

수학 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 사회역학적 기능

도 주 원 (서울방현초등학교)

백 석 윤 (서울교육대학교)[†]

수학 문제해결 능력의 향상을 위한 연구의 일환으로 문제해결 활동 과정에 중요한 역할을 담당하는 것으로 최근에 파악된 메타정의를 수학 학습 지도에 적용하는 연구의 필요성이 제기되어왔다. 이에 본 연구에서는 긍정적인 메타정의의 기능을 활성화시키며 실제 문제해결 활동에 효과적으로 작용하는 것은 물론, 정의적 측면에 대한 연구 방법론이 갖는 일반적인 난점의 극복을 위하여 협업의 상황을 설정하였다. 즉, 2인 1조의 소집단 구성원이 협업을 통하여 성공적인 문제해결 과정에 보여주는 메타정의적 요소에 대한 사회역학적 작용 과정의 특성을 분석하였다. 이를 위해 선행연구에서 파악된 메타정의의 메타적 기능 유형과 협업의 교류적 요소를 초등학생의 협업적 문제해결 활동 분석을 위한 준거로 삼았다. 소집단의 협업적 수학 문제해결 활동의 에피소드 단위별로 보여주는 메타정의의 메타적 기능 유형과 이와 결부된 교류적 요소의 구조 사례를 관찰, 분석하여 성공적인 문제해결로 유도하는 메타정의의 사회역학적 기능이 보여주는 특성을 추출하였다. 본 연구의 결과로부터 도출되는 메타정의의 사회역학적 작용 원리는 성공적인 수학 문제해결의 교수·학습 방법 구현을 위한 연구에 정의적, 사회역학적 측면에서 실제적인 시사점을 제공한다.

I. 서론

수학 학습 및 문제해결에 대한 연구는 전통적으로 인지적 측면에 무게를 두면서 상대적으로 정의나 인지-정의의 상호작용에는 연구나 교육적 관심을 체계적으로 기울여 오지 못한 것이 사실이다. 하지만 학생들의 문제해결 능력 향상이라는 수학교육의 주된 목표를 이

루기 위해서는 문제해결에서 정의적 요인의 역할에 대한 연구와 교육적 적용이 중요함을 인지하기 시작하였다(Silver, 1987). 즉, 신념, 태도, 정서와 같은 정의적 요소가 문제해결 행동에 인지적 요소에 못지않은 영향을 미친다는 것을 확인하게 되면서(DeBellis & Goldin, 1997; Lester, Garofalo, & Kroll, 1989; McLeod, 1992), 점차 문제해결에서 정의적 측면에 대한 연구의 비중이 증가하게 된 것이다.

1997년 DeBellis & Goldin에 의해서 처음 定義¹⁾된 메타정의(meta-affect)는 정의적 측면의 가장 복합적이면서 중요한 요소로(Goldin, 2002; Gómez-Chacón, 2000; DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Hannula, Evans, Philippou, & Zan, 2004). 메타인지가 인지적 정신 체계가 어떻게 다루어지는지를 설명하듯이 메타정의는 마음(mind)이 정의를 어떻게 다루는지를 설명해준다(Schlöglmann, 2005). 예를 들어, 수학 문제해결 활동 중 발생한 좌절과 같은 감정(feeling)이 일부 학생들에게는 부정적인 감정이 되면서 실패를 예상하게 만드는 데 이때의 메타정의적 맥락은 걱정이나 두려움과 같은 부정적인 성향을 띠게 된다. 한편으로는 이러한 좌절의 경험이 일부 학생들에게는 긍정적인 메타정의적 맥락을 수반하여 성공을 예상하거나 만족스러운 학습 경험을 느끼게도 해 준다는 것이다(Goldin, 2002). 즉, 문제해결 과정에서 부정적인 정서(emotion)는 일반적인 문제해결자뿐만 아니라 우수한 문제해결자에게도 발생하는데, 이 부정적인 정서에 긍정적인 메타정의가 작용하여 문제의 도전감을 불러일으켜 성공적인 문제해결에 기여할 수도 있게 하는 것이다. 이는 문제해결의 정의적 측면에 대한 연구가 부정적인 정서를 제거하거나 문제해결을 쉽고 재미있게 만드는 기능에 집중

* 접수일(2017년 1월 16일), 심사(수정)일(2017년 1월 25일), 게재확정일(2017년 1월 27일)

* ZDM분류 : C23

* MSC2000분류 : 97C20

* 주제어 : 수학 문제해결, 메타정의, 메타정의의 메타적 기능 유형, 사회역학적 기능

† 교신저자 : sypaik@snue.ac.kr

1) 본 논문에서는 정의(affect)와 정의(definition)를 구분하여 표기하기 위해서 정의(affect)는 정의로, 정의(definition)는 定義로 표기하였다.

할 것이 아니라, 메타정의의 일반적인 작용 및 특성에 대한 것이어야 함을 시사한다. 하지만 문제해결 과정에서 인지적, 정의적 요소들 사이의 관계성에 기반한 메타정의의 범주에 대한 논의는 지속적으로 수정, 변화되어오고 있으며(DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Goldin, 2002, 2009, 2014), 문제해결에서 중요한 역할을 하는 메타정의의 구체적인 작용에 대한 연구는 아직 체계적이거나 명료하게 이루어지지 못한 상태이다.

한편으로, 문제해결과 같은 역동적인 수학 학습 활동의 활성화나 개선을 위한 교수학적 노력 및 이와 같은 학습 활동에 대한 연구에 있어서 그동안 개별 학습보다는 소집단 내에서의 협업적 상황이 상대적인 장점을 갖고 있음은 주지되어 있는 바이다. 이러한 관점에서, 소집단의 문제해결 활동이 갖는 일반적인 장점적 측면을 확인시키거나(Chalmers, 2009; Schoenfeld, 1989), 수학적 사고와 문제해결 능력을 발전시키는데 있어서 소집단 활동이 갖는 잠재력에 대한 규명이나(Goos, Galbraith, & Renshaw, 2002), 동료와의 수학적 논의 활동이 갖는 장점에 대한 연구(Goos, 1995) 등과 같이 소집단으로 이루어지는 문제해결의 유의미한 가치에 대한 많은 연구가 있어왔다. 그리고 이와 관련하여 문제해결에 있어서 협업을 통해 해결한 학생들이 개별적으로 해결한 학생들에 비하여 올바른 해법을 상대적으로 더 많이 도출해내고(Fawcett & Garton, 2005), 특히 낮은 성취도의 학생의 경우 협업을 학생들의 학습에 강력한 영향을 줄 수 있다고 보고한 실제적인 연구(Lai, 2011) 결과에도 주목할 필요가 있다. 그리고 정의적 영역에 대한 연구 방법상의 어려움 때문에 문제해결 활동의 정의적 측면에 대한 연구가 인지적 측면에 대한 연구에 비하여 상대적으로 진척되지 못했던 점을 감안하면 수학 문제해결에서 메타정의의 활성화와 그 특성을 파악하기 위하여 소집단 문제해결의 상황 설정이 바람직하다고 볼 수 있다.

이와 같은 문제의식에 따라 본 연구에서는 메타정의의 메타적 기능 유형과 협업의 교류적 요소를 문제해결 활동 분석을 위한 준거로 삼았다. 그리고 초등학교 소집단(2인 1조)의 협업적 문제해결 활동 중 나타나는 에피소드(episode)²⁾의 예를 관찰, 분석하여 성공

적인 수학 문제해결 활동 과정이 갖는 메타정의적 조건과 소집단 협업의 교류적 조건을 파악하였으며, 이때 메타정의와 협업적 교류 사이에 이루어지는 상호간의 관계성 측면에 대해서도 고찰하였다.

II. 수학 문제해결에서 메타정의의 사회역학적 기능

메타정의는 정의적 요인이 문제해결 과정에 작용하는 방식의 속성상 정의에 작용하는 정의뿐 아니라 인지적 요인도 포함시켜 고려하는 것이 합리적이다. 어떤 관계에서나 그 상황이 완료될 때까지 문제해결자의 머릿속에 자각된 상태를 의미하는 ‘자각(awareness)’(Gottman, Katz, & Hooven, 1996)을 사용하여 메타정의를 문제해결 과정에서 문제해결자에게 발생하는 정의적 요소들 간의 상호작용에 대한 자각 또는 인지적, 정의적 요소들 간의 상호작용에 대한 자각으로 재규정할 수 있다. 이에 대한 조작적 정의는 반드시 정의적 요소를 포함하며 문제해결의 단위 에피소드를 구성하는 상호 관련된 인지적, 정의적 요소들의 연쇄로 규정할 수 있다. 이에 본 장에서는 문제해결 과정에서 나타나는 메타정의의 유형과 메타정의의 메타적 기능들을 범주화하여 고찰하였으며, 문제해결자 상호간의 의사소통 및 소집단의 협업에서의 근접발달영역(ZPD)을 기반으로 한 문제해결에 대하여 고찰하였다.

1. 수학 문제해결에서 메타정의의 기능

가. 메타정의의 유형

Gómez-Chacón(2000)는 메타정의를 정서적 자각에 대한 도착점으로 보고, 정서의 ‘평가’, ‘표현’, ‘조절’, ‘활용’으로 분류하였으며, 김선희·박정연(2011)과 김선희·김부미·이종희(2014, p.110)는 선행연구들을(Gómez-Chacón, 2000; DeBellis & Goldin, 2006) 근거로 ‘정의의 모니터링’, ‘감정의 평가’, ‘감정의 조절’, ‘정의의 활용’으로 구분하였는데, 이러한 분류는 정의적 요소들 중 정서(즉, 감정)에 국한하여 메타정의를 기능에 따라 구분한 것이다. 하지만 메타정의는 정의적 요소들 간의 관계뿐 아니라 인지적, 정의적 요소들 사이의 관계성도 내포하며, 인지적, 정의적 요소가 복합적으로 상

2) 에피소드(episode)는 일련의 문제해결 과정에서 구분이 가능한 문제해결력이 작용하는 부분적인 각 과정 단위를 지칭한다(Schoenfeld, 1985, p.292-297).

호작용한다(Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Malmivuori, 2001, 2006; Schöglmann, 2005; Moscucci, 2010). 따라서 문제해결 활동이 진행되는 시간의 연속선상에서 발생하는 인지적, 정의적 요소의 연쇄에 대해서 다시 인지적, 정의적 요소가 그 위에 작용하게 되므로, 기존의 메타인지와 함께 메타정의, 즉 정의적 요소에 대한 인지적 또는 정의적 작용, 인지적 요소에 대한 정의적 작용까지도 설명이 가능하도록 도출한 2층 또는 3층의 복층구조를 이루는 메타정의의 10가지 유형(도주원·백석운, 2016)이 합리적이다. 이 메타정의의 유형은 [그림 1]의 인지적, 정의적 요소의 연쇄 12가지 중 2가지 메타인지 유형인 ‘인지에 대한 인지(C←C)’ 유형과, ‘인지에 대한 인지에 대한 인지(C←C←C)’ 유형 외에 정의적 요소를 반드시 포함하는 인지적 정의적 요소들 간의 연쇄로 나타난 10가지 유형이다; 1) 인지에 대한 인지에 대한 정의(C←C←A) 유형, 2) 인지에 대한 정의(C←A) 유형, 3) 인지에 대한 정의에 대한 인지(C←A←C) 유형, 4) 인지에 대한 정의에 대한 정의(C←A←A) 유형, 5) 정의에 대한 인지(A←C) 유형, 6) 정의에 대한 인지에 대한 인지(A←C←C) 유형, 7) 정의에 대한 인지에 대한 정의(A←C←A) 유형, 8) 정의에 대한 정의(A←A) 유형, 9) 정의에 대한 정의에 대한 인지(A←A←C) 유형, 10) 정의에 대한 정의에 대한 정의(A←A←A) 유형.

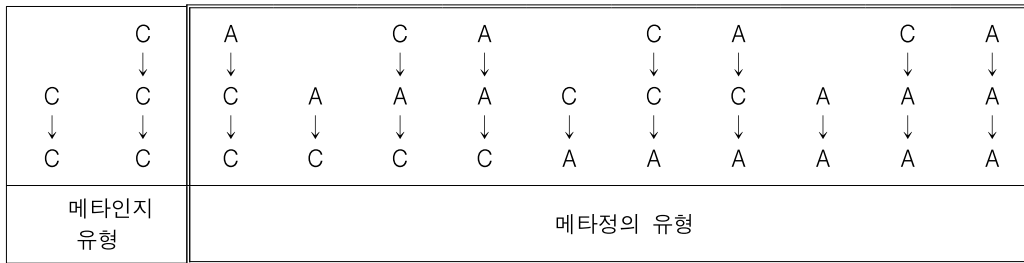
제시된 문제, 학생, 교실의 사회문화적 맥락에 따라 4층 이상의 복층구조를 갖는 메타정의의 발현도 가능하나, 이러한 경우 메타정의의 10가지 유형들 간의 조합으로 구조 설명이 가능하므로, 본 연구에서도 메타정의의 기본 구조를 2층 또는 3층의 복층구조로 제한

하여 유형화 한 메타정의의 10가지 유형을 적용하였다.

나. 메타정의의 기능

앞에서 제시한 메타정의의 10가지 유형은 문제해결자의 문제해결 과정에서 나타날 때, 인지적, 정의적 요소들 간의 상호작용의 관계성을 내포하게 되며, 연쇄에 메타정의의 메타적 기능이 작용할 수 있음을 선행연구(도주원·백석운, 2016)에서 확인하였다. 메타정의의 메타적 기능은 메타인지(백석운, 1994; Conti & Fellenz, 1991; Silver, 1987), 마음의 메타수준과 메타정서(Hannula, 2001; Gottman, et al., 1996), 메타동기(Conti & Fellenz, 1991), 메타신념(Moacucci, 2007)과 같이 메타적 작용이 나타나는 인지적, 정의적 요소에 대한 선행연구들을 기반으로, 주어진 문제를 해결하기 위한 해결 전략을 구상하는 ‘계획(planning)’, 문제해결 과정에서 나타나는 인지적, 정의적 현상을 제한하며 문제해결 과정을 의식적으로 유도하는 ‘통제(regulation)’, 모니터링이나 평가, 사정에 이어지는 행위로 자신의 문제해결 과정에서 나타나는 인지적, 정의적 현상에 추가 또는 변화를 주기 위하여 무언가를 선택하거나 결정하는 제어 기능을 하는 ‘조절(control)’, 자신의 문제해결 활동에서 나타나는 인지적, 정의적 현상에 대해 자각하고 관리하는 ‘관리(management)’, 자신의 문제해결 과정에서 나타나는 특정 인지적, 정의적 현상이 왜, 어떻게 나타나는지에 대해 스스로 감시하는 ‘모니터링(monitoring)’, 문제해결과 관련한 문제해결자 자신의 문제해결력을 스스로 평가하는 ‘사정(appraisal)’, 자신의 문제해결 과정 전반에 대한 종합적인 평가를 하는 ‘평가(evaluating)’, 문제해결 과정에

C: 인지적 요소, A: 정의적 요소



[그림 1] 인지적, 정의적 요소의 연쇄 구조(도주원·백석운, 2016)
[Fig. 1] The chain structure of cognitive and affective elements

서 나타나는 문제해결자의 정의나 인지 현상에 대한 확신이나 견해 또는 확신에 찬 메타적 반응을 보이는 '신념(belief)', 반복적으로 강하게 나타나는 정서적 경험이 누적, 발전되어 형성된 특정 좋아함이나 싫어함, 선호도 등이 종합적으로 작용하는 '태도(attitude)'로 추출할 수 있다. 즉, 수학 문제해결 과정에서 나타나는 정의적 요소들 간의 연쇄, 또는 인지적, 정의적 요소들 간의 연쇄에 작용하는 메타적 기능을 메타정의의 메타적 기능이라고 할 수 있다.

메타정의의 메타적 기능들을 그룹화 하여 [표 1]에 제시된 5개의 유형으로 범주화할 수 있다. '계획'은 주어진 문제를 읽고 그 상황을 이해하여 문제를 해결하기 위한 계획을 세우는 가장 초기의 단계이므로 메타정의의 메타적 기능 유형에서는 제외하였다. 유사한 메타적 기능을 보이는 '통제', '조절', '관리'는 이 중 가장 포괄적 기능을 수행하는 '관리' 유형으로, '모니터링'은 그 자체로서 의미 있는 기능을 수행하므로 별도의 '모니터링' 유형으로 각각 범주화 하였다. '사정'과 '평가'는 유사한 메타적 기능을 수행하므로 평가 유형으로 범주화 하였으며, 인지적, 정의적 성향을 공유하여 메타정의에서 중요한 기능을 수행하는(Malmivuorim 2001, 2006; DeBellis & Goldin, 2006) '신념', 메타정의 유형의 연쇄에 포함된 정의적 요소에 대한 또 다른 메타적 기능인 '태도'는 정의적 요소를 반드시 포함한다는 메타정의의 특성을 반영하여 '신념' 유형과 '태도' 유형으로 각각 범주화 하였다. 본 연구에서는 이 메타정의의 메타적 기능 유형에 따라서 문제해결 과정의 각 에피소드를 분석하였다.

[표 1] 메타정의의 메타적 기능 유형
[Table 1] The meta-functional type of meta-affect

메타정의의 메타적 기능	유형
계획(planning)	
통제(regulation)	관리(management)
조절(control)	
관리(management)	
모니터링(monitring)	모니터링(monitring)
사정(appraisal)	평가(evaluating)
평가(evaluating)	
신념(belief)	신념(belief)
태도(attitude)	태도(attitude)

2. 수학 문제해결에서 사회적 상호작용

가. 의사소통

수학적 의사소통은 NCTM이 「Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics」(1989)에서 강조하며 구체적인 기준을 제시한 이래로 지속적으로 수학교육에서 중요하게 다루어지고 있다. 수학 교실에서 의사소통은 다양한 형태로 나타나는데, Brendefur & Frykholm(2000)는 학생들의 반성 정도에 따라서 교사가 강의하고 질문하여 학생들에게는 의사소통의 기회가 거의 주어지지 않는 단 방향 의사소통, 교사와 학생, 또는 학생들 간의 상호작용에 초점을 두나 깊은 사고 과정과 의미의 고찰 없이 상호간의 의사만 전달되는 기여적 의사소통, 학생들이 동료나 교사와 함께 아이디어, 전략, 해를 공유하고, 더 심화된 조사, 탐구를 위한 발판으로 이용하고, 동료가 제안한 추측을 정당화하거나 반박할 때 주로 사용하는 반성적 의사소통, 교사가 학생들의 수학 학습이 이루어지도록 유지, 격려, 수정할 상황을 제안하고, 반성하게 하여 자신이 이해한 것을 수정할 수 있는 기회를 포함하는 교육적 의사소통으로 분류하였다.

메타인지의 개발은 문제해결에서 중요하게 인식되며, 의사소통이 여기에서 중요한 역할을 할 수 있다. Schoenfeld(1987)는 메타인지 개발을 위한 교수 기법으로 비디오테이프 사용, 메타인지적 행동의 롤 모델로서의 교사, 교사가 조정자로서 참여한 학급 전체의 토의, 소집단 문제해결 등을 제안하였다. 학생들의 신념, 감정, 태도 등의 정의적인 측면은 학생들의 수학 학습 발전에 중요한 영향을 미치며, 수학 수업에서 다양한 의사소통 방식은 학생들의 정의적인 차원에 영향을 줄 수 있다(이종희·김선희, 2002, p.41). 따라서 문제해결에서 학생들의 메타정의의 개발과 정의적인 측면에 영향을 줄 수 있는 의사소통 방식 중 학생들의 반성의 정도가 가장 높은 반성적 의사소통이 이루어질 수 있고, 메타정의와 관련 있는 메타인지 개발을 위한 교수 기법으로도 제안된 소집단의 형태로 문제를 해결하도록 본 연구를 계획하였다. 소집단이 문제해결 시 사용하는 말하기, 듣기 방식에서 읽기, 쓰기 방식보다 사회적 상호작용의 기능이 상대적으로 잘 드러날 수 있으므로, 쓰기 방식과 더불어 말하기와 듣기 방식을 사용하여 서로 토의하며 문제를 해결하게 하였다.

나. 협업(collaboration)

Schoenfeld(1989)는 문제해결의 어떠한 단계에서는 주어진 문제의 맥락에 맞게 합리적으로 접근하여 문제의 의도에 최적화된 해를 구하고자 하는 문제해결자의 태도가 가장 중요하다고 지적한다. 문제해결은 수학과 실제를 연결하는 중요한 역할을 하므로, 문제의 실제 해석되는 의미와 함께 해결하는 과정이 실제로 적용되는 방법을 고려하도록 교수·학습되어야 한다. 이를 위해서 학생들이 소집단의 구성원으로서 해를 구하기까지의 전 과정을 활발한 의사소통을 통해 해결하려는 교실 분위기와 구성원의 협동하는 태도 형성을 통해 문제해결 수업이 이루어져야 하며(백석운, 2016, p.40), 학생들은 자신의 생각을 다른 사람과 공유함으로써 자신의 사고를 깊고 명확하게 발전시킬 수 있게 된다(이종희·김선희, 2002, p.26).

Damon & Phelps(1989)는 동료학습을 참여의 질에 따라서 동등하지 않은 실력을 가진 학생들 중 한 학생이 다른 학생을 교수하는 동료교수(peer tutoring), 제시된 과제를 나누어 학생 각자가 각기 다른 부분을 완수하는 협력학습(cooperative learning), 함께 문제를 해결하기 위해서 유사한 역량 수준의 학생들과 자신의 아이디어를 공유하는 동료협업(peer collaboration)으로 구분하였다. 상호의존적인 협업에 대하여 1993년 Granott는 동등한 기술을 지닌 동료협업에서 나타나는 상호작용은 공유하는 활동으로 공통된 목표를 지니게 되며, 자료를 공유하고, 지속적인 의사소통을 통해 공동으로 이해를 구축하는 특징 있음을 보고하였다(Beals, 2006). 학교 수학의 언어를 사용하는 데 있어 협업 학습의 잠재성에 주목하면, 동료그룹의 상호작용은 학습자의 관점을 변화시키며, 세련된 언어를 사용하도록 학생들을 격려하고, 이를 통해 학생들은 학습 기회를 얻게 된다(Yackel, Cobb, & Wood, 1991). 하지만, Goos & Galbraith(1996)의 연구에서 확인할 수 있듯이 다른 수준의 수학 역량을 지닌 학생들 사이의 협업은 상대방이 도움을 요청하지 않으면 각자 교과서 문제를 독립적으로 해결하게 되며, 문제해결 시 학생들의 상호작용이 조금 더 협력적이 되더라도 각자가 지적 우월성을 확립하려는 노력을 하게 되어 적대적인 분위기를 풍기게 된다. 따라서 본 연구에서는 유사한 수준의 수학 역량을 지닌 학생 2명으로 소집단을 구성하여 협업적 상호작용을 통해 자신의 인지적, 정의적

사고 과정을 논의하며 문제를 해결할 수 있게 하였다. 유사한 수준의 수학 역량을 지닌 학생 간의 협업적 상호작용에서 학생 개개인이 문제해결 과정에서 자신이 갖게 되는 사고 과정을 표현할 수 있는 기회와 사고의 발산을 최대화 할 수 있으므로, 이러한 소집단의 협업은 정의적 요소에 대한 연구 방법론이 내포하는 난점을 극복하는 데에도 도움이 될 수 있다.

한편, 사회적 구성주의 입장의 Vygotsky는 인지 발달에 있어서 문화-사회적 요인을 강조했는데, 이 때 언어가 사회에서 제공하는 인지 발달을 위한 가장 중요한 기호적 도구라고 주장하였다(강완 외, 2009, p.158). 또한, 근접발달영역(ZPD: zone of proximal development)을 통해서 학습은 홀로 이루어질 수 없고 다른 사람의 도움을 받아 이루어질 수 있다고 보았는데(이종희·김선희, 2002, p.63), 수학적 의사소통에 적용하면 문제해결 상황에서 소집단의 문제해결자들 간의 의사소통인 ‘언어’를 사고의 수단이자 문화 전달의 수단으로 활용하여 그들의 수학적 사고를 더 발전시킬 수 있게 된다. 특히, 수학적으로 유사한 수준의 학생들로 구성된 소집단의 협업적 문제해결은 학생들 간의 ‘언어’를 이용한 의사소통을 통해 학생들의 학습 발달을 촉진할 수 있을 것이다.

III. 연구방법

본 연구는 2016년 11월~12월 기간 동안 서울소재 초등학교 5학년 한 개 교실에서 학생 16명이 수행한 문제해결 활동의 관찰을 통해 이루어졌다. 실험적 조작과 변수의 조절보다는 복잡한 사회문화적 배경에서 수학 문제해결 과정을 해석하는데 중점을 두어, 연구방법으로 1985년 Lincoln & Guba가 제안한 자연주의적 탐구 방법(naturalistic inquiry method)(Bowen, 2008)을 택했으며, 문제해결 참여 관찰(동영상 촬영), 학생들의 인터뷰, 설문조사를 실시하였다. Goos(1995)와 Goos, Galbraith, & Renshaw(2002)의 연구를 참고하여, 설문조사 결과와 관찰 데이터에 의한 상호보완적 관점으로 유사한 수준의 수학 역량과 동료들과의 협업적 작업에 대한 선호도에 기초하여 2인 1조로 소집단(총 8개 조)을 구성하였다. 정규 수학 시간에 연구자가 개발한 문제를 소집단별로 협업적으로 해결하는

장면을 동영상으로 촬영하였다. 촬영한 동영상을 참고하여 유사한 수준의 수학 역량을 지닌 학생들로 세 차례 소집단의 구성을 달리하여 활발한 소집단의 협업이 이루어질 수 있도록 하였다.

연구에 사용할 문제를 개발하기 위하여 먼저 Goos & Galbraith(1996)와 Carlson & Bloom(2005)가 수학 문제를 선정한 기준을 참고하여 세 가지 문제 개발 기준을 정하였다;

- 학생들이 충분히 해결할 수 있을만한 교육과정과 연계되고 학생들의 교실 경험과 관련된 문제,
- 학생들에게 친숙하지 않아 충분한 도전적이어서 메타인지적·인지적 행동을 보이는 진짜 문제,
- 메타정 의적·정의적 반응을 유도하고, 충분히 복잡하여 논의 및 논쟁을 유도하는 문제.

이 문제 개발 기준에 따라 5학년 2학기 4. 소수의 나눗셈, 5. 여러 가지 단위 단위에 연관된 문제를 개발한 후 두 차례 예비 연구를 실시하여, 학생들의 정의적, 메타정 의적 반응을 유도해 내기에 적합하도록 충분히 도전적이면서 여러 단계를 거쳐야 해결 가능하게 문제의 구성 및 난이도를 조정하여 최종 7개의 문제를 확정하였다. 또한 정규 수업 시간에 소집단별 동영상 동시 촬영의 문제점을 발견하여 이를 수정하여 본 연구의 동영상 촬영 및 영상자료 수집에 대비하였다.

1. 자료의 수집

각 소집단의 구성원에게 협업적으로 문제를 해결하는 사고의 과정을 말로 표현한 후 해결과정을 활동지에 쓸 것을 요구하였다. 연구자는 학생들의 행동을 관찰하였으며, 주기적으로 매 연구 차시 초반에 학생들이 자신의 생각을 자세히 말로 표현할 것을 상기시켰다. 문제해결 과정 중 관찰자는 해법의 정확성에 관한 어떠한 말도 하지 않았으며, 소집단별로 짝끼리 논의하여 해를 구하도록 안내하였다. 각 소집단의 문제해결 과정은 그룹별로 태블릿 PC를 배치하여 동시에 동영상을 촬영한 후 각 영상 자료에서 선택한 부분들에서 학생들의 행위(대화 및 행동)를 전사하였다. 소집단별로 또는 제시된 문제에 따라서 각각의 문제를 해결하는데 필요한 시간은 다양화 하였다. 각각의 문제를 해결하는데 걸리는 시간은 약 3분~20분 정도였다.

2. 자료 코딩과 분석

학생들의 문제해결 과정에서 작용한 메타정 의의 메타적 기능을 확인하기 위해서 각 동영상 자료에서 학생들의 행위에 정의적 요소가 나타나는지의 여부를 확인하여 분석할 동영상 자료를 선택하였다. 선택한 동영상 자료를 전사한 후 메타정 의 유형이 나타난 에피소드를 선택하여 II장에서 설정한 메타정 의의 메타적 기능 유형인 ‘관리’, ‘평가’, ‘모니터링’, ‘신념’, ‘태도’가 그 메타정 의의 유형에 메타적 기능으로 작용하였는지 분석하기 위하여 [표 2]의 기준으로 코딩하였다.

[표 2] 메타정 의 에피소드의 메타적 기능 유형 코딩 기준

[Table 2] Coding criteria for meta-functional types of meta-affect episodes

유형	행위
관리	‘~ 하지 마.’, ‘잠깐만, ~게 해야 해.’ 등 (동료의 행동 제한, 사고의 진행 조절)
모니터링	‘왜 이렇게 생각했지?’ 등 (인지적, 정의적 현상에 대한 감시)
평가	‘계산이 잘못되었어.’ 등 (해결과정의 오류여부 판단 및 평가)
신념	‘~할 필요 없어.’, ‘나는 ~는 잘못해.’ 등 (인지적, 정의적 현상에 대한 확신 및 견해)
태도	‘~한 태도로 문제를 해결해야 해.’ 등 (선호도가 작용하는 문제해결 태도)

상호작용을 하는 협업 구조의 기여 정도를 확인하기 위해서 전체 전사 자료에서 협업의 대화식 교류를 두 번째로 코딩하였다. 이 때, Goos, Galbraith, & Renshaw(2002)가 1993년에 Kruger가 정의한 대화 교류의 질을 바탕으로 3가지 유형의 교류(교류형 진술, 교류형 질문, 수동적 응답)로 학생 상호간 양 방향에서 이루어지는 6가지 교류 코드를 그룹화 하여 설정한 협업의 교류적 요소 3가지를 사용하였다;

- 자기 공개(self-disclosure): 자신의 생각을 분명히 하고, 정교하게 만들고, 평가하고, 정당화하는 자기 주도적인 진술 및 답변
- 피드백 요청(feedback request): 파트너가 자신의 사고를 비판하도록 유도하는 자기 주도적 질문
- 타인 모니터링(other-monitoring): 파트너의 생각을 이해하려는 시도가 나타난 다른 방향의 진술, 질문, 답변

성공적인 수학 문제해결에는 의사소통 능력이나 협업성취도와 같은 요인들 역시 작용했을 것으로 보인다. 본 연구의 목적이 성공적인 수학 문제해결 활동 과정이 갖는 메타정의를 조건과 소집단 협업의 교류적 조건을 파악하고, 이 때 메타정의와 협업적 교류 사이에 이루어지는 상호간의 관계성 측면에 대해 고찰하는 것이므로, 메타정의의 메타적 기능 유형으로 코딩된 동시에 협업의 교류적 요소의 구조로 코딩된 단일 행위를 관찰하였으며, 수학 문제해결에서의 메타정의의 메타적 기능 유형과 소집단의 협업에서 동료 상호작용에 메타정의가 어떻게 작용하는지를 분석하였다.

IV. 결과

소집단의 협업적인 메타정의를 문제해결 활동의 공통적인 특징을 보여주는 상세한 분석을 위해서 성공적인 문제해결과 성공적이지 못한 문제해결의 전사 자료를 각각 2개씩 선택하였다. 먼저 각 전사 자료에서 메타정의를 관점과 협업의 교류적 관점으로 분리하여 성공적인 문제해결을 성공적이지 못한 문제해결과 비교 분석한 후, 두 관점 사이의 관계적 측면에 대하여 고찰하였다. 학생들 간의 문제해결 활동에서의 상호작용을 전사할 때 대화적 교류는 연속적으로 세었고, 동영상상의 비언어적 정보는 () 안에 제시했다. 또한, 메타정의의 메타적 기능 유형과 협업의 교류적 요소의 구조를 나타내는 주석은 [] 안에 기록했다.

1. 성공적인 협업

성공적인 소집단의 협업적 문제해결에 대한 전사 기록 2가지를 선택하여 상세하게 분석하여, 메타정의의 메타적 기능과 협업의 교류적 요소의 구조를 각각 확인하였다. ‘리본의 길이 구하기’ 문제는 직육면체의 모양의 상자를 묶는 리본의 길이를 구하는 문제이며, [그림 2]에 제시된 ‘주먹밥 만들기’ 문제는 소수의 나눗셈에 관한 수업에서 기인한 문제로 소수의 나눗셈에 대한 연산 능력과 함께 문제해결 능력을 확인하는 문제로 소집단별 학습지 형태로 제시하였다.

이 문제의 해결 과정을 분석한 소집단의 학생은 학생 C와 F로 총 68개의 행위가 있었고, 이 문제를 해결

하는데 14분 정도가 걸렸다.

학생들이 주먹밥을 만들려고 합니다. 각 모둠에서 준비한 재료의 양과 주먹밥 한 개를 만들 때 필요한 재료의 양은 다음과 같습니다. 각 모둠 학생들이 주먹밥을 최대 몇 개까지 만들 수 있는지 짝과 함께 구해보세요. 이 때 햄 주먹밥과 소고기 주먹밥은 각각 몇 개씩 만들 수 있는지 가능한 경우를 모두 구해보세요. (단, 각 주먹밥에는 필요한 재료가 모두 들어가야 합니다.)

각 모둠에서 준비한 재료의 양(g)	햄 주먹밥 한 개를 만들 때 필요한 재료의 양(g)	소고기 주먹밥 한 개를 만들 때 필요한 재료의 양(g)
<ul style="list-style-type: none"> • 밥 : 350 • 당근 : 91 • 양파 : 52.8 • 버섯 : 64.8 • 햄 : 65.86 • 소고기 : 70.2 	<ul style="list-style-type: none"> • 밥 : 20 • 양파 : 3 • 버섯 : 4 • 햄 : 7 	<ul style="list-style-type: none"> • 밥 : 20 • 당근 : 5 • 양파 : 3 • 소고기 : 6

[그림 2] 주먹밥 만들기 문제
[Fig. 2] Problem of making rice balls

11. C: 밥이 20이니까 350... 20 몇 번 들어가?[피드백 요청]
12. F: 350에 20... 소수점 안하면 17번 들어가.
13. C: 그래. 소수점까지 할 필요 없어.[신념; 자기 공개]
14. F: 그냥 여기에 식 써 놓으면 되지 않아? 350 나누기 20은 17.(식을 쓴다.)
15. C: 잠시만.
16. F: 짤짤~ 짤~
17. C: 하지 마.[관리; 타인 모니터링]
18. F: 0, 0, 5(계산하며 쓴다.)
19. C: (학습지를 말없이 들여다본다.) 이제 햄 주먹밥을 최대한으로 만들려면, (적는다.) 17번, 밥은 17번 들어갈 수 있고, 양파에다 17을 곱해봐.
20. F: 51.
21. C: 51. 양파도 들어갈 수 있고.

학생 C는 행위 13에서 소수점 아래까지 구할 필요는 없다는 자기 나름의 확신인 신념의 메타정의의 메타적 기능 유형을 보였는데, 이것은 자기 공개의 자기 주도적인 교류에 해당한다. 학생 F가 문제해결 활동 중 행위 16에서 장난을 치는 ‘정의(정서)’를 보이자 학생 C는 이에 대해 제지하는 관리의 메타정의의 메타적 기능 유형을 보였으며, 이것은 타인 모니터링이라는 타인 주도적인 교류에 해당한다.

56. F: 약 6분 했어? 10분?
 57. C: 조용히 해. ... 했어. 이제... 너 자지 말고...[관리; 타인 모니터링]
 58. C: 다시 한 번 계산을 해보자. 이게 살짝 계산이 꼬였거든.[평가; 자기 공개] 주먹밥 개수가 가능한 개수를 다 구해보자면, 7, 7, 7, 7 하면 이게 되잖아.[피드백 요청]
 59. F: 그래.
 60. C: 40 곱하기 7. 구해봐[피드백 요청]
 61. F: 280.
 62. C: 280. 되네. 그 다음에 양과 7. 양과, 양과 7, 7. 그니까, 6, 7. 해.[자기 공개, 피드백 요청]
 63. F: 42.
 64. C: 42.
 65. F: 곱한 거야?[타인 모니터링]
 66. C: 응. 그니까 8, 8 들어갈 수 있네. 잠시만 아니지. 버섯이 아~ 버섯이 8 들어가면 ... 통과할 수 있네.. 미치겠네... 8. 잠깐만[관리; 자기 공개] ... 양과 26. 8개 들어가면, 음...
 67. C: 처음부터 계산이 살짝 잘못되었어.[평가; 자기 공개] 소고기가 8개 들어가. 그러면 이제 딱 경우를 보면 되지. 여기서부터 하나 줄이고 하나 올리면서 해가면 딱 나오지. 여기서부터 8, 9 ... 그 다음에 7하고 10, 그 다음에 6하고, 11.. 최대 주먹밥 개수는 17. 풀었어. 우리는... [자기 공개]
 68. F: 그래.

학생 F가 행위 56에서 지루함을 나타내는 ‘정의(정서)’를 보이자 학생 C는 이에 대한 관리의 메타정의의 메타적 기능 유형을 보이며, 이어서 문제해결 과정에 대한 평가의 메타적 기능 유형을 보였다. 이것은 각각 타인 모니터링, 자기 공개, 피드백 요청의 교류적 코드에 해당한다. 학생 C는 행위 66에서 ‘정의(정서)’를 보였으나 스스로 관리 및 평가의 메타적 기능 유형이 작용하여 성공적인 문제해결로 이끌었다. 이것은 자기 공개의 교류적 코드에 해당한다. 행위 67에서 학생 C에게 평가의 메타적 기능 유형으로 작용한 메타정의를 통해서 메타정의는 인지적 요소에서도 작용한다는 선행연구(Goldin, 2002)의 결과를 확인할 수 있었다. 즉, 메타정의는 메타정의를 이루는 인지적, 정의적 요소들 간의 연쇄의 정의적 요소 및 인지적 요소에서 작용함을 알 수 있다.

전체 행위 68개 중 메타정의의 메타적 기능이 나타난 행위는 6개(0.088)였으며, 모두 학생 C에게서 신념,

관리 및 평가 유형으로 나타났으며, 학생 F에게서는 나타나지 않았다. 교류적 행위는 전체 중 26개(0.382)였으며, 앞에서 확인한 협업의 세 가지 요소들을 반영하도록 분류했다. 이러한 분석에는 그 대화가 실제로 협업적인지를 나타내었으며, 자기 공개(11개), 피드백 요청(9개), 타인 모니터링(3개)과, 자기공개와 피드백요청이 함께 나타난 행위(2개), 세 가지 요소가 모두 나타난 행위(1개)가 포함되었다. 학생 개인별로는 학생 C가 19개의 교류적 행위를 보였고, 학생 F는 7개의 교류적 행위를 보였다.

메타정의의 메타적 기능과 교류적 행위 모두를 가지고 있는 행위는 학생 C에게만 나타났으며, 메타적 기능과 교류적 행위를 이중 코딩한 결과는 [표 3]에서와 같이 자기주도적인 교류와 타인주도적인 교류가 같은 빈도로 나타났다.

[표 3] 성공적인 협업에서 메타정의의 메타적 기능과 교류로 이중 코딩된 행위

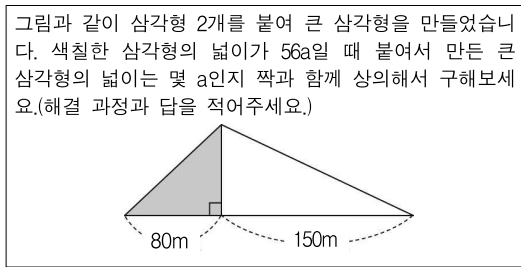
[Table 3] Actions double coded as meta-function of meta-affect and transacts in successful collaboration

메타정의의 메타적 기능 유형	교류적 구조(빈도)		
	자기 공개	피드백 요청	타인 모니터링
관리	-	-	3
평가	2	-	-
모니터링	-	-	-
신념	1	-	-
태도	-	-	-
합계	3	-	3

성공적인 협업적 문제해결에서 공통적으로 나타난 특징은 학생들이 파트너의 생각을 파악하고, 이것이 문제해결에 방해가 되는 부정적인 정의에 해당된다고 판단했을 때, 파트너의 정의를 즉시 제어하여 멈추도록 관리하려고 노력했다. 자신의 문제해결 과정에 대한 생각을 분명히 하고, 정교하게 만들고, 자기 주도적인 교류에서는 자신의 문제해결 과정에 대한 평가가 이루어졌다. 이 과정에서 발생하는 신념은 문제해결에 대한 생각을 정당화하는 기능을 수행하였다. 또한, 각 대화는 자기 공개, 피드백 요청, 타인 모니터링과 같은 협업적 요소를 모두 포함하고 있었다.

2. 성공적이지 못한 협업

성공하지 못한 소집단의 협업적 문제해결에 대한 전사 기록 2가지를 선택하여 상세하게 분석하여, 메타정의의 메타적 기능과 협업의 교류적 요소의 구조를 각각 확인하였다. ‘삼각형의 넓이 구하기’ 문제와 ‘다각형의 넓이 구하기’ 문제는 5학년 2학기 여러 가지 단위에 관한 수업에 관련된 문제들로 여러 가지 상황에서 삼각형의 넓이와 다양한 형태의 다각형의 넓이를 m^2 , a , ha 사이의 관계를 활용하여 구하도록 구성되었다. 각각의 문제들은 정규 수업시간에 해당 단위인 a 와 ha 를 학습한 후 소집단별 활동지 형태로 제시하였으며 ‘삼각형의 넓이 구하기’ 문제는 [그림 3]과 같다.



[그림 3] 삼각형의 넓이 구하기 문제
[Fig. 3] Problem of finding triangle width

이 문제의 해결 과정을 분석한 소집단의 학생은 학생 K와 L로 총 96개의 행위가 있었고, 이 문제를 해결하는데 9분 정도가 걸렸다.

- 27. K: 2만 아냐?[피드백 요청]
- 28. L: 2만 안 나오는데...
- 29. K: 아니지. 애가 이렇게 되면 예는 없어지고 애가 십으로 가고 예는 없어지잖아. 예 2잖아.[자기 공개]
- 30. L: 아~
- 31. K: 맞지? 야~ 빨리하면 안 되는 거야.(웃음)[태도; 자기 공개]
- 32. L: (웃음) 다시 보면 되지... 애가 0 되고 10되고.. [태도; 자기 공개]
- 33. K: (웃음)

학생 K는 행위 31에서 빨리 하면 안 된다는 태도의 메타정의의 메타적 기능을 보였으며, 이것은 자

기 공개의 자기 주도적인 교류에 해당한다. 이에 대해 학생 L은 다시 보면 된다는 태도의 메타적 기능을 보였으며 이것 역시 자기 공개 교류에 해당한다.

- 50. K: (웃음)
- 51. L: (계산한다)
- 52. K: 나도 계산할까?[태도]
- 53. L: 그래. 너는 115 곱하기 4 해봐.

학생 K가 행위 50에서 보인 긍정적인 정의(정서)를 보인 후에 파트너인 학생 L의 진지한 계산 모습에 나도 계산에 참여하고 싶다는 태도의 메타적 기능이 나타나게 되었다. 하지만 이것은 세 가지 협업의 교류적 요소의 구조에는 해당하지 않는다.

- 60. L: ... 우리만 느려.[태도; 자기 공개]
- 61. K: 아니야. 아직 안한 애들 있어.[평가; 타인 모니터링] 애는 뒤로 가는 거 아냐?[피드백 요청]
- 62. L: 뭐가?
- 63. K: 일 십 백, 애가 일로 가야 되는 거 아냐?[피드백 요청]
- 64. L: 나 나누기 잘 못해. (지우개로 지움)[신념; 자기 공개]
- 65. K: 잠깐만 생각이 잘 안나
- 66. L: 아니지. 여기 맞지. 그러면은 여기가 아니지.(지우개로 지움). 나 못하겠어.[자기 공개]
- 67. L: 내가 할까?
- 68. K: 응.

학생 L이 행위 60에서 우리만 느린 것 같다는 태도의 메타적 기능 유형을 보이자, 학생 K는 이에 대해 그렇지 않다는 평가의 메타적 기능 유형을 보였다. 이것은 각각 자기 공개, 타인 모니터링의 교류적 코드에 해당한다. 이 후 대화에서는 교류적 코드는 나타나지만 메타정의의 메타적 기능 유형은 나타나지 않았다. 학생 L은 행위 64에서 자신이 나누기를 잘 하지 못한다는 신념의 메타적 기능 유형을 보인다. 이것은 자기 공개의 교류적 코드에 해당한다.

전체 행위 96개 중 메타정의의 메타적 기능이 나타난 행위는 6개(0.063)였으며, 태도, 평가, 신념의 메타정의의 메타적 기능 유형이 나타났다. 개별적으로는 학생 K에게 3개, 학생 L에게 3개가 나타났다. 메타정의의 메타적 기능이 성공적인 협업적 문제해결에서 보

다 작은 비율로 나타났다. 교류적 행위는 전체 중 32개(0.333)이었으며, 역시 앞에서 확인한 협업의 교류적 요소의 구조 세 가지를 반영하도록 분류했다. 이러한 분석에는 그 대화가 실제로 협업적인지를 나타내었으며, 자기 공개(17개), 피드백 요청(11개), 타인 모니터링(4개)가 포함되었다. 학생 개인별로는 학생 K가 21개, 학생 L이 15개의 교류적 행위를 보였다.

메타정의의 메타적 기능과 협업적 교류의 요소가 모두 나타난 행위 5개를 이중 코딩한 결과는 [표 4]에서와 같이 자기주도적인 교류가 타인 주도적인 교류에 비해서 많이 나타났다.

[표 4] 성공적이지 못한 협업에서 메타정의의 메타적 기능과 교류로 이중 코딩된 행위

[Table 4] Actions double coded as meta-function of meta-affect and transacts in unsuccessful collaboration

메타정의의 메타적 기능 유형	교류적 구조(빈도)		
	자기 공개	피드백 요청	타인 모니터링
관리	-	-	-
평가	-	-	1
모니터링	-	-	-
신념	1	-	-
태도	3	-	-
합계	4	-	1

두 가지 성공적이지 못한 협업적 문제해결 활동을 한 학생들에게 파트너의 생각을 파악 및 이해하여 이를 관리 또는 모니터링 하는 메타정의의 메타적 기능 유형은 나타나지 않았다. 자신의 문제해결 과정에 발생하는 신념이라는 메타적 기능 유형이 성공적인 협업적 문제해결에서와 같은 빈도로 나타났으나 성공적이지 못한 협업적 문제해결 활동에서는 신념이 문제해결이 성공적으로 이루어지도록 작용하지 못했다.

3. 성공적인 협업과 성공적이지 못한 협업 사이의 차이점

성공적인 협업적 문제해결 활동과 성공적이지 못한 문제해결 활동을 구분하는 학생 상호작용의 메타정의적 조건과 협업의 교류적 조건을 파악하기 위해서 메

타정의의 메타적 기능과 협업의 교류적 요소의 구조로 코딩된 전사 자료에서 각각의 비율을 계산하였다. [그림 4]는 성공적인 문제해결 활동과 성공적이지 못한 문제해결 활동을 분석하기 위해서 선택된 전사 자료 4개의(주먹밥 만들기, 리본의 길이 구하기, 삼각형의 넓이 구하기, 다각형의 넓이 구하기) 코딩 결과를 요약한 것이다. 각각의 전사 자료는 각기 다른 학생들의 대화나 행동의 행위의 수를 포함하고 있으므로 메타정의의 메타적 기능과 협업적 교류적 요소의 구조에 대한 타당한 비교를 위해서 비율을 계산하여 기록하였다.

	메타정의		비메타정의		대화 에서 교류 의 평균 비율 성공 0.178 실패 0.160
	성공	실패	성공	실패	
교류적	주먹밥 만들기	삼각형의 넓이	주먹밥 만들기	삼각형의 넓이	
	0.088	0.054	0.294	0.279	
	리본의 길이	다각형의 넓이	리본의 길이	다각형의 넓이	
	0.097	0	0.229	0.304	
	평균	평균	평균	평균	
	0.093	0.027	0.262	0.292	
비교류적	성공	실패	성공	실패	
	주먹밥 만들기	삼각형의 넓이	주먹밥 만들기	삼각형의 넓이	
	0	0.009	0.618	0.658	
	리본의 길이	다각형의 넓이	리본의 길이	다각형의 넓이	
	0	0.043	0.674	0.653	
	평균	평균	평균	평균	
	0	0.026	0.646	0.656	
대화에서 메타정의 평균 비율					
성공		실패			
0.047		0.027			

[그림 4] 메타정의의 메타적 기능과 교류적 구조로 코딩된 전사의 비율

[Fig. 4] Proportions of transcripts coded as meta-function of meta-affect and transactive structure

성공적인 협업적 문제해결에서 메타정의의 메타적 기능 유형과 협업의 교류적 요소의 구조가 나타난 비율은 각각 0.047, 0.178으로 성공적이지 못한 협업적 문제해결에서 메타정의의 메타적 기능과 협업의 교류적 요소의 구조가 나타나는 비율인 0.027과 0.160의 차와 비슷하다. 반면에, 성공적인 협업적 문제해결에서 메타정의의 메타적 기능 유형과 협업의 교류적 요소의

구조가 동시에 나타난 비율은 0.093, 협업의 교류적 요소의 구조가 동시에 나타나지 않은 비율은 0으로 차이를 보인 반면, 성공적이지 못한 협업적 문제해결에서는 각각의 비율은 0.027과 0.026으로 비슷한 결과를 보였다. 소집단의 협업적 문제해결이 성공적인 경우와 성공적이지 못한 경우의 메타정의의 메타적 기능 유형이 나타나지 않고 협업의 교류적 요소의 구조가 나타난 비율은 각각 0.262, 0.292로 성공적이지 못한 협업적 문제해결에서의 비율이 두 가지 경우 모두에서 근소하게 높았다. 성공적이지 못한 문제해결에서 메타정의의 메타적 기능 유형의 발생 비율(0.027)보다 성공적인 문제해결에서 메타정의의 메타적 기능 유형의 발생 비율(0.047)이 높았다. 마찬가지로, 교류적 행위 발생 비율 역시 성공적이지 못한 문제해결에서의 비율(0.168)보다 성공적인 문제해결에서의 비율(0.178)이 근소하게 높았다. 특히 성공적인 문제해결에서 비교류적인 메타정의의 메타적 기능 유형은 전혀 발생하지 않았다. 이것은 성공적인 문제해결에서 발생하는 메타정의의 메타적 기능 유형은 교류적으로 학생들 간에 작용하여, 문제해결에 긍정적인 영향을 주고 있는 것으로 파악되며, 성공적인 문제해결 활동에서 보이는 메타정의와 협업의 교류적 요소의 구조 사이의 관계에서 보이는 특징으로 파악된다.

소집단의 협업적 문제해결 4가지의 전사분석에서 출현하는 공통된 주제는 수학적 사고를 자극하는 도전감이다. 이 도전감은 근접발달영역(ZPD)의 형태를 정의하게 된다. 왜냐하면 ZPD의 교수와 학습은 새로운 형태의 추론과 행동에 대한 소집단 학생들의 현재의 역량을 넘어서게 하기 때문이다. 협업적 상호작용 맥락에서 교류적 도전감과 메타정의의 메타적 기능 유형의 작용 사이의 상호작용은 문제해결 결과의 형태인 ZPD 발생에 중요한 역할을 한다. 왜냐하면, 수학적 사고를 자극하는 도전감은 전략을 명확히 하고 정당화를 도출하는 데에서 오는 어려움을 통해 협업적 상호작용이 활발하게 이루어지도록 자극하며, 인지적, 정의적 요소들의 연쇄로 이루어진 메타정의의 유발 및 문제해결 과정에 메타정의의 메타적 기능들의 작용을 활성화시키기 때문이다. 서로의 아이디어를 접하는데 실패하면 학생들은 ZPD를 형성할 수 없게 된다. 즉, 메타정의적 실패의 원인에는 그러한 교류적 도전감의 부재도 포함된다고 할 수 있다. 또한 동료와의 교류적 도전

과정에서 발생하는 인지적, 정의적 요소들의 연쇄로 이루어진 메타정의는 관리, 평가, 모니터링, 신념, 태도 유형의 메타적 기능들이 제 기능을 발휘하여 작용할 때 문제해결에 긍정적인 역할을 할 수 있는 하나의 사회적 수단을 나타내게 된다.

V. 결론

수학 문제해결에서는 메타인지뿐만 아니라 메타정의도 중요한 역할을 수행함이 밝혀지며 이에 대한 연구가 다수의 연구자에 의해 이루어져 왔으나(DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Goldin, 2002; 2009, 2014; Gómez-Chacón, 2000; Schöglmann, 2005; Moscucci, 2010), 메타인지에 대한 연구와 비교할 때 정의적 요소에 대한 연구방법론 면에서의 난점 등의 이유로 문제해결 활동 과정에서의 메타정의의 구체적인 작용에 대한 연구는 충분히 이루어지지 못한 상태이다. 이에 본 연구에서는 수학적 사고와 문제해결 능력 향상에 잠재력을 지닌 것으로 파악되는 한편 연구방법론적 난점 해소를 위한 소집단의 협업적 문제해결 상황을 설정하여 유사한 수학 성취 수준의 초등학생 2인 1조로 구성된 소집단별 문제해결 활동에 나타나는 메타정의의 메타적 기능 면에 대한 특성을 파악하였다. 본 연구의 결과에 대한 논의를 통하여 초등학생의 수학 문제해결 활동에 작용하는 메타정의의 메타적 기능과 협업의 교류적 기능 각각은 물론, 이 두 요소의 결부체가 내포하는 기능적 면에서의 의미나 원리에 대하여 다음과 같이 파악할 수 있었다.

첫째, 메타정의적인 관점에서 보면, 성공적인 협업적 문제해결이 이루어진 소집단 내에서는 자신 또는 동료 문제해결자에게 발생한 부정적인 정의적 행위에 대해서 적절히 통제하고 조절하는 관리의 메타적 기능이 작용하게 될 때, 그리고 자신의 문제해결 과정 전반에 대한 평가의 메타적 기능이 작용할 때 성공적인 문제해결이 가능해졌다. 이는 소집단의 협업적 문제해결 과정에서 문제해결자에게 발생하는 인지적, 정의적 요소에 대하여 메타정의의 메타적 기능인 모니터링, 관리, 평가 등이 적절하게 작용하는 것이 성공적인 문제해결과 밀접한 연관이 있음을 확인시켜 주는 것이다. 반면에, 소집단의 협업적 문제해결 과정에 자기 자신

에 대한 부정적인 신념의 메타적 기능이 작용하게 되는 경우에는 성공적인 문제해결로 이어지지 못했는데, 이는 신념 또는 신념체계가 메타정의에서 중요한 역할을 수행한다는 선행연구(Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 2006; Malmivuori, 2001, 2006)와도 일치하는 것으로 신념이라는 메타정의의 메타적 기능의 작용이 문제해결의 결과와 밀접한 관련이 있음을 보여준다. 한편, 긍정적인 태도가 메타정의의 메타적 기능으로 소집단의 협업적 문제해결 과정에 작용했으나 그 결과가 성공적이지 못한 사례의 분석을 통해서도 긍정적인 메타정의의 메타적 기능의 작용이 성공적인 문제해결을 위한 충분조건은 아님을 의미한다고 할 수 있다.

둘째, 협업의 교류적인 관점에서는 소집단의 협업적 문제해결 활동 과정에서 각각의 문제해결자에게 자기 주도적인 교류적 행위와 타인주도적인 교류 행위가 비슷한 빈도로 나타날 때, 그리고 문제해결 활동 과정에서 나타나는 전체 행위에 대해서 협업의 교류적 요소의 구조가 나타나는 비율이 높을 때, 성공적인 문제해결이 이루어졌다. 이는 성공적인 소집단의 협업적 문제해결 결과와 문제해결자들 상호간의 교류적 행위 사이의 밀접한 관련성을 보여주는 것으로, 문제해결자들 상호간의 활발한 교류적 행위가 이루어질 때 사고의 발산도 극대화 될 수 있으며, 각 문제해결자가 문제해결 과정에서 갖게 되는 자신의 사고 과정을 표현할 수 있는 기회도 극대화되어 성공적인 문제해결로 이어질 수 있음을 보여준다. 또한, 함께 문제를 해결하고 있는 동료 문제해결자의 생각에 대한 모니터링이 활발하게 이루어질 때, 성공적인 문제해결로 이어지는 경향을 보였다. 이는 비슷한 수학 역량 수준을 지닌 문제해결자들 사이의 협업을 통해서 동료 문제해결자가 문제해결 과정에서 갖는 사고의 과정을 모니터링 하여 파악하고, 이것을 기반으로 자신의 사고를 전개할 수 있는 기회를 최대화하여 성공적인 문제해결로 유도하게 됨을 설명하는 것이다.

셋째, 협업의 교류적 상황에 결부된 메타정의의 관점에서 살펴보면, 성공적인 문제해결에서 메타정의의 메타적 기능의 작용 비율과 협업의 교류적 행위의 발생 비율이 성공적이지 못한 문제해결에서의 각각의 비율보다 더 높았다는 점에서 성공적인 문제해결에 메타정의의 메타적 기능 작용과 함께 협업의 교류적 행위 역시 관련성이 높음을 의미한다. 또한, 소집단의 협업

적 문제해결 활동 과정에서 메타정의의 메타적 기능이 작용하면서 동시에 문제해결자들 상호간에 협업의 교류적 행위가 활발하게 이루어질 때 성공적인 문제해결로 이어졌다. 즉, 소집단의 협업적 문제해결 활동 과정에서 문제해결자들 상호간에 협업의 교류적 행위에서 메타정의가 발생하고, 이 메타정의가 메타적 기능으로 작용하게 될 때 소집단에 속한 문제해결자들 상호간에 동료 문제해결자의 생각을 접하게 되면서 소집단 구성원들의 ZPD를 형성하게 되고, 여기에 메타정의의 메타적 기능들이 동료 문제해결자와의 문제해결을 위한 협업의 교류적 상호작용에 의미 있게 작용할 때 성공적인 문제해결로 귀결될 가능성이 높음을 의미한다고 볼 수 있다.

따라서 이와 같은 연구를 통하여 확인된 성공적인 소집단의 협업적 문제해결 활동 과정에 나타나는 메타정의의 사회역학적 기능은 앞으로 더 나아간 연구를 통하여 학생들의 성공적인 수학 문제해결 과정에 작용하는 메타정의의 메타적 기능들이 갖고 있는 실제적인 특성의 파악과 함께 바람직한 문제해결 활동에 필요한 인지-정의적인 면에서의 지도 방법의 체계화와 충실화에 기여할 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 강완·김상미·박만구·백석윤·오영열 (2009). 초등수학교육. 서울: 경문사.
- Kang, W., Kim, S., Park, M., Paik, S., & Oh, Y. (2009). *Elementary mathematics education*. Seoul: Kyungmunsa.
- 김선희·김부미·이종희 (2014). 수학교육과 정의적 영역. 서울: 경문사.
- Kim, S., Kim, B., & Lee, J. (2014). *Mathematics education and Affective domain*. Seoul: Kyungmunsa.
- 김선희·박정연 (2011). 수학 학습에서의 메타-정의 유형 탐색. 학교수학, **13(3)**, 469-484.
- Kim, S. & Park, J. (2011). Exploring meta-affect types in mathematical learning. *Journal of Korea Society of Educational Studies in Mathematics School Mathematics*, **13(3)**, 469-484.
- 도주원·백석윤 (2016). 수학 문제해결에서 메타정의의 기능. 한국초등수학교육학회, **20(4)**, 563-581.

- Do, J. & Paik, S. (2016). The function of meta-affect in mathematical problem solving. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, **20(4)**, 563-581.
- 백석운 (1994). 메타인지적 문제해결력의 지도를 위한 메타문제 유형의 개발. *한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>*, **33(2)**, 177-188.
- Paik, S. (1994). Development of meta-problem type for guidance of meta-cognitive problem solving ability. *Journal of the Korean Society of Mathematical Education Series A*, **33(2)**, 177-188.
- 백석운 (2016). *수학 문제해결 교육*. 서울: 경문사.
- Paik, S. (2016). *Mathematical problem solving education*. Seoul: Kyungmunsa.
- 이종희 · 김선희 (2002). *수학적 의사소통*. 서울: 교우사.
- Lee, J. & Kim, S. (2002). *Mathematical communication*. Seoul: Gyowoosa.
- Beals, L. (2006). Dyadic collaborative problem solving on engineering tasks in a first grade classroom. Master thesis, Tufts University, Medford.
- Bowen, B. A. (2008). *Naturalistic inquiry and the saturation concept: a research note*. Retrieved from <http://qrj.sagepub.com>.
- Brendefur, J. & Frykholm, J. (2000). Prompting mathematical communication in the classroom: two preservice teachers' conceptions and practices. *Journal of Mathematics Teacher Education*, **3**, 125-153.
- 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**. Palmerston North, NZ: MERGA.
- Conti, G., & Fellenz, R. (1991). Assessing adult learning strategies. *Proceedings of the 32nd Annual Adult Education Research Conference*, 2-27.
- 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. Pekkonen (Ed.), *Proceedings of the PME 21* **2**, 209-216.
- 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.
- 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. Pekkonen, & 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! Metacognitive 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 small group 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. (2001). The metalevel of cognition-emotion interaction. In M. Ahtee, O. Björkqvist, E. Pehkonen & Vatanen (Eds.), *Research on mathematics and science education: From beliefs to cognition, from problem solving to understanding* (pp. 55-65). Jyväskylä: University of Jyväskylä printing house.
- Hannula, M., Evans, J., Philippou, G., & Zan, R., (2004). Affect in mathematics education - exploring theoretical frameworks. *Proceedings of the 28th conference of the international Group for the psychology of mathematics education*, **1**, 107-136.
- Lai, E. R. (2011). *Collaboration: a literature review research report*. Retrieved from <http://www.pearsonassessments.com/research>.
- 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.
- 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.
- 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: Helsinki University Press.
- Malmivuori, M. L. (2006). Affect and self-regulation. *Educational Studies in Mathematics*, **63**, 149-164.
- Moscucci, M. (2010). Why is there not enough fuss about affect and meta-affect among mathematics teacher? *Proceedings of the CERME-6*, 1811-1820.
- NCTM. (1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. VA: NCTM.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.
- 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.
- Schoenfeld, A. H. (1999). Looking toward the 21st century: Challenges of educational theory and practice. *Educational Researcher*, **28**(7), 4-14.
- Schlöglmann, W. (2005). Meta-affect and strategies in mathematics learning. *Proceeding of CERME-4*. 275-284.
- 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.
- Yackel, E., Cobb, P., & Wood, T. (1991). Small-group Interactions as a source of learning opportunities in second-grade mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, **22**(5), 390-408.

The Sociodynamical Function of Meta-affect in Mathematical Problem-Solving Procedure

Do, Joowon

Seoul Banghyun Elementary School,
Hyoryeong-ro 4-gil 58, Seocho-gu, Seoul, Korea.
E-mail : dojoowon@sen.go.kr

Paik, Suckyoon[†]

Department of Mathematics Education, Seoul National University of Education,
Sechojungang-ro 96, Secho-gu, Seoul, Korea.
E-mail : sypaik@snu.ac.kr

In order to improve mathematical problem-solving ability, there has been a need for research on practical application of meta-affect which is found to play an important role in problem-solving procedure. In this study, we analyzed the characteristics of the sociodynamical aspects of the meta-affective factor of the successful problem-solving procedure of small groups in the context of collaboration, which is known that it overcomes difficulties in research methods for meta-affect and activates positive meta-affect, and works effectively in actual problem-solving activities. For this purpose, meta-functional type of meta-affect and transact elements of collaboration were identified as the criterion for analysis. This study grasps the characteristics about sociodynamical function of meta-affect that results in successful problem solving by observing and analyzing the case of the transact structure associated with the meta-functional type of meta-affect appearing in actual episode unit of the collaborative mathematical problem-solving activity of elementary school students. The results of this study suggest that it provides practical implications for the implementation of teaching and learning methods of successful mathematical problem solving in the aspect of affective-sociodynamics.

* ZDM Classification : C23

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97C20

* Key Words : mathematical problem solving, meta-affect,
meta-functional type of meta-affect, sociodynamical function

[†] Corresponding Author