韓國數學教育學會誌 시리즈 C <初等數學教育>
http://dx.doi.org/10.7468/jksmec.2014.17.2.95
2014. 8. 제 17권, 제 2호, 95-111

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. C:
Education of Primary School Mathematics
Aug. 2014, Vol. 17, No. 2, 95-111

초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지와의 관계

신 승 윤 (대구매천초등학교)
류 성 림 (대구교육대학교)†

본 연구의 목적은 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지와의 관계, 수학 창의적 문제해결력에 대한 메타인지 구성 요소별 영향력을 밝혀 수학 창의적 문제해결력을 향상시키기 위한 교수 방법으로서 메타인지적 접근에 대한 기초 정보를 제공하는 것이다. 연구 대상은 광역시 소재 대학교 영재교육원의 5학년 초등수학영재 40명과 초등학교 영재학급의 5학년 초등수학영재 40명으로 총 80명이다. 연구결과 초등수학영재 집단 안에서도 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 개인차가 크게 나타났으며 수학 창의적 문제해결력과 메타인지는 유의미한 상관관계를 보였다. 또한 수학 창의적 문제해결력 전체에 상대적으로 가장 큰 영향을 미치는 메타인지 구성요소는 메타인지적 지식으로 나타났고, 수학 창의적 문제해결력 중 유창성과 독창성 요소에 가장 큰 영향을 미치는 메타인지 구성요소는 메타인지적 지식이며, 융통성에 가장 큰 영향을 미치는 메타인지적 구성요소는 메타인지적 자기조정으로 나타났다. 메타인지적 경험은 상대적으로 적은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 수학 창의적 문제해결력과 메타인지와의 관련성을 고려하여 초등수학영재의 창의적 문제해결력을 높일 수 있는 메타인지적 접근을 기반으로 한 구체적인 교육과정과 수학영재 교육 프로그램이 개발되어야 함을 시사하는 것이라 볼 수 있다.

Ⅰ. 서 론

현대 사회는 지식 정보화 사회로 특징 지워지며 정치, 사회, 문화의 패러다임이 급속하게 변화하고 있다. 따라서 새로운 변화에 신속히 적응하고 새로운 상황에서 발생되는 여러 문제들을 적절히 해결할 수 있는 상황적응적인 인지능력의 배양과 비판적, 논리적 사고를 통한 합리적인 사고와 더불어 창의적인 사고가 필요하게 되었다. 이러한 흐름에 발맞추어 우리나라 수학교육에서는 수학의 기본적인 개념, 원리, 법칙을 토대로 탐구하고 추측하며 논리적으로 추론하는 수학적 사고력, 수학을 이용하여 정보를 처리하고 의사소통하는 능력, 수학적 지식과 방법을 활용하여 실생활이나 다양한 분야의 문제를 창의적으로 해결하는 문제해결력, 수학의 유용성과 가치를 이해하고 활용하는 능력, 수학에 대한 흥미와 자신감 등을 기르는 것을 강조하고 있다(교육과학기술부, 2008).

Torrance(1995)는 창의적 사고가 정신건강, 교육적 성취, 직업 성공 및 기타 인생의 중요한 영역에서 매우 중요하다는 것을 역설하면서 '창의적 행동의 수준을 향상시키는 것만이 국가의 일반적 복지와 국민들의 만족과 정신 건강에 가장 크게 기여할 수 있는 것'이라고 했다. 이는 창의적인 문제해결력을 가지는 것만이 개인이 가지고 있는 생산성을 최대화 시키고 미래 사회를 생산적으로 이끌어 갈 수 있도록 하는 가장 효과적인 방법임을 의미한다. 여러 연구자들(Davis & Rimm, 1994; Shallcross, 1981)은 창의적 문제해결력은 선천적인 능력만이 아니라 교육적 노력에 의해 신장될 수 있다는 것을 강조하고 있다. 더욱이 일반학생들 보다 양질의 교육을 더 투여한 영재학생들에게 창의적 문제해결력은 매우 중요한 능력 중에 하나이다. 역사적으로 볼 때 학문적인 위대한 업적, 특히 수학 분야에 있어서의 학문적인 업적은 거의 모두가 그때까지 해결되지 못했던 기존 이론내의 모순, 난제의 해결 및 증명 등으로 이는 모두가 기존의 사고방식과 문제해결 과정으로는 잘 해결되지 않는 문제들이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서는 창의적 문제해결력이 중요한 역할을 한다. 수학에 있어서 창의성은 주로 문제해결 과정에서 발휘되며 이에 따라 창의적 문제해결력과 거의 동일시되어 사용하는 경향이 많아졌다(조석희 · 황동주, 2007).

* 접수일(2014년 3월 17일), 심사(수정)일(2014년 4월 10일), 게재확정일(2014년 6월 26일)
* ZDM 분류 : C42
* MSC2000 분류 : 97C20
* 주제어 : 초등수학영재, 수학 창의적 문제해결력, 메타인지
† 교신저자 : srryu@dnue.ac.kr

한편 Schoenfeld(1985)는 많은 학생들이 주어진 수학 문제를 해결하는데 필요한 충분한 지식을 갖고 있음에도 실제로 문제를 잘 해결하지 못함을 지적하면서, 그 원인으로 자신이 가진 자원을 적절히 활용하지 못하는 관리적 능력, 즉 메타인지의 결여로 보고 있다. Silver(1985)도 기존의 문제해결 연구가 주로 인지적 측면에 치우쳐 있기 때문에 문제해결 전략이 선택이나 인지적 감시, 인지적 과정의 평가 활동 등과 관련된 메타인지적 활동을 고찰할 필요가 있다고 주장하였다.

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(1987), Schoenfeld(1987) 등의 연구자들은 문제해결 과정에서 메타인지가 중요한 영향을 미치는 요인임을 강조하며, Russo(2004)와 송해덕(2007)은 창의적 문제해결력을 신장하는 방안으로 메타인지를 지적한다. 이러한 맥락에서 볼 때 수학 창의적 문제해결력과 인지분야에 있어서 관심분야의 하나인 인지에 대한 인지라고 할 수 있는 메타인지와의 관계를 살펴보는 것은 의미가 있으리라 생각된다.

지금까지 수학 문제해결과 메타인지에 관한 연구는 주로 일반학생들을 대상으로 하는 연구가 많았다(박창한, 2009; 박혜진 · 권혁진, 2010; 이봉주 · 고호경, 2009; 이은숙, 2013; 한길준 · 이영주, 2000). 그러나 일반학생에 비해 고차적인 사고를 많이 할 것이라고 기대되는 영재에 대하여 창의적 문제해결력과 메타인지의 관계를 살펴보는 것은 영재교육의 방향을 제시하는 동시에 영재의 창의성 교육에 있어서도 많은 도움이 되리라 생각된다. 이러한 필요성에도 불구하고 초등수학영재의 창의적 문제해결력과 메타인지와의 관계에 대한 연구는 신은주 · 신선화 · 송상헌(2007), 한상욱 · 송상헌(2011)의 연구 등 일부만 이루어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지는 어떠한 상관이 있는지, 그리고 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력에 미치는 메타인지 구성요소별(메타인지적 지식, 메타인지적 자기조정, 메타인지적 경험) 영향력은 어떠한지를 알아보고자 한다.

Ⅱ. 이론적 배경

1. 수학영재의 정의 및 특성

김홍원, 김명숙, 송상헌(1996)은 수학영재를 '수학적 사고능력, 수학적 과제집착력, 수학적 창의성 그리고 배경지식의 요소들에서 일반아동에 비해 높은 능력을 지니고 있기에 특별한 교육적 서비스를 제공받을 필요가 있는 자'로 정의하였다. 수학적 영재성의 구성요인에 대해서 알아보면 다음과 같다.

첫째, 수학적 사고능력은 주어진 수학적 문제에 대한 이해 및 해결에 필요한 사고 능력을 말한다. 여기에는 직관적으로 통찰할 수 있는 능력, 문제를 해결할 때 정보를 유용하게 조직화하는 능력, 공간화 및 시각화하는 능력, 수학적으로 추상화하는 능력, 수학적 추론 능력, 일반화 및 적용 능력, 반성적 사고 능력이 있다.

둘째, 수학적 과제 집착력이란 끈기를 가지고 수학적 문제에 일정 시간 몰입하는 능력으로서 수학이란 학문에 대한 지속성, 스스로에 대해 가지는 신뢰, 자신의 능력에 대한 믿음, 집중력, 인내심, 흥미, 태도 등과 연결된다.

셋째, 수학적 창의성이란 유창성, 융통성, 독창성, 정교성으로 이루어진 창의성을 수학적 문제를 해결할 때 활용할 수 있는 능력이다.

넷째, 수학적 문제 해결에 요구되는 수학적 지식 및 타 영역의 지식인 배경지식이다. 수학적 영재성 정의의 구성요소들을 보면 수학에 대한 소질 및 적성, 흥미, 태도 등 정의적인 부분과 창의성 역시 포함되어 있다. 이는 수학영재를 정의내리는 범위를 수학적인 측면만으로 좁히지 않고 넓게 잠재적인 가능성까지 염두에 둔 것이라 할 수 있다.

수학적 영재성의 정의는 수학적 과제를 해결하기 위해 지적인 특성뿐만 아니라 정의적인 특성을 타고난 능력과 학습에 의해 습득한 수학적 기본 지식을 활용하여 수학적인 사고 능력과의 상호작용을 통해 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 잠재적인 가능성이라고 볼 수 있다. 즉, 수학영재란 이와 같은 수학영재성을 지니고 수학이라는 특수학문분야에서 이미 뛰어난 성취정도를 나타내고 있거나 발현될 수 있는 가능성을 가진 사람이라고 주장한다(송상헌, 1998).

Johnsen과 Kendrick(2005)에 의하면 이러한 수학영

재들은 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 보통 수준의 학생들에 비해 신속하고 정확하게 문제의 해답을 구할 수 있다. 둘째, 특정한 문제를 해결하는데 필요한 정규 교육을 받지 않고서도 주제 및 개념들 사이의 연결성, 아이디어들 사이의 연결성을 일정한 수준까지 이해할 수 있다. 셋째, 수학적 기능과 절차에 대한 직관적인 이해력을 바탕으로 학습단계를 건너뛸 수도 있다. 넷째, 계산력보다 개념이나 원리에 대한 이해가 더 많이 발달했기 때문에 보통 수준의 학생들보다 수학의 이해와 진보가 빠르다. 다섯째, 방법적인 계산절차보다 '어떻게', '왜' 등 수학적인 아이디어들의 근거와 방법에 대해 좀 더 알기를 원한다. 여섯째, 초등학교 입학 전 유치원 단계에서 형식적 수학을 시작하기 전에 이미 수 감각, 수열과 규칙성, 문제해결, 계산전략에 대한 자신만의 전략을 가지고 있을 수 있다.

2. 수학 창의적 문제해결력

수학 및 수학교육학자들은 수학적 능력을 구성하는 중요한 요인으로 수학적 창의성을 생각하고 이를 규명하려고 노력하였다(이강섭, 황동주, 2003). 1980년대까지 수학 창의성에 관한 연구는 수학자 또는 과학철학자들의 실제 교육 경험에 의한 진술을 바탕으로 진행되었고, 1980년대 이후에는 수학자와 신경과학자들의 공동 작업으로 수학과 뇌에 관한 연구가 이루어졌으며, 그러한 연구들이 수학 창의성과 관련이 있었으나 20세기까지 수학 창의성은 일반적인 창의성으로만 받아들여졌다.

수학적 창의성은 수학적 영재성의 한 요인으로서 수학적 사고능력과 수학적 영재성에 중요한 영향을 미친다는 연구에 따라 최근 더욱 강조되고 있다. Srirman(2005)은 새롭거나 독창적인 작업 결과를 만들어내는 능력을 창의성이라고 하였으며 수학적 창의성은 수학이라는 학문을 성장시키는 원동력으로 복잡한 정도에 상관없이 주어진 문제에 대해 흔치않고 통찰력 있는 해법을 내놓는 과정이라고 하였다. NCTM(1989)은 확산적이고 건전한 수학적 사고를 자극하고 창의적 아이디어를 낼 수 있는 도전감 있는 과제를 학생들에게 제공하고, 학생들의 수학적 사고를 신장시키기 위해서 한 가지 문제를 다양한 방법과 전략을 사용하여 풀 수 있도록 해야 함을 제시하였다. 또한 Deridder(1986)는 영재 판별에 반드시 수학 창의성 검사를 포함시켜야 한다고 강조하였다.

수학 창의성은 하나의 수학 문제에 다양한 답을 산출하는 능력이다(김홍원 외, 1997). Guilford와 Torrance는 아래와 같이 네 가지로 창의성을 측정하였다(Kim, 1998, 재인용).

① 유창성은 여러 개의 의미 있는 아이디어와 답을 낼 수 있는 능력으로서, 유창성이 높은 사람은 유의미한 답을 더 많이 산출할 수 있다.

② 융통성은 고정된 사고를 극복하고 서로 다른 범주의 반응과 아이디어를 낼 수 있는 능력이다. 융통성이 높은 사람은 유의미하면서도 서로 다른 범주의 반응을 많이 낼 수 있다.

③ 독창성은 다른 사람들과 다른 반응을 낼 수 있는 능력이다. 답이 희귀할수록 독창적이다.

④ 정교성은 복잡하고 난해한 해법을 단순화 시키는 능력이다. 정교성은 수학 창의성의 구인으로 사용되지 않는다.

3. 메타인지

메타인지의 구체적인 구성요소들을 알아보기 위하여 Flavell(1979), Miller(1985), Brown(1987), Kroll(1988) 등의 연구를 기초로 하여 제의해 보면 다음과 같다. Flavell은 메타인지를 메타인지적 지식과 경험으로 나누어 설명하였고, Miller는 이러한 메타인지적 지식을 보다 구체화 시켰으며, Brown은 인지에 대한 지식과 인지에 대한 조절로 나누어 연구하였으며, Kroll은 메타인지적 감각과 메타인지적 자기 통제라는 두 요소로 메타인지의 개념을 사용하였다. 이와 같이 여러 학자들의 메타인지에 대한 개념을 분류해 보면 메타인지적 지식, 메타인지적 자기조정, 메타인지적 경험의 3가지로 나누고 있으며 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 메타인지적 지식

Flavell(1979)은 메타인지의 개념을 '메타인지적 지식'과 '메타인지적 경험'으로 분류하고 다시 메타인지적 지식을 '사람', '과제', '전략'의 항목으로 분류하였다.

'메타인지적 지식'이란 '인지과제를 수행하는 과정에

혹은 결과에 영향을 미칠 수 있는 변인에 대한 개인적 지식'이다. 다시 말해 지식으로서의 메타인지는 어떤 요인이 어떤 방식으로 인지적 수행 과정과 그 결과에 영향을 미치는가에 대해 개인이 가지고 있는 '지식'이나 '신념'을 의미한다.

Miller(1985)는 Flavell이 제시한 메타인지적 지식의 구성요소인 사람변인, 과제변인, 전략변인의 세 측면에 대해 연구하였다.

이러한 메타인지적 지식에 대한 하위요소들은 학습에서 메타인지의 역할을 설명하는데 도움을 준다. 메타인지적 지식은 과제 수행 자체보다는 과제에 적절한 전략을 어떻게 선택할 것인가와 관련된 지식이라고 할 수 있다. 메타인지적 지식은 인지과정인 정보처리과정이나 지식의 부호화, 축적, 변용, 인출 등의 인지과정 자체와 구별되며 과제 대한 적절한 인지전략 선택과 밀접한 연관을 가진다.

2) 메타인지적 자기조정

Brown(1987)은 메타인지를 '지식'뿐만 아니라 '행동'으로도 규정하여, 메타인지를 '인지에 대한 지식'과 '인지에 대한 조절'이라는 두 개의 범주로 구분하였다. '인지에 대한 지식'이란 진술이 가능한 지식인 '정적인 지식'을 의미하며, '인지에 대한 조절'이란 문제해결과정에서 필요한 전략적 행동과 의사결정을 포함하는 것을 의미한다. 구체적으로 '인지에 대한 조절'에는 모니터링, 자기조절, 실행적 컨트롤, 계획, 검토 등이 포함된다. 이러한 Brown의 관점에서는 Flavell이 제시한 '메타인지적 경험'이라는 영역이 제거되고 지식과 행동이라는 서로 다른 두 가지 측면으로 메타인지적 개념을 양분하고 있다.

Kroll(1988) 역시 메타인지를 '메타인지적 감각'과 '메타인지적 자기 통제'라는 두 요소로 메타인지의 개념을 설명하였다. 메타인지적 감각(metacognitive sensibility)은 자기 자신의 인지적 과정에 대한 믿음, 자각, 지식을 포함하고 개인, 과제, 전략 변인으로 세분되며, 메타인지적 자기통제(metacognitive regulation)는 자신의 인지 활동에 대한 자기 모니터링(self-monitoring) 또는 자기 통제를 포함한다.

Brown은 특히 실제로 과제를 수행할 때 학습자는 적절한 전략을 선택하고 이것을 실행하며, 실행과정을 계속적으로 모니터하는 메타인지의 자기 조절의 과정을 강조하였다. 메타인지 지식만으로는 효율적인 과제수행의 과정을 확인 할 수 없기 때문에 전략 사용의 과정을 통제하고 조절하는 것이 필요하다.

Zimmerman & Matinez-Pons(1988)는 메타인지적 자기조정을 14개의 범주로 나누고 이에 대한 설명과 함께 측정 문항을 개발하였다.

이러한 메타인지적 자기조정의 특징은 다음의 세 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 메타인지적 자기조정은 자신의 인지활동을 계획하고, 모니터하고, 수정하기 위한 인지활동을 의미한다. 둘째, 학습과제를 수행함에 있어 자신의 노력을 통제하고 관리하는 활동이 포함된다. 셋째, 메타인지적 자기조정은 학생들의 학습과 기억, 그리고 정보를 이해하기 위하여 사용하는 실질적인 인지전략이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 메타인지적 자기조정의 구성요소를 '계획하기', '모니터링', '자기점검(자기평가)'로 선정하였다. 계획하기는 학습의 과제가 주어지면 이를 해결하기 위해 인지활동을 계획하는 것을 말하고, 모니터링은 학습과제를 수행함에 있어서 자신이 어느 위치에 있는지를 되묻고 노력을 통제하고 관리하는 것이며, 자기점검은 인지활동에 지속적인 유지를 체크하고 스스로의 인지수행을 평가하는 것이다.

3) 메타인지적 경험

메타인지 개념은 정의적 영역에서 다루어지는 신념, 감정 등과 같이 표현되므로 인지와 정의의 복합적 개념으로 간주하기도 한다. Flavell(1979)이 메타인지적 경험을 구성요소로 제시하면서 신념, 정서적, 감정 등의 개념을 포함시킨 것은 메타인지의 초기 연구에서부터 정의적 영역이 포함되었음을 보여준다.

Flavell은 메타인지를 메타인지적 지식과 메타인지적 경험으로 분류하면서 메타인지적 경험의 기능에 대해서 언급하였다. '메타인지적 경험'이란 인지 과제를 수행하는 것과 관련된 감정이며, 이는 대부분 현재 진행 중인 것과 관련된 것이다. 즉, 메타인지적 경험이란 인지 과제를 수행하는 도중에 발생하는 '감정'이라고 생각할 수 있다. 이러한 의미에서 평소에 가지고 있는 어떠한 과목에 대한 막연한 불안감은 메타인지적 경험에 해당되지 않는 반면, 어떤 문제가 자신에게 제시되

었을 때 발생하는 불안한 감정은 분명 메타인지적 경험에 해당된다고 할 수 있는 것이다.

이러한 '메타인지적 경험'의 영향력에 대해서 Flavell은 다음과 같이 기술하고 있다. 첫째, 메타인지적 경험은 새로운 목표를 세우게 하고 낡은 것은 수정하거나 버리게 한다. 둘째, 메타인지적 경험은 메타인지적 지식을 추가, 삭제, 제거하게 함으로써 그에 영향을 끼친다. 셋째, 메타인지적 경험은 목표에 도달하기 위해 전략을 활성화시킨다. 즉, 메타인지적 경험은 인지적 과정을 활성화시키고 인지적 행위나 전략에 영향을 미치는 '실행적인 기능'을 담당한다고 볼 수 있다.

이러한 Flavell의 관점에서는 메타인지의 개념 속에는 지식, 동기, 정서가 모두 포함된다고 볼 수 있다. Flavell은 '메타인지적 경험'을 강조하면서 사람들이 자신의 사고를 조정하기 위해서 메타인지를 사용하는 방식이나 각 개인이 자신에 대하여 민감하게 인식하는 것을 강조하였다. 메타인지적 경험을 통한 사람들의 감정이나 느낌 등의 정서적인 반응을 포함시킨 것은 눈여겨 볼만한 요소라고 생각된다.

또한, Scheonfeld(1987)는 메타인지를 ① 자신의 사고 과정에 관한 자신의 지식, ② 조절 또는 자기 통제, ③ 신념과 직관으로 정의하였다. 그는 특히 수학교육에서 메타인지의 역할에 대해 '수학학습에 숙련된 학습자는 갖추고 있으나 일반적인 학습자는 갖추지 못한 능력이며, 자신의 인지 활동을 통제하고 평가하는 일종의 전략적 기능'이라고 설명한다.

Lester & Garofalo(1985)는 신념과 태도 뿐 아니라 수학불안과 동기, 인내 등과 같은 개인의 정서 혹은 느낌까지도 메타인지와 관련짓고 있다.

Kroll이 주장한 메타인지의 '메타인지적 감각'과 '메타인지적 자기 통제'의 두 요소 중 메타인지적 감각(metacognitive sensibility)은 다시 자기 자신의 인지적 과정에 대한 믿음, 자각, 지식을 포함하고 개인, 과제, 전략변인으로 구분할 수 있다. 여기서 메타인지적 감각은 메타인지적 지식이나 메타인지적 자기조정과는 다른 정서적 개념이라고 볼 수 있다.

즉, 메타인지적 경험에는 신념, 태도, 감정이 포함되며, 신념은 무의식적이거나 의식적이거나 간에 어떠한 중요 사항을 인식하거나 인지적 자원을 사용하는데 있어 그의 행동 방식에 결정적인 영향을 준다. 문제에 대한 접근 방식, 기술의 선택, 시간 관리, 노력의 정도 등을 결정하는데 있어서 상당한 영향력을 준다. 감정은 어떤 것을 이해하지 못하였다는 불안한 느낌이 들고 그것을 이해하고자 하는 마음이 드는 경험을 말한다. 즉, 자신이 어떠한 인지적 목표로부터 아직은 멀리 떨어져 있다는 느낌이나 인지적 목표에 도달했다는 느낌이 드는 것을 말한다. 이러한 메타인지적 경험은 과제를 수행하기에 앞서, 과제 수행 중에, 과제 수행을 끝마친 후 발생한다. 무엇을 이해하지 못하였을 때 생기는 당혹감이나 과제에 직면하였을 때 정말 해낼 수 있을까하는 숙고 등이 포함된다.

4. 선행 연구 고찰

수학 문제해결과 메타인지에 관한 연구는 문제해결이 강조되어 온 1980년대 이후 꾸준히 있어왔는데, 여기서는 일반학생과 영재를 대상으로 한 연구에 대해 각각 살펴보고자 한다. 먼저 일반학생을 대상으로 한 연구에 대해 알아본다. 한길준・이영주(2000)는 초등학교 아동의 메타인지 수준과 수학적 문제해결력, 추론능력 간의 관계 연구에서 메타인지 수준이 높은 상・중 수준에서 수학적 문제해결력과 양적 상관관계를 보이고, 메타인지와 추론능력은 상 수준에서 뚜렷한 양적 산관관계를 보인다고 하였는데, 이는 메타인지가 수학적 문제해결과 추론 활동에 영향을 미칠 수 있다고 보았다. 박창한(2007)은 초등학교 4학년생을 대상으로 한 메타인지 전략을 기반으로 한 구체적 조작 중심의 문제해결식 수업이 초등학생의 성취수준별 학업성취도와 학습태도에 미치는 영향에 대한 실험연구에서 학업성취도가 향상되었고, 특히 하위 그룹에서 문제해결력 향상에 도움이 되었으며, 학습태도에서는 큰 변화가 없었다고 하였다. 박혜진・권혁진(2010)은 메타인지, 몰입과 수학 창의적 문제해결력 간의 구조 관계 분석을 통해 메타인지는 수학 창의적 문제해결력에 직접적인 영향을 미치지는 않으며, 몰입이라는 매개변인을 통해 수학 창의적 문제해결력에 영향을 미친다고 하였다. 이봉주・고호경(2009)에 의하면 문제해결 과정에서 메타인지적 활동의 훈련을 통해 학생들은 자신들의 문제해결 과정에서 필요한 전략과 절차를 의식적으로 모니터링하며 조정하고 통제하려는 모습을 보였다. 이은숙(2013)은 4학년 8명을 대상으로 초등수학에서 메타문제의 해결과정에서 나타나는 인지・정의적 특성

에 관헌 연구를 통해 초등학생들 또한 메타문제를 해결하는 과정에서 다양한 인지적 · 정의적 특징들을 나타내는 것으로 보아, 문제해결력을 신장시키기 위해 메타문제를 적용하는 것이 가능하다고 판단된다고 하였다. 또한 이를 위해서 교사는 학생들에게 메타인지를 활용하는 역할모델이 되어야 하며, 궁극적으로는 학생 스스로 메타인지의 활용이 습관화 된 내재된 교사(inner teacher)를 만들어 성공적인 문제해결을 할 수 있도록 조력하여야 한다고 주장하였다.

다음은 초등 수학영재를 대상으로 한 연구에 대해 알아본다. 한상욱 · 송상헌(2011)은 초등 수학영재학생 3명을 대상으로 참여관찰, 활동지, 심층 면담, 비디오 촬영의 방법으로 영재들이 문제해결과정에서 보이는 메타인지를 분석하여 문제의 이해, 계획 수립, 계획 실행, 반성의 각 단계별로 가장 적절하다고 분석한 메타인지 요소를 범주화 하였다. 하지만 보다 많은 학생들을 대상으로 한 양적 연구 방법을 사용한 것이 아님으로 일반화하기에 다소 어려움이 있다. 신은주 · 신선화 · 송상헌(2007)은 초등 수학영재학생 7명을 대상으로 문재해결 과정에서 나타나는 초등 수학영재의 메타인지 사고 과정과 메타인지적 기능이 문제해결 성패에 미치는 영향을 질적 연구방법으로 조사하였다. 그 결과 학생들이 메타인지적 사고 과정에 나타난 메타인지 경로는 ARE, RE, AERE 세 가지 경로이며, 이중 ARE경로가 문제해결에 성공한 학생들이 대체적으로 나타내는 경로라 한다. 메타인지적 의식을 사용하지 않으면 문제해결에 어려움을 겪게 되며, 과제의 수준에 따라 메타인지 경로에서 차이를 보인다고 한다. 또한 메타인지적 기능이 문제 해결의 성패에 미치는 영향에 대해서는 같은 경로로 문제를 해결한 학생들이 동일한 메타인지적 사고 과정의 길이와 문제 해결의 성공이 유의미한 관계가 있다고 보고 있다. 그리고 메타인지적 사고 능력과 인지적 능력이 낮고 지식이 결여되어 있다면 메타인지적 사고 과정은 제한되어 문제해결이 어렵거나 실패하게 됨을 밝혔다.

선행연구를 보면 수학 문제해결과 메타인지에 관하여 초등수학영재를 대상으로 한 연구는 상대적으로 적어서 앞으로 더 연구할 필요성이 제기되었다. 본 연구에서는 초등수학영재들이 정답이 정해지지 않은 수학 창의적 문제를 해결하는 과정에서 메타인지 구성 요소가 어떠한 상관관계를 가지고 영향을 주고 있는지를 살펴봄으로써 수학 창의적 문제해결력 신장에 의미 있는 시사점을 이끌어 낼 수 있을 것이라 생각한다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상은 2013년 현재 대학교 영재교육원의 다단계 판별 방식에 의하여 수학영재로 판별되어 수학영재과정을 이수하고 있는 초등학교 5학년 초등수학영재 40명과 광역시 소재 초등학교 영재학급에서 수업을 받고 있는 초등수학영재 40명으로서 총 80명의 초등수학영재를 선정하였다. 구체적인 연구 대상은 [표 1]과 같다.

[표 1] 연구 대상

[Table 1] Subjects of study

과정		영재교육원	영재학급	계
인원	남	30	22	52
	여	10	18	28
계		40	40	80

2. 검사 도구

가. 수학 창의적 문제해결력 검사도구

수학 창의적 문제해결력 측정에 사용된 검사 도구는 한국교육개발원에서 개발한 수학 창의적 문제해결력 검사지이다(김홍원 외, 1997). 검사 도구는 학년 별로 상위 15~20% 정도의 우수한 수학적 능력을 지닌 학생들을 대상으로 표준화된 검사이며 본 논문에서는 초등학교 4~6학년용 Ⅰ부 검사지(A형)를 사용하였다. 수학적 창의적 문제해결력 검사의 채점은 창의성의 하위 요소인 융통성, 유창성, 독창성으로 나누어서 다음과 같이 하였다. 먼저 문항별로, 학생들의 반응의 종류를 모두 분석한 다음 같은 종류의 반응들끼리 모아서 범주화하였는데, 범주화는 두 수준(상위, 하위 수준)으로 나누어서 하였다. 상위수준은 융통성을 측정하는데, 하위 수준은 독창성을 측정하는데 사용하였다. 하위

요소별 구체적인 채점 방법은 다음과 같다.

・융통성: 학생들이 한 응답에서 나타난 상위 수준에서의 반응 범주수를 세어서 융통성 점수로 한다.

・유창성: 유창성 점수는 학생이 한 정답의 개수로서 파악한다. 한 범주 유형안에서 최대 2개까지만(2점)을 인정해준다.

・독창성: 반응의 상대적 희귀성을 반영한다. 학생이 한 반응 유형이 속한 %에 따라, 5% 이상이면 0점, 2-4.99%는 1점, 1.99% 이하는 2점의 독창성 점수를 부여한다.

문항 정보를 간략하게 나타내면 [표 2]와 같다.

[표 2] 수학 창의적 문제해결력 검사지 문항정보
[Table 2] Questions information of math creative problem-solving

수학 창의적 문제해결력 검사 1부, 초등학교 4~6학년용(A형)		
문항	관련사고 영역	관련내용 영역
1	직관적 통찰/정보의 조직화	산술/관계
2	정보의 조직화/추론[연역]	산술/관계
3	공간화. 시각화/정보의 조직화	기하/입체도형
4	직관적 통찰/정보의 조직화	기하/평면도형
5	공간화. 시각화/직관적 통찰	기하/평면도형
6	추상화/일반화. 적용	산술/수
7	추상화/정보의 조직화	산술/사칙연산
8	정보의 조직화/일반화. 적용	대수/방정식과 부등식
9	시각화. 공간화/직관적 통찰	기하/평면도형

예시 문항은 다음과 같다.

1. 다음 두 숫자간의 공통점을 있는 대로 찾아보세요.
54, 36

나. 메타인지 검사도구

본 연구에서는 메타인지를 구성하는 하위 요소를 측정하기 위하여 박주연(2005)이 개발한 검사 도구를 사용하였다. 박주연은 Swanson(1990)의 메타인지적 지식 검사지를 번안하여 김기화(1992)가 사용한 검사지 12문항, Pintrich 외(1991)의 학습 동기화 전략에 대한 질문지(Motivation strategies for Learning Questionnair: MSLQ) 중 메타인지 자기조정 12문항, Klein(1998)의 메타인지 검사지 17문항을 수정, 보완하여 2차례의 예비검사를 거쳐 문항내적 신뢰도가 확보된(Cronbach α 계수= .87) 40문항의 검사 도구를 개발하였다. 본 연구에서도 메타인지 본 검사지의 신뢰도를 검증하기 위해 문항내적일관성 신뢰도인 Cronbach α 계수를 알아보았는데, 결과는 Cronbach α 계수가 .943으로 신뢰도가 매우 높은 것으로 나타났다. 사용된 척도는 5점 Likert척도로 '전혀 그렇지 않다'에 1점, '거의 그렇지 않다'에 2점, '보통이다'에 3점, '조금 그렇다'에 4점, 그리고 '매우 그렇다'에 5점을 주었으며, 부정적인 문항은 역산하여 처리하였다.

본 검사지의 구체적인 문항은 [부록 1]에 제시되어 있으며, 하위 변인별 문항번호는 [표 3]과 같다.

[표 3] 메타인지 하위 변인별 문항번호
[Table 3] Question Number of metacognition Sub-variables

메타인지 요소	하위변인	문항번호
메타인지적 지식	사람변인	1, 9, 16, 22, 29, (35), 38
	과제변인	5, 14, 19, 25, 36, 39
	전략변인	2, 8, 15, 33, 40
메타인지적 자기조정	계획하기	3, 12, 17, 28, 32
	모니터링	4, 6, 20, 27, 37
	자기평가	7, 11, 24, (26), 31
메타인지적 경험	신념, 태도, 감정	10, 13, 18, (21), 23, 30, 34

*( )는 역코딩 문항임.

3. 연구 절차

본 연구를 수행하기 위하여 먼저 수학 창의적 문제해결력과 메타인지에 대한 문헌 분석을 실시하였고, 이를 토대로 검사도구를 선정한 후, 본 조사 실시에 앞서 문항들의 양호도를 알아보기 위해 초등수학영재 20명을 대상으로 예비검사를 실시하였다. 예비검사 결과 큰 문제점이 없어 원안 검사도구를 사용하여 2013년 4월 13일 본 검사를 실시하였다. 수학 창의적 문제

해결력과 메타인지 검사지 각각에 대해 초등수학영재 80명의 검사지를 모두 회수하였고, 확인 결과 모두 응답에 이상이 없었으므로 80부의 자료가 최종 연구 자료로 활용되었다.

4. 자료 처리 및 분석

자료의 분석은 SPSS Statistics 20 프로그램을 이용하여 다음과 같은 방법으로 실시하였다.

첫째, 검사 도구의 신뢰도를 검증하기 위한 메타인지 검사지의 문항내적일관성 신뢰도인 Cronbach α 계수를 산출하였다.

둘째, 수학 창의적 문제해결력과 메타인지 점수의 평균과 표준편차 등의 기술통계를 산출하였다.

셋째, 수학 창의적 문제해결력과 메타인지 점수사이의 관계를 알아보기 위해 Pearson의 적률상관계수를 산출하였다.

넷째, 수학 창의적 문제해결력에 대한 메타인지 구성요소별 기여도를 알아보기 위해 다중회귀분석을 실시하였다.

Ⅳ. 연구 결과 분석

1. 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지와의 상관관계

[표 4]는 수학 창의적 문제해결력 검사와 메타인지 검사의 총점에 대한 기술통계 결과이다.

[표 4] 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 기술통계 (n=80)
[Table 4] Descriptive statistics of Math creative problem-solving and Metacognition(n=80)

변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
수학 창의적 문제해결력	87.95	21.384	22.00	127.00
메타인지	158.14	20.166	122.00	197.00

[표 4]에서 보는 바와 같이, 메타인지 검사 결과 메타인지 총점의 평균은 158.14점 이었고, 표준편차는 20.166 이었다. 메타인지 검사의 총점의 최솟값은 122점, 최댓값은 197점 이었다. 조사 대상이 초등수학영재이기에 수학에서 높은 성취 수준을 보이는 특정 집단이지만 총점의 최솟값과 최댓값이 큰 차이를 나타내고 있으며, 표준편차가 큰 값을 보이는 것은 초등수학영재 집단 안에서도 각각의 학생들이 가지고 있는 메타인지 능력은 각 개인마다 큰 차이가 있고 넓은 범위에 걸쳐서 분포한다는 것을 나타낸다.

수학 창의적 문제해결력의 점수는 유창성, 융통성, 독창성의 점수를 모두 합한 값이다. 수학 창의적 문제해결력 총점의 평균은 87.95점 이었고, 표준편차는 21.384를 나타내었다. 또한 수학 창의적 문제해결력 총점은 최솟값이 22.00점, 최댓값이 127.00점으로 이와 같이 점수의 폭이 넓게 나타난 것으로 미루어 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력에 대한 각 개인차가 크게 존재함을 알 수 있다.

[표 5]는 수학 창의적 문제해결력의 구성요소별 기술통계 결과이다. [표 5]에 따르면 수학 창의적 문제해결력의 각 구성요소인 유창성, 융통성, 독창성의 평균은 각각 40.85점, 36.24점, 10.86점으로 나타났다. 표준편차는 8.999, 8.084, 6.684로 수학 창의적 문제해결력의 모든 구성요소에서 큰 개인차가 나타났다.

[표 5] 수학 창의적 문제해결력 구성요소별 기술통계 (n=80)
[Table 5] Descriptive statistics of Math creative problem-solving component(n=80)

변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
유창성	40.85	8.999	11	56
융통성	36.24	8.084	10	51
독창성	10.86	6.684	1	45

[표 6]은 메타인지의 구성요소별 기술통계 결과이다.

[표 6] 메타인지 구성요소별 기술통계(n=80)
[Table 6] Descriptive statistics of Metacognition component(n=80)

변수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
메타인지적 지식(90)	70.91	9.309	53.00	87.00
메타인지적 자기조정(75)	58.51	8.099	39.00	75.00
메타인지적 경험(35)	28.71	3.862	21.00	35.00

*( )는 만점을 나타냄

[표 6]에 따르면 메타인지 각 구성요소인 메타인지적 지식, 메타인지적 자기조정, 메타인지적 경험의 평균은 각각 70.91점, 58.51점, 28.71점으로 나타났다. 표준편차는 9.309, 8.099, 3.862으로 메타인지적 지식과 메타인지적 자기조정에서 개인차가 크게 나타났다.

초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 상관관계는 [표 7]과 같다.

[표 7] 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 상관관계(n=80)
[Table 7] Relationship between Math creative problem-solving and Metacognition(n=80)

측정 변수	상관계수	
	1	2
1. 수학 창의적 문제해결력	1.00	
2. 메타인지	.448(.000**)	1.00

(**: $p<.01$)

[표 7]과 같이 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지는 r=.448로 1% 유의수준에서 정적인 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 이는 메타인지를 잘 활용함으로써 수학 창의적 문제해결력을 높일 수 있음을 나타낸다. 메타인지는 눈으로 관찰할 수 없는 과정이므로 이러한 통계결과를 토대로 메타인지가 수학 창의적 문제해결력에 어떻게 작용하였는지에 대한 추측이 가능하다.

2. 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력에 미치는 메타인지 구성요소별 영향력

초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력에 미치는 메타인지의 구성요소별 영향력을 알아보기 위하여 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 구성요소별 상관관계를 먼저 알아보고, 메타인지 구성요소별 실질적 영향력을 알아보기 위하여 다중회귀분석을 실시하였다. 수학 창의적 문제해결력의 구성요소와 메타인지의 구성요소 간의 상관관계는 [표 8]과 같다.

[표 8] 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 구성요소별 상관관계(n=80)
[Table 8] Relationship between Math creative problem-solving and Metacognition component(n=80)

측정 변수	상관계수			
	유창성	융통성	독창성	수학 창의적 문제해결력 전체
메타인지적 지식	.408**	.408**	.400**	.451**
메타인지적 자기조정	.392**	.415**	.385**	.442**
메타인지적 경험	.294**	.288**	.301**	.327**
메타인지	.402**	.410**	.397**	.448**

(**: $p<.01$)

[표 8]에서 보는 바와 같이 수학 창의적 문제해결력 및 구성요소와 메타인지 및 구성요소의 상관관계를 살펴보면 모든 영역에서 정적 상관관계를 가짐을 알 수 있다.

수학 창의적 문제해결력 전체 및 그 구성요소(유창성, 융통성, 독창성)에 대한 메타인지 구성요소별(메타인지적 지식, 메타인지적 자기조정, 메타인지적 경험) 영향력을 검증하기 위해 수학 창의적 문제해결력을 종속변수로 두고, 메타인지의 3가지 구성요소인 메타인지적 지식, 메타인지적 자기조정, 메타인지적 경험을 독립변수로 하여 다중회귀분석을 실시하고, 중요변인을 먼저 선택하고, 의미가 없는 변인을 제거하는 단계형(stepwise method) 선택방법을 적용하여 수학 창의적 문제해결력에 실제적인 영향력을 미치는 메타인지의 변인을 검증해 보았다. 그 결과는 [표 9]와 같다.

[표 9] 수학 창의적 문제해결력과 메타인지 구성요소별 회귀분석 결과(n=80)

[Table 9] Result of Regression analysis between Math creative problem-solving and Metacognition component(n=80)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	p
	B	표준오차	베타		
메타인지적 지식	1.036	.232	.451	4.462	.000**
상수	14.497	16.601		.873	.385
R^2=.203 : F=19.910 : p=0.000					

(**: p<.01)

[표 9]에서 보는 봐와 같이 적합된 회귀모형은 메타인지적 지식만이 실질적으로 수학 창의적 문제해결력 전체에 영향을 미치는 것으로 나타났으며(F=19.910, p[.01), 메타인지적 지식이 수학 창의적 문제해결력의 약 20.3%를 설명하며, 메타인지적 지식을 높임으로써 창의성 전체 점수를 향상시킬 것으로 판단된다. 나머지 2개의 변인은 개별적으로 상관관계를 가지는 것(표 Ⅳ-5 참조)으로 나타났지만 실질적인 영향은 없는 것으로 나타났다.

메타인지의 구성요소 중 유창성에 실질적으로 미치는 영향력을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 [표 10]에 제시하였다.

[표 10] 유창성과 메타인지 구성요소별 회귀분석 결과(n=80)

[Table 10] Result of Regression analysis between Fluency and Metacognition component(n=80)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	p
	B	표준오차	베타		
메타인지적 지식	.395	.100	.408	3.951	.000**
상수	12.854	7.145		1.799	.076
R^2= .167 : F=15.613 : p=0.000					

(**: p<.01)

분석결과 수학 창의적 문제해결력의 구성요소인 유창성에 실질적인 영향을 미치는 메타인지의 구성요소는 메타인지적 지식인 것으로 나타났다(F=15.613, p<.01). 이는 메타인지적 지식을 잘 활용하는 학생이 수학 창의적 문제해결에 있어 여러 개의 의미 있는 아이디어와 답을 낼 수 있는 능력이 높다고 할 수 있다. 수학적으로 유의미한 답을 많이 산출해내는 능력을 기르기 위해서는 인지과제를 수행하는 과정 혹은 결과에 미칠 수 있는 변인에 대한 개인적 지식이 풍부해야 하며 이를 문제해결에 잘 활용할 수 있도록 해 주어야 한다는 것을 알 수 있다.

메타인지의 구성요소 중 융통성에 실질적으로 미치는 영향력을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 [표 11]에 제시하였다.

[표 11] 융통성과 메타인지 구성요소별 회귀분석 결과(n=80)

[Table 11] Result of Regression analysis between Flexibility and Metacognition component(n=80)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	p
	B	표준오차	베타		
메타인지적 자기조정	.414	.103	.415	4.026	.000**
상수	12.014	6.074		1.978	.051
R^2= .172 : F=16.206 : p=0.000					

(**: p<.01)

융통성에 영향을 미치는 메타인지의 구성요소는 메타인지적 자기조정으로 나타났다(F=16.206, p<.01). 이는 자신의 인지활동을 스스로 계획하고, 모니터하고, 평가하고 관리하는 행동이 유의미하면서도 서로 다른 범주의 반응을 많이 낼 수 있다고 볼 수 있다.

메타인지의 구성요소 중 독창성에 실질적으로 미치는 영향력을 알아보기 위하여 회귀분석을 실시한 결과는 [표 12]에 제시하였다.

[표 12] 독창성과 메타인지 구성요소별 회귀분석 결과 (n=80)

[Table 12] Result of Regression analysis between Originality and Metacognition component(n=80)

변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	p
	B	표준오차	베타		
메타인지적 지식	.287	.075	.400	3.849	.000**
상수	-9.480	5.330		-1.779	.079
R^2= .160 : F=14.817 : p=0.000					

(**: p<.01)

독창성에 영향을 미치는 메타인지의 구성요소는 메타인지적 지식으로 나타났다(F=14.817, p<.01). 어떤 방식으로 인지적 수행 과정과 그 결과에 영향을 미치는가에 대한 개인이 가지고 있는 지식이 높을수록 다른 사람들과 다른 반응을 낼 수 있는 능력 역시 높다는 것을 알 수 있다.

Ⅴ. 결 론

본 연구는 수학 창의적 문제해결력을 수학적 문제 상황에서 고정된 사고방식을 탈피하여 다양한 산출물을 내는 능력으로 정의하면서 하위 요소로 유창성, 융통성, 독창성으로 보고 메타인지와의 관계는 어떠한지에 대해서 검증하고자 하였다.

본 연구의 목적에 따라 5학년 초등수학영재 80명을 대상으로 수학 창의적 문제해결력 검사와 메타인지 검사를 실시하고 상관관계와 다중회귀분석을 통하여 다음과 같은 연구 결과를 얻었다.

첫째, 초등수학영재 집단 안에서도 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 개인차가 크게 나타났다.

둘째, 수학 창의적 문제해결력과 메타인지는 유의미한 상관관계를 보였다.

셋째, 수학 창의적 문제해결력과 메타인지 구성요소별 다중회귀분석 결과 수학 창의적 문제해결력 전체에 상대적으로 가장 큰 영향을 미치는 메타인지 구성요소는 메타인지적 지식으로 나타났다.

넷째, 수학 창의적 문제해결력 중 유창성과 독창성 요소에 가장 큰 영향을 미치는 메타인지 구성요소는 메타인지적 지식이며, 융통성에 가장 큰 영향을 미치는 메타인지적 구성요소는 메타인지적 자기조정으로 나타났다. 메타인지적 경험은 상대적으로 적은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 연구결과를 종합하여 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 초등수학영재 집단 안에서 수학 창의적 문제해결력과 메타인지의 검사 결과가 넓은 범위에 걸쳐 분포하는 것으로 보아 초등수학영재 간에도 각각의 능력에 따른 개인차가 크게 나타난다는 것을 알 수 있다. 통상적으로 영재학생들은 수학적 문제해결 능력이나 창의적 문제해결능력이 일반학생들 보다는 우수하다고 검증되었기 때문에 개인차가 일반학생들보다 크지 않다고 생각하고 단일 프로그램을 투입해서 운영하는 경우가 많은데 본 연구결과에서 알 수 있듯이 수학영재 집단 안에서도 학생 개개인의 능력 차이가 크게 존재한다. 따라서 초등수학영재의 수준을 고려한 수학영재 프로그램과 수준별 교육과정 운영을 고려해 볼 필요가 있다.

둘째, 초등수학영재의 수학 창의적 문제해결력과 메타인지가 유의미한 상관관계를 보인다는 것은 수학영재의 수학 창의적 문제해결력을 기르기 위해 수학영재 교육과정과 프로그램에 메타인지적 접근 가능성을 제공한다. 똑같은 교수활동과정을 경험하더라도 그 과정 속에서 학습자가 어떤 인지과정을 거치는가에 따라 학습의 결과가 달라진다는 점에서 학습자의 인지과정은 매우 중요하다. 메타인지는 이러한 인지에 대한 인지 뿐만 아니라 인지를 위한 실행적 전략으로서 과제 수행 중에 나타나는 자신의 행동에 대한 조절, 관리, 통제의 역할을 가진다. 따라서 기존에 알고 있는 지식, 개념, 원리, 문제 해결 방법을 창안하여 수학문제를 해결하거나 자신이 새롭게 지식, 개념, 원리, 문제 해결 방법을 창안하여 수학 문제를 해결하는 능력에 있어서 메타인지 능력은 학습 상황에 따른 새롭고 창의적인 수행으로 학습자의 인지를 깨닫게 하고, 스스로 통제, 조절하도록 안내하는 기능을 수행할 것이다. 메타인지적 접근을 통해 학습자는 더욱 정교하고 효율적인 학습 전략을 세우며, 새로운 결과물을 생산해 낼 수 있는 준비를 하고 자신의 학습 과정을 평가하고 되돌아

보는 단계를 포함하여 프로그램을 진행하는 등 메타인지 전략을 잘 활용할 수 있는 프로그램의 개발을 생각해 볼 수 있다.

셋째, 메타인지의 각 구성요소 중 수학 창의적 문제해결력에 실질적으로 가장 큰 영향을 주는 요소는 메타인지적 지식으로 나타났다. 학생들은 문제해결 과정에서 자신들이 알고 습득한 지식들을 모두 동원한다. 문제 이해 단계에서 문제에 대한 자신의 인지 상태와 능력을 파악하면서 메타인지적 지식 중 사람변인이 작용하고 문제를 이해하면서 과제 변인이 작용한다. 계획 수립 단계에서는 메타인지적 지식 중에 과제 변인과 전략 변인이 작용한다. 문제가 어느 정도 수준인지 파악하면서 과제변인이 나타나고 문제 해결 전략에 있어 메타인지 지식의 전략 변인이 발현된다. 따라서 문제 이해와 계획 수립단계에서 메타인지적 지식 영역의 활성화는 성공적인 문제 해결에 있어 큰 작용을 한다. 그렇기 때문에 수학 창의적 문제해결력에 있어서 메타인지적 지식이 다른 구성요소들 보다 크게 작용했다고 결론내릴 수 있다.

넷째, 수학 창의적 문제해결력의 구성 요소 중 유창성과 독창성은 메타인지적 지식에 가장 큰 영향을 받았으며, 융통성은 메타인지적 자기조정에 영향을 받았다. 상대적으로 메타인지적 경험은 유창성, 융통성, 독창성에 가장 적은 영향력을 보였다. 따라서 수학 창의적 문제해결력 향상에 있어 메타인지적 접근은 과제를 수행하기에 앞서, 과제 수행 중에, 과제 수행을 끝마친 후 발생하는 신념, 태도, 감정과 같은 메타인지적 경험의 측면 보다는 메타인지적 지식과 메타인지적 자기조정 측면에서 접근하는 것이 효과적이라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

교육과학기술부 (2008). 초등학교 교육과정 해설(Ⅳ). 교육과학기술부.

Ministry of Education and Science Technology (2008). *Elementary curriculum(Ⅳ)*. Ministry of Education and Science Technology.

김홍원 · 김명숙 · 방승진 · 황동주 (1997). 수학 영재 판별 도구 개발 연구(Ⅱ) -검사 제작 편- 한국교육개발원 연구보고 CR-50. 한국교육개발원.

Kim, H. W., Kim, M. S., Bang, S. J., & Hwng, D. J. (1997). *Development of math gifted determination tools (Ⅱ)*. Korean Educational Development Institute.

박주연 (2005). 과학에서 창의적 문제해결력과 아동의 메타인지와의 관계. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.

Park, J. Y. (2005). *The relationship between the creative ploblem solving ability in science students' metacognition*. Master dissertation, Ewha Womans University.

박창한 (2009). 메타인지 전략을 기반으로 한 구체적 조작 중심의 문제해결식 수업이 초등학생의 성취수준별 학업성취도와 학습태도에 미치는 영향. 경북대학교 교육대학원 석사학위논문.

Park, C. H. (2009). *The effects of the achievement and attitude of elementary school student of teaching-learning centered on concrete operation activities based on the metacognition*. Master dissertation, Kyungpook National University.

박혜진 · 권혁직 (2010). 메타인지, 몰입과 수학 창의적 문제해결력 강의 구조적 관계 분석. 한국학교수학회논문집, 13(2). 205-224.

Park, H. J., & Kwean, H. J. (2010). An analysis of structural relationships between metacognition, flow, and mathematics creative problem solving ability. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 13(2), 205-224.

송상헌 (1998). 수학 영재성 측정과 판별에 관한 연구. 서울대학교대학원 박사학위 논문.

Song, S. H. (1998). *Study on the measurement and discrimination of the mathematical giftedness*. Doctoral dissertation, Seoul National University.

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

Song, H. D. (2007). Instructional design principles for enhancing creative problem solving skills. *Journal of Open Education*, 15(3), 55-73.

신은주 · 신선화 · 송상헌 (2007). 초등 수학 영재아들의 메타인지 사고 과정 사례 분석. 수학교육학연

구, 17(3), 201-220.

Shin, E. J., Shin, S. H., & Song, S. H. (2007). A study on the cases of mathematically gifted elementary students' metacognitive thinking. *Journal of Educational Research in Mathematics*. 17(3), 201-220.

이강섭 · 황동주 (2003). 일반 창의성과 수학 창의성과의 관련연구. 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 42(1), 1-9.

Lee, K. S., & Hwang, D. J. (2003). A study on the relationship between general creativity and mathematical creativity. *The Mathematical Education*. 42(1), 1-9.

이봉주 · 고호경 (2009). 메타인지적 활동의 훈련을 통한 문제해결 과정에서의 사고 과정 분석 사례 연구. 한국학교수학회논문집, 12(3). 291-305.

Lee, B. J., & Ko, H. K. (2009). A case study of metacognitive strategy training on mathematical problem solving. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 12(3), 291-305.

이은숙 (2013). 초등수학에서 메타문제의 해결과정에서 나타나는 인지 · 정의적 특성. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문.

Lee, E. S. (2013). *Cognitive and affective aspects of meta-problem solving process in elementary school mathematics*. Master dissertation, Seoul National University of Education.

조석희 · 황동주 (2007). 중학교 수학 영재 판별을 위한 수학 창의적 문제 해결력 검사개발. 영재교육연구, 17(1), 1-26.

Jo, S. H., & Hwang, D. J. (2007). Math creative problem solving ability test for identification of the mathematically gifted middle school students. *Journal of Gifted Talented Education*, 17(1), 1-26.

최은희 · 김민경 (2006). 메타인지 전략을 활용한 수업에서의 초등학생의 수학적 추론과 표현에 미치는 효과에 관한 연구. 교과교육학연구, 10(1), 191-207.

Choi, E. H., & Kim, M. K. (2006). Effects of instruction applicated metacognitive strategy on mathematical reasoning and representation ability in elementary school students. *Curriculum Education Research*, 10(1), 191-207.

한길준 · 이영주 (2000). 초등학교 아동의 메타인지 수준과 수학적 문제해결력, 추론능력간의 관계. 교과교육연구, 4, 185-201.

Han, K. J., & Lee, Y. J. (2000). A study on correlations among metacognition level, mathematical problem-solving and reasoning ability in elementary school students. *Journal of Research in School Subjects*, 4, 185-201.

한상욱 · 송상헌 (2011). 초등 수학 영재들이 문제해결 과정에서 보이는 메타인지 사례 연구. 한국초등수학교육, 15(2), 473-461.

Han, S. W., & Song, S. H. (2011). A case study on the metacognition of mathematically gifted elementary students in problem-solving process. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 15(2), 473-461.

Brown, A. N. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert, & R. H. Kluwe(Eds.), *Metacognition, motivation and understanding*. (pp. 65-116). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Davis, G. A., & Rimm, S. B. (1994). *Education of the gifted and talented*. Boston: Allyn and Bacon.

Deridder, C. M. (1986). *A study of selected factors to identify sixth grade students gifted in mathematics*. Unpublished doctoral dissertation, University of Tennessee, Knoxville.

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive developmental inquire. *American Psychologist*, 34, 906-911.

Johnsen, S. K., & Kendrick, J. (2005). *Math education for gifted students*. Prufrock Press, Inc.

Kim, Y. (1998). *The Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual of Korean* *version*. ChungAng Aptitude Press.

Kroll, D. L. (1988). *Cooperative mathematical problem solving and metacognition: A case study of three paris of women*. Doctoral Dissertation, India University.

Lester, F. K., & Garofalo, J. (1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education,* 16(3), 163-176.

Miller, G. E. (1985). The effects of general specific self-instruction training on children' comprehension monitoring performances during reading. *Reading Research Quarterly, 20*(3), 61-628.

NCTM (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teacher of mathematics. Inc.

O'Neil, H. F., & 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.

Shallcross, D. J. (1981). *Teaching creative behavior*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press, Inc.

Scheonfeld, A. H. (1987). What's all the fuss about metacognition? In A. H. Scheonfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education* (pp. 189-215). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Silver, E. A. (1985). Research on teaching mathematical problem solving: Some underrepresented themes and needed direction. In E. A. silver (Eds.), *Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple reach perspectives* (pp.56-58). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaun Associates.

Silver, E. A. (1987). Foundations of cognitive theory and research for mathematics problem solving instruction. In A. H. Scheonfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaun Associates.

Sriraman, B. (2005). Are giftedness & creativity synonyms in mathematics? An analysis of constructs within the professional and school realms. *The Journal of Secondary Gifted Education,* 17, 20 - 36.

Torrance, E. P. (1995). *Why fly?* Norwood, NJ: Ablex publishing Corporation.

Zimeeerman B. J., & Matinez-Pons, N. (1988). Development of a structured interview for assessing student used of self-regulated learning strategies. *American Educational Research Journal,* 23, 614-628.

The Relationship between Mathematically Gifted Elementary Students' Math Creative Problem Solving Ability and Metacognition

Shin, Seung Yoon
Daegu Maecheon Elementary School, Maecheon-ro,
Buk-gu, Daegu, 702-825, Korea.
E-mail: everbrad@hanmail.net

Ryu, Sung Rim†
Department of Mathematics, Daegu National University of Education,
1797-6, Daemyung 2-Dong, Nam-gu, Daegu, 705-715, Korea.
E-mail: srryu@dnue.ac.kr

The purpose of this study is to determine the relationship between metacognition and math creative problem solving ability. Specific research questions set up according to the purpose of this study are as follows. First, what relation does metacognition has with creative math problem-solving ability of mathematically gifted elementary students? Second, how does each component of metacognition (i.e. metacognitive knowledge, metacognitive regulation, metacognitive experiences) influences the math creative problem solving ability of mathematically gifted elementary students? The present study was conducted with a total of 80 fifth grade mathematically gifted elementary students. For assessment tools, the study used the Math Creative Problem Solving Ability Test and the Metacognition Test. Analyses of collected data involved descriptive statistics, computation of Pearson's product moment correlation coefficient, and multiple regression analysis by using the SPSS Statistics 20.

The findings from the study were as follows. First, a great deal of variability between individuals was found in math creative problem solving ability and metacognition even within the group of mathematically gifted elementary students. Second, significant correlation was found between math creative problem solving ability and metacognition. Third, according to multiple regression analysis of math creative problem solving ability by component of metacognition, it was found that metacognitive knowledge is the metacognitive component that relatively has the greatest effect on overall math creative problem-solving ability. Fourth, results indicated that metacognitive knowledge has the greatest effect on fluency and originality among subelements of math creative problem solving ability, while metacognitive regulation has the greatest effect on flexibility. It was found that metacognitive experiences relatively has little effect on math creative problem solving ability.

This findings suggests the possibility of metacognitive approach in math gifted curricula and programs for cultivating mathematically gifted students' math creative problem-solving ability.

* ZDM Classification : C42
* 2000 Mathematics Subjects Classification : 97C20
* Key Words : mathematically gifted elementary students, creative math problem solving ability, metacognition
† Corresponding author

[부록 1] 메타인지 검사도구

문항 내용	매우 그렇다	조금 그렇다	보통이다	거의 그렇지 않다	전혀 그렇지 않다
1. 나는 다른 사람들보다 배운 내용을 더 잘 기억한다.	5	4	3	2	1
2. 나는 공부하는 동안 여러 가지 방법을 시도해 본다.	5	4	3	2	1
3. 나는 새로운 학습과제를 받으면 공부를 시작하기 전에 무슨 내용으로 이루어져 있는지 대강 알아본다.	5	4	3	2	1
4. 나는 할 일을 끝마치고 난 후에 그 일을 하는 동안 알게 된 것이 무엇인지 이해하려고 노력한다.	5	4	3	2	1
5. 나는 주어진 과제가 요구하는 것이 무엇인지 이해하려고 노력한다.	5	4	3	2	1
6. 나는 학습내용이 이해가 안 될 때 그 개념들을 확실히 이해하려고 노력한다.	5	4	3	2	1
7. 나는 공부하는 그 순간보다 나중에 문제를 생각해 보고 해결한다.	5	4	3	2	1
8. 나는 수업자료를 이해하기 어려울 때는 자료를 읽는 방식을 바꾼다.	5	4	3	2	1
9. 나는 주어진 과제를 해결하는데 시간이 얼마나 걸리는지 예상할 수 있다.	5	4	3	2	1
10. 나는 적절한 방법으로 공부하면 학습내용을 잘 배울 수 있다고 확신한다.	5	4	3	2	1
11. 나는 공부를 하는 동안 내가 무엇을 해야 하고 그것을 어떻게 해야 할지를 점검한다.	5	4	3	2	1
12. 나는 각각의 공부 시간에 맞춰 내가 무엇을 해야 할지 선택하기 위해 스스로 목표를 세운다.	5	4	3	2	1
13. 나는 공부한 내용이 이해가 되는지, 이해가 안 되는지 그때마다 느낌이 온다.	5	4	3	2	1
14. 나는 새로운 내용의 과제를 하기 위해 이전에 배웠던 교과서의 내용이나 숙제 등을 참고한다.	5	4	3	2	1
15. 나는 과제를 하는 동안 과제를 다른 형태로 변형해 보기도 한다.	5	4	3	2	1
16. 나는 공부할 때 집중하기 위해서 텔레비전을 끄고 조용한 환경에서 공부한다.	5	4	3	2	1
17. 나는 할 일을 시작하기 전에 그 일이 무엇을 의미하는지에 대해 깊이 생각한다.	5	4	3	2	1
18. 나는 충분히 열심히 공부한다면 학습내용을 잘 이해할 것이다.	5	4	3	2	1
19. 나는 주어진 학습과제를 하기 위하여 필요한 정보를 선택하고 조직한다.	5	4	3	2	1

20. 나는 수업시간에 공부한 내용을 확실하게 이해하기 위해 스스로에게 질문 해본다.	5	4	3	2	1
21. 나는 종종 공부한 내용을 이해하거나 기억하기 힘들 것이라는 생각이 든다.	5	4	3	2	1
22. 나는 시험보기 1주일 전부터 계획을 세워 그 계획대로 시험공부를 한다.	5	4	3	2	1
23. 나는 공부를 하고나면 학습목표에 도달했다는 느낌이 든다.	5	4	3	2	1
24. 나는 수업 중에 필기하기가 혼돈스러우면 나중에 다시 정리해 보기로 결심한다.	5	4	3	2	1
25. 나는 정확한 단어보다 이야기 줄거리가 더 기억하기 쉽다고 생각한다.	5	4	3	2	1
26. 나는 종종 수업시간 동안 다른 생각을 해서 중요한 핵심을 놓친다.	5	4	3	2	1
27. 나는 할 일을 하는 동안 내가 그 일을 얼마나 잘하고 있는지 생각해 본다.	5	4	3	2	1
28. 나는 과제를 어떻게 완성해야 할지 결정한 후 시작한다.	5	4	3	2	1
29. 나는 책을 읽으면 가장 중요한 내용이 무엇인지 잘 찾아낸다.	5	4	3	2	1
30. 나는 수업시간에 배운 내용과 기술을 잘 완성할 수 있다고 확신한다.	5	4	3	2	1
31. 나는 내가 공부한 과정을 다시 한 번 살펴본다.	5	4	3	2	1
32. 나는 과제를 해결하기 위해 아이디어를 찾으려고 노력한다.	5	4	3	2	1
33. 나는 내가 이미 알고 있는 것과 주어진 학습내용이 어떻게 관련되는지 생각해 본다.	5	4	3	2	1
34 나는 학습 과제를 만나면 그것을 정말 잘 해낼 수 있을지 생각한다.	5	4	3	2	1
35. 나는 공부를 하다가 어려운 내용이 나오면 하던 공부를 중단하거나 쉬운 부분만 공부한다.	5	4	3	2	1
36. 나는 공부할 때 내가 잘 기억하는데 도움이 될 수 있도록 공책 정리를 한다.	5	4	3	2	1
37. 나는 수업시간에 학습내용을 읽을 때 그 내용을 이해하기 위한 질문을 만들어 본다.	5	4	3	2	1
38. 나는 공부내용이 지루하고 재미가 없어도 내가 계획했던 시간까지 계속해서 공부한다.	5	4	3	2	1
39. 나는 선생님께서 내주시는 과제를 해결하기 위해서 필요한 자료가 무엇인지 안다.	5	4	3	2	1
40. 나는 과제를 완성해 나갈 때 모든 것들이 잘 맞도록 전략을 세운다.	5	4	3	2	1