeyer, S., Giorgis, S., Atkins, R., LaDue, N., Clark, C., Soltis, N., and Pingel, T., 2020, A multi-institutional study of inquiry-based lab activities using the augmented reality sandbox: Impacts on undergraduate student learning, *Journal of Geography in Higher Education*, 44(1), 85-107.
- National Research Council, 2006, *Learning to Think Spatially: GIS as a Support System in the K-12 Curriculum*, Washington, DC: The National Academies Press.
- Newcombe, N.S. and Frick, A., 2010, Early education for spatial intelligence: Why, what, and how, *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102-111.
- Nielsen, B.L., Brandt, H., and Swensen, H., 2016, Augmented reality in science education-affordances for student learning, *Nordic Studies in Science Education*, 12(2), 157-174.
- Petrasova, A., Harmon, B., Petras, V., Tabrizian, P., and Mitasova, H., 2018, *Tangible Modeling with Open Source GIS, 2nd ed.*, New York: Springer International Publishing.
- Richardson, R., Sammons, D., and Delparte, D., 2018, Augmented affordances support learning: Comparing the instructional effects of the augmented reality sandbox and conventional maps to teach topographic map skills, *Journal of Interactive Learning Research*, 29(2), 231-248.
- Ryker, K., McNeal, K., Atkins, R., LaDue, N., and Clark, C., 2016, Facilitating spatial thinking with augmented reality sandboxes, *The Trenches*, 6(4), 1-4.
- Sanchez, C.A. and Wiley, J., 2014, The role of dynamic spatial ability in geoscience text comprehension, *Learning and Instruction*, 31, 33-45.
- Sinatra, G.M., 2005, The “warming trend” in conceptual change research: The legacy of Paul R. Pintrich, *Educational Psychologist*, 40(2), 107-115.
- Soltis, N.A., McNeal, K.S., Atkins, R.M., and Maudlin, L.C., 2020, A novel approach to measuring student engagement while using an augmented reality sandbox, *Journal of Geography in Higher Education*, 44(4), 512-531.
- Uttal, D.H., Miller, D.I., and Newcombe, N.S., 2013, Exploring and enhancing spatial thinking: Links to achievement in science, technology, engineering, and mathematics?, *Current Directions in Psychological Science*, 22(5), 367-373.
- Vaughan, K.L., Vaughan, R.E., and Seeley, J.M., 2017, Experiential learning in soil science: Use of an augmented reality sandbox, *Natural Sciences Education*, 46(1), 1-5.
- Weiner, E., 2020, *The Socrates Express: In Search of Life Lessons from Dead Philosophers*, New York: Avid Reader Press(김하연 역, 2021, 소크라테스 익스프레스: 철학이 우리 인생에 스며드는 순간, 서울: 이크로스).
- Woods, T.L., Reed, S., Hsi, S., Woods, J.A., and Woods, M.R., 2016, Pilot study using the augmented reality

sandbox to teach topographic maps and surficial processes in introductory geology labs, *Journal of Geoscience Education*, 64(3), 199-214.

Woolfolk, A., 2013, *Educational Psychology*, Boston: Pearson (김아영·안도희·양명희·이미순·임성택·장형심 역, 2015, 교육심리학; 제12판, 서울: 박학사).

교신 : 박의현, 04516, 서울특별시 중구 정동길 22, 창덕여자중학교(이메일: geophist09@naver.com)

Correspondence: Eui-hyun park, 04516, 22 Jeongdong-gil, Jung-gu, Seoul, Republic of Korea, Changdeok Girls' Middle School (Email: geophist09@naver.com)

투고접수일: 2023년 2월 23일

심사완료일: 2023년 3월 11일

게재확정일: 2023년 3월 17일

