대한수학교육학회지 수학교육학연구 제 27 권 제 3 호
Journal of Educational Research in Mathematics
Vol. 27, No. 3, 557 ~ 580. Aug 2017

수학영재의 집단창의성 발현 모델 개발[1)]

성 지 현* · 이 종 희**

본 연구는 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 이론적으로 구안하고, 이를 실제 수업에 적용한 결과를 분석하여 모델을 확인하고 정교화하는 것을 목적으로 한다. 영역 일반적인 집단창의성에 대한 선행연구와 수학영재의 창의성에 대한 선행연구를 고찰하여 집단창의성 발현 모델을 구안하였다. 또한 이 모델을 수학영재학급 수업에 적용하여 학생들이 보인 반응을 분석하였다. 분석 결과, 집단창의성 발현 모델의 각 단계에 따른 수학영재의 반응과 집단창의성에 작용하는 주요 요인을 확인하였으며, 수학적 정당화를 위해 추측 또는 문제해결 아이디어 공유 단계로 되돌아가는 과정과 집단 수준의 창의적 시너지가 일어날 수 있는 발생 및 긴장 상태에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유 단계로 되돌아가는 과정을 추가적으로 발견하였다.

I. 서론

수학영재의 특성 중 하나는 수학적 창의성이다. Sriraman(2005)은 학교수학에서 수학 영재성에 수학적 창의성이 포함되고 극대화되는 것이 이상적이라고 보고, 이를 위한 원리로 희생의 원리, 학문적 원리 등을 제시하였다. 그 중 하나인 희생의 원리는 문제해결을 위해 오랜 시간 인내하며 위험을 감수할 수 있어야 한다는 원리이다. 수학영재는 자신의 아이디어를 동료들에게 검증받고, 아이디어가 잘못되었더라도 위험을 감수할 수 있어야 한다. 학문적 원리는 수학영재들이 수학자처럼 학문적 활동을 하는 경험을 해 보아야 한다는 것으로, 이를 위해서는 다른 사람의 의견에 대해 논쟁하거나 질문할 수 있는 교실 환경을 만들어 주어야 한다. 즉, 수학영재의 수학적 창의성 극대화를 위해서는 자신의 의견을 다른 사람들과 함께 논의하거나 검증하는 과정이 필요하고, 이는 집단에서의 학습 과정이 수학영재의 수학적 창의성 극대화에 도움이 될 수 있음을 시사한다.

뿐만 아니라 미래사회의 핵심역량 중 하나로 다른 사람들과 상호작용하는 능력이 중요시되고 있으므로(최승현 · 박지현 · 남금천, 2013), 수학영재 역시 다른 사람들과 상호작용하는 능력을 기를 수 있는 교육을 받아야 한다. 따라서 교사는 수학영재들이 동료들과 함께 학습하며 자신들의 수학적 창의성을 극대화할 수 있는 학습 환경을 제공해 줄 필요가 있다.

이와 관련하여 최근 집단을 통한 창의성 발현에 대한 관심이 높아지고 있다(Zhou, 2015). 집단을 통한 창의성 발현이라 함은 집단 내 개인 창의성의 시너지로 인한 창의적 산출과 집단의 영향을 받은 개인 창의성의 발현이라는 의미를 갖고 있다.

* 이화여자대학교 대학원, jihyunjhjh@naver.com (제1 저자)
** 이화여자대학교, jonghee@ewha.ac.kr (교신저자)
1) 본 연구는 제1 저자의 박사학위논문의 일부를 수정한 연구임.

그러나 기존의 수학교육 연구에서는 집단보다는 수학영재 개인의 창의성에 초점을 둔 경우가 대부분이었다(김기연, 2008; 김판수, 2014; 이대현, 2014; Leikin, 2010). 그러므로 수학영재들을 대상으로 집단 내 개인 창의성 간의 상호작용을 통한 시너지 효과와 집단의 영향을 받아 촉진된 개인 창의성 발현에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 제시하고자 일반적인 집단창의성의 발현 과정과 기존의 수학적 창의성 발현 과정에 대한 선행연구를 고찰하고, 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 이론적으로 구안하였다. 또한 도출된 과정을 실제 수학영재 수업에 적용한 사례를 분석하여 수학영재의 집단창의성 발현 과정을 확인하고 정교화하였다.

II. 집단창의성의 발현

1. 집단창의성의 의미

가. 일반적 집단창의성

창의성에 대한 최근 연구에서는 창의성을 사람, 과정, 산출, 환경 등을 통합한 체계로 정의하거나 창의성에 영향을 주는 요인 간의 상호작용으로 정의한다(Dorniak-Wall, 2016). 이러한 관점은 각 요인들이 하나만 갖춰져 있다고 창의성이 발현되는 것이 아니라 창의성에 영향을 주는 요인들이 통합적으로 상호작용하는 과정에서 창의성 발현이 가능하다고 보는 것이다.

일반적 집단창의성에 대한 연구에서도 창의성에 작용하는 다양한 요인 간의 상호작용 과정 또는 그로 인한 결과를 집단창의성으로 정의한다. Siau(1995)는 “집단의 창의적 수행은 창의성의 다양한 차원 또는 투입, 과정, 결과 요인 사이의 상호작용 결과” 라고 보았고, Zhou와 Kolmos(2013)는 집단창의성을 “집단 내의 독창적 아이디어의 창조, 개발, 평가, 촉진”이라고 정의하여 과정과 결과라는 관점을 포함하여 집단창의성을 정의하였다.

Catmull(2008)과 유경훈(2015)은 문제해결을 위해 창의성 또는 전문성을 지닌 구성원들이 함께 상호작용하며 효율적으로 일하는 것을 집단창의성으로 보았다. 특히 유경훈(2015)은 “집단구성원들이 그들의 개인 창의성을 바탕으로 상호작용하며, 이를 통해 창의적인 아이디어를 도출하고 문제해결을 위해 모두 함께 실행에 옮기는 것”을 집단창의성이라고 정의하고, 창의성이 개인의 역량을 넘어서서 타인과의 상호작용을 통해 더욱 발전될 수 있다는 점을 언급하였다.

이와 같이 일반적 집단창의성에 대한 연구에서는 집단 구성원들의 상호작용으로 인해 개인들이 할 수 있는 것보다 뛰어난 산출을 해내는 과정 또는 산출을 집단창의성이라고 보았다.

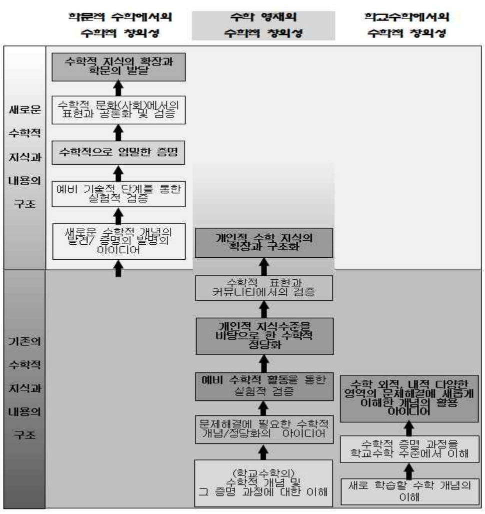
나. 수학영재와 집단창의성

일반적 집단창의성에 대한 연구에서는 집단 구성원들의 상호작용으로 산출된 과정 또는 결과를 집단창의성이라고 보았다(김현진, 2014; 유경훈, 2015; Siau, 1995). 특히 수학영재의 집단창의성이 갖는 의미는 수학이라는 학문의 특성과 수학영재의 특성에 맞게 구체화될 수 있으므로 문제해결 과정에서 집단 수준의 지식을 재발명, 재발견해 가면서 이루어진다고 볼 수 있다. 이러한 과정에서 아이디어의 공유, 비판적 검증, 지식의 연결, 정교화가 이루어짐으로써 수학영재의 집단창의성이 발현된다.

수학적 창의성은 문제해결과 밀접한 관련이 있고, 수학영재의 창의성도 창의적 문제해결 과정을 중심으로 살펴볼 수 있다(김기연, 2008). 영

역 일반적 집단창의성에 대한 연구에서도 문제 해결 과정과 집단창의성 사이에 관련이 있다는 의견(Woodman, Sawyer, & Griffin, 1993)과 문제 기반학습이 개인 창의성과 집단창의성의 상호작용을 촉진할 수 있다는 의견(Zhou, 2015)이 있으므로 수학영재의 집단창의성 발현 과정은 문제 해결 과정에 초점을 두고 살펴볼 수 있다.

수학영재의 창의성을 창의적 생산력의 관점에서 살펴본 김기연(2008)의 연구에서는 학교수학에서의 창의성과 수학영재의 창의성, 학문적 수학에서의 창의성을 구분하여 각각의 발현 과정과 수준을 제시하였다. 수학영재의 창의성 역시 학교교육을 기반으로 하여 기본적인 수학적 개념이나 증명 과정을 이해하는 것은 학교수학에서의 창의성과 유사하지만 범위와 수준에 있어 차이가 있다고 보았다. 수학영재는 주어진 개념이나 증명 과정을 단순히 이해하고 활용하는 수준을 넘어서서 수학적으로 검증하고 정당화, 표현할 수 있는 수준에 도달 가능하다. 수학영재는 학교수학에서의 창의성보다 더 학문적인 방법으로 재발명, 재발견하는 과정을 경험할 수 있어야 한다.



[그림 II-1] 수학적 창의성의 발현 과정과 수준에 대한 조망(김기연, 2008, p. 39)

수학영재의 집단창의성 발현이 이루어지기 위해서는 집단 구성원의 아이디어가 공유되어야 하는데, 아이디어 공유를 위해서는 집단 구성원의 동기부여가 이루어져야 한다. 집단창의성 발현 과정에 있어 사회적 비교를 통한 동기부여는 중요한 요인이고, 창의성 발현에 대한 연구에서도 동기를 주요 요인으로 보는 관점(Amabile, 1983)이 있으므로 수학영재의 집단창의성 발현 과정에서도 동기부여를 통한 아이디어 공유가 이루어질 수 있어야 한다. 공유된 아이디어는 이후에 결합, 검증 등의 과정으로 이어진다.

수학은 준경험적 가설-연역체계라는 특징이 있으므로 수학영재의 창의성 발현 역시 비판적 검증 과정과 논의가 허용되어야 하며(Sriraman, 2005), 탐구, 추측, 검증, 오류 수정을 통해 도전적인 문제를 해결하고 토의하는 과정이 포함되어야 한다. 이러한 과정에서 면밀한 검토와 비판에 의해 살아남으면 수학적 지식은 객관적인 지식으로 여겨지고, 다른 사람들의 검토와 비판에 대해 자신의 아이디어를 정당화하는 것이 중요하다. 비판적 검증과 논의 과정에서의 아이디어 불일치는 갈등을 유발할 수 있고, 갈등을 어떻게 해결하는지는 집단창의성 발현에 중요한 역할을 한다. 또한 비판적 검증과 논의는 집단 구성원이 지닌 다양성을 바탕으로 이루어질 수 있다.

집단 구성원이 지닌 다양성은 수학적 지식의 발전 과정에서 지식의 연결을 통한 창의성 발현에도 기여할 수 있다. 수학자들은 지식의 연결을 통해 새로운 지식을 창조하기도 한다. 서로 다른 이론을 통합하거나 수학적 개념이나 성질, 방법 등을 다른 분야에 적용함으로써 창의적 산출을 한다(Sriraman, 2005). 수학자의 창의적 활동 과정을 수학영재가 경험해 볼 필요가 있으므로, 수학영재 역시 다양한 수학적 개념이나 성질을 다른 분야에 적용하거나 합성하는 활동을 통해 수학적 창의성 발현 과정을 경험해 보아야 한다. 이

러한 과정에서 집단 구성원이 지닌 다양성은 지식의 연결을 풍부하게 해 준다. 집단 구성원의 아이디어가 결합되고 개선되어 집단창의성 발현이 이루어지므로, 구성원의 정신적 지지가 이루어질 수 있는 개방적인 분위기에서 지식의 연결, 합성, 개선이 이루어지도록 촉진하는 과정이 수학영재의 집단창의성 발현 과정에서 중요하다.

수학영재의 창의적 사고 특징 중 하나는 기존 개념과 개념 사이의 새로운 관계성을 파악하고, 나아가 기존 구조를 정교화할 수 있다는 점이다 (Leikin, 2010). 기존에 알고 있던 내용 사이의 새로운 관계성을 파악하여 지식의 재구조화 또는 재형성의 과정을 경험할 수 있도록 하는 것은 학문적 수학에서의 창의성과 수학영재의 창의성 발현 과정에서 유사한 부분이다. 따라서 수학영재의 집단창의성 발현 과정에서 이렇게 기존 구조를 정교화하거나 새로운 관계성을 파악하는 과정이 포함될 필요가 있고, 이는 집단창의성에 영향을 주는 요인 중 다양성 및 갈등과 관련이 있다. 구성원이 지닌 관점이나 지식의 다양성은 개념 사이의 새로운 관계성을 찾는데 도움이 되며, 이는 집단창의성 발현으로 이어진다. 또한 구성원의 아이디어가 달라서 생기는 갈등을 해결하기 위해 기존의 아이디어를 정교화함으로써 수학영재의 집단창의성 발현이 이루어질 수 있다.

따라서 수학영재의 집단창의성은 구성원 개인의 창의성을 바탕으로 산출한 아이디어를 공유하고, 검증, 연결, 정교화함으로써 다양하고 독창적인 추측 또는 해결방안을 만들고 개선하여 개인이 할 수 있는 것보다 뛰어난 산출을 해 내는 것이라고 볼 수 있다.

2. 집단창의성 발현 과정

가. 집단의 기능

일반적 집단창의성에 대한 연구에서는 집단 구성원들의 상호작용으로 인한 과정 또는 산출을 집단창의성이라고 본다. 개인 창의성과 구분하여 집단창의성은 발현 과정과 그 과정에 영향을 주는 요인들 간의 상호작용에 강조점이 있다. 특히 집단이 발현 과정에서 어떤 역할을 하고, 요인 간의 상호작용에서 어떤 역할을 하는지가 집단창의성 발현 여부를 결정한다고 볼 수 있다.

집단창의성 발현 과정에서 집단이 하는 기능은 구성원 간의 상호작용으로 인해 변화되는 결과와 집단의 영향을 받은 개인의 변화라는 두 가지 역할이다. 예를 들어, 집단의 상호작용 과정을 통해 개인 혼자 창의적 산출을 할 때보다 집단 수준에서 더 창의적인 산출을 해내거나 집단의 활동 과정에서 개인이 혼자일 때보다 더 창의적인 산출을 해내도록 촉진되는 역할을 하는 것이다. 이와 유사하게 Zhou(2015)는 집단에 속한 개인 창의성의 시너지로 인한 결과와 개인 창의성에 영향을 주는 맥락으로 작용하는 집단의 두 가지 관점 간의 상호작용으로 집단창의성이 발현된다고 보았다.

집단창의성에 영향을 주는 요인 간의 상호작용을 살펴보고, 개인 창의성의 시너지로 인한 결과와 개인 창의성에 영향을 주는 맥락으로서의 집단이라는 두 가지 관점을 포괄하기 위해서는 집단창의성 발현 과정에서 집단의 기능을 고려해야 한다. 따라서 본 연구에서는 구성원 간의 상호작용으로 인한 시너지와 집단의 영향을 받은 개인 창의성의 촉진이라는 집단의 두 가지 기능을 고려하여 집단창의성 발현 과정을 도출하고자 한다.

나. 집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인

Paulus와 Dzindolet(2008)은 집단창의성 발현에 사회적 영향을 주는 주요 요인으로 다양성, 갈

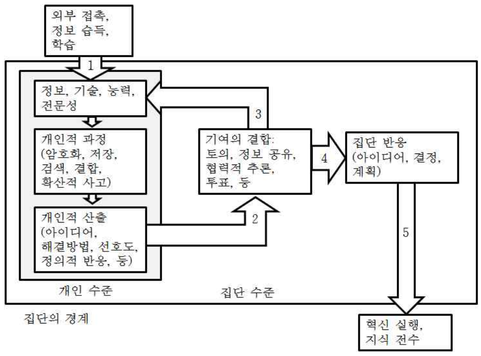
등, 정신적 지지 환경, 사회적 비교를 언급했다. 그러나 사회적 영향을 주는 주요 요인이 인지적 영향을 주는 주요 요인과 완전히 분리되기는 어렵다고 여겨지므로 본 연구에서는 이를 집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인이라고 본다.

이러한 요인 중 첫 번째 요인인 다양성은 집단 구성원이 지닌 자원, 관점, 지식 등의 다양성과 다양성에 대한 태도가 집단창의성에 영향을 준다는 것이다. 두 번째 요인인 갈등은 구성원간의 갈등과 갈등의 관리가 집단창의성 발현에 중요한 역할을 한다는 점을 의미한다. 세 번째 요인인 집단 구성원의 정신적 지지 환경은 집단의 개방적 분위기와 관련이 있고, 이러한 분위기 속에서 아이디어가 결합되고 개선되어 집단창의성 발현이 이루어진다는 것이다. 네 번째 요인인 사회적 비교는 아이디어의 공유가 아이디어의 양과 질 등에 대해 서로 비교할 수 있는 기회를 제공함으로써 집단창의성 발현 과정에 영향을 준다는 것이다. 예를 들어, 높은 수준의 산출을 해 내는 사람과 비교를 하게 되면, 동기부여가 되어 구성원의 수행을 자극할 수 있다.

다. 집단창의성의 포괄적 모델

Paulus와 Nijstad(2003)는 개인 창의성에 대한 집단의 영향과 개인 창의성의 시너지로 인한 결과를 모두 포함한 모델을 [그림 II-2]와 같이 제시하였고, 여기에는 개인 수준과 집단 수준의 창의적 산출이 이루어지는 과정이 모두 포함되어 있다.

화살표 1은 개인이 새로운 기술이나 정보 등을 얻는 과정을 의미하고, 그것을 바탕으로 개인 수준의 창의적 산출을 해내는 과정이 왼쪽에 있다. 개인적 산출은 집단 수준에 기여할 수 있는데, 화살표 2는 개인의 기여가 집단의 정보처리 공간으로 포함되는 과정을 의미한다. 집단의 과정에서 개인의 기여가 결합되고, 이는 집단의 반응으로 산출된다.



[그림 II-2] 집단창의성의 포괄적 모델(Paulus & Nijstad, 2003, p. 334)

기여의 결합은 집단의 반응을 위해 집단의 과정에서 구성원 개인이 가진 자원이 아이디어, 해결방안, 질문 등의 생성에 이용되는 것을 의미한다. 개인이 집단의 과정에 주목하면 그 정보가 다시 개인의 지식 기반에 포함되어 다른 새로운 산출을 위한 자원이 된다. 이렇게 집단이 개인 창의성에 영향을 주는 맥락으로 작용하는 과정은 화살표 3의 과정이라고 볼 수 있고, 집단 내 개인 창의성의 시너지를 통한 결과는 화살표 4의 과정으로 볼 수 있다. 집단의 산출이 혁신 실행을 하거나 다른 집단에 지식을 전수하는 과정은 화살표 5에 해당된다.

집단 내 개인 창의성의 시너지가 이루어지는 기여의 결합 과정은 개인 창의성의 시너지가 나타날 수 있는 상태와 개인적 기여가 결합되는 방식을 살펴봄으로써 구체화될 수 있다. 개인적 기여가 결합되는 방식은 다양한데, Hinsz, Tindale, Vollrath(1997)는 이를 수집(pooled), 변형(transformed), 연결(aggregated)[2]로 보았다.

---

2) Hinsz, Tindale, Vollrath(1997)는 기여가 결합되는 방식을 “pooled, transformed, aggregated”라고 하였는데,

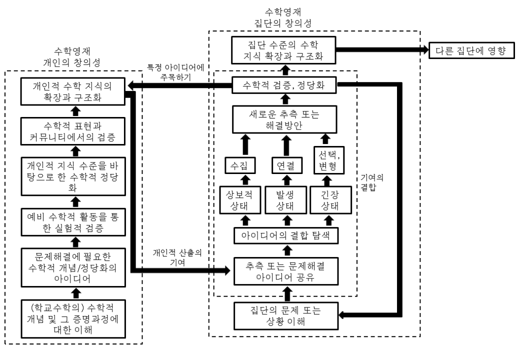
집단 내 개인 창의성의 시너지가 발생할 수 있는 상태는 상보적 상태(Complementarity), 발생 상태(Emergence), 긴장 상태(Tension)가 있다(Moran & John-Steiner, 2004; Zhou & Kolmos, 2013). 상보적 상태는 집단 구성원이 지닌 관점, 지식, 자원 등이 상호보완적이어서 창의적인 협력이 가능한 상태를 의미한다. 발생 상태는 예상치 못한 창조가 가능한 상태로, 새로운 관계성을 찾거나 연결을 통한 창의적 산출이 가능한 경우를 의미한다. 긴장 상태는 구성원 간의 상반된 특징이 서로 갈등이나 불일치를 이루는 상태를 의미한다. 긴장 상태에서 갈등이나 불일치를 해소하기 위해 논쟁을 통한 집단 의사결정이 이루어지거나 건설적인 토의가 이루어질 수 있다.

이렇게 집단창의성 발현은 개인 창의성이 집단의 과정에서 기여하여 집단 수준의 창의적 산출을 해 내고, 다시 집단의 과정이 개인 창의성 발현에 영향을 주는 과정이 반복됨으로써 이루어진다.

III. 수학영재의 집단창의성 발현 모델 구안

수학영재의 집단창의성은 개인의 창의성을 바탕으로 산출한 아이디어를 공유하고, 검증, 연결, 정교화함으로써 다양하고 독창적인 추측 또는 해결방안을 만들고 개선하여 개인이 할 수 있는 것보다 뛰어난 산출을 해낼 수 있는 것으로, 개인적 기여가 집단의 과정에서 결합됨으로써 발현될 수 있다.

수학영재의 집단창의성 발현 모델을 구안하기 위해 Paulus와 Nijstad(2003)의 포괄적 모델과 김기연(2008)의 수학영재 개인의 창의성 발현 과정을 고려하였다. Paulus와 Nijstad(2003)의 포괄적 모델은 개인 창의성과 집단창의성의 상호작용을 포함하기 위해 적용한 것으로, [그림 II-2]의 화살표에 해당하는 과정이 본 연구의 모델에 적용되었다. 그리고 개인 수준의 창의적 산출이 이루어지는 과정은 김기연(2008)의 연구를 적용하여 구체화하였다. 본 연구에서 제시한 모델은 개인의 창의적 과정 외에 집단의 과정에서 개인들의 기여가 어떻게 결합되는지를 구체화했다는 점에서 김기연(2008)의 연구와 차이가 있고, 개인 수준과 집단 수준의 단계를 수학영재의 특성에 맞게 구체화했다는 점에서 Paulus와 Nijstad(2003)의 모델과 차이가 있다. 선행연구를 기반으로 구안한 수학영재의 집단창의성 발현 모델은 [그림 III-1]과 같다.



[그림 III-1] 이론을 통해 도출된 수학영재의 집단창의성 발현 모델

Paulus와 Nijstad(2003)의 모델 왼쪽에 있는 개인 수준의 과정은 개인이 새로운 기술이나 정보 등을 얻어서 창의적 산출을 해내는 과정을 의미한다([그림 II-2] 참조). 이를 수학영재 개인의 창의적 과정으로 구체화하기 위해 [그림 II-1]의 수

본 연구에서는 이를 수집(pooled), 변형(transformed), 연결(aggregated)이라고 번역하였다. “aggregated”의 경우에는 종합, 총합의 의미가 있는데, 본 연구에서는 수학적 창의성의 특성을 반영하여 이를 연결이라고 번역하였다.

학영재의 수학적 창의성에 해당하는 부분을 적용하였다.

외부로부터 학습하거나 정보를 얻는 [그림 II-2]의 화살표 1은 수학영재 개인의 창의성 발현 과정 중 '수학적 개념 및 그 증명과정에 대한 이해'에 해당된다. 이렇게 습득한 개인의 정보, 기술, 능력, 전문성 등은 개인적 과정을 통해 개인적 산출을 해내는 과정으로 이어진다. [그림 III-1]의 '문제해결에 필요한 수학적 개념/정당화의 아이디어', '예비 수학적 활동을 통한 실험적 검증', '개인적 지식 수준을 바탕으로 한 수학적 정당화', '수학적 표현과 커뮤니티에서의 검증'는 개인적 과정 부분이 수학영재의 창의성에 적합하게 구체화된 것이다. '개인의 수학 지식의 확장과 구조화'는 개인적 산출에 해당된다.

[그림 II-2]의 화살표 2는 개인의 기여가 집단의 정보처리 공간으로 포함되는 과정을 의미하고, 화살표 3은 개인이 집단의 과정에 주목하면 그 정보가 다시 개인의 지식 기반에 포함되어 다른 새로운 산출을 위한 자원이 되는 과정을 의미한다. [그림 III-1]의 '개인적 산출의 기여'는 [그림 II-2]의 화살표 2, [그림 III-1]의 '특정 아이디어에 주목하기'는 [그림 II-2]의 화살표 3에 해당된다.

수학영재 개인의 창의성과 구분되는 집단창의성의 발현 과정은 개인적 기여가 결합되는 집단의 과정에 있고, 이는 [그림 III-1]의 오른쪽 점선으로 된 사각형 안에 구체화되었다. 개인적 기여가 산출되기 시작하는 과정은 집단 구성원에게 문제 또는 상황이 제시됨으로써 시작된다. 문제 또는 상황을 이해하게 되면 동기부여된 집단 구성원들은 집단의 과정에 기여하기 위해 개인의 창의성을 바탕으로 생성된 아이디어를 산출한다.

산출된 아이디어는 집단 구성원들에게 공유된다. 아이디어 공유는 수학영재들이 집단 구성원 간에 공유된 아이디어나 표상 등을 생성하는 단계로, 초반에는 예비 수학적 활동이 이루어질 수 있다.

개인적 기여가 산출되어 공유된 이후에는 아이디어의 결합을 확산적으로 탐색한다. 수학적 창의성과 집단의 창의적 과정에서 모두 확산적인 과정과 수렴적인 과정이 중요하다(Balka, 1974; Zhou & Kolmos, 2013). 특히 수학적 발견은 여러 관념의 결합에 의해 이루어지며, 이러한 결합 중에 극소수만이 생산적이다. 생산적인 결합을 찾기 위해서는 가능한 결합을 최대한 많이 찾아야 하고, 그 중에서 유익한 결합을 찾아야 한다(Hadamard, 1945/1990, pp. 37-38). 따라서 확산적으로 아이디어의 결합을 탐색하는 과정이 포함되었다.

확산적으로 결합을 탐색한 이후에는 그 중에서 유익한 결합을 찾아야 한다. 탐색되던 기여의 결합은 집단의 창의적 시너지가 나타날 수 있는 세 가지 상태인 상보적 상태, 발생 상태, 긴장 상태에 이르게 된다(Moran & John-Steiner, 2004; Zhou & Kolmos, 2013). 이러한 세 가지 상태와 개인적 기여가 결합될 수 있는 방식(Hinsz, et al., 1997)은 각각 유사한 것끼리 이어질 수 있다.

상보적 상태의 아이디어는 Hinsz 외(1997)의 수집에 해당되는 과정으로 이어진다. 상보적 상태의 아이디어가 수집되면 협력적인 과정을 통해 새로운 아이디어가 산출된다.

발생 상태의 아이디어는 예상치 못한 연결로 이어질 수 있다. 발생 상태에서 구성원들은 관계성의 새로운 측면을 발견하거나 여러 개념들의 서로 다른 면을 통합하여 새로운 아이디어를 산출할 수 있다(Ervynck, 1991/2007).

긴장 상태의 아이디어는 Moran과 John-Steiner (2004)가 언급한 선택과 Hinsz 외(1997)가 언급한 변형의 과정으로 이어질 수 있다. 집단 구성원이 공유된 아이디어에 대해 면밀하게 검토하면, 서로의 아이디어가 일치하지 않아서 갈등 상황에

도달하기도 한다. 수학영재의 비판적 사고 능력은 아이디어를 비교하고 대조하는 과정과 관련된 능력으로(Leikin, 2010), 갈등 상황이 일어나게 할 수 있다. 수학영재들은 서로의 아이디어에 대해 비교, 대조하기 위해 질문하고 응답한다. 그리고 다른 사람들의 의견에 대해 자신의 입장이 옳다고 생각되면 집단구성원은 다른 구성원에게 자신의 생각을 정당화하거나 반박하고(우정호, 2007), 자신의 입장이 옳지 않다고 생각되면 기존의 아이디어를 개선할 방법을 생각하게 된다. 이 과정에서 구성원들이 추측의 잠재적 검토자 또는 문제의 잠재적 해결자의 역할을 하여 적절한 아이디어로 수렴해 간다(Singer & Voica, 2015).

구성원의 다양한 아이디어는 집단의 과정에서 수집, 연결, 선택, 변형과 같은 방식으로 결합되어 새로운 추측이나 해결방안이 된다. 새로운 추측이나 해결방안은 정교화되어 수학적으로 표현된다.

새로운 추측이나 해결방안은 수학이라는 학문 분야의 특성으로 인해 수학적으로 검증하고 정당화하는 과정이 필요하다. 학교수학에서의 창의성과 구분되는 수학영재의 창의성이 갖는 특징은 수학적 검증과 정당화가 이루어진다는 점이다(김기연, 2008). 따라서 집단 수준에서도 수학적 검증 및 정당화가 이루어지는 과정이 포함되었다.

[그림 III-1]의 '집단 수준의 수학 지식 확장과 구조화'로 이어지는 과정은 [그림 II-2]에서 화살표 4의 과정인 집단 내 개인 창의성의 시너지를 통해 집단 수준의 창의적 산출이 이루어지는 과정을 의미한다. 그리고 [그림 III-1]의 '다른 집단에 영향'을 주는 과정은 [그림 II-2]에서 집단의 산출이 외부의 혁신 실행이나 다른 집단에 지식을 전수하는 화살표 5의 과정을 의미한다.

한편, 수학적 지식 구성이 재귀적으로 이루어지고(우정호, 2007), 문제제기는 창의적 행동의 특징이 될 수 있으므로(Silver, 1994), 수학영재의 집단창의성 발현 과정에도 반성 또는 문제해결 후의 문제제기 과정이 포함된다. 즉, 정당화된 추측과 해결방안에 대해 반성적으로 사고하거나 문제제기하여 새로운 문제 또는 상황이 생성되면, 집단의 과정은 다시 문제 또는 상황 이해 단계로 돌아간다. 수학영재의 집단창의성 발현 과정은 위와 같은 과정을 통해 집단과 개인의 수학 지식 확장과 구조화에 기여한다.

Ⅳ. 수학영재의 집단창의성 발현 모델 적용 방법

1. 연구대상

본 연구에서 수학영재는 교육청 지정 수학 분야 영재학급 선발 시험에 통과하여 교육을 받고 있는 영재교육 수혜자를 의미한다. 집단 구성원들이 의견을 교환하고 있는 언어를 서로 이해하기 어려운 경우, 이는 집단창의성 발현에 부정적인 영향을 준다는 의견이 있으므로(김영채, 2007), 본 연구에서는 같은 영재학급에서 수학 분야 영재교육을 받고 있는 학생들을 의도적으로 연구대상으로 선정하여 사용하는 언어를 서로 이해할 수 있도록 하였다. 또한 초등학교 5~6학년 학생들의 경우에는 저학년 학생들에 비해 영역 특수적인 창의성을 살펴보기 적합한 단계의 학생들로(Adams & Chen, 2012), 초등학교 5~6학년 학생들을 연구대상으로 선정하였다.

이렇게 선정된 연구대상자는 서울시의 A 초등학교 영재학급 학생들로, 이 학급의 정원은 10명이며, 5, 6학년 무학년제로 운영되고 있다. 연구대상자와 법정대리인의 동의를 얻은 9명의 학생들을 최종 연구대상자로 선정하였다. 집단창의성을 살펴보기 위해 소집단을 구성하였고, 소집단

은 구성원들의 학년, 성별 등의 다양성을 고려하여 <표 IV-1>과 같이 이질집단으로 구성하였다. 연구대상자들은 본시 수업 전 3개월 동안 연구자와 영재학급 수업을 함께 해 왔기 때문에 편안한 분위기에서 자유롭게 자신의 생각을 표현할 수 있었다.

<표 IV-1> 연구대상자들의 소집단 구성

모둠	학생	성별	학년	특성
1	S1	남	6	수학적 문제해결력이 뛰어나고 수학에 대한 지식이 풍부함
	S2	남	6	문제와 관련된 아이디어를 다양한 측면에서 산출함
	S3	여	5	다른 사람의 의견을 잘 수용하고 학습 내용을 체계적으로 정리함
2	S4	남	6	아이디어를 다양한 측면에서 산출하고 적극적인 태도로 참여함
	S5	남	5	자기주장이 강하고 논리적으로 사고하는 능력이 우수함
	S6	여	5	수학적 문제해결력이 뛰어나고 수학에 대한 지식이 풍부함
3	S7	남	5	수학적 문제해결력이 뛰어나고 적극적으로 아이디어를 산출함
	S8	남	6	아이디어를 다양한 측면에서 산출하며 구체적 조작 활동에 적극적으로 참여함
	S9	남	5	다른 사람의 의견을 잘 수용하고 수학적 지식이 풍부함

2. 자료 수집 방법

본 연구에서는 연구 결과의 타당성을 높이기 위해 자료 삼각 검증을 하였다. 자료 삼각 검증을 위해 수집한 자료는 수업을 관찰하며 기록한 관찰 기록안, 수업 녹화 자료, 학생들의 활동 기록이다.

연구자는 수학영재학급 수업을 직접 진행하며 관찰하고 관찰 기록안을 작성하였고, 한 모둠 당 1대의 카메라를 이용해 학생들의 활동 과정을 촬영하여 연구 자료를 수집하였다. 그리고 학생들의 말과 행동이 녹화된 내용을 전사하여 분석하였다. 전사한 내용을 분석할 때에는 언어적 표현 외에도 학생들의 행동이나 상황 등을 포함시켜 함께 분석하였다. 집단의 창의적 산출을 분석하기 위해 학생들이 활동 중에 글이나 그림으로 적은 활동 기록물을 수집하였다.

3. 자료 분석 방법

연구자는 수학영재의 집단창의성 발현 과정에 대한 연구가 아직 많이 부족하고, 학생들의 반응에서 예상치 못한 부분을 발견할 수도 있다고 생각했기 때문에 연구 자료를 질적으로 분석하였다. 질적 분석을 통해 나타난 학생들의 반응을 확인하여 이론적으로 도출한 수학영재의 집단창의성 발현 모델의 개선이 필요한 경우에 이를 반영하고자 하였다. 질적 연구 방법 중에서도 사례 연구를 선택하였는데, 사례 연구는 사례를 탐색하여 상세하고 심층적인 자료를 수집하여 분석하는 방법(Creswell, 2013/2015, p. 125)으로, 연구자는 다양한 방법으로 수집된 자료를 바탕으로 학생들의 반응을 상세하게 분석하였다.

4. 실험연구를 위한 수업 설계

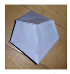
본 연구에서는 사례연구를 위한 수업 주제로 ‘다면체와 정다면체’가 선정되었다. 이러한 주제의 수업에서는 도형의 성질을 다양하게 찾을 수 있는 개방형 문제 제시가 가능하고, 개념을 확장하거나 구체적 사례로부터 도형의 성질이나 규칙성을 일반화해 나갈 수 있는 문제도 제시될 수 있다(Sriraman, 2005; Sheffield, 2003). 그리고 학생들이 도형과 관련된 성질을 탐구하면서 수와 연산이나 규칙성, 측정 분야와 수학 내적 연결도 가능하고, 오목다면체나 준정다면체와 같은 기존에 학습한 내용으로 설명하기 어려운 대상

을 포함시켜 탐구하도록 함으로써 인지적 유연성을 가지고 수업에 참여할 수 있다고 보았다. 따라서 본 연구에서는 다면체와 정다면체를 비교하여 도형의 성질을 찾고 일반화하는 것을 학습 목표로 정하였다. 이를 순차적으로 학습할 수 있도록 1차시에서는 정다면체의 성질을 탐구하고, 2차시에서는 다른 다면체와 정다면체를 비교함으로써 규칙성을 일반화하도록 수업을 설계하였다. 수업의 단계는 집단창의성 발현 모델의 단계에 따라 구성하였다.

<표 IV-2> 실험연구를 위한 수업 설계(1차시)

단계	교수·학습 활동
집단의 문제 또는 상황 이해	·‘정다면체의 성질을 탐구한다.’, ‘정다면체의 성질을 변형하고자 하는 태도를 갖는다.’는 학습 목표를 확인한다.
추측 또는 문제해결 아이디어 공유	·정다면체를 만들고 성질을 탐색한다. ·개인 창의성을 바탕으로 정다면체의 성질을 찾고 산출된 아이디어를 공유한다.
아이디어의 결합 탐색	·정다면체 성질에 대한 아이디어의 결합을 확산적으로 탐색한다.
상보적 상태/ 수집	·상보적 아이디어를 수집한다.
발생 상태/ 연결	·아이디어를 연결한다.
긴장 상태/ 선택, 변형	·아이디어를 면밀하게 검토하고 비판적으로 바라본다. ·긴장 상태의 아이디어를 선택하거나 변형한다.
새로운 추측 또는 해결방안 제시	·정다면체의 성질을 정교화하여 표현한다.
수학적 검증, 정당화	·정다면체의 성질에 대한 추측을 검증하고 정당화한다.
반성 및 문제제기	·아이디어 산출 과정을 돌아보고 확인한다. ·찾은 정다면체의 성질을 변형한다면 어떻게 될지 생각해 본다.

<표 IV-3> 실험연구를 위한 수업 설계(2차시)

단계	교수·학습 활동
집단의 문제 또는 상황 이해	·‘다른 다면체와의 비교를 통해 정다면체의 성질에서 찾은 규칙성을 일반화한다.’, ‘정다면체의 성질을 확장하고자 하는 태도를 갖는다.’라는 문제를 확인한다.
추측 또는 문제해결 아이디어 공유	·3가지 다면체를 만들어 본다.    ·개인 창의성을 바탕으로 찾은 다면체의 성질과 정다면체의 성질을 비교한다.
아이디어의 결합 탐색	·다면체와 정다면체의 성질에 대한 아이디어의 결합을 확산적으로 탐색한다.
상보적 상태/ 수집	·상보적 아이디어를 수집한다.
발생 상태/ 연결	·아이디어를 연결한다.
긴장 상태/ 선택, 변형	·아이디어를 면밀하게 검토하고 비판적으로 바라본다. ·긴장 상태의 아이디어를 선택하거나 변형한다.
새로운 추측 또는 해결방안 제시	·정다면체의 성질과 비교하여 제시된 다면체의 성질을 정교화하여 표현한다.
수학적 검증, 정당화	·정다면체와 제시된 다면체의 성질을 검증하고 정당화한다.
반성 및 문제제기	·아이디어 산출 과정을 돌아보고 확인한다. ·다면체와 정다면체 외에 다른 입체도형은 어떤 성질을 가질지 생각해 본다.

V. 수학영재의 집단창의성 발현 모델 적용 결과

선행연구를 통해 도출된 수학영재의 집단창의성 발현 모델이 수학영재 수업에 적용가능한지, 집단창의성 발현 과정에 어떤 특징이 있고, 집단창의성에 영향을 주는 주요 요인이 어떻게 드러나는지, 그리고 예상치 못한 과정이 있는지 확인하기 위해 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 실제 수학영재 수업에 적용해 보았다. 대표적인 사례를 중심으로 적용 결과를 분석하였다. 추측 및 문제해결 아이디어 공유와 아이디어의 결합 탐색 단계, 집단 수준의 창의적 시너지가 발생하는 세 가지 상태와 기여의 결합이 이루어지는 단계의 사례는 함께 제시하는 것이 특징적인 부분을 살펴보기에 더 적절하였다. 아래 제시된 사례들은 세 모둠이 보인 반응 중에 특징적인 부

분을 인용하여 분석한 것이다. 인용된 대화에서 T는 교사를, Si는 학생을 의미한다.

1. 집단창의성 발현 단계별 특징 분석

가. 집단의 문제 또는 상황 이해

수학영재 집단이 문제 또는 상황을 이해하는 과정은 수학영재의 집단창의성 발현의 시발점이 된다. 이 단계는 전체 학생을 대상으로 문제 또는 상황을 제시하는 단계로, 문제 이해를 위해 핵심적인 개념의 뜻을 묻고, 대표적인 예를 들 수 있다.

문제 또는 상황을 이해하는 단계에서 학생들은 다음 사례와 같이 다양한 아이디어를 생성하였고, 서로의 아이디어를 들으며 잘못된 내용은 면밀히 검토하고 오류를 수정하고자 하는 특징을 나타내었다. S9가 ‘정백면체’라는 대답을 하자, 교사가 발문함으로써 학생들 스스로 정다면체의 성질을 생각해보도록 유도하였다.

T: 지금부터 정다면체에 대해 공부해 보겠습니다. 여러분 정다면체는 무슨 뜻일까요? 아는 사람 한 번 손들고 이야기해 볼까?
S4: 저요!
⋮
T: 예를 들면 대표적인 정다면체 무엇이 있을까요?
S1: 정육면체
S5: 정사면체, 정팔면체
S2: 직육면체
S1: 그건 아니야~
S4: 정십이면체
S5: 정이십면체
S9: 정백면체
T: 정백면체도 있을 수 있을까요?
S1: 없어요.
T: 음... 생각해 보면서 한 번 정다면체를 만들어 보세요. 만든 이후에 성질을 파악해 보도록 하겠습니다.

이와 같은 다양한 아이디어가 나올 수 있었던 것은 집단창의성에 영향을 주는 주요 요인 중 하나인 정신적 지지 환경이 개방적인 분위기 속에서 조성되었기 때문이다. 또한 교사는 학생들의 반응을 바탕으로 문제해결에 대한 목표를 제시함으로써 동기부여를 하였는데, 이러한 방법은 다른 사람이 산출한 아이디어와 비교하면서 학생들의 동기를 부여할 수 있는 집단창의성 발현 전략이 될 수 있다.

나. 추측 또는 문제해결 아이디어 공유, 아이디어의 결합 탐색

개인적 기여의 결합이 시작되면서 개인 창의성을 바탕으로 산출한 문제 또는 상황에 대한 아이디어가 공유되고, 아이디어의 결합이 확산적으로 탐색된다. 이 단계의 초반에는 예비 수학적 활동을 진행할 수 있다. 예비 수학적 활동을 하면서 학생들은 문제 또는 상황에 대한 아이디어를 산출하고 공유한다.

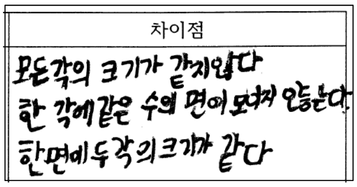
S2: 이거 이렇게 세어 보자. (모서리를 몇 개 뜯는다.) 하나 둘 셋 넷 다섯 여섯 일곱 여덟 아홉 열 열하나 열둘 열셋 열넷 열다섯 열여섯 열일곱 열여덟 열아홉 스물 스물하나 스물둘 스물셋. 스물세 개다.
S3: (웃는다.)
S2: 이게 한 꼭짓점 중심으로 세 개 있잖아. 그러니까 삼, 육, 구...
S3: 아. 꼭짓점 개수를 세면되네. 아니 그냥 꼭짓점 개수를 세어 봐.
S2: 아니 그럼 빼야 할 게 있다고. 하나 둘 셋 넷 다섯 여섯 일곱 여덟, ...
S1: (S2가 세던 정십이면체를 가져간다.) 그럼 제가 세어 볼게요. (한 면을 기준으로) 오, (옆쪽을 둘러싼 모서리를 세며) 하나 둘 셋 넷, ...
S2: 아~ 그렇게 세면되는 구나.

1모둠 학생들은 정다면체의 성질을 파악하기 위해 정다면체의 구성 요소의 개수를 세면서 예비 수학적 활동을 하였다. S2는 처음에 모서리를 몇 개 뜯어내어 도형을 단순하게 만든 후에 모서리의 개수를 셌다. 그러다가 한 꼭짓점을 중심으로 면이 세 개씩 모인다는 도형의 성질을 이용하려고 시도한다. 이러한 S2의 전략을 듣고, S3은 '꼭짓점의 개수를 세면되지 않냐'는 아이디어를 제시한다. 이에 대해 S2는 제외해야 할 것이 있다고 언급하면서 중복되는 모서리 개수를 빼야 함을 설명하였다. 그러자 S1이 모형을 가지고 가서 한 면을 기준으로 모서리의 개수를 세고 그와 마주보는 면, 옆쪽을 둘러싼 모서리의 개수로 도형을 부분으로 나누어서 개수를 세었다. 이와 같이 도형의 모서리의 개수를 세면서 학생들은 각자 사용하는 전략이 달랐고, 도형의 성질을 의식하지는 않았지만 실제적으로 적용하여 개수를 셌다. 집단창의성에 영향을 주는 주요 요인 중 하나인 구성원의 다양성이 예비 수학적 활동에서 도형의 구성 요소 개수를 세는 전략에서도 드러날 수 있음을 확인하였다.

개인 창의성을 발현하기 위한 활동으로 개별적으로 도형의 구성 요소 개수를 세고 수학적 성질을 탐구하는 활동지를 작성하였다면, 앞에서 제시된 다양한 전략에 대해 모든 학생들이 서로의 아이디어를 알기 힘들었을 것이고, 전략에 대한 논의 내용과 관련하여 얻을 수 있는 다양한 아이디어가 산출에 포함되지 못했을 것이다. 집단창의성 발현으로 인한 산출은 이렇게 개인 창의성으로 인한 산출보다 더 풍부해질 수 있다.

S9: (S7과 S8을 가리키며) 1분에 하나씩 찾아야 해.
⋮
S9: (S7을 가리키며) 생각을 해 보자.
S7: 각의 크기가 같지 않다.
S8: 썼어.
S7: 썼어? 두 각의 크기가 같다. 한 면에서 두 각의 크기가 같다.
S9: (S7을 쳐다본다.)
S7: (사각팔면체 각 면의 각을 가리키며) 한 면에 두각의 크기가 같다고.
S9: 야. 나도 찾았다. 한 면에 같은 수의 면이 모이지 않는다.
S7: 한 면에 같은 수의... '한 각에'지.
S9: 같은 면이... 모이지 않는다. (활동지에 적는다.)

3모둠 학생들은 정다면체와 다른 다면체를 비교하며 공통점과 차이점을 탐구하였다. 처음에 S7은 도형의 차이점에 해당하는 아이디어를 산출하였다. 이에 대해 S8은 이미 썼다는 언급을 하였고, S7은 [그림 V-1]과 같이 이전 아이디어에서 더 구체화된 '한 면에서 두 각의 크기가 같다'라는 아이디어를 산출하였다. 정다면체는 모든 면이 정다각형이므로 한 면의 모든 각의 크기가 같은데, 사각팔면체는 두 각의 크기만 같으므로 차이가 있다는 점을 설명한 것이다.


차이점
모든각의 크기가 같지않다
한 각에 같은 수의 면이 모이지 않는다
한면에 두각의 크기가 같다

[그림 V-1] 2차시 3모둠의 활동지

이 때, S9는 S7을 쳐다봄으로써 이해가 되지 않았다는 표시를 하였고, S7은 도형을 직접 들고 해당되는 부분을 가리키며 자신의 아이디어의 의미를 상대가 이해할 수 있도록 설명해 주었다. 이러한 말과 행동은 S7의 수학적 의사소통 능력에서 비롯된 것으로 자신의 아이디어를 상대방에게 명확하게 표현하고 있음을 보여준다. 이러한 학생들의 말과 행동은 아이디어 공유를 위해 명확하게 의사소통하려고 시도하는 모습을 보여준다.

아이디어 공유가 잘 이루어질수록 집단창의성이 촉진되므로(김현진, 2014), 아이디어 공유를 통한 결합 탐색 과정은 집단창의성 발현을 촉진한다. 특히 수학영재의 집단창의성 발현 과정에서는 아이디어 공유를 위해 다양한 표현을 이용하여 명확하게 의사소통하려고 노력하는 학생들의 모습이 나타났고, 이는 명확한 의사소통이 집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인인 사회적 비교를 위한 아이디어 공유에 중요함을 나타낸다. 또한 아이디어 공유가 개인 창의성과 집단창의성 간의 관계를 매개하므로(김현진, 2014), 이 단계에서 명확한 의사소통을 통한 아이디어 공유는 집단창의성 발현 과정에서 집단의 기능 중 하나인 개인 창의성의 시너지로 인한 결과가 나타날 수 있도록 돕는 역할을 한다.

다. 집단 수준의 창의적 시너지

집단창의성 발현 모델에서 집단 수준의 창의적 시너지가 나타날 수 있는 상태는 상보적 상태, 발생 상태, 긴장 상태이고, 개인적 기여가 결합되는 방식은 수집, 연결, 선택, 변형으로 구분된다. 각 상태에서 수학영재가 보이는 특징은 다음과 같다.

1) 상보적 상태와 수집

집단 구성원이 지닌 자원이 상호보완적인 상태를 의미하는 상보적 상태의 아이디어는 수집에 해당되는 과정으로 이어진다. 학생들은 산출한 아이디어에 대해 상호보완적이라고 여기는 경우, 집단의 문제해결 공간에 포함시키기도 하였다.

> S1: 입체도형이다? 그런 거 쓰면 안 되겠지?
> S2: 아 그런 거 써. 기본적인 거라도 다 쓰세요.
> ⋮
> S3: 꼭짓점이 있다.
> S1: 그래. 모서리, 꼭짓점이 있다.
> S1: 4번 꼭짓점이 있다.
> S2: 면이 있다.
> S1: 5번 면이 있다.

1모둠 학생들은 정다면체의 성질에 대한 아이디어를 산출하고 수집하였다. S3가 ‘꼭짓점이 있다’는 성질을 언급하자, S1이 그것을 공유하면서 상보적 아이디어를 추가하여 ‘모서리, 꼭짓점이 있다’라고 말하였다. 그리고 또 다른 구성원 S2는 구성원들의 아이디어에 추가하여 ‘면이 있다’고 하였고, S1은 이를 반복하면서 아이디어 수집을 지속하였다. 상보적 아이디어의 수집은 집단창의성의 주요 요인인 집단 구성원이 지닌 다양성을 바탕으로 개방적인 분위기에서 아이디어 공유를 통해 이루어질 수 있었다. 다른 구성원의 아이디어를 공유하고, 그 아이디어에 추가하여 다른 아이디어를 산출하는 모습은 집단창의성 발현으로 인한 산출이 개인 창의성 발현으로 인한 산출보다 풍부해질 수 있음을 시사한다.

2) 발생 상태와 연결

발생 상태에서 구성원들은 관계성의 새로운 측면을 발견하거나 여러 개념들의 서로 다른 면을 통합하여 새로운 아이디어를 산출할 수 있다. 학생들은 산출한 아이디어의 새로운 측면을 보거나 예상치 못한 연결을 할 수 있다.

> S4: 모든 내각의 크기가 같다.
> ⋮
> S4: 그니까. (준정다면체를 들고) 외각은 이런 거 잖아요.
> S6: 네? 네. (S4가 들었던 도형에 표시하며) 내각이 이거고 외각이 이거.
> S4: 그거 저도 알긴 하는데. 입체도형의 내각과 외각은 어떻게 정의하지?
> S4: 선생님~ 입체도형의 내각과 외각의 경계가 무엇입니까?

T: 입체도형의 내각? 일단 다각형의 내각은 안쪽에 있는 각이고, 180도에서 뺀 바깥쪽 각은 외각이지?
S4: 그런데요. 이렇게 보이지 않는 면을 뜯어내가지고...
S4: (도형 내부를 가리키며) 이쪽 안 쪽에 있는 각을 내각이라고 불러도 돼요?
T: 어. 근데 그러면은 평면일 때랑 입체일 때랑 각의 정의가 달라지지? 그것까지 생각하면 대단한 거야~ 평면일 때에는 이런 걸 각이라고 하잖아. 입체일 때는 각도를 어떻게 잴까?
S5: 모서리의 각의 크기를 재지 않을까요?
T: 모서리의 각의 크기? 예를 들면 어떻게?
S6: (오목다면체 한 면에 모서리를 각각 그리며) 그러니까 여기를요.
⋮
T: 어느 부분을 재야 해? 그럼?
S4: 아. 이쪽에서 재면 되지 않나요?

2모둠 학생들은 정다면체와 준정다면체를 비교하였다. S4는 두 도형의 공통적인 성질을 생각하면서 '내각의 크기가 같다'는 언급을 하였다. S4는 처음에 입체를 구성하는 각 면의 내각의 크기를 생각하다가 예상치 못하게 입체도형에서 결손각의 의미를 논의하게 되었다. S4는 평면도형에서 내각과 외각에 대한 정의를 설명하면서 이전에 배웠던 수학적 내용과 탐구하고 있는 내용을 서로 연결하려고 시도하였다.

입체도형의 모든 내각의 크기가 같다는 자신의 생각을 확인하고 싶었던 S4는 준정다면체 모형을 자르고 두 면이 이루는 각의 크기를 직접 재어봄으로써 경험적으로 확인하고자 하였다. 이 때, 교사는 두 면이 이루는 각을 알기 위해 재어야 하는 부분을 어떻게 정해야 할지를 물음으로써 학생들이 이면각의 개념을 재발견, 재발명할 수 있기를 기대하였다. 이에 대해 또 다른 학생 S5가 모서리끼리 맞닿은 부분을 재는 것이 아닌지 질문하였고, S6도 그와 유사한 대답을 하였다. 집단 구성원들의 상호작용 과정에서 학생들이 이면각의 개념에 점점 더 가까워짐이 확인되었다.

이와 같이 수학영재의 집단창의성 발현 과정은 문제해결을 하면서 새로운 개념을 재발명, 재발견해 나가는 과정을 포함한다. 특히 이전에 학습한 내용과 연결하여 새로운 개념을 탐색하는 과정은 지식의 연결을 통한 수학적 창의성 발현으로 이어질 수 있고, 이는 집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인인 정신적 지지 환경 및 다양성으로 촉진될 수 있다. 집단 구성원이 지닌 도형의 성질에 대한 지식은 입체도형에서 각의 개념을 탐색하는 과정에서 다양한 접근이 가능하게 하였다. 또한 구성원의 정신적 지지가 이루어질 수 있는 개방적인 분위기가 조성되어 있었기에 S4가 한 질문에 대해 집단 구성원이 함께 토의하며 지식의 연결, 결합을 시도할 수 있었다. 즉, 집단 구성원이 지닌 다양한 지식과 개방적인 분위기에서의 질문과 토의를 이용하면, 집단 수준에서 지식의 연결을 통해 집단창의성 발현이 가능함이 확인되었다. 또한 개인이 지닌 지식의 연결을 통한 집단창의성 발현은 개인 창의성 발현으로 인한 산출보다 뛰어난 산출이 가능함을 보여준다.

3) 긴장 상태에서의 선택과 변형

긴장 상태는 구성원 간의 상반된 특징이 서로 갈등을 이루는 상태를 의미하고, 이러한 갈등을 해소하기 위해 집단 수준에서 아이디어가 선택되거나 변형될 수 있다. 학생들은 이러한 상황에 이르는 경우, 이를 해결할 수 있도록 서로 합의하거나 아이디어를 변형하여 표현하였다.

S4: 모든 변의 합이 짝수이다?
S5: 다른 것도 그럴 수 있지 않을까요?
S6: 어떤 것?
S5: 예를 들면... 직육면체!

학생들은 집단 구성원의 아이디어가 불일치하

는 경우에 제시된 아이디어를 선택하거나 선택하지 않았다. 예를 들어, 2모둠 학생들은 정다면체의 공통적인 성질에 대해 아이디어를 제시하다가 정다면체만의 성질이 아닌 경우에는 반례를 제시하여 상대의 의견에 반박하기도 하였다. 이러한 반례가 명확한 경우, 다른 구성원들도 이를 받아들여 해당 아이디어를 선택하지 않았다.

한편, 집단 구성원의 반례 제시 등으로 아이디어에 오류가 있음이 확인된 경우에 아이디어를 변형하여 표현함으로써 구성원의 합의를 도출한 경우도 있었다.

S9: 모든 각이 직각이다.
S8: 면이 있다. 모서리가 있다. 꼭짓점이 있다.
S9: 형. 이거. 각이 모두 직각이다. 3번에다 써.
S7: 아닌데?
S8: 맞는데?
S9: 맞아~
S7: 180도.
S8: (오목다면체를 들고) 이게 어딜 봐서 180도야?
S9: 아~ 270도. (오목다면체의 한 각을 가리키며) 여기.
S7: 180도가 없다니. 줘봐. (오목다면체의 모서리를 가리키며) 이게 180도잖아. 이게 180도.
S9: 그건 모서리잖아. 아~ 각이 모두 90도의 배수이다.

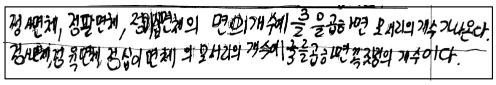
정다면체와 오목다면체를 비교하면서, 3모둠의 S9는 처음에 주어진 오목다면체의 모든 각이 직각이라는 아이디어를 생성하였다. 그러나 S7이 이를 비판적으로 바라보고, 과제와 관련된 갈등을 유발하였다. S8 역시 S7의 아이디어를 비판적으로 바라보았다. S7은 해당 도형에 180도가 포함되어 있어서 S9의 의견이 잘못되었다고 반박하였다. S8은 이러한 S7의 의견에 대해 면밀하게 검토하며 '이게 어딜 봐서 180도야?'라고 질문하였다. 이는 도형의 각 면의 각이 90도 또는 270도 중 하나라는 수학적 사실을 기반으로 하여 질문한 것으로, 수학영재의 비판적인 사고를 바탕으로 한 질문이었다. S9는 집단 구성원들의 질문에 대해 답하면서 오목다면체에 270도인 부분이 있음을 깨닫고, 모든 각이 직각이라고 생각했던 자신의 아이디어를 개선해야 할 필요를 느꼈다. 따라서 S9는 자신의 아이디어를 다른 사람의 면밀하고 비판적인 검토를 통해 개선하였다. 그리고 90도와 270도가 모두 포함될 수 있도록 아이디어를 일반화하여 '각이 모두 90도의 배수이다.'라고 변형하였다.

집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인 중 하나인 갈등은 집단 구성원 간의 아이디어 불일치로 인해 나타날 수 있다. 사례에서 수학영재들은 비판적 사고 능력을 바탕으로 서로의 아이디어를 면밀하게 검토하였다. 검토 과정에서 아이디어 간 불일치를 확인하였고, 이로 인해 생긴 갈등을 해결하기 위해 적절한 아이디어를 선택하거나 개선하여 변형된 아이디어를 산출하였다. 이와 같은 사례는 수학영재의 특성으로 인해 긴장 상태가 나타날 수 있음을 보여주며, 선택이나 변형과 같은 방법을 통해 갈등을 적절하게 해결하면 집단창의성 발현이 이루어질 수 있음을 보여준다. 또한 선택이나 변형을 통한 아이디어 개선은 집단창의성 발현으로 인한 산출이 개인 창의성 발현으로 인한 산출보다 더 우월해질 수 있음을 시사한다. 집단 수준의 창의적 시너지로 인한 창의적 산출은 집단창의성 발현 과정에서 집단이 하는 첫 번째 기능이라고 볼 수 있다.

라. 새로운 추측 또는 해결방안 제시

집단 구성원의 다양한 아이디어는 집단의 과정에서 결합되어 새로운 추측이나 해결방안이 된다. 이 단계에서 수학영재들은 추측에 대한 표현을 엄밀하게 하고자 시도하는 모습을 보였다.

예를 들어, S7이 정다면체 중 3개에만 성립하는 구성 요소 간의 규칙성을 표현하고자 하였다.



[그림 V-2] 1차시 3모둠의 활동지

그러나 S8이 정다면체의 성질은 정다면체 모두에 성립해야 한다는 점을 언급하면서 반박하였다. 3모둠의 학생들은 이에 대해 함께 논의하다가 해결이 되지 않자, 교사에게 질문을 하였다. 교사는 학생들에게 예외를 배제하여 명제를 표현할 수 있음을 가르쳐 주었고, 학생들은 세 개의 정다면체에 대해서만 성립한다는 표현으로 아이디어를 정교화하였다.

S7: 아니. 2의 배수가 아니라 면에 다가 2분의 3 곱하면 모서리의 개수가 돼.
S8: 아~ 그러네. 근데 다 성립해야 돼. 다~
S9: 뭐?
S7: 면에 다가... 면의 개수에 다 2분의 3 곱하면 모서리의 개수가 돼.
⋮
S9: 선생님, 이건 안 돼요? 정다면체 중에 정육면체, 정팔면체, 정이십면체에만 성립하는 성질.
T: 괜찮아요. 세 개는 어떠한 성질이 있다. 이런 식으로.

이와 같은 반응을 통해 수학영재들이 명제에 대한 기본 개념이 있고, 수학적인 사실은 하나라도 예외가 있으면 예외에 대한 언급을 해 주어야 한다는 생각을 하고 있음을 알 수 있다. 따라서 학생들이 새로운 추측이나 해결방안을 제시할 때, 엄밀하게 표현하려는 노력을 한다고 볼 수 있다.

집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인 중 하나인 갈등은 과제 관련 정보의 정교화를 이끈다(Gebert, Boerner, & Kearney, 2006). 사례에서 살펴볼 수 있듯이 새로운 추측 또는 해결방안 제시 단계에서 수학영재들은 아이디어 표현을 엄밀하게 하려고 시도하였고, 이와 같은 노력을 하면서 구성원의 아이디어 불일치로 인한 갈등 상황에 놓이게 되었다. 이러한 갈등을 해결하는 과정에서 새로운 추측 또는 해결방안이 정교화 되었다.

마. 수학적 검증 또는 정당화

수학영재의 창의성의 특징 중 하나는 수학적으로 검증하고 정당화하는 과정이 필요하다는 점이다. 따라서 수학영재의 집단창의성 발현 모델에도 수학적 검증 또는 정당화의 과정이 포함되었다. 학생들은 제시한 추측이나 해결방안을 자신들의 수준에서 검증하거나 정당화하였다.

S1: 서로 합동인 면이 셋 씩 있어.
S2: 응?
S1: 그러니까... 서로 합동인 면이 세 쌍 씩... 아... 세 개의 면 씩 세 쌍이다.
S1: 왜냐하면 보세요. (오목다면체를 들고 합동인 면을 가리킨다.) 하나, 둘, 셋, 합동이죠? 하나, 둘, 셋, 합동이죠? 하나, 둘, 셋, 합동이죠?
S2: 네. 각각 세 개 씩...

1모둠 학생들은 정다면체와 오목다면체의 차이점을 찾고 그것을 수학적으로 검증하였다. 학생들은 서로 합동인 면이 세 쌍이라는 도형의 성질을 모형을 들고 직접 확인하였다. 연구대상이 초등학생들이기 때문에 학생들은 자신들이 찾은 수학적 추측이나 해결방안을 주로 경험적으로 검증하거나 정당화하였다.

수학영재는 학교수학에서의 창의성보다 더 학문적인 방법으로 재발명, 재발견하는 과정을 경

험할 수 있어야 하므로 이와 같은 수학적 검증 또는 정당화의 과정이 필요하다. 사례와 같이 집단 구성원의 일부가 정당화를 하지 못하더라도 다른 구성원이 정당화를 할 수 있다면, 집단 수준에서 정당화가 가능하고 이는 집단 수준에서 지식의 확장에 도움을 준다. 즉, 집단창의성에 영향을 주는 요인인 다양성이 구성원의 수학적 검증 및 정당화 과정에 도움을 주고, 정당화와 관련된 지식 확장을 돕는다. 개인이 다른 사람의 정당화에 주목함으로써 개인의 지식을 확장하는 것은 집단의 과정에서 개인이 영향을 받는 과정으로, 집단창의성 발현 과정에서 집단의 두 번째 기능이라고 볼 수 있다.

바. 반성 및 문제제기

문제제기는 창의적 행동의 특징이 될 수 있고 반성적 과정은 지식 구성에 있어 중요한 과정이므로, 수학영재들의 집단창의성 발현 모델에도 반성 및 문제제기 과정이 포함된다. 학생들은 기존에 학습했던 내용을 반성하거나 문제제기하는 과정을 통해 기존의 지식 구조를 확장하고 재구조화하였다.

T: 오일러 공식에서 무엇을 바꿀 수 있을까?
S5: 2.
T: 2를 바꾼다면 어떻게 바꿀 수 있을까?
S1: 3, 4.
T: 3이나 4? 1이 되는 도형은 없을까? 0이 되는 도형은 없을까?
S1: 1이 되는 건 없을 것 같은데...
S4: 없어요.
⋮
S1: 선생님, 구는 이게(오일러 공식) 1이에요. 맞아요?

학생들은 정다면체의 성질에 대해 찾은 내용을 확인하며 기존에 찾은 성질이 변형된다면 어떻게 될지에 대해 생각해 보았다. 다면체에 관한 오일러 공식에서 바꿀 수 있는 것이 있는지에 대해 S5가 2라고 대답하였다. 이에 대해 S1은 3, 4가 될 수도 있을 것이라는 아이디어를 생성하였다. 하지만 초반에 S1은 V-E+F가 1인 도형은 없을 것이라는 생각을 가지고 있었다. 교사가 계속 다르게 생각해 볼 수 있도록 발문한 이후에 S1은 자신의 생각을 유연하게 바꾸어, 구는 V-E+F가 1인지를 묻고 있다. 수학영재들이 오류가 포함된 아이디어를 산출할지라도 기존의 생각의 틀에서 벗어날 수 있다는 점은 수학적 창의성 발현을 위한 기회가 될 수 있다. 따라서 이와 같은 반성 및 문제제기의 과정은 수학영재의 집단창의성 발현을 위한 또 다른 시작점이 된다.

반성 및 문제제기 단계에서 기존에 학습한 내용을 다양하게 변형해 볼 수 있는 과정은 집단창의성에 영향을 주는 요인인 집단 구성원의 다양성과 집단의 정신적 지지 환경인 개방적 분위기 속에서 이루어질 수 있다. 본 연구에서 제시된 사례에서도 교사가 지속적으로 개방적인 분위기를 만들기 위해 노력하였고, 이러한 분위기 속에서 학생들이 유연하게 자신의 생각을 바꿀 수 있었다. 또한 구성원이 지닌 관점의 다양성으로 인해 학생들은 아이디어를 변형할 수 있었다.

2. 사례 분석으로 새롭게 확인된 반성 과정

집단창의성 발현 모델에서 구안한 반성 및 문제제기 과정은 수학적 검증 또는 정당화 단계에서 문제 또는 상황 이해 단계로 되돌아가는 것이다. 사례 분석 과정에서 다음과 같이 이론적으로 도출한 수학영재의 집단창의성 발현 모델에 추가될 수 있는 새로운 반성 과정을 확인하였다.

가. 발생 및 긴장 상태에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 경우

집단 수준의 창의적 시너지가 나타날 수 있는 발생 상태에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 형태의 반성 과정이 나타나는 경우가 있었다.

S4: 그거 저도 알긴 하는데. 입체도형의 내각과 외각은 어떻게 정의하지?

⋮

S4: (준정다면체 모형의 한 면을 뜯고 들어서 보여주며) 선생님, 실제로 한 번 뜯어봤습니다.
S5: 조심하시기 바랍니다.

⋮

S4: 50도에서. 이 각과 이 각. 아 지금. 아. 55도에요. 선생님.
S5: 어떤 것을 근거로 말하시는 거죠? 어디를 잰 거죠?
S4: 기다려봐.

⋮

S4: 면끼리 이루는 각이 같다.

2모둠 학생들이 정다면체와 준정다면체를 비교하며 공통점과 차이점을 탐구하는 사례에서 S4는 처음에 입체를 구성하는 각 면의 내각의 크기를 생각하다가 예상치 못하게 이면각의 의미를 논의하게 되었다. 이러한 상태는 집단 수준의 창의적 시너지의 세 가지 상태 중 발생 상태라고 볼 수 있다. 그리고 2모둠의 학생들은 이면각의 의미를 명확히 하고자 의견을 교환하였고, S4는 입체도형의 모형의 한 면을 뜯어냄으로써 직접 이면각을 재어보려는 시도를 하였다. 발생 상태에서 학생들은 다시 예비 수학적 활동으로 돌아가 도형의 성질을 탐색하고 공유하였다. 예상치 못한 탐구 과정이 나타났음에도 불구하고 집단 구성원의 정신적 지지 환경 아래 개방적인 분위기가 조성되었기에 수학영재들은 이전 단계로 다시 돌아가서 자유롭게 탐색할 수 있었다. 이러한 탐색 과정을 통해 지식의 연결을 도움으로써 집단창의성 발현 과정이 촉진될 수 있다.

다음으로 긴장 상태에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 형태의 반성 과정이 나타나는 경우가 있었다.

S7: 잠깐! (준정다면체 모형을 보며) 이거 각이 다 똑같은 거 아닌가? 아닌가? 각이 다 똑같은 거 아니야?
S9: 아니지.
S8: 과연 그럴까요?
S7: 몇 개만.
S8: 몇 개만?
S7, S8, S9: (준정다면체 모형을 들고 각각의 각의 크기를 살펴본다.)

3모둠 학생들은 정다면체와 준정다면체의 성질을 비교하면서 의견이 일치하지 않자, 아이디어 공유 단계로 되돌아가는 모습을 보였다. S7은 준정다면체 모형에서 각 면을 이루는 도형의 내각 크기가 같다고 생각하고 모둠 구성원에게 질문하였다. 그러나 S9와 S8은 S7의 의견에 반대하였고, 서로의 의견이 일치하지 않아서 긴장 상태가 발생하였다. 그러자 모둠 구성원들은 준정다면체 모형을 들고 직접 각 면의 각의 크기를 살펴봄으로써 예비 수학적 활동을 하며 아이디어 공유 단계로 되돌아갔다. 집단의 과정에서 긴장 상태가 나타났을 때, 구성원이 지닌 지식을 바탕으로 즉시 아이디어가 선택되거나 변형될 수도 있다. 하지만 예비 수학적 활동이 필요하거나 아이디어 공유가 더 필요한 경우, 추측 또는 문제해결 아이디어 공유 단계로 되돌아가기도 한다. 이러한 과정은 긴장 상태에서 보이는 갈등 해결을 도움으로써 집단창의성 발현 과정을 촉진한다.

나. 수학적 정당화를 위해 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 경우

새로운 추측이나 문제해결 방안에 대해 수학적 정당화를 하는 과정에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 형태의 반성 과정이 나타나는 경우가 있었다.

각 모둠별로 찾은 정다면체의 성질을 전체 학생들 앞에서 발표하고 함께 논의하는 과정에서 S4는 정이십면체와 정십이면체, 정육면체와 정팔면체의 면의 수와 꼭짓점 수 사이의 공통점을 제시하였다. 하지만 면의 수와 꼭짓점 수가 왜 같은지에 대해 바로 설명하지는 못하였다.

> S4: 정이십면체와 정십이면체는요. 면의 수와 꼭짓점의 수가 서로 같잖아요. 그리고 정육면체와 정팔면체도 면의 수와 꼭짓점의 수가 서로 바뀌어있긴 하지만 같아요.
> ⋮
> T: 왜 같을까?
> S1: 네?
> S6: 각 면의 중심에 꼭짓점을 찍으면...
> S1: 아! 정십이면체는 정이십면체! 대박! 대박!
> ⋮
> S5: 이렇게 얘네들도 각 면마다 중심을 찍으면 이렇게 정팔면체가 되고, 정팔면체의 면의 중심에 점을 찍어서 이으면 정육면체가 됩니다.

학생들은 이러한 성질을 정당화하기 위해 다시 정다면체 모형을 살펴보았다. S6은 각 면의 중심에 꼭짓점을 찍는다는 새로운 아이디어를 제시하였다. 수학영재는 발견한 추측이나 해결방안에 대한 수학적 정당화를 위해 다시 예비 수학적 활동을 하고 새로운 아이디어를 공유하였다. 다른 집단 구성원이 제시한 정당화에 대한 아이디어가 전체 집단의 지식 확장에 도움을 주었다. 즉, 집단창의성에 영향을 주는 요인인 다양성이 구성원의 수학적 검증 및 정당화 과정에 도움을 주고, 정당화와 관련된 집단 수준의 지식 확장을 도움으로써 집단창의성 발현 과정을 촉진하였다.

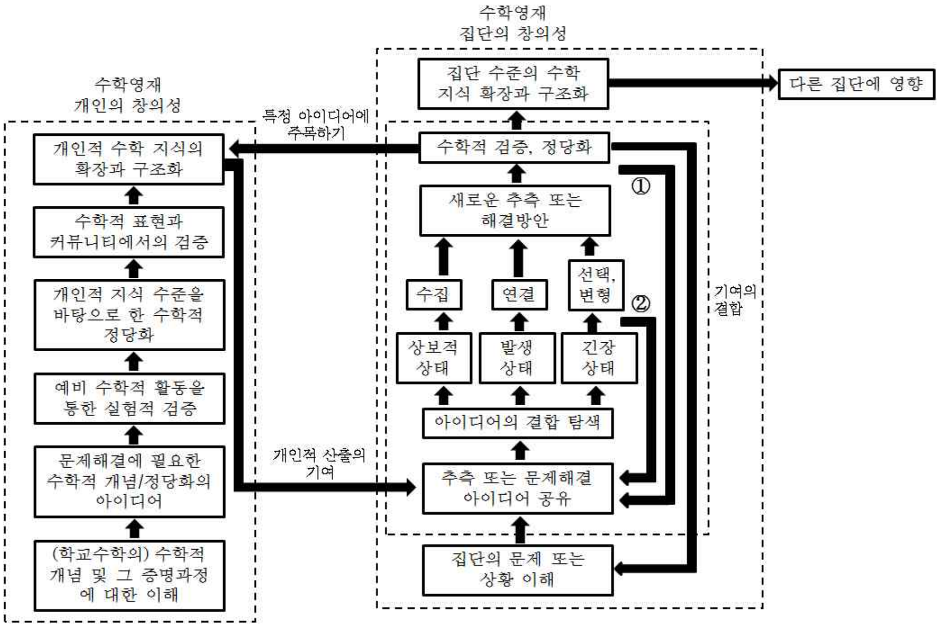
3. 사례연구를 통해 정교화된 수학영재의 집단창의성 발현 모델

이론적으로 도출된 모델을 실제 수업에 적용한 결과를 바탕으로 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 개선한 결과는 [그림 V-3]과 같다. 이론 분석을 통해 도출한 모델을 수학영재수업에 적용한 결과, 모델의 각 단계에 해당하는 학생들의 반응이 관찰되었다. 더불어 발생 및 긴장 상태에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 경우와 수학적 정당화를 위해 추측 또는 문제해결 아이디어 공유로 되돌아가는 경우가 새롭게 관찰되었다.

[그림 V-3]에서 ①은 수학적 정당화를 위해 추측 또는 문제해결 아이디어 공유 단계로 되돌아가는 과정이다. 이 과정은 새로운 추측 및 또는 해결방안을 검증하고 정당화하는 단계로 이양되는 과정에서 예비 수학적 활동이 다시 필요해진 경우에 나타난다. 예비 수학적 활동을 통해 새로운 추측 또는 문제해결 아이디어가 공유되고, 이후의 집단창의성 발현 단계가 이어진다.

②는 집단 수준의 창의적 시너지가 일어날 수 있는 발생 및 긴장 상태에서 추측 또는 문제해결 아이디어 공유 단계로 되돌아가는 과정을 보여준다. 이 과정은 집단 수준의 창의적 시너지가 나타날 수 있는 발생 및 긴장 상태에서 구성원 간의 아이디어 공유를 명확하게 하거나 아이디어 불일치를 해결하기 위해 예비 수학적 활동 또는 아이디어 공유가 추가적으로 필요해진 경우에 나타난다. 예비 수학적 활동 또는 아이디어 공유를 통해 새로운 추측 또는 문제해결 아이디어가 공유되면, 이후의 집단창의성 발현 단계가 다시 이어진다.

이 모델을 통해 수학영재의 집단창의성 발현 과정에서 개인 창의성을 바탕으로 한 개인적 기여가 집단의 과정에서 상호작용하고, 다음 단계



[그림 V-3] 사례연구를 통해 정교화된 수학영재의 집단창의성 발현 모델

에서 이전의 과정으로 되돌아가는 반성 과정이 복합적으로 작용함을 확인하였다.

Ⅵ. 결론 및 제언

본 연구에서는 선행연구를 고찰함으로써 수학영재의 집단창의성 발현 과정을 도출하였고, 이를 실제로 학생들에게 적용하였다. 이론으로 도출된 [그림 III-1]이 단계별로 실제 수업에 적용될 수 있음을 사례연구의 결과로 확인하였고, 대체로 세 모둠에서 모두 이러한 단계에 해당하는 반응을 살펴볼 수 있었다. 사례연구를 통해 각 단계에서 집단창의성에 영향을 주는 주요 요인이 확인되었고, 선행연구를 통해 도출한 과정 외에 새롭게 발견된 과정을 추가하여 [그림 V-3]과 같이 정교화된 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 제시하였다. 선행연구를 통해 도출된 수학영재의 집단창의성 발현 모델과 이를 실제 사례에 적용한 결과를 통해 얻은 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수학영재의 집단창의성 발현 과정은 개인 수준의 창의성과 달리 집단의 과정에서 기여의 결합이 이루어진다는 점에서 차이가 있는데, 본 연구의 결과를 통해 기여의 결합이 이루어지는 과정이 수학영재의 창의성에 맞게 구체화될 수 있었다. 집단 수준의 창의적 시너지가 나타날 수 있는 상보적 상태, 발생 상태, 긴장 상태의 세 가지 상태와 기여의 결합이 이루어지는 방식인 수집, 연결, 선택, 변형이 유사한 것끼리 이어질 수 있었다. 또한 개인적 과정이 수학영재의 창의성 발현 과정에 맞게 구체화되었다. 그리고 집단의 과정에서 수학적 검증 또는 정당화가 이루어짐으로써 최종 창의적 산출이 이루어지고, 검증 또는 정당화된 이후에도 반성, 문제제기를 통해 다시 집단창의성 발현이 시작될 수 있다는 점이 수학영재의 창의성 발현 과정에 맞게 구체화된 부분이다.

둘째, 이론을 통해 도출된 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 실제 수업에 적용한 결과, 집단창의성 발현에 영향을 주는 주요 요인인 다양성, 갈등, 정신적 지지 환경, 사회적 비교가 나타남을 확인하였다. 그리고 이러한 요인이 수학영재의 집단창의성 발현 모델의 단계별로 나타날 수 있음이 확인되었다. 집단의 문제 또는 상황 이해 단계에서는 사회적 비교를 통한 동기부여가 중요하였다. 추측 또는 문제해결 아이디어 공유, 아이디어의 결합 탐색 단계에서는 집단 구성원의 다양성에 따라 예비 수학적 활동의 과정에도 차이가 있었으며, 사회적 비교를 위한 아이디어 공유 단계에서는 명확한 의사소통이 중요하였다. 집단 수준의 창의적 시너지가 나타날 수 있는 상보적 상태에서는 집단 구성원의 다양성을 바탕으로 정신적 지지 환경에서 아이디어 수집이 이루어졌고, 발생 상태에서는 구성원의 다양성과 정신적 지지 환경에서 질문과 토의를 이용하여 지식의 연결이 이루어질 수 있음을 확인하였다. 긴장 상태에서는 수학영재의 특성으로 인해 갈등이 나타날 수 있으며 선택이나 변형과 같은 방법을 통해 갈등을 적절하게 해결할 수 있음을 확인하였다. 새로운 추측 또는 해결방안 제시 단계에서는 수학영재들이 아이디어를 엄밀하게 표현하고자 시도하였고, 이로 인해 갈등 상황이 나타날 수 있었다. 이러한 갈등을 해결하는 과정에서 새로운 추측 또는 해결방안이 정교화될 수 있었다. 수학적 검증 또는 정당화 단계에서는 구성원의 다양성이 수학적 검증 또는 정당화를 도울 수 있음을 확인하였다. 또한 반성 및 문제제기 단계에서는 정신적 지지 환경에서 학생들이 유연하게 생각을 바꿀 수 있었고, 구성원의 다양성을 이용하여 아이디어를 변형할 수 있었다.

셋째, 수학영재의 집단창의성 발현 과정에서는 집단 수준의 인지를 반성하는 과정이 중요하고, 이러한 과정을 경험할 수 있는 수업 설계가 필요하다. 연구 결과에서 이론으로 도출된 과정 외의 추가적인 반성 과정을 사례를 통해 확인하였고, 이렇게 다음 단계에서 이전 단계로 되돌아가는 과정을 집단의 과정에 포함시켰다. 집단 수준의 창의적 시너지가 일어날 수 있는 상태에서 예비 수학적 활동이 필요하거나 아이디어 공유가 더 필요한 경우에 추측 또는 문제해결 아이디어 공유 단계로 되돌아가는 과정을 확인하였고, 수학적 정당화를 위해 예비 수학적 활동이 필요하거나 새로운 아이디어 공유가 필요한 경우에도 되돌아가는 과정을 확인할 수 있었다. 이와 같이 이전의 단계로 되돌아갔다가 다시 이후 단계로 발전해 가는 모습은 수학적 지식 구성이 이루어지는 과정에서 반성이 필요하고, 수학적 이해가 이전 수준으로 되돌아갔다가 다음 수준으로 발전해 나가는 과정과 유사하다. 따라서 집단창의성을 발현을 위해서는 수학영재들이 집단 수준의 인지를 반성하는 과정이 중요하고, 교사는 학생들이 반성 과정을 경험할 수 있는 수업을 설계해야 한다. 이를 위해 수학영재의 집단창의성 발현 모델을 적용한 수업 설계 시에는 반성 과정을 고려하여 수업을 유연하게 설계할 필요가 있고, 교사는 학생들이 이전 과정을 되돌아보도록 지속적으로 발문해야 한다.

본 연구에서는 일부 사례에 집단창의성 발현 과정을 적용하였기 때문에 연구 결과의 일반화를 위해서는 추후 중・고등학생들을 대상으로 집단창의성 발현 과정을 적용하고 분석할 필요가 있다. 또한 집단창의성의 발현 과정은 다양한 요소가 작용하는 역동적이고 복잡한 과정으로, 본 연구에서 도출한 집단창의성 발현 과정과 이에 작용하는 요소가 어떻게 드러나는지를 세부적으로 확인하는 것은 후속 연구에서 분석해 볼 것을 제언한다.

참고문헌

김기연(2008). **수학영재의 창의적 생산력 신장을 위한 학습 지도 및 평가에 관한 연구**. 박사학위논문. 이화여자대학교.

김영채(2007). 집단창의의 가능성과 한계. **사고개발, 3**(1), 1-26.

김판수(2014). 문제설정에서의 수학적 창의성 평가 요소에 대한 소고. **영재교육연구, 24**(6), 1053-1071.

김현진(2014). **개인창의성과 집단창의성의 관계에 대한 연구. -통합능력과 지식공유의 매개역할을 중심으로-** 석사학위논문. 단국대학교.

우정호(2007). **학교수학의 교육적 기초**. 서울: 서울대학교출판문화원.

유경훈(2015). 초중고 학생들의 개인창의성과 집단창의성 및 환경변인의 집단별 영향력 비교연구. **영재와 영재교육, 14**(1), 201-222.

이대현(2014). 다양한 해결법이 있는 문제를 활용한 수학적 창의성 측정 방안 탐색. **학교수학, 16**(1), 1-17.

최승현 · 박지현 · 남금천(2013). 핵심역량에 기초한 중학교 수학 수업 방안 탐색. -수학 영재수업을 중심으로-. **수학교육 논문집, 27**(2), 99-119.

Adams, M. L., & Chen, J.-Q. (2012). Understanding young children's kinds of creating. In O. N. Saracho (Ed.), *Contemporary perspectives on research in creativity in early childhood*. (pp. 343-354). Charlotte: Information Age Publishing.

Amabile, T. M. (1983). *The social psychology of creativity*. New York, NY: Springer.

Balka, D. S. (1974). Creative ability in mathematics. *Arithmetic Teacher, 21*, 633-636.

Catmull, E. (2008). *How pixar fosters collective creativity*. Boston, MA: Harvard Business School Publishing.

Creswell, J. W. (2015). **질적 연구방법론. -다섯 가지 접근-**. (조흥식, 정선욱, 김진숙, 권지성 공역). 서울: 학지사. (원저는 2013년 출판).

Dorniak-Wall, K. (2016). A review of integrated approaches to the study of creativity: A proposal for a systems framework for creativity. In G. E. Corazza, & S. Agnoli (Eds.), *Multidisciplinary contributions to the science of creative thinking*. Singapore: Springer.

Ervynck, G. (2007). **수학적 창의성**. 수록처: 고등수학적 사고. (류희찬, 조완영, 김인수 공역). (pp. 55-71). 서울: 경문사. (원저는 1991년 출판).

Gebert, D., Boerner, S., & Kearney, E. (2006). Cross-functionality and innovation in new product development teams: A dilemmatic structure and its consequences for the management of diversity. *European Journal of Work and Organizational Psychology, 15*, 431-458.

Hadamard, J. (1990). **수학 분야에서의 발명의 심리학**. (정계섭 역). 서울: 범양사. (원저는 1945년 출판).

Hinsz, V. B., Tinndale, R. S., & Vollrath, D. A. (1997). The emerging conceptualization of groups as information processors. *Psychological Bulletin, 121*(1), 43-64.

Leikin, R. (2010). Teaching the mathematically gifted. *Gifted Education International, 27*, 161-175.

Moran, S., & John-Steiner, V. (2004). How collaboration in creative work impacts identity and motivation. In D. Miell, & K. Littleton (Eds.), *Collaborative creativity. Contemporary perspectives*. (pp. 11-25). London: Free Assocation Books.

Paulus, P. B., & Dzindolet, M. (2008). Social influence, creativity, and innovation. *Social Influence, 3*(4), 228-247.

Paulus, P. B., & Nijstad, B. A. (2003). *Group creativity: Innovation through collaboration*. New York, NY: Oxford University Press.

Sheffield, L. J. (2003). *Extending the challenge in mathematics: Developing mathematical promise in K-8 students*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Siau, K. L. (1995). Group creativity and technology. *Journal of Creative Behavior, 29*(3), 201-216.

Silver, E. A. (1994). On mathematical problem posing. *For the Learning of Mathematics, 14*(1), 19-28.

Singer, F. M., & Voica, C. (2015). Is problem posing a tool for identifying and developing mathematical creativity? In F. H. Singer, N. F. Ellerton, & J. Cai (Eds.), *Mathematical problem posing*. (pp. 141-174). New York, NY: Springer.

Sriraman, B. (2005). Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? *The Journal of Secondary Gifted Education, 17*(1), 20-36.

Woodman, R. W., Sawyer, J. E., & Griffin, R. W. (1993). Toward a theory of organizational creativity. *Academy of Management Review, 18*(2), 293-321.

Zhou, C. (2015). Bridging creativity and group by elements of problem-based learning. *Advances in Intelligent Systems and Computing, 355*, 1-9.

Zhou, C., & Kolmos, A. (2013). Interplay between individual creativity and group creativity in problem and project-based learning (PBL) environment in engineering education. *International Journal of Engineering Education, 29*(4), 866-878.

A Study on the Manifestation Process Model Development of Group Creativity among Mathematically Gifted Students

Sung, Jihyun (Graduate School, Ewha Womans University)
Lee, Chonghee (Ewha Womans University)

The purpose of this study is developing the manifestation process model of group creativity among mathematically gifted students. Therefore, I designed the manifestation process model of group creativity by researching the existing literatures on group creativity and mathematical creativity. The manifestation process model of group creativity was applied to mathematically gifted students' class. By analyzing students' response, the manifestation process model of group creativity was improved and concretized. In conclusion, the process of a combination of contributions was concretized and the major variables on group creativity such as a diversity, conflict, emotionally supportive environment and social comparison were verified. In addition, some reflective processes was discovered from a case study.

* Key Words : Mathematically Gifted Student(수학영재), Group Creativity(집단창의성), Mathematical Creativity(수학적 창의성)

논문접수 : 2017. 7. 10
논문수정 : 2017. 8. 9
심사완료 : 2017. 8. 11