



Research Article

An analysis of students' engagement in elementary mathematics lessons using open-ended tasks

Nam, Inhye¹ · Shin, Bomi^{2*}

¹Teacher, Gwangju Nongsung Elementary School

²Professor, Chonnam National University

*Corresponding Author: Bomi Shin (bomi0210@jnu.ac.kr)

ABSTRACT

Students' engagement in lessons not only determines the direction and result of the lessons, but also affects academic achievement and continuity of follow-up learning. In order to provide implications related to teaching strategies for encouraging students' engagement in elementary mathematics lessons, this study implemented lessons for middle-low achieving fifth graders using open-ended tasks and analyzed characteristics of students' engagement in the light of the framework descriptors developed based on previous research. As a result of the analysis, the students showed behavioral engagement in voluntarily answering teacher's questions or enduring difficulties and performing tasks until the end, emotional engagement in actively expressing their pleasure by clapping, standing up and the feelings with regard to the topics of lessons and the tasks, cognitive engagement in using real-life examples or their prior knowledge to solve the tasks, and social engagement in helping friends, telling their ideas to others and asking for friends' opinions to create collaborative ideas. This result suggested that lessons using open-ended tasks could encourage elementary students' engagement. In addition, this research presented the potential significance of teacher's support and positive feedback to students' responses, teaching methods of group activities and discussions, strategies of presenting tasks such as the board game while implementing the lessons using open-ended tasks.

Key words: open-ended tasks, students' engagement in lessons, middle-low achieving students, elementary school mathematics teaching strategy, elementary mathematics lesson

개방형 과제를 활용하는 초등 수학 수업에서 학생의 참여 분석

남인혜¹ · 신보미^{2*}

¹광주농성초등학교 교사 · ²전남대학교 교수

*교신저자: 신보미 (bomi0210@jnu.ac.kr)

초록

학생의 수업 참여는 수업의 방향과 성과를 결정지을 뿐만 아니라 학업 성취 및 후속 학습의 지속성에 영향을 미친다. 본 연구는 학생의 수업 참여를 촉진하기 위한 방안으로 개방형 과제를 활용하는 수업이 지닌 시사점을 모색하기 위해 초등학교 5학년 중하위권 학생들을 대상으로 개방형 과제 활용 수업을 진행하여 학생들이 드러내는 수업 참여 양상을 분석하였다. 이로부터 교사의 발문에 자발적으로 답하거나 어려움을 참고 과제를 끝까지 수행하는 행동적 참여, 박수를 치거나 자리에서 일어나는 등의 즐거움을 표현하거나 자신의 감정을 적극적으로 드러내는 정서적 참여의 특징을 찾아볼 수 있었다. 또한 학생들은 자신의 생각을 말할 때 실생활 예를 들어 설명하거나 과제 해결에 사전 지식을 이용하였으며 과제를 다양한 방식으로 해결하려고 노력하는 인지적 참여 양상을 보였고, 친구의 의견을 물어 공동의 아이디어를 구성함으로써 과제를 해결하려고 노력하거나 모둠 활동에서 친구와 적극적으로 도움을 주고 받는 등의 사회적 참여 모습을 보였다. 이상은 개방형 과제를 활용하는 수업이 초등학생들의 수업 참여를 촉진하는

Received January 13, 2023

Revised February 04, 2023

Accepted February 16, 2023

2000 Mathematics Subject Classification : 97D40, 97U30, 97C70

Copyright © 2023 The Korean Society of Mathematical Education.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

교수학적 방안이 될 수 있음을 시사한다. 나아가 본 연구는 효과적인 개방형 과제 활용 수업을 실행하는 데 교사의 지지와 긍정적인 피드백, 모둠 활동 및 소집단 토론으로 구성된 수업 방법, 놀이 및 게임 활동에 기반한 과제 제시 방식 등이 갖는 잠재적 중요성을 보여준다.

주요어: 개방형 과제, 학생의 수업 참여, 중하위권 학생, 초등학교 수학 지도 전략, 초등 수학 수업

서론

수업의 방향과 성과는 교사, 학생, 수업 내용 및 과제의 역동적인 상호 작용을 통해 결정된다(Cohen et al., 2003). 최근 들어 학생 중심 수학 수업에 관한 관심이 높아짐에 따라 수학 교수-학습 과정에 학생들을 효과적으로 참여시키는 전략을 모색하는 여러 연구가 진행되었다(Bahr & Bahr, 2017). 2015 개정 교육과정 역시 ‘학생 참여 중심 교수-학습 방법 개선’을 교육과정 개정의 기본 방향 중 하나로 제시하면서, 교과 특성에 맞는 다양한 학생 참여 수업을 활성화하도록 권고하였다(Park & Kim, 2021). 이처럼 학생을 수학 수업의 주체로 자리매김하여 수학 교수-학습 과정을 개선하려는 다각적인 시도가 있음에도 불구하고, 실제 학교 현장에서는 수학 수업을 설계, 실행, 반성하는 데 학생들의 수업 참여 양상이 직접적으로 반영되지 못하는 실정이다(Pang & Jeong, 2006).

NCSM과 NCTM (2020)에 따르면 학생은 수업 과제를 해결하는 과정에서 자신과 동료의 수학적 사고를 공유하게 되며, 이를 통해 더욱 의미 있는 수학적 활동에 참여하게 된다. 수업에서 학생 참여가 지속적으로 유지되려면 학생들에게 적합한 과제를 제공할 필요가 있으며, 학생 스스로 이를 탐구해 볼 기회를 주어야 한다(Walshaw & Anthony, 2008). 그러나 교사들은 학생 참여 수업에 사용할 과제를 설계하거나, 유의미한 학생 참여 수업을 실행하기 위해 학생들의 사고력과 탐구력을 촉진하는 방안을 구체화하는 데 상당한 어려움을 느낀다(Kim & Kim, 2021).

한편 Kwon 외 (2005)는 개방형 과제가 학생들의 수학적 사고를 자극하고 수업 참여를 활성화하는 주요한 교수학적 도구가 된다고 역설하였다. 개방형 과제는 해결 과정과 답이 여럿인 과제로, 이를 통해 학생들은 문제 해결에 주도적으로 참여할 수 있으며, 자신들의 생각을 보다 적극적으로 표현할 수 있다(Lee, 2008). 개방형 과제를 해결하는 데는 다양한 접근이 가능하므로, 학생들은 나름의 전략에 따라 과제 해결을 시도함으로써 수학적 지식과 기능, 사고 과정을 확장하고 수학적 의사소통 능력을 함양할 수 있다(Shin & Kim, 2006). 이에 개방형 과제와 관련된 기존 연구 대부분(Baek & Lee, 2017; Lee, 2014; Leikin, 2009; Levav-Waynberg & Leikin, 2012; Shin & Kim, 2006)은 주로 영재아나 성적 우수아의 창의성 계발에 목표를 둔 수업을 설계 및 실행하는 데 주목하였다. 그러나 개방형 과제는 어떤 수준에 있는 학생도 자신이 생각하는 답을 제안할 수 있다는 점에서 중하위권 학생을 대상으로 한 수업에서의 활용 가능성이 열려 있다. 다만 일반 학생을 대상으로 한 수업에 개방형 과제를 효과적으로 도입하기 위해서는 이를 활용하는 교수-학습 자료를 보다 정교하게 설계할 필요가 있으며, 실제 학생들의 다양한 반응을 검토하고 이를 반영하여 학생들의 참여와 수학적 사고를 확장하는 구체적인 수업 전략을 개발할 필요가 있다(Kim & Park, 2011).

이에 본 연구는 개방형 과제를 활용하는 수업을 초등학교 5학년 중하위권 학생들에게 적용하여 실제 수업 상황에서 드러나는 학생들의 참여 양상을 분석하고 수업 실행과 관련된 시사점을 기술하고자 한다. 이를 통해 본 연구는 초등학교 수학 수업에서 학생들의 참여를 촉진하는 개방형 과제를 개발하거나, 이를 활용하는 교수-학습 방안을 모색하는 데 의미 있는 정보를 제공하는 것에 목표를 둔다.

이론적 배경

개방형 과제

개방형 과제의 의미를 설명하는 용어는 연구자에 따라 다소 차이가 있다. Shin과 Kim (2006)은 문제의 출발 상황은 명확하되 목표 상황인 정답이 여러 가지인 과제라고 기술하였으며, Kim과 Park (2011; Lee, 2008)는 다양한 해결 방법을 이용하여 다양한 답을 산출할 수 있는 과제라고 설명하였다. Kwon 외 (2005)는 정답이 여러 가지이며 문제 해결 과정이 다양할 뿐 아니라 문제를 해결할 때 확산적 사고가 가능한 과제를 개방형 과제라고 하였다.

한편 Nam 외 (2017)는 개방형 과제의 유형을 과제 해결에 쓰이는 수학적 사고에 비추어 관계와 법칙을 찾는 과제, 분류하는 과제, 수량화 과제, 역(逆) 과제, 조건 불비(不備) 과제, 구성적 활동 과제로 분류하였다. ‘관계와 법칙을 찾는 과제’는 수 사이의 함수 관계를 알아보는 과제로, 곱셈 구구표에서 가능한 한 많은 규칙을 찾아보는 과제 등이 있으며 귀납적 사고를 개발하는 데 용이하다. ‘분류하는 과제’는 동일한 범주에 속하는 서로 다른 대상 중에 하나를 택하여 이와 비슷한 특징이 있는 것을 찾아보는 과제로, 도형 영역에서 주로 활용된다. 이 과제를 통해 학생들은 대상을 다양한 관점에서 해석할 수 있으며 의사소통을 통해 자신의 관점을 발전시킬 기회를 가질 수 있다. ‘수량화 과제’는 구체적인 수학적 장면에서 드러나는 차이를 수량화하는 과제로, 순위를 정하는 방법이나 기준을 다양하게 찾아 이를 수치로 표현해 보는 과제 등이 이에 속한다. ‘역 과제’는 조건과 결론을 바꿔 다양한 답을 유도하는 과제로, 주로 연산 영역에서 효과적으로 사용된다. ‘조건 불비 과제’는 주어질 수 있는 조건을 가능한 한 다양하게 고려하여 각각의 경우마다 적합한 답을 찾아보는 과제로, 문제를 비판적으로 보는 안목을 기를 수 있다. ‘구성적 활동 과제’는 학생들이 어떤 것을 스스로 만들어 보는 과제로, 전개도의 한 면을 잘라 새로운 입체 도형을 만들거나 기하판에 주어진 변을 활용하여 다양한 도형을 만들어 보는 과제가 이에 해당한다.

이상의 선행 연구에 따라 본 연구는 과제 해결 과정이나 결과가 다양하여 학생들이 여러 가지 사고 전략을 활용할 수 있는 과제를 개방형 과제로 보고, Nam 외 (2017)가 분류한 개방형 과제의 6가지 유형에 비추어 수업에서 활용할 개방형 과제를 구체화한다.

학생의 수업 참여

학생의 수업 참여는 학업 성취도 향상에 주요한 역할을 하는 바(NCTM, 2014), 여러 연구는 수업에서 학생의 참여 양상에 주목하여 학습의 질을 개선하고자 하였으며, 이를 위해 우선 학생의 수업 참여가 의미하는 바를 조작적으로 설명하였다. Ko 외 (2011)는 학생이 교사나 동료와 상호 작용하는 것을 수업 참여로 보았으며, Herrington과 Reeves (2002)는 학생의 자발성에 비추어 교사의 지시나 도움 없이도 스스로 학습 활동을 수행하는 것을 수업 참여로 설명하였다. Skinner 외 (2009)는 학생의 태도 및 행동에 비추어 과제를 성실히 수행하거나 수업 시간에 바른 자세를 유지하는 것 등을 수업 참여라고 하였다.

이러한 학생의 수업 참여는 일반적으로 행동적 참여, 정서적 참여, 인지적 참여로 구분되어 왔으며(Fredricks et al., 2004; Fredricks et al., 2016; Reeve, 2013), 최근 수업에서 교사와 학생, 학생과 학생의 활발한 상호 작용이 강조됨에 따라 사회적 참여를 학생의 수업 참여 유형에 포함하여 다루게 되었다(Finn & Zimmer, 2012; Rimm-Kaufman et al., 2015).

‘행동적 참여’는 학습 과제에 충실하기, 질문하기, 토론하기, 규칙 준수하기, 수업에 방해되는 행동 하지 않기 등과 같이 수업에서 학생이 보이는 행위와 관련되는 참여를 말한다(Fredricks et al., 2016). 교사는 학생의 학습에 주목하여 효과적인 의사소통 전략에 따라 적극적이고 협력적인 학습 기회를 제공함으로써 학생의 행동적 참여를 촉진할 수 있다(Cothran & Ennis, 2000).

‘정서적 참여’는 학교나 교사, 동료뿐 아니라 학습에 대한 긍정적·부정적 반응과 소속감, 과제를 해결하려는 동기 등에 영향을 미치는 흥미, 불안 등의 감정과 관련되는 참여를 말한다(Fredricks et al., 2016). Taylor와 Statler (2013)는 수업을 통해 감정적 피드백을 공유할 수 있는 학생이 교수-학습 자료나 특정 주제에 관해 의미 있는 학습을 지속할 수 있다고 하면서 정서와 학습 사이의 상관관계를 강조한 바 있다.

‘인지적 참여’는 주어진 과제의 특징에 주목하여 문제 상황을 이해하기 위해 전략적인 노력을 기울이거나 메타인지를 활성화하는 등과 같이 학습 자체에 대한 집중 수준을 보여주는 참여를 말한다(Fredricks et al., 2016). Chin (2007)은 교사의 발문에 의해 학생들의 인지적 참여 양상이 바뀌며 발문의 복잡성 수준에 따라 학생들이 제시하는 설명의 정당화 정도도 달라진다고 하였다.

‘사회적 참여’는 수업에서 드러나는 사회적 상호 작용, 즉 수업 내용과 관련된 교사와 학생, 학생과 학생 사이의 의사소통 특징과 관련되는 참여를 말한다(Finn & Zimmer, 2012; Rimm-Kaufman et al., 2015). 사회적 참여는 특정 문제를 해결하기 위해 모둠을 이루어 활동하거나 서로 돕는 과정, 다른 학생과 문제 해결 및 학습 상황을 공유하는 과정에서 그 양상이 드러난다.

한편 학생의 수업 참여에 영향을 미치는 요인에는 교사, 학생, 학습 내용 및 과제가 있다(Jeong, 2012). 교사 요인에는 학생 중심 교수와 같은 수업 방법(Park, 2004)을 비롯하여, 교사의 지지(Kim & Kim, 2011)와 피드백(Yoon et al., 2016) 등이 포함된다. 교사는 개방적이고 친밀한 학습 분위기와 수업 전략을 통해 협동 활동을 촉진함으로써 학생이 학습 공동체에 책임감을 느껴 수업에 적극적으로 참여하게 유도할 수 있다(Lee, 2004). 학생 요인에는 부모의 사회·경제적 지위, 학생의 성별 및 자기 주도적 학습 능력, 사회성, 자기 효능감 등이 있다. 남학생보다는 여학생의 학습 참여도가 높으며, 학습자의 자기주도적 학습력과 사회성이 좋을수록 학습 참여도가 높다(Jung & Choi, 2006). 학습 내용 및 과제 요인에는 개념이나 과제의 특징, 수업 주제, 경험과의 연관성, 학습 내용의 유용성 등이 포함된다. 수업에서 다루는 지식이나 핵심 개념이 학생의 이해에 용이하거나 예전에 습득한 경험과 밀접하게 관련될 때 (Shulman, 2005), 학습 내용이나 과제가 중요하다고 느낄 때(Fredricks et al., 2004) 학생들은 수업에 적극적으로 참여한다.

이상에 따라 본 연구는 개방형 과제를 활용하여 중하위권 초등학생을 대상으로 실행한 수업에서 학생들이 보인 수업 참여 양상을 행동적, 정서적, 인지적, 사회적 측면에서 분석하고, 학생들의 수업 참여를 촉진하기 위해 개방형 과제를 활용하는 수학 수업 전략을 교사, 학생, 학습 내용 및 과제 요인에 비추어 논의함으로써 그 시사점을 기술한다.

연구 방법

개방형 과제를 활용하는 교수-학습 자료

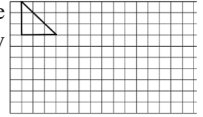
본 연구는 중하위권에 속한 초등학교 5학년을 대상으로 개방형 과제를 활용하는 수학 수업을 실행하여 학생들이 보이는 수업 참여 양상을 분석하는 사례 연구이다. 이를 위해 우선 2015 개정 초등학교 4학년과 5학년 수학 교육과정의 성취기준과 학습 요소를 확인하였으며, Nam 외 (2017)가 분류한 유형에 따라 개방형 과제를 선행연구(Park & Jeon, 2003; Kim & Park, 2011; Kim et al., 2022)에서 추출하였다. 추출한 개방형 과제를 초등학교 수학 교육과정의 성취기준 및 학습 요소에 비추어 수정 및 보완함으로써, 5가지 주제 10차시 분량의 교수-학습 자료로 구체화하였다.

각 주제는 2~3개의 하위 활동으로 구성하였으며, 동기 유발에서 심화 활동에 이르는 전반적인 내용이 유기적으로 연결되도록 하였다. 주의 집중도가 낮은 중하위권 초등학생을 대상으로 하는 교수-학습 자료임을 고려하여, 보드게임이나 교구를 통해 개방형 과제에 접근할 수 있도록 하였으며 놀이 및 토론 활동을 중심으로 구체적인 수업 단계를 설계하였다.

본 연구에서 학생들의 수업 참여 양상을 분석하는 데 활용할 교수-학습 자료의 내용은 Table 1의 3개 과제이다. 해당 과제는 초등학교 수학 교육과정의 기초가 되는 수와 연산 및 도형 영역과 관련되어 중하위권에 속하는 연구 대상의 수학 학습에 직접적으로 기여할 수 있다. Table 1의 과제를 통해 초등학교 5학년 수와 연산 영역의 주요 학습 요소인 자연수의 혼합 계산(주제 1), 약수와 배수(주제 3)를 탐구할 수 있으며, 초등학교 4학년 도형 영역에서 다룬 도형의 기초, 여러 가지 삼각형 및 사각형, 다각형(주제 2)의 학습 요소를 회고적으로 음미하여 연구 대상의 학습 결손을 보완할 수 있다. 또한 해당 과제는 보드게임(주제 1), 모둠별 놀이(주제 2), 칠교판 및 정사각형 조각의 구체물(주제 3) 등을 통해 구현이 가능하여 연구 대상이 탐구 활동을 진행하는 데 용이하다.

Table 1. Teaching-learning materials using open-ended tasks

Subject	Task type	Activities
Subject 1. Muggins Board Game	*An insufficient conditioned task *An inverse task	[Activity1] Fill in many blanks on the game board as possible by applying the four fundamental arithmetic operations to the numbers gotten by throwing two octahedral dice and one tetrahedral die. Write down the equation which you set up by applying the operations as well. [Activity2] Make new board games by changing the rules in different ways.
Subject 2. Classifying shapes	*A classification task	[Activity1] Draw as many shapes as possible that have something in common with a given triangle, and then classify the drawn shapes according to various criteria (group activity). [Activity2] Classify the following shapes by setting various criteria (individual activity).
Subject 3. Constructing shapes	*A constructive activity task	[Activity1] Construct various quadrilaterals using tangram. [Activity2] Construct various rectangles using both 16 squares with 1cm and 12 squares with 2cm on a side respectively. After then, find the width and height of every rectangle.



연구 대상

본 연구는 광역시 소재 농촌 소규모 초등학교 5학년 전체 학생 9명을 대상으로 한다. 연구 대상은 수학 사교육이나 개방형 과제를 활용하는 수업에 참여한 경험이 전혀 없으며, 5명은 다문화 가정 학생이고 4명은 수학 학습부진 학생이다. 연구 대상은 문해력과 연산 능력이 5학년 수준에 미치지 못하며, 해당 학년보다 낮은 수준의 연산 교재를 부교재로 사용하여 교사의 설명이 주가 되는 수학 수업을 받고 있다. 본 연구의 개방형 과제를 활용하는 수학 수업을 위한 모둠은 연구 대상의 학업 성취도 및 교우 관계, 학습 참여도, 성별 등을 고려하여 이질집단으로 편성하였으며, 3명씩 3개 모둠으로 구성하였다.

자료 수집 및 분석

개방형 과제를 활용하는 수업을 위해 본 연구에서 개발한 교수-학습 자료를 바탕으로 연구자 중 한 명이 실제 교사로서 수업을 진행하였으며, 수업 및 모둠 활동 과정을 모두 녹화하였다. 교사는 수업을 진행하면서 학생들의 감정 및 상호 교감 상태, 의사소통 양상 등을 관찰 일지에 수시로 기록하였고, 학생들에게는 자신이 수행한 활동을 가능한 한 활동지에 모두 쓰게 하여 해당 학생의 수업 참여 과정이 간접적으로 드러나도록 하였다.

본 연구는 수업 및 모둠 활동을 녹화한 영상 자료, 영상 자료에 대한 전사 자료, 교사가 작성한 관찰 일지, 학생들이 작성한 개별 활동지와 모둠 활동지를 분석 자료로 삼아 개방형 과제를 활용하는 수업에서 학생들의 참여 양상을 기술하고자 한다. 본 연구가 분석을 위해 영상 및 전사 자료, 교사의 관찰 일지, 학생의 활동지 등의 다양한 자료를 활용하는 것은 관찰과 측정을 다원화함으로써 분석 결과의 타당성을 높이기 위함이다(Kim, 2013).

이상과 같이 수집한 자료를 바탕으로 개방형 과제를 활용한 수업에서 학생들의 참여 양상을 기술하기 위한 분석 틀을 관련 연구에 비추어 Table 2와 같이 구체화하였다. 우선 여러 선행 연구(Finn & Zimmer, 2012; Fredricks et al., 2004; Fredricks et al., 2016; Rimm-Kaufman et al., 2015; Skinner et al., 2009)에 따라 학생의 수업 참여 유형을 행동적 참여, 정서적 참여, 인지적 참여, 사회적 참여의 4가지로 구분한 다음, 각 참여 유형의 특징은 Fredricks 외 (2016), Reeve (2013), Skilling 외 (2016)에서 추출하여 수정·보완하였으며 일부는 본 연구에서 추가하였다.

Table 2. Framework descriptors for analyzing the students' engagement

Type of engagement	Characteristics	Related previous research
Behavioral engagement	B1 Listening to the teacher or friends in class.	Revised from Fredricks et al. (2016)
	B2 Trying to complete a given task on time.	Fredricks et al. (2016)
	B3 Voluntarily answering teacher's question.	Skilling et al. (2016)
	B4 Asking a question to the teacher or friends.	Fredricks et al. (2016)
	B5 Enduring difficulties and completing a task.	Fredricks et al. (2016)
Emotional engagement	E1 Saying it's fun in class.	Revised from Fredricks et al. (2016) and Reeve (2013)
	E2 Smiling.	Revised from Reeve(2013)
	E3 Being confident in expressing the feelings.	Skilling et al. (2016)
	E4 Getting excited when improving or experiencing success.	Skilling et al. (2016)
	E5 Admiring friends' actions and ideas.	
	E6 Showing pleasure by clapping or standing up.	Revised from Fredricks et al. (2016)
	E7 Enjoying learning new things.	Revised from Fredricks et al. (2016)
Cognitive engagement	C1 Explaining thoughts with examples.	Revised from Reeve(2013)
	C2 Using prior knowledge to solve challenges.	Revised from Fredricks et al. (2016)
	C3 Trying to solve challenges in my own method.	Skilling et al. (2016)
	C4 Trying to solve challenges in different ways of thinking.	Fredricks et al. (2016)
	C5 Asking questions about related contents after class is over.	Revised from Fredricks et al. (2016)
Social engagement	S1 Listening to friends' thoughts and trying to understand their ideas.	Revised from Fredricks et al. (2016)
	S2 Asking friends for help.	Revised from Fredricks et al. (2016)
	S3 Helping friends.	Revised from Fredricks et al. (2016)
	S4 Telling friends about my ideas.	
	S5 Asking for friends' opinion to create collaborative ideas.	
	S6 Suggesting to friends.	Skilling et al. (2016)
	S7 Faithfully fulfilling the role in the group activities.	Skilling et al. (2016)

Fredricks 외 (2016)에 따르면 행동적 참여에는 ‘주어진 과제를 정해진 시간에 끝내려고 노력하기(B2)’, ‘궁금한 것을 교사와 친구에게 질문하기(B4)’, ‘어려움을 참고 과제를 끝까지 수행하기(B5)’, ‘집중하기’가 있다. 여기서 ‘집중하기’는 ‘수업 시간에 교사 또는 친구를 바라보며 듣기(B1)’로 수정하여, 수업 중에 교사가 관찰하기 용이한 행동 특징으로 정교화하였다. 정서적 참여에 대해 Fredricks 외 (2016)가 제시한 ‘수업에 대해 기대하기’, ‘새로운 과제 즐기기’, ‘수업 시간에 좋은 기분을 갖기’ 등은 ‘수업 시간에 재미있다고 말하기(E1)’, ‘박수를 치거나 자리에서 일어나는 등의 즐거움을 드러내기(E6)’, ‘새로운 과제 및 학습 내용에 긍정적으로 반응하기(E7)와 같이 관찰 가능한 용어를 사용하여 수정하였다. 인지적 참여와 관련해서는 본 연구에서 실행하는 수업이 개방형 과제를 활용하는 수업임을 감안하여, ‘과제를 다양한 방식으로 해결하려고 노력하기(C4)’를 분석 틀에 추가하였으며, ‘배운 것과 이전에 배운 것을 연결하기’는 ‘과제 해결에 사전 지식 이용하기(C2)’, ‘수업이 끝난 뒤에도 관련 내용에 대해 질문하기(C5)’로 구분하여 정교화하였다. 사회적 참여의 특징에서 ‘다른 사람의 아이디어를 기반으로 학습하기’, ‘다른 사람의 생각을 이해하려고 노력하기’는 ‘친구의 생각을 듣고 이해하려고 노력하기(S1)’로 통합하였으며, ‘나를 도울 만한 친구와 협력하기’, ‘어려움을 겪는 친구를 돕기’는 ‘친구에게 도움을 구하기(S2)’, ‘친구에게 도움을 주기(S3)’로 간략화하였다. 또한 모둠에서 학생들이 주로 수행하는 활동과 관련되는 설명으로 ‘자신의 아이디어를 친구에게 말하기(S4)’, ‘친구의 의견을 물어 공동 아이디어 만들기(S5)’를 사회적 참여에 추가하였다.

Reeve (2013)는 수업에서 학생의 정서적 참여는 과제를 수행하는 동안 학생이 흥미를 느끼는지, 불안감과 같은 부정적인 감정을 느끼는지 여부로 살펴볼 수 있다고 하면서, 정서적 참여 양상으로 ‘흥미나 재미를 느낀다’, ‘즐긴다’, ‘기분이 좋다’ 등을 예로 들었다. 본 연구는 이를 ‘수업 시간에 재미있다고 말하기(E1)’, ‘미소 짓기(E2)’로 수정하여 교사가 해당 특징을 관찰하는 데 용이하도록 하였다. 또한 중·고등학생들에 비해 상대적으로 자신의 감정을 잘 드러내는 초등학생들의 특징(Kim & Na, 2009)과 다양한 접근이 가능한 개방형 과제라는 수업 상황을 반영하여 ‘친구의 행동 및 아이디어에 감탄하기(E5)’를 정서적 참여의 특징으로 추가하였다. 또한

학생의 인지적 참여는 과제 해결에 사용되는 전략의 구체성 정도로 판단할 수 있으므로(Reeve, 2013), ‘개념 이해를 돕기 위해 나만의 예시 만들기’는 개방형 과제를 다루는 수업 상황임을 고려하여 ‘자신의 생각을 표현할 때 예를 들어 설명하기(C1)’로 수정하였다.

Skilling 외 (2016)는 학생의 수업 참여를 ‘전혀 참여하지 않음’, ‘가변적으로 참여함’, ‘실질적으로 참여함’로 구분하여 그 특징을 설명하였다. 본 연구는 ‘실질적으로 참여함’과 관련되는 특징에 비추어 ‘교사의 발문에 자발적으로 답하기(B3)’는 행동적 참여에, ‘친구에게 제안하기(S6)’와 ‘모둠 활동에서 자신의 역할을 성실히 수행하기(S7)’는 사회적 참여에 추가하였다. 정서적 참여에는 ‘자신의 감정을 적극적으로 표현하기(E3)’, ‘더 나아지거나 성공을 경험할 때 흥분하기(E4)’를 포함하였으며, 자신만의 다양한 접근이 가능한 개방형 과제의 특징을 반영하여 인지적 참여에는 ‘자신만의 방법으로 과제를 해결하려고 노력하기(C3)’를 추가하였다.

연구 결과

본 연구는 개방형 과제를 활용하는 교수-학습 자료를 개발하고 이를 적용한 수업을 실행하여 학생들의 참여 양상을 분석함으로써 그 시사점을 기술하는 데 목표를 두었다. 연구 대상이 수업에서 보인 참여 양상을 Table 2의 참여 유형별 특징에 따라 범주화하여 그 빈도수를 정리하면 Table 3과 같다.

Table 3. Frequency of type of engagement the students showed

Type of engagement	Characteristics	Frequency
Behavioral engagement	B1 Listening to the teacher or friends in class.	152
	B2 Trying to complete a given task on time.	15
	B3 Voluntarily answering teacher's question.	182
	B4 Asking a question to the teacher or friends.	54
	B5 Enduring difficulties and completing a task.	60
Emotional engagement	E1 Saying it's fun in class.	28
	E2 Smiling.	15
	E3 Being confident in expressing the feelings.	94
	E4 Getting excited when improving or experiencing success.	36
	E5 Admiring friends' actions and ideas.	56
	E6 Showing pleasure by clapping or standing up.	63
	E7 Enjoying learning new things.	126
Cognitive engagement	C1 Explaining thoughts with examples.	21
	C2 Using prior knowledge to solve challenges.	36
	C3 Trying to solve challenges in my own method.	17
	C4 Trying to solve challenges in different ways of thinking.	23
	C5 Asking questions about related contents after class is over.	0
Social engagement	S1 Listening to friends' thoughts and trying to understand their ideas.	83
	S2 Asking friends for help.	36
	S3 Helping friends.	142
	S4 Telling friends about my ideas.	78
	S5 Asking for friends' opinion to create collaborative ideas.	43
	S6 Suggesting to friends.	35
	S7 Faithfully fulfilling the role in the group activities.	99

이하에서는 지면의 제한을 감안하여 연구 대상의 수업 참여 양상 중 Table 3에서 굵은 글씨로 표시된 특징적인 측면을 행동적 참여, 정서적 참여, 인지적 참여, 사회적 참여로 구분하여 살펴본 다음, 이러한 참여 양상과 관련된 시사점을 교사, 학생, 학습 내용 및 과제의 측면에서 논의한다.

행동적 참여

개방형 과제를 활용한 수업에서 학생들의 행동적 참여는 교사의 발문에 대한 학생들의 자발적인 반응, 어려움을 참고 과제를 끝까지 수행하는 것과 같이 과제 해결에 몰입하는 정도 등에서 주로 드러났다.

교사의 발문에 자발적으로 답하기

개방형 과제를 활용한 수업에서 학생들은 전체 학생을 대상으로 한 교사의 발문에 적극적으로 손을 들거나 자발적으로 자신의 생각을 발표하는 모습을 보였다(B3). 이는 낮은 학업 성취도로 수학 수업에 흥미가 없으며, 교수-학습 활동에 소극적으로 임했던 연구 대상의 평소 모습과 상당한 대조를 이룬다. 특히 연구 대상은 평소 수학 수업에서 가장 어려워하고 흥미도 낮았던 도형 영역을 다루는 수업에서도 교사의 발문에 망설임 없이 답하면서 적극적으로 참여하였다.

도형 분류하기(주제 2) 수업에서 학생들은 주어진 직각삼각형과 공통점이 있는 도형을 가능한 한 많이 그린 다음, 그린 도형 사이에 또 다른 공통점을 찾는 [활동 1]을 하였다. 이때 교사는 [발췌문 1]과 같이 학생을 지목하지 않은 채 주어진 삼각형에 어떤 특징이 있는지 발문하였으며, 학생들은 자신이 아는 바를 자발적으로 답하는 모습을 보였다.

[발췌문 1] 행동적 참여:교사의 발문에 자발적으로 답하는 상황

2-435 교사	주어진 삼각형은 어떤 특징이 있을까요?
2-436 학생5	직각?(B3)
2-437 교사	또 다른 어떤 특징이 있을까요?
2-439 학생들 전체	예각이 있다?(B3)
2-440 교사	예각은 어떤 각을 말할까요?
2-441 학생1	90도보다 작은 각을 예각이라고 합니다.(B3)
2-444 교사	... 또 어떤 특징이 있는 것 같아요?
2-445 학생1	(변의 길이나 각을 손으로 어림하며) 꼭짓점이 세 개 있고, 두 변의 길이는 같아요.(B3)

[발췌문 1]에서 학생5는 교사의 발문에 가장 먼저 자발적으로 답하였다(2-436). 평소 학생5는 수학 시간에 발표를 전혀 하지 않으며 오히려 교사가 자신을 지명할까 봐 두려워하는 학생이다. 이러한 학생5가 [발췌문 1]과 같이 교사의 발문에 가장 먼저 반응을 보이자 다른 학생들도 연이어 자신의 생각을 망설임 없이 제안하였다. 일반적으로 중하위권 학생들은 학급 전체를 대상으로 한 발문에 자신의 생각을 나서서 말하기를 꺼리며 주로 예/아니오 형태의 답만을 하는 경향이 많으나(Cho & Shin, 2010), 본 수업에서 학생들은 [발췌문 1]에서 보듯 1~2개의 문장으로 자신의 생각을 적극적으로 표현하였다(2-441, 2-445). Kang 외 (2014)는 학업 성취도가 낮은 학생들은 주의력이 결핍되어 교사의 발문에 집중하지 못하므로 수업 활동에 참여하는 데 소극적인 경향이 있다고 하였으나, 본 연구 대상은 교사의 발문을 경청하고 이에 자발적으로 답하면서 적극적으로 반응하는 행동적 참여 양상을 보였다.

어려움을 참고 과제를 끝까지 수행하기

본 연구의 개방형 과제를 활용하는 수업은 한 주제를 2차시에 걸쳐 다루는 탐구 활동으로 진행되었으며, 수업 시간이 중·고등학생에 비해 상대적으로 짧은 초등학생들에게는 과제에 대한 몰입을 유지하는 데 다소간의 어려움이 예상되었다. 그러나 연구 대상은 80분 동안 과제가 잘 해결되지 않거나 하나의 과제를 다루는 시간이 길어져도 이를 끝까지 수행하여 결과를 산출하거나, 과제 해결을 포기하고 싶을 정도로 힘든 상황에서도 참고 계속해 보자는 발언을 하였다(B5).

도형 만들기(주제 3) 수업의 [활동 2]에서 학생들은 한 변의 길이가 1 cm인 정사각형 16개와 한 변의 길이가 2 cm인 정사각형 12개를 이용하여 다양한 직사각형을 만들고 이를 그림으로 표현하는 과제를 수행하였다. 이때 학생2는 [발췌문 2]에서 보듯이 여러 직사각형을 만드는 데 다소 시간이 걸려도 이를 끝까지 해결하여 성과를 내었다.

[발췌문 2] 행동적 참여: 어려움을 참고 과제를 끝까지 수행하려는 상황

3-249 교사	우리 1모둠과 2모둠이 최선을 다하고 있는데, 이제 마무리를 해야 할 것 같아요.
3-250 학생2	(자리를 옮겨 5분 정도 과제 해결을 시도하다가) 아! 됐다!(B5)
3-569 학생5	이거 직사각형 맞니? 아, 어렵다... 그래도 16개를 전부 사용하긴 했는데...(B5)
3-570 학생4	(한참을 고민하다가) 이거 어떻게 하라는 거야...
3-571 학생5	아이고, 어렵다... (머리를 긁적이며) 그래도 우리 계속해서 한 번 더 해보자.(B5)

[발췌문 2]에서 학생2는 구체물인 정사각형 조각이 있는 곳으로 자리를 옮기면서까지 과제 해결에 몰두하였으며, 자신이 만든 결과를 그림으로 표현하기 위해 홀로 다양한 시도를 하였다. 학생2는 수업을 끝내려는 교사의 마무리 발언(3-249)에도 아랑곳하지 않고 5분 동안 과제에 집중하였다(3-250). 학생4와 학생5도 겉으로는 ‘어떻게 하라는 거야’, ‘어렵다’와 같이 말하였지만(3-570, 3-571), 주어진 정사각형 조각을 활용하여 다양한 방법으로 직사각형을 만들려는 노력을 계속하였다(3-571). 일반적으로 저성취하는 수학에 대한 실패 경험이 많고 부정적 인식이 강하여 과제를 쉽게 포기하는 경향이 있으나(Jo, 2020), 본 연구 대상은 어려움을 참고 시간이 좀 걸려도 과제를 끝까지 수행하는 행동적 참여(B5) 양상을 보였다.

정서적 참여

개방형 과제를 활용하여 수업을 진행하는 동안 학생들의 정서적 참여는 새로운 과제 및 학습 내용에 대해 표현하는 즐거움과 긍정적 반응, 수업 내용과 관련하여 학생들이 드러내는 적극적인 감정을 통해 그 특징을 살펴볼 수 있었다.

새로운 과제 및 학습 내용에 즐거움을 드러내며 긍정적으로 반응하기

학생들은 새로운 유형의 개방형 과제 및 학습 내용에 흥미를 보이며 긍정적으로 반응하였고(E7), 조작 활동이 가능한 보드게임이나 교구를 접했을 때 뿐 아니라 주어진 과제를 다양한 방법으로 해결한 경우처럼 의미 있는 수학적 탐구 활동을 수행했을 때도 박수를 치거나 자리에서 일어나는 등으로 즐거움을 표현하였다(E6).

머긴스 보드게임(주제 1) 수업에서 학생들은 본격적으로 과제를 다루기에 앞서 보드판을 자유롭게 만져보고 탐색하는 시간을 가졌다. 이때 학생들은 [발췌문 3]에서 보듯이 교사가 설명을 시작하기도 전에 보드판과 주사위, 구슬 등의 구체물에 흥미를 나타냈으며, 게임 방법을 나름대로 추측해 보는 등의 적극적이고 긍정적인 반응을 보였다. 또한 도형 분류하기(주제 2) 수업에서는 주어진 직각삼각형과 공통점이 있는 도형을 그리는 [활동 1]을 수행하면서 자기 모듬이 다른 모듬에 비해 많은 도형을 찾아내자 박수를 치며 환호성을 지르기도 하였다(E6).

[발췌문 3] 정서적 참여: 과제에 흥미를 보이거나 즐거움을 드러내는 상황

1-505 학생4	일단 수학 공부 시간이니까, 수학과 관련된 게임이 아닐까?(E7)
1-506 학생6	더하기 빼기 곱하기라면 ...
1-507 학생4	그런 거 나올 것 같아. (궁금해하는 표정으로) 재밌겠다.(E7)
1-508 학생5	(정십면체 주사위를 만지며) 주사위에 10도 있어. 난 이런 주사위 처음 봐.(E7)
1-509 학생6	(보드판을 만지며) 나도 이런 게임판 처음 봤어.(E7)
1-510 학생4	구멍에 구슬을 넣어서 하는 것 같은데?
1-511 학생6	어떻게?(E7)
	...
2-497 교사	이제 여러분이 찾은 도형에 번호를 매겨볼까요?
2-498 학생1, 2, 3	(다른 모듬보다 도형을 많이 찾았음을 알게 된 순간, 엉덩이를 들썩이며 좋아함)(E6)
2-499 교사	(학생1, 2, 3에게) 모두 몇 개를 찾았나요?
2-500 학생1, 2, 3	(힘찬 목소리로) 14개입니다.
2-501 교사	14개요? 네. 다른 두 모듬은 모두 8개를 찾았군요.
2-502 학생1, 2, 3	(환호성과 함께 박수를 치며) 와! 우리 모듬 대단해.(E6)

[발췌문 3]에서 학생4는 수학 시간에 새로운 게임을 한다는 사실에 상당한 흥미를 보였으며(1-505), 교사가 과제에 대해 안내하기도 전에 자신이 느낀 바를 말하였다(1-507). 학생5와 학생6도 처음 보는 주사위와 게임판에 강한 호기심을 드러내었다(1-508, 1-509). 특히 학생6은 평소 수학 시간에 진행되는 활동이나 과제에 전혀 관심이 없고 수업을 힘들어만 하던 학생이었지만, [발췌문 3]에서는 게임과 관련되어 보이는 수학 내용을 더하기, 곱하기 등을 예로 들어 언급하였으며(1-506), 게임을 어떻게 할 것 인지와 같이 자신이 궁금한 것을 친구에게 주도적으로 질문하기도 하였다(1-511). 이는 학생6이 학습 내용이나 과제에 대해 느낀 호기심, 흥미와 같은 긍정적 정서(E7)가, 궁금한 것을 교사나 동료에게 질문하는 행동적 참여(B4) 및 자신의 생각에 대해 예를 들어 설명하는 인지적 참여(C1)로 이어짐을 보여준다. 위 결과는 정서적 참여와 행동적 참여 및 인지적 참여의 관계를 살핀 Fredricks 외 (2016)의 연구와 같은 맥락에서, 특히 과제가 촉발한 정서적 참여가 행동적 참여, 인지적 참여로 확장되는 과정에 대해 구체적인 시사를 준다.

또한 [발췌문 3]에서 학생1, 2, 3은 자기 모둠이 다른 모둠에 비해 많은 도형을 찾아 과제 해결에 수학적으로 의미 있는 성과를 내었음을 알게 되자 엉덩이를 들썩이며 좋아하였고(2-498), 환호성을 지르고 박수를 치며 즐거워하였다(2-502). 학생들이 과제 해결에서 느낀 정서적 희열을 이처럼 극적으로 드러낸 것은 학생들이 과제를 해결하려고 시도하는 국면부터 과제에 대해 의미 있는 지적 책임감을 느꼈으며, 이러한 지적 책임감은 모둠 활동으로 공동 사고를 추구하는 사회적 참여(S5)를 통해 개방형 과제를 다양하게 해결하려는 인지적인 시도(C4)를 함으로써 경험한 공동체 의식과 관련된다 고도 볼 수 있다. Brousseau (2002)는 교수학적 상황의 최종 목표는 비교수학적 상황으로의 이행이며, 비교수학적 상황에서 지식에 대한 책임은 교사가 아닌 학생에게 양도된다고 설명한 바 있다. [발췌문 3]의 학생1, 2, 3이 보인 정서적 참여에 따르면 학생들에게 해당 수업은 비교수학적 상황으로 작용한 것으로 보이며, 이상과 같은 사례는 수학 교수-학습 방법의 개선을 다각적으로 모색하는 여러 연구에 의미 있는 시사를 준다.

자신의 감정을 적극적으로 표현하기

개방형 과제를 활용하는 수업에서 연구 대상은 과제 및 활동과 관련하여 자신이 느끼는 감정을 적극적으로 표현하였다(E3). 학생들은 주어진 과제를 해결했을 때 느끼는 성취감이나 교사의 발문에 답하였을 때의 기쁨과 같이 긍정적인 감정뿐만 아니라, 과제 해결에 대한 부담감이나 두려움처럼 수학 학습과 관련된 부정적인 감정, 자신이 해결하지 못한 과제에 대해 느끼는 아쉬운 감정도 말로 표현하였다.

머킨스 보드게임(주제 1) 수업에서 학생들은 보드게임 규칙을 새롭게 만들어 보는 [활동 2]를 마무리하면서 [발췌문 4]처럼 승부를 잘 겨뤘다는 이야기를 나누었으며 어렵기는 했지만 계속 더 해보고 싶다는 긍정적인 감정을 표현하였다. 또한 도형 만들기(주제 3) 수업의 [활동 1]에서 학생들은 칠교판을 이용하여 다양한 사각형을 만드는 과제를 수행하던 중 평행사변형의 뜻에 대해 교사와 논의할 때, [발췌문 4]와 같이 자신이 느끼는 부담감을 자연스럽게 드러내었다.

[발췌문 4] 정서적 참여: 자신의 감정을 적극적으로 표현하는 상황

1-497 학생4	(학생5, 6에게 악수를 청하며) 좋은 승부였어. 너도 좋은 승부를 보여줘서 고마워.(E3)
1-498 교사	이제 활동 2를 정리해 봅시다 ...
1-499 학생6	근데 이거요. 좀 어렵고 피곤했지만, 또 하고 싶어요.(E3)
	...
3-656 교사	... 평행사변형에서 평행은 무슨 뜻이에요?
3-657 학생4, 학생5	두 변이 만나지 않는 것.
3-658 교사	그렇죠. 한없이 늘어도 두 직선이 만나지 않는 것을 평행이라고 합니다. 그러니까 평행사변형은 평행인 변이 두 쌍인 도형인 거죠. 우리 한번 만들어 볼까요?
3-659 학생4	나 평행사변형 진짜 모르는데(E3) 칠교판으로 평행사변형을 어떻게 만들지?

[발췌문 4]에서 학생4는 보드게임의 규칙을 새롭게 만들어 본 경험에 대해 자신이 느낀 성취감을 좋은 승부였다는 말로 표현하며 친구들에게 고마운 감정을 표하는 악수를 청하였다(1-497). 평소 수학 수업에서 자신의 감정을 드러내는 일이 거의 없이 가장 소극적으로 참여하던 학생6도 과제가 좀 어렵기는 했지만, 또 해보고 싶다는 긍정적인 감정을 의욕적으로 표현하였다(1-499). 또한 학생4는 평행사변형에서 평행이 의미하는 바에 대해 교사의 지명 없이도 자발적으로 답하는 적극적인 모습을 보이다가(3-657), 칠교판으로 실제 평행사변형을 만들어야 하는 과제가 부여되자 자신도 모르게 과제 해결에 대한 부담감을 말로 언급하였다(3-659). Taylor와 Statler (2013)에 따르면 학생이 수업 시간에 자신이 느끼는 감정을 적극적으로 표현한다는 것은 학습 활동을 타인이 아닌 자신의 문제로 인식하고 있음을 의미하며 이는 학습 동기와 성취에 직접적인 영향을 끼친다. [발췌문 4]처럼 연구 대상이 수업에서 느낀 감정을 적극적으로 표현하는 것은 수업에서 진행되는 활동에 학생 스스로가 주체적으로 참여하고 있으며 친구 및 교사와 정서적 교감을 통해 수학 학습을 의미 있게 지속하고 있음을 보여준다.

한편 도형 분류하기(주제 2) 수업의 [활동 1]에서 학생3은 [발췌문 5]에서 모두가 학생1에게 자신의 아이디어를 제안하는 사회적 참여(S6)의 모습을 보인 다음 스스로는 과제를 다양한 방식으로 해결하려는 인지적 노력(C4)을 주체적으로 기울였으나, 별 성과를 얻지 못한 상태에서 학생1이 해결한 결과를 보고 자신이 느낀 아쉬운 감정을 표현하였다(E3).

[발췌문 5] 정서적 참여:주체적인 사회적, 정서적 참여 후 자신의 감정을 드러내는 상황

2-490 학생3	(학생1에게) 이거 아까 삼각형의 변을 이용해서 그랬잖아. 이번에는 각을 이용해서 그려보면 어때?
2-492 학생3	(학생1이 도형을 찾는 사이에 다른 도형을 찾으려고 노력하다가 학생1이 그린 도형을 보고) 아!! 저런 모양이... 반대로 해도 되는구나. 나도 저렇게 할걸...(E3)

[발췌문 5]에서 학생3은 학생1에게 도형을 그리는 방법을 제안하는 한편(2-490), 계속해서 다른 도형을 찾기 위해 주도적으로 노력하던 중, 학생1이 그린 도형을 보고 자신이 미처 생각하지 못한 방법으로 과제를 해결한 학생1에 대해 부러운 감정과 아쉬움을 드러내었다(2-492). 이는 학생의 주체적인 사회적, 인지적 참여가 정서적 참여로 이어지는 구체적인 맥락을 보여주며, 수업 참여 유형 4가지 사이의 상호 작용에 관해 본격적인 연구의 필요성을 주장한 Fredricks 외 (2016)의 제언에 의미 있는 시사점을 준다.

한편 학생3은 연구 대상 중 학업 성취도가 가장 높은 학생으로 평소 수학을 잘한다는 자신감을 느끼고 있어 다른 친구들에게 늘 도움을 주던 학생이다. [발췌문 5]는 학생3이 학생1을 돕고 그 도움을 통해 학생1이 해결한 결과로부터 다시 학생3 자신이 배우게 되는 상호 작용 과정을 보여주며, 이는 타인의 수학 학습을 도움으로써 자신의 수학 학습을 성장시키는 구체적인 사례로서 초등학생들의 의사소통 역량을 함양하는 교수-학습 방법(Ministry of Education, 2022)을 구체화하는 데 기여할 수 있다.

인지적 참여

개방형 과제를 활용하는 수업에서 학생들의 인지적 참여 양상은 자신의 생각을 표현할 때 예를 들어 설명하기, 과제 해결에 사전 지식 이용하기, 과제를 다양한 방식으로 해결하려고 노력하기의 형태로 나타났다.

자신의 생각을 표현할 때 예를 들어 설명하기

연구 대상은 개방형 과제를 해결하는 과정에서 자신이 생각한 바를 효과적으로 설명하기 위해 생활 주변에서 흔히 볼 수 있는 예를 이용하였다(C1). 이는 본 연구의 개방형 과제를 활용하는 수업에서 자주 등장한 참여 양상으로, 학생들은 머킨스 보드게임(주제 1) 수업의 [활동 2]와 도형 분류하기(주제 2) 수업의 [활동 2]처럼 답이 하나로 정해지지 않아 누구든지 창의적으로 아이디어를 제시하는 것이 가능한 경우에 더욱 활발하게 자신의 생각을 표현하였다.

도형 분류하기(주제 2) 수업의 [활동 2]에서 학생들은 주어진 도형을 다양한 기준으로 분류할 때 평소 일상생활에서 자주 접하는 예를 들어 자신이 정한 기준을 설명하였다. Figure 1과 같이 학생3은 ‘도형 ①, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑧’을 “컴퓨터 파워포인트 프로그램에 있는 도형”으로 분류하였으며, 학생4는 ‘도형 ④, ⑤’을 “밤에 보이는 도형”으로 분류하였다. 학생3과 학생4는 자신들의 도형 분류 기준을 생활 주변의 예에서 가져왔으며, 이에 대해 다른 학생들은 “아하! 정말 기발하다!”와 같이 친구의 아이디어에 감탄하는 정서적 참여(E5) 모습을 보이기도 하였다.

도형의 특징	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
각이 90도이다.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
정사각형과 직사각형의 변의 길이가 같다	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
모든 변의 길이가 같다	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

도형의 특징	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
직사각형이다	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
변의 길이가 같다	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
모든 변의 길이가 같다	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
모든 변의 길이가 같고 각이 90도이다	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figure 1. Examples of the criteria established by student 3 (top) and student 4 (bottom)

Jo (2020)에 따르면 학업 성취도가 낮은 학생들은 과제를 해결하는 과정에서 자신의 의견을 근거를 들어 설명하는 데 어려움을 겪으며, 과제 해결에 사용하는 전략도 수업에서 방금 학습한 것을 고수하는 경향이 있다. 그러나 이상과 같은 연구 대상의 인지적 참여는 저성취아의 일반적인 과제 해결 양상과 상당한 대조를 이루며, 과제에 대한 학생의 반응은 학생의 수학적 역량뿐 아니라 과제 자체의 특징과도 연관될 수 있음을 보여준다(Ko et al., 2016).

과제 해결에 사전 지식 이용하기

연구 대상은 도형 분류하기와 도형 만들기(주제 2, 3) 수업에서 도형의 이름이나 뜻, 도형의 특징과 관련된 사전 지식을 이용하여 과제를 해결하려는 모습을 보였다(C2). 효과적인 수학적 의사소통에 참여하기 위해서는 이미 학습한 수학 내용을 적절히 활용할 필요가 있으며(Fredricks et al., 2016), 본 연구에서도 학생들은 자신의 과제 해결 방법을 모둠 및 학급 전체에게 설명할 때나 다양한 답을 찾기 위해 서로의 아이디어를 공유할 때 자신의 사전 지식을 적극적으로 활용하는 모습을 보였다.

도형 만들기(주제 3) 수업의 [활동 1]에서 학생들은 칠교판 조각을 모두 사용하여 다양한 사각형을 만드는 과제를 수행하였다. 그런데 평소 수학 수업에 참여도가 낮은 학생2가 칠교판을 원래 주어진 모양 그대로 두어 정사각형 한 개를 만든 후에는 정사각형이 아닌 평행사변형과 직사각형을 만들어 보라는 교사의 제안에 전혀 반응을 보이지 않는 상황이 발생하였다. 이에 교사는 “정사각형은 직사각형인가?”라는 발문을 제시하였으며, [발췌문 7]에서 보듯이 학생들은 직사각형과 정사각형의 뜻에 대해 자신이 알고 있는 사전 지식을 이용하여 교사의 발문에 답하였다.

[발췌문 7] 인지적 참여: 과제 해결에 직사각형과 정사각형의 뜻에 대한 사전 지식을 이용하는 상황

3-762 교사	학생2가 만든 정사각형도 직사각형이 될 수 있나요?
3-763 학생4	네. 학생2가 맞아요! (다른 학생들도 학생2가 옳다고 손을 들)
3-764 교사	왜 학생2가 맞다고 생각하나요?
3-765 학생3	정사각형도 직각이 4개 있으니까요. (C2)
3-766 교사	그럼, 직각이 4개 있으면 직사각형이라고 하는 건가요?
3-767 학생4	네. 저는 직각이 4개인 사각형이 직사각형이라고 알고 있어서 학생2가 만든 정사각형도 직사각형이라고 생각합니다. (C2)
3-768 교사	... 그럼 직사각형과 정사각형은 어떤 차이점이 있을까요?
3-769 학생5	변의 길이가 다르죠. (C2)
3-770 교사	... 그럼, “직사각형은 정사각형이다”는 말은 맞을까요?
3-771 학생4	직사각형 중에는 변의 길이가 모두 같지 않은 것도 있으니까 정사각형이 될 수 없어요. (C2)
3-772 학생5	직사각형은 두 변의 길이만 같아도 되지만, 정사각형은 네 변의 길이가 모두 같아요. (C2)

[발췌문 7]에서 학생3과 학생4는 직각이 4개인 사각형이라는 직사각형의 뜻에 대한 사전 지식을 언급하면서, 정사각형은 직사각형이 된다는 포함 관계를 설명하였다(3-765, 3-767). 또한 학생5는 직접 그림을 그리거나 예를 사용하지 않고도 정사각형과 직사각형에 대해 자신이 지닌 사전 이미지를 토대로 직사각형과 정사각형의 차이를 변의 길이의 차이로 설명하였으며(3-769), 특히 학생4와 학생5는 ‘직사각형은 정사각형이다.’가 틀린 이유를 직사각형은 변의 길이가 모두 같을 필요가 없기 때문이라고 수학적으로 정확하게 제시하였다(3-771, 3-772).

[발췌문 7]처럼 직사각형과 정사각형의 포함 관계에 대해 진행된 수학적 논의는, Figure 2와 같이 학생들이 만든 평행사변형 모양에 의해 직사각형, 정사각형, 평행사변형 사이의 관계를 살피는 [발췌문 8]의 논의로 확장되었으며, 이 때도 역시 정사각형과 평행사변형의 뜻에 대한 학생들의 사전 지식이 활용되었다(C2).

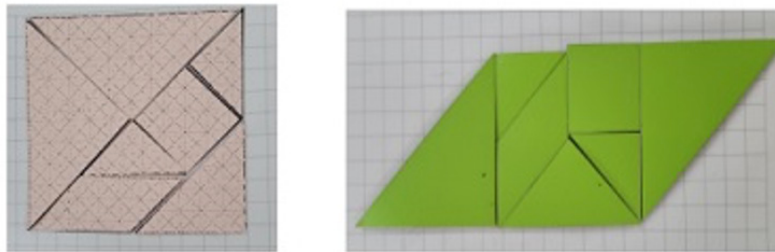


Figure 2. Parallelograms constructed by students

[발췌문 8]에서 학생7은 친구들이 만든 평행사변형 모양 중 정사각형이 평행사변형이 되는지를 묻는 교사의 발문에 대해(3-729), 정사각형은 평행사변형이 된다고 말하면서 그 이유를 평행사변형은 마주 보는 두 변이 평행한 사각형이라는 사전 지식에 기초하여 정사각형도 마주 보는 두 변이 평행하기 때문이라고 설명하였다(3-730). 평소 학생7은 수학 수업에서 교사의 지시만을 따르지 않는 아주 소극적인 모습을 보였으나, [발췌문 8]에서는 평행사변형의 뜻에 대해 자신이 이미 알고 있는 바를 적극적으로 사용하여 직사각형, 정사각형, 평행사변형 사이의 수학적 관계를 옳게 판단하고 그 이유도 논리적으로 제시하였다.

[발췌문 8] 인지적 참여: 사전 지식을 이용하여 사각형의 포함 관계에 대한 논의를 확장하는 상황

3-729 교사	(Figure 2의 정사각형을 가리키며) 이것도 평행사변형이 되나요? 정사각형도 직사각형도 평행사변형이 될 수 있는지 말해봅시다.
3-730 학생7	직사각형도, 정사각형도 마주 보는 두 변이 평행이니까(C2), 평행사변형이 됩니다.

Park (2014)에 따르면 ‘정사각형은 직사각형이다’와 같이 $p \rightarrow q$ 꼴의 함의 진술은 수학 명제의 논리를 설명하는 주요 내용으로, 초·중등학교에서 필수적으로 지도되지 않을 수 없다. 그러나 명제를 배운 고등학생조차도 $p \rightarrow q$ 의 의미를 적절히 이해하는 데 어려움을 보이며(Ha, 2008), 여러 연구(Seo, 1999; Inhelder & Piaget, 1958)는 ‘정사각형이면 직사각형이다’로 대표되는 함의를 초등학교에서부터 의미 있게 지도하는 방안을 다각도로 모색하였다. 그러나 본 연구에 참여한 연구 대상은 수학에 대한 학업 성취도가 중하위권인 초등학생임에도 불구하고 [발췌문 7]과 [발췌문 8]에서 보듯이 직사각형, 정사각형, 평행사변형 사이의 함의 관계를 적절하게 설명하였다. 구체물인 칠교판으로 다양한 종류의 사각형을 실제로 만들어 보고 모둠 활동을 통해 이들 사이의 관계를 살피는 데 학생 스스로 자신의 사전 지식을 활용하는 기회를 부여한 본 연구의 수업 전략이 사각형 사이의 관계에 대한 학생들의 바람직한 이해에 직·간접적으로 기여한 것으로 보이며, 이는 함의 관계를 지도하고자 하는 수업의 설계와 수행에 의미 있는 시사점을 준다.

과제를 다양한 방식으로 해결하려고 노력하기

본 연구에서 학생들은 해결 방법과 답이 여럿인 개방형 과제를 지속적으로 접함에 따라, 자연스럽게 과제를 가능한 한 다양한 방식으로 해결하려는 인지적 노력을 보였다(C4). 이 과정에서 연구 대상은 여러 시행착오를 거치다가, 혼자 과제를 해결할 때의 한계를 극복하기 위해 친구들과 공동 논의를 진행하기도 하였다.

도형 만들기(주제 3) 수업의 [활동 2]에서 학생들은 한 변의 길이가 각각 1cm, 2cm인 정사각형 조각 모두를 사용하여 직사각형을 만드는 과제를 수행하면서 가능한 한 다양한 직사각형을 만들려고 시도하였다. 이 과정에서 칠교판 조각으로 여러 사각형을 만들었던 [활동 1]처럼 작은 정사각형을 단순히 이리저리 옮겨 붙이는 방법으로는 직사각형을 다양하게 만들지 못하는 어려움에 처하게 되었다. 실제 [활동 2]를 해결하기 위해 학생들은 정사각형 조각 전체의 넓이가 64cm^2 이므로 만들고자 하는 직사각형의 넓이도 이와 같아야 함을 인식할 필요가 있었다. 그러나 연구 대상은 이를 간과한 채 오랫동안 [활동 1]에서 사용했던 시행착오 방법으로 과제 해결을 시도하였다. [발췌문 9]와 같이 학생7은 직사각형을 가능한 한 다양하게 만들어 보려고 노력하다가(C4) 성과가 없자, [활동 2]를 거의 포기하려고 하였다. 이때 학생9가 뭔가 계산을 좀 해보자고 제안함에 따라, 이미 만들어 놓은 직사각형의 넓이가 64cm^2 이며 정사각형을 모두 사용하여 다양한 직사각형을 만들기 위해서는 64의 약수가 고려되어야 함이 학생7에 의해 발견되었다.

[발췌문 9] 인지적 참여:과제를 다양한 방식으로 해결하려고 노력하는 상황

3-848 학생7	(정사각형 조각을 정리하며) 선생님, 더 이상 못 찾겠어요. 답이 더 있나요?(C4) 이 조각을 모두 사용하려니 너무 힘들어요.
3-849 교사	그래요? 그럼 다른 방법으로 풀 수는 없을까요?
3-850 학생9	<u>뭔가 계산을 좀 해보자.(C4)</u>
3-857 학생7	(학생9의 말을 듣고 종이에 수를 써서 이것저것 계산해 보다가) <u>와!! 약수에서 영감을 얻었어!(C4)</u> (만든 직사각형의 가로와 세로를 가리키며) 둘이 곱해서 64가 나오는 수 ...
3-860 교사	둘이 곱하면 64가 나오나요? 여기에 가로가 2이고 세로가 32인 직사각형이 있군요. 그런데 왜 1과 64는 없나요?
3-861 학생7	(한 변이 2 cm인 정사각형 조각을 들어 보이며) 이거 때문이에요. 이게 커서요. 1 cm 짜리를 한 줄로 계속 놓으면 가로는 1cm가 되고 세로를 64 cm로 만들어야 하는데 1 cm 조각을 64개 놓을 수 없고, 2 cm 조각도 놓아야 해요.
3-862 학생8	와!! 수학이 됐어. (학생7을 바라보며) 학생7이 이걸 생각해 냈다는 게 대단하다!
3-863 학생9	(한 변이 1 cm인 정사각형 조각을 들며) 우리 한 번 1 cm짜리로 끝까지 만들어 볼까?

[발췌문 9]에서 학생7은 직사각형을 다양하게 만들기 위해 정사각형을 여러 방법으로 놓아보는 활동을 계속하지만, 연이어 똑같은 모양의 직사각형만 만들어지자 과제를 다양하게 해결하는 것이 너무 힘들다는 말과 함께 활동을 그만두려고 하였다(3-848). 이에 학생9가 뭔가 계산을 좀 해보자고 제안을 하고(3-850), 학생9의 말에 아이디어를 얻은 학생7은 이미 만들어 놓은 직사각형의 가로와 세로를 곱하면 64가 되며, 다양한 직사각형을 만들기 위해서는 64의 약수를 생각해야 한다고 언급하였다(3-857). 평소 수학 수업에서 학생7은 과제에 대한 해결 방법을 스스로 찾아보려는 노력을 거의 하지 않으며, 자신의 수학 학습을 교사의 안내나 설명에만 의존하는 수동적인 학생이었다. 그러나 [발췌문 9]의 학생7은 교사가 권하지 않았음에도 직사각형을 다양하게 만들려고 시도하였으며, 이러한 노력에 힘입어 정사각형 조각 전체의 넓이인 64가 직사각형의 넓이이고 직사각형의 가로와 세로는 64의 약수가 되어야 한다는 수학적 전략을 발견하였다. 이로부터 학생7은 [활동 2]에 주어진 정사각형으로는 1×64 꼴의 직사각형이 만들어지지 않는 이유를 적절하게 설명하였다(3-861).

Lee (2012; Park & Jeon, 2003)는 학업 성취가 낮은 학생도 개방형 과제에 다양하게 접근하는 것이 가능하므로 수학에 흥미가 없는 학생들의 수업 참여를 유도하는 데 개방형 과제를 활용할 수 있다고 하였다. [발췌문 9]는 개방형 과제가 학생의 다양한 반응을 유도하여 수학 학습에 흥미를 줄 뿐만 아니라, 과제를 다양하게 해결하려는 노력을 학생 스스로 기울이는 인지적 참여(C4)를 촉진하며 이러한 인지적 참여는 수학적으로 의미 있는 과제 해결 전략을 발견하는 계기가 됨을 보여준다. 개방형 과제를 활용한 수업은 흥미 유발과 같은 학생들의 정서적 참여에 기여할 뿐 아니라, 과제를 다양하게 해결하고자 하는 인지적 참여를 촉발하며 이러한 인지적 참여를 통해 학업 성취도가 낮은 학생도 수학적으로 가치 있는 과제 해결 전략을 발견하는 경험을 제공한다. 더불어 학생8은 직사각형을 만드는 방법이 시행착오에서 64의 약수를 사용하는 것과 같이 더 수학적인 전략으로 나아지는 성공을 경험하자 기쁨과 흥분을 드러내는(3-862) 정서적 참여(E4)의 모습을 보였으며, 학생9도 자신들이 발견한 전략을 활용하여 과제를 끝까지 수행해 보려는(3-863) 행동적 참여(B5)의 모습을 보였다.

한편 [발췌문 9]의 논의를 통해 직사각형의 가로와 세로가 64의 약수가 되어야 함을 인식함으로써 학생들은 [활동 2]에서 주어진 한 변의 길이가 각각 1 cm, 2 cm인 정사각형 16개와 12개를 가지고 1×64 꼴을 제외한 2×32 , 4×16 , 8×8 꼴의 직사각형을 Figure 3과 같이 만들었다.

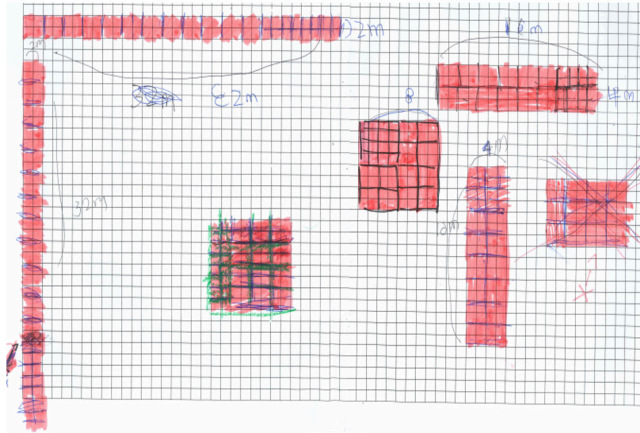


Figure 3. Rectangles constructed by students

Figure 3에서 학생들이 8×8 꼴의 직사각형에 정사각형 조각을 배치하는 방법을 2가지로 달리한 것을 볼 수 있으며, 이는 직사각형을 가능한 한 다양한 방법으로 만들고자 한 학생들의 인지적인 노력(C4)의 결과이다. 또한 Figure 3은 학생들이 8×8 꼴의 정사각형 역시 직사각형으로 인지하고 있음을 보여주며, 이는 [활동 1]에서 직사각형, 정사각형, 평행사변형 사이의 합의 관계에 대해 논의했던 경험이 [활동 2]을 탐구하는 상황으로 유의미하게 전이되었음을 시사한다. 일반적으로 수학 학업 성취도가 낮은 학생은 문제 해결에 다양한 방법을 사용하거나 정보를 오랫동안 파지하는 능력이 떨어진다는 연구 결과(Kang et al., 2014; Jo, 2020)가 있지만, 이상과 같이 본 연구 대상이 보여준 인지적 참여는 적절한 교수학적 설계와 중재를 통해 저성취학생도 수학 수업에서 의미 있는 수학적 활동을 수행할 수 있음을 시사한다.

사회적 참여

개방형 과제를 해결하는 수업에서 학생들의 사회적 참여는 주로 친구에게 도움을 구하거나 도움을 주기, 자신의 아이디어를 친구에게 말하거나 친구의 의견을 물어 공동 아이디어 만들기와 같은 형태로 드러났다.

친구에게 도움을 구하거나 도움을 주기

연구 대상은 개방형 과제를 다양하게 해결하기 위해서는 친구와의 협력적 관계가 중요하며 서로의 아이디어를 경청하고 조언을 나누는 것이 필요함(Ministry of Education, 2022)을 느껴 서로에게 도움을 구하거나 주는 사회적 참여(S2, S3) 활동을 적극적으로 수행하였다. 이는 학업 성취도의 차이나 과제 해결 정도의 수준과 무관하게 연구 대상 전체가 동등한 입장의 사회적 지위에서 도움을 주고받는 모습으로 드러났다.

머긴스 보드게임(주제 1) 수업의 [활동 1]에서 연구 대상은 주사위 3개를 던져 나온 눈의 수에 사칙연산을 적용하여 보드판의 빈 칸을 가능한 한 많이 채우는 사람이 이기는 게임을 하였다. 이때 학생들은 게임에서 이기기 위해 서로 경쟁하기보다는 [발췌문 10]과 같이 다른 학생에게 과제 해결 전략을 직접적으로 알려주거나 과제 해결을 포기하려는 친구를 격려하고 실마리를 주는 방식으로 친구를 도왔으며(S3), 격려를 받은 학생도 망설임 없이 도움을 청하는 모습을 보였다(S2).

[발췌문 10] 사회적 참여:친구와 도움을 주고받는 상황

1-237 학생4	(학생5에게) 3과 5를 곱한 15에 7을 더해.(S3) ... (학생6을 바라보며) 좀 도와줄까? 8 곱하기 4하면 32. 그러니까 32에서 5를 빼면 어떨까?(S3)
1-238 학생5	(학생4에게) 오, 좋은 생각이야. 곱하기와 더하기를 사용하는 방법이구나. 난 계속 더하기만 하려고 했는데...
1-239 학생6	(학생4의 말을 생각하면서) 32에서 5를 빼라고? 그러면 27인가? 고마워. 한 곳에 더 놓을 수 있게 되었네. ...
1-137 학생2	(혼잣말로) 3, 4, 5, 이것을 가지고 어떻게 하지?
1-139 학생1	(학생2에게) 아니야, 너도 할 수 있어(S3). (17을 가리키며) 여기도 놓을 수 있어.
1-140 학생2	(학생1, 학생3에게) 어떻게 하는데?(S2)
1-141 학생3	자, 봐봐. 3와 4를 곱하고 그 다음에는 ... (S3)

[발췌문 10]의 학생4, 5, 6은 한 모둠으로, 학생4는 학생5에게 주사위 눈 중에서 두 수를 먼저 곱한 다음 나머지 수는 더하는 전략을, 학생6에게는 두 수를 곱하고 나머지 수는 빼는 전략을 설명하였다(1-237). 이를 통해 학생4는 학생5와 학생6에게 [활동 1]에 필요한 전략을 알려줌으로써 친구를 돕는 사회적 참여(S3) 양상을 드러냈다. 더불어 학생5와 학생6은 학생4의 아이디어에 감탄하는(1-238, 1-239) 정서적 참여(E5)의 모습도 보였다.

한편 [발췌문 10]의 학생1, 2, 3은 학생4, 5, 6과는 다른 모둠으로, 이들 역시 학생4, 5, 6처럼 서로에게 도움을 주고받는 사회적 참여의 양상을 띠었다. 주사위의 눈으로 무엇을 해야 할지 몰라 과제를 포기하려고 하는(1-137) 학생2에게 학생1은 할 수 있다며 격려하고(1-139), 이에 학생2는 무엇을 하면 되는지 학생1과 학생3에게 도움을 구하였다(1-140), 학생2의 요구에 학생1은 학생2가 얻은 주사위의 눈 3, 4, 5로 계산을 해보고(1-139), 학생3은 과제 해결을 위한 전략 일부를 알려주었다(1-141). 학생3은 학생2에게 [활동 1]에 필요한 실마리를 성급히 알려주는 대신 격려를 통해 학생2를 간접적으로 도왔으며(S3), 이는 학생2가 자신감을 얻어 다른 학생들에게 과제 해결에 필요한 구체적인 전략을 묻는 사회적 참여(S2)를 이끌었다.

[발췌문 10]에서 학생4와 학생3은 다른 친구들에게 과제 해결을 위한 도움을 자발적으로 제공함으로써 긍정적인 사회적 참여의 모습을 보였다. 특히 학생3은 [활동 1]에 대한 학생2의 주도권이 그대로 유지되도록 격려와 같은 암묵적인 도움을 주거나 과제 해결의 전략을 일부만 제시하는 등의 역할을 하였다. 이는 Lee (2012)가 설명한 바람직한 조력자의 모습과 같으며, 2022 개정 초등학교 수학 교육과정의 의사소통 역량 함양을 위한 교수-학습 방법으로 명시한 “수학적 아이디어에 대한 상호 작용 과정에서 타인을 배려하는 태도”(Ministry of Education, 2022, p. 240)를 실제 수학 수업에서 개발하기 위한 방안을 모색하는 데 구체적인 시사점을 준다.

자신의 아이디어를 친구에게 말하거나 친구의 의견을 물어 공동 아이디어 만들기

연구 대상은 개방형 과제를 해결하기 위한 모둠 활동에서 자신의 아이디어를 말하거나(S4) 친구의 의견을 물어 공동 아이디어를 만드는(S5) 방식으로 서로의 생각을 공유하여 과제 해결의 실마리를 찾았다. 이는 평소 수학 수업의 모둠 활동에서 학생들이 자신의 생각을 거의 표현하지 않고 자신보다 공부를 잘하는 친구나 교사의 설명을 수동적으로 받아들이려고만 했던 경향과는 상당한 대조를 이룬다.

머킨스 보드게임(주제 1) 수업에서 학생들은 [활동 1]에서 사용한 규칙을 변형하여 새로운 보드게임을 만드는 [활동 2]를 수행하였다. 이때 연구 대상은 [발췌문 11]과 같이 자신의 아이디어를 말하거나 친구의 의견을 적극적으로 물어 공동 사고를 통해 보드게임 규칙을 새롭게 설계하였다.

[발췌문 11] 사회적 참여: 자신의 아이디어를 말하거나 친구의 의견을 물어 공동 아이디어를 만드는 상황

1-323 학생4	(학생5에게) 너는 어떻게 했어?(S5)
1-324 학생5	... 주사위 세 개가 똑같이 나오면 구슬을 빼는 걸로 ... (S4)
1-325 학생4	그래, 주사위 셋이 다 똑같이 짝수가 나오면... (S5). 예를 들어 8 8 4 가 나오면 ..., 8을 두 번 곱하고, 그 수에 다시 4를 더하는 거야. 그러면 68인가? 그러면 이렇게 68에도 두고 또 원하는 곳에도 둘 수 있게 하자.(S4)
1-326 학생5	(학생4에게) 짝수가 나오면 원하는 곳에 또 둔다?
1-336 학생4	응. 그리고 홀수는 그냥 패스야.
1-337 학생5	계산해서 답이 나오면 그건 놓을 수 있는데, 짝수처럼 원하는 곳에 놓지는 못하는 걸로 ... 만약 3, 3, 1로 모두 홀수가 나왔어. 3과 3을 곱하면 9. 거기에 1을 더하면 10이잖아. 이거는 10칸에 놓을 수 있어?
1-338 학생4	아니. 그건 못하지. 나온 눈이 모두 홀수니까.
1-339 학생5	그러면 홀수가 좀 불리한 것 같은데... (S4)
1-340 학생4	그래? 그럼 모두 홀수 눈일 때는 답이 짝수건 홀수건 그냥 나온 답에만 놓는 것으로 하자.(S5).

[발췌문 11]에서 학생4는 규칙을 변형하여 새로운 보드게임을 만드는 과제를 고민하다가 학생5에게 아이디어를 묻고(1-323), 학생5가 주사위 3개의 눈이 모두 같은 경우를 언급하자(1-324) 이를 반영하여 주사위 3개의 눈이 모두 짝수로 같은 경우에 대한 규칙을 만들었다(1-325). 학생4는 자신과 같은 모둠원인 학생5가 제시한 의견, 즉 주사위 3개의 눈이 모두 동일한 경우를 고려하는 의견을 반영하되, 이처럼 일어날 가능성이 낮은 상황에 추가 기회를 주어 원하는 곳에도 구슬을 놓을 수 있게 하는 규칙을 제안한 것이다. 이는 학생4가 친구인 학생5의 의견을 일부 받아들여 새로운 보드게임 규칙을 공동으로 만들어내는 사회적 참여(S5)로 볼 수 있다.

나아가 학생4가 제안한 규칙은, 홀수인 눈이 모두 나오는 경우에 불리하게 작용한다는 학생5의 비판적 의견(1-339)에 따라 짝수의 눈이 나온 경우에만 적용하는 것으로 개선되었으며(1-340), 이는 학생4와 학생5가 새로운 보드게임 규칙을 공동의 아이디어에 기반하여 사회적 상호 작용을 통해 만들어가는 과정을 보여준다. Wang 외 (2004)는 수학 교실 공동체에서 합의된 학습 성과를 얻는데 주체의 주관적 아이디어 구성 및 공표, 이에 대한 구성원들의 공적 비판과 개선 과정의 중요성을 강조하였으며, [발췌문 11]에서 학생4와 학생5가 보인 상호작용 사례는 저성취아로 구성된 교실 공동체에서도 수학적 성과를 생산하는 의미 있는 사회적 활동이 수행될 수 있음을 시사한다.

한편 학생5는 학생4가 제안한 규칙이 주사위 3개의 눈이 모두 짝수인 경우를 말하는지, 주사위 3개의 눈으로 곱셈과 덧셈을 하여 얻은 값이 짝수인 경우를 말하는지를 분명히 하기 위해 3, 3, 1이라는 구체적인 상황을 예로 들어 질문한 다음(1-337), 모두 홀수의 눈이 나오는 경우가 불리하다는 자신의 생각을 적극적으로 표현하였다(1-339). 평소 학생5는 내성적인 성격으로 수업 시간에 자신의 아이디어를 말하거나 궁금한 것을 묻는 일이 거의 없고 친구들의 의견에 묵묵히 동조하는 학생인 바, [발췌문 11]에서 처럼 학생5가 자신의 생각을 말로 표현함으로써 보인 사회적 참여(S4)는 상당히 가치 있는 수학적 활동이라고 볼 수 있다.

더불어 학생5는 새로운 규칙과 관련하여 궁금한 것을 학생4에게 질문하는 행동적 참여(B4), 주사위의 눈이 모두 짝수가 나온 경우와 사칙연산을 통해 얻은 값이 짝수가 되는 경우처럼 혼동되는 두 상황을 구분하려는 의도를 표현하기 위해 3, 3, 1을 예로 드는 인지적 참여(C1)의 특징도 보였다. 이는 보드게임의 규칙을 다양한 접근을 통해 새롭게 만들어 보는 모둠 활동이 촉발한 사회적 참여가 행동적 참여와 인지적 참여로 이어지는 상황을 보여주며, 해결 방법이 여럿인 개방형 과제와 모둠 활동이 학생의 수업 참여를 촉진할 수 있다는 Fredricks 외 (2016)의 주장을 실제 수학 수업에서 구현하는 데 의미 있는 시사점을 준다.

논의

이하에서는 개방형 과제를 활용하는 수학 수업에서 학생들이 보인 행동적, 정서적, 인지적, 사회적 참여 양상과 관련된 시사점을 수업 참여에 영향을 미치는 요인으로 Jeong (2012)이 설명한 교사, 학생, 학습 내용 및 과제의 측면에 비추어 논의해 보고자 한다.

첫째, 수업 참여에 영향을 주는 교사 요인에는 수업 방법, 교사의 지지와 피드백 등이 있다. 본 연구에서 교사는 개방형 과제를 활용한 수업을 진행하면서 일부 학생만 지목하여 발문하는 것을 지양하고 학생들이 자유롭게 자신의 의견이나 아이디어를 개진할 수 있게 하였으며, 전체 토론보다는 모둠 활동이나 소집단 논의를 통해 학생들이 모둠 내 한 두명에게라도 자신의 생각을 표현하는 기회를 제공하는 수업 방법을 활용하였다. 교사의 효과적인 의사소통 전략은 학생의 적극적인 행동적 참여와 협력적인 사회적 참여를 유도하는바(Cothran & Ennis, 2000), 이상과 같은 교사의 수업 방법에 힘입어 학생들은 교사의 발문에 자발적으로 답하는 행동적 참여(B3)를 보였으며, 모둠 활동에서 자신의 의견을 적극적으로 친구에게 말하거나(S4) 과제를 해결하는 과정에서 친구의 의견을 묻고 이를 반영하여 모둠 전체의 공동 아이디어를 생산하는(S5) 사회적 참여 양상을 보였다.

또한 교사는 학생들이 개방형 과제를 해결하면서 내용은 다양한 해결 방법이나 답에 대해 맞고 틀림을 판단하는 대신 어떤 학생의 반응도 수용하는 지지를 보였다. 그 결과 학생들은 평소 수업에서 접한 적이 없는 생소한 개방형 과제를 다룰 때도 두려움을 갖지 않고 여러 가지 다양한 방법으로 해결을 시도하는 인지적 참여 양상(C4)을 보였다. 이상은 학생의 반응에 교사가 어떻게 대응하느냐에 따라 학생들의 인지적 참여 양상이 달라진다고 설명한 Chin (2007)의 연구를 구체적으로 확인한 사례로 볼 수 있다. 나아가 학생의 발언 및 행동에 대해 교사는 말 뿐 아니라, 눈빛이나 사소한 행동 등에서도 긍정적인 피드백을 제공하고자 하였으며, 이를 통해 학생들은 궁금한 것을 교사나 친구에게 망설임 없이 질문하였고(B4), 수업에서 느낀 자신의 감정을 적극적으로 표현하거나(E3) 과제 및 학습 내용에 긍정적으로 반응하는(E7) 모습을 보였다. De Freitas와 Sinclair (2014)는 교사의 눈빛이나 손짓처럼 비언어적 피드백도 학생의 배움을 형성하는 데 직접적인 영향을 끼칠 수 있다고 설명하였으며, 본 연구 역시 이러한 교사 요인에 유의하여 수업을 실행함으로써 학생들의 수업 참여를 다각도로 유도할 수 있었다.

둘째, 수업 참여에 영향을 주는 학생 요인에는 부모의 사회·경제적 지위, 학생의 성별 및 자기 주도적 학습 능력이나 사회성 등이 있다. 본 연구에 참여한 학생1, 학생5, 학생8은 다문화 가정 학생으로 경제적 형편이 넉넉하지 않으며 언어 표현 능력에 일부 한계가 있어 수학뿐 아니라 전 교과 학업 성취도가 낮다. 그러나 본 연구의 개방형 과제를 활용한 수업에서 이 학생들도 교사의 발문에 자발적으로 답하는(B3) 행동적 참여([발췌문 1]), 성공을 경험하자 흥분을 드러내는(E4) 정서적 참여([발췌문 9]), 사전 지식을 이용하여 과제를 해결(C2)하는 인지적 참여([발췌문 7]), 자신의 아이디어를 친구에게 말하는(S4) 사회적 참여([발췌문 11])의 양상을 보였으며 연구 대상 중 다른 학생들의 수업 참여 양상과 구별되는 특징을 보이지 않았다.

한편 Jeong (2012)은 수업 참여도 측면에서 여학생이 남학생보다 좀 더 적극적이라고 보고하였으나, 본 연구에서 학생들이 보인 수학적 반응의 수준이나 참여도에 있어 남학생과 여학생 사이에 두드러진 특징은 없었다. 이보다는 평소 수학 수업에서 자기 주도적 학습 능력이나 사회성이 다소 떨어지는 남학생이었던 학생2, 학생 6은 어려움을 참고 과제를 끝까지 수행하려는(B5) 행동적 참여([발췌문 2])와 과제 해결을 위해 친구에게 도움을 요청하는(S2) 사회적 참여([발췌문 10]) 양상을 보였으며, 새로운 과제에 흥미를 드러내는(E7) 정서적 참여의 모습을 보였다([발췌문 3]).

셋째, 수업 참여에 영향을 주는 학습 내용 및 과제 요인에는 개념이나 과제의 특징, 수업 주제, 경험과의 연관성, 학습 내용의 유용성 등이 있다. 선행 연구(Shulman, 2005; Fredricks et al., 2004)는 학생들이 개념을 쉽게 이해하거나 과제가 중요하다고 느끼면 수업에 적극적으로 참여한다고 설명하였다. 그러나 이들 연구로부터 개념 및 수업 주제의 특징에 따라 학생의 수업 참여 유형에 어떤 차이가 있는지를 파악하는 데는 한계가 있다. 본 연구에서 학생들은 보드게임이나 정사각형 조각과 같이 구체물에 대한 직접적인 조작이 가능한 과제에 대해 보다 두드러진 정서적 참여(E7, E6) 양상을 띠었다. 또한 수학 교육과정에 제시된 학습 요소와 관련이 깊은 도형 만들기(주제 3) 수업에서는 사전 지식을 이용하거나(C2), 과제를 다양한 방식으로 해결하려고 시도하는(C4) 등의 활발한 인지적 참여의 모습을 보였다. 반면, 과제 해결에 기본적인 사칙연산을 활용하는 머긴스 보드게임(주제 1) 수업에서는 학생들의 인지적 참여가 상대적으로 덜 드러났다.

한편 연구 대상은 도형 분류하기(주제 2) 수업에서 개방형 과제를 다양하게 해결하려는 인지적 노력(C4)을 기울여 수학적으로 의미 있는 성과를 내자 환호성을 지르며 즐거워하는 정서적 참여(E6)의 특징을 보였고, 머긴스 보드게임(주제 1) 수업에서는 다른 학생이 제기한 보드게임 규칙을 비판적으로 검토하여 공동 아이디어를 만드는 사회적 참여(S5) 양상을 드러냈다. 그러나 이러한 연구 대상도 개방형 과제를 다룬 초기 수업에서는 답이나 풀이 과정이 하나인 폐쇄형 과제를 다루었던 평소 습관에 따라 자신이 해결한 방법과 답이 교사가 생각한 답과 일치하는지 자꾸만 확인하려고 하거나 다른 학생의 의견에 무관심한 모습을 보이기도 하였다. 이

상의 결과는 수학 수업을 통해 학생들이 개방형 과제를 접할 기회를 가능한 한 다양하게 제공할 필요가 있으며, 특히 분류하기 유형의 개방형 과제는 수학적 대상을 다양하게 해석하는 전략을 개발하는 데 기여할 수 있음을 보여준다. 더불어 머긴스 보드게임 수업에서 학생들이 보인 참여 양상은, 조건불비 유형의 개방형 과제가 상황을 비판적으로 보는 안목을 기르는 데 효과적이라는 Nam 외 (2017)의 연구를 구체적으로 입증한 사례로 볼 수 있다.

Kim 외 (2009)에 따르면 학업 성취도가 낮은 학생들은 개방형 과제와 같은 생소한 문제를 꺼리며 교과서에 주어진 것과 유사한 전형적인 과제를 선호한다. 그러나 본 연구에서 학생들은 Kim 외 (2009)와 달리 개방형 과제를 다루는 데 전혀 거리낌이 없었으며, 오히려 평소 수학 수업보다 과제 해결에 적극적으로 참여하였다. 이는 본 연구에서 개방형 과제를 단순히 종이와 연필만을 사용하는 지필 환경이 아니라, 보드게임, 칠교판, 모눈판, 정사각형 조각 등과 같이 조작 가능한 구체물을 통해 놀이 상황으로 제시한 데 그 까닭이 있다고도 볼 수 있다. 놀이 및 게임 활동은 호기심과 흥미를 유발하여 수학 개념이나 원리를 적극적으로 탐구하도록 하며 동료와 경쟁 또는 협력을 통해 수학 학습에 대한 자신감 및 의사소통 역량을 개발하는 데 기여하므로(Ministry of Education, 2022), 중하위권 학생들의 수업 참여를 촉진하는 개방형 과제 활용 수업을 설계하고 실행하는 데 놀이 및 게임 활동을 매개로 한 과제 제시 방안을 적극적으로 도입할 필요가 있다.

이상에 따르면 본 연구의 개방형 과제를 활용한 수업에서 학생들이 보인 참여 양상은 사회·경제적 배경이나 성별과 같은 학생 요인보다 모둠 활동이나 소집단 토론과 같은 수업 방법이나 교사의 지지와 긍정적인 피드백 등의 교사 요인에 보다 직접적인 영향을 받는 것처럼 보인다. 또한 수업 참여와 관련하여 기존 연구가 설명한 학습 내용 및 과제 요인과는 달리, 본 연구에서는 개방형 과제를 활용하는 중하위권 학생을 대상으로 한 수업이었음에도 다양한 유형의 참여 양상이 드러났다. 이는 놀이 및 게임을 매개로 하여 개방형 과제를 제시한 데 그 이유가 있을 수 있으며, 학생들의 수업 참여에 영향을 주는 학습 내용 및 과제 요인으로 과제 제시 방식의 역할을 좀 더 탐색할 필요가 있음을 시사한다. 다만 이상과 같은 시사는, 수업 참여에 영향을 미치는 요인으로 선행 연구가 밝힌 교사, 학생, 학습 내용 및 과제 요인에 비추어 초등학교 수학 수업과 관련된 함의를 간접적으로 논의해 본 것으로, 학생의 수업 참여 양상과 이에 영향을 미치는 세부 요인 사이의 관계에 대한 면밀한 분석은 후속 연구가 필요함을 제언한다.

결론

본 연구는 효과적인 수학 학습 과제로서 개방형 과제의 가능성을 이론적으로 검토한 여러 연구(Seo & Park, 2021; Lee, 2012; Jang, 2018)를 토대로, 개방형 과제를 활용한 교수-학습 자료를 개발하고 이를 수업에 적용한 다음, 수업 상황에서 발생하는 학생들의 참여 양상을 분석하여, 초등학교 수학 교수-학습 방법 개선을 위한 시사점을 기술하고자 하였다. 이에 개방형 과제를 이용한 10차시 수업에서 얻은 녹화 및 전사 자료, 학생 활동지 등을 Table 2에 비추어 분석하고 이로부터 드러난 학생들의 참여 양상을 행동적, 정서적, 인지적, 사회적 참여의 관점에서 해석하여 그 특징을 설명하였다. 또한 본 연구에서 실행한 수업에서 학생들이 보인 이러한 수업 참여 양상과 관련된 시사점을 교사, 학생, 학습 내용 및 과제의 측면에서 논의하였다.

이상의 연구 결과에 따르면 개방형 과제를 활용한 수학 수업은 중하위권 학생들의 수업 참여를 활발하게 유도하며, 학생의 성취도와 상관없이 누구라도 자신의 방식대로 다양하게 과제를 해결하고 서로 동등한 위치에서 수학적 의사소통에 참여하는 교실 문화(Kang & Kim, 2014)를 형성하는 데 기여할 수 있다. 이는 학업 성취도가 낮은 학생은 수업 활동에 소극적이고 과제를 쉽게 포기하며, 과제 해결에 다양한 전략을 사용하거나 자신의 의견을 근거에 기반해 설명하는 데 어려움을 겪는다는 선행 연구(Kang et al, 2014; Jo, 2020)와 대조를 이룬다. 본 연구 결과는 개방형 과제를 활용한 수업이 학업 성취도가 낮은 학생들의 수업 참여와 수학 학습을 촉진하는 데 주요한 교수학적 전략이 될 수 있음을 보여준다. 나아가 본 연구가 초등학교 수학 수업 개선 및 교사 역량 개발에 있어 시사하는 바는 다음과 같다.

첫째, 개방형 과제는 우수아를 대상으로 한 수업에 주로 활용해 온 기존 시도(Back & Lee, 2017; Lee, 2014; Leikin, 2009; Levav-Waynberg & Leikin, 2012; Shin & Kim, 2006)와 달리 저성취아를 위한 수업에도 충분히 적용할 수 있으며 의미 있는 교수-학습 결과를 얻을 수 있다. 학업 성취도가 낮은 학생들도 개방형 과제를 활용한 수업에서 행동적, 정서적, 사회적 참여 뿐 아니라 과제 해결에 사전 지식을 활용하여 수학 학습에 의미 있는 성과를 보이거나 다양한 방식으로 과제를 해결하는 데 열성적인 반응을 보이는 인지

적 참여가 가능하다. 학업 성취도가 낮아 수학에 대한 긍정적 태도를 갖기 어려운 중하위권 학생을 대상으로 한 수업에 해결 방법과 답이 여럿인 개방형 과제를 보다 적극적으로 도입할 필요가 있다. 그러나 수업의 성과는 교사, 학생, 수업 내용 및 과제의 역동적인 상호작용을 통해 결정되는바(Cohen et al., 2003), 이상과 같은 학생들의 수업 참여 양상은 개방형 과제를 단순히 제시하는 것으로는 촉진되지 않으며 개방형 과제의 장점을 최대한 살리는 수업을 설계하고 이를 바탕으로 학생들이 자신들의 사전 지식과 사고 전략을 토대로 개방형 과제를 탐구할 수 있도록 교사가 수업을 의미 있게 실행할 때 가능하다.

둘째, 개방형 과제는 답이 하나로 고정되지 않기 때문에 이를 활용한 수업은 허용적이고 탐구적인 수학 학습 분위기를 조성한다(Lee, 2008; Lee, 2012). 이러한 학습 분위기 조성은 본 연구와 같이 저성취아를 대상으로 한 수업에서도 가능했으며, 연구 대상은 자신이 제안한 아이디어가 수학적 의사소통의 소재가 되고 이에 기반한 상호 작용으로 과제를 해결하는 수학적인 탐구 활동을 경험하였다. 이는 일반적으로 수학 수업에서 소외되기 쉬운 낮은 성취도의 학생들도 개방형 과제를 활용한 수업에 주도적으로 참여할 수 있으며, 자신이 제시한 새로운 아이디어를 탐색하고 수정하는 지적 책임을 갖는 것이 가능함을 보여준다.

셋째, 개방형 과제를 활용한 수업을 효과적으로 실행하기 위해서는 교사의 철저한 준비와 적절한 중재가 필요하며, 이를 위해 교사 수업 전문성 개발을 위한 구체적인 방안의 모색이 요구된다. 폐쇄형 과제와 달리 개방형 과제는 과제 해결에 다양한 확산적 접근이 가능하므로, 교사가 학생의 반응을 사전에 예상하기가 쉽지 않다. 개방형 과제를 활용한 수업에서 교사는 학생의 예상치 못한 제안에 당황하거나 적절한 피드백을 제공하기 어려운 국면에 처할 수 있으며, 이는 개방형 과제를 활용하는 수업의 활성화를 제한할 수 있다(Lee, 2012). Smith와 Stein (2011)에 따르면 수업을 통해 효과적인 수학적 논의를 진행하기 위해 교사는 수학 과제에 대한 학생들의 반응을 사전에 생각해보므로써 수업에서 자신이 취할 행동을 숙고해 보는 예상하기(anticipating) 역량을 개발할 필요가 있다. 예상하기 역량은 교사 자신이 학생과 같은 수준에서 과제를 다양한 방법으로 해결해 보고 이를 동료 교사와 함께 검토해 보는 방식으로 함양될 수 있다. Rowland 외 (2011)는 예상치 못한 학생의 반응에 적절히 대처하여 이를 의미 있게 중재하는 우발 지식(contingency knowledge)을 개발하기 위해서 교사는 수학 내용과 관련된 학생의 이해에 대한 지식 뿐 아니라 수학 자체에 대해 깊은 내용 지식을 지닐 필요가 있다고 하였다. 개방형 과제를 활용한 수업 실행에 요구되는 예상하기 역량 및 우발 지식의 함양에 목표를 둔 교사 전문성 개발 프로그램의 설계 및 실행과 관련된 후속 연구가 수행되기를 기대한다.

Acknowledgements

This study was financially supported by Chonnam National University (Grant number: 2022-0105).

References

- Baek, D. H., & Lee, K. H. (2017). A study on the qualitative differences analysis between multiple solutions in terms of mathematical creativity. *School Mathematics*, 19(3), 481-494.
- Bahr, D. L., & Bahr, K. (2017). Engaging all students in mathematical discussions. *Teaching Children Mathematics*, 23(6), 350-359. <https://doi.org/10.5951/teacchilmath.23.6.0350>
- Brousseau, G. (2002). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathématiques, 1970–1990*. Kluwer Academic Publishers.
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms : Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815-843. <https://doi.org/10.1002/tea.20171>
- Cho, Y. J., & Shin, H. K. (2010). Analysis of pattern of mathematical interaction occurring in the elementary school mathematics class. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 14(3), 681-700.
- Cohen, D. K., Raudenbush, S. W., & Ball, D. L. (2003). Resources, instruction, and research. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 25(2), 119-142. <https://doi.org/10.3102/01623737025002119>
- Cothran, D. J., & Ennis, C. D. (2000). Building bridges to student engagement: Communicating respect and care for students in urban high schools. *Journal of Research & Development in Education*, 33(2), 106-117.

- De Freitas, E., & Sinclair, N. (2014). *Mathematics and the body: Material entanglements in the classroom*. Cambridge University Press.
- Finn, J. D., & Zimmer, K. (2012). *Student engagement: What is it and why does it matter?* In S. Christenson, A. L. Reschy, & C. Wylie (Eds.), *Handbook of research on student engagement* (pp. 97-131). Springer.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). School engagement: Potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Fredricks, J. A., Wang, M. T., Linn, J. S., Hofkens, T. L., Sugn, H., Parr, A., & Allerton, J. (2016). Using qualitative methods to develop a survey measure of math and science engagement. *Learning and Instruction*, 43, 5-15. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.01.009>
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking: From childhood to adolescence*. A. Parsons & S. Milgram (Trans.). Routledge & Kegan Paul Ltd.
- Ha, S. S. (2008). *A study on the understanding of the concept of implication* [Doctoral dissertation, Seoul National University]. <http://dcollection.snu.ac.kr:80/jsp/common/DcLoOrgPer.jsp?sItemId=000000039997>
- Herrington, J., Oliver, R., & Reeves, T. C. (2002). *Authentic activities and online learning*. In A. Goody, J. Herrington, & M. Northcote (Eds.), *Proceedings of the 25th HERDSA annual conference* (pp. 562-567). HERDSA.
- Jang, S. B. (2018). Effects of open-ended problems on underachievers. *The Journal of Curriculum and Instruction Studies*, 11(1), 1-31.
- Jeong, E. I. (2012). Exploring the factors that influence college students' class participation: Focus on autonomy support, academic self-efficacy, and task value. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 24(2), 355-378. <http://doi.org/10.17927/tkjems.2012.24.2.355>
- Jo, M. J. (2020). *A case study on an individualized instructional programs by analyzing the factors of poor learning in mathematics* [Master's thesis, Seoul National University of Education]. <http://www.riss.kr/link?id=T15647923&outLink=K>
- Jung, Y. S., & Choi, H. S. (2006). Factors influencing learner participation in web-based online discussion. *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, 12(4), 51-75.
- Kang, S. M., & Kim, M. K. (2014). Constructing norms in elementary mathematics classrooms. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 17(2), 207-234.
- Kang, W., Kim, S. M., Park, M. G., Paek, S. Y., Oh, Y. Y., & Chang, H. (2014). *Theory of teaching elementary mathematics*. Kyungmoon Publishers.
- Kim, B. M., & Kim, Y. M. (2021). Analysis of collaborative problem solving and student-engaged instruction in middle school mathematics. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 21(21), 499-517. <http://doi.org/10.22251/jlcci.2021.21.21.499>
- Kim, E. H., & Park, M. G. (2011). An analysis on the responses and the behavioral characteristics between mathematically promising students and normal students in solving open-ended mathematical problems. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 15(1), 19-38.
- Kim, N. G., Kim, S. J., Song, D. H., Oh, M. Y., & Lee, H. J. (2022). A study on analyzing solution spaces of open-ended tasks in elementary mathematics. *Education of Primary School Mathematics*, 25(1), 81-100. <http://doi.org/10.7468/jksmec.2022.25.1.81>
- Kim, N. H., & Kim, J. B. (2011). The relationship between student-teacher attachment relationship and academic achievement mediated by basic psychological needs and academic engagement: differences in the meaning and roles of teacher support and student-teacher attachment relationship. *Korean Journal of Educational Psychology*, 25(4), 763-789.
- Kim, Y. C. (2013). *Qualitative research methodology*. Academy Press.
- Kim, Y. J., & Na, G. S. (2009). A Study on the mathematical communication focused on the students' level of mathematical understanding. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 13(2), 141-161.
- Ko, E. S., Park, M. S., & Lee, E. J. (2016). Prospective elementary teachers' perceptions on assessment in mathematics. *School Mathematics*, 18(1), 61-83.
- Ko, J. W., Kim, H. J., & Kim, M. S. (2011). The impact of students' college experiences on students' cognitive and non-cognitive outcomes, and instructional satisfaction. *The Korean Educational Administration Society*, 29(4), 169-194.
- Kwon, O. N., Cho, Y. M., Park, J. S., & Park, J. H. (2005). Cultivating mathematical creativity through open-ended approaches : Development of a program and effectiveness analysis. *The Mathematical Education*, 44(2), 307-323.
- Lee, C. Y. (2012). A study for improving mathematics instruction through open problems in the elementary school. *The Journal of Educational Research*, 10(3), 307-322.
- Lee, D. H. (2008). A study on the results of use of open-ended problems for evaluation in elementary mathematics. *The Mathematical Education*, 47(4), 421-436.
- Lee, D. H. (2014). A study on the measurement in mathematical creativity using multiple solution tasks. *School Mathematics*, 16(1), 1-17.
- Lee, D. J. (2004). Inquiry into learners' sense of community in online learning environments. *Journal of Educational Technology*, 20(3), 53-73. <https://doi.org/10.17232/KSET.20.3.51>

- Leikin, R. (2009). *Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks*. In R. Leikin, A. Berman & B. Koichu (Eds.) *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129-145). Sense Publishers.
- Levav-Waynberg, A., & Leikin, R. (2012). The role of multiple solution tasks in developing knowledge and creativity in geometry. *The Journal of Mathematical Behavior*, 31(1), 73-90. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2011.11.001>
- Ministry of Education (2022). *Mathematics curriculum*. Ministry of Education Notice 2022-33 [8th Separated Book]. <https://www.moe.go.kr/boardCnts/viewRenew.do?boardID=141&boardSeq=93458&lev=0&searchType=null&statusYN=W&page=1&s=moe&m=040401&opType=N>
- NCSM & NCTM (2020). *Moving forward: Mathematics learning in the era of COVID-19*. <https://www.nctm.org/Research-and-Advocacy/Moving-Forward---NCSM-and-NCTM-Joint-Statement/>
- NCTM (2014). *Principles to actions: Ensuring mathematical success for all*. NCTM.
- Nam S. I., Ryu S. R., Kwon, S. R., Shin, J. S., Park, S. S., Park, M. G., Choi, G. B., Kwon, J. R., & Lee, J. H. (2017). *Theory of elementary mathematics education*. Kyungmoon Publishers.
- Pang, J. S., & Jeong, H. J. (2006). Elementary school teachers' understanding and practice on learner-centered instruction : Focused on mathematical communication. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 6(1), 297-321.
- Park, D. W. (2014). Students' understanding of material implications. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 17(4), 805-816.
- Park, J. H., & Kim, A. R. (2021). A survey on implementing mathematics teaching and learning based on 2015 revised curriculum. *Journal of Research in Curriculum Instruction*, 25(2), 121-132. <https://doi.org/10.24231/rici.2021.25.2.121>
- Park, S. Y. (2004). Student and teacher variables improving student engagement. *The Journal of Educational Administration*, 22(2), 91-108.
- Park, W. J., & Jeon, P. K. (2003). An analysis of small-group children's consensus patterns in open-ended problem solving. *Education of Elementary School Mathematics*, 7(2), 117-129.
- Reeve, J. (2013). How students create motivationally supportive learning environments for themselves : The concept of agentic engagement. *Journal of Educational Psychology*, 105(3), 579-585. <https://doi.org/10.1037/a0032690>
- Rimm-Kaufman, S. E., Baroody, A. E., Larsen, R. A. A., Curby, T. W., & Abruyn, T. (2015). To what extent do teacher-student interaction quality and student gender contribution to fifth graders' engagement in mathematics learning? *Journal of Educational Psychology*, 107(1), 170-185. <http://dx.doi.org/10.1037/a0037252>
- Rowland, T., Thawaites, A., & Jared, L. (2011). Triggers of contingency in mathematics teaching. In B. Ubuz (Ed.), *Proc. 35th conf. of the Int. Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 73-80). PME.
- Seo, D. Y. (1999). Investigations on the possibility of teaching of implication in elementary school. *School Mathematics*, 1(1), 95-107.
- Seo, Y. M., & Park, M. G. (2021). The effects of open-ended mathematical problem solving learning on mathematical creativity and attitudes of elementary students. *Communications of Mathematics Education*, 35(3), 277-293. <https://doi.org/10.7468/jksmee.2021.35.3.277>
- Shin, I. S., & Kim, S. M. (2006). An analysis on behavior characteristics between gifted students and talented students in open-end mathematical problem solving. *Communcations of Mathematical Education*, 20(1), 33-59.
- Shulman, L. S. (2005). To dignify the profession of the teacher : The carnegie foundatin celebrates 100 Years. *The Magazine of Higher Learning*, 37(5), 22-29.
- Skilling, K., Bobis, J., Martin, A. J., Anderson, J., & Way, J. (2016). What secondary teachers think and do about student engagement in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 28(4), 545-566. <https://doi.org/10.1007/s13394-016-0179-x>
- Skinner, E. A., Kindermann, T. A., & Furrer, C. J. (2009). A motivational perspective on engagement and disaffection: Conceptualization and assessment of children's behavioral and emotional participation in academic activities in the classroom. *Educational and Psychological Measurement*, 69(3), 493-525. <https://doi.org/10.1177/0013164408323233>
- Smith, M. S., & Stein, M. K. (2011). *5 practices for orchestrating productive mathematics discussions*. NCTM.
- Taylor, S. S., & Statler, M. (2013). Material matters : Increasing emotional engagement in learning. *Journal of Management Education*, 38(4), 586-607. <https://doi.org/10.1177/1052562913489976>
- Walshaw, M., & Anthony, G. (2008). The teacher's role in classroom discourse: A review of recent research into mathematics classrooms. *Review of Educational Research*, 78(3), 516-551. <https://doi.org/10.3102/0034654308320292>
- Wang, K. S., Jung, H. Y., & Kim, G. Y. (2004). Development of a mathematics instruction model and its application on the social constructivism. *The Journal of Elementary Education*, 17(2), 389-418.
- Yoon, J. E., Cho, H. M., & Kwon, O. N. (2016). Analyzing students' engagement factors in flipped mathematics class. *The Mathematical Education*, 55(3), 299-316. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2016.55.3.299>