한국학교수학회논문집 제 13 권, 제 2 호
Journal of the Korean School Mathematics Society
Volume 13, Number 2, 205-224, June 2010

메타인지, 몰입과 수학 창의적 문제해결력 간의 구조적 관계 분석

박혜진[1] · 권혁진[2]

본 연구에서는 창의적 문제해결력 증진에 영향을 미치는 주요 변인으로 규명된 메타인지와 몰입(flow)이 수학 창의적 문제해결력과 어떠한 구조적 관계를 가지고 있는지를 조사하였다. 이를 위해 중학교 2학년 일반아 196명을 대상으로 수학 창의적 문제해결력 검사(MCPSAT)를 실시하고, 메타인지 검사와 몰입 검사를 통해 문제해결 과정에서의 학생들의 인지적·정의적 상태를 측정하였다. 그리고 상관분석을 통해 세 변인 간의 관련성을 살펴보았으며, 구조방정식 모형을 통해 세 변인 간의 구조적 관계와 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 몰입의 매개효과를 검증하였다. 연구 결과에 따르면, 메타인지는 수학 창의적 문제해결력에 직접적인 영향을 미치지 않으며, 몰입이라는 매개변인을 통해 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치고 있었다. 세부적으로 살펴보면 메타인지가 수학 창의적 문제해결력의 측정변수 중에서 유창성과 독창성에 영향을 미치지 못한 반면에 융통성에는 직접적인 영향을 주고 있음을 알 수 있었다. 특히 메타인지가 융통성에 주는 직접적 영향보다는 몰입을 매개로 한 간접효과가 훨씬 크게 나타났다. 본 연구 결과를 통해 학생들의 높은 메타인지 능력은 문제해결과정에서의 몰입도를 높여주게 되고, 이러한 몰입상태에서의 문제해결은 학생들의 수학 창의적 문제해결력 증진에 영향을 미친다는 사실을 알 수 있었다.

주요용어 : 메타인지, 몰입, 몰입도, 구조방정식 모형, 수학 창의적 문제해결력

Ⅰ. 서론

오늘날 지식정보사회에서 요구하는 인간상은 스스로 지식을 적극적으로 활용하여 문제를 보다 더 효율적이고 생산적으로 해결할 수 있는 능력을 가진 주도적인 인간으로 이러한 능력을 갖추기 위해서는 무엇보다 습득한 지식을 체계적으로 조직하고 재정리하여 이를 토대로 보다 독창적이며 유창한 또는 융통성 있는 문제의 해결방법을 생각해내고 이를 실행하는 창의적 문제해결력이 요구된다(이혜주, 2007). 송해덕(2007)은 이러한 창의적 문제해결력은 선천적인 특성보다는 환경적인 요인들로부터 보다 많은 영향을 받는 것으로 창의적 문제해결력을 향상시키기 위한 방안은 교육에서 고려해야 할 중요한 과제라고 설명한다. 이에 따라 최근 수학교육에서도 교수학습 방법 측면에서의 창의적인 발문과 학습자 측면에서의 창

1) 고려대학교 교육대학원 (phjeen@korea.ac.kr)
2) 고려대학교 (kwean@korea.ac.kr)

의적인 문제 해결 방법을 강조하면서 창의성에 대한 중요성을 강조하고 있으며(교육인적자원부, 2007), 창의성 특히 창의적 문제해결력 증진을 위한 방안으로 다양한 인지적 · 정의적 변인들이 고려되고 있다.

그런데 최근 연구 동향에 따르면 학년이 올라감에 따라 학생들의 수학에 대한 선호도는 매우 낮아지고 있는 실정으로(이동권 · 고상숙 · 황농문, 2008) 이는 지식 위주로 구성되어 있는 현 교육과정과 입시 지향적인 교수 · 학습방법으로 인하여 학생들이 수학교과에 대한 흥미를 잃어 버렸기 때문인 것으로 판단하고 있다(권오남 · 김정효, 1997). 만약 이러한 현상이 계속 반복된다면, 학생들의 수학 창의적 문제해결력이 저해될 수 있음을 예측할 수 있다. 따라서 이를 통해 수학 창의적 문제해결력을 신장하기 위해서는 학생들의 인지적 영역뿐만 아니라 정의적 영역까지도 고려되어야 함을 알 수 있다.

수학 창의성이란 수학적 문제 상황에서 고정된 사고방식을 탈피하여 다양한 산출물을 내는 과정이자 능력(이강섭 · 황동주, 2003)을 말한다. 이러한 창의성은 주로 문제해결 과정에서 발휘되며 이에 따라 창의적 문제해결력과 거의 동일시되어 사용하는 경향이 많아졌다(조석희 · 황동주, 2007). 본 연구에서도 수학 창의성과 수학 창의적 문제해결력을 동일한 개념으로 보고, 수학 창의적 문제해결력 증진에 영향을 미치는 다양한 인지적 · 정의적 주요 변인들 중 메타인지와 몰입을 살펴보면 다음과 같다.

메타인지는 문제를 해결 할 수 있는 전략을 개발하는 자신의 사고과정을 의미(O'neil & Brown, 1998)하는 것으로 문제해결과정에서 계획, 조정, 점검, 관리, 평가의 주요 기능을 하는 것(최은희 · 김민경, 2006)을 말한다. Silver, Schoenfeld 등의 연구자들은 문제해결 과정에서 메타인지가 중요한 영향을 미치는 요인임을 강조하며, Russo(2004)와 송해덕(2007)은 창의적 문제해결력을 신장하는 방안으로 메타인지를 지적한다. 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 관련 선행연구들(이혜주, 2007; 윤초희, 2005)을 살펴 본 결과, 메타인지와 수학 창의적 문제해결력이 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

몰입은 Csikzentmihalyi(1975)에 의해 처음 소개된 개념으로 어떤 과제해결이나 활동에 집중할 때 나타나는 최적의 심리현상(홍기칠, 2009)으로 9가지 구성요소(도전과 능력의 조화, 구체적인 피드백, 통제감, 명확한 목표, 행위와 의식의 통합, 과제에 대한 집중, 시간 감각의 왜곡, 자의식의 상실, 자기목적적 경험)로 이루어져 있다. 이러한 몰입은 인지적 몰입과 정의적 몰입으로 구분할 수 있으며, 몰입과 관련된 선행연구들을 통해 몰입이 메타인지(이재신, 2009; 강명희 · 송윤희 · 박성희, 2008; 이은주, 2001)와 창의성(Sosik, Kahai, & Avolio, 1999; Csikzentmihalyi, 1996; 이주연, 2005; 이미나, 2002)과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

즉, 메타인지와 몰입의 선행 연구들을 통해 메타인지와 몰입은 수학 창의적 문제해결력과 유의미한 관련이 있으며, 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 주요 변인임을 알 수 있다. 그런데 오늘날 수학 창의적 문제해결력에 대한 연구의 중요성에도 불구하고 구체적인 수준에서 연구가 이루어지지 못하고 있으며, 메타인지 및 몰입 그리고 수학 창의적 문제해결력의 세 가지 변인을 함께 고려한 연구는 거의 초기 단계로 실증적 연구가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구에서는 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 주요 변인인 메타인지 및 몰입이 수학 창의적 문제해결력에 어떠한 영향을 미치는지 구조적 관계를 규명해보고자 한다.

이에 따라 본 연구의 목적은 중학교 2학년 일반학생을 대상으로 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 몰입의 매개효과와 이들 세 변인 간의 구조적 관계를 알아보고자

한다. 연구의 목적을 수행하기 위한 연구문제는 다음과 같다.

1) 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간에 어떤 관련이 있는가?
2) 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구조적 관계는 어떠한가?

Ⅱ. 이론적 배경

1. 메타인지와 문제해결 및 창의성

우리는 수학 문제를 해결하는 과정에서 종종 어떻게 문제를 해결하였는지 다시 처음부터 천천히 생각해보거나 문제해결 과정 중에 틀린 부분이 있는지 없는지 확인을 해 봄으로서 문제를 해결해나가는 '메타 인지적 경험'을 한다(문창현・조용욱, 2003). 이러한 메타인지의 개념은 학자에 따라 다양하게 정의되고 있다. Flavell(1976)은 메타인지를 "자신의 인지 과정에 관한 지식과 산출물들, 또는 이들과 관련된 제반의 것"으로 정의하며, 메타인지가 메타인지적 지식과 메타 인지적 경험으로 구성되어있다고 제시하였으며(Flavell, 1979), Brown(1987)는 메타인지를 예측, 검사, 모니터링, 현실 테스트, 문제 해결과 학습을 위한 신중한 시도의 통합과 제어 등에 기여하는 주요한 기술이자 자기 자신의 인지 활동에 대한 인식으로 설명한다. 이러한 정의들을 종합하여 김성숙(2008)은 메타인지를 "문제를 해결하는 과정에서 요구되는 자신의 지식, 전략, 믿음을 인지하며 문제해결과정과 결과에 대해 반성 및 평가하는 능력"이라고 보았다.

본 연구에서의 메타인지 개념은 O'neil & Brown(1998)이 정의한 "문제를 해결 할 수 있는 전략을 개발하는 자신의 사고과정"을 의미하며, 인식(Awareness), 인지전략(Cognitive Strategy), 계획(Planning), 모니터링(Monitoring)의 4가지 하위범주(O'Neil, Sugrue, Abedi, Baker, & Golan, 1997; O'Neil & Abedi, 1996)로 이루어져 있다. 인식(Awareness)은 자신의 사고를 인식하고 있는 것이며, 인지전략(Cognitive Strategy)은 문제해결과 관련된 인지적 혹은 정의적 전략을 사용하는 것이고, 계획(Planning)은 문제해결을 위한 목표를 설정하고 나서 목표를 성취하기 위한 성공적인 문제해결 절차나 방법을 결정하는 것을 말하고, 모니터링(Monitoring)은 목표를 성취하기 위해 자신의 문제해결 과정을 점검 및 조절하여 적절한 전략을 사용하게 하는 것을 말한다(Malpass, J. R. & O'Neil, H. F.,Jr., & Hocevar, D., 1999).

수학교육에서 메타인지가 주목되기 시작한 것은 1980년대 Schoenfeld, Garofalo, Lester 등의 문제해결에 대한 연구와 관련이 있으며(이대현・이봉주, 2002), 문제해결 과정에서 메타인지가 차지하는 역할의 중요성에 대한 인식은 확대되어 왔다.(정문숙・이영하, 1994). Silver, Schoenfeld 등은 많은 사람들이 복잡한 수학 문제를 해결하는 과정을 관찰해 본 결과, 문제해결의 성공 또는 실패의 원인이 메타인지에 있음을 지적하였다(Silver, 1985에서 재인용). Mayer(1998) 또한 성공적인 수학 문제해결을 위해서는 메타인지가 요구되고 있음을 보고하였다. 그 외, 많은 연구들에서도 메타인지가 문제해결과 관련된 중요한 핵심변인임을 밝히고 있으며, 문제해결에 실패한 원인을 메타인지의 결함으로 보고 있다(전희정, 2006).

Russo(2004)는 창의적인 문제해결을 위해 다양한 인지적・정의적 전략들, 상위기억에서의 훈련, 상위학습 습관, 상위인지(metacognition), 확산적 사고 기술이 요구된다고 설명한다.

송해덕(2007) 또한 창의적 문제해결력을 위해 고려되어야 할 변인으로 메타인지 전략을 지적하며, 메타인지 능력이 문제해결의 계획을 수립하고 문제해결 수행과정의 효과성을 점검, 조정, 평가하도록 함으로써 효과적인 문제해결을 가능하도록 해준다고 설명한다. 그리고 메타인지가 창의성 신장과 관련이 있다는 여러 연구결과들(김성숙, 2008; 문원자 · 박영태, 2005; 박영태, 2000)을 통해서도 창의적 문제해결력에 메타인지적 전략이 효과적인 영향을 미칠 것임을 예측할 수 있다. Armbruster(1989)는 창의적 사고의 과정은 인지적 사고 과정으로 Wallas의 창의적 사고 과정(준비-부화-조명-검증)의 각 단계에서 메타인지가 어떻게 작용을 하는지 그 과정을 설명하며, 새로운 아이디어를 준비하고 부화하며 조명하고 검증하는 창의적 산출의 모든 과정에서 자신의 인지과정을 점검, 통제, 조절하는 메타인지적 요소가 반드시 필요함을 제시하고 있다(윤초희, 2005). 이에 따라 메타인지가 창의적 문제해결 과정에서 문제해결을 위해 중요한 역할을 함을 알 수 있다.

2. 몰입과 문제해결 및 창의성

몰입(flow)이란, 의식의 무질서 상태인 심리적 엔트로피의 반대개념으로 네겐트로피(negentropy)라고 불리기도 하며, '마치 하늘을 자유롭게 날아가는 느낌' 또는 '물 흐르는 것처럼 편안한 느낌'으로 모든 주의가 목표에만 기울어져 자유롭게 사용되는 최적 경험(optimal experience) 상태를 말한다(Csikszentmihalyi, 1990). 만약 우리가 수학 문제를 해결하는데 온 정신을 기울이고, 문제를 해결하는 순간의 기쁨을 만끽해 본 경험이 있다면 바로 몰입을 경험한 것이다.

Csikszentmihalyi(1975)는 몰입을 어떤 과제해결이나 활동에 집중할 때 나타나는 최적의 심리현상이라고 정의하였고, Jackson & March(1996)는 몰입을 최고수준의 수행과 비슷한 개념으로 설명하며, 수행자(performer)가 자신이 수행하고 있는 활동과 완전히 연계(totally connected)된 상태로 정의한다. 이러한 몰입을 Harju & Eppler(1997)는 고차적 또는 구성주의적 학습을 위한 전제로서 적극적이고 탐색적인 학습에 요구되는 높은 수준의 집중과 참여를 촉발시켜주는 심리적 기제라 설명한다.

몰입과 학습에 관련된 선행연구들(Schüler, 2007; Egbert, 2003; Csikszentmihalyi, Rathude & Whalen, 1993; 이지혜, 2009; 강명희 · 송윤희 · 박성희, 2008; 석임복, 2007; 이우미, 2004; 이미현, 2003)에 따르면, 학습 또는 문제해결 과정에서의 몰입경험은 학생들의 학업성취 및 문제해결력 증진에 영향을 미치며, 몰입 경험을 통해 학습으로부터의 즐거움, 만족감, 성취감 등을 얻게 됨에 따라 학습태도의 변화를 가져온다고 한다. 이러한 학습에서의 몰입연구들을 살펴보면 특히, 타교과목에 비해 수학 교과에서 연구(Heine, 1997; Mayer, 1978; 이동권 · 고상숙 · 황농문, 2008; 이미현, 2003)가 많이 실시되었으며, 타교과목과 수학교과에서의 학생들의 몰입정도를 비교해 보면 수학 교과에서의 몰입 경험빈도가 가장 높게 나타났음을 알 수 있다(석임복, 2007; Csikszentmihalyi & Schndeider, 2000). 또한 석임복(2007)의 연구를 통해 수학교과에서의 다양한 학습활동 중 학생들의 몰입 경험빈도가 문제해결 과정에서 가장 높게 나타남을 알 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 몰입을 '문제를 해결하기 위해 자신의 정신을 문제에만 완전히 집중하여 자신의 문제해결능력을 최대한 발휘하는 순간 느끼게 되는 경험'이라고 정의하고자 한다.

Csikszentmihalyi가 제시한 몰입은 9가지 구성요소(도전과 기능의 조화, 행위와 의식의 통

합, 명확한 목적, 구체적인 피드백, 과제의 집중, 통제력, 자의식의 상실, 시간 변형, 자기목적적 경험)로 이루어져 있으며, 이러한 몰입의 9가지 구성요소들은 서로 연결되고 있고 상호의존적(Csikszentmihalyi, 1975)이다. 또한 몰입은 인지적・정의적 영역이 통합된 구인으로서 인지적인 측면만 고려하는 다른 내재적 동기와 구별(Heine, 1997)된다.

몰입적 사고는 고도의 집중을 필요로 하는 고차원적 사고(high-order thinking)가 요구되는 문제해결력을 논의할 때 인용되고 있다(고상숙, 2008). 몰입적 사고를 통한 문제해결 과정은 발견법과 밀접한 관련을 가지고 있으며, 다양한 수학학습지도 방법들 중 Robert Lee Moore가 주장한 'Moore 방법(the Moore Method)'은 학생이 스스로 수학을 '하는' 경험을 통해 수학하는 창조적인 노력의 즐거움과 자신감의 정신을 만들어 주는 것으로 몰입적인 사고에 의한 문제해결과 같은 맥락으로 볼 수 있다(이동권・고상숙・황농문, 2008).

Csikszentmihalyi는 몰입을 쉽게 경험하기 위해서는 목표의 명확성, 문제 난이도의 적정성, 빠른 결과의 피드백이 요구된다고 설명한다(황농문, 2007). 그런데 일반적으로 수학문제의 난이도는 학생들의 수준에 비해 높고, 이에 따라 피드백이 느릴 수 있기 때문에 학생들이 수학문제를 해결하는 과정에서 Csikszentmihalyi가 말하는 몰입을 경험하기는 쉽지 않을 것이다. 하지만 황농문은 Csikszentmihalyi가 제시한 몰입을 빠른 사고(Fast thinking)의 몰입으로 자신이 경험한 몰입을 명상적인 사고 또는 느린 사고(Slow thinking)의 몰입으로 구별하여 정의하며, 장기간의 노력을 통해 난이도가 높은 문제에 몰입할 수 있음을 주장한다(이동권 등, 2008).

Csikszentmihalyi는 우리의 의식의 집중에 영향을 주는 3가지 요소로 감정, 목표, 사고를 제시하였는데, 이 세 요소는 위에서 언급한 고차원적 사고를 요하는 문제해결 과정에서 작용을 하게 된다. 목표는 문제를 해결하기 위한 방향을 설정하며, 사고와 감정은 각각 인지적 영역과 정의적 영역으로 문제해결 과정에서 이들의 조화가 중요한 역할을 한다고 한다. 이는 수학교육자들이 학생들에게 고차원적 사고 습득의 중요성만을 강조할 것이 아니라, 학생들의 수학적 성향 또한 고려하여, 학생이 수학학습에 대한 반엔트로피의 감정을 형성할 수 있도록 지도해야 함을 명시해주고 있다(고상숙, 2008).

최석민(2003)은 Dewey의 이론에 근거하여 몰입을 "자신이 설정한 문제 해결과정에 푹 빠져 있음을 드러내는 문제해결의 이상적 속성을 의미하는 것"으로 설명하며, 이러한 이상적 문제해결인 몰입을 창의성과 동일시하였다. Dewey의 몰입이 갖는 두 가지 창의적 성격은 다음과 같다(최석민, 2004). 첫째, 활동의 자기목적 추구적 성격이라는 점에서 몰입을 창의적이라 할 수 있으며, 둘째, 자기 개선적 측면에서 몰입을 창의적이라 말할 수 있다. 이러한 창의성과 활동에 대한 몰입이 동일시되는 관계(최석민, 2003)는 Csikszentmihalyi(1996)의 연구를 통해 알 수 있으며, 그는 자신의 능력을 확장하거나 새로움과 발견에 관련된 고통스럽고 위험하고 어려운 활동을 할 때 느끼는 몰입 경험이 창의성의 증진에 긍정적인 영향을 미치는 요인임을 제시하였다. 또한 Sosik, Kahai, & Avolio(1999)도 몰입이 창의성의 증진을 위해 요구되는 변인임을 제시하였으며, 몰입이 창의성의 증진에 영향을 준다는 국내연구로는 이주연(2005), 이미나(2002) 등이 있다.

3. 수학 창의성과 문제해결

여러 수학자들(Krutetskii, Aiken, Balka, Deridder, Hadamard, Poincare, Loewen, Fouche 등)은 수학적 사고에서 창의성의 중요성을 강조하며(이강섭・황동주・홍지창・이상원,

2002), 수학적 창의성이 수학적 능력을 구성하는 중요한 요인임을 규명하고자 노력해왔다(서종진 · 황동주, 2004). 수학 창의성의 개념은 학자마다 견해의 차이가 다소 있지만 크게 인지적 과정(process)과 산출물(product)을 만들어 내는 능력으로 나누어 살펴볼 수 있다. 과정에 중심을 둔 수학 창의성 개념을 살펴보면, Balka(1974)는 수학 창의성을 수학적 상황에서 해법을 얻기 위해 이미 가지고 있는 사고방식을 깨뜨리는 능력으로 정의한다. Haylock (1985, 1987)은 수학 창의성을 사고의 고착을 극복하고 정신적 틀(mental sets)을 벗어나는 능력으로 개방된 수학적 상황에서 다양하고 독창적인 반응을 낼 수 있는 능력이라 정의한다. 반면에 박만구(2009)에 따르면, 산출물을 중심으로 한 수학 창의성 개념(Sparker, 1960; Jensen, 1973 등) 정의는 “수학 문제의 해에 대한 독특하고 일상적이지 않은 해결방법을 사용한 산출 능력으로 과정에 대한 강조와 함께 세부 문제를 만들거나 여러 문제를 종합적으로 사고하여 보다 종합적인 문제를 만들어 내는 능력”으로 보고 있다고 한다. 본 연구에서는 수학 창의성을 황동주(2005)의 연구와 동일하게 수학적 문제 상황에서 고정된 사고방식에서 탈피하여 다양한 산출물을 내는 과정으로 3단계 과정(수학적 문제 발견 → 수학적 문제해결 → 수학적 문제창조)으로 정의한다.

Triffinger, Isakesen, & Dorval(1994)과 Urban(1995)은 창의성이 문제해결과정에서 발휘된다는 점을 강조한다(조석희 · 한석실 · 안도희, 2005에서 재인용). 즉, 창의성은 문제해결 과정에서 표출되는 것으로 창의적 문제해결력과 거의 동일시하여 사용하는 경향이 많아졌다(조석희 · 황동주, 2007). 최근 수학교육에서도 창의성과 문제해결이 긴밀한 관련이 있는 것으로 간주하고 있으며, 대부분의 문제해결에 관한 모델들 또한 문제해결과 창의성이 밀접한 관련(권오남 · 김정효, 2000)이 있음을 보여주고 있다.

Hadamard(1945)는 창의성을 문제해결의 과정으로 설명하며, 문제를 풀려고 애쓰는 학생들의 활동과 창조의 활동은 본질적으로 유사하며 오직 정도와 수준에만 차이가 있을 뿐이라고 말한다(권오남 · 김정효, 2000에서 재인용). Armbruster(1989)는 Polya의 문제해결단계(문제 이해, 계획 수립, 계획 실행, 반성)와 Hadamard의 창의적 사고 단계(준비기, 부화기, 계시기, 검증기)가 여러 점에서 일치하고 있다고 설명한다(홍진곤 · 장보윤 · 김경록 · 진석언, 2008). 구체적으로 살펴보면, 준비와 문제이해, 조명과 계획 실행, 검증과 반성의 단계는 서로 일치되며, 무의식적인 면이 강조되는 부화와 의식적인 면이 강조되는 계획수립 단계만 서로 일치하지 않는다고 한다(이강섭 등, 2002).

수학교육의 문제해결 과정에서도 모든 문제해결에서 창의성을 띠는 것은 아니지만, ‘문제해결을 통한 접근’을 하거나 문제해결을 ‘수학의 기예’라는 차원에서 다룬다고 할 때, 수학적 문제해결은 곧 창의적 문제해결을 의미함을 알 수 있다(권오남 · 김정효, 1997). 이처럼 창의성과 문제해결은 별도로 논의되기보다는 대부분 ‘창의적 문제해결력’으로 문제해결력을 정의하여 사용하는 것이 일반적이다(권오남 · 김정효, 2000). 이에 따라 본 연구에서도 수학 창의성과 수학 창의적 문제해결력을 동일한 개념으로 간주하였으며 수학 창의적 문제해결력의 개념을 살펴보면 다음과 같다.

이혜주(2007)는 수학 창의적 문제 해결력을 수학의 기본적인 개념과 원리에 대한 이해를 기반으로 문제에 대한 해법을 다양하게 접근하고 독창적이며, 연관적인 사고과정을 통하여 유창하며 융통적인 대안이나 아이디어를 산출함에 따라 좀 더 새로운 해결방법을 발견하는 것으로 본다. 조석희 · 황동주(2007)는 수학 창의적 문제해결력을 학생이 이미 습득한 지식, 원리, 개념, 사고전략들을 최대한 이용하여 새로운 해법을 산출해내는 능력이라 정의한다. 이강섭 · 황동주(2004)는 수학 창의적 문제해결력을 “기존에 알고 있는 지식, 개념, 원리, 문

제 해결 방법들을 새롭게 관련지어 수학 문제를 해결하거나, 자신이 새로운 문제해결방법이나 지식, 개념, 원리를 창안하여 수학 문제를 해결하는 능력”으로, 권오남・김정효(1997)는 “수학적 문제 사태를 해결하는 과정에서 학습자가 독자적으로 문제를 해결하는 능력”으로 정의한다.

수학 창의적 문제해결의 과정은 문제이해, 문제해결을 위한 계획 수립, 계획의 이해, 답과 문제해결 전반에 대한 반성으로 4단계로 구성되어 있으며, 이 4단계 과정을 거치는 동안 수학적 사고력, 수학적 창의성, 수학적 과제 집착력, 지식기반이 수학 창의적 문제해결을 위해 활용된다(조석희・황동주, 2007). 또한 문제 해결의 각 단계에서 수학 창의적 문제 해결력은 수렴적 사고와 확산적 사고가 동시에 작동하며, ‘수학적 창의성’이 강하게 작용하면 확산적 사고가 일어나고, ‘수학적 사고 능력’이 강하게 작용을 하는 경우에는 수렴적 사고가 일어나게 된다(이강섭・황동주, 2004).

Ⅲ. 연구방법 및 연구모형

1. 연구대상

본 연구에서는 이강섭・황동주(2007)의 연구에서 사용한 기준과 동일하게 기존에 수학영재교육을 받고 있는지(혹은 받은) 여부에 따라 수학 영재학생과 일반학생을 구분하여 서울의 ㅈ 중학교, 경기도의 ㄱ, ㅈ, ㅂ 중학교 2학년 일반학생 총 196명(남: 91명, 여: 102명, 무응답: 3명)을 대상으로 검사를 실시하였다.

2. 연구도구

1) 수학 창의적 문제해결력 검사

본 연구에서는 창의적인 문제해결력을 검사하는 도구로 널리 알려져 있는 5문항의 개방형 문제를 수정 또는 번역하여 구성한 수학 창의적 문제해결력 검사(Mathematical Creative Problem Solving Ability Test: MCPSAT)를 사용하였다. 이 검사는 총 50분의 시간이 소요되며, MCPSAT은 유창성, 융통성, 독창성 세 가지 기준으로 수학 창의성을 측정하고 있다. 본 연구에서 산출된 신뢰도는 alpha계수 .71이상이며, MCPSAT의 문항구성(이강섭・황동주, 2007에서 재인용)은 아래 제시된 <표 1>와 같다. 그리고 MCPSAT의 채점방법 및 기준은 이강섭・황동주・서종진(2003)연구에서 사용된 방법을 따른다.

<표 1> 수학 창의적 문제해결력 검사(MCPSAT)의 문항구성

문항 번호	문제이름	내용 영역	채점 기준	문제의 출처와 문제 유형
1	16개의 점 문제	도형	유창성 융통성 독창성	Haylock(1984), 김홍원・김명숙・방승진・황동숙(1997)과 송상헌(1988)이 사용한 9개의 점(nine dots) 문제를 16개의 점 문제로 변형

2	헥소미노	도형	유창성 융통성 독창성	김홍원 · 김명숙 · 방승진 · 황동숙(1997)의 정사각형문제를 정육각형문제로 변형
3	수조문제	측정	유창성 융통성 독창성	Hashimoto(1997, p.10)의 수조문제(The Water-Flask Problems) 원안 번역
4	공기돌 문제	측정	유창성 융통성 독창성	Sawada(1997, p.25)의 공기돌 문제(The Marble Problems) 원안 번역
5	입체도형 분류 문제	관계	유창성 융통성 독창성	Sawada(1997, p.26)의 입체도형 분류 문제(The Classifying Several Solid Figure Problems) 원안 번역

2) 메타인지 검사

수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 메타인지 변인을 측정하기 위해 O'Neil & Abedi(1996)의 연구에서 12학년 학생들을 대상으로 한 메타인지 검사 도구(State Metacognitive Inventory)를 변안하여 사용하기로 한다. 메타인지 검사는 총 20문항이며 검사시간은 10분이다. 이 검사 도구는 메타인지의 하위변인인 인식(Awareness), 인지전략(Cognitive strategy), 계획(Planning), 모니터링(Monitoring)으로 4 가지 범주로 구성되어 있고, Likert형 4점 척도이다. 본 연구에서의 신뢰도는 alpha계수 .89이상이다.

3) 몰입 검사

수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 몰입변인을 측정하기 위해 Jackson & Marsh(1996)가 개발한 몰입 상태 척도(Flow State Scale)를 번안하여 사용하기로 한다. 이 검사는 총 20분의 시간이 소요되며, 검사문항은 Csikszentmihaly가 제시한 몰입의 9가지 하위 변인들(자기 목적적 경험, 목적, 도전과 기능의 조화, 과제의 집중, 통제력, 피드백, 행위와 의식의 통합, 시간변형, 자의식의 상실)로 총36문항으로 구성되어 있고, Likert형 5점 척도이다. 본 연구에서의 몰입 검사 신뢰도는 alpha계수 .95이상이다.

3. 연구절차

본 연구는 2009년 2학기 말부터 2010년 2월까지 중학교 2학년 수학 영재교육을 받은(혹은 받고 있는) 경험이 없는 일반학생들을 대상으로 평가를 실시하였다. 검사절차는 MCPSAT를 먼저 실시하고, MCPSAT 문제해결과정에서의 학생들의 인지적 · 정의적 상태를 측정하기 위해 메타인지 검사와 몰입 검사를 MCPSAT 검사가 끝난 뒤에 측정을 하였다.

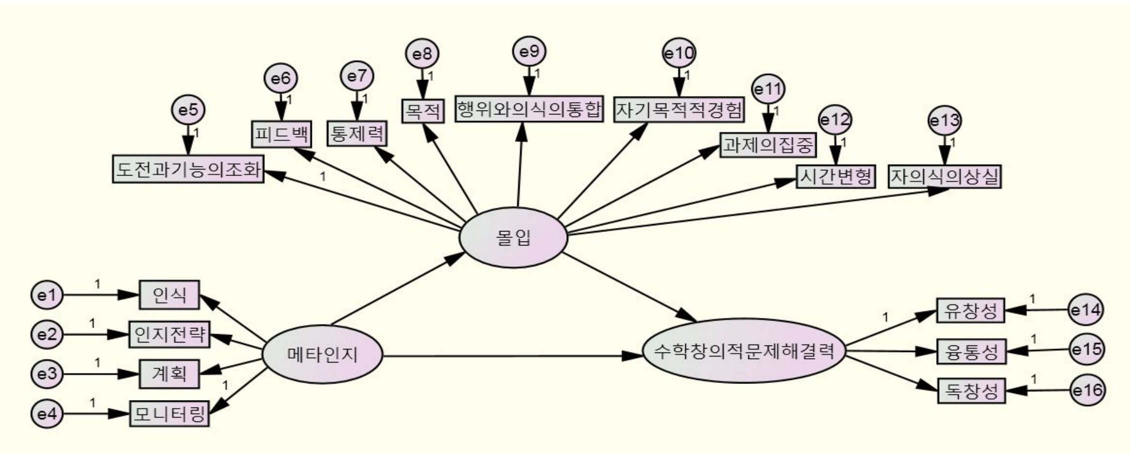
4. 연구 분석방법

본 연구에서는 수집된 자료의 기초분석을 위한 기술통계 및 각 변인들 간의 상관분석을 SPSS 12.0 프로그램을 사용하여 실시하였다. 그리고 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력의 구조적 관계 및 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 몰입의 매개효과를 알아보기 위하여 AMOS 18을 이용하여 구조방정식 모형을 통해 분석하였다.

가설 검증을 위해 우선 이론을 바탕으로 설정한 가설연구모형이 연구에 적합한 모형인지 평가하고자 확인적 요인분석을 실시하고, 검증된 구조모형을 통해 경로분석을 하였다. 경로모형의 적합도 판정은 CFI, TLI, RMSEA를 통해 모형의 적합도를 평가하였으며, 연구모형이 양호하지 않은 경우에는 모형의 적합도를 좋게 하기 위해 수정지수(modification index)를 확인하여 그 값이 4이상인 수정지수를 가진 경로를 추가하여 모형을 수정하였다.

5. 연구모형

본 연구의 목적인 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 변인들 간의 관계를 규명하기 위해 이들 변인들에 관한 선행연구들을 바탕으로 가설연구모형을 설정하였다[그림 1].



[그림 1] 가설연구모형

Ⅳ. 연구결과

1. 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 상관관계

본 연구에서는 세 변인 간의 관련성을 검증하기 위해 상관관계를 분석하였으며, 분석결과는<표 2>와 같다.

<표 2> 각 변인들 간의 상관계수

	m1	m2	m3	m4	M	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	f8	f9	F	c1	c2	c3	C
m1	–																		
m2	.689**	–																	
m3	.702**	.706**	–																
m4	.587**	.553**	.563**	–															
M	.868**	.872**	.865**	.800**	–														
f1	.598**	.561**	.528**	.446**	.626**	–													
f2	.604**	.507**	.481**	.555**	.630**	.773**	–												
f3	.550**	.524**	.426**	.432**	.568**	.718**	.746**	–											
f4	.641**	.669**	.607**	.583**	.736**	.705**	.767**	.725**	–										
f5	.568**	.575**	.489**	.469**	.618**	.790**	.778**	.741**	.728**	–									
f6	.449**	.445**	.358**	.412**	.490**	.599**	.592**	.620**	.560**	.597**	–								
f7	.400**	.430**	.362**	.445**	.483**	.598**	.685**	.657**	.619**	.664**	.602**	–							
f8	.388**	.338**	.383**	.385**	.438**	.497**	.530**	.533**	.462**	.557**	.603**	.561**	–						
f9	.333**	.384**	.308**	.276**	.383**	.461**	.464**	.360**	.425**	.514**	.320**	.498**	.464**	–					
F	.625**	.612**	.542**	.551**	.686**	.850**	.872**	.844**	.823**	.878**	.775**	.817**	.724**	.627**	–				
c1	.215**	.195**	.174*	.275**	.254**	.347**	.318**	.208**	.278**	.369**	.263**	.308**	.196**	.305**	.360**	–			
c2	.122	.126	.101	.252**	.179*	.326**	.309**	.190**	.272**	.353**	.247**	.326**	.183*	.318**	.350**	.921**	–		
c3	.074	.112	.136	.136	.135	.197**	.240**	.092	.154*	.229**	.177*	.262**	.087	.223**	.231**	.421**	.441**	–	
C	.185**	.181*	.165*	.272**	.237**	.350**	.335**	.203**	.283**	.378**	.270**	.337**	.193**	.326**	.372**	.977**	.953**	.579**	–

(m1: 인식, m2: 인지전략, m3: 계획, m4: 모니터링, M: 메타인지, f1: 도전과 기능의 조화, f2: 피드백, f3: 통제력, f4: 목적, f5: 행위와 의식의 통합, f6: 자기 목적적 경험, f7: 과제의 집중, f8: 시간 변형, f9: 자의식의 상실, F: 몰입, c1: 유창성, c2: 융통성, c3: 독창성, C: 수학 창의적 문제해결력)

$**p < .01$, $*p < .05$

<표 2>에 제시된 바와 같이, 메타인지와 수학 창의적 문제해결력은 $r=.237(p<.01)$로 유의한 정적 상관이 있는 것으로 나타났다. 이러한 정적 상관관계를 자세히 살펴보기 위해 메타인지와 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수들을 중심으로 살펴보면 다음과 같다. 수학 창의적 문제해결력과 수학 창의적 문제해결력의 측정변수인 유창성은 모든 메타인지의 측정변수들과 정적인 상관이 있는 것으로 나타났다($p<.05$, $p<.01$). 그러나 수학 창의적 문제해결력의 측정변수인 융통성은 메타인지의 측정변수인 모니터링(monitoring)과만 정적인 상관이

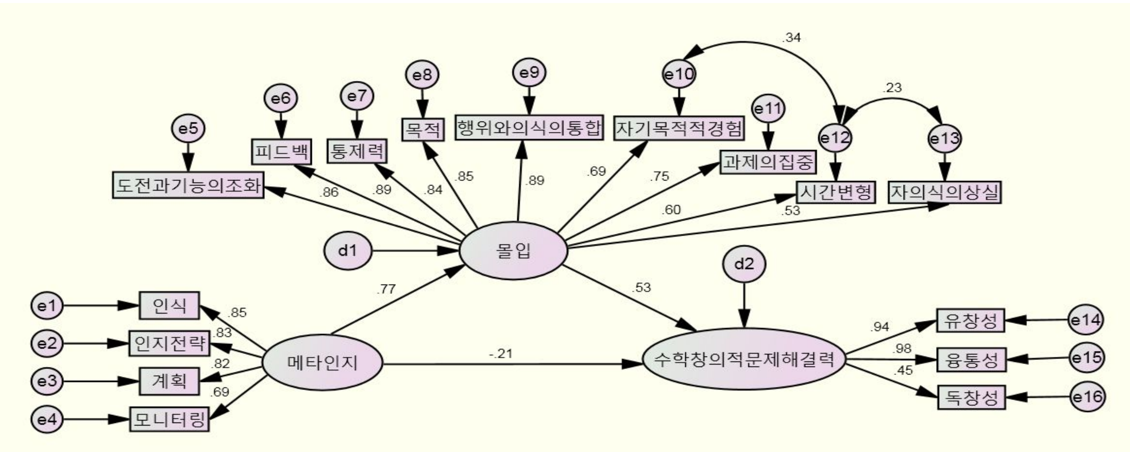
있는 것으로 나타났으며($p<.01$), 수학 창의적 문제해결력의 측정변수인 독창성은 모든 메타인지의 측정변수들과 유의미한 상관이 나타나지 않았다. 즉, 문제해결 과정에서 학생들의 메타인지 활용 정도가 수학 창의적 문제해결력과 유의미한 관계를 가지며, 특히 문제에서 요구하는 다양한 아이디어를 제시할 수 있는 유창성과 이러한 아이디어들을 여러 범주에서 찾아내는 융통성과 관련을 지니고 있음을 알 수 있다.

수학 창의적 문제해결력과 몰입은 $r = .372(p<.01)$로 정적인 상관이 있는 것으로 나타났다. 수학 창의적 문제해결력과 몰입의 각 측정변수를 중심으로 살펴보면, 수학 창의적 문제해결력과 수학 창의적 문제해결력의 측정변수인 유창성과 융통성은 몰입의 각 측정변수들과 정적인 상관이 있는 것으로 나타났다($p<.05$, $p<.01$). 그러나 수학 창의적 문제해결력의 측정변수인 독창성은 몰입의 측정변수 중 통제력과 시간변형과 정적인 상관이 없는 것으로 나타났다($p<.05$, $p<.01$).즉, 문제해결과정에서의 학생들의 몰입도는 수학 창의적 문제해결력과 유의미한 관계이며 특히, 유창성과 융통성과 유의미한 관계를 지니고 있음을 알 수 있다.

메타인지와 몰입의 관계는 $r = .686(p<.01)$으로 정적 상관관계가 있으며, 메타인지의 각 측정변수는 몰입 및 몰입의 각 측정변수들과 모두 유의미한 정적상관이 있는 것으로 나타났다($p<.01$). 즉, 문제해결과정에서 학생들의 메타인지 능력이 학생들의 온 주의를 문제에만 집중을 할 수 있도록 하는 몰입과 유의미한 관련이 있는 것으로 볼 수 있다.

2. 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구조적 관계

확인적 요인분석을 토대로 중학교 2학년 일반학생들을 대상으로 한 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구조적 관계를 규명하기 위해 연구모형의 적합성을 검증하였고, 최종 구조방정식 모형은 다음 [그림 2]와 같다. 연구모형의 적합도는 CFI는 .954, TLI는 .944, RMSEA는 .074로 적합도 기준에 만족할 만한 수준이었다. 이와 같이 확정된 연구모형을 통해 추정된 경로계수를 이용하여 세 변인 간의 관계를 알아보기 위한 가설을 검증하였으며, 메타인지와 몰입이 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수에 영향을 미치는 정도를 구체적으로 알아보기 위해 수학 창의적 문제해결력의 측정변수인 유창성, 융통성, 독창성 각각을 종속변수로 세분화하여 세 변인 간의 관계를 살펴보았다.



[그림 2] 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구조방정식 모형

<표 3>에 제시된 바와 같이, 메타인지는 수학 창의적 문제해결력과 통계적으로 유의미하지 않았다. 좀 더 구체적인 분석을 위해 메타인지가 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수에 미치는 영향을 살펴본 결과, 메타인지는 유창성과 독창성에 직접적인 영향을 미치지 않으며, 융통성(β =-.255)에는 $p < .05$수준에서 유의미한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다(<표 3> 참조). 메타인지가 몰입에 직접적인 영향을 미칠 것이라는 가설이 지지되는지 <표 3>에 제시된 모수추정치를 살펴보면, 메타인지는 몰입(β =.767)의 모든 변수에 $p<.001$수준에서 유의미하게 정적인 관계를 지니는 것을 알 수 있다. 그리고 몰입과 수학 창의적 문제해결력 간의 관계는 <표 3>을 통해 몰입이 수학 창의적 문제해결력(β =.534)에 $p < .001$수준에서 유의미한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 몰입이 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수에 미치는 영향을 살펴보면, 유창성(β =.417)과 융통성(β =.550)에는 $p < .001$수준에서 통계적으로 유의미한 정적인 관련성을, 독창성(β =.317)과는 $p < .05$수준에서 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다(<표 3> 참조). 이러한 연구 결과를 통해 몰입이 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 매개변인으로 중요한 역할을 한다는 것을 예측할 수 있다.

<표 3> 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력(유창성, 융통성, 독창성) 간모형의 모수추정치

모수	모수추정치
메타인지 → 몰입	1.470(.767)***
메타인지 → 수학 창의적 문제해결력	-.945(-.214)
몰입 → 수학 창의적 문제해결력	1.228(.534)***
메타인지 → 유창성	-.303(-.065)
몰입 → 유창성	1.018(.417)***
메타인지 → 융통성	-.534(-.255)*
몰입 → 융통성	.600(.550)***
메타인지 → 독창성	-.150(-.109)
몰입 → 독창성	.227(.317)*

Note. 숫자는 비표준화 계수이며, 표준화 계수는 괄호 안에 제시. (*$p < .05$, **$p < .01$, ***$p<.001$)

메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 몰입이 매개역할을 하는지 알아보기 위해 <표 4>를 살펴보면, 메타인지가 수학 창의적 문제해결력에 간접적으로 영향을 미치고 있으며, 메타인지가 몰입을 매개로 수학 창의적 문제해결력에 영향을 주었을 때 경로계수는 .410임을 알 수 있다. 즉, 메타인지 능력은 몰입을 매개로 했을 때 수학 창의적 문제해결력을 높이는데 영향을 준다는 사실을 알 수 있다. 이러한 연구 결과를 통해 메타인지는 몰입을 경험하게 하는 중요한 변인이며, 몰입은 수학 창의적 문제해결력 증진을 위한 매개변인으로서 매우 중요한 변인임을 알 수 있다. 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구체적인 연구모형 경로들의 총 효과(직접효과와 간접효과) 분석은 <표 4>와 같다.

세 변인 간의 구체적인 분석을 위해 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수들(유창성, 융통성, 독창성)을 종속변수로 하여 세 변인 간의 관계를 분석한 결과(<표 4> 참조), 메타인지는 유창성과 독창성을 직접적으로 설명하는 변인이 아니며, 몰입을 통해 유창성과 융통성에 간접적인 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 경로계수를 살펴보면, 메타인지가 몰입을 매개로 유창성에 미치는 간접효과는 .319, 독창성에 미치는 간접효과는 .243이다. 반면, 융통성에 대한 메타인지는 정도의 차이는 있지만 직・간접적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 경로계수를 통해 살펴보면, 융통성에 대한 메타인지의 직접효과는 -.255이고, 몰입을 매개로 한 간접효과는 .422이다. 즉, 직접적 영향보다는 몰입을 매개로 한 간접효과가 훨씬 크게 나타남을 알 수 있다.

<표 4> 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력(유창성, 융통성, 독창성) 간의 총 효과 분석

경로	직접효과	간접효과	총 효과
메타인지 → 몰입	.767**		.767**
메타인지 → 수학 창의적 문제해결력	-.214	.410**	.195
몰입 → 수학 창의적 문제해결력	.534*		.534*
메타인지 → 유창성	-.065	.319**	.255*
몰입 → 유창성	.417**		.417**
메타인지 → 융통성	-.255*	.422**	.167*
몰입 → 융통성	.550**		.550**
메타인지 → 독창성	-.109	.243**	.134
몰입 → 독창성	.317*		.317*

Note. 숫자는 비표준화 계수이며, 표준화 계수는 괄호 안에 제시. (*p < .05, **p < .01, ***p<.001)

V. 결론 및 제언

본 연구는 중학교 2학년 일반학생을 대상으로 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 관계를 규명하고, 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 몰입이 매개역할을 하는지 매개효과를 알아보고자 하는 것이다. 연구결과를 중심으로 논의하면 다음과 같다.

첫째, 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에 있어서 메타인지는 수학 창의적 문제해결력에 직접적인 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 즉, 메타인지 능력이 높아지더라도 수학 창의적 문제해결력이 낮아지는 것과는 무관하다는 것으로 볼 수 있다.

메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계를 자세히 알아보기 위해 메타인지와 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수(유창성, 융통성, 독창성) 간의 관계를 살펴보면 다음과 같다. 메타인지는 유창성과 독창성을 직접적으로 설명하는 변인이 아닌 것으로 나타났으며, 융통성에는 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그런데 융통성에 대한 메타인지의 직접효과는 -.255로 메타인지 활용 정도가 높아지더라도 수학 창의적 문제해결에서 요구하는 사

고의 고착화에서 벗어나 다양한 관점의 문제 해결 아이디어를 제시하기는 어렵다는 사실을 알 수 있다. 이는 문제해결 사고 과정에서 메타인지 활용 정도가 높을지라도 문제해결 아이디어들을 범주화하여 여러 아이디어를 제시하는 활동을 촉진하지는 못한다는 것으로 분석할 수 있다.

둘째, 메타인지와 몰입의 관계는 메타인지의 수준이 높을수록 몰입이 높은 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 메타인지 능력이 높을수록 몰입 정도가 높다는 이재신(2009), 강명희・송윤희・박성희(2008), 이은주(2001)의 연구결과와 일치하며, 수학 문제해결과정에서 학생들의 메타인지 능력이 높을수록 문제해결에서의 몰입도가 높게 나타난다는 사실을 알 수 있다. 이에 따라 교사는 메타인지가 수학 문제 해결과정에서 학생들의 몰입도 신장에 중요한 변인으로 작용하고 있음을 인식할 필요가 있으며, 문제해결 과정에서 학생들의 몰입을 이끌어내기 위해서는 무엇보다 학생들이 메타인지 전략을 잘 활용할 수 있도록 지도해 주어야함을 알 수 있다.

셋째, 몰입과 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에 있어서는 몰입도가 높을수록 수학 창의적 문제해결력이 높게 나타났다. 즉, 몰입이 수학 창의적 문제해결력에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 알 수 있으며, 수학 창의적 문제해결력은 몰입에 많은 영향을 받고 있음을 확인할 수 있다. 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수(유창성, 융통성, 독창성)에 대한 몰입의 영향을 살펴보면, 몰입은 유창성, 융통성, 독창성에 모두 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 학생들의 수학 창의적 문제해결력 신장을 위해서는 수학교과에 몰입을 적용하여 수학교수학습 상황에서 학생들이 몰입할 수 있도록 지도할 필요가 있으며, 이에 따라 학생들이 문제 해결 과정에서 몰입을 통해 스스로 문제를 해결해 나가며 수학 창의적 문제해결력을 키울 수 있도록 현재의 수학 교수학습방법에 변화가 요구되고 있음을 시사하고 있다.

넷째, 메타인지 및 몰입 그리고 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에 대한 경로분석을 해본 결과, 메타인지는 몰입을 매개로 했을 때 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 학생의 메타인지 능력이 아무리 높을지라도 메타인지가 수학 창의적 문제해결력을 직접적으로 설명하는 변인이 아니므로 수학 창의적 문제해결력과 무관하다는 것으로 볼 수 있지만, 메타인지 활용 정도가 높은 학생이 문제해결과정에서 몰입상태에 있다면 수학 창의적 문제해결력의 신장에 영향을 준다는 사실을 알 수 있다. 즉, 문제해결 과정에서 메타인지 활용 능력이 높을지라도 몰입상태에 있지 않으면 수학 창의적 문제해결력의 증진을 가져오지 못할 것이라고 결론을 내릴 수 있다.

세 변인 간의 관계를 자세히 알아보기 위해 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변수(유창성, 융통성, 독창성)와의 관계를 살펴보면, 메타인지는 유창성과 독창성에 직접적인 영향이 아닌 몰입을 통해 유창성과 독창성에 간접적인 영향을 주고 있다. 즉, 메타인지가 몰입을 매개로 유창성에 미치는 간접효과는 .319이며, 독창성에 대한 몰입의 간접효과는 .243이다. 융통성에 대한 메타인지는 직 ・ 간접적으로 영향을 미치고 있으나 정도의 차이가 있음을 알 수 있다. 메타인지가 몰입을 매개로 하지 않고 융통성에 직접적인 영향을 줄 경우 경로계수는 -.255이고, 메타인지가 몰입을 매개로 융통성에 영향을 주었을 때 경로계수는 .422이다.

이를 통해 메타인지 능력은 문제에서 요구하는 다양한 문제해결 아이디어를 생성할 수 있는 능력(유창성)이나 독특하고 새로운 아이디어를 이끌어내는 능력(독창성)과 무관함을 알 수 있으며, 다양한 문제해결 아이디어를 범주화하는 능력(융통성)은 오히려 저하되고 있음을 알 수 있다. 즉, 메타인지를 능력이 높을지라도 수학 창의적 문제해결력을 촉진하지는 못한

다는 사실을 알 수 있다. 하지만 몰입을 매개로 했을 때 메타인지가 유창성, 융통성, 독창성에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 즉, 메타인지 활용 정도가 높을수록 문제해결과정에서 몰입도가 높게 나타나며, 이러한 몰입상태에서 수학 창의적 문제해결력의 각 측정변인인 유창성, 융통성, 독창성이 높게 나타남을 알 수 있다. 따라서 이러한 연구 결과를 통해 메타인지와 수학 창의적 문제해결력 간의 관계에서 몰입이 매개변인으로 중요한 역할을 하고 있음을 확인할 수 있다.

본 연구결과는 수학 창의적 문제해결력을 신장하기 위한 중요한 매개 요소로 몰입 변인을 발견할 수 있었으며, 이를 통해 몰입을 수학교육 현장에 적용할 필요성이 있음을 시사해주고 있다. 즉, 학생들의 높은 메타인지 능력이 문제해결과정에서 몰입도를 높여주게 되고, 이러한 몰입이 수학 창의적 문제해결력 증진에 영향을 미친다는 연구결과에 따라 교사는 학생들의 수학 창의적 문제해결력 신장을 위해 우선적으로 문제해결 과정에서 필요한 메타인지 전략들을 학생들이 습득할 수 있도록 지도해야 할 것이며, 이러한 메타인지를 활용할 수 있는 능력을 가진 학생들이 몰입을 통해 스스로 문제해결 아이디어를 찾아내는 경험을 할 수 있도록 수학학습지도과정에서 충분한 시간과 몰입할 수 있는 환경을 제공해 주어야 할 것이다. 문제해결과정에서의 몰입은 학생에게 더 이상 교수자로부터 지식을 습득하게 하는 'studying math(수학 공부하기)'가 아닌 학습자 스스로의 'doing math(수학하기)'를 하도록 하는 것으로 수학자가 한 것처럼 문제해결과정에서 여러 시도를 해보며 해결방법을 찾아보는 수학활동경험을 해 볼 수 있도록 하는 것이다. 이러한 몰입경험은 학생들에게 발견과 창조의 기쁨, 더 나아가 진정한 수학의 맛을 느낄 수 있도록 할 것이라 생각한다. 수학공식이란 처음부터 존재했던 것이 아니다. 수학자들은 문제해결을 위해 문제에만 온 주의가 집중된 몰입상태에서 문제를 해결하고자 하는 의지와 문제해결과정에서 발현된 창의적 아이디어 등을 통해 현재의 정형화된 결과물들을 얻을 수 있었던 것이다. 이동권 등(2008)에 의하면, 문제를 몰입을 통해 스스로 해결하는 경험을 많이 해 볼수록 성취감이 커지게 되고, 학생은 이 기분 좋은 감정에 이끌려 문제 풀이를 지속적으로 능동적으로 할 수 있게 되며, 이러한 성취감은 수학하는 의미로 연결되는 것으로 매우 중요한 과정이라고 설명한다.

수학교육이 지향해나가야 하는 방향은 학생들에게 수학의 진정한 의미를 깨닫게 하여 창의적인 수학적 사고의 힘을 키워주는 데 있는 것으로 이는 수학교육에 '몰입' 적용을 통해 그 해결책을 찾아나갈 수 있는 것이라고 생각한다. 이에 따라 본 연구의 결과는 몰입을 통해 수학 창의적 문제해결력 향상을 위한 교수설계 시 유용한 기초자료가 될 것이라 본다.

끝으로 본 연구는 몇몇의 제한점을 가지고 있으며, 이러한 제한점을 토대로 하여 제언을 하면 다음과 같다. 첫째, 창의적 문제해결을 문제해결 과정에서 확산적 사고와 수렴적 사고의 상호작용을 통해 동시에 작동하는 것으로 보는 경향(조석희・황동주, 2007; Treffinger & Isaksen, 2005)을 통해, 유창성, 융통성, 독창성의 확산적 사고를 강조하는 수학 창의적 문제해결력 검사 도구를 사용한 본 연구의 결과는 일반화하는데 한계가 있음을 알 수 있다. 따라서 확산적 사고와 수렴적 사고를 동시에 고려한 수학 창의적 문제해결 검사 도구를 사용한 후속 연구를 통해 이를 보완할 필요가 있다.

둘째, 수학 창의적 문제해결력을 신장하기 위해 본 연구에서 제시한 메타인지, 몰입 이외에도 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 다양한 변인들이 고려되고 있다. 따라서 본 연구에서 살펴본 변인 이외에 제시되고 있는 다른 변인들과 수학 창의적 문제해결력과의 관계를 분석하여 학생들의 수학 창의적 문제해결력을 신장하기 위한 최적의 방법을 규명하는 일이 필요하다.

셋째, 메타인지가 몰입을 매개로 수학 창의적 문제해결력의 증진을 가져온다는 본 연구의 결과를 통해 몰입이 학생들의 수학 창의적 문제해결력 신장에 영향을 미치는 주요한 요소임을 알 수 있었다. 따라서 수학학습현장에서의 몰입 적용에 관한 구체적인 몰입 지도 방안에 대한 연구가 필요하며, 학생들의 몰입 지도 전·후 수학 창의적 문제해결력의 변화를 비교하여 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 몰입의 효과 관련 연구도 이루어져야 할 것이다.

넷째, 본 연구는 일반 아동을 대상으로 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구조를 분석한 것으로 영재아를 대상으로 한 메타인지, 몰입, 수학 창의적 문제해결력 간의 구조적 관계 연구를 통해 일반 아동과 영재아가 어떤 차이를 보이는지를 알아보기 위한 후속 연구가 필요하다. 이를 통해 수학 창의적 문제해결력 신장을 위해 일반 아동과 영재 아동에게 적합한 수학 교수학습 방법을 모색해 볼 수 있을 것이다.

다섯째, 수학 창의적 문제해결력 신장에 중요한 매개역할을 하는 몰입의 9가지 측정변인들을 인지적 몰입(도전과 기능의 조화, 피드백, 통제력, 목적, 행위와 의식의 통합)과 정의적 몰입(자기목적적 경험, 과제의 집중, 시간변형, 자의식의 상실)으로 구분하여 몰입이 수학 창의적 문제해결력에 구체적으로 어떻게 영향을 미치고 있는지 이들의 관계를 규명할 후속 연구가 요구된다.

참고문헌

강명희 · 송윤희 · 박성희 (2008). 웹 기반 문제 중심 학습에서 메타인지, 몰입, 상호작용과 문제해결력의 관계, 교과교육학연구, 12(2), 293-315.

고상숙 (2008). 수학교육에서 몰입(flow)에 대한 가능성의 탐색, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 22(1), 1-11.

교육인적자원부 (2007). 개정 2007 수학과 교육과정. 서울: 교육인적자원부.

김성숙 (2008). 유아의 메타인지와 창의성과의 관계, 한국영유아보육학, 54, 251-267.

권오남 · 김정효 (1997). 창의적 문제해결력 신장을 위한 수학과 교육과정 개발을 위한 기초연구, 초등교육연구, 11, 213-237.

권오남 · 김정효 (2000). 창의적 문제해결력 중심의 수학 교육과정 적용 및 효과 분석, 대한수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 39(2), 81-99.

문원자 · 박영태 (2005). 매체유형과 사고유형에 따른 초인지-사칙연산적 사고활동이 유아의 창의성과 사회성에 미치는 효과, 부산교육학연구, 18(1), 71-96.

문창현 · 조용욱 (2003). 문제해결을 위한 메타인지, 신라대학교 자연과학연구소 논문집, 12, 115-128.

박만구 (2009). 수학교육에서 창의성의 개념 및 신장 방안, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 23(3), 803-822.

박영태 (2000). 창의성 개발을 위한 초인지-사칙연산적 사고법, 동아논총, 37, 61-86.

서종진 · 황동주 (2004). 영재 학생과 일반 학생의 수학 창의성과 수학 자기효능감에 대한 차이에 관한 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 18(3), 209-226.

석임복 (2007). 학습 몰입의 구조: 척도 · 성격 · 조건 · 관여, 박사학위논문, 경북대학교 대학원.

송해덕 (2007). 창의적 문제해결력의 구성요인과 교수설계원리의 탐색, 열린교육연구, 15(3), 55-73.

윤초희 (2005). 아동의 창의적 문제해결력과 관련이 있는 인지 및 창의성 요인: 영재아와 보통아간 비교분석, 아동학회지, 26(5), 281-295.

이우미 (2004). 교육용 게임기반학습에서 메타인지 및 몰입수준이 문제해결력에 미치는 효과, 석사학위 논문, 한국교원대학교 대학원.

이강섭·황동주·홍지창·이상원 (2002). 뇌 기능 분화와 수학 창의적 문제해결력과의 관계 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 13, 701-715.

이강섭・황동주 (2003). 일반 창의성(도형)과 수학 창의성과의 관련 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 42(1), 1-9.

이강섭·황동주·서종진 (2003). 개방형 문항에 대한 중학교 영재학생과 일반학생의 반응연구, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 17, 181-190.

이강섭・황동주 (2004). 수학 창의적 문제 해결력 검사(MCPSAT)에 대한 중 ・ 고등학교 급별 적합성 분석, 한국수학교육회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 18(1), 191-199.

이강섭・황동주 (2007). 수학 영재학생과 일반학생의 수학 창의성과 문제 설정과의 상관연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 46(4), 503-519.

이동권・고상숙 ・ 황농문 (2008). 미적분 문제해결 과정에서 수학적 사고력 향상을 위한 몰입적 사고의 적용, 한국학교수학회논문집, 11(1), 31-54.

이대현・이봉주 (2002). 수학 문제해결 과정에서의 직관과 메타인지, 대한수학교육학회지 <수학교육학 연구>, 12(2), 265-273.

이미나 (2002). 아동의 동기와 플로우가 창의성에 미치는 영향, 석사학위 논문, 성균관대학교 대학원.

이미현 (2003). 몰입수준의 변화가 수학학업성취도 및 수학적 태도에 미치는 효과, 석사학위논문, 한국교원대학교 대학원.

이은주 (2001). 몰입에 대한 학습동기와 인지전략의 관계, 교육심리연구, 15(3), 199-216.

이주연 (2005). 과학・미술 영재학생들의 동기, 플로우, 창의성 관계에 관한 비교분석 연구, 석사학위논문, 성균관대학교 대학원.

이지혜 (2009). 자기결정성 학습동기, 메타인지, 자기주도적 학습능력 및 학습몰입과 학업성취 간의 구조적 관계 분석, 박사학위논문, 충북대학교 대학원.

이재신 (2009). 고등학생의 메타인지와 학습몰입과의 관계: 자기주도적 학습능력의 매개효과, 한국교원교육연구, 26(2), 277-295.

이혜주 (2007). 아동의 수학 창의적 문제해결력과 관련이 있는 인지전략 유형 분석, 아동학회지, 28(6), 169-182.

정문숙・이영하 (1994). 수학적 문제해결 과정 중 탐구 단계에서 나타나는 메타인지에 관한 연구 - 중학교 2학년 우수아를 대상으로 - , 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 33(2), 235-249.

전희정 (2006). 웹기반 PBL에서 학습자의 메타인지와 스캐폴딩 유형이 문제해결과정에 미치는 효과, 한국콘텐츠학회 논문지, 7(2), 161-169.

조석희・한석실・안도희 (2005). 초등학교 고학년의 창의적 문제해결력에 영향을 미치는 정의적 특성에 대한 경로 분석, 교육심리연구, 19(3), 745-760.

조석희·황동주 (2007). 중학교 수학 영재 판별을 위한 수학 창의적 문제해결력 검사 개발,

영재교육연구, 17(1), 1-26.
최석민 (2003). 대안적 창의성 개념의 탐색: 듀이를 중심으로, 열린교육연구, 12(2), 159-175.
최석민 (2004). 창의성 교육의 원리탐색: 몰입의 원리, 교육철학, 26, 197-214.
최은희 · 김민경 (2006). 메타인지 전략을 활용한 수업에서의 초등학생의 수학적 추론과 표현에 미치는 효과에 관한 연구, 교과교육학연구, 10(1), 191-207.
홍기칠 (2009). 수업변인과 학습몰입과의 관계 연구, 사고개발, 5(1), 19-44.
홍진곤 · 장보윤 · 김경록 · 진석언 (2008). 초등학교 수학영재의 수학교과 선행학습 정도와 수학 창의적 문제해결력의 관계, 열린교육연구, 16(3), 123-138.
황농문 (2007). 몰입 인생을 바꾸는 자기 혁명. 랜덤 하우스 코리아(주).
황동주 (2005). 수학 영재 판별의 타당도 향상을 위한 수학 창의적 문제해결력 및 문제 해결력 검사 개발과 채점 방법에 관한 연구, 박사학위 논문, 단국대학교 대학원.
Armbruster, B. B. (1989). Metacognition in Creativity. In J. A. Glover, R. R. Ronning, & C. R. Reynolds(Eds.), Handbook of creativity: Perspectives on individual differences (pp.177-182). Plenum Press.
Balka, D. S. (1974). The development of an instrument to measure creative ability in mathematics. Unpublished doctorial dissertation, University of Missouri.
Brown, A. L. (1987). Metacognition, Executive control, Self-regulation, and other more mysterious mechanisms. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
Csikszentmihalyi, M. (1975). Beyond boredom and anxiety. San Francisco: Jossy Bass.
Csikszentmihalyi, M. (1990). Flow: The psychology of optimal experience. New York: Harper & Row.
Csikszentmihalyi, M., Rathunde, K., & Whaleden, S. (1993). Talented teenagers the roots of success and failure. New York: Cambridge University Press.
Csikszentmihalyi, M. (1996). Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention. New York: Harper Collins.
Csikszentmihalyi, M., & Schneider, B. (2000). Becoming adult: How teenagers prepare for the world of work. New York: Basic Books.
Egbert, Joy. (2003). A study of flow theory in the foreign language classroom, The Modern Language Journal, 87(4), 499 – 518.
Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. B. Resnick (Ed.), The nature of intelligence (pp.231-236). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive-developmental inquiry. American Psychologist, 34, 906-911.
Harju, B. L., & Eppler, M. A. (1997). Achievement of motivation, flow and irrational beliefs in traditional and nontraditional college students, Journal of Instructional Psychology, 24(3), 147-157.
Haylock, D. W. (1985). Conflicts in the assesment and encouragement of arithmetical creativity in school children, International Journal of Mathematical Education and Technology, 16(4), 547-553.
Haylock, D. W. (1987). A framework for assessing mathematical creativity in school

children, Educational Studies in Mathematics, 18, 59-74.
Heine, C. (1997). Task enjoyment and mathematical achievement, doctoral dissertation, Department of Education, University of Chicago.
Jackson, S. A., & Marsh, H. W. (1996). Development and validation of a scale to measure optimal experience: The flow state scale, Journal of Sport & Exercise Psychology, 18, 17-35.
Malpass, J. R. & O'Neil, H. F.,Jr., & Hocevar, D. (1999). Self-regulation, goal orientation, self-Efficacy, worry and high-stakes math achievement for mathematically gifted high school students, Roeper Review, 21.
Mayers, P. (1978). Flow in adolescence and its relation to the school experience, Unpublished doctoral dissertation, University of Chicago.
Mayer, R. E. (1998). Cognitive, metacognitive, and motivational aspects of problem solving, Instructional Science, 26, 49-63.
O'Neil, H. F.,Jr., & Abedi, J. (1996). Reliability and validity of a state metacognitive inventory: Potential for alternative assessment, Journal of Educational Research, 89, 234-245.
O'Neil, H. F.,Jr.,Sugrue, B., Abedi, J., Baker, E. L., & Golan, S. (1997). Final report of experimental studies on motivation and NAEP test performance (CSE Tech. Rep. No. 427). Los Angeles: University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student Testing.
O'Neil, H. F.,Jr., & Brown, R. S. (1998). Differential effects of question formats in math assesment on metacognition and affect, Applied Measurement in Education, 11(4), 331-351.
Russo, C. F. (2004). A comparative study of creativity and cognitive problem-solving strategies of high-IQ and average students, Gifted Child Quarterly, 48(3), 179-190.
Schüler, J. (2007). Arousal of flow experience in a learning setting and its effects on exam performance and affect, Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 21, 217-227.
Silver, E. A. (1985). Research on teaching mathematical problem solving: some under-represented themes and needed directions. In E. A. Silver(Ed.), Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple research perspectives (pp.247-266). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
Solik, J. J., Kahai, S. S., & Avolio. B. J. (1999). Leadership style, anonymity, and creativity in group decision support systems: The Mediating Role of Optimal Flow, The Journal of Creative Behavior, 33(4), 227-256.
Treffinger, D, J., & Isaksen, S. G. (2005). Creative problem solving : The history, development, and implications for giftededucation and talent development. Gifted Child Quarterly, 49(4), 342-353.

An Analysis of Structural Relationships between Metacognition, Flow, and Mathematics Creative Problem Solving Ability

Park, Hyejin[3] · Kwean, Hyukjin[4]

Abstract

This paper examined what structural relationship metacognition and flow, which are identified as major variables that positively influence creative problem solving ability, had with mathematics creative problem solving ability. For this purpose, the Mathematics Creative Problem Solving Ability Test (MCPSAT) was given to 196 general second-year middle school students, and their cognitive and affective states were measured with metacognition and flow tests. The three variables' relationships were examined through a correlation analysis and, through structural equation modeling, the mediating effect of flow was tested in the structural relationships between the three variables and in the relationship between metacognition and mathematics creative problem solving ability.

The results of the research show that metacognition did not directly influence mathematics creative solving ability, but exerted influence through the mediating variable of flow. A more detailed examination shows that while metacognition did not influence fluency and originality from among the measured variables for mathematics creative problem solving ability, it did directly influence flexibility. In particular, metacognition's indirect influence through the mediating variable of flow was shown to be much stronger than its direct influence on flexibility.

This research showed that the students' high metacognition ability increased flow degree in the problem solving process, and problem solving in this state of flow increased their mathematics creative problem solving ability.

Key Words: Metacognition, flow, Flow degree, Structural equation modeling,
Mathematics creative problem solving ability

---

3) The Graduate School of Education, Korea University (phjeen@korea.ac.kr)
4) Korea University (kwean@korea.ac.kr)