

초등수학영재들의 메타인지적 사고 과정 사례 분석¹⁾

신 은 주* · 신 선 화** · 송 상 현***

본 연구는 초등수학영재들이 수학 과제를 해결하는 과정에서 활성화되는 메타인지적 사고의 과정을 분석하여 메타인지적 기능이 문제해결 과정의 성패에 미치는 영향을 조사하고, 이를 통해 메타인지적 사고를 활성화할 수 있는 방안에 대한 시사점을 제안하고자 한다. 수준이 다른 두 집단에서 선택한 7명으로부터 얻은 14가지의 사례를 Wilson & Clarke(2004)의 메타인지 모델을 기반으로 분석한 결과, 초등수학영재들이 주로 사용한 메타인지의 경로에는 ARE, RE, AERE의 3가지가 나타났다. 집단의 수준이 높을수록 ARE 경로를 선호하였는데 이는 문제해결에 성공한 학생들이 보여주는 주된 경로임도 확인하였다. 그리고 과제의 수준에 따라 메타인지 사고 과정이 다르다는 점, 같은 경로로 문제를 해결한 학생들이 동일한 메타인지적 사고를 하여도 메타인지적 사고의 능력에 따라 문제해결의 성패가 달라진다는 점, 메타인지적 지식에 대해 잘 의식하는 학생은 문제해결에 대한 조절과 제어 능력이 높은 면을 보인다는 점 등도 사례를 통해 확인하였다. 이를 바탕으로 초등수학영재들의 메타인지적 사고를 활성화하기 위한 3가지의 시사점을 얻었다.

1. 서 론

학생들이 수학 문제를 성공적으로 해결하지 못하는 원인은 비인지적이거나 메타인지적 요인에서 비롯되는 경우도 많다. 성공적인 문제 해결자는 문제를 읽고, 해결 계획을 세우고, 문제해결을 위한 최적의 전략을 선택하고, 문제해결 과정을 평가하고, 다양한 해결 방법을 찾는다. 여러 학자들(Brown, 1987; Garofalo & Lester, 1985; Schoenfeld, 1987)이 이러한 학습 과정을 '메타인지(metacognition)'라는 용어를 이용하여 연구하여 왔다. 문제해결 전략이나 발

견술, 문제해결 단계를 가르치는 것은 문제해결 능력을 실질적으로 크게 향상시키지 못했으므로 자신의 사고과정에 대한 지식과 문제해결 동안 자신의 행동을 조절하고 모니터링하는 요소들을 연구하게 된 것이다(Lester, 1994).

그러나 메타인지적 지식(metacognitive knowledge)과 자기조절(regulation)과 같은 메타인지는 암암리에 이루어지므로 이를 분석하기에 매우 어렵다는 점이 지적되어왔다(Flavell, 1979). 이러한 원인으로 인해 메타인지에 대한 연구가 수학교육 연구의 대상으로 활발하게 진행되지 못했다. 최근에 수학 문제해결에 관한 연구 방향이 인지적 측면에서 점차 메타인지적 측면으

* 경인교육대학교 산학협력단 전임연구원, eunjushin@dreamwiz.com

** 노진초등학교, freshari@hanmail.net

*** 경인교육대학교, shsong@ginue.ac.kr

1) 이 논문은 2005년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2005-079-BS0123)

로 그 초점이 맞추어지고 있으며 문제해결 과정에서 메타인지의 역할에 대한 중요성도 강조되고 있다.

메타인지에 관한 대다수의 선행 연구들 (Artzt & Thomas, 1997; Kapa, 2001; Mevarech, 1999; O'Neil & Brown, 1998; Schurter, 2002)은 연구대상자에게서 활성화되는 메타인지가 수학 문제해결에 미치는 긍정적인 효과를 밝히는데 초점을 두었다. 반면, Wilson & Clarke (2004)은 사례연구 방법으로 메타인지의 효과 뿐 아니라 메타인지의 경로를 밝혔다는 점에서 연구의 의의가 있다. 그러나 대부분의 선행 연구들이 일반 학생을 대상으로 하였으며 수학 영재의 메타인지 사고 과정을 밝힌 연구는 미흡하다. 또한 수학 영재에 대한 연구도 주로 인지적 과정에 초점을 두고 진행되어 왔다.

이에 따라 본 연구는 우리나라 초등 수학영재들이 특정한 수학 과제를 해결할 때 활성화되는 메타인지 과정과 이 메타인지가 그 문제 해결에 미치는 영향을 질적 사례연구방법으로 조사하고 이를 통해 초등 수학영재들이 메타인지적 사고를 활성화할 수 있는 방안에 대한 시사점을 제안하고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 인지와 메타인지의 관계

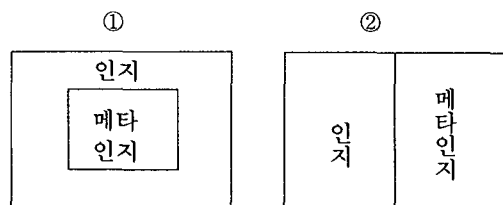
Flavell(1979)은 메타인지라는 개념을 보다 명확하게 이해하기 위해 여러 가지 방식으로 인지와 메타인지를 대비시키고 있다. 그는 인지는 인지적 진전을 위한 지적 활동인 반면, 메타인지는 그와 같은 인지 활동을 모니터링하는 기능이라고 규정하였다. Brown(1987)에 의하면 인지는 지식의 단순한 이해인 반면, 메타인지는 자신의

지식을 효과적으로 활용하거나 분명히 표현하기 위하여 반영화가 될 수 있는 상태에서의 이해를 말한다. 김수미(1996)는 인지와 메타인지를 구분하는 준거를 <표 II-1>과 같이 나타내었다.

<표 II-1> 인지와 메타인지의 특징 구분

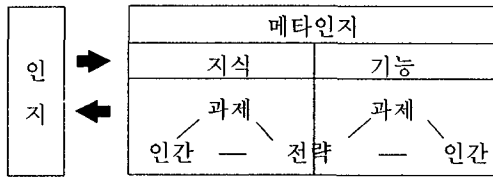
구분	인지	메타인지
의도하는 행동	인지적 진행을 위해 채택된 행동	인지적 진행을 위해 채택된 행동을 모니터링하기 위한 행동
	단순한 행동	실행되어야 할 것이 무엇인가에 대한 선택과 계획, 그리고 실행되고 있는 것에 대한 모니터링 행동
지식의 내용	단순한 영역 지식	그 지식을 잘 활용할 수 있는 방법
시간의 순서	선행의 어떤 인지적 행동의 발생	그 행동에 대한 후행의 메타인지적 행동
태도나 의식성	적극적인 태도나 의식성의 부족	적극적인 태도나 의식성의 충분

Garafalo & Lester(1985)는 인지는 일차적인 지적 행위라고 하고, 메타인지는 어떤 인지 활동을 할 것인가를 선택하고, 계획하거나 진행되고 있는 인지적 행위를 감시하는 활동으로 구분하면서 이 구분에 따라 인지와 메타인지의 연결 체계를 [그림 II-1]과 같이 제시하였다.



[그림 II-1] 인지와 메타인지 영역의 상호 포함 관계

[그림 II-1]에서 ①은 인지학자들이 포괄적으로 메타인지를 인지에 포함시키는 입장이고, ②는 메타인지의 개념을 인지와는 구별하려는 경우이다. ②에서 인지와 메타인지 상호작용의 메커니즘을 묘사하면 [그림 II-2]와 같다 (Garofalo & Lester, 1985).



[그림 II-2] 인지와 메타인지의 관계

이와 같은 특성은 인지와 메타인지 발생의 동시성 혹은 상호작용에 대한 것을 간접적으로 시사해주는 것이기도 하다. Lesh, Lester & Hjalmarson(2003)는 메타인지와 고등사고는 낮은 수준의 인지과정에 영향을 줌과 동시에 영향을 받게 되며, 메타인지 능력은 학습되는 내용과 맥락에 의존하므로 학생들의 메타인지 능력의 생산성은 상황에 따라 변한다는 점을 밝혔다. 인지와 메타인지가 상호작용한다는 점과 사고방식이 발달함에 따라 다른 메타인지적 사고가 더 생산적일 수 있다는 점을 고려하여 본 연구에서 메타인지와 인지가 상호작용하면서 활성화되는 메타인지 사고 과정을 분석하고자 한다.

2. 메타인지 개념의 제 측면

메타인지는 흔히 ‘사고에 대해 사고하기’, ‘인지에 대한 반성’, ‘인지에 대한 인지’ 등과 같이 정의된다. Flavell(1979)은 메타인지를 ‘메타인지적 지식’과 ‘메타인지적 경험’으로 분류하였다. 메타인지적 지식이란 인지적 창조물로서의 인간과 관련된, 인지적 과제, 목표, 행동,

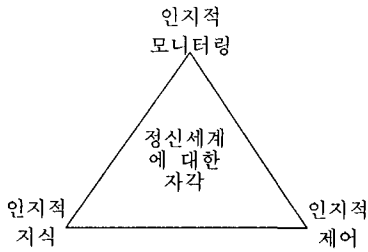
경험 등과 광범위하게 관련되어 저장된 개인의 세계에 대한 지식을 의미하며, 이는 다시 사람, 과제, 전략에 대한 지식으로 세분화된다. 메타인지적 경험이란 어떤 인지적 작업 중에 발생하는 의식적인 인지적 혹은 감정적 경험이다.

Brown(1987)은 메타인지를 ‘인지에 대한 지식’과 ‘인지에 대한 조절’이라는 지식과 행동의 특성을 지니고 있는 두 개의 하위 범주로 재분류하였다. 인지에 대한 지식이란 정적 지식을 의미하며, 인지에 대한 조절이란 문제해결 과정에서 필요한 전략적 행동과 의사결정을 포함하는 것으로 모니터링, 자기조절, 실행적 컨트롤, 계획, 검토 등을 제시하고 있다. Schoenfeld(1987)는 메타인지를 ‘자신의 사고 과정에 대한 지식’, ‘제어와 자기조절’, ‘신념과 직관’이라는 3가지의 범주로 정리하였다. 자신의 사고 과정에 대한 지식이란 자신의 사고 과정을 얼마나 정확하게 기술할 수 있는가와 관련되며 자신의 사고 과정에 대한 평가 행위에 초점이 맞추어진 과정으로서의 지식일 수도 있고 평가된 결과에 초점이 맞추어진 산물로서의 지식일 수도 있다.

이와 같이 메타인지 개념에 대한 다양한 관점과 분류방식이 존재한다. 대표적인 것으로 메타인지를 ‘인지에 대한 지식’과 ‘인지에 대한 조절’이라는 두 개의 측면을 동시에 지닌 양면적인 개념으로 보는 것이다. 이와 같은 인지적 측면 외에 최근에는 수학 불안, 동기, 인내, 신념 등과 같은 정의적 측면까지 메타인지의 하위 개념군으로 간주한다.

3. 메타인지 모델

김수미(1996)는 수학교육에서 메타인지 개념의 모델을 [그림 II-3]과 같이 제시하고 다음과 같이 설명하고 있다.



[그림 II-3] 수학교육에서 메타인지 개념 모델

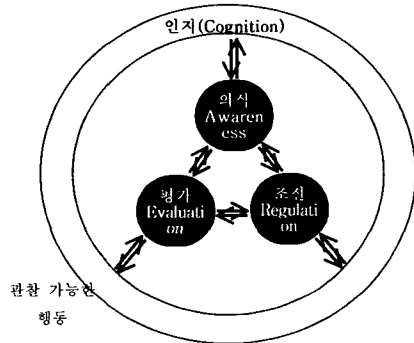
이 메타인지 개념 모델은 정신세계에 대한 자각, 인지적 모니터링, 인지적 지식, 인지적 제어라는 4가지의 하위 성분으로 구성된다. 이 모델에서 삼각형의 세 변은 각 성분 간의 상호작용을 함의하고 있는 것이다. 또한 인지적 모니터링을 삼각형의 세 꼭지점 중 상단에, 그리고 나머지 인지적 지식과 인지적 제어를 하단에 놓음으로써 인지활동 과정으로서의 메타인지와 산물로서의 메타인지를 구분하였으며, 특히 과정으로서의 메타인지를 부각시켰다(김수미, 1996).

김수미(1996)는 메타인지 개념 모델의 특징을 다음과 같이 요약하였다. 첫째, 메타인지 개념을 인지적 개념으로 규정한다. 이것은 메타인지 개념의 정의적 특성에 대해 그것을 하나의 독립된 영역으로 설정하지 않음을 의미한다. 둘째, 메타인지 개념을 인지 활동의 과정과 산물이라는 두 가지 관점으로 분류한다. 셋째, 인지적 모니터링을 메타인지 개념의 핵심 성분으로 상정한다. 넷째, 정신세계에 대한 자각 역시 다른 세 성분과 마찬가지로 메타인지 개념 모델을 구성하는 하나의 성분으로 간주한다. 다섯째, 각 성분 간의 상호작용을 고려한다. ‘정신세계에 대한 자각’은 가장 근저에 위치하여 각 성분에 대해 영향력을 주고받는다라는 의미에서 내면에 설정하였다.

한편, Wilson & Clarke(2004)에 의하면 메타인지는 학생 스스로 자신의 사고에서 개인적으

로 가지는 의식(Awareness), 사고에 대한 평가(Evaluation), 사고에 대한 조절(Regulation)을 말한다. 메타인지적 의식은 학습과정 또는 문제해결과정에서 자신이 어디에 있는지에 대한 의식, 학습이나 문제해결 전략 지식에 대한 의식과 관련된다. 메타인지적 평가는 사고의 효율성이나 전략 선택에 대한 판단과 자신의 사고과정, 능력, 한계에 대한 판단을 의미한다. 메타인지적 조절은 어떻게 왜 특정한 전략을 사용하는지에 대한 개인의 지식과 자신의 인지적 수단을 최대한 활용하는 것을 필요시하는 기능이다.

Wilson(2001)은 관찰, 문제에 기반한 임상 면담(자기 보고법, 발성 사고법, 카드 분류 과제를 결합), 비디오와 오디오 기록 등을 포함하는 MMI(Multi-Method Interview) 기법을 사용하여 메타인지를 평가하는 연구를 하였다. 또한 [그림 II-4]와 같은 메타인지 모델을 학생들의 메타인지 경로를 나타내는데 이용하였다.



[그림 II-4] Wilson의 메타인지 모델

이 연구를 통해 수학 문제해결 과정이 메타인지와 인지 사이에 계속적인 교대를 거치는 복잡한 과정이라는 것이 드러난다. 이 교대 과정은 메타인지적 기능의 각각이 인지나 서로 다른 것에 연결된다는 “양방향” 화살표로 설명된다.

4. 메타인지에 관한 선행연구 분석

문제해결에 미치는 메타인지의 영향을 조사한 선행연구 결과는 다음과 같은 몇 가지 특징이 있다.

첫째, 메타인지에 관한 대다수의 연구들(예를 들면, Artzt & Thomas, 1997; Mevarech, 1999; O'Neil & Brown, 1998; Schurter, 2002)은 소그룹 문제해결은 모니터 기회를 제공하여 메타인지 기능을 활성화시켜 문제해결 능력을 향상시킨다고 밝혔다. 소그룹 활동 동안 메타인지 질문을 사용한 결과, 학생들은 추론을 정당화함으로써 자신의 사고를 명료히 하였다. 채미희(2005)는 교사-학생, 학생-학생 간 언어를 통한 의사소통이 가장 활발하게 일어나는 소집단 협동학습의 각 단계에서 메타인지 능력이 활성화될 수 있음을 확인하였다.

둘째, 메타인지 질문을 사용하여 교육을 받은 효과에 대한 연구들(예를 들면, Kapa, 2001; Mevarech, 1999; Schurter, 2002)은 수학 문제해결 동안 메타인지를 활성화하도록 훈련하는 교육방법을 고안하였다. 메타인지 교육의 한 공통요소는 소그룹으로 활동하는 학생들이 메타인지 질문을 함으로써 수학적으로 추론하도록 훈련받는다. 이양기(2005)는 메타인지적 사고를 유발하는 학습이 전통학습과 비교할 때 정형화된 문제해결력에서는 유의미한 차이가 없었지만, 문장제를 해결하는 데에 있어서는 문제해결력이 높게 나타났다고 밝혔다. 최은희(2005)는 메타인지 전략을 활용한 수학 학습에서의 교수·학습 방법을 개발하여 이를 적용해본 후 초등학교의 수학적 추론과 표현 능력에 효과를 밝혔다.

셋째, 메타인지가 문제해결에 미치는 영향을 조사한 연구들(예를 들면, 신은주, 2004; Gloria & Galbraith, 1998; Hoek, Terwel, & Eeden,

1997; Kramarski, Mevarech, & Arami, 2002)은 실생활 소재를 과제로 선택하였다. 학생들은 문제가 무엇에 관한 것인지를 이해할 때, 해결 과정을 계획할 때, 전략을 선택할 때, 해를 반성할 때 어려움이 나타났으나 해결과정을 통제하고 모니터할 수 있을 때 문제를 해결할 수 있었다.

선행연구를 살펴보면 대체적으로 메타인지 전략과 관련된 교수·학습 방법을 적용하였을 때 문제해결력에서 긍정적인 결과가 나왔음을 알 수 있다. 본 연구에서도 메타인지적 행동에 관한 사전 교육을 하여 메타인지적 사고를 처음 접하여 낯설게 느끼거나 메타인지적 사고를 하면서도 그것이 무엇인지 깨닫고 있지 못했던 학생들이 메타인지적 사고에 익숙해지는 시간을 마련하였다.

선행 연구들은 모두 교사가 제공한 메타인지 질문을 하도록 교육받은 후에 문제해결에 미치는 효과를 연구하였으나 자기 스스로 만든 메타인지 질문은 자신의 이해를 스스로 모니터하고 조절한 것이므로 더 높은 메타인지 수준에 포함될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 학생들이 스스로 만든 메타인지적 행동들을 나타낼 수 있도록 빈 카드를 제시하여 사고 과정을 모니터하고 조절하는 것을 표현하면서 자발적으로 활성화된 메타인지적 사고를 조사하고자 한다. 또한 대다수의 선행연구들이 양적 연구 방법으로 메타인지와 문제해결력 간의 관계를 밝힌 반면, 본 연구에서는 질적 사례연구 방법으로 연구대상자들의 메타인지적 사고 과정을 심층적으로 분석하고자 한다. 이를 위해 질적 사례 연구의 기초가 된 Wilson & Clarke(2004)의 메타인지 모델을 기반으로 하여 의식(A), 평가(E), 조절(R)이라는 요인을 고려하여 메타인지 과정을 분석하고자 한다. Wilson & Clarke(2004)의 연구에서는 일반 학생들이 주로

AER 경로와 ARE 경로를 보이는 것으로 밝히고 있다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 연구 과제

본 연구는 초등수학영재들을 대상으로 한 일부 선행연구들에서 초등수학영재들의 지적 수준에 알맞으며 적절한 사고 반응을 보여주었던 두 가지, 즉 과제 1: 페그퍼즐(송상헌 외 3인, 2007)과 과제 2: 축구공의 비밀(이경화, 2003)를 기초로 하였다. 이 두 과제를 적용한 선행연구에서는 메타인지적 사고를 분석하지 않았기에 이를 그 연구와 비슷한 수준의 다른 학생들에게 재투입하여 실시하면서 학생들이 문제를 해결하는 과정에서 보여주는 메타인지적 사고를 질적 사례 연구 방법으로 분석하였다.

2. 연구 대상자

본 연구는 수도권 지역의 교육청 과학영재 교육원 5, 6학년 통합반 학생들과 이들의 동료 학생들이 다니고 있는 인근 지역의 A대학교 부설 과학영재교육원에 선발된 5, 6학년 통합반 학생들을 대상으로 하였다.

<표 III-1> 연구 대상자

집단	소속	인원	학생 ID
A	A대학교 부설 과학영재교육원 초등수학 기초반	4명	AJ1~AJ4
B	B교육청 부설 과학영재교육원 초등수학반	3명	BK1~BK3

B집단은 전국 시도교육청이 공동으로 의뢰하여 한국교육개발원이 주관한 지필시험과 해당 지역 교육청의 면접 등을 통해 선발되어 교육을 받아오던 학생들 중 자원하는 학생들을 별도로 모집하여 실시한 특별교육 프로그램에 참가하고 있는 학생들이다. 그리고 A집단은 과학기술부가 지원하는 대학부설과학영재교육원 학생들로 B집단의 학생들이 소속한 학생들뿐만 아니라 경기도 전역에 있는 학생들 중에서 학교장의 추천과 대학이 자체적으로 실시한 1차 학년별 및 2차 학년통합형 수학문제해결력 필기시험과 3차의 구술 면접을 통해 선발되었다. B집단의 학생들 중 차년도에 A집단에 선발되는 경우는 1-2명 정도이며, 연구자들이 직접 두 집단을 모두 지도해 보고도 확인한 바이지만 일반적으로도 B집단에 비해 A집단의 수학적 능력이 더 우수하다고 알려져 있다.

3. 연구의 절차

본 연구를 위해 선정한 두 과제를 적용하기 위해 A, B집단에 각 2차례씩 총 4차례의 수업을 실시하였다. Wilson(2001)과 Wilson & Clarke(2004)에서 활용한 논리와 수 과제에서 쓰인 인지적 행동 진술 카드를 응용하여 본 연구에서도 각 수업에서는 학생들이 자신의 메타인지적 사고를 스스로 표현할 수 있는 방법으로 몇 가지 행동의 예시를 적은 행동 진술 카드와 빈 카드를 제시하고 이를 보이지 않게 엮어 놓도록 하였다. 각 학생들은 주어진 과제를 해결한 다음 이 카드에 적힌 활동을 순서대로 배열하면서 예시된 행동이 없는 경우는 자신이 직접 적어서 끼워 넣도록 하였다. 이러한 방법을 '생각추적놀이'라 명명하였다. 사전에 예상되는 일부 행동을 예시로 제시하기도 했지만 실제 수업을 거듭하면서 나타나는 추가되는 메타인지

적 행동과 특히 구체적인 내용에 따른 인지적 행동(C)도 추가해 나갔다. 각 행동에 따라서 <표 III-2>와 같이 코드화하였다.

<표 III-2> 메타인지 및 인지적 행동 진술

구분	행동의 사례	코드
의식 (A)	나는 내가 이미 알고 있던 것을 생각했다.	A1
	나는 내가 예전에 풀거나 본 적 있는 비슷한 문제를 생각했다.	A2
	나는 다른 때에 유용했던 것을 생각해봤다.	A3
	나는 '이런 종류의 문제를 안다'고 생각했다.	A4
	나는 '내가 무엇을 할지 안다'고 생각했다.	∴
평가 (E)	나는 '과연 이것이 맞나?'라고 생각했다.	E1
	나는 내가 하고 있는 것이 잘 되고 있는지 생각해 보았다.	E2
	나는 '그것을 할 수 없지 않을까?'라 생각했다.	E3
	나는 내가 어떻게 하고 있는지 생각했다.	E4
	나는 답을 점검했다.	∴
조절 (R)	나는 그것을 해결할 계획을 세웠다.	R1
	나는 문제를 해결하기 위한 다른 방법을 생각해 보려했다.	R2
	나는 그 다음에 해야 될 것을 생각했다.	R3
	나는 내가 하고 있는 방법을 바꿨다.	∴
내용 인지 (C)	규칙을 (찾았다, 찾아보려고 했다.)	C1
	일반식을 (구했다, 구해보려고 했다.)	C2
	3개일 때의 최소이동횟수를 (찾았다, 찾아보려고 했다.)	C3
	표를 (그려보았다, 그려보려 했다.)	∴

학생들은 제공된 메타인지적 행동 진술 카드에서 자신이 했던 사고가 담긴 행동 진술 카드를 하나씩 떼어 순서대로 나열하였다. 빈 카드도 함께 제시했는데 이것은 학생들이 생각했던 메타인지가 이미 준비된 행동 진술 카드에 없다면 특정한 메타인지 활동에 대한 자신의 설명을 기록할 수 있도록 제공하였다. 학생이 스스로 보고하는 메타인지적 사고의 타당성과 신뢰도를 높이기 위해 자신들이 문제를 해결하는 모습이 담

긴 비디오 녹화물을 직접 확인하면서 학생들은 자신이 이미 기록하거나 배열해 놓은 행동 진술 카드의 내용이나 배열을 수정할 수 있었다.

한편, 연구자들의 직접 참여 관찰을 통하여 학생들에게 제시한 과제를 해결하는 과정에서의 사고 과정을 탐색할 수 있었다. 연구의 대상자들은 10명 내외의 인원으로 구성된 집단 수업에서 각 과제를 수행하였지만, 각 학생들마다 1대씩의 비디오카메라와 1명씩의 초등 교사를 관찰 및 면담자로 배정하였다. 학생들은 각 과제를 해결한 다음 자신이 수행했던 모든 생각들을 다시 떠올리면서 소리내어 표현하도록 했고, 이후에는 자신의 풀이 과정을 찍은 비디오를 보면서 다시 그 부분을 수정할 수 있도록 하였다.

4. 자료의 수집

연구 대상자들이 과제를 해결하는 과정에서 나타나는 메타인지적 사고 과정을 분석하기 위하여 관찰자의 기록, 임상면담 자료, 비디오 촬영 자료, 활동지 자료, 생각추적놀이 자료, 소감문을 활용하였다. 특히 자신의 문제해결과정을 담은 비디오를 보면서 자신의 생각을 수정한 기록지가 분석의 주된 대상이었다. 다양한 자료 수집 방법을 통하여 자료를 다원화하는 것은 사례 연구의 신뢰도와 타당도를 높이기 위함이다. 연구자들은 모두 각각의 수업에서 수업 진행자 또는 관찰자로 직접 참가하였다.

IV. 연구의 결과

1. 수학 문제해결 과정에서 나타나는 메타인지적 사고 과정 분석

일반적으로 학생들이 수학 문제를 해결하는

과정에서 메타인지적 사고의 과정은 대부분 그들이 이미 알고 있던 지식을 회상하는 의식(A)으로부터 시작되었다. 연구 대상자들에게서 나타난 메타인지 경로는 ARE, AERE, RE의 3가지였다. 그런데 조절(R)과 평가(E) 기능은 서로 다른 순서로 일어나기도 했지만 과제 성공 여부와 관계없이 모두 평가(E)로 완결되었다.

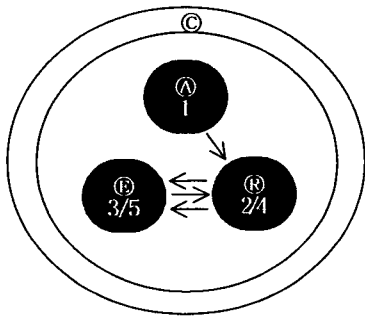
가. ARE 경로

본 연구 대상자에게서 일반적으로 나타난 메타인지 경로가 “ARE 경로”이다. 연구 대상자 7명 중 6명이 “ARE 경로”를 보이면서 문제를 해결하였다.

사례1. 학생 AJ4의 과제2에 대한 사고 경로:

A1 A4 A2 A5 R1 C3 E2 C3 R3 E1 E5 C2

학생 AJ4는 2개의 연구 과제에서 동일한 경로를 나타냈다. AJ4 학생의 “ARE 경로”를 [그림 IV-1]과 같은 메타인지 모델로 나타내면 그 과정을 쉽게 파악할 수 있다.



[그림 IV-1] 학생 AJ4가 과제 1에서 보여주는 메타인지 경로(ARE형)

학생 AJ4가 과제 2에서 보여준 메타인지적 행동들의 종류와 그 순서는 <표 IV-1>과 같다. 이 중 인지적 행동 진술을 생략하여 나타내면 A1 A4 A2 A5 R1 E2 R3 E1 E5와 같이 된

다. 이 경로에서 같은 기능이 반복되는 것을 하나의 기능으로 묶을 경우 (A R E R E)의 경로로, A(의식) 기능에서 시작해서 R(조절) 기능을 보였다가 E(평가) 기능이 보이고, 다시 더 나은 R(조절) 기능이 나타났다가 E(평가)기능으로 끝나게 된다. 전체적인 흐름을 간단히 나타내면 ARE 순서로 메타인지적 사고가 일어났다.

<표 IV-1> AJ4 학생의 과제2 일람표

행동1	내가 이미 알고 있는 것을 생각했다. (의식)	A1
행동2	나는 '내가 이런 종류의 문제를 안다'고 생각했다.(의식)	A4
행동3	나는 내가 예전에 풀거나 본 적 있는 비슷한 문제를 생각했다.(의식)	A2
행동4	나는 '내가 무엇을 할지 안다'고 생각했다.(의식)	A5
행동5	나는 그것을 해결할 계획을 세웠다.(조절)	R1
행동6	(면, 모서리, 꼭지점)의 개수를 (찾았다, 찾아보려고 했다).(인지)	C3
행동7	나는 내가 하고 있는 것이 잘 되고 있는지 생각했다.(평가)	E2
행동8	(면, 모서리, 꼭지점)의 개수를 (찾았다, 찾아보려고 했다).(인지)	C3
행동9	나는 다음에 해야 될 것을 생각했다.(조절)	R3
행동10	나는 '이것이 맞나?' 생각했다.(평가)	E1
행동11	나는 답을 점검했다.(평가)	E5
행동12	일반식을 (구했다, 구해보려고 했다).(인지)	C2

나. AERE 경로

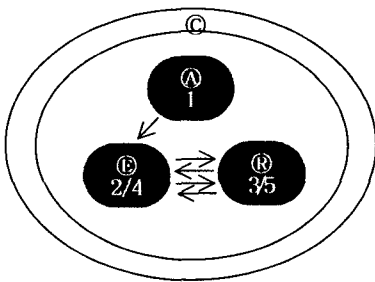
연구 대상자 7명 중 1명의 학생이 “AERE 경로”를 통해 문제를 해결하였다. AJ2 학생이 과제 1을 해결하면서 보여준 메타인지적 사고의 사례를 보면 다음과 같다.

사례2. 학생 AJ2의 과제1에 대한 사고 경로:

A1 A2 A4 A5 E1 E2 R2 R1 C3 C1 E1 E4
E5 C1 C2 R1 R3 E1 E2 C2

학생 AJ2의 메타인지 과정에서 인지적 행동

들을 제외하고 메타인지적 행동들을 중심으로 봤을 때, “ARE 경로”와 같이 반복된 기능들을 한 세트가 되게 하여 1개의 기능으로 나타내면 (A E R E R E) 경로가 되어 간략히 “AERE 경로”로 [그림 IV-2]와 같다. [그림 IV-1]과 반대로 R(조절)과 E(평가) 기능이 다른 순서로 문제가 해결되는 것을 알 수 있다.



[그림 IV-2] 학생 AJ2가 과제1에서 보여주는 메타인지 경로(AERE형)

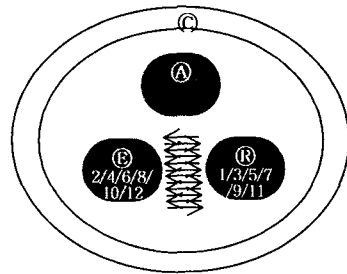
학생 AJ2는 자신이 이미 알고 있는 지식을 이용하여 (3:3)인 경우에 바둑돌을 옮겨본 뒤 최소이동으로 옮겨졌는지 평가를 하고, 현재 바둑돌을 옮긴 방법이 최소이동횟수를 구하는 방법임을 확신하기 위해 다른 경우인 (1:1), (2:2)인 경우까지 바둑돌을 옮기게 되었다. 이로써 A(의식)에서 시작하고 E(평가)를 하여 R(조절)을 하게 되는 과정으로 이루어지는 “AERE 경로”가 나왔다.

다. RE 경로

대부분의 학생들이 3가지의 메타인지 기능을 골고루 사용하였으나 학생 BK3은 의식(A)가 생략된 “RE 경로”를 보였다.

사례3-1. 학생 BK3의 과제1에 대한 사고 경로:
R1 E1 E4 R3 E1 E1 E4 R3 E1 R2 E2 R1 C1 E1
R2 C1 R2 R2 E1 C1 R1 R2 E1 C1 E1 C1 E1

학생 BK3의 메타인지 경로를 인지적 행동들을 제외하고 반복된 기능을 한 개의 대표 기능으로 나타내면 (R E R E R E R E R E R E) 와 같다. 이를 통해 R(조절) 기능과 E(평가) 기능을 빈번이 옮겨가면서 문제를 해결하려는 모습을 [그림 IV-3]과 같이 볼 수 있었으나 문제해결에는 무익한 사고 과정의 반복이었다.



[그림 IV-3] 학생 BK3이 과제1에서 보여주는 메타인지 경로(RE형)

아래 대화에서 알 수 있듯이, 학생 BK3은 문제에 대한 자신의 사전 지식이나 문제해결에 필요한 전략이나 지식을 생각하는 모습을 보이는 것이 아니라 문제를 읽고 바둑돌을 어떻게 옮길 것인가를 생각하는 동시에 바둑돌 옮겼다.

- TR: 문제를 처음 봤을 때 무슨 생각이 들었어요?
- BK3: 바둑돌을 옮겨야 된다고요.
- TR: 옮겨야 된다는 생각 말고 다른 생각은 안 했나요?
- BK3: 검은색 바둑돌부터 옮기고 흰돌을 건너뛰게 해서 차례대로 옮겨야 된다고 생각했어요.(R1)

또한 다음의 대화에서 알 수 있듯이 바둑돌을 옮기면서 이동횟수를 찾고 바둑돌을 옮기는 규칙이 맞았는지 자기 점검을 반복하였다. 바둑돌을 옮기고 나서 “잘 안되네요.” 또는 “아니다 다시 해볼게요.”를 언급하면서 방법을 계속 바꿨다.

- BK3: 21개가 나왔는데 맞는지 생각해볼게요.(E1)
- BK3: (위에서 생각했던 방법으로 다시 바둑돌

을 옮기고 나서) 잘 안되네요.(E1)

BK3: 다시 해볼게요.(다시 검은색 바둑돌 2개를 차례로 옮긴다.)(E4)

BK3: 안돼요. 바둑돌이 더 이상 못가요.

BK3: 다시 해볼게요.(다시 검은색 바둑돌을 밀면서 옮긴다.)(R3)

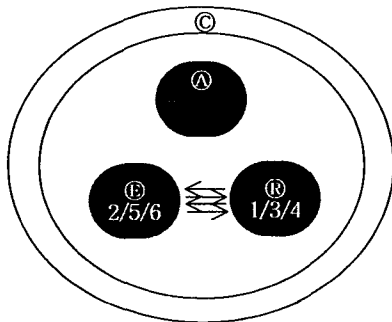
BK3: 아닌 것 같아요.(E1)

BK3: (새로운 전략에 의해 다시 해보고 난 뒤) 아닌 것 같다.(E2)

학생 BK3은 A(의식) 기능을 사용하지 않고 문제를 해결하였으며 문제를 해결하는 과정에 계속적으로 R(조절)과 E(평가) 기능을 반복하였다. 모든 문제해결 과정이 R과 E가 반복되는 과정 때문에 메타인지 경로의 길이는 길었지만 문제해결은 성공하지 못하였다.

사례3-2. 학생 BK3의 과제2에 대한 사고 경로:
C3 R1 E5 C3 C1 R4 R2 C1 E5 E1

학생 BK3은 과제 1뿐만 아니라 과제 2에서도 A(의식) 기능을 사용하지 않고 문제를 해결하려 하였다. 인지적 행동을 제외한 메타인지적 사고 과정을 보면 (R E R R E E)의 과정으로 “RE 경로”를 통해 문제를 해결하였다. 이 경로를 메타인지 모델로 나타내면 [그림 IV-4]와 같은 모델이 나타난다.



[그림 IV-4] 학생 BK3이 과제2에서 보여주는 메타인지 경로(RE형)

BK3학생이 A(의식) 기능을 사용하지 않고 문제를 해결한 원인을 분석해보면 바둑돌 옮기기 과제에서는 과제가 다소 생소한 문제이기 때문에 경험이 없어서 A(의식) 기능을 사용하지 않았을 것으로 볼 수도 있다. 과제2 축구공의 비밀 과제에서는 A교육청 학생들 모두 정다면체에서 오일러의 정리가 성립하는 것을 모두 알고 있었고 그것의 복습에 이어 준정다면체를 알아보는 것으로 시작하였다. 문제해결이 끝난 뒤 답을 점검하는 과정에서 오일러의 정리가 성립된다는 것을 알았고 오일러 정리를 알고 있으면서도 연관성을 찾지 못해서 적합한 지식을 인출하지 못한 것을 원인으로 볼 수 있다. 따라서 사전 지식이 있더라도 그러한 것을 의식하는 메타인지적 의식 기능이 부족하다면 문제해결에 필요한 요소를 인출해내지 못한다는 점을 도출할 수 있다.

문제해결의 중간 과정에서 곤란을 겪는 경우는 학생들이 때때로 의식 기능을 다시 사용하기도 했다. 3명의 학생의 경우 문제 해결 과정에 다시 의식 기능을 사용해 문제해결을 시도하면서 자신이 지닌 해결 전략을 이용하여 무엇을 할지 알아보거나 이전에 알고 있던 지식을 생각해낸 다음 그 지식을 활용하여 해결하려고 노력하였다.

<표 IV-2>와 <표 IV-3>에서 메타인지적 경로와 메타인지의 기능별 빈도를 정리하였다. 이를 통해 확인한 결과, 본 연구에서 나타나는 메타인지 경로는 ARE, RE, AERE의 3가지 경로뿐이었다. “ARE 경로”는 학생들이 대체적으로 선호하는 경로로 14개의 사례 중 11개의 사례에서 7명 중 6명이 “ARE 경로”를 나타냈다. 7명 중 1명이 두 번 모두 “RE 경로”로 문제를 해결하였으나 모두 실패하여 A(의식) 기능을 사용하지 않는 경우 문제해결에서 어려움을 겪는다는 점을 알 수 있었다. 특히, 집단의 수준이 높을수록 “ARE 경로”를 선호하였으며 문제해결에 성공한 학생들이 대체적으로 이러한 경

로 사고하였다.

보면, 가장 적은 빈도수를 보인 것은 A(의식)

각각의 메타인지 경로에서 학생들이 사용한
3가지 메타인지적 기능의 사용에 대해서 알아

기능이다. 그러나 메타인지적 의식을 사용하지
않는다면 학생 BK3의 경우에서와 같이 적합한

<표 IV-2> 메타인지적 경로 분석(종합)

구분	과제	메타인지적 행동																													메타인지 경로	문제해결 성공	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			30
BK1	바둑돌	A1	A2	R1	C3	E2	E4	R3	E4	E1	E5	R1	R2	A5	C3	C1	R2	E1	R1	R2	A5	E5	A5	R2	R1	E1	E5	C2	E1	E5	ARE	O	
	축구공	A1	A2	A4	A5	R1	C3	C3	E1	E5	E2	R3	C3	R2	R1	R4	C2	C3	E1	E5	C3	E2	R2	C2	C3	E5	R3	R4	C2	R1	R4	ARE	X
BK2	바둑돌	A2	R1	R3	A5	C3	E4	E4	E1	R2	R4	E4	C3	C1	E4	E1	C3	E4	C3	R4	C1	E4	R2	R4	A2	A3	E1	R2	E1	E5	R2	ARE	O
	축구공	A1	A2	A4	C3	A5	R1	E1	R1	C3	C2	C2	E1	E5	A1	C1	C2	E5	ARE	O													
BK3	바둑돌	R1	E1	E4	R3	E1	E1	E4	R3	E1	R2	E2	R1	C1	E1	R2	C1	R2	R2	E1	C1	R1	R2	E1	C1	E1	C1	E1	RE	X			
	축구공	C3	R1	E5	C3	C1	R2	E5	R4	C1	E5	E1	RE	X																			
AJ1	바둑돌	A1	A3	A4	A5	C3	R3	R1	E4	E2	E1	C1	E5	C2	ARE	O																	
	축구공	A5	R1	E2	E1	A5	C3	E5	R3	A5	R2	R4	C2	E5	E4	C2	ARE	O															
AJ2	바둑돌	A1	A2	A4	A5	E1	E2	R2	R1	C3	C1	E1	E4	E5	C1	C2	R1	R3	E1	E2	C2	AERE	O										
	축구공	A2	A3	A4	R1	A1	E4	A5	R3	R2	E1	E2	R4	C3	C1	E5	ARE	O															
AJ3	바둑돌	A2	A5	R1	C1	C3	A5	E2	C3	E2	C1	E1	R4	R3	C2	C1	E1	E4	C1	C2	E5	ARE	O										
	축구공	A1	A3	R1	C3	C1	C3	C1	E4	E1	ARE	O																					
AJ4	바둑돌	A2	A5	R1	E1	E5	R4	R2	E1	E5	R2	C3	R2	R1	C2	E2	E1	E5	C2	ARE	O												
	축구공	A1	A4	A2	A5	R1	C3	E2	C3	R3	E1	E5	C2	ARE	O																		

<표 IV-3> 각 학생들이 보여준 메타인지적 행동의 빈도 분석

구분	B 집단						A 집단								총계	
	BK1		BK2		BK3		AJ1		AJ2		AJ3		AJ4			
과제	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공	바둑돌	축구공
성공	○	×	○	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
의식 (A)	1	1	1		2				1		1	1			1	1
	2	1	1	2	1						1	1	1		1	1
	3			1					1				1			
	4		1		1				1	1	1	1			1	2
	5	3	1	1	1				1	4	1	1	2		1	1
소계	5	4	4	5	0	0	4	5	4	5	3	2	2	4	22	25
평가 (E)	1	4	5	5	2	9	1	1	1	3	1	2	1	3	1	27
	2	1	3			1		1	1	2	1	2		1	1	8
	3		1													0
	4	2	1	7		2		1		1	1	1	1			14
	5	4	7	1	2		3	1	1	1	1	1		3	1	11
소계	11	17	13	4	12	4	4	3	7	4	6	2	7	3	60	37
조절 (R)	1	4	5	2	2	3	1	1	1	2	1	1	1	2	1	15
	2	4	5	8		5	1		1	1	1			3		22
	3	1	3	1		2		1	1	1	1	1			1	7
	4		6	3			1		1		1	1		1		5
소계	9	19	15	2	10	3	2	4	4	4	3	1	6	2	49	35
총계	25	40	32	11	22	7	10	12	15	13	12	5	15	9	131	97

지식과 전략의 인출과 전반적인 문제해결 과정 파악과 진행 방향 결정에 어려움을 겪게 된다. 처음 문제를 이해하는 과정에서 이미 알고 있는 지식과 전략에 대해 생각하고 문제해결에 유용한 것을 인출하여 적용할 수 있어야 한다. 또한 문제해결 과정 중에 문제해결에 유용한 사전 지식을 활용할 수 있도록 의식하고 있어야 한다.

3 가지 메타인지적 기능 중에서 가장 높은 빈도수를 보인 것은 E(평가) 기능으로 더 나은 R(조절)을 하기 때문에 R(조절) 기능이 E(평가) 기능 다음으로 높은 빈도수를 보였다. E(평가) 기능 중에서도 E1 “나는 ‘이것이 맞나?’라고 생각했다.”와 E5 “나는 답을 점검했다.”에 가장 높은 빈도수를 보였다. E(평가) 기능 중에서 E3 “나는 ‘내가 그것을 할 수 없다’고 생각했다.”는 거의 나타나지 않는 사고였다. R(조절) 기능 중에서 R1 “나는 그것을 해결할 계획을 세웠다.”의 메타인지적 사고를 빈번히 하였다. 학생들이 평소애 문제를 해결하기에 앞서 머릿속으로 해결 계획을 세우고 그 계획에 따라 실행에 옮기는 메타인지적 사고 습관이 형성되어 있다는 것을 알 수 있다. 과제 1의 경우 과제 2와 다르게 R2 “나는 문제를 해결하기 위해 다른 방법을 생각했다.”를 자주 하였다. 이것은 과제의 특성상 과제 1(바둑돌 옮기기)이 난이도가 높고 학생들에게는 생소하였기 때문이다.

7명의 학생들이 나타난 메타인지 경로의 유형과 각 문제해결의 성패를 종합하면 <표 IV-4>와 같다.

<표 IV-4> 메타인지의 경로 유형과 각 문제해결의 성패

구분	과제 1 (바둑돌 옮기기)		과제 2 (추구공의 비밀)	
	메타인지 경로	문제해결 성공 실패	메타인지 경로	문제해결 성공 실패
A집단	ARE 경로 AERE 경로	3명 1명	ARE 경로 ·	4명 ·
B집단	ARE 경로 RE 경로	2명 · 1명	ARE 경로 RE 경로	1명 · 1명

2. 메타인지적 기능이 문제해결 과정에 미치는 영향

본 연구의 대상자 대부분이 메타인지적 의식, 평가, 조절 기능을 골고루 사용하기는 하지만 그렇더라도 모두가 문제해결에 성공하는 것은 아니었다. 적절하지 못한 지식과 전략을 선택하고 문제해결의 과정을 잘못 점검했을 경우 시행착오를 하다가 실패하기도 하였다. 유사한 경로로 문제를 해결한 학생들이 동일한 메타인지적 사고를 했다하더라도 메타인지적 사고의 능력에 따라 문제해결의 성패는 달랐다. 또한 한 과제의 해결 과정에서 동일한 메타인지적 행동을 했음에도 불구하고, 메타인지적 사고가 이로운 방향으로 활성화된 정도에 따라 문제해결이 각각 다르게 전개되었다.

따라서 여기서는 우선 동일한 ARE 경로를 보인 두 학생(AJ4, BK1)이 사용한 동일한 메타인지 사례를 비교해 본다.

가. 같은 경로 내에서 동일한 메타인지의 사용

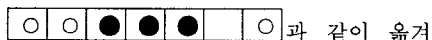
동일한 메타인지적 평가 기능을 이용하여 문제해결 과정을 점검하였을지라도 선택한 전략과 지식이 문제해결에 효과적으로 작용하는지 또는 문제해결이 본인이 의도한 대로 잘 되어 가고 있는지에 대해 판단하는 능력에서는 차이를 보였다.

또한 한 학생이 문제를 해결하면서 동일한 메타인지적 사고를 하였더라도 문제해결에 직접적으로 도움이 된 경우가 있는가 하면 그렇지 않은 경우도 있었다. 14개의 메타인지적 행동 중에서 E1, E5의 동일한 메타인지를 사용하였을 경우 문제해결에서 성공과 실패를 보인 사례는 다음과 같다.

1) 두 과제에 모두 성공한 사례(학생 AJ4)
 가) 학생 AJ4의 과제1에 나타난 메타인지
 AJ4 학생은 과제 1에서 E1, E5 메타인지적
 행동을 3번 사용하였다. AJ4는 처음에 문제지
 를 읽고 머릿속으로 계획한대로 실행에 옮겨보
 고 점검하면서 E1, E5의 메타인지적 사고를 했
 다. 그 결과로 앞으로 전진했다 뒤로 가는 과
 정이 반복되면 횡수가 증가된다는 사실을 알고
 후퇴하는 과정이 없어야만 최소이동횡수를 구
 할 수 있다는 점을 이해하였다. 바둑돌의 최소
 이동횡수를 구하는 규칙을 발견했으나 이 규칙
 대로 (3:3)인 경우에 바둑돌을 최소로 이동시키
 는 방법을 알 수가 없자 바둑돌의 개수를 줄이
 는 방법을 생각해냈다. (2:2)인 경우로 단순화하
 여 바둑돌을 후퇴하지 않고 전진만 하여 최소
 이동횡수를 구하는 방법을 고안해내었다. 이러
 한 과정을 살펴보면 다음과 같다.

AJ4: (다시 처음부터 방금 했던 방법대로 바둑
 돌을 옮기면서 점검함)(E5) (앞으로 전진
 했다 뒤로 가는 과정이 반복되어 횡수가
 증가했다는 것을 알게 됨)

AJ4: (옮기는 방법을 바꾸어 검은색 바둑돌을
 한꺼번에 흰색 바둑돌 쪽으로



과 같이 옮겨
 버림)(R4) (다시 뒤로 갔다 앞으로 가는 과
 정이 반복된다는 것을 알게 됨)…(생략)…

AJ4: (다시 바둑돌을 옮기면서 어디에서 잘못됐
 는지 점검해봄)(E5) …(생략)…

AJ4: (3:3)인 경우를 15번 만에 했지? 그럼 4개
 갖고 이 방법대로 해봐야겠어요.(R2)

AJ4: ((4:4)인 경우에 자신이 해결방법이라고
 생각한 전략대로 바둑돌을 이동시킴)…
 (생략)…

AJ4: ((3:3)인 경우에 바둑돌을 다시 옮겨봄) 하
 나, 둘, 셋, 넷, …… (자신이 생각한 방법
 대로 (4:4)인 경우에도 바둑돌을 옮겨본
 뒤 (5:5)인 경우에는 바둑돌을 옮겨보지
 않고 최소이동횡수를 35개로 예상해냄) 5

개일 때는 35개다!(R1)

AJ4: (바둑돌이 1, 2, 3, 4, 5개일 때 최소이동횡
 수를 일반화시켜 식을 구함)(C2)

AJ4: 다시 해볼게요. ((5:5)의 바둑돌을 다시 옮
 기면서 35개가 안 나오자)(E2)…(생략)…

AJ4: (자신이 옮긴 과정을 다시 처음부터 하나
 씩 점검하면서) 하나, 둘, 셋, 넷, …, 열
 셋? 다시 해봐야겠다. 하나, 둘, 셋, 넷, 다
 셋, 여섯, 일곱, 여덟, 아홉, 열.(E5)

AJ4 학생이 사용한 메타인지 중에는 동일한
 메타인지적 사고를 하였다더라도 문제해결의 성
 공과 직접적인 연관성을 보이지 않는 것도 있
 었다. 하지만 자신의 문제해결에 대해 정확하
 게 판단하고 조절함으로써 적절한 전략과 지식
 을 구성할 수 있게 되고 구성한 지식과 자신이
 적용한 지식을 재구성해나가면서 성공할 수 있
 었던 것으로 보인다.

나) 학생 AJ4의 과제2에 나타난 메타인지

AJ4 학생은 과제 1에서 E1, E5 메타인지적
 행동을 1회 사용하였다. 과제를 받은 직후 문제
 를 바르게 의식하고, 면, 모서리, 꼭지점의 개수
 를 구하는 사이에 계속적으로 자신이 어떻게
 해결하고 있는지를 생각하면서 문제해결에 이
 르는 사고의 전 과정을 의식하고 있었다. 그리
 고 “나는 다음에 해야 될 것을 생각했다.”(R3)
 에서 축구공을 만지면서 면, 모서리, 꼭지점의
 개수 사이의 관계에 대해 생각하고 기록하였
 다. 자신의 기록 “면의 개수 + ”을 보고 “나는
 ‘이것이 맞나?’ 생각했다.”(E1)와 같이 식을 완
 성하는 내내 맞는지 생각하고 기록하고 수정하
 면서 “나는 답을 점검했다.”(E5)의 생각을 하였
 다. 그 결과 축구공의 면, 모서리, 꼭지점의 개
 수를 구하였고(C3) 그 사이에서 오일러의 정리
 를 발견하여 준정다면체에도 “면의 개수+꼭지
 점의 개수-모서리의 개수=2”가 적용된다는 사
 실(C2)을 알게 되었다.

- AJ4: (꼭지점의 개수를 구하는 식을 $6 \times 20 + 5 \times 12$ 로 기술하다가 모서리에 대한 식을 $(6 \times 20 + 5 \times 12) \div 2 = 90$ 로 일부 수정한 후에 다시 꼭지점의 식으로 와서 괄호를 추가하여 $(6 \times 20 + 5 \times 12) \div 3 = 60$ 으로 나타냄)(E2)
- AJ4: (축구공의 면, 모서리, 꼭지점의 개수를 모두 구함)(C3)
- AJ4: (자신이 기록해놓은 축구공의 면, 모서리, 꼭지점의 개수를 살핌)(R3)
- AJ4: (축구공의 면, 모서리, 꼭지점 사이의 관계에 대해 “면의 개수+꼭지점의 개수-모서리의 개수=2”를 기록하고 난 뒤 맞는지 확인함)(E1)
- AJ4: (자신이 기록한 것을 처음부터 다시 살펴본 후)다했어요. 간단한데.(E5)
- AJ4: (축구공의 면, 모서리, 꼭지점의 개수 사이에서 오일러의 정리가 성립된다는 것을 발견함)(C2)

학생 AJ4는 문제에 대해 이해하고 적절한 계획을 세워 해결하면서 문제해결 과정을 정확하게 의식하고 조절하여, 한 번의 E1, E5 메타인지적 평가 과정으로 쉽게 문제를 해결하였다.

2) 과제 1은 성공 · 과제 2는 실패한 사례(학생 BK1)

가) 학생 BK1의 과제1에 나타난 메타인지 학생 BK1은 과제 1에서 E1와 E5를 각각 4회씩 사용하였다. 문제를 이해한 뒤 해결할 계획을 세우고 계획대로 바둑돌을 옮기고 자신이 어떻게 했는지 계속 점검했다. 자신이 사용한 지식 및 전략에 대해 평가를 한 뒤 맞지 않으면 더 나은 조절이 이루어져서 적합한 지식을 구성하였다. R(조절)과 E(평가)의 기능이 계속 반복되는 시행착오의 과정을 거쳐 문제를 해결할 수 있었다.

BK1: (바둑돌의 개수를 (2:2)인 경우로 바꿔서

이동횟수 구해봄)(R2)

BK1: (자신이 구한 (2:2)의 방법을 적음)

BK1: ((2:2)의 이동횟수를 구한 자신의 방법이 맞는지 확인함)(E1) 2개일 때는 8개가 최소예요.

BK1: ((4:4)의 이동횟수를 구하려고 함)(R2)

BK1: (4개일 때 바둑돌을 이동시킬 계획을 세움)(R1)

BK1: 24개요. (맞는지 다시 옮겨보면서 확인해봄)(E1)

BK1: 후퇴를 하면 한 번이 더 늘어나기 때문에 후퇴를 안해서 24개가 나왔어요. 예를 들면 검은색이 오른쪽으로 갔다가 다시 뒤로 오면 최소가 안되잖아요. 이런 경우가 1번도 없고 하나씩 차근차근 앞으로 갔어요.(E5)

나) 학생 BK1의 과제2에 나타난 메타인지 학생 BK1은 과제 2에서 E1은 4회, E5은 5회를 사용하였다. 앞의 과제 1의 해결 과정과 같은 방식으로 문제를 이해한 뒤, 해결할 계획을 세우고 계획대로 면, 모서리, 꼭지점의 개수를 구하면서 자신이 어떻게 했는지 점검하였다.

BK1: (모서리의 개수에서 틀린 점을 발견하여 고침)(E1)

BK1: (모서리의 개수가 맞는지 다시 확인해봄)(E5)…(생략)…

BK1: (모서리의 개수를 구한 다음 맞는지 점검함)(E1)

BK1: (꼭지점의 개수는 모서리를 구한 방법과는 다른 방법으로 구해보려고 함)(R2)

BK1: (꼭지점의 개수를 구하기 위해 다른 방법으로 바꿈)(R4)

BK1: (축구공의 개수가 맞았는지 확인해봄)(E1)…(생략)…

BK1: 육각형이 6개잖아요. 6개에서 2개 합쳐서 볼 때 3번이 겹친다고 하면 ÷3을 하고……. 잘 모르겠어요.(E3) (다시 생각함)(R2)

BK1: (공을 보면서 다시 생각해봄) 이제 좀 알겠어요.(R4)

BK1: 두 개의 오각형이 있으면 접해있는 육각형 때문에 꼭지점이 2개 밖에 없게 돼요. 이런 육각형이 6×20해서 120개면 서로 겹치지 않게 20개가 있고…….(E5)

학생 **BK1**은 문제를 해결하기 위해 많은 메타인지적 사고를 하였으나 이전에 이미 사용했던 방법에서 크게 벗어나지 않는 비슷한 전략을 사용하여 시행착오를 반복하였다. 문제해결 과정을 적절히 판단하고 평가하는 능력이 부족하였으며 적절한 전략과 지식을 적용하지 못했기 때문에 문제를 해결하기 어려웠다.

이상에서 살펴 본 바에 따르면, 같은 경로에서 동일한 메타인지를 사용하였다더라도 문제해결 과정에서는 차이를 보였다. 자신의 메타인지적 지식을 잘 의식하고 메타인지적 조절 및 평가능력이 높은 학생들(A집단)은 필요한 전략을 구성하는 능력이 뛰어나며 문제해결 상황을 정확하게 판단하고 구성된 지식을 적합하게 활용하는 등 문제해결에 대한 조정과 제어 능력이 높은 면을 볼 수 있다. 그러나 메타인지적 지식을 의식하여 활성화하더라도 적합하지 않은 경우 문제해결에 긍정적인 영향을 미치지 않을 수도 있다.

나. 문제해결에 이르는 메타인지적 사고 과정의 길이

문제해결에 이르는 메타인지적 사고 과정의 길이를 살펴보면 문제해결에 어려움을 겪은 학생의 경우 대부분 사고 과정이 길게 나타났고, 그렇지 않은 학생들의 경우 사고 과정이 간결·명확하게 나타났다.

1) 간결하게 사고하여 성공·실패한 경우

A 집단의 경우 모든 학생들이 간결한 과정으로 문제해결에 성공하였다. 그러나 B집단의 경우는 메타인지적 사고 과정의 길이가 간결하

다고 해서 모두 성공한 것은 아니다. **BK3** 학생의 경우 간단하게 사고하였지만 문제해결의 처음부터 어려움을 겪었고 결국은 해결에 실패하였다.

가) 간결하게 사고하여 성공한 경우

A 집단의 학생들은 모두 간결한 메타인지적 사고 과정으로 성공했지만 그 중에서 학생 **AJ1**의 과제 1과 학생 **AJ3**의 과제 2를 해결과정이 대표적이다. 이 학생들의 문제해결 중에 나타나는 메타인지적 사고를 관찰하면 동일한 시행착오를 거의 반복하지 않으면서 메타인지적 사고가 간결·명료하게 표현되었다. 메타인지적 사고 과정의 경로를 살펴보면 다음과 같다.

사례4. 학생 **AJ1**의 과제1에 대한 사고 경로:

A1 A3 A4 A5 C3 R3 R1 E4 E2 E1 C1 E5
C2 C3 R1 E5 C3 C1 R4 R2 C1 E5 E1

사례5. 학생 **AJ3**의 과제2에 대한 사고 경로:

A1 A3 R1 C3 C1 C3 C1 E4 E1

위의 사례 4와 사례 5를 보면 문제해결 중간에 **R(조절)**과 **E(평가)**의 기능을 반복하면서 시행착오하는 과정이 전혀 나타나지 않는다. 문제를 처음 읽고 가장 적합한 지식과 전략을 구성하여 적용한 뒤 적절하다고 판단되면 그 지식을 활용하여 새로운 지식으로 구성해 가면서 문제를 해결하게 된다.

나) 간결하게 사고하여도 실패한 경우

사례 3-2(학생 **BK3**)에서 이미 살펴본 바와 같이 간단하게 사고하였으나 문제해결에 실패한 경우도 있다. **BK3**은 과제 2에서 면, 모서리의 개수까지는 구했으나 그 뒤 모서리의 개수

는 끝까지 찾아낼 수 없게 되자 이후로 자신감을 잃는 모습이 발견되었다. 자신이 구한 면, 모서리, 꼭지점의 개수를 고치면서 식이 성립 되도록 만들고 고친 개수에 대해서는 더 이상 생각하지 않고 문제를 끝냈다. 학생의 메타인지적 사고 능력과 인지적 능력이 낮고 메타인지적 지식이 결여되어 있다면 메타인지적 사고 과정이 제한되어 문제해결이 어렵게 된다.

2) 오래 사고하여 성공·실패한 경우

오랜 시간동안 메타인지적 사고를 하였을 때 문제해결에 성공한 경우가 있는가 하면 성공하지 못한 경우도 있다. 문제해결에서 어려움을 겪고 있는 학생들은 더 오랜 시간 동안 메타인지를 쓸 필요가 있을 수도 있지만, 메타인지적 사고가 길다고 해서 반드시 문제해결에 실패한 경우로도 볼 수 없다.

가) 오래 사고하여 성공한 경우

학생 BK2는 처음에 바둑돌을 옮겨보다가 15개의 최소이동횟수를 찾았지만 그것이 최소인지를 확신할 수가 없어서 여러 가지 전략을 적용하여 이진법과 +1, -1 기호 표기법까지 사용하였다. 그리고 4개인 경우로 확장하여 생각해보다가 3개인 경우와 연관지어 본 결과 교대패턴이 나올 경우 최소가 된다는 규칙을 알고 교대패턴이 나오기까지의 과정과 그 후의 과정에서의 횟수를 더하게 되면서 일반식을 구하게 되었다.

사례6. 학생 BK2가 과제1에 대한 사고 경로:
A2 R1 R3 A5 C3 E4 E4 E1 R2 R4 E4 C3
C1 E4 E1 C3 E4 C3 R4 C1 E4 R2 R4 A2
A3 E1 R2 E1 E5 R2 C3 C1 R1 E1 R2 R2
R2 R2 R2 C1 E4 C2 C1 C1

그는 비록 많은 시행착오를 겪었으나 문제해결의 흐름을 잃지 않고 자신감 있게 끝까지 해결하려고 노력하였다. 문제를 해결하기 위해 해결 방법과 관련이 없는 지식까지 적용하여 실패하는 과정을 거치면서 문제점을 파악하고 적합한 전략을 구성하였다. 새로운 전략에 의해 문제해결 과정이 정상 궤도에 오르게 되자 시행착오를 통해서라도 일반식을 만들어 다양한 경우에 적용시킬 수 있었다.

나) 오래 사고하여도 실패한 경우

BK1 학생은 과제2에서 42개의 메타인지적 행동을 나타내면서 문제를 해결하기 위해 많은 노력을 하였으나 결국은 실패하였다. 꼭지점의 개수를 구하는 방법에 대해서 여러 번의 시행착오를 겪는 과정에서 자신이 적용했던 전략을 의식하지 못하고 있었으며 잘못된 점을 판단해내는 능력이 점점 나타나지 않다가 자신감을 잃은 모습을 보였다. 문제해결 전 과정에서 어떻게 해결하고 있는지에 대해 파악하지 못한 상태로 평가가 이루어지기 때문에, 어디에서 무엇이 잘못됐는지 판단하지 못하였다. 또한 더 나은 전략과 지식을 구성하지 못하여 성공에 이르게 하는 메타인지적 조절 행동을 보여주지 못하였다.

이상에서 분석한 바와 같이 문제해결의 과정에서 곤란을 겪은 학생의 경우 대부분 사고 과정이 길게 나타났고, 풀이에 성공한 학생들의 경우는 사고 과정이 간결·명확하게 나타났다. 이것은 학생이 문제를 해결하기 위해 적합한 지식과 전략이 구성되도록 많은 메타인지적 사고를 하여, 시행착오를 겪는 과정에서 R(조절)과 E(평가) 기능을 반복하여 사용하기 때문이다. 반면, 문제해결에 쉽게 성공한 학생들은 자신의 메타인지적 지식에 대해 잘 파악하고 있으며, 문제를 바르게 이해하여 적합한 지식과

전략을 선택하는 메타인지적 사고 능력이 높고, 이러한 메타인지적 사고로 활성화된 인지적 사고의 수준 또한 높아 시행착오 없이 성공할 수 있었기 때문이다.

V. 결 론

본 연구는 초등수학영재들이 수학 과제를 해결하는 과정에서 활성화되는 메타인지적 사고의 과정을 분석하여 메타인지적 기능이 문제해결 과정의 성패에 미치는 영향을 조사하고, 이를 통해 메타인지적 사고를 활성화할 수 있는 방안에 대한 시사점을 제안하고자 하였다. 수준이 다른 두 집단에서 선택한 7명의 초등수학영재로부터 얻은 14가지의 사례를 Wilson & Clarke(2004)의 메타인지 모델을 기반으로 분석하였다. 그 결과, 수학 문제해결 과정에서 학생들은 일반적으로 그들이 이미 알고 있는 지식을 의식하는 것으로 시작하였다. 조절과 평가 기능이 서로 다른 순서로 일어나기도 했지만 메타인지 경로는 전형적으로 문제해결 과정을 점검하는 평가로 완결됐다. 그러나 학생들의 메타인지 경로에서는 약간의 차이를 보여 다음의 3가지 결론을 얻었다.

첫째, 학생들의 메타인지적 사고 과정에서 나타난 메타인지 경로로 ARE, AERE, RE의 3가지 경로를 확인하였는데, 이중 대부분의 학생들이 ARE 방식을 보였다. 둘째, 메타인지적 의식(A)을 사용하지 않는 RE경로는 선행연구에서는 확인되지 않은 사례였는데, 이 경우는 적합한 지식과 전략의 인출 및 전반적인 문제해결 과정 파악과 진행 방향 결정에 어려움을 겪게 된다. 셋째, 과제의 성격이나 수준에 따라라도 학생이 사용하는 메타인지 경로에는 차이가 있을 수 있다.

메타인지적 기능이 문제해결 과정에 미친 영향은 다음과 같다. 첫째, 같은 경로로 문제를 해결한 학생들이 동일한 메타인지적 사고를 하여도 메타인지적 사고의 능력에 따라 문제해결의 성패가 달라졌다. 또한 학생이 한 과제의 해결 과정에서 동일한 메타인지적 행동을 했음에도 불구하고, 그 당시에 메타인지적 사고가 이로운 방향으로 활성화된 정도에 따라 문제해결이 각각 다르게 전개되었다. 둘째, 자신의 메타인지적 지식에 대해 잘 의식하고 메타인지적 조절 및 평가 능력이 높은 학생이라면 필요한 전략을 구성하는 능력이 뛰어나며 문제해결 상황을 정확하게 판단하고 구성한 지식을 적절하게 활용하는 등 문제해결에 대한 조절과 제어 능력이 높은 면을 볼 수 있었다. 하지만 메타인지적 지식을 의식하여 활성화하더라도 적합하지 않은 경우 문제해결에 이로운 영향을 미치지 않을 수도 있다. 셋째, 문제해결에 이르는 메타인지적 사고 과정의 길이를 살펴보면 문제해결에 어려움을 겪은 학생의 경우 대부분 사고 과정이 길게 나타났고, 그렇지 않은 학생들의 경우 사고 과정이 간결·명확하게 나타났다.

문제해결에 도움이 되는 메타인지적 사고를 알아본 결과 학생들의 메타인지적 사고를 활성화하기 위해서는 다음 3가지의 시사점을 얻을 수 있다. 첫째, 교사는 학생으로 하여금 문제를 해결하는데 필요한 전략과 절차를 다양한 문제 상황에서 더 많이 의식하도록 하는 훈련을 할 필요가 있다. 둘째, 학생은 문제를 해결하는 동안 자신의 행동을 모니터하고 평가하는 메타인지적 사고를 습관화할 필요가 있다. 셋째, 교사는 학생이 당면한 문제의 상황과 수준을 고려할 뿐만 아니라 각 학생의 독특한 사고 특성을 이해하고 그에 따라 적절한 지식 및 전략을 조절하고 활용할 수 있는 능력을 길러줄 필요가 있다.

학생들의 메타인지를 활성화하기 위해 교사는 교수학적 상황에서 메타인지적 언어를 지속적으로 사용하여 비교수학적 상황에서도 익숙해지도록 내면화시키는 전통적인 교수학적 상황을 좀 더 구체화하여 각 학생들의 메타인지적 사고특성에 적합한 발문법을 개발할 필요가 있다. 이를 위해서는 문제해결에 당면한 학생의 개별적인 사고특성을 파악한 상황에서 조연자로서의 메타인지적 사고를 유발시키는 보다 구체화되고 적절한 발문을 하여 다양한 문제 상황에서 학생들이 제대로 된 지식과 전략을 선택하여 조절 및 점검할 수 있도록 하는 교사 훈련이 필요하다.

한편, 본 연구는 내용적 지식이 메타인지 과정에 미치는 영향은 분석하지 못하였으므로 이에 대한 후속연구가 필요하다.

참고문헌

- 김수미(1992). 수학교육에서의 메타인지 개념에 대한 고찰. *대한수학교육학회 논문집 2 (2)*, 95-104.
- 김수미(1996). 메타인지 개념의 수학적 고찰. 서울대학교 교육학 박사학위논문.
- 송상현·임재훈·정영옥·권석일(2007). 초등수학영재들이 페그퍼즐 과제에서 보여주는 대수적 일반화 과정 분석, *수학교육학연구*, 17(2), 163-177.
- 신은주(1994). 중학생들의 모델링 활동에서 메타인지 분석에 관한 사례연구. *수학교육학연구*, 14(4), 403-419.
- 이경화(2003). 수학 영재교육 자료의 개발과 적용 사례 연구. *학교수학* 13(3), 365-382.
- 이양기(1997). 메타인지적 사고를 향상시키기 위한 수업형태가 문제해결력에 미치는 영향 분석. 한국교원대학교 교육학 석사학위논문.
- 채미희(2005). 문제 해결력 신장을 위한 협동 학습 중심의 메타인지적 능력 활성화 가능성 탐구. 숙명여자대학교 대학원 교육학 석사학위 논문.
- 최은희(2005). 메타인지 전략을 활용한 수업이 초등학생의 수학적 추론과 표현에 미치는 효과. 이화여자대학교 대학원 교육학 석사학위논문.
- Artzt, A. F., & Thomas, E. A. (1997). Mathematical problem solving in small groups: Exploring the interplay of student's metacognitive behaviors, perception, and ability level. *Journal of Mathematical Behavior*, 16(1), 63-74.
- 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*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 65-116.
- Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring : A new area of cognitive developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- Garofalo, J., & Lester, F. (1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16(3), 163-176.
- Gloria, A. S., & Galbraith, P. L. (1998). Applying mathematics with real world connection: Metacognitive characteristics of secondary students. *Educational Studies in*

- Mathematics*, 36, 157-195.
- Kapa, E. (2001). A metacognitive support during the process of problem solving in a computerized environment. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 317-336.
- Kramarski, B., Mevarech, Z. R., & Arami, M. (2002). The effect of metacognitive instruction on solving mathematical authentic tasks. *Educational Studies in Mathematics*, 49, 225-250.
- Lesh, R., Lester, F. K., & Hjalmarson, M. (2003). A model and modeling perspective on metacognitive function everyday situations where problem solvers develop mathematical constructs. In H. M. Doerr & R. Lesh (Eds.), *Beyond constructivism: A models and modeling perspective on problem solving, learning, and teaching*(pp. 383-404). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lester, F. K. (1994). Musings about mathematical problem-solving research: 1970-1994. *Journal for Research in Mathematics Education*. 25(6), 660-675.
- Mevarech, Z. R., & Kramarski, B. (1997). IMPLOVE: A multidimensional method for teaching mathematics in heterogeneous classrooms. *American Educational Research Journal*, 34(2), 365-394.
- Mevarech, Z. R. (1999). Effect of metacognitive training embedded in cooperative settings on mathematical problem solving. *Journal of Educational Research*, 92(4), 195-205.
- O'Neil, H. F., & Brown, R. S. (1998). Differential effects of question formats in math assessment on metacognition and affect. *Applied Measurement in Education*, 11(4), 331- 351.
- Schoenfeld, A. H. (1987). What's all the fuss about metacognition? In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive science and mathematics education*(pp. 189-215). Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Schurter, W. A. (2002). Comprehension monitoring: An aid to mathematical problem solving. *Journal of Developmental Education*, 26(2), 22-33.
- Silver, E. A. (1987). Foundations of cognitive theory and research for mathematics problem solving instruction. In A. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive Science and Mathematics Education* (pp. 33-60). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wilson J. (2001). *Methodological Difficulties of Assessing Metacognition: A New Approach*. Paper presented at the Annual Meeting of the Australian Association for Research in Education(Fremantle, Western Australia, Australia, December 2-6, 2001).
- Wilson, J., & Clarke, D. (2004). *Towards the Modelling of Mathematical Metacognition*, MERG.

A Study on the Cases of Mathematically Gifted Elementary Students' Metacognitive Thinking

Shin, Eun Ju (Gyeongin National University of Education)

Shin, Sun Hwa (SurkChun Elementary School)

Song, Sang Hun (Gyeongin National University of Education)

This research is designed to analyze the metacognitive thinking that mathematically gifted elementary students use to solve problems, study the effects of the metacognitive function on the problem-solving process, and finally, present how to activate their metacognitive thinking. Research conclusions can be summarized as follows:

First, the students went through three main pathways such as ARE, RE, and AERE, in the metacognitive thinking process. Second, different metacognitive pathways

were applied, depending on the degree of problem difficulty. Third, even though students who solved the problems through the same pathway applied the same metacognitive thinking, they produced different results, depending on their capability in metacognition. Fourth, students who were well aware of metacognitive knowledge and competent in metacognitive regulation and evaluation, more effectively controlled problem-solving processes. And we gave 3 suggestions to activate their metacognitive thinking.

* **Key words** : metacognitive thinking(메타인지적 사고), metacognitive knowledge(메타인지적 지식), metacognitive regulation(메타인지적 조절) the mathematically gifted(수학영재), problem-solving(문제해결)

논문접수: 2007. 6. 22

심사완료: 2007. 8. 13