

문제해결 과정에서의 수학 학습 성취 수준에 따른 메타정의의 기능적 특성 비교 분석

도주원¹⁾ · 백석윤²⁾

수학 문제해결 교육 연구에 있어서 문제해결 과정에 나타나는 인지적, 정의적 요소의 상호작용 및 메타정의적 측면에 대한 연구의 비중이 점차 증가하고 있다. 이에 본 연구에서는 수학 학습 성취 수준에 따라 초등학생의 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 기능적 특성을 파악하기 위하여 빈도 분석과 사례 분석을 병행하였다. 수학 학습 성취 수준에 따라 협업적 문제해결 활동에서 나타나는 메타정의의 출현 빈도, 메타정의 유형별 빈도, 메타정의의 메타적 기능 유형별 빈도를 비교 분석하였다. 또한, 수학 학습 성취 수준별 메타정의의 메타적 기능 유형별 사례의 분석을 통하여 메타정의의 실제적인 작용 메커니즘을 파악하였다. 그 결과, 수학 학습 성취 하 수준 집단의 문제해결 과정에서 상 수준 집단에 비해 메타정의의 출현 비율이 상대적으로 높았으며, 상 수준 집단의 메타정의는 하 수준 집단에 비해 상대적으로 다양한 유형의 메타적 기능으로 작용하였다. 이와 같은 연구 결과로부터 수학 문제해결 수업에 적용해 볼 수 있는 메타정의의 기능적 특성과 관련한 교육적 시사점을 도출하였다.

주제어: 수학 문제해결, 메타정의, 메타정의의 기능, 수학 학습 성취 수준

I. 서 론

수학 학습 및 문제해결에 대한 연구는 전통적으로 인지-메타인지적 측면에 무게를 두면서 정의적 측면이나 인지적, 정의적 요소의 상호작용에는 상대적으로 체계적인 연구나 교육적 측면에 관심을 기울이지 못했다. 이에 대한 이유로 그 동안 수학 학습을 본질적으로 인지적인 현상으로 간주해온 점과 정의적 측면에 대한 신뢰할 만한 실증적 연구의 설계나 이를 수행하는 데에 있어서 발생하는 방법론적 어려움을 들 수 있다(DeBellis & Goldin, 2006). 하지만, 학생들의 문제해결 능력 향상이라는 수학교육의 중요한 목표를 이루기 위해서 문제해결에서의 정의적 요인의 기능에 대한 연구나 교육적 적용의 필요성에 대한 인식은 지속적으로 증가하고 있다(McLeod, 1992; Schoenfeld, 1989; Silver, 1987). 이후 정의적 요소가 문제해결 활동에 인지적 요소에 못지않은 영향을 미친다는 점이 확인되면서(김은형, 백석윤, 2008; Lester, Garofalo & Kroll, 1989; Schlöglmann, 2009), 점차 수학 문제해결에서 인지적, 정의적 요소의 상호작용 및 메타정의적 측면에 대한 연구의 비중이 증가

1) [제1저자] 서울교육대학교 대학원, 박사과정

2) [교신저자] 서울교육대학교, 교수

하게 되었다.

특히 메타정의를 정의적 측면의 복합적이면서도 중요한 요소로 인식되면서(Goldin, 2002; Gómez-Chacón, 2000; Hannula, Evans, Philippou, & Zan, 2004) 이에 대한 연구가 인간의 마음이 정의적 요소를 어떻게 다루는지를 설명해줄 수 있다고 여기게 되었다(Schlöglmann, 2005). 이러한 관점에서 기존의 문제해결에서 정의적 측면에 대한 연구가 부정적인 정서를 제거하거나 문제해결 활동을 보다 쉽고 재미있게 유도하는 방법 탐색에 맞추어져 있었다면(DeBellis & Goldin, 2006), 메타정의적 측면에 대한 연구는 문제해결 활동에서의 메타정의의 기능이나 그 특성 탐구에 초점이 맞추어져야 할 것으로 생각한다.

한편, 2015 개정 수학과 교육과정에서는 핵심 교과 역량으로 문제해결을 우선시하고 있는데(교육부, 2015) 이는 수학적 역량이 특히 문제해결 활동을 통해 보다 분명하게 드러남을 의미한다고 볼 수 있다. 학습자의 문제해결 능력은 수학 학습 성취 수준과 밀접하게 연관되어 있음은 주지하고 있는 바이며, 앞에서 언급한 문제해결 활동에서의 메타정의적 측면에 대한 연구 관심의 증가 성향을 고려해 볼 때 수학적 역량의 관점에서 문제해결 능력과 메타정의적 능력과의 관계성에 대해 파악할 필요성이 발생한다.

또한, 수학 문제해결과 같은 역동적인 수학 학습 활동의 활성화나 개선을 위한 교수학적 노력과 이와 같은 학습 활동에 대한 연구에 있어서 그동안 개별 학습보다는 소집단으로 이루어지는 문제해결 활동의 유의미한 성과에 대한 연구가 다수 있어왔다(Chalmers, 2009; Fawcett & Garton, 2005; Goos, 1995; Goos, Galbraith, & Renshaw, 2002; Schoenfeld, 1989). 예를 들어, 협업을 통해 문제를 해결한 학생이 개별적으로 문제를 해결한 학생에 비해 올바른 해법을 상대적으로 더 많이 도출해 내고 있으며(Fawcett & Garton, 2005), 소집단 협업적 문제해결 활동에서 동료와의 수학적 논의 활동도 보다 활발하게 나타나고 있다(Goos, 1995). 따라서 정의적 측면에 대한 연구 방법상의 어려움을 감안하면서 문제해결에서 메타정의의 활성화와 그 특성을 파악하기 위하여 소집단 협업적 문제해결의 상황 설정이 바람직하다고 생각한다. 이에 본 연구에서는 소집단 협업적 문제해결 활동에 나타나는 메타정의의 기능적 특성과 교류적 특성을 초등학생의 수학 학습 성취 수준에 따라 파악하여 수학 문제해결 지도 방법에 대한 정의적인 면에서의 시사점을 도출하고자 하였다.

II. 이론적 배경

수학 문제해결이라는 인간의 지적 활동은 인지적 요소에 의해서만 작동하는 것이 아니라 정의적 요소와 긴밀하게 연계되어 이루어진다. Goldin(2002)는 정의적 측면을 개인의 내적 표현 체계 중 하나로 보고, 정의적 측면이 인지적 측면의 무의식적이고 부수적 반응이 아니라 그 자체로 표현의 기능을 담당하고 의미 있게 정보를 암호화한다고 설명한다. 수학적 활동을 할 때 표현 체계로서의 정의적 측면은 인지적 표현 체계와 얽여 있고, 정의적 형태는 맥락 의존적인 방법으로 인지적 형태를 드러내고 발생시키며 인지적 측면과 상호작용한다. DeBellis & Goldin(1997, 2006)은 인지적, 정의적 요소에 기반하여 메타정의를 정의하기 위해 McLeod(1992)가 정서, 태도, 신념으로 구분한 정의적 요소 중 신념에서 가치/윤리/도덕을 구분하여 정서, 태도, 신념, 가치/윤리/도덕으로 범주화하였다. 본 연구에서는 이 네 가지 정의적 요소들 사이의 상호 관련성에 기반하여 연구를 진행하였다.

1. 수학 문제해결 활동에서의 메타정의

DeBellis & Goldin(1997)은 인지-메타인지 구조의 교육적 중요성(Lester, Garofalo, & Kroll, 1989)에 착안하여 정의적 요소 간에 유사한 구조 설정의 시도로 정서에 초점을 맞추어 메타정의 개념을 제시하였다. Goldin(2002, 2009)와 DeBellis & Goldin(2006)은 이를 지속적으로 수정, 발전시켰으며, Goldin(2014)는 정의에 대한 정의, 정의에 대한 인지에 대한 정의, 정의의 모니터링과 조절로 규정하였다. 메타정의는 인지에 대해 작용하는 인지의 구조를 갖는 메타인지처럼 단순히 정의에 대해 작용하는 정의만으로 제한할 수 없다. 정의적 요소가 문제해결 과정에 작용하는 방식의 속성상 정의에 작용하는 정의뿐만 아니라 인지적 요소까지도 포함시켜 고려하는 것이 합리적이다. 따라서 본 연구에서는 도주원, 백석운(2017)에서 '자각(awareness)'(Gottman, Katz, & Hooven, 1996)이라는 개념용어를 사용하여 '문제해결 과정에서 문제해결자에게 발생하는 정의적 요소들 간의 상호작용에 대한 자각 또는 인지적, 정의적 요소들 간의 상호작용에 대한 자각'으로 규정한 메타정의의 개념 정의(定義)와 '반드시 정의적 요소를 포함하면서 상호 관련된 인지적, 정의적 요소들의 연쇄'로 규정한 조작적 정의(定義)를 적용하였다.

수학 문제해결 과정에 나타나는 메타정의는 인지적 요소와 정의적 요소의 복합적인 상호작용과 관련되며(DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Malmivuori, 2001, 2006; Moscucci, 2010; Schöglmann, 2005), 도주원, 백석운(2016)에서 논리적으로 도출한 메타정의의 2, 3층의 복층구조는 기존의 메타인지와 함께 메타정의, 즉 정의적 요소에 대한 인지적 또는 정의적 작용, 인지적 요소에 대한 정의적 작용까지에 대한 설명을 가능하게 해준다. 이 복층 구조는 메타정의가 정의-논리적 도식의 복잡한 계층적 구조의 결과로 발생한다고 인식하는 Schöglmann(2005)의 연구 결과와도 일치한다. 이에 본 연구에서는 도주원, 백석운(2016, 2017)에서 설정한 메타정의의 유형인 C←C←A 유형, C←A 유형, C←A←C 유형, C←A←A 유형, A←C 유형, A←C←C 유형, A←C←A 유형, A←A 유형, A←A←C 유형, A←A←A 유형을 분석 기준 중 하나로 설정하였다³⁾.

한편, 도주원, 백석운(2016)은 인지적, 정의적 요소들의 메타적 기능에 대한 선행 연구를 기반으로 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 메타적 기능을 계획, 통제, 조절, 관리, 모니터링, 사정(査定), 평가, 신념, 태도 등으로 추출하였다. 도주원, 백석운(2017)은 이를 비슷한 유형으로 작용하는 기능끼리 범주화 하여 관리, 모니터링, 평가, 신념, 태도의 메타적 기능 유형을 도출하였다. 계획 기능이 빈번하게 나타나지 않을 뿐만 아니라 문제해결 과정에 강하게 작용하지는 않지만 역시 메타정의의 메타적 기능으로 작용할 수 있는 유형이므로 본 연구에서는 여기에 계획 유형을 추가한 메타적 기능 유형을 설정하고 초등학교의 수학 문제해결 활동에 나타나는 메타정의의 기능적 특성을 파악하기 위한 분석 기준 중 하나로 설정하였다.

2. 협업적 수학 문제해결 활동에서의 사회적 상호작용

문제해결 수업은 학생이 소집단의 구성원으로서 활발한 의사소통을 통해 합리적으로 문제를 해결하려는 교실 분위기와 구성원의 협동하는 태도 형성을 통해 이루어져야 하며(백석운, 2016), 자신의 생각을 타인과 공유함으로써 사고를 깊고 명확하게 발전시킬 수 있게 된다(이종희·김선희, 2002). Damon & Phelps(1989)는 참여 수준에 따라서 동료학습을 한

3) C는 인지적(cognitive) 요소, A는 정의적(affective) 요소를 나타냄.

학생이 다른 학생을 가르치는 동료교수, 학생들이 과제의 각기 다른 부분을 나누어 해결하는 협력학습, 유사한 역량 수준의 학생과 자신의 아이디어를 공유하여 문제를 해결하는 동료협업으로 구분하였다. 이때 동료협업은 상호의존적으로 서로의 추론을 탐구하는 상호과정이며, 과제에 대한 공유된 이해를 구성할 수 있다(Goos & Galbraith, 1996). Vygotsky의 근접발달영역(ZPD) 이론을 수학적 의사소통에 적용하면 문제해결 상황에서 소집단 구성원 간의 의사소통인 ‘언어’를 사고의 수단이자 문화 전달의 수단으로 활용하여 수학적 사고를 더 발전시킬 수 있을 것이다(강완 외, 2009).

특히, 수학 학습 성취 수준이 유사한 소집단 협업적 문제해결은 학생들 간의 의사소통을 통해 학습 발달을 촉진하게 되며, 수학적 사고와 문제해결 능력 향상에 도움을 줄 수 있으며, 정의적 요소에 대한 연구 방법론적 난점을 해소할 수 있어 도주원, 백석윤(2017)에서는 소집단별 문제해결 활동에 작용하는 메타정의적 메타적 기능 면에 대한 특성을 파악하였다. 따라서 본 연구에서는 수학 학습 성취 수준이 유사한 소집단 협업적 상호작용을 통해 자신의 인지적, 정의적 사고과정을 논의하며 문제를 해결할 수 있도록 설정하였다.

III. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 서울소재의 B초등학교 5학년 학생들의 협업적 수학 문제해결 활동에 대한 관찰에 기반하여 이루어졌다. 5학년 학생 16명(남학생 7명, 여학생 9명)을 연구 대상으로 선정하였으며, 대상 학생과 학부모로부터 연구 참여의 동의를 받았다. 대상 학생은 직전 학기의 수학교과 단원평가 결과를 활용하여 학습 성취 수준에 따라 상, 하 수준으로 구분하였다. 상 수준 학생은 1~10, 하 수준 학생은 11~16으로 번호를 붙여 익명처리 하였다. Goos(1995)와 Goos, Galbraith, & Renshaw(2002)의 연구에 터하여 소집단 협업적 문제해결 과정에서 구성원 간에 활발한 상호작용이 이루어져 정의적 요소를 파악이 용이하도록 학생 상호간 친밀도를 고려하여 수학 학습 성취 수준이 유사한 2인 1조의 소집단으로 편성하였다. 수학 학습 성취 수준에 따라 소집단은 상 수준 5개, 하 수준 3개로 구성하였다.

2. 연구 절차

본 연구에서는 2016년 10월~2017년 2월까지의 기간 동안 연구 대상 학생들을 수학 학습 성취 수준이 유사한 학생들을 2인 1조의 소집단으로 편성하여 협업을 통해 수학 문제를 해결하도록 설정하여 자료를 수집하였다. 수집된 소집단 협업적 문제해결 활동에 대한 기록물과 녹화 자료를 분석하기 위하여 빈도분석과 사례분석을 병행하였다. 소집단 협업적 문제해결 활동에 나타난 각 에피소드에 대하여 정의적 요소를 포함하는 상호 관련된 인지적, 정의적 요소들의 연쇄를 포함한 사례를 의도적 표집 방법으로 선정, 분석하였다.

3. 자료 수집 및 분석

Goos & Galbraith(1996)과 Carlson & Bloom(2005)의 수학 문제 선정 기준을 참고하여 적용 문제 개발의 기준을 설정한 후 이에 따라 27개 문항을 개발하여 적용하였다. 문제해결 과정에서 활발한 정의적·메타정의적 반응을 유도할 수 있는 문제를 개발하기 위해서 학

생이 충분히 스스로 해결할 수 있을만한 수준의 문제로 교육과정과 연계되고 학생의 교실 경험과 관련된 문제를 개발하였다. 교사용 평가 문제 사이트(<http://e.tsherpa.co.kr/exam/grade1.aspx?grade=5&term=2>)에 탑재된 초등학교 5학년 1, 2학기 단원평가 및 서술형 평가 문제를 참고하여 적용 문제를 개발하였다. 두 차례 예비 연구를 실시하여 수집한 사례를 분석하여 소집단 구성원의 활발한 정의적·메타정의적 반응을 유도하기 위하여 충분히 도전적인 문제가 되도록 문제의 난이도를 조정하고, 문제를 일부 수정하여 타당도를 높였다.

이때, 소집단 협업적 문제해결 활동 기록물을 각 문제별로 활동지의 형태로 수집하였으며, 소집단별 문제해결 과정을 태블릿 PC로 동시 녹화하였다. 수집한 동영상 자료는 문제해결 활동 기록 자료를 참고하여 소집단 구성원의 말, 행동, 표정 등의 모든 행위를 기록하였다. 정의적 요소를 중심으로 인지적, 정의적 요소들 사이의 상호작용이 이루어지는 연쇄를 포함하는 자료를 의도적 표집(Yin, 2014)하여 사례 총 70개를 선정, 분석하였다. 문제해결 활동 과정에 나타나는 행위 중 정의적 속성을 내포하고 있는 인지적 요소를 융합적 요소로 구분하였다. 융합적 요소는 인지적 요소를 나타내는 행위이지만 그 안에 정의적 요소가 내포되어 있으므로 인지적 요소 및 정의적 요소와 구분하여 ‘융’으로 표기하였으나, 분석할 때에는 정의적 요소로 간주하여 분석하였다.

선행연구에 기초하여 정량분석과 정성분석의 분석 기준 및 내용을 <표 1>과 같이 설정하였다. 분석의 단위는 메타정의이며, 메타적 기능이 작용한 사례 중 소집단 협업적 수학 문제해결 활동 맥락에 나타난 것으로 제한하였다. 또한, 소집단 협업에서 자연스럽게 나타나게 되는 소집단 구성원 사이의 교류적 행위는 Goos, Galbraith, & Renshaw(2002)가 제시한 교류적 유형으로 분석하였다. 교류적 유형에는 자신의 생각을 분명히 하거나 정교화 하거나 평가하거나 정당화하는 자기 주도적인 진술 및 답변과 같은 자기 공개 유형, 파트너가 자신의 사고를 비판하도록 유도하는 자기 주도적 질문과 같은 피드백 요청 유형, 파트너의 생각을 이해하려는 시도가 나타난 다른 방향의 진술, 질문, 답변과 같은 타인 모니터링 유형이 있다.

<표 1> 분석 기준 및 내용

분석 방법	분석 기준	내용
정량분석	정의적 요소 도출	· 인지적 요소, 정의적 요소, 융합적 요소로 구분 · 인지적, 정의적 요소가 함께 내포된 융합적 요소는 정의적 요소로 간주하여 구분
	메타정의의 유형	· C←C←A 유형, C←A 유형, C←A←C 유형, C←A←A 유형, A←C 유형, A←C←C 유형, A←C←A 유형, A←A 유형, A←A←C 유형, A←A←A 유형
	메타정의의 메타적 기능 유형	· 계획, 관리, 모니터링, 평가, 신념, 태도
	협업의 교류적 유형	· 자기 공개 유형, 피드백 요청 유형, 타인 모니터링 유형
정성분석	메타정의의 메타적 기능 유형	· 메타정의의 메타적 기능 유형별 수학 학습 성취 수준별 사례 분석

IV. 연구결과

정량분석과 정성분석을 통해 수학 학습 성취 수준에 따라 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 기능적 특성을 파악한 결과는 다음과 같다.

1. 정량분석 결과

메타정의가 포함된 소집단 협업적 문제해결 활동 사례를 메타정의의 출현 비율, 메타정의 유형별 출현 비율, 메타정의의 메타적 기능 유형별 출현 비율을 분석하였다.

가. 학습 성취 수준별 메타정의의 출현 비율

소집단 협업적 수학 문제해결 활동에 나타난 메타정의의 기능적 특성을 수학 학습 성취 수준 변인에 따라 알아보기 위해 먼저 메타정의 출현 비율에 대하여 살펴보았다. 전체 27개 문항에 대하여 메타정의가 포함된 사례는 총 70개이며, 이 중 학습 성취 상 수준 집단의 사례 50개(71.43%)에서 메타정의는 116회 나타나 사례 당 평균 2.32회 나타났다. 반면에, 하 수준 집단의 사례 20개(28.57%)에서 메타정의는 51회 나타나 사례 당 평균 2.55회 나타났다. 이를 통해 전체 사례 개수에서 학습 성취 수준별 사례 개수가 차지하는 비율과 메타정의가 포함된 사례 개수에서 학습 성취 수준별 메타정의가 포함된 사례 개수가 차지하는 비율이 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 즉, 수학 학습 성취 하 수준 집단의 문제해결 활동에서 메타정의가 상 수준 집단에 비해 보다 활발하게 작용하고 있음을 알 수 있다.

나. 학습 성취 수준별 메타정의 유형별 출현 비율

학습 성취 수준별 문제해결 활동에서 <표 2>에 제시된 바와 같이 10가지 메타정의 유형을 모두 확인할 수 있었다.

<표 2> 학습 성취 수준별 메타정의 유형별 출현 비율

메타정의 유형	학습 성취 상 수준		학습 성취 하 수준	
	빈도(회)	비율(%)	빈도(회)	비율(%)
C←C←A	9	7.76	3	5.88
C←A	15	12.93	5	9.81
C←A←C	46	39.66	18	35.29
C←A←A	9	7.76	3	5.88
A←C	5	4.31	4	7.84
A←C←C	9	7.76	5	9.81
A←C←A	6	5.17	2	3.92
A←A	4	3.45	5	9.81
A←A←C	6	5.17	4	7.84
A←A←A	7	6.03	2	3.92
합계	116	100.00	51	100.00

C: 인지적 요소, A: 정의적 요소

이는 본 연구에서 분석기준으로 적용한 메타정의 유형이 모두 타당함을 의미한다. 메타정의 유형별 출현 빈도는 학습 성취 수준에 관계없이 C←A←C유형이 상 수준 집단에서는 39.66%로, 하 수준 집단에서는 35.29%로 다른 유형에 비해 월등히 높게 나타났다. 상 수준 집단은 인지적 요소가 먼저 나타나는 C←A←A유형, C←A유형, C←A←C유형, C←A←A유형의 출현 비율이 하 수준 집단에 비해 상대적으로 높게 나타났다. 하 수준 집단은 정의적 요소가 먼저 나타나는 A←C유형, A←C←C유형, A←A유형, A←A←C유형의 출현 비율이 상 수준 집단에 비해 상대적으로 높게 나타났다.

다. 학습 성취 수준별 메타정의의 메타적 기능 유형별 출현 비율

학습 성취 수준별 메타정의의 메타적 기능 유형별 출현 비율을 살펴보면, <표 3>에 제시한 바와 같이 학습 성취 하 수준 집단에서 메타정의는 상 수준 집단에 비해 태도 및 관리 유형의 메타적 기능에 편중되어 작용했다. 이는 하 수준 집단의 문제해결 활동에 나타난 메타정의가 태도 유형의 메타적 기능으로 작용하여 문제해결에 영향을 미치게 되며, 문제해결에 집중하지 못하는 행위가 상 수준 집단에 비해 빈번하게 나타남으로 인해 관리 유형의 메타적 기능이 주로 작용했기 때문으로 파악된다. 또한 이는 소집단 협업적 문제해결 활동에서 나타날 수 있는 특성이 반영된 것으로 상대방의 문제해결 행위에 대한 적극적인 조절 및 통제 등의 관리 유형의 메타적 기능이 활발하게 작용한 것으로 보인다.

<표 3> 학습 성취 수준별 메타정의의 메타적 기능 유형별 출현 비율

메타적 기능 유형	상 수준		하 수준	
	빈도(회)	비율(%)	빈도(회)	비율(%)
계획	3	2.59	0	0
관리	24	20.68	16	31.37
모니터링	23	19.83	6	11.76
평가	22	18.97	8	15.69
신념	15	12.93	2	3.92
태도	29	25.00	19	37.26
합계	116	100	51	100

한편, 학습 성취 상 수준 집단에서 메타정의는 하 수준 집단에 비해 모니터링, 평가, 신념, 계획 유형의 메타적 기능에 편중되어 작용했다. 이는 학습 성취 수준에 따른 특성이 반영된 것으로 상 수준 집단의 메타정의는 주어진 문제나 동료 학습자에 대한 모니터링 유형의 메타적 기능과 함께 평가 유형의 메타적 기능으로 활발하게 작용하는 특성을 보였다. 이러한 학습 성취 상 수준 집단의 메타정의의 기능적 특성은 학생이 자신의 행동에 대한 반성을 통해 수학적 사고능력을 개발할 수 있다고 주장한 Piaget의 이론(English & Halford, 1995) 및 Polya(1971)의 반성 단계에서 나타나는 특성과 같은 맥락이라 할 수 있다. 학습 성취 상 수준 집단에서는 하 수준 집단에 비해 신념 유형의 메타적 기능이 보다 활발하게 작용하며 문제해결 활동에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 계획 유형의 메타적 기능은 학습 성취 상 수준 집단에서만 나타났으며 하 수준 집단에서는 전혀 나타나지 않았다.

라. 학습 성취 수준별 메타정의의 교류적 유형별 출현 비율

소집단 협업적 문제해결 활동 과정에서는 학습자 혼자 문제해결 활동을 할 때와는 다르게 구성원 상호간에 교류적인 행위가 나타나 문제해결 활동에 작용하게 된다. <표 4>에 제시한 바와 같이 학습 성취 수준별 특성이 교류적 행위에도 반영되어, 학습 성취 하 수준 집단의 경우 상 수준 집단에 비해 메타정의가 메타적 기능으로 작용한 교류적 행위는 대체적으로 자기 공개 유형에 편중되어 있음을 알 수 있다. 또한, 학습 성취 상 수준은 하 수준 집단에 비해 비교적 문제해결 과정에서 동료 학습자의 문제해결 활동을 모니터링 하는 교류적 행위가 상대적으로 빈번하게 나타났음을 알 수 있다.

<표 4> 학습 성취 수준별 메타정의의 교류적 유형별 출현 비율

학습 성취 수준	합계	교류적 유형				
		자기 공개	피드백 요청	타인 모니터링	합계(개, %)	
상	빈도(회)	116	66	11	38	115
	비율(%)	100	56.90	9.48	32.76	99.14
하	빈도(회)	51	34	5	12	51
	비율(%)	100	66.67	9.80	23.53	100

2. 정성분석 결과

메타정의가 포함된 소집단 협업적 문제해결 활동 사례를 메타정의의 메타적 기능 유형별로 학습 성취 상, 하 수준별 문제해결 사례를 분석하였다.

가. '계획'의 메타적 기능으로 작용한 사례의 특성

학습 성취 상 수준 집단의 사례에서 학생08이 4번 행위에서 문제를 읽은 후 문제에 대해 짜증이 난다는 부정적인 정서를 보이자 이에 대해 학생09는 5번 행위에서 "이거를 cm로 바꿔 볼까?"라는 인지적 요소를 보였다. 이 5번 행위의 인지적 요소는 4번 행위의 부정적인 정서의 정의적 요소에 대해서 계획의 메타적 기능으로 작용하여 학생08이 4번 행위에서 나타냈던 부정적인 정서를 떨치고 6번 행위에서는 학생09가 제안한 문제해결 전략에 집중하도록 긍정적인 영향을 미쳤다. 따라서 정의적 요소가 단순 정서인 경우 그 단순 정서의 전, 후에 있는 인지적 요소가 메타정의의 기능을 좌우하게 됨을 알 수 있다. 이처럼 계획의 메타적 기능으로 작용한 인지적 요소인 5번 행위는 문제해결 전략을 제안하는 피드백 요청 유형의 교류적 행위로 나타났다. 반면에, 학습 성취 하 수준 집단에서는 계획의 메타적 기능으로 작용한 사례는 수집되지 않았다.

4. 학생08 아~ 짜증나...[자기공개]
5. 학생09 이거를 cm로 바꿔 볼까?[C; 피드백 요청]
6. 학생08 아~ 그래야지...[자기 공개]

나. '관리'의 메타적 기능으로 작용한 사례의 특성

학습 성취 상 수준 집단의 사례에서 학생01이 16번 행위에서 문제해결 활동에 집중하지

못하는 부정적인 정서를 보이자 학생03이 17번 행위에서 이를 모니터링 한 후 학생01의 행위에 대해 부정적인 정서를 보였다. 이 부정적인 정서는 학생01의 부정적인 정서를 통제 및 관리하는 메타적 기능으로 작용하여, 18번 행위에서 학생01이 다시 문제해결 활동에 집중하게 되어 직접 계산하며 풀이과정을 쓰도록 긍정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 관리의 메타적 기능으로 작용한 정의적 요소인 17번 행위는 타인 모니터링의 교류적 행위로 나타났다. 이는 동료 학습자의 행위에 대한 모니터링 결과 부정적인 정서의 행위를 진술한 것이다.

- 16. 학생01 째째~ 째~[NE]
- 17. 학생03 하지마.[NE; 타인 모니터링]
- 18. 학생01 0, 0, 5.(계산하며 쓴다.)[C; 자기 공개]

학습 성취 하 수준 집단의 사례에서 학생11이 8번 행위에서 문제해결 방법을 진술한 후 10번 행위에서 흥얼거리며 문제해결 활동에 집중하지 못하는 태도를 보이자 11번 행위에서 학생14는 학생11에게 그런 행동을 하지 말도록 지시하는 긍정적인 태도를 보였다. 이 긍정적인 태도의 정의적 요소가 12번 행위에서 학생11이 자신이 생각한 전략에 대해 “진짜 그렇게 하면 되겠다.”는 인지적 요소를 보이도록 관리의 메타적 기능으로 작용하며 문제해결 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 관리의 메타적 기능으로 작용한 정의적 요소인 11번 행위는 타인 모니터링 유형의 교류적 행위로 나타났다. 이는 학생14가 문제해결 활동에서 학생11의 행위를 모니터링한 후 적절한 긍정적인 태도의 정의적 요소를 제시하여 학생11의 행위에 대해 관리의 메타적 기능으로 작용한 것이다.

- 16. 학생01 째째~ 째~[NE]
- 17. 학생03 하지마.[NE; 타인 모니터링]
- 18. 학생01 0, 0, 5.(계산하며 쓴다.)[C; 자기 공개]

다. ‘모니터링’의 메타적 기능으로 작용한 사례의 특성

학습 성취 상 수준 집단의 사례에서 학생05는 77번 행위에서 학생09가 76번 행위에서 진술한 인지적인 요소에 대해서 “뭔가 이상하다.”는 융합적 요소를 보였다. 이 융합적 요소가 모니터링의 메타적 기능으로 작용하며 학생09는 78번 행위에서 계산 및 풀이과정을 지워보려고 진술하고, 79번부터 82번까지의 행위에서 다시 해결 과정을 검토하며 문제해결 활동에 참여하였다. 이처럼 주된 메타적 기능으로 작용한 융합적 요소인 77번 행위는 문제해결 과정을 모니터링 하여 갖게 된 자신의 생각 및 주장을 자기 공개 유형의 교류적 행위로 진술한 것이다.

- 76. 학생09 에~ 아니지~ 육십초가 1분이니..[자기 공개]
- 77. 학생05 아~ 잠깐만,,, (웃으면서) 뭔가 이상해... 잠깐만.[응; 자기 공개]
- 78. 학생09 이거 다시 지워봐. (지우개로 지움) 헛갈려.[자기 공개]
- 79. 학생05 팔십 일초가 맞나?[피드백 요청]

학습 성취 하 수준 집단의 사례에서 학생15가 40번 행위에서 통분의 의미에 대한 자신의 생각을 진술한 융합적 요소를 보였다. 이 융합적 요소는 앞의 문제해결 과정에 나타난

통분 과정에 대한 모니터링의 메타적 기능으로 작용하여 42번 행위에서 이게 통분의 의미가 없음을 확인하며 문제해결 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 모니터링의 메타적 기능으로 작용한 융합적 요소인 40번 행위는 통분의 의미에 대한 자신의 생각을 분명하게 드러내는 자기 공개의 교류적 유형으로 나타났다. 이 융합적 요소는 학생15가 통분에 대해 가지고 있는 인지적인 사실에 정의적인 요소가 내포된 자기 공개 유형의 교류적 행위로 진술한 것이다.

39. 학생 16 ㉠빼기 ㉡은 15-8? [피드백 요청]
40. 학생 15 야~ (연필 던지면서) 통분의 의미가 뭐냐고... 통분의 의미는 분모를 같게 해주는 거잖아. 분모가 또 다르잖아.[응; 자기 공개]
41. 학생 16 (연필 손가락으로 흔들면서 고개 끄덕끄덕)[자기 공개]
42. 학생 15 그럼 이게 통분의 의미가 없지.(책상 두드리면서) [피드백 요청]
43. 학생 16 (끄덕끄덕)[자기 공개]
44. 학생 15 이게 통분이 아니라는 거라니까.[피드백 요청]
45. 학생 16 (끄덕끄덕)[자기 공개]

라. ‘평가’의 메타적 기능으로 작용한 사례의 특성

학습 성취 상 수준 집단의 사례에서 학생01은 66번 행위에서 학생03가 65번 행위에 제시한 문제해결 전략에 대해서 그 해결 전략이 좋다는 융합적 요소를 보였다. 학생01의 좋은 해결전략이라는 평가에 따라 67번 행위에서 학생03은 실제로 세로 식으로 계산을 하게 되어, 문제해결 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 평가의 메타적 기능으로 작용한 융합적 요소인 66번 행위는 65번 행위에서 학생03이 제안한 문제해결 전략이 좋은 방법이라고 생각한 자신의 생각을 자기 공개 유형의 교류적 행위로 진술했다.

65. 학생03 이것도 세로 식으로 풀어보자.[자기 공개]
66. 학생01 (연필 흔들며) 오~ 이거 좋네 이거.[응; 자기 공개]
67. 학생03 이거를 25.9, 25.9... 14. 0나오고, 그 다음에 여기에 한 번 들어가니까, 9가 나오지. 아니지. 11이지(지우개로 지움). 11점, 11점... 9. 여기에 14를 쓰고, 11.9. 그니까, 14.. 119 안에 14가 몇 번 들어가?[자기 공개, 피드백 요청]

학습 성취 하 수준 집단의 사례에서 학생14는 139번 행위에서 앞의 문제해결 과정에 대해 “어차피 틀렸으니까..”라는 융합적 요소를 보였다. 이 융합적 요소는 평가의 메타적 기능으로 작용하여 140번 행위에서 학생11이 계산을 하려다가 “에이 안 해.”라는 진술을 하도록 문제해결 활동에 부정적인 영향을 미쳤다. 또한, 이처럼 주된 평가의 메타적 기능으로 작용한 융합적 요소인 139번 행위는 문제해결 활동에 대해 부정적인 평가를 내리게 된 자신의 생각을 자기 공개 유형의 교류적 행위로 진술한 것이다.

137. 학생 14 2.25라고 해.[자기 공개]
138. 학생 11 아니 시간이잖아. ... 단위가....그러면, 이렇게 해야 돼. 60 나누기 2.25를 해야 되는데...[자기 공개]
139. 학생 14 어차피 틀렸으니까.. (웃음)[응; 자기 공개]
140. 학생 11 (미소) 해볼게. (쓰다가) 에이 안 해.[자기 공개]

마. '신념'의 메타적 기능으로 작용한 사례의 특성

학습 성취 상 수준 집단의 사례에서 학생08은 1번 행위에서 도형의 대칭에 대한 문제가 제시된 학습지를 읽어보다가 자신이 점대칭에 대해 가지고 있는 신념인 “나 점대칭 완전히 싫어하는데..”라는 자기 자신에 대한 신념을 보였다. 이 정의적 요소인 신념은 신념의 메타적 기능으로 작용하여 2번 행위에서 학생07 역시 도형의 대칭 중 선대칭 도형이 무엇인지 잊어버렸다는 인지적 요소를 보이게 만들며 문제해결 활동에 부정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 신념의 메타적 기능으로 작용한 신념의 정의적 요소인 1번 행위는 점대칭에 대해 자신이 가지고 있는 신념에 대한 자기 공개 유형의 교류적 행위로 나타났다.

1. 학생08 (학습지 들어서 보더니) 아 뭐야. 나 점대칭 완전히 싫어하는데..[BS; 자기 공개]
2. 학생07 이 중 선대칭 도형.... 선대칭도형이 뭐지? 다 까먹었다.[피드백 요청/자기 공개]
3. 학생08 반으로 접어가지고 겹쳐지는 거.(양손바닥 마주 댄)[자기 공개]

학습 성취 하 수준 집단의 사례에서 학생16이 8번과 10번 행위에서 제시된 문제를 소리 내어 읽자 학생15는 문제에서 주어진 조건에 대해 생각하며 11번 행위에서는 “(책상 치면서) 야~ 이게 진분수가 되려면 무조건 분모보다 작으면 돼. 그러면 49까지잖아.”라는 융합적 요소를 보였다. 이 융합적 요소는 진분수에 대해 가지고 있는 신념의 메타적 기능으로 작용하여 문제의 조건을 분명하게 파악하도록 문제해결 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 또한, 이처럼 신념의 메타적 기능으로 작용한 융합적 요소의 12번 행위는 진분수에 대해 자신이 가지고 있는 신념에 대한 자기 공개 유형의 교류적 행위로 나타났다.

8. 학생16 진분수인 기약분수 $\frac{\textcircled{1}}{50}$ 을 소수로 나타내면 소수 두 자리 수가 됩니다.
9. 학생15 아~조용히~[타인 모니터링]
10. 학생16 소수 두 자리 수가 됩니다.(큰 소리로)[자기 공개]
11. 학생15 (책상 치면서) 야~ 이게 진분수가 되려면 무조건 분모보다 작으면 돼. 그러면 49까지잖아.[융; 자기 공개]

바. '태도'의 메타적 기능으로 작용한 사례의 특성

학습 성취 상 수준 집단의 사례에서 메타정의가 나타나기 전에 학생07은 학생08과의 협업적 문제 해결활동 중에 34번 행위(말없이 학생08을 쳐다봄)와 같은 행동을 하며 문제해결 활동에 집중하지 못하는 모습을 보였다. 이에 학생08은 35번 행위 “뭘 봐?”에 이어서 37번 행위 “빨리 해 줘~”에서 긍정적인 태도를 요구하는 정의적 요소를 보였다. 이 긍정적인 태도의 정의적 요소가 주된 메타적 기능으로 작용하였으며, 38번 행위에서 학생07은 자신이 계산하고 있는 중임을 주장하며 이에 대답하였다. 이 메타정의에 이어서 학생07은 42번, 44번 행위에서 자신의 계산 결과를 언급하며 다시 문제해결 활동에 집중하여 참여하도록 이끄는 이른바 태도의 메타적 기능으로 작용하여 문제해결 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 주된 메타적 기능으로 작용한 정의적 요소인 37번 행위는 타인 모니터링 유형의 교류적 행위로 나타났다. 이는 동료 학습자의 행위를 모니터링 한 후 이에 대한 긍정적인 태도의 행위를 보인 것이다.

37. 학생08 빨리 해 줌~~[PA; 타인 모니터링]
 38. 학생07 아~ 나도 계산하고 있잖아? 53 나누기 뭐가 되는지...[피드백 요청]
 39. 학생08 없어, 없어, 없어, 없어.[자기 공개]

학습 성취 하 수준 집단의 사례에서 학생11이 37번 행위에서 “한 번 해볼까?”라는 질문을 했을 때, 학생16이 38번 행위에서 “다 했어.”라는 답변을 하자 학생11이 39번 행위에서 다시 “아니야. 정확하게 해야 돼.”라는 긍정적인 태도의 정의적 요소를 보였다. 이 긍정적인 태도의 정의적 요소가 38번 행위에 대해 주된 메타적 기능으로 작용하며 학생11은 이미 나온 계산 결과에 대해 다시 한 번 확인하는 이른바 태도의 메타적 기능으로 작용하여 문제해결 활동에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이처럼 주된 메타적 기능으로 작용한 정의적 요소인 39번 행위는 자기 공개 유형의 교류적 행위로 나타났다. 이는 문제해결 활동에서 정확하게 계산해야 한다는 긍정적인 태도와 관련된 자신의 생각을 진술한 것이다.

37. 학생11 한 번 해볼까?[피드백 요청]
 38. 학생16 다 했어.[자기 공개]
 39. 학생11 아니야. 정확하게 해야 돼.(홍얼거림)[PA; 자기 공개]

V. 결 론

메타정의를 포함한 소집단 협업적 문제해결 사례의 각 에피소드를 수학 학습 성취 상, 하 수준에 따라 비교 분석하여 파악한 메타정의를 기능적 특성과 교류적 특성에 대한 논의 및 시사점은 다음과 같다.

첫째, 수학 학습 성취 하 수준 집단은 상 수준 집단에 비해 문제해결 활동에서 메타정의를의 출현 빈도가 높았으며, 메타정의를가 주로 태도 및 관리 유형의 메타적 기능으로 편중되어 작용하였다. 이는 하 수준 집단의 문제해결 과정에서 메타정의를가 보다 빈번하게 나타남을 의미하며, 하 수준 집단이 상 수준 집단에 비해 대체로 과제집착력이 낮아 자신의 문제해결 행위를 나름대로 긍정적으로 이끌기 위하여 메타정의를가 자신이 취하는 태도, 감정 등의 정의적 요소에 대한 지적, 조절, 통제의 행위에 해당되는 메타적 기능인 태도 및 관리 유형에 편중되어 작용한 것으로 파악된다. 따라서 하 수준 집단의 문제해결 활동에 보다 빈번하게 나타나는 메타정의를가 문제해결 과정에 긍정적으로 작용할 수 있도록 스스로의 문제해결 행위를 조절하고 통제할 수 있도록 지도하는 데에 중점을 두어야 할 것이다.

둘째, 수학 학습 성취 상 수준 집단에서는 하 수준 집단에 비해 문제해결 과정에 작용하는 메타정의를가 상대적으로 다양한 유형의 메타적 기능으로 작용하였다. 상 수준 집단의 문제해결 활동에 나타난 메타정의를는 하 수준 집단에 비해 태도 및 관리 유형의 메타적 기능으로 가장 많이 작용하였으며, 이어서 모니터링 및 평가 유형의 메타적 기능이 일정 부분 작용하였다. 이때, 메타적 기능의 중심 역할을 한 행위에 대한 교류적 분석 결과, 상 수준 집단에서는 타인 모니터링 유형의 교류적 행위가 편중되어 나타났다. 이는 상 수준의 집단이 하 수준의 집단에 비해 문제해결 과정에서 동료 학습자에 대하여 보다 활발하게 모니터링하고 있음을 의미한다. 모니터링과 평가의 메타적 기능 유형은 상호 관련성이 높아서 유기적으로 연결되어 나타날 가능성이 높지만, 모니터링 기능보다는 모니터링 이

후 연계되는 평가 기능이 보다 수준 높은 사고 기능으로서 하 수준 집단에서는 쉽게 나타나기 어려움을 보여주고 있다. 상 수준 집단의 메타정의는 문제, 문제해결 과정, 동료 학습자의 문제해결 행위에 대한 모니터링과 함께 이에 대한 평가의 메타적 기능이 유기적으로 연계되어 활발하게 작용하면서 이른바 자신의 문제해결 행위를 효율적으로 반성하는 반성적 사고를 수행하는 상 수준 집단이 갖는 특성으로 파악된다. 또한, 하 수준 집단은 계획을 별로 세우지 않고 바로 문제해결을 수행하는 반면에 상 수준 집단은 어느 정도 도입 단계에서 문제해결을 위한 계획을 세우는 활동을 수행하는 것으로 나타났다. 이처럼 상 수준 집단의 메타정의가 하 수준 집단에 비해 빈도는 낮지만 다양한 메타적 기능으로 작용하는 현상은 일반적으로, 상 수준 집단이 보다 논리적인 사고가 가능하므로 문제해결 활동에 나타난 메타정의가 문제해결 상황에 맞게 적절한 유형의 메타적 기능으로 제대로 작용하는 반면에, 하 수준 집단에서는 단순한 정의적 반응이 상대적으로 자주 나타남으로 인해 메타정의의 빈도는 높아지지만 제대로의 기능을 발휘하지 못하였음을 의미한다고 볼 수 있다. 따라서 하 수준 집단이 문제해결을 할 때에는 보다 논리적인 사고가 이루어져야 함을 인식하도록 지도해야 할 것이다. 아울러, 문제해결 활동에서 나타나는 메타정의의 중요성 및 필요성을 인식하도록 지도하고 메타정의가 제 기능을 발휘할 수 있도록 지도해야 할 것이다.

셋째, 메타정의에서 메타적 기능의 중심 역할을 한 행위에 대한 교류적 분석 결과, 상 수준 집단에서는 타인 모니터링 유형의 교류적 행위에, 하 수준에서는 자기 공개 유형의 교류적 행위에 편중되어 나타났다. 이는 상대적으로 상 수준의 집단은 문제해결 과정에서 동료 학습자에 대하여 보다 활발하게 모니터링 하며, 하 수준의 집단은 주로 자신의 생각이나 주장을 드러내는 행위를 보이는 특성이 있음을 의미한다. 그리고 하 수준 집단의 문제해결 활동에 나타난 메타정의는 모니터링에 의한 평가 유형의 메타적 기능이 아닌 느낌이나 감정에 의해 자극된 문제해결 활동에 대한 의심과 같은 단순 정서적인 이유에 의한 평가 유형의 메타적 기능으로 작용한 것으로 판단된다. 따라서 하 수준 집단일수록 정서적인 면에서의 조절이 중요하므로, 문제해결 시 정서적인 충동에 의한 영향을 스스로가 조절할 수 있도록 지도에 유의할 필요가 있다. 그리고 하 수준의 학생이 문제해결 활동에서 문제, 문제해결 행위, 동료 학습자의 문제해결 행위를 모니터링 하는 습관을 갖도록 지도하여 모니터링을 통해 자신의 문제해결 행위나 정의적 요소를 점검, 확인한 후 이를 사정, 평가하여 자신의 문제해결 활동을 올바른 방향으로 보완할 수 있는 과정을 거치는 것이 습관화 되도록 반복적인 지도가 필요할 것이다.

본 연구에서의 인지적, 정의적 요소들 간의 상호작용에 기반한 메타정의의 개념 및 유형화, 메타적 기능의 유형화와 같은 이론적 고찰은 문제해결과 같은 집약된 수학 학습 과정에 작용하는 메타정의의 구조와 메커니즘을 이해하고, 이 메타정의의 작동 기능인 메타적 기능의 관점에서 문제해결 활동에 대한 인지-정의적 파악에 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한, 본 연구를 통하여 수학 학습 성취 수준별로 수학 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 기능적인 측면과 특성이 상세히 파악되었을 뿐만 아니라, 그로부터 유도되는 문제해결 교수·학습 지도에 있어서의 주안점까지 논의가 가능하기 때문에 학습 성취 수준별 메타정의의 기능적 특성을 활용하여 초등학교의 문제해결 활동을 성공적으로 이끌기 위한 구체적인 지도방법을 구안하는데 기초를 제공한 셈이다.

참 고 문 헌

- 강완, 김상미, 박만구, 백석윤, 오영열(2009). **초등수학교육**. 서울: 경문사.
- 교육부(2015). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-74호 [별책 8].
- 김은형, 백석윤(2008). 초등학생의 수학 학습 태도를 형성하는 요인에 대한 연구. **한국초등수학교육학회지**, 12(2), 125-148.
- 도주원, 백석윤(2016). 수학 문제해결에서 메타정의의 기능. **한국초등수학교육학회**, 20(4), 563-581.
- 도주원, 백석윤(2017). 수학 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 사회 역학적 기능. **한국수학교육학회**, 18(1), 87-101.
- 백석윤(2016). **수학 문제해결 교육**. 서울: 경문사.
- 이종희, 김선희(2002). **수학적 의사소통**. 서울: 교우사.
- Carlson, M. P. & Bloom, I. (2005). The cyclic nature of problem solving: An emergent multidimensional problem-solving framework. *Educational Studies in Mathematics* 58(1). 45-75.
- Chalmers, C. (2009). Group metacognition during mathematical problem solving. In R. Hunter, B. Bicknell, & T. Burgess (Eds.), *Crossing divides: Proceedings of the 32nd annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia 1* (pp. 105-112). Palmerston North, NZ: MERGA.
- Damon, W. & Phelps, E. (1989). Critical distinctions among three approaches to peer education. *International Journal of Educational Research* 13, 9-19.
- DeBellis, V. A., & Goldin, G. A. (1997). The affective domain in mathematical problem-solving. In E. Pekhonen (Ed.), *Proceedings of the PME 21, 2* (pp. 209-216). Helsinki, Finland: University of Helsinki Dept. of Teacher Education.
- DeBellis, V. A., & Goldin, G. A. (2006). Affect and meta-affect in mathematical problem solving: A representational perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 63(2), 131-147.
- English, L. D & Halford, G. S. (1995). *Mathematics Education: Model and Processes*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 고상숙, 고희경, 박만구, 이종권, 정인철, 황우형 역(2003). **수학교육론**. 서울: 경문사.
- Fawcett, L. M. & Garton, A. F. (2005). The effect of peer collaboration on children's problem-solving ability. *British Journal of Education Psychology* 75, 157-169.
- Goldin, G. A. (2002). Affect, meta-affect, and mathematical belief structures. In G. C. Leder, E. Pekhonen, & G. Törner (Eds.), *Beliefs: A hidden variable in mathematics education?* (pp. 59-72). Dordrecht: Kluwer.
- Goldin, G. A. (2009). The affective domain and students' mathematical inventiveness. In

- R. Leikin, A. Berman, & B. Koichu (Eds.), *Creativity in Mathematics and the Education of Gifted Students* (pp. 181–194). Rotterdam: Sense Publishers.
- Goldin, G. A. (2014). Perspectives on emotion in mathematical engagement, learning, and problem solving. In R. Pekrun and L. Linnenbrink–Garcia (Eds.), *International Handbook of Emotions in Education* (pp. 391–414). New York: Routledge.
- Gómez–Chacón, I. M. (2000). Affective influence in the knowledge of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 43, 149–168.
- Goos, M. (1995). Metacognitive knowledge, belief and classroom mathematics. In B. Atweh & S. Flavel (Eds.), *Galtha(Proceedings of the 18th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia)* (pp. 300–306). Darwin: MERGA.
- Goos, M. & Galbraith, P. (1996). Do it this way! Metaconitive strategies in collaborative mathematical problem solving. *Educational studies in mathematics* 30(3), 229–260.
- Goos, M., Galbraith, P. & Renshaw, P. (2002). Socially mediated metacognition: Creating collaborative zones of proximal development in smallgroup problem solving. *Educational studies in mathematics* 49(2), 193–223.
- Gottman, J. M., Katz, L. F., & Hooven, C. (1996). Parental meta–emotion philosophy and the emotional life of families: Theoretical models and preliminary data. *Journal of Family Psychology*, 10(3), 243–268.
- Hannula, M. S., Evans, J., Philippou, G., & Zan, R. (2004). Affect in mathematics education– exploring theoretical Frameworks. *Proceedings of the 28th Conference of International Group for Psychology of Mathematics Education* (pp. 107–136). Bergen, Norway: Bergen University College.
- Lester, F. K., Garofalo, J., & Kroll, D. L. (1989). Self–confidence, interest, beliefs, and metacognition: Key influences on problem–solving behavior. In D. B. McLeod & V. M. Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving: A new perspective* (pp. 75–88). New York: Springer–Verlag.
- Malmivuori, M. L. (2001). The dynamics of affect, cognition, and social environment in the regulation of personal learning processes: The case of mathematics. *Research Report*, 172, Helsinki: University of Helsinki.
- Malmivuori, M. L. (2006). Affect and self–regulation. *Educational Studies in Mathematics*, 63, 149–164.
- McLeod, D. B. (1992). Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 575–596). New York: Macmillan.
- Moscucci, M. (2010). Why is there not enough fuss about affect and meta–affect among mathematics teacher? In V. Durand–Guerrier, S. Soury–Lavergne, & F. Arzarello

-
- (Eds), *Proceedings of the CERME-6* (pp. 1811-1820). INRP, Lyon.
- Polya, G. (1971). *How to solve it*. Princeton University Press. 우정호 역(2002). **어떻게 문제를 풀 것인가- 수학적 사고 방법**. 서울: 교우사.
- Schoenfeld, A. H. (1989). Ideas in the air: Speculations on small group learning, environmental and cultural influences on cognition, and epistemology. *International Journal of Educational Research* 13, 71-88.
- Schlöglmann, W. (2005). Meta-affect and strategies in mathematics learning. In M. Bosch (Ed), *Proceeding of CERME-4* (pp. 275-284). Barcelona: FundEmi IQS.
- Schlöglmann, W. (2009). Categories of affect- some remarks. In V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne, & F. Arzarello (Eds), *Proceeding of CERME-6* (pp. 164-173). INRP, Lyon.
- Silver, E. A. (1987). Foundations of cognitive theory and research for mathematics problem-solving instruction. In A. H. Schoenfeld (Ed.), *Cognitive Science and Mathematics Education* (pp. 33-60). NJ: Hillsdale.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research: design and methods*(5th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

<Abstract>

Aspects of Meta-affect
According to Mathematics Learning Achievement Level
in Problem-Solving Processes

Do, Joowon⁴⁾; & Paik, Suckyoon⁵⁾

Since the mathematics learning achievement level is closely related to problem-solving ability, it is necessary to understand the relationship between problem-solving ability and meta-affect ability from the point of view of general mathematics learning ability. In this study, we compared the frequency analysis and the case analysis of the functional aspects of the meta-affect in elementary school students' problem-solving processes according to mathematics learning achievement level in parallel with frequency analysis and case analysis. In other words, the frequency of occurrence of meta-affect, the frequency of meta-affective type, and the frequency of meta-functional types of meta-affect were compared and analyzed according to the mathematics learning achievement level in the collaborative problem-solving activities of small group members with similar mathematics learning achievement level. In addition, we analyzed the representative cases of meta-affect by meta-functional types according to the mathematics learning achievement level in detail. As a result, meta-affect in problem-solving processes of the upper level group acted as relatively various types of meta-functions compared to the lower level group. And, the lower level group, the more affective factors acted in the problem-solving processes.

Key words: mathematical problem solving, meta-affect, function of meta-affect, mathematics learning achievement level

논문접수: 2018. 04. 09

논문심사: 2018. 05. 09

게재확정: 2018. 05. 18

4) dojoowon@hanmail.net

5) sypaik@snue.ac.kr