한국학교수학회논문집 제 22 권, 제 2 호
Journal of the Korean School Mathematics Society
Volume 22, Number 2, 133-161, June 2019
http://doi.org/10.30807/ksms.2019.22.2.003

집단 창의성 발현을 통한 수학적 모델링 활동 지원 사례 연구

정혜윤[1] · 이경화[2]

본 연구에서는 일반 중학교 3학년 학생들의 일상적인 수업에서 집단 창의성 발현을 통해 수학적 모델링 활동을 지원한 사례를 분석하였다. 이를 위해 첫째, 선행연구 분석을 통해 사회문화적 관점에 따른 집단 창의성의 의미와 수학적 모델링의 사회문화적 특성을 확인하였다. 둘째, 4명씩 5모둠으로 구성된 한 학급에서 실험을 수행한 뒤, 집단 창의성 발현이 잘 이루어진 한 모둠의 사례에 초점을 둔 사례연구를 수행하였다. 그 결과, 첫째, 수학적 모델링의 각 단계별로 다양한 유형의 상호작용이 나타났으며, 수학적 모델링의 단계와 발생한 상호작용의 유형에 따라 다양한 창의적 시너지가 관찰되었다. 즉, 수학적 모델링 활동에서 집단 창의성 발현이 관찰되었다. 둘째, 발현된 집단 창의성은 수학적 모델링의 각 단계의 수행을 지원하였다. 이때, 수학적 모델링의 단계와 발생한 상호작용에 따라 각기 다른 방향으로 수학적 모델링 활동을 지원하였다.

주요용어 : 집단 창의성, 상호작용, 창의적 시너지, 수학적 모델링

Ⅰ. 서론

실세계 탐구로부터 수학적 모델을 도출하는 활동인 수학적 모델링이 수학적 탐구력 향상, 문제해결능력 향상 등의 긍정적인 교육적 효과를 지님은 여러 수학교육 연구자들(박진형, 2017; 이경화, 2016; English, 2006; Lesh & English, 2010)에 의해 밝혀져 왔다. 하지만, 수학적 모델링 과제가 지니는 개방성, 복잡성 등의 특징은 높은 인지적 수준을 요구하며(Blum & Ferri, 2009), 현실 상황을 이해, 해석 및 추론하고 문제해결전략을 생각해내는 것과 같은 수학적 역량의 뒷받침을 요구한다(Niss, 2003). 관련 연구(박진형, 2017; Blomhøj & Jensen, 2007; Galbraith & Stillman, 2006)에 따르면, 수학적 모델링 과제가 요구하는 이러한 특징으로 인해 많은 학생이 수학적 모델링 활동을 어려워하는 것으로 나타났다. 수학적 모델링이 일반 학급이 아닌 주로 영재 학생들을 대상으로 수행되었다는 이경화(2016)의 주장 역시 수학적 모델링 활동의 어려움을 보여준다. 본 연구는 이러한 문제의식으로부터 시작하여, 일반 학급의 일상 수업에서 수학적 모델링 활동의 수행을 지원할 수 있는 방안을 논의하고자 한다.

Vorhölter, Krüger, & Wendt(2017)은 수학적 모델링 활동을 성공적으로 하기 위해서는 학생들이 자신의 생각과 역량을 공유하고 과제해결전략을 함께 계획하는 것이 필요하다고 주장하였다. Vorhölter et al(2017)의 이러한 관점은 수학적 모델링 활동이 주로 집단에 의해 수행된다는 사실에 주목한 것으로 보인다. Vorhölter et al(2017) 외에도 여러 연구자들(Doerr & English, 2003; Lesh, Cramer, Doerr,

* MSC2010분류 : 97D99
1) 세종과학고등학교 교사 (hy0501@snu..ac.kr)
2) 서울대학교 교육종합연구원 교수 (khmath@snu.ac.kr), 교신저자

Post, & Zawojewski, 2003; Lesh & Doerr, 2012)은 수학적 모델링이 주로 집단에 의해 수행된다는 점에 주목한다. 이들은 수학적 모델링을 사회문화적 관점으로 해석하면서, 집단 구성을 통한 수학적 모델링 활동의 필요성을 제시한다. 특히, 최근에 수행된 정혜윤, 이경화(2019)의 연구에서는 수학적 모델링 활동 시 발현된 집단 창의성에 주목한다. 이들은 수학적 모델링 활동 과정에서 나타나는 집단 내 상호작용 및 창의적 시너지에 주목하면서, 집단 창의성 발현이 수학적 모델 도출 등과 같은 수학적 모델링 활동에 도움이 됨을 주장한다. 또한, 영재가 아닌 일반 학생들 역시 집단 창의성 발현을 통해 수학적 모델링 활동을 성공적으로 수행할 수 있음을 주장한다.

하지만, 해당 연구에서도 수학적 모델링의 각 단계에서 발현된 집단 창의성과 발현된 집단 창의성의 수학적 모델링 활동 지원 방향을 자세히 밝히지 않았다는 한계점을 갖는다. 각 단계에서 집단 창의성 발현을 위해 어떤 유형의 상호작용이 발생하였는지, 발현된 집단 창의성이 수학적 모델링 활동의 수행에 어떤 도움을 주었는지에 대한 논의가 이루어지지 못한 것이다. 이에 따라, 본 연구에서는 일반 중학교 3학년 학생들이 실제로 수학적 모델링 활동을 하는 과정에서 나타나는 집단 창의성 발현 과정과 발현된 집단 창의성이 수학적 모델링 활동에 미치는 영향을 제시하고자 한다. 구체적인 연구 목표는 다음과 같다. 첫째, 수학적 모델링의 단계별로 발현된 집단 창의성을 분석한다. 집단 창의성의 의미에 비추어 각 단계에서 나타나는 상호작용의 유형과 창의적 시너지에 주목한다. 둘째, 발현된 집단 창의성이 수학적 모델링 활동에 미치는 영향을 살펴본다. 예를 들어, 수학적 모델 도출을 위해 다양한 모델의 적절성을 검토하는 과정에서 최종 선택 모델의 타당성과 정교성이 높아지는 등 각 모델링 단계의 해결에 어떠한 도움을 제공하는지에 주목한다. 궁극적으로 중학교 3학년 일반 학급의 일상 수업에서 집단 창의성 발현을 통한 수학적 모델링 활동 지원의 가능성을 논의한다.

Ⅱ. 이론적 배경

본 연구에서는 개인이 아닌 집단의 역할에 초점을 두는 사회문화적 관점에서 수학적 모델링 활동과 집단창의성 발현을 분석하고자 하는바, 이론적 배경으로 사회문화적 관점에 따른 창의성과 수학적 모델링 각각의 특징에 대한 논의가 필요하다. 이에 대한 논의는 본 연구에서 수업을 설계하고 학생들의 활동을 분석하는 토대가 될 것이다.

1. 사회문화적 관점에 따른 집단 창의성

창의성을 바라보는 관점은 크게 개인주의적 관점과 사회문화적 관점으로 나누어진다(Sawyer, 2012, p. 7). 초기 창의성 연구는 주로 개인주의적 관점에 초점을 두고 논의되어 왔으며, 사회문화적 관점에 초점을 둔 논의는 1990년대 이후 주목받기 시작하였다(Jeffrey & Craft, 2001).

개인주의적 관점에서는 창의성을 개인의 심리적, 인지적 특성과 연결 지으면서, 한 개인에게서 창의성이 발현될 때 어떤 심리적 요소들을 내포하고 있는지, 그리고 그것이 어떻게 반영되는지를 파악하는 데 중점을 두었다(왕치현, 문성란, 이현열, 2015). 이들은 창의성을 개인이 갖는 배타적인 능력으로 보았으며(Glăveanu, 2018), 이에 따라 개인주의적 관점에서 창의성 연구는 개인의 버릇, 동기, 행동에 대한 연구 및 개인이 보여주는 창의적 산출물의 특징, 평가에 대한 연구로 나타났다(Kurtzberg & Amabile, 2000-2001). 하지만 이러한 관점에 대해, Littleton, Rojas-Drummond, & Miell(2008)은 생산자로서 한 개인에 초점을 둔 연구가 오늘날의 사회에서 관찰되는 사회성과 역동성을 갖는 과정으로서의 창의성을 반영하지 못한다는 점을 지적하였다.

창의성을 창의적인 개인의 특징으로 보는 개인주의적 관점과 달리, 사회문화적 관점에서 창의성은 사회적, 집단적 행위와 깊은 관련이 있는 것으로, 환경적 요소와 또래와의 접촉 등 환경에서 주어지는 자극에 영향을 받는다고 여겨진다(왕치현 외, 2015). 직접적으로, 사회문화적 관점은 개인의 내부 상태에서 창의성을 발견하는 것을 거부하며(Glăveanu, 2018, p. 119), 창의성이 상호작용에 내재되어 있다고 주장한다(Glăveanu, 2011, p. 475). 집단 구성원들의 상호작용 과정에서 창의성이 발생한다는 것인데, 이로 인해 사회문화적 관점에서는 개인이 아닌 집단 내에서 이루어지는 상호작용의 맥락과 과정, 즉, 집단의 역동성이 분석 대상이 된다(Sawyer, 2012, p. 32). 창의성이 발현되는 맥락과 과정에 초점을 두며, 집단 내 상호작용을 분석함으로써 상호작용에 관계되는 변수 간의 관계와 상호작용을 통한 집단의 발전 과정을 살펴보는 것이다(Sawyer, 2012, p. 233).

선행연구(Sawyer, 2012; Zhou & Luo, 2012)에서는 사회문화적 관점에서의 창의성을 개인 창의성과 대비되는 집단 창의성으로 명명한다. 이때, 집단 창의성 개념은 연구자들에 따라 다양하게 정의되지만, 대부분의 연구(정혜윤, 이경화, 2018; Paulus, 2000; Sawyer, 2012; Zhou & Luo, 2012)는 집단 구성원의 '상호작용' 속에서 개인이 할 수 있는 것보다 뛰어난 산출을 해내는 집단 수준의 '창의적 시너지'를 갖는 것이라는 데 동의한다.

집단 창의성 발현 메커니즘으로서 상호작용은 상호작용 과정에서 나타나는 변수 간의 관계와 집단의 발전 과정에 따라 유형화된다. 최근 정혜윤, 이경화(2018, 2019)는 선행 연구(성지현, 이종희, 2017; Paulus & Nijstad, 2003; Sawyer, 2012)에 근거하여 상호작용을 상호보완적, 갈등 기반, 메타인지적 상호작용으로 유형화한 바 있다. 이들에 따르면 상호보완적 상호작용은 서로 대립하지 않는 구성원들의 다양한 사고가 수집 및 누적되는 과정을, 갈등 기반 상호작용은 구성원 간의 사고 불일치로 인해 갈등이 유발되는 과정을, 메타인지적 상호작용은 집단 내 공동 평가 및 반성과 같은 비판적 사고를 통해 공유된 사고 사이에 새로운 관계가 발전되거나 연결되는 과정을 의미한다. 이들 세 가지 유형의 상호작용은 순환적, 반복적으로 연결되어 발생한다(정혜윤, 이경화, 2019).

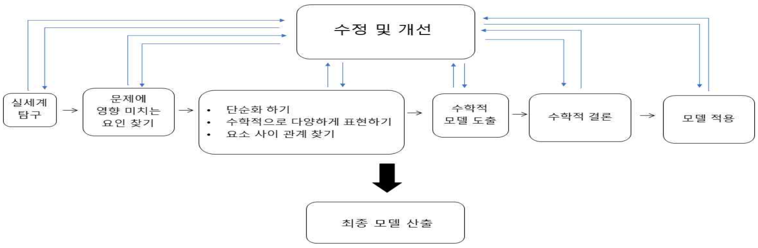
발현된 집단 창의성의 효과로도 볼 수 있는 창의적 시너지는 상호작용 과정과 결과로 나타나는 효과를 아우른다. 이와 관련하여, 여러 선행연구(김선연, 2017; 정혜윤, 이경화, 2019; Pakeltienė & Ragauskaitė, 2017)에서는 창의적 시너지를 집단의 상호작용 과정과 그 결과에서 나타나는 개인보다 뛰어난 집단 수준의 창의적 문제 해결 능력 혹은 지식의 구성으로 정의한 바 있다. 즉, 집단 창의성은 집단 구성원들이 지닌 개인 창의성의 단순 합 이상으로 볼 수 있다(Sawyer, 2012, pp. 32, 246). 정리하자면, 사회문화적 관점에 따른 집단 창의성은 집단 내 구성원들의 상호작용 과정에서 발생하는 창의성으로, 집단 구성원들이 지닌 개인 창의성의 단순 합 이상의 효과를 갖는다.

2. 수학적 모델링의 사회문화적 특성

Cobb(1994)에 따르면, 수학 활동은 사회문화적 본질을 갖는다. 그에 따르면 수학 지식은 공동체 구성원 사이의 상호 교섭을 통해 하나의 합의된 영역으로 구축된 것이며, 합의된 영역은 조정 활동에 의해 끊임없이 재창조되거나 수정된다. 수학 활동의 사회문화적 본질은 수학 활동의 하나인 수학적 모델링 활동에서도 드러난다(Lesh & Doerr, 2012).

수학적 모델링의 개념은 연구자별로 다양하게 정의되어 있으나, 여러 연구자들(이경화, 2016; 최경아, 2017; Blum & Ferri, 2009; Kaiser, 2017; Lesh & English, 2010)은 수학적 모델링이 실세계 상황에서 시작하여 수학적 결론에 이르는 과정이라는 데 뜻을 같이 한다. 수학적 모델링의 구체적인 과정은 연구자들마다 서로 다르게 제시되고 있는데, 최근 정혜윤, 이경화, 백도현, 정진호, 임경석(2018)은 일상 수업 시간에 일반 학생들이 수학적 모델링 활동 시 갖는 어려움을 지원하기 위하여 실세계 탐구

에서 수학적 모델 도출에 이르는 과정을 세분화하여 제시한 바 있다([그림 Ⅱ-1] 참고). 본 연구는 일반 학생들을 대상으로 일상 수업 시간에 이루어지는 수학적 모델링 활동을 분석하려는 바, 정혜윤 외(2018)의 모델이 본 연구의 목적과 부합하다고 판단하였다.



[그림 Ⅱ-1] 수학적 모델링 과정(정혜윤 외, 2018, p. 155)

[그림 Ⅱ-1]의 각 단계에서 실세계 탐구는 실세계 현상을 관찰하고 그 맥락과 내재된 문제 상황을 이해하는 단계이며, 문제에 영향 미치는 요인 찾기는 문제 해결에 영향을 미치는 요인을 실세계에서 찾는 단계이다(정혜윤 외, 2018, pp. 154-155). 단순화하기는 문제 해결에 가장 중요한 요인을 선택하는 단계, 수학적으로 다양하게 표현하기는 여러 요인들을 식과 그래프 등을 이용하여 표현해보는 단계, 요소 사이 관계 찾기는 요소 사이의 관계를 수학적으로 정리하는 단계를 의미한다(정혜윤 외, 2018, pp. 154-155). 그리고 수학적 모델 도출은 위의 각 단계를 거쳐 수학적 모델을 구축하는 단계이며, 수학적 결론과 모델 적용은 각각 수학적 모델을 이용하여 수학적 결론을 얻고 그 결과를 실세계 현상에 적용하는 단계이다. 마지막으로 수정 및 개선은 모델링 과정에서 개선할 점을 찾아 수정하는 단계이다(정혜윤 외, 2018, p. 154). 이들 과정을 거쳐 마지막에 최종 모델이 산출된다.

수학적 모델링 활동을 수행한 선행 연구(Doerr & English, 2003; Galbraith & Stillman, 2006)를 살펴보면, 집단 구성을 통한 수학적 모델링 활동이 꾸준히 이루어져 왔다. 이와 관련하여, Lesh & Doerr(2012)는 수학적 모델링 활동이 사회문화적 활동임을 직접 언급하였으며, Vorhölter et al(2017)과 Vorhölter(2018)는 개인 역량과 차별화되는 집단 역량을 강조함으로써 수학적 모델링 활동의 사회문화적 측면을 강조하기도 하였다. 특히, Lesh & Doerr(2012, p. 366)는 모델 발달 과정이 사회적 기능을 포함한다고 주장하면서, 수학적 모델의 사회적 구성이 모델링 활동을 지원할 수 있음을 보였다. 자신보다 다른 사람이 제시한 수학적 표현 등을 통해 개념체계가 변화할 수 있는데, 표현의 개발과 개념체계의 변화를 통해 수학적 모델링 활동이 완성된다고 할 때, 수학적 모델의 사회적 구성은 결국 모델링 활동을 지원하게 되는 것이다. Doerr & English(2003, pp. 112, 114)는 사회적 기능을 직접 언급하진 않았지만, 다른 학습자와의 상호작용으로 모델 개발 과정의 각 단계가 반복적으로 정제되고 재구성됨을 주장하였다. 이는 수학적 모델링 활동의 사회문화적 특성을 보여주며, 궁극적으로 집단 구성이 수학적 모델링 활동을 지원할 수 있음을 보여준다.

정리하자면, 이들 선행연구 결과는 수학적 모델링이 사회문화적 특성을 가지며, 집단 구성을 통한 수학적 모델링 활동 수행이 수학적 모델링 활동을 지원하는 방향으로 적용될 수 있음을 보여준다. 다만, 이들 연구는 집단의 어떠한 구성과 활동이 수학적 모델링의 어느 단계에 어떠한 도움을 지원할 수 있는지 밝히지 못하였다는 아쉬움이 남는다.

Ⅲ. 연구 방법

Glăveanu(2011, p. 475), Sawyer(2012, p. 244) 등의 선행연구에서는 창의성 연구에서 사회문화적 접근을 따를 경우, 질적 연구를 통한 집단 내 상호작용 분석이 요구된다고 하였다. 이때, 질적 연구에는 다양한 종류가 있는데, 그 중 사례 연구는 연구하고자 하는 일정한 현상을 대표하는 하나의 사례에 집중하여 분석하는 연구를 의미한다(Creswell, 2014). 본 연구는 수학적 모델링 활동 시 발현되는 집단 창의성과 발현된 집단 창의성이 수학적 모델링 활동을 지원하는 현상을 관찰하기 위함으로, 해당 현상이 나타나는 대표적인 상호작용 사례를 집중적으로 분석하는 것이 요구된다. 이에, 본 연구에서는 사례 연구가 필요하다고 판단하여, 다음과 같은 방법으로 사례 연구를 수행하였다.

1. 연구 참여자와 연구 맥락

본 연구는 일상 수업에서의 활동을 분석하고자 하는바, 일반 중학교에서 일상 수업이 진행되는 한 학급에 속한 학생들과 지도 교사를 연구 참여자로 선정하였다. 좀 더 구체적으로, 본 연구의 참여자는 일반 중학교 3학년의 같은 학급에 재학 중인 학생 20명과 그들을 지도하는 수학교사 1명이다. 학교는 서울에 위치하나 도심과 떨어진 지역으로, 학부모의 소득 수준과 교육열이 높지 않다. 학생들의 전반적인 학습 수준이 높지 않으나, 학습의 필요성은 인지하고 있다. 수학교사는 3년 차이이며, 석사 과정에 재학 중인 대학원생이기도 하다. 평소 실생활과 연결된 수학 활동에 높은 관심을 갖고 있으며, 자율 활동 시간에 '최적의 코스로 여행계획 세우기'와 같은 실생활 기반의 개방형 문제를 학생들과 함께 해결하기도 하였다. 연구 참여자인 학생들을 3년간 지도했으며, 연구 참여 학생과 교사 간에 높은 래포가 형성되어 있었다. 연구 참여 학생들은 연구 참여 수학 교사에게 지도를 받으면서, 수행평가를 위해 프로젝트 활동을 수행한 경험과 특별활동 시간에 위에서 언급한 실생활 기반의 개방형 문제를 접해본 경험이 있다. 하지만 일상 수업 시간에는 수학적 모델링 활동을 한 경험은 없으며, 주로 교과서 위주의 문제 풀이 수업에 참여했다.

2. 수학적 모델링 과제

김부미(2018)는 집단 창의성 발현을 위한 과제로 학생들의 탐구를 촉발하는 과제, 구조화되지 않은 문제를 제시하면서 이를 위한 수학 과제로 다양한 해법이 존재하는 문제, 문제 해결을 위한 접근 방법을 선택하고 다양한 전략을시도하는 문제, 관점의 전환이 요구되는 문제를 제시한 바 있다. 이는 주어진 실세계 상황에 대해 여러 가지 풀이와 답이 존재하는 수학적 모델링 과제의 특징(Blum & Ferri, 2009; Kaiser, 2017)과 연결된다. 말하자면, 수학적 모델링 과제를 통한 집단 창의성이 발현될 수 있다.

위의 논의를 토대로 설계된 수학적 모델링 과제는 [그림 Ⅲ-1]과 같다. '과자 선택'이라는 실세계 상황에서 다양한 방법으로 접근하여 각자가 생각하는 최고의 과자를 선택할 수 있다. 즉, 여러 가지 풀이와 답이 존재한다. [그림 Ⅲ-1]의 수학적 모델링 과제 해결을 위해, 한국에서 생산되는 5개의 과자를 임의로 선정한 뒤, 과제 해결을 위해 필요한 각 과자의 원재료명, 영양 정보, 가격을 스캔하였다([그림 Ⅲ-2] 참고). 학생들에게는 과자 이름이 그대로 제공되었으며, 여기에서는 각각 P, B, I, C, H로 표기하였다.

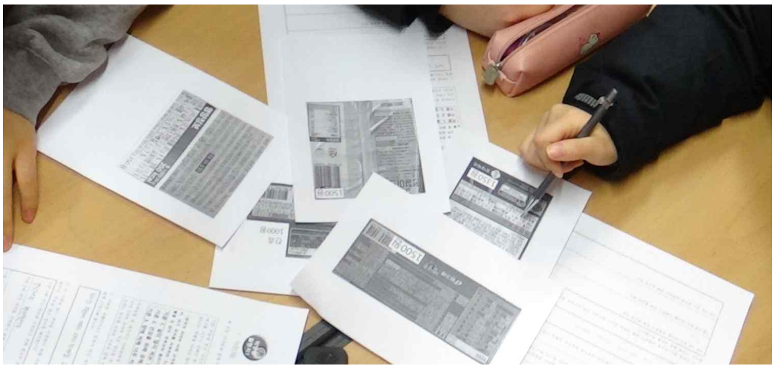
[최고의 과자 찾기] 이번 겨울에 혼자 미국으로 여행을 간 예진이는 호스텔에서 미국 친구 Yeony를 만났습니다. 얘기를 나누고 친해진 후 알고 보니, Yeony는 과자를 리뷰하여 영상을 올리는 유명 유튜버였습니다. 여행을 마치고 돌아온 예진이는 Yeony로부터 이메일 한 통을 받았습니다.

'…한국의 과자에 대해 소개하는 영상을 유튜브에 올리고 싶은데, 과자 2개만 추천해 주면 좋겠어. 내가 과자를 리뷰하는 기준은 아래의 세 가지인데, 이 기준에 맞게 네가 추천해주면 너무 좋을 것 같아. 유튜브에 올라가는 영상인 만큼 확실한 근거가 있으면 좋겠고. …'

기준 1. 살이 많이 찌는 간식은 피한다.
기준 2. 건강을 위해 유해성분을 확인하는 편이다.
기준 3. 양에 비해 너무 비싼 과자는 좋아하지 않는다.

이메일을 본 예진이는 여러분에게 Yeony에게 추천할 과자를 함께 찾아달라고 하였습니다. 주어진 5개의 과자에 적힌 정보를 위 기준에 맞추어 분석한 뒤, 우리나라 최고의 과자 2개를 추천하는 편지를 타당한 이유와 함께 작성해봅시다.

[그림 Ⅲ-1] 수학적 모델링 과제

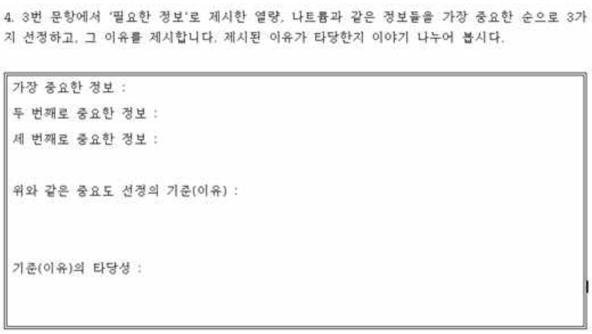


[그림 Ⅲ-2] 학생들에게 제공된 과자의 정보와 정보를 검토 중인 학생들

본 연구에서는 [그림 Ⅱ-1]에 제시된 수학적 모델링 과정을 토대로, 집단 창의성 발현을 위해 다음과 같이 활동지를 구성하였다. 먼저, 활동지는 수학적 모델링의 각 단계에 맞추어 구성된 문항들로 제작되었다(<표 Ⅲ-1> 참고). 이때, 문항에 대한 답으로 다양한 정보, 많은 정보를 제시할 것을 요구함으로써 상호보완적 상호작용을 유도하고자 하였다. 또한, 수학적 모델링 과정이 순환, 반복적으로 나타난다는 점(Blum & Ferri, 2009)을 토대로, 본 연구에서는 수정 및 개선이 각 단계에서 지속적으로 발생할 수 있도록 하였다. 예를 들어, [그림 Ⅲ-3]과 같이 활동지를 구성하여, 수학적 모델링의 각 단계를 수행하는 과정에서 활동과정과 결과에 대한 의견 불일치 및 비판적 검토가 반복으로 이루어질 수 있도록 한 것이다. 이는 집단 창의성 발현을 위한 갈등 기반, 메타인지적 상호작용의 유도와도 연결된다. 정리하자면, 활동지 구성을 통해 집단 창의성 발현의 메커니즘이 되는 세 가지 유형의 상호작용을 유도함으로써 궁극적으로 수학적 모델링 활동을 지원하고자 하였다.

<표 Ⅲ-1> 활동지에 제시된 문항

수학적 모델링 과정	활동지에 제시된 문항
실세계 탐구	1. 어떠한 상황인가요? 문제가 되는 상황은 무엇인지, 머릿속에 떠오르는 상황을 모둠 친구들과 함께 이야기해 봅시다.
문제에 영향 미치는 요인 찾기	2. 각 기준에 맞는 과자를 선택하기 위해 어떠한 정보가 필요한지 모둠 친구들과 함께 이야기해 봅시다. 가능한 많은 정보를 제시합니다.
수학적으로 다양하게 표현하기, 단순화하기	3. 2번에서 필요하다고 생각한 정보를 모든 과자에 대해서 모둠 친구들과 함께 구해봅시다. 구한 정보를 식, 그래프, 표 등 다양한 수학 표현을 이용하여 제시하고, 해당 표현을 사용한 이유를 말해봅시다 해당 표현을 사용한 이유가 타당한지 이야기 나누어보고, 타당하지 않다고 생각되면 타당하지 않은 이유를 제시합니다. 그리고 더 타당하다고 생각되는 새로운 표현을 제시합니다. 예를 들어, Yeony의 기준1에 맞는 과자를 선택하는데 필요한 정보가 열량이라고 생각한다면, '필요한 정보 : (열량)'을 기재하고 모든 과자의 열량을 수집한 뒤 수집한 값들을 표나 그래프, 식으로 표현합니다.
단순화하기, 요소 사이 관계 찾기	4. 3번 문항에서 '필요한 정보'로 제시한 열량, 나트륨과 같은 정보들을 가장 중요한 순으로 3가지 선정하고, 그 이유를 제시합니다. 제시된 이유가 타당한지 이야기 나누어 봅시다.
요소 사이 관계 찾기	5. 4번에서 선정한 중요도에 따라, 3번의 답에 제시된 과자별 정보를 다시 살펴봅시다. 각 중요도에 따른 과자 랭킹을 정합니다.
수학적 모델 도출 수학적 결론 모델 적용	6. 5번의 답에 제시된 과자들의 랭킹은 서로 같은가요, 다른가요? 만약 랭킹이 서로 다르다면, 최고의 과자를 어떻게 선정할 수 있을까요? 서로 다른 랭킹들을 종합적으로 이용하여 최고의 과자 2개를 선택할 수 있는 방법을 3가지 생각해 봅시다.
최종 모델 산출	7. 6번에서 살펴본 3가지 방법 중 가장 적절한 방법을 선택하고, 다른 방법에 비해 더 적절하다고 생각한 이유를 말해봅시다. 8. 지금까지의 분석결과를 이용하여 Yeony에게 최고의 과자 2개를 추천하는 편지를 작성하려고 합니다. 아래에 편지 내용을 대략적으로 스케치해 보고, 편지지에 편지를 작성합니다.


4. 3번 문항에서 '필요한 정보'로 제시한 열량, 나트륨과 같은 정보들을 가장 중요한 순으로 3가지 선정하고, 그 이유를 제시합니다. 제시된 이유가 타당한지 이야기 나누어 봅시다.

가장 중요한 정보 :
두 번째로 중요한 정보 :
세 번째로 중요한 정보 :

위와 같은 중요도 선정의 기준(이유) :

기준(이유)의 타당성 :

[그림 Ⅲ-3] 4번 문항 활동지 구성

3. 수업 설계

수업은 모둠활동으로 진행되었다. 4명씩 한 모둠을 구성하였으며, 하나의 모둠은 하나의 집단을 형성한다. 모둠 구성원들은 각각 사고제시자, 갈등유발자, 사고종합자의 역할을 맡았다. 사고제시자, 갈등유발자, 사고종합자는 각각 과제에 대한 의견을 자유롭게 제시하는 역할, 제시된 사고에 반대의견을 제시하는 역할, 제시된 사고들을 비판적으로 검토하고 평가하는 역할을 담당한다. 이와 같은 역할분담은 집단 내 다양한 관점을 반영하여 집단 창의성을 강화하기 위한 방안으로 사회적 역할을 부여하는

것이 효과적이라는 여러 선행연구(정혜윤, 이경화, 2018; 조무정, 진석언, 2016; Nemeth & Nemeth-Brown, 2003)를 참고한 것이다. 그리고 이를 통해 이론적 배경에서 살펴본 상호보완적, 갈등기반, 메타인지적 상호작용을 각각 유도하게 된다. 각 모둠은 학생들의 역할분담과 수학 학습 수준, 평소 학생 간의 친분을 종합적으로 고려하여 구성되었다.

총 5개의 모둠이 구성되었는데, 본 연구에서는 이들 중 상호작용이 가장 활발하게 나타난 한 모둠에 초점을 두고 관찰한 결과를 제시하고자 한다. 모둠을 구성하는 4명의 학생은 평소 친밀감이 높은 남학생 2명, 여학생 2명으로 구성되었다. 학생들은 각각 S1, S2, S3, S4로, 교사는 T로 표시한다.

관찰대상이 되는 학생들은 <표 Ⅲ-2>와 같이 사고제시자, 갈등유발자, 사고종합자의 역할을 부여받았다. 이들의 학습 수준은 상위권에서 하위권에 이르기까지 다양한 수준이다(S3과 S4는 상위권, S1은 중위권, S4는 하위권). 지도교사에 따르면, 관찰대상 학생들은 수학 학습 능력에는 차이가 있지만 평소 수학적 의사소통을 활발히 하는 학생들이다. 갈등유발자 역할을 맡은 두 명의 학생은 자신과 다른 타인의 생각에 대응하여 자신의 반대의견을 제시하는 데 큰 어려움이 없는 학생들이며, 사고종합자 역할을 맡은 학생은 모둠 활동 시 동료들의 의견을 수합하고 중재하는 데 큰 어려움이 없는 학생이다. 마지막으로 사고제시자 역할을 맡은 학생은 반대의견을 제시하거나 충돌하는 의견들을 중재하는 데 어려움을 느끼는 학생으로, 동료의 의견에 주로 동의하는 성향을 지닌다. 각자의 성향에 맞는 역할분담을 수행하는 학생들에 의한 수학적 모델링 활동이 집단 창의성 발현에 어떠한 기여를 하는지, 그리고 발현된 창의성이 수학적 모델링에 어떤 기여를 하는지 확인할 수 있을 것이라고 판단하였다.

<표 Ⅲ-2> 학생들의 역할분담

역할	사고제시자	갈등유발자	사고종합자
학생	S4	S1, S3	S2

학생에게는 활동지가 제공되었다. 학생들은 활동지 해결 과정에서 자유롭게 상호작용에 참여하였으며, 문항에서 별도로 요구하는 상호작용 유형이 있는 경우 <표 Ⅲ-1>의 역할을 수행하였다. 예를 들어, [그림 Ⅲ-3]과 같은 메타인지적 상호작용을 유도하는 활동지 해결 시, 학생들의 역할 중 사고종합자 역할을 특히 강조함으로써 메타인지적 상호작용이 적극적으로 이루어질 수 있도록 하였다.

마지막으로, 교사에게는 수업 환경 조성 방향, 수업 진행 과정, 각 문항에 대한 발문이 제시된 수업설계안과 학생 활동지의 각 문항에 대한 예상 활동과 창의적 시너지 및 답안이 제시된 지도안이 제공되었다. 교사는 집단 창의성 발현을 위해 다음과 같은 성격의 발문을 하는 안내자 역할을 하였다. 첫째, 교사는 학급 전체에 활동지의 각 문항 해결 시 요구되는 활동을 안내하고 상호작용을 하는 데 개방적인 분위기를 조성하기 위한 발문을 제공하였다. 특히, 타인의 의견에 개방적인 태도와 비판적인 사고를 강조하였는데, 이는 집단 창의성 발현을 위해 요구되는 개방성과 상호작용을 유도하기 위함이다(Luria, Sriraman, & Kaufman, 2017; Milliken, Bartel, & Kurtzburg, 2003, p. 34; Starko, 1995, pp. 276-280). 둘째, 문항 해결 과정에서 도움이 필요한 집단별로 활동 방향을 안내하는 발문을 제공하였다. 예를 들어, 집단 내 상호작용이 갈등 기반 상호작용에서 머무르는 경우, 해당 집단에 메타인지적 상호작용 등 다른 유형의 상호작용을 유도하기 위한 발문을 하기도 하였으며, 문항 해결을 위해 고려해야 하는 요소를 추가로 찾아볼 것을 유도하는 발문을 하기도 하였다.

수업은 45분씩 3차시에 걸쳐 진행되었다. 1차시 수업에서 실세계 탐구, 문제에 영향 미치는 요인 찾기, 수학적으로 다양하게 표현하기 단계, 2차시 수업에서 단순화하기, 요소 사이 관계 찾기, 수학적 모델 도출 및 수학적 결론, 모델 적용 단계가 수행되었다. 그리고 3차시에 최종 모델 산출 단계가 수행되었다.

4. 자료 수집과 분석

연구의 신뢰성과 타당성을 높이기 위해, 자료 수집과 분석을 다각화하였다(Creswell, 2014, pp. 223-246). 구체적인 절차는 다음과 같다. 먼저, 자료 수집의 출처를 다양화하였다. 수업장면을 녹음, 녹화한 뒤 모두 전사하고, 활동지를 모두 수합하여 스캔하였다. 연구자는 수업을 관찰하면서 현장 노트를 작성하였다. 자료 분석 시 풍부하고 밀도 높은 서술을 하였으며, 자료 분석 후에는 분석 결과에 대해 동료 보고와 연구 참여자 점검을 수행하였다. 해석 결과에 대한 의견이 일치하지 않는 경우, 논의를 통해 조정을 거쳐 합의를 이끌었다.

자료의 분석의 절차는 Creswell(2013, 2014)과 우정호 외(2014)를 참고하여 다음과 같이 진행된다. 이때, 분석의 대상이 되는 사례의 선정과 관련하여, Sawyer(2012, p. 244)는 집단 내 상호작용 분석은 집단 내 의사소통 분석으로 진행된다고 하였다. 집단 창의성의 발현은 상호작용 발생 과정에서 나타나는바, 본 연구 역시 집단 내 의사소통을 근거로 하여, 다음과 같은 절차로 집단 창의성 발현 사례를 분석하고자 한다.

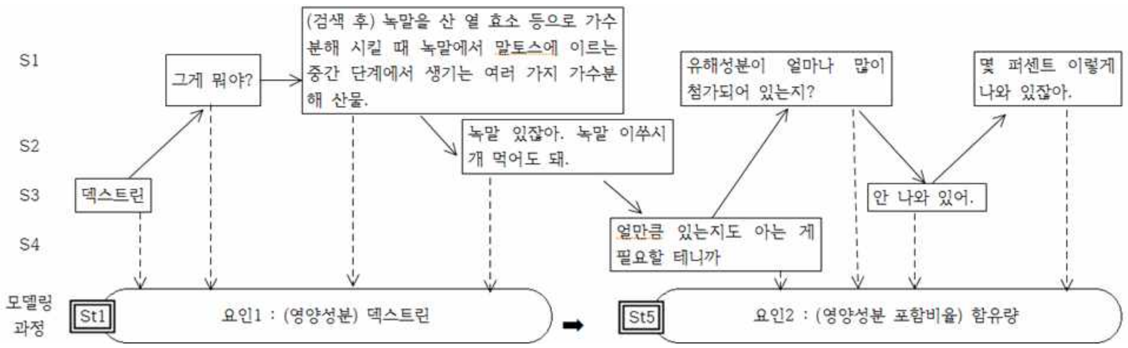
첫째, 모든 자료를 반복적으로 읽고 확인한 뒤, 과제 해결 과정에서 나타난 수학적 모델링 단계를 확인한다. 둘째, 수학적 모델링의 각 단계에서 발현된 집단 창의성 사례를 선정한다. 이때, 이론적 배경에서 살펴본 상호작용 유형과 창의적 시너지의 정의에 맞추어 사례를 정의한다. 셋째, 선정된 사례를 연구결과의 [그림 Ⅳ-1]과 같이 구성원 간의 상호작용과 모델링 활동 과정을 보여주는 틀로 표현한다. 이는 Núñez-Oveido, Clement, & Rea-ramirez(2008)가 제시한 모델링 과정에서의 상호작용 표현틀을 변형한 것으로, 실선 화살표의 진행 방향을 따라 직사각형에 제시된 구성원들(S1, S2 등)의 담화가 진행되는 과정을 보여준다. 수학적 모델링의 각 결과물은 모서리가 둥근 사각형에 제시한 뒤, 굵은 화살표로 흐름을 보여준다. 구성원의 발언이 제시된 직사각형과 발언에 대응하는 결과물이 제시된 둥근 사각형은 점선 화살표로 연결된다. 넷째, 표현틀에 제시된 발화 사이의 연결 속에 내재된 상호작용(Sawyer, 2012)을 이론적 배경에 제시한 상호보완적, 갈등 기반, 메타인지적 상호작용의 세 가지 유형으로 범주화하고 창의적 시너지를 확인한다. 이때, 창의적 시너지는 수학적 모델링 활동뿐 아니라 일반적인 수학학습 측면까지 포함하여 나타난다. 다섯째, 관찰된 창의적 시너지로부터, 발현된 집단 창의성의 수학적 모델링 지원 방향을 분석한다.

Ⅳ. 연구결과

연구결과, 첫째, 수학적 모델링의 단계별로 다양한 유형의 상호작용과 그에 따른 창의적 시너지가 관찰되었다. 둘째, 창의적 시너지는 수학적 모델링 활동의 수행을 지원하는 방향으로 나타났는데, 유도된 상호작용의 유형에 따라 활동을 지원하는 수준과 범위에 차이가 있었다. 아래에서는 이에 대한 자세한 분석 결과를 제시한다.

1. 실생활 탐구 및 문제에 영향 미치는 요인 찾기 단계에서 관찰된 사례

학생들은 <표 Ⅲ-1>의 1번 문항에서 과제의 전체적인 맥락을 확인하였으며, 2번 문항에서 구체적으로 문제 해결을 위해 필요한 정보, 즉, 문제에 영향 미치는 요인을 수집하였다. [그림 Ⅳ-1]은 문제에 영향 미치는 요인 찾기 단계에서 관찰된 상호작용 사례를 보여준다.



[그림 Ⅳ-1] 문제에 영향 미치는 요인 찾기 단계에서 관찰된 상호작용 사례

[그림 Ⅳ-1]의 연결된 화살표의 진행 방향에 따라 살펴보면, 처음에 S3이 Yeony가 제시한 기준 2에 영향을 미치는 과자 성분을 찾는 과정에서 과자의 주원료에 제시된 ‘덱스트린’을 언급하자, S1은 덱스트린이 기준 2에 해당하는 유해성분인지 여부를 확인하기 위해 인터넷을 검색하여 덱스트린의 정의를 확인하였다. 덱스트린의 정의에 ‘녹말’이 언급되자 S2가 녹말은 유해성분이 아니라는 의견을 제시하였다(St1). 어떠한 성분이 유해성분인지 아닌지에 대한 논의가 진행되는 가운데, S4는 과자의 주원료에 유해성분이 포함되었는지 여부뿐 아니라 포함비율도 중요하다는 의견을 제시하였다. 이후 집단 구성원들은 S4의 의견에 따라 각 유해성분의 포함비율을 확인하였다(St2).

[그림 Ⅳ-1]에서 확인할 수 있듯이, 집단 구성원들은 수학적 모델링 과제에서 Yeony가 제시한 기준을 충족시키기 위해 과자의 영양성분 정보를 누적적으로 수집, 공유하였다. 즉, [그림 Ⅳ-1]의 사례는 문제에 영향 미치는 요인 찾기 단계에서 누적적인 정보 수집과 공유를 통해 집단 내 정보가 ‘영양성분’으로부터 ‘영양성분 포함비율’로 확장되는 과정을 보여준다. 결과적으로, 집단 구성원들은 상호보완적 상호작용을 통해 아래의 [그림 Ⅳ-2]와 같이 다양한 정보를 수집하였다.

[그림 Ⅳ-2] 2번 문항 활동지 결과

문제에 영향 미치는 요인 찾기 단계에서 관찰된 상호작용 유형과 창의적 시너지는 <표 Ⅳ-1>과 같다. 이는 해당 단계에서 발생한 상호보완적 상호작용과 그에 따른 창의적 시너지가 집단 내 사고의 확장을 통해 문제에 영향 미치는 요인을 다양화하는 방향으로 수학적 모델링 활동을 지원하였음을 보여준다.

<표 Ⅳ-1> 문제에 영향 미치는 요인 찾기 단계에서 관찰된 상호작용 유형, 창의적 시너지 및 모델링 지원 방향

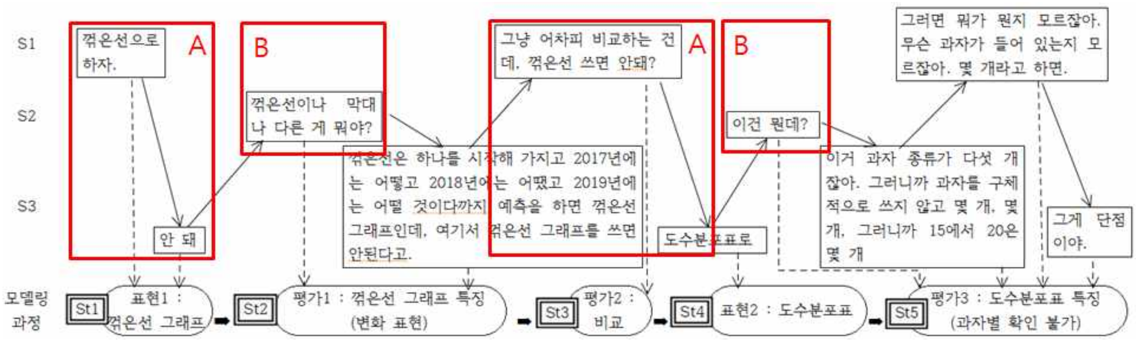
상호작용 유형	창의적 시너지	수학적 모델링 활동 지원 방향
상호보완적	- 다양한 요인 공유 - 집단 내 사고의 확장	- 문제에 영향 미치는 요인의 다양화

2. 수학적으로 다양하게 표현하기 단계에서 관찰된 사례

위의 [그림 Ⅳ-2]에 제시된 나트륨, 지방 등은 집단 구성원들에 의해 수집된 문제에 영향 미치는 요인을 의미한다. 이후 <표 Ⅲ-1>의 3번 문항 해결 과정에서, 학생들은 이들 요인 중 5가지를 선택[3]한 뒤, 여러 가지 수학적 표현을 이용하여 해당 요인에 대한 과자별 정보를 나타냈다. 이때 교사는 다음과 같은 학급 전체 발문을 통해 문항에서 요구하는 활동을 안내하고, 집단 내 상호작용을 강조하였다. 특히, 요인별로 서로 다른 수학적 표현을 사용하고, 서로 다른 표현의 장단점 등을 비교할 것을 제안하면서 집단 내 사고의 다양성과 비판적 검토를 유도하였다.

T1[4] : 필요한 정보로 칼로리 했으면, 수학 표현을 이용해서 정보 제시를 하는 거야. 그러니까, 칼로리를 비교할 거야. 비교할 때 뭐는 몇 칼로리 다 쓰는 방법도 있지만, 조금 더 우리가 알아보기 편하려면 뭐가 있겠냐? 그래프도 있고, 표도 있고. 여러 가지 많지? 그런 거를 수학적인 표현을 활용하여 써보는 거야. (중략) <u>무조건 다 그래프도 아니고 표도 아니야. 각각에 맞는, 대개 가장 효율적인 표현들이 있을 거야. 가능한 다른 표현으로, 한 번 해보세요.</u> 무슨 말인지 알겠지? 비교해 보세요. <u>비교해 보고 왜 이런 표현을 썼는지까지 쓰면 될 것 같아. 최대한 상의해서.</u>

교사의 발문 이후, 학생들은 과자를 선택하는 데 중요하게 고려되는 요소로 당류, 열량 등을 선택한 뒤, 과자별 당류의 함유량 등을 나타내기 위해 막대그래프, 표, 부등식 등 다양한 수학적 표현을 사용하였다. [그림 Ⅳ-3]은 과자별 당류의 함유량을 나타내기 위해 적절한 수학적 표현을 선택하는 과정이다.

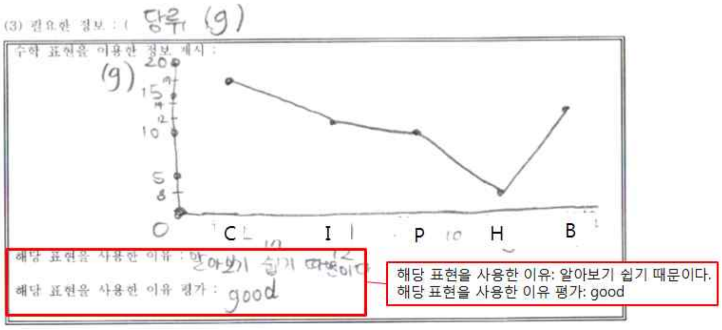


[그림 Ⅳ-3] 수학적으로 다양하게 표현하기 단계에서 관찰된 상호작용 사례

[그림 Ⅳ-3]의 연결된 화살표의 진행 방향에 따라 살펴보면, S1이 과자별 당류의 함유량을 나타내기 위해 꺾은선그래프를 제안하자 S3가 반대하였다(St1). S2가 반대 이유를 알기 위해 막대그래프와

3) 기준 1과 2에 해당하는 요인을 각각 2개씩 선정하고, 기준 3에 해당하는 요인을 1개 선정하였다.
4) T1, T2는 모두 한 명의 연구 참여 교사 T의 발언이다. 결론에서 각 발문을 구별하여 효과를 제시하기 위해 본문에 제시된 발언의 순서별로 숫자를 부여하였다.

꺾은선그래프의 차이를 물어보자, S3는 꺾은선그래프가 ‘변화’를 나타낼 때 쓰인다는 사실을 제시하며 과자별 당류를 표현하기에 꺾은선그래프가 적절하지 않음을 주장하였다(St2). 이에, S1은 꺾은선그래프가 ‘비교’하기에 편하다는 점을 내세우며, 꺾은선그래프의 본래 활용법을 고수하기보다 편리성을 위해 유연하게 사용할 것을 주장하였다(St3). 하지만 S3는 여전히 반대하며 도수분포표를 제안하였다(St4). S2가 도수분포표의 의미를 물어보자 S3가 답하였는데, S3의 설명을 들은 S1은 도수분포표의 단점을 지적하였다(St5). S3 역시 S1이 지적한 도수분포표의 단점을 인정하였으며(St5), 결과적으로 꺾은선그래프를 사용하여 과자별 당류를 표현하였다([그림 Ⅳ-4] 참고).



[그림 Ⅳ-4] 3번 문항 활동지 결과

[그림 Ⅳ-3]을 살펴보면, 수학적 표현을 찾는 과정에서 꺾은선그래프, 막대그래프, 도수분포표 등 다양한 수학적 표현이 공유되는 상호보완적 상호작용이 관찰된다. 또한, A와 같이 S1과 S3의 의견이 불일치하는 갈등 기반 상호작용이 관찰된다. [그림 Ⅳ-3]의 A에 이어 [그림 Ⅳ-3]의 B에 제시된 S2의 질문은 집단 내에 공유된 수학적 표현들의 특징을 평가하는 계기가 되었다. 갈등유발자인 S1과 S3의 역할과 사고종합자인 S2의 역할이 결합되면서, 갈등 기반 상호작용이 메타인지적 상호작용으로 연결된 것이다. 즉, [그림 Ⅳ-3]은 집단 구성원 간의 사고가 수집되고, 사고 불일치로 갈등이 유발되며, 집단 내 공동 평가를 통해 사고가 검증, 합의되어 가는 상호보완적, 갈등 기반, 메타인지적 상호작용이 순환적으로 발생하는 과정을 보여준다.

이때, 상호보완적 상호작용을 통해 집단 내에 공유되는 수학적 표현의 다양성이 확장되고, 갈등 기반, 메타인지적 상호작용을 통해 제시된 문항을 해결하기 위해 가장 적절한 수학적 모델을 찾는 등의 창의적 시너지가 관찰되었다. 특히, 구성원 간의 사고 불일치를 해결하는 과정에서 나타난 메타인지적 상호작용은 학생들에게 여러 가지 표현의 장단점과 쓰임새를 학습하는 기회를 제공하였다. 결과물이라고 할 수 있는 꺾은선그래프의 사용은 주어진 상황을 가장 적절하게 표현하기 위해 수학적 표현의 본래 의미를 새롭게 해석하고 반영하는 표현의 변형적 활용을 보여준다. 이는 수학적 모델링 활동에서 다양한 표현의 개발이 개념체계의 변화를 이끈다는 Lesh & Doerr(2012, p. 365)와도 맥락을 같이 한다.

수학적으로 다양하게 표현하기 단계에서 관찰된 상호작용 유형과 그에 따른 창의적 시너지는 <표 Ⅳ-2>와 같다. 이는 해당 단계에서 발생한 상호작용과 그에 따른 창의적 시너지가 다양한 수학적 표현 중에 과제 맥락을 가장 적절하게 반영하는 표현을 선택하는 방향으로 수학적 모델링 활동을 지원하였음을 보여준다.

<표 Ⅳ-2> 수학적으로 다양하게 표현하기 단계에서 관찰된 상호작용 유형, 창의적 시너지 및 모델링 활동 지원 방향

상호작용 유형	창의적 시너지	수학적 모델링 활동 지원 방향
상호보완적	- 다양한 수학적 표현 공유	- 다양한 수학적 표현 중 과제 맥락을 가장 적절하게 반영하는 표현 선택
갈등 기반 메타인지적	- 수학적 표현의 차별적 특징(장단점, 쓰임새) 탐색 - 주어진 상황을 고려한 표현 선택 - 수학적 표현의 변형적 활용	

3. 단순화하기 및 요소 사이 관계 찾기 단계에서 관찰된 사례

3번 문항 해결 결과, 학생들은 문제에 영향 미치는 요인으로 칼로리, 가격, 지방, 나트륨, 당류의 다섯 가지를 선정하였다. 4번 문항 해결 과정에서, 학생들은 위의 5개 요인 중 과자 선정에 가장 중요한 요인 3가지를 선정하였다. 이는 과제 해결 시 실세계의 모든 측면을 고려할 수 없으므로 문제에 영향 미치는 요인을 단순화하는 작업이 필요한 데서 나온 활동이다. 단순화 과정에서 주요 요인 선정을 위한 기준이 다양하게 논의되었으며, 기준 수립 과정과 수립된 기준에 따른 주요 요인 선정 과정에서 상호보완적, 갈등 기반, 메타인지적 상호작용이 순환적으로 나타났다.

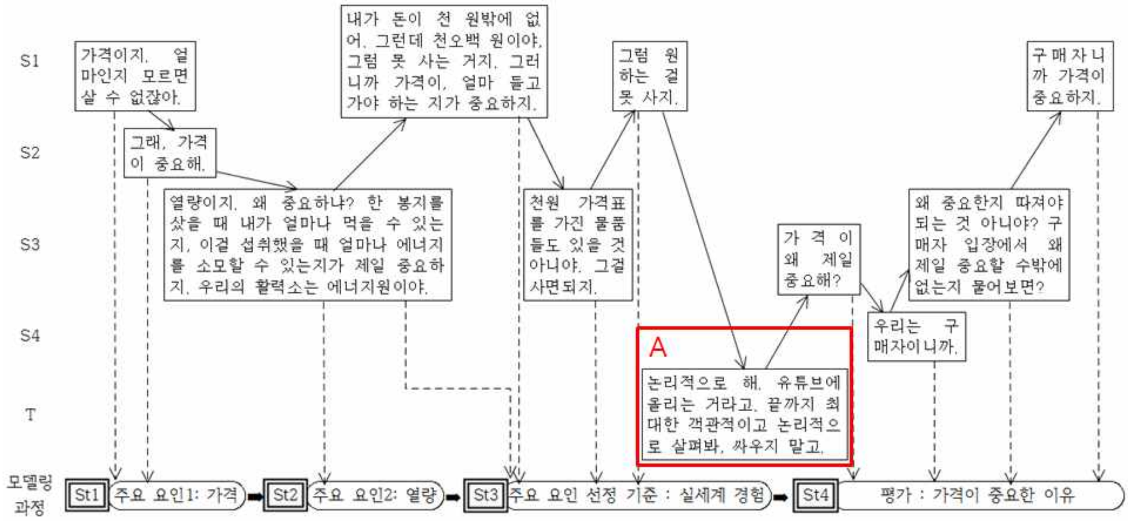
4번 문항을 해결하기 전에, 교사는 다음과 같은 학급 전체 발문을 통해 4번 문항에서 요구하는 활동을 안내하였다. 3번 문항과 연계된 활동임을 강조하면서, 문항 해결의 구체적인 예를 제시하고, 집단 내 상호작용을 유도하였다.

T2 : (3번에서) 표현을 해보았어. 이제 뭐 할 거냐? 이거를 써먹어야겠지? (중략) 너희가 예를 들어서 지금 (3번에서) 다섯 가지 정보를 썼지. 그럼 너희 다섯 가지 중에서도 중요하다고 생각한 것이 있을 거 아니야. 제일 중요한 거, 예를 들어, 나는 당이, 탄수화물이, 지방이 중요해. 이럴 수도 있어. 그 가장 중요하다고 생각하는 거 세 개를 고르는 거야. 나는 제일 중요한 게 나트륨의 양이다. 왜냐하면, 나트륨은 몸에 유해하기 때문이라고 생각할 수도 있고. 그래서 가장 중요하다고 생각하는 세 개를 정하고, 그 세 개를 정한 이유가 있을 거 아니야. (중략) 그거를 너희가 얘기해 보면서 4번 아래 칸을 한 번 채워봅시다.

1) 실세계 경험을 고려한 기준 수립 과정에서 관찰된 상호작용

4번 문항에 대한 논의가 시작되자, 학생들은 과자 선정을 위한 기준을 수립하려고 했으며 기준 수립의 근거로 가장 먼저 각자의 실생활 경험을 제시하였다. [그림 Ⅳ-5]는 실세계 경험을 고려하여 과자 선정의 기준을 수립하는 과정을 보여준다. 화살표의 진행 방향에 따라 살펴보면, S1이 가격을 우선적으로 고려해야 함을 주장하자 S2가 이에 동의하면 가격의 중요성을 인정하였다(St1). 하지만 S3가 이에 반대하며 열량이 가장 중요함을 제시하였다(St2). 이때, S1과 S3의 주장은 각자의 실세계 경험을 고려한 것이다(St3). S1과 S3의 의견 불일치가 발생하는 원인에 대한 검토와 평가가 이루어지지 않는 상황에서 갈등이 지속되자, 해당 집단 구성원들에게 교사가 주장의 논리성과 객관성을 강조하면서 메타인지적 상호작용을 유도하는 발문을 하였다([그림 Ⅳ-5]의 A 참고). 경험의 주관성에 치우친 주장이 아닌 객관적인 이유에 근거한 평가가 이루어져야 함을 강조한 것이다. 교사의 발문 이후 S3가 가격의 중요성을 묻는 등 기준의 적절성을 평가하고자 하였으나, 메타인지적 상호작용으로 이어지지 못한 채 결과적으로 갈등 기반 상호작용에 그치게 되었다(St4).

[그림 Ⅳ-5]에 나타난 갈등 기반 상호작용을 살펴보면, 구매자 입장에서 가격이 제일 중요한 이유가 타당하게 제시되지 않자 가격과 열량 중 더 적절한 기준 수립에 대한 의견이 합의되지 못하였다. 즉, 단순화를 위한 주요 요소 선정 기준이 타당성 있게 수립되지 못하자, 주요 요소 선정에서도 합의가



[그림 Ⅳ-5] 단순화하기 단계에서 관찰된 상호작용 사례1. 실세계 경험을 고려한 주요 요인 선정

이루어지지 못한 것이다.

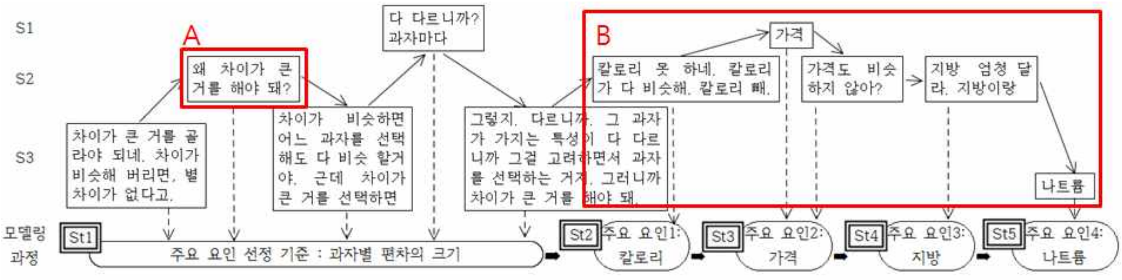
2) 수학적 표현의 의미를 고려한 기준 수립 과정에서 관찰된 상호작용

실세계 경험에 토대를 둔 논의가 지속되면서 수학적 개념 혹은 의미에 대한 고려가 이루어지지 못하였다. 이에, 교사는 해당 집단에 다음과 같이 발문함으로써 3번 문항의 수학적으로 다양하게 표현하기 단계에서 수행한 활동이 고려되어야 함을 상기시켰다. 실세계 경험뿐 아니라, 수학적 의미가 반영되어야 함을 안내한 것이다.

T3 : (3번 문항 활동지를 가리키며) 막대그래프가 격차가 좀 어떤 것 같아?
S1: 다 달라요.
T4 : 그렇지, 다 다르지. 그런데 봐봐, 상식적으로 과자가 이렇게 네 개가 있는데, 네 개 뭘 먹든 다 똑같아. 그런데 이걸 우선 순위로 선정할 필요가 있을까?
S3 : 아니요.

발문 이후 모둠 내 상호작용은 [그림 Ⅳ-6]과 같이 진행되었다. [그림 Ⅳ-6]의 화살표 진행 방향에 따라 살펴보면, S3가 과자에 따라 차이가 큰 요인을 과자 선정의 기준으로 수립해야 함을 언급하였다. 이에 대해 S2가 그 이유를 묻자([그림 Ⅳ-6]의 A 참고), S3와 S1이 서로 보완적으로 이유를 설명하면서 과자별 편차의 크기가 주요 요인 선정 기준으로 수립되어야 함을 강조하였다(St1). 이후 S2는 S1과 S3의 설명을 듣고 이해하는 모습을 보이며, 편차가 작은 칼로리(열량)와 가격은 주요 요인으로 선정하기 어렵고 편차가 큰 지방이 주요 요인으로 선정되어야 한다는 의견을 적극적으로 제시하였다(St2, St3, St4). S2의 의견에 이어 S3도 나트륨을 추가로 제안하였다(St5).

[그림 Ⅳ-6]을 살펴보면, A에 나타난 S2의 질문에 답하는 과정에서 집단 구성원들이 선정기준을 함께 검토할 수 있었다. 이후 집단 구성원들은 설정된 기준에 따라, 상호보완적으로 3번 문항에 답한 칼로리, 가격, 지방, 나트륨, 당류의 다섯 가지 요인을 함께 검토하였다([그림 Ⅳ-6]의 B 참고). 그 과정에서 S1이 가격을 언급하자 S2가 '(과자별 차이가) 비슷하다'는 의견을 제시하면서 가격이 적절하지



[그림 Ⅳ-6] 단순화하기 단계에서 관찰된 상호작용 사례2. 수학적 표현의 의미를 고려한 주요 요인 선정

않음을 주장하였고, S1은 S2의 의견을 받아들였다. 이는 [그림 Ⅳ-5]의 갈등 기반 상호작용과 대조되는 모습으로, 주요 요인 선정기준이 수학적으로 명확한 근거를 갖는 경우 수립된 기준을 토대로 사고가 보완적으로 공유될 수 있음을 보여준다. 메타인지적 상호작용에서 이어진 구성원들의 적극적인 상호보완적 상호작용은 주요 요인 선정기준의 타당성을 검토하고, 동시에 선정된 주요 요인의 타당성을 검토하게 하였다.

3) 과제 맥락을 고려한 기준 수립 과정에서 관찰된 상호작용

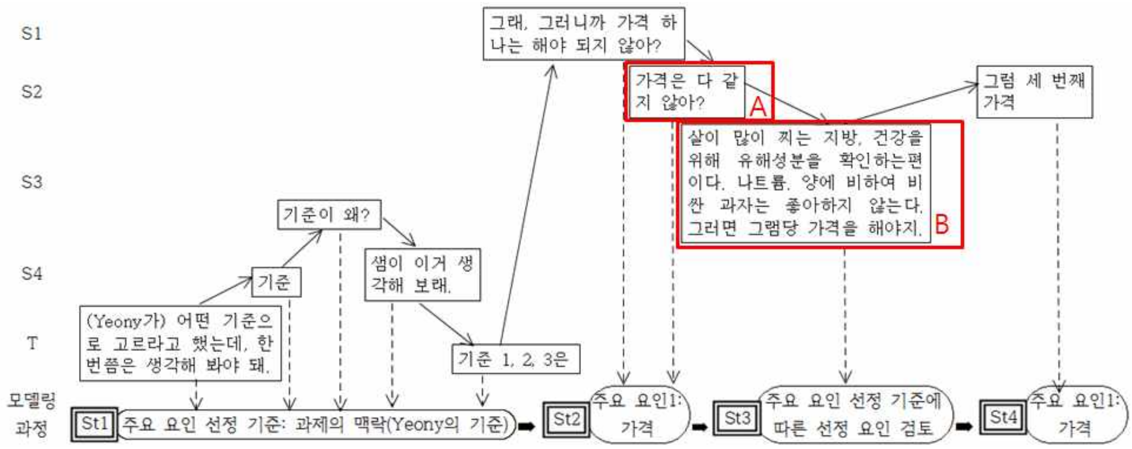
수학적 표현의 의미를 고려한 주요 요인 선정이 이루어지면서, 학생들은 과자별 함유량의 차이가 큰 나트륨과 지방, 당류를 주요 요인으로 선정하고자 하였다. 이때, 학생들이 수학적 표현의 의미에 몰입하면서 과제에서 Yeony가 제시한 기준을 고려하지 않자, 교사는 Yeony가 제시한 기준도 검토할 것을 제안하였다. 해당 집단에 대한 교사의 발문은 학생들에게 과제 맥락을 살펴보는 계기를 제공하였다. 교사의 발문 이후 집단 내 상호작용은 [그림 Ⅳ-7]과 같이 나타났다.

[그림 Ⅳ-7]의 화살표 진행 방향에 따라 살펴보면, 교사의 발문에 S4가 반응하며 기준에 대한 고려가 있어야 함을 제안하였다(St1). 교사가 다시 기준 세 가지를 언급하려고 하자, 교사의 발문을 이해한 S1이 Yeony가 제시한 기준을 고려해야 함을 인지하고, 주요 요인으로 가격을 추가할 것을 제안하였다(St2). S1의 제안에 대해 S2가 가격의 경우 과자별 차이가 크지 않음을 언급하며 기준으로 부적절함을 주장하자(St2), S3가 Yeony의 기준에 대응하는 주요 요소를 하나씩 검토하면서 가격의 필요성을 주장하였다(St3). S2는 S3의 검토가 적절하다고 판단하여 가격을 주요 요인으로 인정하고, 최종적으로 그램당 가격이 주요 요인에 포함되었다(St4).

앞서 수학적 표현의 의미를 고려한 경우, 가격은 과자별 차이가 크지 않아서 주요 요인으로 선정되지 않았다([그림 Ⅳ-6]의 St3 참고). 하지만 과제 맥락을 고려하자, Yeony가 제시한 기준을 충족시키기 위해 가격이 포함되게 되었다. 이는 실세계 경험, 과제 맥락 등 주요 요인 선정을 위해 수립된 기준에 따라 단순화 결과가 다르게 나타날 수 있음을 보여준다. 결과적으로, 수학적 표현의 의미와 과제 맥락을 결합한 기준이 수립되고 이에 따른 주요 요인이 선정되었다([그림 Ⅳ-7]의 B 참고).

4) 소결

주요 요인을 선정하는 단순화하기 단계에서 실세계 경험, 수학적 표현의 의미, 과제 맥락 등의 다양한 기준이 순환, 반복적으로 논의되었다. 처음에는 실세계 경험, 수학적 표현의 의미 등 단일한 기준을 적용하여 주요 요인을 선정하였다. 특히, 실세계 경험에 기반한 비수학적 주장이 제일 먼저 사용되



[그림 Ⅳ-7] 단순화하기 단계에서 관찰된 상호작용 사례3. 과제 맥락을 고려한 주요 요인 선정

었다. 자신의 실세계 경험에 근거한 주장의 우선적인 논의는 Doerr & English(2003)에 소개된 모델링 다중해석주기의 첫 번째 주기의 특징과 일치한다. 이후 구성원들은 수학적 표현의 의미와 과제 맥락이 혼합된 기준을 적용하여 주요 요인을 최종적으로 선정하였다. 이때 해당 집단에 대한 교사의 개별적인 발문이 중요한 역할을 하였는데, 이전 문항과의 연결성을 검토(T3, T4)하거나 과제의 맥락을 검토할 것을 요구([그림 Ⅳ-7]의 교사 발문)하는 발문은 메타인지적 상호작용을 유도함으로써 학생들의 복합적인 기준 설정에 도움을 주었다. 즉, 교사의 발문이 집단 창의성 발현을 위한 상호작용을 유도함으로써 학생들의 사고 방향을 전환하는 데 결정적인 역할을 할 수 있음을 보여준다.

집단 내 상호작용이 메타인지적 상호작용으로 이어진 데에는 교사의 발문과 함께 사고종합자의 역할 수행도 기여하였다. [그림 Ⅳ-5]의 경우 갈등유발자인 S1과 S3의 불일치하는 의견에 대해 S2가 사고종합자로서 역할하지 못하였는데, 이로 인해 결과적으로 집단 내 상호작용은 갈등 기반 상호작용에 머물렀다. 반면, [그림 Ⅳ-6]의 A와 [그림 Ⅳ-7]의 A에서는 사고를 평가, 검토하는 사고종합자 역할을 하였으며, 결과적으로 집단 내 상호작용은 메타인지적 상호작용으로 이어지게 되었다.

[그림 Ⅳ-5], [그림 Ⅳ-6], [그림 Ⅳ-7]에서 확인할 수 있듯이, 실세계 경험에 기반한 기준을 수립할 때에는 주관적인 판단의 개입으로 기준 수립의 근거에 대한 타당성이 확보되지 않아 주장에 대한 타당성 검증 없이 갈등만이 존재하였다. 하지만, 이후 수학적 표현의 의미와 과제 맥락에 근거할 때에는 타당성 있는 평가가 뒷받침됨으로써 메타인지적 상호작용이 이루어졌다. 기준 수립 시 타당한 근거의 존재가 집단 내 의견 불일치에 따른 갈등 기반 상호작용을 메타인지적 상호작용으로 이끌게 되는 것이다. 이러한 결과는 수학적 모델링이 학생들이 접하는 실생활을 기반으로 진행되는 활동이긴 하나, 그 기저에는 수학적 개념과 주어진 상황에 대한 정확한 이해가 있어야 의미 있는 활동이 될 수 있음을 보여준다.

단순화하기 단계에서 관찰된 주요 요인 선정기준의 근거에 따라 관찰된 상호작용 유형과 창의적 시너지는 <표 Ⅳ-3>과 같다. <표 Ⅳ-3>에서 메타인지적 상호작용으로 진행되지 못한 갈등 기반 상호작용의 경우 수학적 모델링 활동을 지원하는 데 한계가 있음을 알 수 있다. 메타인지적 상호작용을 통해 집단 내 의견 검토와 평가가 이루어질 때, 집단 창의성을 이용한 수학적 모델링 활동의 지원이 의미 있는 것이다. <표 Ⅳ-3>의 결과는 해당 단계에서 발생한 상호작용 유형과 그에 따른 창의적 시너지가 단순화를 위한 주요 요인 선정 기준을 타당성 있게 수립하고, 수립된 기준에 맞추어 적절한 주요 요인을 선정하는 방향으로 수학적 모델링 활동을 지원하였음을 보여준다.

<표 Ⅳ-3> 단순화하기 단계의 주요 요인 선정 시 고려사항에 따라 관찰된 상호작용 유형, 창의적 시너지 및 모델링 활동 지원 방향

주요 요인 선정 시 고려사항	상호작용 유형	창의적 시너지	수학적 모델링 활동 지원 방향
실세계	상호보완적, 갈등 기반	- 주요 요인 선정을 위한 다양한 기준 공유	- 단순화를 위해 타당성 있는 주요 요인 선정기준 수립 - 수립된 기준에 맞춘 적절한 요인 선택
수학적 표현의 의미	메타인지적	- 주요 요인 선정기준의 적절성 검토 - 선정된 주요 요인의 적절성 검토	
	상호보완적	- 주요 요인 선정	
과제 맥락	메타인지적	- 선정된 주요 요인의 적절성 검토	

결과적으로, 학생들은 주요 요인으로 나트륨, 지방, g당 가격을 선정하였다. 5번 문항에서는 4번 문항에서 주요 요인으로 선정한 나트륨, 지방, g당 가격 각각에 대해 과자들의 순위를 제시할 것을 요구하였다. 이때, 요인에 따라 과자들의 랭킹도 달라짐을 확인할 수 있었다. 예를 들어, I 과자의 경우 ‘나트륨’ 요인에서는 2위, ‘지방’ 요인에서는 4위, ‘g당 가격’ 요인에서는 1위를 하였다. 고려 요인에 따라 과자의 순위가 서로 다르게 나타나자, 최고의 과자 2개를 고르기 위해 서로 다른 순위를 종합할 수 있는 모델이 필요하게 되었다.

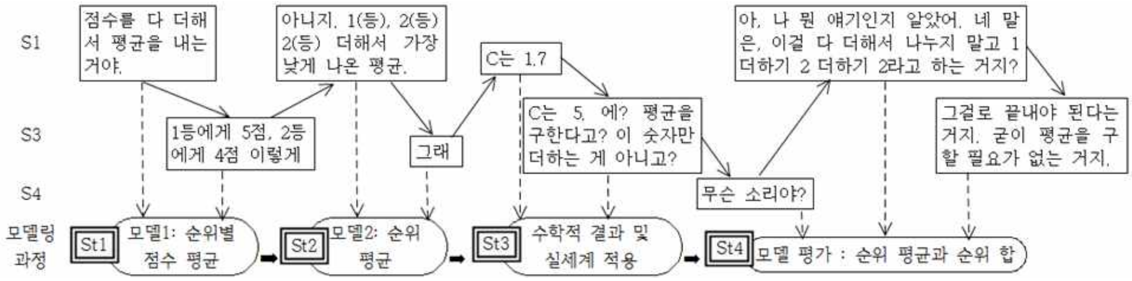
4. 수학적 모델, 결과 도출 및 실생활 적용 단계에서 관찰된 사례

학생들은 과자의 순위를 종합하기 위한 모델을 찾는 6번 문항 해결 과정에서 상호보완적 상호작용을 통해 다양한 모델을 공유하였다. 또한, 메타인지적 상호작용 과정에서 모델에 대한 비판적 검토를 통해 모델의 장단점을 확인하였다.

[그림 Ⅳ-8]은 최고의 과자를 선정하기 위해 과자의 정보를 종합할 수 있는 수학적 모델을 수합하고 과제에 제시된 실세계 맥락에 적용하는 과정을 보여준다. 이 과정에서, 등수의 합, 등수별 점수의 합, 등수의 평균이 모두 동일한 결과를 나타낸다는 결과적 동질성을 검토하고 평가하는 메타인지적 상호작용이 관찰되었다.

[그림 Ⅳ-8]의 연결된 화살표의 진행 방향에 따라 살펴보면, S1이 먼저 점수의 평균을 제안하였다(St1). 이에 대해 S3가 1등에게 5점, 2등에게 4점을 부여하는 구체적인 예를 제시하자(St1), S1은 순위별 점수가 아닌 각 순위의 합을 제안한 것임을 언급하면서 1(등), 2(등), 2(등)을 모두 더하여 평균을 구한다는 예를 제시하였다(St2). 이에 S3가 동의한 뒤, 과자별 구체적인 점수를 확인하게 되었다. S1과 S3는 거의 동시에 점수를 구하였는데, S1이 1, 2, 2를 더한 값의 평균으로 1.7을 제시한 데 반해 S3는 합을 그대로 제시하였다(St3). 서로 다른 결과에 대해 S4가 의문을 제기하자, S1이 두 방법을 비교, 설명하였고, S3는 두 방법의 결과적 동질성을 언급하며 평균보다 좀 더 간편한 합으로 제시하는 게 낫다는 의견을 추가하였다(St4). 결과적으로, 집단 구성원들은 등수와 등수별 점수 각각의 합 및 평균이 모두 동일한 결과를 유도한다는 동질성을 확인하고, 계산이 가장 간편한 등수의 합 모델을 제시하였다.

[그림 Ⅳ-8]에서 확인할 수 있듯이, 등수별 점수 평균, 등수 평균, 등수의 합 등 다양한 수학적 모델이 집단 내에 누적적으로 공유되었다. 이후 서로 다른 수학적 결과 및 실세계 적용 결과로 의견이 불일치되는 상황이 발생하였으나, 서로 다른 결과에 대한 검토를 통해 모델의 의미와 결과적 동질성을 확인하고 더 적절한 수학적 모델을 선택하는 등의 효과로 나타났다. 이는 갈등 기반 상호작용이 메타



[그림 Ⅳ-8] 수학적 모델 도출 단계에서 관찰된 상호작용 사례

인지적 상호작용으로 이어지면서, 창의적 시너지가 확장된 것으로 볼 수 있다. 등수의 합 모델 선정 이후, 문항에서 요구하는 3가지 모델을 모두 제시하기 위해, 평균과 합 이외에 최빈값, 가중치 등의 수학적 모델이 추가적으로 공유되었다.

Lesh & Doerr(2012)는 모델링 사이클의 반복을 통해 학생들의 해석과 표현에서 발전이 나타났음을 보였다. 이는 곧 모델링 과정 자체가 모델링을 학습하고 결과를 개선할 수 있는 기회를 제공함을 보여준다. Lesh & Doerr(2012)의 연구결과를 참고하여, 6번 문항에서는 모델을 제시하면서 해당 모델을 선택한 이유를 함께 작성하도록 하였다. 이는 메타인지적 상호작용을 유도함으로써 모델링 사이클의 반복을 유도하고, 제시한 모델에 대한 반복적인 평가를 통해 궁극적으로 모델 선택에 도움을 주기 위함이다.

실제로, 해당 과정에서 구성원들에 의해 모델을 제시한 다양한 이유가 누적적으로 수집, 공유되었다. 구성원들은 다른 구성원의 의견에 동의하면서 자신의 사고를 추가하는 상호보완적 상호작용을 통해 집단 내 사고를 확장하였다. 또한, 학생들은 메타인지적 상호작용을 통해 수학적 모델의 적절성에 대한 본인의 생각을 설명하거나 정당화하는 모습을 보이기도 했다.

결과적으로, 수학적 모델 도출 단계에서 관찰된 상호작용 유형과 그에 따른 창의적 시너지는 <표 Ⅳ-4>와 같다. <표 Ⅳ-4>의 결과는 해당 단계에서 발현된 집단 창의성이 선택 가능한 수학적 모델의 외연을 넓히고 과제 맥락에 적합한 모델을 선택하는 방향으로 수학적 모델링 활동을 지원하였음을 보여준다.

<표 Ⅳ-4> 수학적 모델 도출 단계에서 관찰된 상호작용 유형, 창의적 시너지 및 모델링 활동 지원 방향

<table>
<tr><th>상호작용 유형</th><th>창의적 시너지</th><th>수학적 모델링 활동 지원 방향</th></tr>
<tr><td>상호보완적</td><td>- 다양한 수학적 모델 공유
- 수학적 모델 제시 이유 공유</td><td rowspan="2">- 선택 가능한 수학적 모델의 외연 확장
- 과제 맥락에 적합한 모델 선택</td></tr>
<tr><td>갈등 기반 메타인지적</td><td>- 수학적 모델의 의미와 동질성 검토
- 적절한 수학적 모델 선택
- 집단 내 공유 모델 확장
- 수학적 모델의 적절성 검토</td></tr>
</table>

6번 문항 활동 결과는 [그림 Ⅳ-9]와 같다. [그림 Ⅳ-9]에는 나트륨, 가격 등 주요 요인에 대한 과자별 서로 다른 순위를 종합하는 방법과 해당 방법을 선택한 이유가 제시되어 있다. Doerr & English(2003)가 언급한 바 있듯이, 제시된 모델과 모델 선택 이유는 학생들의 과제접근방식, 해석방식 및 모델개선방향의 다양성을 보여준다.

[그림 Ⅳ-9] 5조의 6번 문항 활동지 결과

5. 최종 모델 산출 단계에서 관찰된 사례

7번 문항을 통해, 학생들은 6번 문항에서 수합한 세 개의 수학적 모델 중 가장 적절한 모델을 최종 모델로 선택하였다. 교사는 학급 전체를 대상으로 다음과 같은 발문을 통해 7번 문항에서 요구하는 활동을 안내하였다. 특히, 최종 모델 선택을 위해 6번 문항에서 제시한 세 가지 모델에 대한 비판적 검토, 즉, 메타인지적 상호작용을 강조하였다. 수학적 근거를 토대로 비판할 것을 강조하였으며, 학생들의 역할분담을 조정하여 집단 구성원 모두 사고종합자 역할을 담당하게 하였다. S1은 순위의 합 모델을, S3은 상위권의 최빈값 모델을, S4는 가중치 모델을 옹호하고 다른 모델을 비판적으로 검토하는 역할을 맡았으며, S2는 모든 모델을 비판적으로 검토하는 역할을 맡았다.

T5 : 7번은, 너희가 6번에서 살펴본 세 가지 방법이 있잖아. 어떤 게 제일 적절한지 고를 거야. 그런데 그냥 고르는 게 아니야. 지금 역할을 정해 줄게. 첫 번째 자리에 있는 애들 있지? 너희는 '나는 무조건 1번이 최고다.'야. (중략) 그냥 우기는 것이 아니라 어떻게 해야겠어? 논리적으로 수학적으로. 마지막 자리는 뭐하냐? 너희는 그냥 다 비판하는 거야.

(중략)

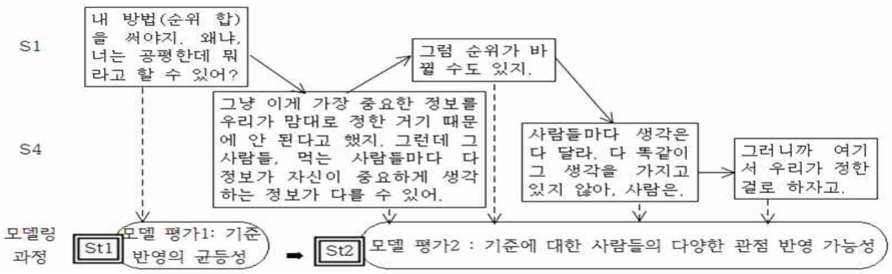
T6 : S1이 '1번이 중요해. 이러한 이유 때문이야.', 애기했어. 그러면 S2, S3, S4가 '아닌 것 같은데', 아닌 이유를 애기하는 거야. (중략) 맞는 것 같아. 그래도 일단 비판하고 봐야 해.

(중략)

T7 : 최대한 수학적으로 논리적으로 생각하고 비판하고 방어하고 하는 거야.

최종 모델을 선택하는 과정에서 집단 구성원들은 모델 선택의 다양한 평가 기준을 제시하고, 제시한 기준을 토대로 모델을 검토하였다. 평가 기준에 따라 각 모델의 장점이 부각되기도 하였으며, 단점이 부각되기도 하였다. 여러 평가 기준에 근거한 모델의 평가가 이루어진 후, 구성원들은 가장 중요하다고 생각하는 평가 기준에 근거하여 최종 모델을 선택하였다. 결과적으로, 각각의 모델을 검토하는 과정에서 가장 중요한 모델 선정의 기준이 수립되었으며, 수립된 기준에 가장 부합하는 최종 모델이 선정되었다.

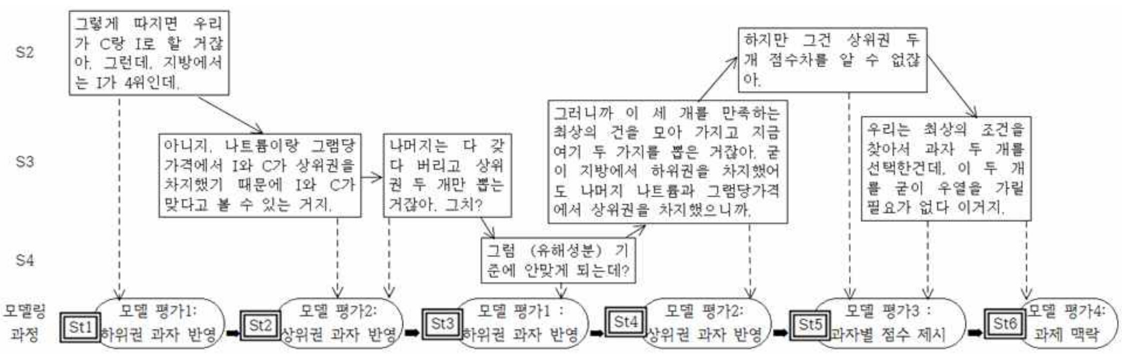
[그림 Ⅳ-10], [그림 Ⅳ-11], [그림 Ⅳ-12]는 각각 순위의 합, 상위권의 최빈값, 가중치 모델의 검토 및 평가과정을 보여준다. 이때, 모델 선정을 위한 기준 수립 과정과 수립된 기준에 따른 모델 선정 과정 모두에서 갈등 기반, 메타인지적 상호작용이 관찰되었다. 다양한 모델 평가 기준에 대한 논의가 이루어졌으며, 평가 기준에 따라 세 가지 모델의 적절성 검토가 이루어졌다. 한 가지 모델에 대해 두 가지 이상의 평가 기준에 근거한 검토가 이루어졌다.



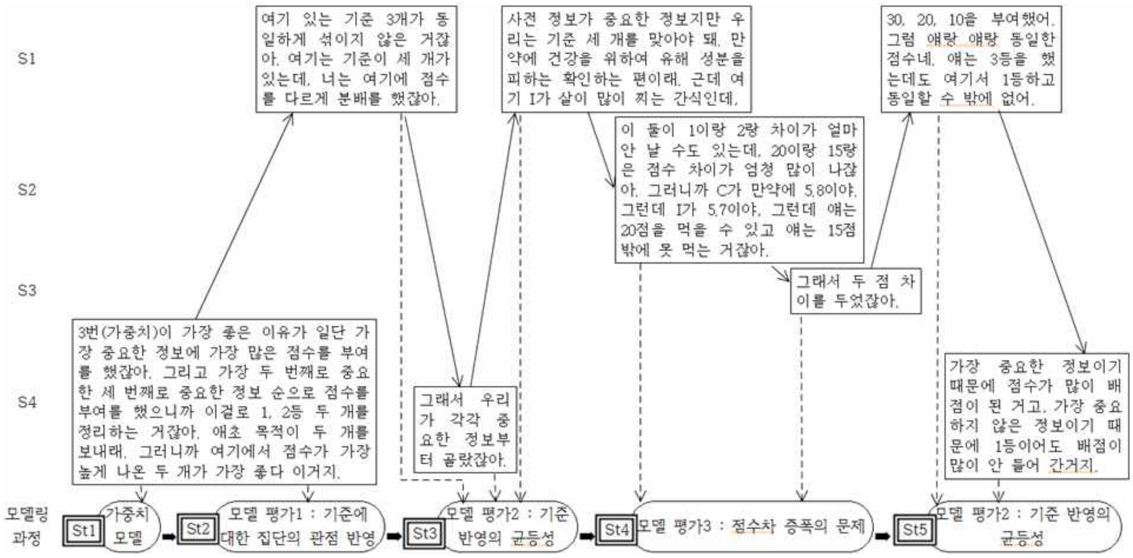
[그림 Ⅳ-10] 최종 모델 산출 단계에서 관찰된 상호작용 사례1. 순위의 합 모델 평가

먼저, [그림 Ⅳ-10]의 연결된 화살표를 따라 살펴보면, S1이 Yeony가 제시한 세 가지 기준이 공평하게 반영되었음을 토대로 순위의 합이 가장 적절함을 주장하였다(St1). 이때의 모델 평가 기준은 '(Yeony가 제시한) 기준 반영의 균등성'이 된다. 하지만 S4가 어차피 사람마다 기준이 다르므로, 그 기준을 모두 만족시킬 수 없음을 주장하면서 본인들의 기준에 따라 가중치를 반영해도 문제가 없음을 주장하였다(St2). 이때의 모델 평가 기준은 '(Yeony가 제시한) 기준에 대한 사람들의 다양한 관점 반영 가능성'이 된다.

[그림 Ⅳ-11]은 최빈값 모델을 평가하는 상호작용 과정을 보여준다. 화살표의 진행 방향에 따라 살펴보면, 먼저 S2가 과자 I를 예로 들면서 I의 경우 주요 요인인 '지방'에서 하위권을 차지하였음에도 불구하고 다른 요소에서 상위권을 차지했다는 이유로 최종 모델로 선택될 수 있음을 언급하면서 상위권의 최빈값 모델이 적절하지 않음을 주장하였다(St1). 이는 상위권의 최빈값 모델이 하위권에 속한 경험이 있는 과자를 판별하지 못한다는 단점을 지적한 것으로, 모델 평가 기준은 '하위권 과자의 반영'이 된다. S2의 지적에 대해, S3는 하위권에 포함됐는지 여부보다 상위권에 포함됐는지 여부가 중요함을 강조하였다(St2). 하위권이 아닌 '상위권 과자 반영'이 모델 평가 기준이 된 것이다. 이에 대해 S4가 상위권에 포함됐는지 여부만 확인할 경우 Yeony가 제시한 기준 중 하나(유해성분)를 충족시키지 못하는 과자가 선정될 수 있다는 우려를 제기하면서, '하위권 과자 반영' 기준이 더 적절함을 주장하였다(St3). S3가 세 가지 기준을 종합적으로 판단하는 과정에서 하위권보다 상위권에 포함됐는지 여부가 더 중요함을 한 번 더 주장하였지만(St4), S2는 최빈값 모델의 경우 과자의 개별 점수를 확인할 수 없다는 점을 추가로 지적하였다(St5). 이에 대해, S3는 과제에서 과자 2개를 추천할 것을 요구했음을 언급하며 과제 맥락에 비추어 보았을 때 과자의 개별 점수를 확인할 필요가 없음을 주장하였다(St5,



[그림 Ⅳ-11] 최종 모델 산출 단계에서 관찰된 상호작용 사례2. 상위권의 최빈값 모델 평가



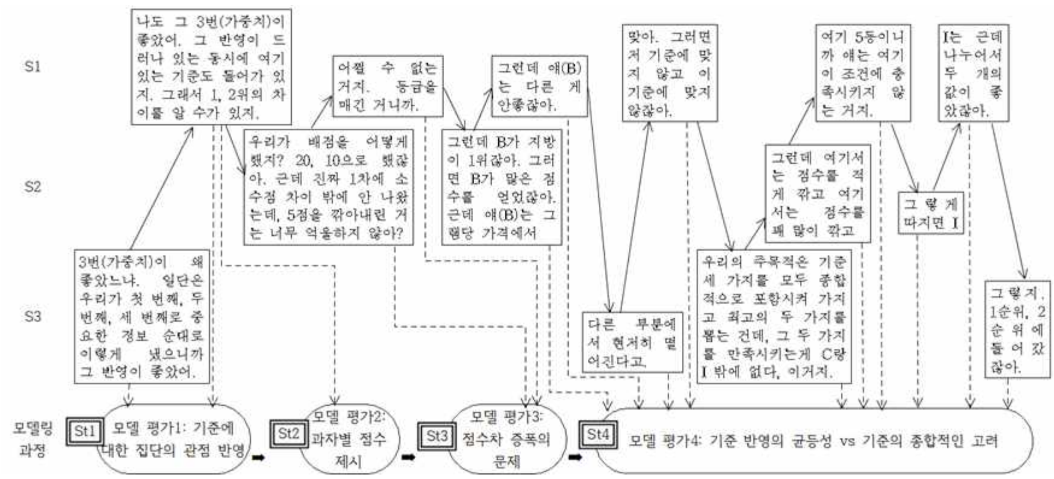
[그림 Ⅳ-12] 최종 모델 산출 단계에서 관찰된 상호작용 사례3. 가중치 모델 평가

St6). '과자별 점수 제시'와 '(과자 2개를 추천하는) 과제 맥락'이 모델 평가 기준으로 추가된 것이다.

[그림 Ⅳ-12]는 가중치 모델에 대한 검토 및 평가과정을 보여준다. 먼저, S4가 과제 해결 과정에서 본인들이 선정한 가장 중요한 요인에 가중치가 부여됐음을 강조하였다(St2). 이에 대해 S1이 Yeony가 제시한 기준이 균등하게 반영되지 않았음을 문제로 제기하자, S3는 Yeony가 제시한 기준 중 중요하게 고려해야 하는 순서가 있음을 강조하면서 가중치 모델의 타당성을 주장하였다(St3). 이들의 모델 평가는 4번 문항에서 제시한 나트륨, 지방, g당 가격의 3가지 요인에 가중치를 부여하는 것이 적절한가에 대한 것이다. S4는 기준에 대한 집단의 관점 반영을, S1은 기준 반영의 균등성을 모델 평가 기준으로 삼았다. 이어서, S2는 '점수 차 증폭 문제'를 모델 평가 기준으로 제시하였다. 가중치를 부여할 경우, 점수의 작은 차이가 크게 증폭되면서 정보가 불균형적으로 반영될 수 있음을 지적한 것이다(St4). 이에 대해 S3는 가중치를 부여하더라도 점수 차가 크게 반영되지 않았음을 언급하면서 문제될 것이 없다고 주장하였다(St4). S1이 기준 반영의 불균등성을 다시 제기하면서 한 기준에서 3등을 한 경우와 다른 기준에서 1등을 한 경우가 같은 점수를 받을 수 있다는 우려를 제시하였다(St5). 하지만, 이에 대해 S4는 주요 요인의 중요도 자체가 불균등함을 강조하며, 중요한 요인에 더 많은 배점을 두는 것이 필요하다고 하였다(St5).

이처럼 [그림 Ⅳ-10], [그림 Ⅳ-11], [그림 Ⅳ-12]에서 다양한 모델 평가 기준을 통해 세 가지 모델의 장단점을 확인하고 모델로서의 적절성을 검증하였다. 이때, [그림 Ⅳ-11]와 [그림 Ⅳ-12]에서 알 수 있듯이, 하나의 평가 기준을 한 번만 적용하기보다 순환, 반복적으로 적용함으로써 모델의 적절성을 엄밀하게 점검하고자 하였다. 수학적 모델에 대한 평가가 이루어지는 메타인지적 상호작용 과정에서 대푯값 자체에 대한 학습이 나타나기도 했다. 예를 들어, [그림 Ⅳ-12]에서, 학생들은 해당 과제에서 가중치 모델을 평가하면서 점수 차이를 확대 혹은 축소할 수 있는 가중치 모델의 일반적인 특징을 확인하였다.

최종적으로, 학생들은 가중치 모델을 선택하였다. 이 과정에서 지금까지 언급된 모델 평가 기준에 따라 가중치 모델을 한 번 더 점검하는 모습을 보였다. 특히, 각 모델 평가 시 불균등한, 혹은 균등한 정보 반영의 적절성 여부에 초점이 맞추어 졌는데, [그림 Ⅳ-13]에서도 기준 반영의 균등성에 초점을 맞춘 검토가 이루어졌다.



[그림 Ⅳ-13] 최종 모델 산출 단계에서 관찰된 상호작용 사례4

[그림 Ⅳ-13]의 연결된 화살표를 따라 살펴보면, S3가 가중치 모델이 가장 적절함을 주장하면서 그 근거로 본인들이 선정한 주요 요인의 차별화된 반영을 제시하였다(St1). S2는 S1의 의견에 동의하면서 과자별 점수를 확인할 수 있다는 근거를 추가하였다(St2). S2는 점수 차 증폭의 문제를 제시하며 가중치 모델의 부적절함을 주장하였는데, 이에 대해 S1은 정보의 중요도에 따라 어쩔 수 없음을 주장하였다(St3). 이에, 다시 S2가 과자 B의 구체적인 사례를 제시하며 B가 좋은 평가를 받은 부분이 과소평가 됐음을 주장하였다. 하지만 이에 대해 다른 구성원들이 B가 한 요소에서 좋은 평가를 받았을지라도 다른 요소에서 좋지 않은 평가를 받았음을 언급하며 가중치를 두는 것이 적절함을 주장하였다(St4). 이후 S2는 '설득당했다.'라는 표현을 하면서 가중치 모델의 적절성에 동의하였다.

집단 구성원 모두가 사고종합자가 되어 각 모델에 대한 반복적인 검토, 수정을 실행함으로써 모델의 안정성과 정교성이 높아짐을 확인할 수 있었다. 이는 메타인지적 상호작용을 통한 모델링 활동의 비판적인 검토, 수정이 모델링 활동을 지원함을 보여준다. 이때, 여러 기준에 의한 반복적인 모델 검토는, 제시된 모델이 주어진 상황을 충분히 반영하지 못하고 있다고 학생들이 인식하고 있음을 보여준다. 학생들이 느끼는 모델의 불안정성이 집단 내 갈등을 유발함으로써 모델의 정교화를 이끄는 원동력이 된 것이다(Lesh & Doerr, 2012).

최종 모델 도출 단계에서 관찰된 상호작용 유형과 그에 따른 창의적 시너지는 <표 Ⅳ-5>와 같다. <표 Ⅳ-5>의 결과는 해당 단계에서 발생한 상호작용과 그에 따른 창의적 시너지가 다양한 수학적 모델 중에서 가장 적절한 수학적 모델을 선택하는 방향으로 수학적 모델링 활동을 지원하였음을 보여준다. 최종적으로, 가중치 모델을 적용하여 최고의 과자로 뽑힌 과자는 P와 I이다.

<표 Ⅳ-5> 최종 모델 도출 단계에서 관찰된 상호작용 유형, 창의적 시너지 및 모델링 활동 지원 방향

상호작용 유형	창의적 시너지	수학적 모델링 활동 지원 방향
상호보완적	- 모델 선정기준의 확장	- 다양한 수학적 모델 중 가장 적절한 수학적 모델 선택
갈등 기반 메타인지적	- 모델 선정기준의 적절성 검토 - 모델 선정기준에 따른 모델 검토 - 적절한 수학적 모델 선택 - 수학 개념의 특징 학습	

Ⅴ. 논의 및 결론

지식과 정보의 소유보다 소통과 타협의 시대가 등장하면서, 개인의 창의적 잠재력이 집단 구성원과 시너지를 내는 집단 창의성 개념을 교육에 도입할 필요성이 커지고 있다(왕치현 외, 2015). 본 연구에서는 이와 같은 시대의 흐름에 맞추어, 학교수학에서 이루어지는 수학적 모델링 활동 시 발현된 집단 창의성을 분석하고, 집단 창의성 발현을 통한 수학적 모델링 활동의 지원 방향을 살펴보았다. 연구결과와 연구의 의의를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 수학적 모델링 단계별로 발현된 집단 창의성은 <표 Ⅴ-1>과 같다. 연구결과에서 자세히 살펴보았듯이, 단계별로 상호작용 유형이 다양하게 나타났으며, 어떤 단계에서 어떤 유형의 상호작용이 발생했는지에 따라 창의적 시너지도 다르게 나타났다. 대부분의 선행연구(Paulus, 2000; Sawyer, 2012; Zhou & Luo, 2012)가 주로 집단 창의성의 이론적인 측면을 논의하였다면, 본 연구는 실제 집단 창의성 발현사례를 제시하였다는 데 의의가 있다. 또한, 일반 중학교 학생들을 대상으로 수학적 모델링의 모든 단계에서 발현되는 집단 창의성을 분석했다는 점에서 영재 학생을 대상으로 집단 창의성을 분석한 성지현, 이종희(2017)의 연구와 차별화되며, 수학적 모델링을 통한 창의성 교육(박진형, 2017; Palsdottir & Sriraman, 2017)의 범위를 확장하였다는 데 의의가 있다.

둘째, 발현된 집단 창의성이 수학적 모델링 활동을 지원하는 방향은 <표 Ⅴ-1>과 같다. <표 Ⅴ-1>의 결과는 집단 창의성 발현을 통해 수학적 모델링 활동을 지원할 수 있음을 보여준다. 선행연구(Doerr & English, 2003; Lesh & Doerr, 2012)에서 집단 구성이 수학적 모델링 활동을 지원할 수 있다는 가능성을 언급했다면, 본 연구는 집단 구성이 집단 창의성 발현을 통해 수학적 모델링 활동을 지원할 수 있음을 구체적으로 제시했다는 데 의의가 있다. 이때, 상호작용 유형에 따라 수학적 모델링 활동을 지원할 수 있는 범위가 달라진다. 예를 들어, <표 Ⅴ-1>의 단순화하기 단계에서 메타인지적 상호작용이 발생하지 않았다면, 발현된 집단 창의성이 수학적 모델링을 지원하는 범위는 주요 요인 선정에 그쳤을 것이다. 메타인지적 상호작용으로 인해 주어진 상황에 적절한 주요 요인을 선정할 수 있었다. 이러한 결과는 상호보완적 상확용과 갈등 기반 상호작용을 거쳐 궁극적으로 메타인지적 상호작용을 통한 집단 창의성 발현이 이루어질 때, 집단 창의성 발현을 통한 수학적 모델링 활동의 지원이 가장 효과적임을 보여준다.

본 연구에서는 집단 창의성 발현을 통한 수학적 모델링 활동 지원을 위해, 활동지 구성과 학생의 역할분담 및 교사 발문을 중심으로 수업을 설계하였다. 연구결과, 이들이 학생들의 활동에 도움이 된 경우와 그렇지 않은 경우를 모두 확인할 수 있었다. 연구결과를 토대로, 향후 집단 창의성 발현을 통한 수학적 모델링 활동 지원을 위해 다음과 같은 시사점을 얻을 수 있었다. 이들 시사점은 향후 집단 창의성 발현을 위한 수업 설계와 교사 교육에 대한 후속 연구의 제안으로도 이어진다.

첫째, 활동지 구성과 관련하여, 메타인지적 상호작용을 유도할 수 있는 좀 더 구체적인 문항 구성이 필요하다. 예를 들어, [그림 Ⅳ-4]에서는 '해당 표현을 사용한 이유를 평가'하라고 하였는데, 학생들은 'good'이라고 답하면서 이유가 좋다고 답하는 데 그쳤다. 이 발문은 집단 내 상호작용을 통해 해당 표현을 사용한 이유가 적절한지에 대해 평가할 것을 유도한 것으로, [그림 Ⅳ-4]의 경우 '꺾은선그래프를 이용하여 당류를 표현했을 때 과자별 함유량의 특징을 알아보기 쉬운지 평가'할 것을 의도한 것이다. 이를 위해, 해당 발문은 좀 더 구체적으로 수정하는 것이 필요하다. '해당 표현을 사용한 이유에 찬성하는 의견', '해당 표현을 사용한 이유에 반대하는 의견', '찬성과 반대 이유 중 적절한 의견 선택'과 같이 단계적이고 구체적으로 제시한다면 학생들에게 수정 및 개선을 유도할 수 있을 것이다. 수정된 활동지를 적용한 후속 연구를 통해 집단 창의성 발현에 적절한 활동지 구성의 방향을 계속해서 개선해 나가야 할 것이다.

<표 V-1> 수학적 모델링 단계별 발현된 집단 창의성과 수학적 모델링 활동 지원 방향

수학적 모델링 단계	발현된 집단 창의성		수학적 모델링 활동 지원 방향
	상호작용 유형	창의적 시너지	
실세계 탐구, 문제에 영향 미치는 요인 찾기	상호보완적	- 다양한 요인 공유 - 집단 내 사고의 확장	- 문제에 영향 미치는 요인의 다양화
수학적으로 다양하게 표현하기	상호보완적	- 다양한 수학적 표현 공유	- 다양한 수학적 표현 중 과제 맥락을 가장 적절하게 반영하는 표현 선택
	갈등 기반 메타인지적	- 수학적 표현의 차별적 특징(장단점, 쓰임새) 탐색 - 주어진 상황을 고려한 표현 선택 - 수학적 표현의 변형적 활용	
단순화하기, 요소 사이 관계 찾기	상호보완적 갈등 기반	- 주요 요인 선정을 위한 다양한 기준 공유 - 주요 요인 선정	- 단순화를 위해 타당성 있는 주요 요인 선정기준 수립 - 수립된 기준에 맞춘 적절한 요인 선정
	메타인지적	- 주요 요인 선정기준의 적절성 검토 - 선정된 주요 요인의 적절성 검토	
수학적 모델, 결과 도출 및 실생활 적용	상호보완적	- 다양한 수학적 모델 공유 - 수학적 모델 제시 이유 공유	- 선택 가능한 수학적 모델의 외연 확장 - 과제 맥락에 적합한 모델 선택
	갈등 기반 메타인지적	- 수학적 모델의 의미와 동질성 검토 - 적절한 수학적 모델 선택 - 집단 내 공유 모델 확장 - 수학적 모델의 적절성 검토	
최종 모델 도출	상호보완적	- 모델 선정기준의 확장	- 다양한 수학적 모델 중 가장 적절한 수학적 모델 선택
	메타인지적	- 모델 선정기준의 적절성 검토 - 모델 선정기준에 따른 모델 검토 - 적절한 수학적 모델 선택 - 수학 개념의 특징 학습	

둘째, 역할분담과 관련하여, 학생들의 역할분담이 잘 수행되어야 하며 문항에서 가장 필요로 하는 역할분담이 강조되어야 한다. 예를 들어, [그림 Ⅳ-5]의 실세계 경험에 토대한 단순화하기 단계에서 S2의 사고종합자 역할이 수행되지 않았다. 집단 내 메타인지적 상호작용이 유도되지 못하고 갈등 기반 상호작용에 머물면서 창의적 시너지가 확장되지 못하는 결과가 나타났다. 이러한 결과는 학생들이 역할분담에 충실할 때, 집단 창의성이 더 확장될 수 있음을 보여주며, 역할분담에 충실할 수 있는 지도가 필요함을 나타낸다.

학생들의 역할분담 수행은 앞서 살펴본 문항 구성과 연결할 수 있다. 앞서 활동지 문항 구성 시, 메타인지적 상호작용을 유도하기 위해 '집단 내 비판적 논의' 수행을 강조할 필요가 있음을 제안하였다. 이때, 문항에서 필요로 하는 역할은 사고종합자이다. 종합하면, 활동지의 문항에서 요구하는 상호작용을 위해, 필요한 역할을 강조하는 문항의 구성이 필요하다. 위의 경우, '<사고종합자 중심으로 논의하기> 해당 표현을 사용한 이유에 맞추어 표현을 평가한 결과'로 수정하는 것이 필요하다.

셋째, 교사 발문과 관련하여, 교사는 상황별로 필요한 상호작용 유형을 구체적이고 정확하게 제시하는 발문과 상황에 적절한 예를 제공하는 발문을 해야 한다. 교사의 발문은 학생들의 활동에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 발문에 따라 그 의도가 성공적으로 수행된 경우와 그렇지 않은 경우가 나

타났다. 본 연구에서 관찰된 교사의 발문과 발문이 집단 창의성 발현에 미치는 영향을 정리하면 <표 Ⅴ-2>와 같다.

<표 Ⅴ-2> 교사의 발문이 집단 창의성 발현을 위한 상호작용에 미치는 영향

<table>
<tr><th>발문 유형</th><th>사례</th><th>의도</th><th colspan="2">효과</th></tr>
<tr><td rowspan="3">전체 학생 대상 발문</td><td>T1</td><td rowspan="2">활동 안내,
상호작용 유도</td><td rowspan="2">- 안내된 활동 수행
- 집단 내 상호작용 발생</td><td>- 안내되지 않은 활동 미실행</td></tr>
<tr><td>T2</td><td>- 교사의 발문에 제시된 주요 요인 선정기준 채택</td></tr>
<tr><td>T5, T6, T7</td><td>활동 안내, 메타인지적 상호작용 유도</td><td colspan="2">- 메타인지적 상호작용 발생</td></tr>
<tr><td rowspan="2">개별 집단 대상 발문</td><td>[그림 8]</td><td>메타인지적 상호작용 유도</td><td colspan="2">- 메타인지적 상호작용 유도 실패</td></tr>
<tr><td>T3, T4, [그림 10]</td><td>주요 요인 선정기준 안내
(선정기준에 대한 관점 전환 유도)</td><td colspan="2">- 선정기준에 대한 관점 전환
- 발문에서 유도한 관점 채택</td></tr>
</table>

<표 Ⅴ-2>를 살펴보면, 초반에 전체 학생을 대상으로 제공된 발문 T1과 T2는 문항에서 요구하는 활동을 안내하고, 집단 내 상호작용을 유도하는 역할을 하였다. 학생들은 교사의 발문에 의존하는 모습을 보였는데, 이로 인해 T1의 경우 학생들이 [그림 Ⅳ-4]의 '해당 표현을 사용한 이유 평가'를 제대로 실행하지 못하는 결과를 초래하였으며, T2의 경우 주요 요인 선정을 위한 기준을 실세계 경험에 한정하도록 하는 결과를 초래하였다. 이러한 결과는 초반에 제시된 전체 학생 대상 발문이 집단 내 상호작용을 통한 수학적 모델링 활동 분위기의 형성에는 기여했으나, 문항에서 요구하는 정확한 상호작용을 유도하는 데에는 실패했음을 보여준다. 후반에 전체 학생을 대상으로 제공된 발문은 문항 해결을 위한 메타인지적 상호작용을 정확하게 제시하였는데, 궁극적으로 학생들의 적극적인 메타인지적 상호작용을 이끄는 역할을 하였다. 이러한 결과는 교사의 발문이 집단 창의성 발현을 위해 필요한 상호작용 유형을 구체적이고 정확하게 제시해야 함을 보여준다.

<표 Ⅴ-2>의 개별 집단 대상 발문은 모두 단순화하기 단계에서 제시되었다. 발문은 의도한 효과를 유도하기도 하고 유도하지 못하기도 하였다. 예를 들어, [그림 Ⅳ-5]의 발문은 갈등 기반 상호작용을 메타인지적 상호작용으로 유도하기 위한 발문이다. 하지만 교사의 의도가 집단 활동에 영향을 미치지 못하였다. 이 경우 '논리적으로 해'라는 발문보다 '사고종합자는 갈등이 유발된 두 의견을 어떻게 평가하니?'와 같이 역할 수행을 통해 필요한 상호작용을 구체적으로 이끌어낼 수 있는 발문을 제공하는 것이 필요하다. 교사의 역할과 발문은 교사 교육과도 연결된다(박만구, 김진호, 2006; Sullivan, Clarke, & Clarke, 2016). 즉, '수학적 모델링 활동에서의 집단 창의성 발현' 주제와 관련한 교사 교육이 필요하다. 향후 이 주제에 대한 교사 교육의 방향과 교육 효과 등에 대한 후속 연구를 제안한다.

학교 수학에서 사회문화적 측면이 여러 연구자들(Cobb, 1994; Cobb, Yackel, & Wood, 1992; Redmond, Brown, & Sheehy, 2013)에 의해 강조되고 있음은 널리 알려진 사실이다. 그리고 이러한 경향은 수학적 창의성 측면으로도 확장되어 가고 있다(성지현, 이종희, 2017). 본 연구 역시 학교 수학에서의 사회문화적 관점을 받아들여 수학적 모델링 활동에서의 집단 창의성 발현 사례를 관찰하고 그 효과를 확인하고자 하였다. 다만, 본 연구의 경우 한 모둠에서 수집된 하나의 과제에 대한 수행 자료에 대한 사례를 분석했다는 점에서 한계점이 존재한다. 향후 다양한 사례에 대한 연구가 수행되어 수

학적 모델링에서의 집단 창의성 발현에 대한 의미가 정착되어 가기를 기대한다. 나아가, 다양한 수학 교수·학습법을 통한 집단 창의성 발현의 가능성이 분석되고 집단 창의성 발현을 통한 수학학습의 긍정적인 효과가 연구되는 데 있어서, 본 연구의 결과와 시사점이 도움이 되길 기대한다.

참고 문헌

김부미(2018). 모바일, 온/오프라인 연계수학 학습에서 집단창의성 발현을 위한 과제 특성. **수학교육학논총, 52**, 159-161.

김선연(2017). 집단 협력학습에서 시너지의 심층적 개념 분석. **교육공학연구, 33**(1), 75-104.

박만구, 김진호(2006). 학습자 중심의 수학 수업에서 교사들의 발문 분석. **한국학교수학회논문집, 9**(4), 425-457.

박진형(2017). 수학적 모델링 활동에 의한 창의적 사고 촉진 사례 연구. **수학교육학연구, 27**(1), 69-88.

성지현, 이종희(2017). 수학영재의 집단창의성 발현 모델 개발. **수학교육학연구, 27**(3), 557-580.

왕치현, 문성란, 이현열(2015). 창의성 개념의 심리학적 고찰을 통한 창의성교육 연구. **독어교육, 63**(63), 279-302.

우정호, 정영옥, 박경미, 이경화, 김남희, 나귀수, 임재훈(2014). **수학교육학 연구방법론**. 서울: 경문사.

이경화(2016). 현실적 수학교육 이론의 재음미: 수학적 창의성 교육의 관점에서. **수학교육학연구, 26**(1), 47-62.

정혜윤, 이경화(2018). 수학적 모델링에서의 집단창의성 발현사례. **수학교육, 57**(4), 371-391.

정혜윤, 이경화(2019). 집단창의성 발현을 위한 수학적 모델링 수업의 설계. **수학교육학연구, 29**(1), 157-188.

정혜윤, 이경화, 백도현, 정진호, 임경석(2018). 수학적 모델링 관점에 의한 <수학과제 탐구> 과목용 과제의 설계. **학교수학, 20**(1), 149-169.

조무정, 진석언(2016). 초등학교 과학 영재학생의 집단 창의성 발현과정 경험에 대한 현상학적 연구. **창의력교육연구, 16**(2), 35-59.

최경아(2017). 수학 교과 역량 관점에서의 수학적 모델링에 관한 선행연구 탐색. **한국학교수학회논문집, 20**(2), 187-210.

Blomhøj, M., & Jensen, T. H. (2007). What's all the fuss about competencies?. *In Modelling and applications in mathematics education* (pp. 45-56). Springer, Boston, MA.

Blum, W., & Ferri, R. B. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt?. *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1*(1), 45-58.

Cobb, P. (1994). Where is the mind? Constructivist and sociocultural perspectives on mathematical development. *Educational Research, 23*(7), 13-20.

Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T. (1992). A constructivist alternative to the representational view of mind in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education, 23*, 2-33.

Creswell, J. W. (2013). **질적 연구방법론 : 다섯 가지 접근** (조흥식, 정선욱, 김진숙, 권지성 역), 서울: 학지사. (원저 2010년 출판).

Creswell, J. W. (2014). **연구방법 : 질적, 양적 혼합적 연구의 설계** (정종진, 김영숙, 성용구, 성장환, 류성림, 박판우, 유승희, 임남숙, 임청환, 허재복 역), 서울: 시그마프레스. (원저 2013년 출판).

Doerr, H. M., & English, L. D. (2003). A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal for Research in Mathematics Education, 34*(2), 110-136.

English, L. D. (2006). Mathematical modeling in the primary school. *Educational Studies in Mathematics, 63*(3), 303-323.

Galbraith, P., & Stillman, G. (2006). A framework for identifying student blockages during transitions in the modelling process. *ZDM, 38*(2), 143-162.

Glăveanu, V. P. (2011). How are we creative together? Comparing sociocognitive and sociocultural answers. *Theory & Psychology, 21*(4), 473-492.

Glăveanu, V. P. (2018). Creativity in perspectives: A sociocultural and critical account. *Journal of Constructivist Psychology, 31*(2), 118-129.

Kaiser, G. (2017). The teaching and learning of mathematical modeling. In J. Cai (Ed.), *Compendium for Research in Mathematics Education* (pp. 267-291). Reston, VA: NCTM.

Kurtzberg, T. R., & Amabile, T. M. (2000-2001). From Guilford to creative synergy: Opening the black box of team-level creativity. *Creativity Research Journal, 13*, 285-294.

Jeffrey, R., & Craft, A. (2001). The universalization of creativity. In A. Craft, B. Jeffrey, & M. Leibling (Eds.), *Creativity in education* (pp. 1-13). London: Continuum International Publishing Group.

Lesh, R., Cramer, K., Doerr, H. M., Post, T., & Zawojewski, J. S. (2003). Model development sequences. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 35-58). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R., & Doerr, H. M. (2012). Symbolizing, communicating, and mathematizing: Key components of models and modeling. In P. Cobbs, E. Yackel, & K. McClain (Eds.), *Symbolizing and communicating in mathematics classrooms: Perspectives on discourse, tools, and instruction design* (pp. 361-384). Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.

Lesh, R., & English, L. D. (2010). A modeling perspective on students' mathematical reasoning about data. *Journal for Research in Mathematics Education, 34*(2), 110-136.

Littleton, K., Rojas-Drummond, S., & Meill, D. (2008). Introduction to the special issue: 'Collaborative creativity: Socio-cultual perspectives'. *Thinking Skills and Creativity, 3*, 175-176.

Luria, S. R., Sriraman, B., & Kaufman, J. C. (2017). Enhancing equity in the classroom by teaching for mathematical creativity. *ZDM, 49*(7), 1033-1039.

Milliken, F. J., Bartel, C. A., & Kurtzberg, T. R. (2003). Diversity and creativity in work group: A dynamic perspective on the affective and cognitive processes that link diversity and performance. In P. B. Paulus, & B. A. Nijstad (Eds.), *Group creativity: Innovation through collaboration* (pp. 32-62). Oxford University Press.

Nemeth, C. J., & Nemeth-Brown, B. (2003). Better than individual? The potential benefit of dissent and diversity for group creativity. In P. B. Paulus, & B. A. Nijstad (Eds.). *Group creativity: Innovation through collaboration* (pp. 63-84). New York: Oxford University Press.

Niss, M. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: The Danish KOM project. *In 3rd Mediterranean conference on mathematical education* (pp. 115-124).

Núñez-Oveido, M. C., Clement, J., & Rea-Ramirez, M. A. (2008). Developing complex mental modes in biology through model evolution. In J. J. Clement, & M. A. Rea-Ramirez (Eds.), *Model based learning and instruction in science* (pp. 173-193). Netherlands: Springer.

Pakeltienė, R., & Ragauskaitė, A. (2017). Creative synergy as a potential factor for the development of social innovations. *Research for Rural Development, 2*, 174-181.

Palsdottir, G., & Sriraman, B. (2017). Teacher's views on modeling as a creative mathematical activity. In R. Leikin, & B. Sriraman, (Eds.), *Creativity and giftedness* (pp. 47-55). Switzerland: Springer.

Paulus, P. B. (2000). Groups, teams, and creativity: The creative potential of idea-generating groups. *Applied Psychology: An International Review, 49*(2), 237-262.

Paulus, P. B., & Nijstad, B. A. (2003). Group creativity. In P. B. Paulus, & B. A. Nijstad (Eds.). *Group creativity: Innovation through collaboration* (pp. 3-11). Oxford University Press.

Redmond, T., Brown, R., & Sheehy, J. (2013). Exploring the relationship between mathematical modelling and classroom discourse. In G. A. Stillman, G. Kaiser, W. Blum, & J. P. Brown (Eds.), *Teaching mathematical modelling: Connecting to research and practice* (pp. 349-360). Dordrecht: Springer.

Sullivan, P., Clarke, D., & Clarke, B. (2016). **수학수업 이야기: 수학, 과제, 학습의 삼중주** (이경화, 김동원 역.), 서울: 경문사. (원저 2013년 출판)

Sawyer, R. K. (2012). *Explaining creativity: The science of human innovation account*. Oxford University Press.

Starko, A. J. (1995). *Creativity in the classroom*. New York: Longman.

Vorhölter, K. (2018). Conceptualization and measuring of metacognitive modelling competencies: Empirical verification of theoretical assumption. *ZDM, 50*(1-2), 343-354.

Vorhölter, K., Krüger, A., & Wendt, L. (2017). Metacognitive modelling competencies in small groups. *In Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*. Dublin, Ireland: DCU Institute of Education and ERME.

Zhou, C., & Luo, L. (2012). Group creativity in learning context: Understanding in a social-cultural framework and methodology. *Creative Education, 3*(4), 392-399.

A case study on supporting mathematical modeling activities through the development of group creativity

Jung, Hye-Yun[5)] · Lee, Kyeong-Hwa[6)]

Abstract

In this paper, we analyzed the case of supporting the mathematical modeling activities through the group creativity in everyday class of 9th grade. The details are as follows. First, through the theoretical review, the meaning of group creativity according to socio-cultural perspective and the socio-cultural characteristics of mathematical modeling were confirmed. Second, we experimented in a classroom consisting of 5 groups of 4 students, and conducted a case study focusing on a well developed group of group creativity. The results ar as follows. First, group creativity with various types of interaction and creativi ty synergy was observed at each stage of mathematical modeling. According to the stag e of mathematical modeling and the type of interaction, different creative synergy was de veloped. Second, the developed group creativity supported each step of mathematical mod eling. According to the stage of mathematical modeling and the type of interaction, group creativity supported mathematical modeling activities in different directions.

Key Words : group creativity, interaction, creative synergy, mathematical modeling

Received May 8, 2019
Revised June 10, 2019
Accepted June 11, 2019

∗ 2010 Mathematics Subject Classification : 97D99

5) Sejong Science High School (hy0501@snu.ac.kr)
6) Seoul National University, Center of Education Research (khmath@snu.ac.kr), Corresponding Author