

수학 문제해결에서 메타정의의 기능

도주원¹⁾ · 백석윤²⁾

수학 문제해결에서의 메타정의에 대한 연구 관심은 인지-메타인지의 구조에 착안하여 정의적 요소 간에 유사한 구조 설정의 시도로부터 출발하였으나 메타인지에 대한 연구와 비교할 때 아직 연구의 명료성이나 통일성 또는 체계성 면에서 개선이 필요하다. 이에 본 연구는 수학 문제해결 과정에 작용하는 일련의 인지적, 정의적 요소의 연쇄 유형 중에 정의적 요소를 포함하는 경우로써 ‘메타정의’의 개념을 규정하여 수학 문제해결 과정에 나타날 수 있는 실제적인 메타정의의 각 경우를 논리적으로 유형화하였다. 이를 준거로 초등학생의 실제 수학 문제해결 과정에서 메타정의의 각 유형에 해당하는 실제 예를 관찰, 분석하였다. 이를 통해서 수학 문제해결 과정에서 메타정의의 작동 메커니즘, 즉 메타정의의 각 유형별로 구체적인 작동 원리와 특히 문제해결 과정에 생산적으로 작동하는 메타적 기능의 특성을 추출하였다. 이는 문제해결에서의 메타정의 분석 방법론의 효율성 제고와 수학 문제해결 교수-학습에서의 메타정의가 함의하는 교육적 시사점 제공이란 면에서 기여한다.

주제어: 수학 문제해결, 메타정의, 메타정의 유형, 메타정의의 기능

I. 서 론

1980년 NCTM에서 발행한 「An Agenda for Action」에서 문제해결을 학교수학의 핵심으로 제안한 이후 문제해결은 수학교육 현장이나 수학교육 연구에서 중요하게 다루어지고 있다. 우리나라에서도 문제해결은 제4차 수학과 교육과정에서 처음 언급된 이후로 2015개정 교육과정까지 그 중요성에 대하여 지속적으로 논의되고 있다(백석윤, 2016; 정은실, 2015). 그동안 초등학교 수학교과서에서는 문제해결의 발견술이나 전략과 같은 인지적 요소에 대한 적용은 물론, 문제해결의 태도와 같은 정의적 요소의 효과성을 반영하기 위한 다양한 방식의 시도를 구현해 왔다.

한편, 문제해결에 대한 연구는 주로 인지적 현상에 집중되어오다가 정의적 요소 역시 메타인지와 유사한 속성을 가지고 문제해결 과정에 결정적인 기능을 수행함이 인지되면서, 정의적 측면에 대한 관심이 집중하게 되었다. 수학 문제해결에서의 정의적 요소에 대한 연구는 수학에 대한 ‘태도(attitude)’에 관한 연구를 시작으로 ‘신념(belief)’과 ‘정

1) 서울방현초등학교

2) 서울교육대학교(교신저자)

서적 반응(emotional reaction)'에 관한 연구(McLeod, 1994), 그리고 인지와 정의의 상호작용에 관심을 둔 '신념과 신념체계(belief-system)', '자기체계(self-system)', '자기조절(self-regulation)' 등에 대한 연구로 이어져오고 있다(DeBellis, 1998; Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 2006; Malmivuori, 2001, 2006). 또한 정의적 영역 내에서의 메타정의(meta-affect)적 맥락에서의 연구는 수학적 '자신감(self-confidence)', '불안(anxiety)', '친밀감(intimacy)', '참여(engagement)' 및 '정체성(identity)', '강직성(integrity)', '동기(motivation)'와, 수학적 활동에서의 '자기효능감(self-efficacy)', '자기결정(self-determination)', '안정성(stability)' 등과 같은 세부적 측면에 대한 연구가 함께 이루어지고 있다. 더불어 최근 들어서는 '사회적 동기', '사회-수학적 동기' 면에도 관심을 보이고 있다(DeBellis, 1998; Goldin, 2002, 2009; DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Goldin et al., 2016; Schlöglmann, 2009).

메타정의에서 인지-메타인지 구조가 갖는 교육적 중요성에 착안하여 Lester, Galofalo, & Kroll(1989)가 제시한 메타인지의 특성과 유사한 정의적 요소 간의 구조 설정의 시도로, DeBellis & Goldin(1997)이 처음 메타정의를 규정한 이후로, 메타정의에 관련한 연구는 Goldin(2002, 2009, 2014), DeBellis & Goldin(2006), Gómez-Chacón (2000), Malmivuori(2001, 2006), Moscucci(2010), Schlöglmann(2005, 2009) 등에 의해서 진행되었으나 아직 인지-메타인지에 대한 연구만큼 충분한 명료화나 체계화가 되어 있지 못하다. 그리고 메타정의와 유기적 관계성을 형성하는 인지, 메타인지적 요소와의 상호관계에 대한 연구 또한 충분히 이루어지지 못한 상태이다. 따라서 문제해결에서 작용하는 메타정의에 대한 효율적인 연구를 위해서는 일반적으로 연구에서 필요로 하는 분석기준이 갖추어야 할 명료성, 통일성, 체계성을 갖춘 메타정의의 분석 방법이 필요하다.

한편, 전반적으로, 수학 문제해결에서의 메타정의와 관련된 연구의 중요성에 대한 인식은 점증하고 있지만, 그동안 이에 대한 연구는 연구자별 관심에 따라 특정 국면과 관련된 메타정의적 요소에 대하여 제한적으로 이루어져 왔다고 할 수 있다. 문제해결에서의 메타정의에 대한 발전적 연구를 위해서는 문제해결 과정에 기능하는 메타정의적 요소들을 통일된 구조 안에서 다룰 수 있도록 정리하는 작업이 우선적으로 필요하다. 또한, 긍정적인 메타정의적 기능을 문제해결에서 교육적으로 활용하기 위해서는 각 메타정의적 요소를 일관된 연구나 교육적 관점에서 다룰 수 있어야 함은 물론이다. 따라서 본 연구에서는 개인 학습자의 수학 문제해결 활동과 관련된 일련의 인지적, 정의적 요소들의 관계성에 주목하되, 정의적 요소를 반드시 포함하는 문제해결의 단위 에피소드를 구성하는 인지적, 정의적 요소들 사이의 연쇄로 메타정의를 보고, 메타인지보다 더 포괄적인 의미의 메타정의의 개념을 규정하였다. 또한 인지적, 정의적 요소들 사이의 모든 연쇄 유형을 논리적으로 설정하고, 이들을 본 연구에서의 '메타정의의 유형'으로 규정하여 수학 문제해결 과정에서 기능하는 메타정의를 분석하기 위한 준거로 삼았다. 이와 같은 분석 기준으로 초등학생의 수학 문제해결 과정에 나타나는 메타정의의 각 유형에 해당하는 실제 에피소드의 예를 관찰, 분석하여 수학 문제해결 과정에서의 메타정의의 작동 메커니즘, 즉 메타정의의 각 유형별 작동 과정과 이것이 개인 학습자의 문제해결 과정에서 수행하는 메타적 기능 면에 대하여 고찰하였다.

II. 수학 문제해결에서의 메타정의(meta-affect)

MacLeod(1992)가 수학교육에서의 정의적 요소에 대한 연구에서 정서(emotion), 신념(belief), 태도(attitude)를 제안한 이후, 이 세 가지 주요 요소 중 신념에서 가치/윤리/도덕요소를 구분한 네 가지 정의적 요소를 기반으로 한 메타정의에 대한 연구가 이루어지기도 하였으며(Goldin, 2002; DeBellis and Goldin, 1997; 2006; Schöglmann, 2005), 또한 이 외의 여러 가지 세부적인 정의적 요소에 대한 연구로 이어지고 있다는(Hannula, Opt' Eynde, Schöglmann, & Malmö, 2007; Goldin, 2016) 점에서 수학교육에서 연구하는 정의적 영역의 요소들이 다양화되고 있으며, 연구의 폭도 확대되고 있음을 알 수 있다.

1. 메타정의의 개념

DeBellis & Goldin(1997)은 정의적 요소 중 ‘정서’에 초점을 맞추어 메타정의의 개념을 ‘정서적 상태에 대한 정서’, ‘인지적 상태에 대한 또는 그 안에서의 정서’, ‘정서의 모니터링과 조절’로 제시하였으나, 이후 Goldin(2002)은 앞서 DeBellis & Goldin(1997)이 메타정의의 개념을 규정했던 정서의 범위에 ‘신념’, ‘태도’, ‘가치/윤리/도덕’ 요소들을 추가한 ‘정의(affect)’로 그 범위를 넓혀서 ‘정의에 대한 정의’, ‘다시 정의에 대해서가 될 인지에 대한 그리고 그 안에서의 정의’, ‘정의의 모니터링’, ‘모니터링으로서의 정의 그 자체’로 메타정의의 개념을 제시했는데, 이는 ‘신념’과 ‘태도’는 문제를 해결하는 과정에서 발생하는 정서에 중요한 역할을 하며(Adams, 1989), 정서적 행동은 ‘신념’에 달려있으므로(Cobb, Yackel, & Wood, 1989), 메타정의에 대한 연구를 진행하며 메타정의에 대한 개념을 단순히 정서에 국한지어 규정하지 않고 정서와 밀접한 관련이 있는 신념과 태도까지도 포함하는 ‘정의’의 범주로 확장하여 규정한 것으로 보인다.

이 후 DeBellis & Goldin(2006)은 Goldin(2002)의 메타정의의 개념 중 ‘정의의 모니터링’ 부분을 수정하여, ‘정의에 대한 정의’, ‘정의에 대한 인지에 대한 그리고 그 안에서의 정의’, ‘인지 그리고/또는 심화된 정의를 통한 정의의 개인적인 모니터링’으로 메타정의의 개념을 제시했다. Goldin(2009)은 다시 DeBellis & Goldin(2006)의 메타정의의 개념 중 ‘정의에 대한 인지 부분’과 ‘정의의 모니터링’ 부분을 수정하여, ‘정의에 대한 정의’, ‘정의에 대한 인지에 대한 정의’, ‘인지 그리고 정의 모두를 통한 정의의 모니터링’으로 메타정의의 개념을 제시했으며, Goldin(2014)은 이를 발전시켜서, ‘정의에 대한 정의(affect about affect)’, ‘정의에 대한 인지에 대한 정의(affect about cognition about affect)’, ‘정의의 모니터링과 조절(the monitoring and control of affect)’로 메타정의의 개념을 제시하였다. 이와 같이 DeBellis와 Goldin에 의해서 계속 수정, 발전되고 있는 메타정의의 개념 규정이 시사하는 바와 같이, 현재 메타정의에 대한 개념은 계속해서 진화중이며 중심 개념으로 나아가고 있는 상태로 아직 메타인지만큼 명료화, 체계화 되지 못하여 이에 대한 고찰이 필요한 수준이다. 따라서 DeBellis와 Goldin을 중심으로 진행되어 온 메타정의의 개념 구성에 대한 문제의식을 통해서, 먼저 메타정의의 개념은 ‘인지에 대해 작용하는 인지’인 메타인지처럼 단순히 ‘정의에 대해 작용하는 정의’만으로 그 범주를 제한시킬 수 없다는 점에 대해 생각해볼 필요가 있다. 메타정의의 개념에 대한 선행연구를 살펴보면 메타정의는 ‘정의에 대한 정의’ 외에 정의와 인지사이의 관계에서 도출된 ‘정의에 대한 인지에 대한 정의’, 그리고 ‘정의의 모니터링과 조절’에 대한

부분까지 거론하고 있다. 이와 같이 문제해결 과정에서 인지적, 정의적 요소들 사이의 관계성에 기반 한 메타정의의 범주에 대한 논의는 지속적으로 수정, 변화되어오고 있다는 점을 감안하면 지금까지의 선행연구 결과를 포함하는 보다 포괄적이며 체계화된 메타정의의 개념 규정이 필요하다.

메타정의는 정의적 요인이 문제해결 과정에 작동하는 방식의 속성상 메타인지에서처럼, 정의에 작용하는 정의뿐만 아니라 인지적 요인까지도 포함시켜 고려하는 것이 합리적이다. 한편, Gottman, Katz, & Hooven(1996)에 따르면 메타정의가 포함하는 기능적 핵심 의미를 ‘awareness’로 설명하고 있다. 즉, 메타정의를 개인이 문제해결 과정과 관련된 특정 정서를 경험하고 있음을 ‘자각’ 한다는 의미로 설명하고 있는 것이다. 본 연구에서는 Gottman 등이 사용한 ‘awareness’가 함의하는 바가 메타정의에 부여하는 개념에 합치한다는 판단으로 본 연구에서의 메타정의의 개념 규정에 활용하였다. 즉, 본 연구에서는 메타정의의 개념을 ‘정의에 대한 인지적/정의적 자각(affective/cognitive awareness about affect)’ 과 ‘인지에 대한 정의적 자각(affective awareness about cognition)’ 으로 규정하였다. 이에 따라, 본 연구에서 필요로 하는 수학 문제해결 과정에서의 메타정의에 대한 조작적 정의로는 ‘반드시 정의적 요소를 포함하면서 문제해결의 단위 에피소드를 구성하는 상호 관련된 인지적, 정의적 요소들의 연쇄’ 로 규정하였다. 그리고 이를 바탕으로 다음 2절에서는 인지와 정의 사이의 상호관계구조로부터 논리적으로 유도된 메타정의의 유형에 대해서, 3절에서는 메타정의의 각 유형이 갖는 메타적 기능에 대해서 논하였다.

2. 메타정의의 유형

앞에서 살펴본 메타정의의 개념 구성에 대한 문제의식을 바탕으로 볼 때, 메타정의는 정의적 요소들만의 관계뿐 아니라 인지적, 정의적 요소들 사이의 관계성도 내포하고 있는 것으로 보아야 하므로 이 두 가지 요소 사이의 관계구조 즉 메타정의의 유형에 대한 규명 역시 필요하다. 이에 메타정의를 정서적 자각에 대한 도차점으로 보고, 메타정의를 ‘정서’의 ‘평가’와 ‘표현’, ‘조절’, ‘활용’으로 분류한 Gómez-Chacón(2000)의 연구결과와 앞 절에서 언급한 DeBellis & Goldin(2006)의 메타정의에 대한 정의(definition)을 근거로 김선희·박정연(2011)과, 김선희·김부미·이종희(2014, p.110)는 메타정의를 ‘정의의 모니터링’, ‘감정의 평가’, ‘감정의 조절’, ‘정의의 활용’의 4가지로 구분하였다. 하지만 이러한 메타정의에 대한 선행연구들은 정의적 요소들 중 정서(즉, 감정)에 국한하여 메타정의를 규정하였으며, 이는 메타정의를 그 기능에 따라 구분한 것이다.

수학 문제해결에서의 메타정의에는 인지와 정의가 복합적으로 상호작용하므로(Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Malmivuori, 2001, 2006; Schöglmann, 2005; Moscucci, 2010), 인지적 요소나 정의적 요소는 그 자체가 단층적으로 각각 작용하지 않고 문제해결 과정과 관련된 인지적 활동이나 정의적 활동에 대하여 작용하므로, 메타정의 구조를 2층 또는 3층의 복층구조로 생각하는 것이 합리적이다. 이 복층구조는 문제해결 활동이 진행되는 시간의 연속선상에서 발생하는 인지적, 정의적 요소의 연쇄에 대해 다시 인지적, 정의적 요소가 그 위에서 작용하게 되므로, 기존의 메타인지와 함께 메타정의, 즉 정의적 요소에 대한 인지적 또는 정의적 작용, 인지적 요소에 대한 정의적 작용까지에 대한 설명을 가능하게 해준다. 그런데, 메타정의의 구조로 4층 이상의 복층구조의 출현 역시 가능할 것으로 보이나, 본 연구에서 2층 또는 3층으로 제한하여 메타정의의 기본 구조 단위로 삼아 메타정의의 구조를 유형화하였다. 4층 이상의 복층구조를 갖는 메타정의의 경우는 2층 또

는 3층의 단위구조의 조합으로 해당 메타정의의 작용 구조에 대한 논리적인 파악이 가능하기 때문이다.

이와 같은 논리에 따라 가능한 2층과 3층의 복층구조의 모든 경우는 [그림 1] 같이 12가지 인지적, 정의적 요소의 연쇄로서 논리적으로 나타낼 수 있다. 이 [그림 1]에는 인지에 대하여 인지가 작용하는 ‘인지에 대한 인지(C←C)’ 유형과, 인지에 대하여 인지가 작용하고, 다시 거기에 인지가 작용하는 ‘인지에 대한 인지에 대한 인지(C←C←C)’ 유형이 해당하는 2가지 메타인지 유형과 본 연구에서 논리적으로 유도한 10가지 메타정의 유형이 제시되어 있다. 이 메타정의의 10가지 유형에 대해 살펴보면 다음과 같다.

C: 인지적 요소, A: 정의적 요소

	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A
	↓		↓	↓		↓	↓		↓	↓
C	C	C	A	A	C	C	C	A	A	A
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	C	C	C	C	A	A	A	A	A	A
메타인지 유형	메타정의 유형									

[그림 1] 인지적, 정의적 요소의 연쇄 구조

가. 인지에 대한 인지에 대한 정의(C←C←A)

메타인지 과정은 특히 불안과 같은 정의적 반응의 영향을 받는 것처럼 보이는데 (Garofalo & Lester, 1985), 이와 같이 ‘인지에 대한 인지’ 즉, ‘메타인지’에 대해 정의가 작용하는 유형이다.

나. 인지에 대한 정의(C←A)

시험 불안이 높은 학생은 학습을 할 때 부호화에 더 어려움을 겪게 되는 것과 같이 (Hembee, 1988), 문제를 해결하는 과정에서 학생이 갖는 인지에 대해 학생 스스로 갖게 되는 정의의 유형이다. DeBellis & Goldin(1997)의 ‘인지적 상태에 대한 또는 그 안에서의 정서’에 해당하는 유형이기도 하다.

다. 인지에 대한 정의에 대한 인지(C←A←C)

2층 구조의 ‘인지에 대한 정의(C←A)’ 유형의 메타정의에서 한 층 더 나아가 이에 대해 인지가 작용하는 유형이다.

라. 인지에 대한 정의에 대한 정의(C←A←A)

2층 구조의 ‘인지에 대한 정의(C←A)’ 유형의 메타정의에서 한 층 더 나아가 이에 대해 정의가 작용하는 유형이다.

마. 정의에 대한 인지(A←C)

DeBellis & Goldin(1997)의 ‘정서의 모니터링과 조절’, Goldin(2002)의 ‘정의의 모니터링’, DeBellis & Goldin(2006)의 ‘정의에 대한 인지에 대한 그리고 그 안에서의 정의’, ‘인지 그리고/또는 심화된 정의를 통한 정의의 개인적인 모니터링’, Goldin(2009)의 ‘인지 그리고 정의 모두를 통한 정의의 모니터링’, Goldin(2014)의 ‘정의의 모니터링과 조절’에 해당되며, 문제해결 과정에서 생기는 정의에 대해 인식, 관찰, 모니터링이 이루어지는 유형이다.

바. 정의에 대한 인지에 대한 인지(A←C←C)

Gómez-Chacón(2000)이 감정적 활동 인지의 도착점으로 본 메타정의 유형 중 감정의 평가와 감정 조절처럼 문제해결에서 발생한 정의에 대해 인식 및 판단하고 조절할 수 있는 인지가 작용하는 유형이다.

사. 정의에 대한 인지에 대한 정의(A←C←A)

Goldin(2009, 2014)의 ‘정의에 대한 인지에 대한 정의’, Goldin(2002)의 ‘다시 정의에 대해서가 될 인지에 대한 그리고 그 안에서의 정의’에 해당하는 유형이다.

아. 정의에 대한 정의(A←A)

문제해결에서 정의적 영역의 신념은 자신감에 긍정적/부정적 영향을 주며(Gil, Blanco, & Guerrero, 2006), 이 신념들 간의 상호작용은 정의적 반응을 이끌어내므로(McLeod, 1988), DeBellis & Goldin(1997)의 ‘정서적 상태에 대한 정서’, Goldin(2002, 2009, 2014)와 DeBellis & Goldin(2006)의 ‘정의에 대한 정의’에 해당하는 유형이며, Goldin(2009)의 ‘인지 그리고 정의 모두를 통한 정의의 모니터링’ 중 ‘정의를 통한 정의의 모니터링’에 해당하는 유형이기도 하다.

자. 정의에 대한 정의에 대한 인지(A←A←C)

2층 구조의 ‘정의에 대한 정의(A←A)’ 유형의 메타정의에서 한 층 더 나아가 이에 대하여 인지가 작용하는 유형이다.

차. 정의에 대한 정의에 대한 정의(A←A←A)

2층 구조의 ‘정의에 대한 정의(A←A)’ 유형의 메타정의에서 한 층 더 나아가 이에 대하여 정의가 작용하는 유형이다.

3. 메타정의의 기능

본 절에서는 메타정의의 개념 구성 중 메타정의의 기능면에 대한 교육적 논의로 특히 ‘정의의 모니터링과 조절’이라는 기능이 수학 문제해결 교육에서 갖는 교육적 시사점에 대하여 논하고자 한다. 본 장의 2절에서 논한 메타정의의 각 유형이 갖는 인지적, 정의적

요소들 간의 상호작용의 관계성을 내포하고 있는 메타정의의 메타적 기능을 도출해 내기 위해서는 메타정의와 유기적 관계를 가지고 있는 메타인지의 메타적 기능뿐 아니라 메타정의가 정의되는 정의의 범주 내에서 정의적 요소에 대하여 메타적으로 작동하는 기능들에 대한 고찰을 토대로 메타정의의 메타적 기능을 추출해야 할 것이다.

수학 문제해결에서 ‘메타인지(metacognition)’는 ‘인지(cognition)’에 접두사 ‘메타(meta)’가 결합된 용어이다. ‘메타’는 ‘변화(change)’와 ‘이후, 넘어서다(after, behind)’라는 의미를 나타내는 그리스어 ‘ $\mu\epsilon\tau\alpha$ ’에서 유래된 어휘로, 메타인지적 문제해결력에는 수학 문제해결 과정에서 분리될 수 있는 부분적인 각 과정에 작용하여 문제해결의 결정적인 역할을 하는 능력으로, 예측·판단·유도·모니터·검토·평가능력 등이 있다. 따라서 메타인지의 메타적 기능을 ‘통제(regulation)’, ‘조절(control)’, ‘관리(management)’로 보기도 하고(백석윤, 1994), ‘계획(planning)’, ‘통제(regulation)’, ‘조절(control)’로 보기도 한다(Conti & Fellenz, 1991; Gómez-Chacón, 2000; Silver, 1987).

또한 인간 ‘마음(mind)’의 메타수준은 그 마음에 대한 인지와 정서로 구성되며 이 메타수준에는 사고와 감정(feeling)의 의식적인 자각과 조절이 포함되며, 또한 정신적인 처리 과정을 모니터하고 조절하는 무의식적인 인지적 상태도 포함된다. 이 마음의 메타수준은 ‘메타인지(인지에 대한 인지)’, ‘정서적 인지(정서에 대한 인지)’, ‘인지적 정서(인지에 대한 정서)’, ‘메타정서(정서에 대한 정서)’의 4가지 범주로 나뉜다(Hannula, 2001; Op ‘t Eynde, De Corte, & Mercken, 2007). 이 중에서 ‘정서에 대한 정서’로 정의된 ‘메타정서(meta-emotion)’는 ‘감정에 대한 감정’이라는 좁은 의미로 보다는 정서에 대한 생각과 감정(feeling) 모두를 포함하는 폭넓은 의미로 규정된 것이다. 메타정서는 사람들이 감정에 대해 어떻게 느끼는지에 대한 감정, 다양한 초기 감정을 갖는 그들의 역사, 정서와 정서적 표현에 대한 그들의 사고, 태도, 신념으로 설명되는데, 자녀의 정서에 대한 의식과 수용, 자녀의 정서 코치, 정서 조절 등을 언급하기 위해서 주로 사용되었으며(Gottman, et al., 1996), 정서의 조절과 통제 행동뿐만 아니라 그 정서의 의식과 반응을 포함한다(Hannula, 2001; Hannula et al., 2007). 따라서 선행연구를 통해 확인한 메타정서는 ‘의식’, ‘수용’, ‘코치’, ‘조절’ 등의 메타적 기능을 지닌 ‘정서에 대한 정서와 인지’ 연쇄로 구성된 개념이다.

이 외에 정의적 요소 중 메타적 기능을 하는 ‘메타동기(meta-motivation)’는 주의, 보상, 즐거움, 자신감으로 구성되며, 학습자의 동기 전략을 조절하기 위해서 사용된다(Conti & Fellenz, 1991). ‘동기’는 인지나 정의 위에 작용하므로 그 자체가 메타적 기능을 가지고 있다. 따라서 ‘동기’ 그 자체가 단층이 아닌 복층 구조이므로 ‘메타동기’라는 용어는 자연스럽게 사용될 수 있었다.

또한 Moacucci(2007)가 논의한 ‘메타신념(meta-belief)’ 체계 활동은 개인의 신념 체계의 의식 포착에서 드러날 수 있으며, 생산적이거나 긍정적인 수학과 관계 형성에 중요한 역할을 한다. ‘신념’ 역시 ‘동기’와 마찬가지로 그 자체가 메타적 기능을 가지고 인지적, 정의적 요소 위에 작용하는 복층구조의 연쇄이다.

메타정의는 앞에서 고찰한 바와 같이 정의에 대해 자각(정의와 인지)하여 ‘모니터링’, ‘평가’, ‘조절’하는 기능이 있으며, 정서적 활동의 자각에의 도착점으로서 정서의 평가와 표현, 통제, 활용으로 볼 수 있다(Gómez-Chacón, 2000). 따라서 문제해결 상황에서 메타정의는 정서적 상황에 강하게 연결되어 작동하며(DeBellis & Goldin, 1997; Goldin, 2002; Schöglmann, 2005; Moscucci, 2010), 정서의 인식, 조절, 통제행동을 포함하고

(Hannula et al., 2007), 문제해결에서 부정적인 경험이 많은 학생들에게 문제해결과 학습전략에 기초가 되는 신념 구조를 발전시킨다(Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 2006, Moscucci, 2010). 여기에서 중요한 점은 부정적인 정서의 발생여부가 아니라, 그것이 발생했을 때 학생들이 그것을 어떻게 극복하는지, 그리고 지속적으로 과제를 수행하도록 하는 것이 무엇인지를 아는 것이다(Thompson & Thompson, 1989). 즉, 메타정의를 고려하면, 정의적 목표는 수학에서 좌절이나 공부, 불안을 제거하거나 수학적 활동을 지속적으로 쉽고 재미있게 만드는 것이 아니라 곤경이나 어려움에 결합된 정서에 대한 정서적 감정이 학습과 성취에 생산적이 되며, 이때 인지가 메타정의에서 중요한 역할을 수행하게 된다. 롤러코스터 타기가 실제로 안전하다는 사실에 대한 인지가 롤러코스터 타기의 공포를 즐거운 것이 되게 할 수 있듯이, 학생의 실수를 ‘안전한’ 것으로 만들어 줄 수 있는 환경에서 수학적 탐구는 부정적 정서를 긍정적인 정서로 변환시킬 수 있다. 즉, 수학과 관련된 ‘인지적 신념’과 ‘가치’는 강력한 메타정의를 구성하며(DeBellis & Goldin, 2006, Hannula et al., 2004), 메타정의에서 중요한 기능을 수행한다. 따라서 수학 학습에 있어서의 어느 정도의 불안감이나 긴장감은 오히려 긍정적인 영향을 줄 수 있다(김은형·백석윤, 2008). ‘신념’은 그 자체만 단독으로 나타나기 어려우며, 정의나 인지 현상에 대한 확신 또는 확신에 차서 메타적 반응이 나타나는 것을 가리킨다. 따라서 신념은 비정상적인 신뢰로 냉정하지 않고 어느 정도는 도가 지나친 확신에 관계된 것으로, 긍정적인 신념뿐 아니라 부정적인 신념이 있다. 즉, 신념 안에는 인지적 요소뿐 아니라 정의적 요소가 함께 포함되어 있으며, ‘가치’ 또한 신념에 영향을 주며 신념에 대한 기초를 제공한다(Goldin, 2002; Malmivuori, 2001). 따라서 ‘신념’은 ‘인지에 대한 인지’, ‘정의에 대한 인지’의 두 가지 경우에 주로 작용하는 메타적 기능으로 볼 수 있다.

신념과의 구분이 모호한 ‘태도’는 주로 ‘인지에 대한 정의’, ‘정의에 대한 정의’에 작용하는 메타적 기능으로 볼 수 있다. 왜냐하면 ‘태도’는 수학에 대한 정서와 신념의 결과이고, 행동의 결과이기 때문이다(Hart, 1989). 또는 Hannula(2011)의 주장대로 태도가 전형적으로 인지적(신념), 정의적(정서), 능동적(행동) 차원으로 구성된다는 점에서도 그 근거를 찾을 수 있다. 여기에서 태도는 단순히 정의의 하위 요소라기보다는 신념과 정서를 통해 능동적인 행동이 나오게 하는 신념의 상위 개념으로서, ‘태도’ 그 자체를 메타적 기능으로 보는 것이 타당하다.

따라서 이러한 선행연구들을 바탕으로 메타정의의 메타적 기능을 문제해결자가 자기 자신의 문제해결 과정 전반에 대해 갖게 되는 메타적 기능인 ‘계획(planning)’, ‘통제(regulation)’, ‘조절(control)’, ‘관리(management)’과, 특히 정의적 요소들에 대한 메타적 기능인 ‘모니터링(monitring)’, ‘사정(appraisal)’, ‘평가(evaluating)’, ‘인지적/정의적 신념(belief)’, ‘태도(attitude)’로 추출할 수 있다. 이 메타적 기능들은 인지나 정의에 단독으로 작동하는 기능이 아니며, 인지나 정의 위에서 문제해결자가 자각한 후에 작동하는 기능들로 메타인지에도 메타정의에도 자각이 선행되어야 한다. 즉, 문제해결 과정에서 나타나는 인지적 요소들끼리의 연쇄에 메타적 기능이 작동하는 메타인지를 제외하고, 정의적 요소들끼리의 연쇄, 또는 정의적 요소와 인지적 요소 상호간의 연쇄에 작동하는 메타적 기능을 메타정의의 메타적 기능이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 앞 2절에서 메타정의의 작용 구조로 설정한 메타정의 10가지 유형들 중 본 절에서 도출한 메타정의의 메타적 기능이 실제 작동한 에피소드에 관심을 가지고 연구를 수행하였다.

Ⅲ. 연구방법

1. 연구 대상

앞서 설정한 메타정의의 10가지 인지적, 정의적 요소들 간의 연쇄 유형이 실제 초등학교생들의 문제해결 과정에 어떻게 나타나는지 확인하고, 실제 확인 가능한 메타정의의 유형별 에피소드에서 메타정의가 메타적 기능으로 작동한 원리를 분석하기 위해서 서울소재 한 초등학교에서 5~6학년생을 대상으로 연구를 실시하였다. 수학 문제해결 과정에서 발생하는 초등학교생들의 인지적, 정의적 요소들 간의 상호작용을 바탕으로 한 메타정의를 면담 및 설문을 통해 확인하기 위해서 자신의 생각과 감정, 느낌, 신념 등을 구체적으로 표현하기에 적합한 고학년인 초등학교 5~6학년생을 연구 대상으로 선정하였으며, 6학년 21명과 5학년 19명(총 40명)을 대상으로 연구를 수행하였다.

2. 연구 절차

먼저 메타정의에 대한 문헌연구를 바탕으로 논리적으로 유도해 낸 메타정의의 10가지 유형을 본 연구에서 수집한 실제 에피소드 자료에 대한 분석의 준거로 설정하였다. 또한 2016. 2. 1. 부터 2016. 9. 31. 기간 동안 총 6회에 걸쳐 학생들의 문제해결 후 설문과 개별 면담을 병행하여 실시했다. 본 연구의 대상인 초등학교생에게 비교적 수학적 사고의 과정이 요구되는 문제의 상황을 제시하기 위해서, 비정형 문제를 2009개정 교육과정에 따른 초등학교 5, 6학년 수학교과서의 6학년 1학기 6단원(1회), 5학년 1학기 1단원(2회), 4단원(3회), 5단원(4회), 6단원(5회), 5학년 2학기 1단원(6회)의 문제해결 차시에서 선정하여 활용하였다. 학생들이 문제를 해결한 후 설문과 개별 면담을 병행하여 실시하였다.

3. 자료 수집 및 분석

학생들에게 설문과 개별 면담을 병행 실시하여 녹화한 90개의 에피소드 자료를 수집하여 전사하였다. 전사한 자료는 학년, 학생 번호, 면담 횟수 정보를 넣어 5학년 15번 학생의 4회 차에 면담한 내용의 경우 5-15-4로 이름 붙였으며, 각 문제해결 상황에서 나타나는 반응의 단위를 코딩의 단위로 하였다.

코딩에서 전형적인 예로 학생의 반응 중 ‘...재미있다.’, ‘...싫다.’, ‘...귀찮다.’ 등은 정의(A)로, ‘...재미있겠다.’, ‘...재미있다는 생각이 들었다.’, ‘...어렵다.’, ‘...쉽다.’ 등은 인지(C)로 코딩하였다. 정의(A)는 다시 정서, 신념, 태도로 구분하여 코딩하였다. 그리고 코딩한 반응의 연쇄는 본 연구에서 설정한 메타정의의 10가지 유형으로 구분하고, 동시에 메타정의의 메타적 기능을 준거로 분류하였다.

Ⅳ. 연구결과

학생들과의 설문 및 개별 면담을 통해 확인한 수학 문제해결 과정에서 실제적으로 나타난 인지적, 정의적 요소들의 연쇄 에피소드 90개를 본 연구에서 논리적으로 도출한 메타

정의 유형을 준거로 분류하였다. 메타정의 유형으로 분류된 78개의 에피소드 중 메타적 기능이 작동한 35개를 분석한 메타정의의 메타적 기능의 작동원리는 다음과 같다.

1. C←C←A 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 가장 많은 20개(25.64%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 10개였다. 먼저, 학생 5-16-4는 ‘이 문제는 조금 어려울 수도 있겠지만(인지), 내 실력을 키워줄 수도 있겠다.(인지) 그래서 문제를 더 재미있게 풀 수 있었다.(정서)’ 라고 답했다. ‘내 실력을 키워줄 수도 있겠어.’ 라고 생각하는 이유를 묻는 추가 질문에 ‘이제는 수학에 흥미가 생겼고, 수학을 하는 것이 재미있어져서 이제 잘 할 수 있겠구나! 하는 생각이 들어서 자신감이 있어요. 나는 이제 자신감이 있으니까 이 문제도 쉽게 풀 수 있을 것이라고 생각했어요. 예전에는 자신감이 없었거든요. 지금 어렵긴 하지만 차근차근 문제를 풀다 보면 아주 재미있고 흥미로운 것이 분수의 곱셈이라고 생각해요.’ 라고 수학에 대한 자신의 신념을 밝혔다. 즉, 이 학생의 경우, 1층의 인지부분에 대하여 작용한 2층의 인지부분에서 ‘사정’이라는 메타적 기능이 작동했으며, 이 메타적 기능 발현의 이면에서 자신감이라는 자신에 대한 신념의 결과(Fennema, 1989; Lester, Garofalo, & Kroll, 1989)가 함께 작동한 것이다. 이 외에도 이 유형의 3층 정의부분이 ‘내가 문제를 잘 안보니까 잘 모르는 것 같다.’, ‘차근차근 생각하면 할 수 있구나! 마음먹으면 할 수 있지!’, ‘느리게 했지만 문제를 해결했어.’, ‘그래도 깨끗하게 풀면 수학이 재미있어질 거야.’ 와 같은 스스로의 태도에 대한 자각과 함께 이루어진 ‘사정’, ‘평가’의 메타적 기능을 한 에피소드도 확인할 수 있다.

2. C←A 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 8개(10.25%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 2개였다. 학생 5-1-3은 ‘어렵다는 생각이 들었다. 특히 이 5번 문제가 어려웠다.(인지) 이 문제를 잘 모르니까 친구에게 도움을 요청했다. 포기하지는 않았다. 더 노력해야겠다.(태도)’ 라고 답했다. 면담에서 이 학생은 2층 정의부분에서 자신이 문제 해결을 포기하지 않았고 옆에 있는 친구에게 도움을 요청했음을 강조하여 이야기했으며, 이것은 자기 자신에 대한 ‘모니터링’ 과 함께, Malmivuori(2001, 2006)가 강조한 사회적 환경과 관계된 수학적 정의의 ‘자기조절’의 메타적 기능이 작동한 것이다. 이 외에 2층 정의부분에서 ‘내가 조금만 열심히 풀면 잘 풀 수 있겠다.’ 는 문제를 해결하는 ‘태도’ 와 관련된 ‘조절’ 과 ‘사정’의 메타적 기능이 작동한 학생 5-12-1의 에피소드가 있다.

3. C←A←C 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 11개(14.10%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 7개였다. 먼저, 학생 5-1-4는 ‘어려울 것 같다고 생각했다.(인지) 문제를 꼼꼼히 잘 읽었더니(태도) 자연수에 분수를 곱하면 원래의 수보다 작아질 수 있기 때문에 실제 문제를 더 쉽게 풀 수 있게 만들어 주었다.(인지)’ 라고 답했다. 이 학생의 경우, 부정적인 인지가 발생한 1층에 대해서 2층의

정의부분이 ‘태도’와 ‘관리’의 메타적 기능으로 작동하여 문제해결에 중요한 역할을 했음을 확인할 수 있다. 또한, ‘문제가 쉽지만 실수를 할 수 있다.(인지) 실수할까봐 걱정을 많이 했다. 시험 볼 때는 걱정을 해서 두 세 번씩 검토를 해서 실수를 줄이게 되지만, 평상시 풀 때는 그냥 풀다가 실수를 한다. 적당한 걱정을 하는 것이 시험을 볼 때 더 도움을 준다. 이런 걱정을 없애야할 필요는 없다.(태도) 이 문제에서도 이런 걱정을 해서 검토를 했어요.(인지)’라는 학생 5-14-3의 에피소드에서는 1층에 부정적인 인지가 발생하자 2층의 정의부분에서 나타난 걱정이라는 정서가 ‘관리’의 메타적 기능으로 작동하여 문제해결에 중요한 역할을 수행하였다.

이 외에도 1층의 ‘어렵다.’는 부정적인 인지에 대해서 2층의 정의부분에 ‘나는 언젠가는 할 수 있어 라고 생각했다.’라는 ‘신념’이 메타적 기능으로 작동한 학생 5-16-5, 2층의 정의부분에 ‘어려운 것이 더 좋은 것 같다. 어렵다고 생각하면 문제를 제대로 꼼꼼히 생각하게 되고 답을 제대로 찾게 된다.’라는 ‘태도’와 ‘관리’의 메타적 기능이 작동한 학생 5-5-5, 2층의 정의부분에 ‘더 열심히 해야겠다는 생각이 들었다.’라는 ‘태도’가 메타적 기능으로 작동한 학생 6-3-1의 에피소드에서도 메타정의가 문제해결에 중요한 역할을 수행했음을 알 수 있다. 반면에 ‘잘 풀 수 있겠다는 생각이 들었다.(인지) 이 생각 때문에 열심히 풀게 되었다.(태도) 그랬더니 쉽게 풀 수 있었다.(인지)’라는 학생 5-1-3의 에피소드에서는 1층의 긍정적인 인지에 대해서 2층의 정의부분에서 긍정적인 태도가 발생하여 ‘태도’의 메타적 기능을 수행하여 3층에 긍정적인 인지를 이끌게 되었으며, ‘문제가 쉽고 괜찮다는 생각을 했다.(인지) 그 생각 덕분에 더욱 자신감이 들었다.(신념) 그러자 문제를 더 잘 풀게 되었다.(인지)’라는 학생 5-1-5의 에피소드에서는 1층에 긍정적인 인지가 발생하자 2층의 정의부분에서 긍정적인 신념이 발생하여 ‘신념’, ‘관리’의 메타적 기능을 수행하였다. 즉, 1층의 긍정적인 인지에 대해서 2층의 정의부분에 긍정적인 신념이나 태도가 메타적 기능을 수행하여 3층에 긍정적인 인지가 작용하게 되는 에피소드와, 1층에 부정적인 인지가 발생한 경우에도 2층의 정의부분의 신념이나 태도가 메타적 기능을 수행하여 3층에 긍정적인 인지가 작용하게 하는 에피소드가 확인되었다.

4. C←A←A 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 11개(14.10%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 3개였다. 먼저, ‘어렵다는 생각이 들었다.(인지) 또 틀릴까봐 걱정이 되는데... (정서) 그래서 풀기 귀찮았다.(정서)’라고 답한 학생 5-18-3의 경우, ‘분수의 곱셈은 어렵다.’라는 인지적 신념을 가지고 있었다. 즉, 1층의 인지부분에 대해 2층의 정의부분에 부정적인 정서가 발생했으며, 이 부정적인 정서는 ‘분수의 곱셈은 어렵다.’는 인지적 신념이 함께 ‘모니터링’, ‘판단’, 그리고 ‘신념’의 메타적 기능으로 작동했다. 또한, ‘수가 커서 머리가 어지러웠다.(인지) 큰 수지만 끝까지 꼼꼼히 봐야 한다는 생각을 했다.(태도) 덕분에 쉽게 풀 수 있었다.(인지)’라는 학생 5-11-4의 에피소드에서는 2층의 정의부분에 ‘태도’와 ‘관리’의 메타적 기능이 작동했으며 ‘쉬울 것 같았다.(인지) 음~ 빨리 하고 싶다는 생각이 들었다.(태도) 빨리 풀었어.(태도)’라는 학생 5-6-5의 에피소드에서는 2층의 정의부분에 ‘태도’가 메타적 기능으로 작동하여 문제해결에 영향을 주었다.

5. A←C 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 4개(5.13%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 1개로, ‘귀찮았다.(정서) 그러면 문제가 잘 풀어지지 않는데 어떻게 하지 했다.(인지)’ 라고 답한 학생 6-8-1의 경우이다. 이 학생의 경우, 1층 정의부분에 대한 ‘모니터링’ 이 2층 인지부분에서 메타적 기능으로 작동했다.

6. A←C←C 유형

메타정의의 유형에 해당하는 에피소드 78개 중 3개(3.85%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 1개로, ‘100이라는 큰 수가 나와서 긴장했다. 큰 수가 긴장하는 것은 당연하다.(정서) 큰 수가 나오면 복잡하다. 100 정도는 큰 수다.(인지) 약분을 해서 수가 작아져서 쉬워졌다.(인지)’ 라고 답한 학생 5-3-3의 경우이다. 이 학생의 경우, 1층의 정의부분에 정서가 나타났고, 이 정서에 대해 2층의 인지부분에서 인지적 신념인 ‘큰 수가 나오면 복잡하다.’ 가 메타적 기능으로 작동하여, 약분을 해서 수를 작게 만드는 전략을 사용하여 쉽게 문제를 해결할 수 있었다.

7. A←C←A 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 13개(16.67%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 6개였다. 먼저, 학생 5-11-3은 ‘글이 많아서 머리가 어지러웠고, 풀기 귀찮고 짜증났다.(정서) 하지만 숫자로만 생각하니 쉬웠다. 글을 다 읽지 않고서도 분수의 활용으로 풀 수 있기 때문이다. 내가 풀 수 있구나 하는 생각이 들었다.(인지) 이제 글이 많아도 자신 있게 풀 수 있겠다는 생각이 들었다.(정의적 신념)’ 라고 답했다. 이 학생의 경우, 1층의 정의부분에서 부정적인 정서가 발생하게 된 원인인 글이 많은 스토리텔링 문제 형태에 대해 필요 없는 정보를 제거하고, 필요한 정보인 숫자로만 생각하여 분수의 활용 문제로 바꾸어 해결하였다. 즉, 2층의 인지부분에서 메타적 기능인 ‘통제’, ‘관리’ 가 작동하여 문제를 해결할 수 있었다.

또한, 학생 5-8-3은 ‘하고 싶은 마음이 들지 않았다. 곱하는 것이 귀찮아서 싫다.(정서) 문제가 어렵다고 생각했다.(인지) 계산이 싫어서 분수의 곱셈이 싫다. 계산만 없으면 수학이 좋아질 것이다. 이 생각 때문에 수학이 싫다. 잘 해보려고 하는데 잘되지 않아서 풀기 싫다.(정의적 신념, 정서)’ 라고 답했다. 이 학생의 경우, 부정적인 정서가 처음 층의 정의부분에서 발생했고 이에 대해 부정적인 인지가 2층의 인지부분에서 발생한 후 여기에 3층의 정의부분에서 정의적 신념과 정서가 ‘모니터링’, ‘통제’, ‘신념’ 이 메타적 기능으로 작동했다. 이 외에도 ‘재미있다.(정서) 재미있겠다는 생각이 들면 문제가 쉽게 느껴지게 된다.(인지) 문제를 풀면서 더 재미있어졌다.(정서)’ 고 답한 학생 5-16-2의 경우 1층의 정의부분에서 발생한 수학에 대한 긍정적인 정서가 문제해결에 대한 동기화로 연결되는 수학적 친밀감(DeBellis 1998; Goldin, 2002, 2009; DeBellis & Goldin, 2006)이라는 메타정의 맥락의 요인이 문제해결 과정에서 나타났으며, 재미있다고 느낀 정서가 ‘조절’, ‘관리’ 의 메타적 기능을 하여 문제를 쉽게 생각하게 해 주었다. 반면에, 1층의 정의부분에 발생한 ‘풀기 싫고 귀찮았다.’ 는 부정적인 정서가 ‘평가’ 의 메타적 기능으로 작동하여 2층에 부정적인 인지, 3층에 부정적인 정서를 이끌어 낸 학생 5-8-3, 똑같이 1층의

정의부분의 ‘풀기 싫고 귀찮아요.’ 라는 부정적 정서에 대해 2층의 인지부분이 ‘어차피 풀어야 하는데....’ 라는 ‘모니터링’, ‘관리’의 메타적 기능을 수행한 학생 6-9-1의 에피소드도 있다. 그리고, 1층 정의부분에 발생한 부정적 정서에 대해 2층의 인지부분이 ‘아하~ 도형으로 만들어서 해결하면 되는구나.’ 라는 ‘평가’, ‘계획’의 메타적 기능으로 작동한 학생 5-2-5의 에피소드도 있다.

8. A←A 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 3개(3.85%)의 에피소드에서 확인한 유형으로 이 3개의 에피소드 모두에서 메타정의의 메타적 기능이 작동했다. 학생 5-3-2와 학생 5-18-2는 ‘이거요? 별 생각 안 들었다. 재미없다.(정서) 풀기 싫다.(정서)’ 라고 공통된 답변을 했다. 이 학생들의 1층의 정의부분에서 발생한 ‘재미없다.’ 라는 부정적인 정서가 ‘조절’과 ‘관리’의 메타적 기능으로 작동했다. 반면에, ‘재미있다.(정서) 역시 난 수학이 좋다.(정의적 신념)’ 라는 학생 6-15-1의 답변에서는 1층의 정의부분에서 발생한 긍정적인 정서가 ‘조절’과 ‘관리’의 메타적 기능으로 작동했다. 이 유형에서 메타정의의 메타적 기능이 발생한 3개 에피소드 모두에서 1층의 정의부분에서 발생한 정서가 메타적 기능으로 작용했다. 또한 긍정적인 정서는 긍정적인 메타적 기능을, 부정적인 정서는 부정적인 메타적 기능을 수행했으며, 이것은 앞의 유형에서도 언급했던 수학적 친밀감과도 연관 지어 해석할 수 있다.

9. A←A←C 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 2개(2.56%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 1개로, ‘아~ 저번에도 틀렸는데 내가 이번에는 잘 할 수 있을까? 자신감이 없다.(정의적 신념) 또 틀릴 것 같으니 더 열심히 풀고, 열심히 공부해야겠다. 선생님과 아빠가 문제를 꼼꼼히 읽으면 해결할 수 있다고 하셨다.(태도) 아하~ 이제 알겠다. (인지)’ 라고 답한 학생 5-17-3의 경우이다. 이 학생의 경우, 1층의 정의부분에 부정적인 정의적 신념이 나타났으나, 이에 대해 2층의 정의부분에서 긍정적인 수학에 대한 태도가 ‘태도’, ‘조절’, ‘관리’의 메타적 기능으로 작동했다. 이 메타적 기능을 통해 3층에서 긍정적인 인지가 나타나게 되었다.

10. A←A←A 유형

메타정의의 유형에 해당하는 78개의 에피소드 중 3개(3.85%)의 에피소드에서 확인한 유형이다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드는 1개로, ‘뭔가 도형이라고 하면 웬지 뭔가를 많이 해봐야 할 것 같고, 좀 오래 걸릴 것 같은 생각이 들어서 재미없다. 좀 지루하거나 무기력하게 시작했다.(정서적 신념, 정서) 내가 도형에 대한 편견을 가지고 있어서 그런 것 같은데 이 편견을 버리고 기분 좋게 풀려고 노력했다.(태도) 좀 더 기분 좋게 문제를 풀게 되었고 보통의 이런 문제보다 더 빨리 풀 수 있었다.(정서, 태도)’ 라고 답한 학생 5-13-5의 경우이다. 이 학생의 경우, 1층의 정의부분에서 정서적 신념과 함께 부정적인 정서가 발생했으나, 이에 대해 2층의 정의적인 부분의 태도에서 ‘모니터링’, ‘사정’, ‘통제’, ‘조절’의 메타적 기능이 작동하여 스스로 기분 좋게 풀려고 노력했다. 이 메타적 기능으로 인해 3층의 정의부분에 긍정적인 정서와 태도가 나타나게 되었다.

이와 같이 수학 문제해결에서 복합적으로 작용하는 인지와 정의의 조절자로서의 메타정의에 대한 10가지 유형의 연쇄 에피소드 78개를 초등학교생들의 문제해결 과정에서 확인할 수 있었다. 이 메타정의의 연쇄 에피소드들은 문제에 따라 나타나는 유형별 개수가 조금씩 달랐지만, 대체적으로 초등학교생에게 잘 나타나는 메타정의 유형은 $C \leftarrow C \leftarrow A$ 유형, $A \leftarrow C \leftarrow A$ 유형, $C \leftarrow A \leftarrow C$ 유형, $C \leftarrow A \leftarrow A$ 유형, $C \leftarrow A$ 유형 순이었다. 반면에 초등학교생에게 드물게 나타나는 메타정의 유형은 $A \leftarrow C$ 유형, $A \leftarrow C \leftarrow C$ 유형, $A \leftarrow A$ 유형, $A \leftarrow A \leftarrow A$ 유형, $A \leftarrow A \leftarrow C$ 유형 순이었다. 그리고 이 메타정의의 유형에 해당하는 에피소드 78개 중 실제 메타정의의 메타적 기능인 계획, 통제, 조절, 관리, 모니터링, 사정, 평가, 신념, 태도의 작동이 일어난 에피소드는 총 35개였다. 이 중 메타정의의 메타적 기능이 작동한 에피소드가 많이 나타난 메타정의 유형은 $C \leftarrow C \leftarrow A$ 유형(28.57%), $C \leftarrow A \leftarrow C$ 유형(20.00%), $A \leftarrow C \leftarrow A$ 유형(17.14%), $C \leftarrow A \leftarrow A$ 유형(8.57%), $A \leftarrow A$ 유형(8.57%), $C \leftarrow A$ (5.71%), $A \leftarrow C$ 유형(2.86%), $A \leftarrow C \leftarrow C$ 유형(2.86%), $A \leftarrow A \leftarrow A$ 유형(2.86%), $A \leftarrow A \leftarrow C$ 유형(2.86%) 순이었다.

이 10가지 메타정의의 유형별로 메타적 기능이 작동한 에피소드를 분석한 결과 메타정의의 메타적 기능은 주로 2층의 정의 또는 인지부분에서 작동했으며, 1층 또는 3층의 정의부분에서 작동한 경우도 있었다. 즉 문제해결에 중요한 역할을 하는 메타정의의 메타적 기능은 주로 메타정의의 정의부분에서 작동하고 있음을 확인할 수 있다. 이는 본 연구에서 앞서 규정한 메타정의의 조작적 정의의 타당성을 규명한 것이다.

메타정의 유형에 해당하는 에피소드 78개의 정의부분에는 정서가 가장 높은 빈도로 발생하여, 정서가 메타정의의 작동에 강하게 연결된다는 선행연구(Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 2006; Moscucci, 2010; Schöglmann, 2005)의 결과와 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 하지만, 메타적 기능이 실제 작동한 에피소드들의 정의 부분에는 태도, 정서, 신념의 순으로 빈도가 높게 나타났으며, 특히 이 태도와 신념은 메타적 기능으로 직접 작동하였다. 메타정의 유형에 해당하는 에피소드 중에서 메타적 기능을 수행한 신념에서 나타난 인지적 신념과 정의적 신념 모두 메타적 기능 수행이 가능함을 확인할 수 있다.

V. 결 론

그동안 수학 학습과 관련된 메타정의에 대한 연구는 연구자별로 관심을 갖는 측면이나 중요하게 생각하는 측면에 제한적으로 적용할 수 있는 분석 방법론에 의하여 이루어져 왔다고 할 수 있다. 즉, 메타정의에 대한 관점에서는 물론, 동일한 메타정의적 현상을 일컫는 용어 사용 면이나, 메타정의의 유형화 면에서도 다양한 방법이 사용되고 있었다. 보다 구체적으로 수학 문제해결 과정에 작용하는 메타정의에 대한 연구에서도 이와 유사한 연구방법 면에서의 특성이 재현되고 있음을 볼 수 있다. 그러나 여러 메타정의에 대한 연구에 다양한 연구 방법론이 적용되면서도 메타정의가 수학 학습에 중요하게 작용한다는 점에서는 일치된 생각을 하고 있음을 볼 때, 수학 문제해결에서의 메타정의에 대한 효율적인 연구를 위한 분석 방법론 면에서의 개선이 요구되는 바이다. 즉, 일반적으로 연구에서 필요로 하는 분석기준이 갖추어야 할 명료성, 통일성, 체계성 면에서 메타정의 분석 방법론의 개선이 필요한 것이다.

이와 같은 메타정의 분석 방법론에 대하여 갖고 있던 문제의식에 따라 본 연구에서는 개인 학습자의 수학 문제해결 활동과 관련된 일련의 정의적, 인지적 요소들의 관계성에

주목하면서 정의적 요소를 반드시 포함하는 문제해결의 단위 에피소드를 구성하는 인지적, 정의적 요소들의 모든 연쇄 유형을 논리적으로 설정하고, 이들을 본 연구에서의 ‘메타정의’로 규정하였다. 이와 같은 수학 문제해결에서의 메타정의에 대한 관점은 그동안 연구, 거론되었던 다양한 메타정의의 의미를 포괄할 수 있었다. 그리고 메타정의의 포괄적 의미 규정에 따라서 논리적으로 설정한 메타정의 유형화 작업의 결과는 그동안 연구자마다 다양하게 유형화하여 강조하던 대부분의 메타정의의 유형들을 포함하게 되었다. 한편으로는 초등학생의 실제 수학 문제해결 과정에 나타나는 각각의 메타정의적 현상들을 본 연구에서 규정한 메타정의의 유형 중에 해당하는 유형과 연결시킬 수 있음도 확인하였다. 따라서 본 연구에서 규정한 메타정의의 의미나 그에 따라 설정한 메타정의 유형들로부터 도출한 메타정의의 준거가 수학 문제해결 과정에 나타나는 메타정의적 현상들을 분석하는데 있어서 효율적으로 작동할 수 있음을 확인 한 셈이다. 특히, 수학 문제해결 과정에 발생하는 인지-정의적 작용 현상을 논리적으로 구분하여 설정한 메타정의 유형들을 초등학생의 실제 수학 문제해결 과정에서 확인할 수 있음에 따라 본 연구에서 수학 문제해결에서의 메타정의의 작용 유형과 전체적인 구조에 대한 이론적 체계화 과정이 타당성을 갖고 있음을 알 수 있다.

다음으로, 본 연구에서 설정한 메타정의의 준거로써 초등학생의 실제 수학 문제해결 과정에 나타나는 메타정의의 각 유형에 해당하는 문제해결 에피소드를 관찰, 분석한 결과를 통하여 수학 문제해결 과정에서 각 유형별로 메타정의가 어떻게 작동하는가와 이것이 개인 학습자의 문제해결 과정에서 수행하는 메타적 기능 면에서의 특징을 알 수 있었다. 메타정의의 각 유형에 따라 실제 문제해결 과정에서 작동하는 원리를 살펴보면, 한 유형의 메타정의 내의 구성 요소인 정의나 인지적 요소가 그 안의 인지 또는 정의적 요소와 관련하여 학생 개인의 문제해결 과정에 계획, 조절, 통제, 관리, 모니터링, 사정, 평가, 신념, 태도와 같은 메타적 기능성을 갖고 작동함으로써 문제해결에 중요한 역할을 수행하고 있음을 확인하였다. 또한, 학생의 학급 내에서의 사회적인 환경과 관계된 정의에 대한 자기조절, 수학적 친밀성도 메타정의의 맥락에서 작용하고 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 메타정의의 기능 중에는 기존의 연구자들(김선희, 박정언, 2011; 김선희 등, 2014; Goldin, 2002; DeBellis & Goldin, 1997, 2006; Gómez-Chacón, 2000; Malmivuori, 2001, 2006; Schöglmann, 2005; Moscucci, 2010)이 강조한 메타정의의 기능에 해당한다는 것도 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 시도한 수학 문제해결에서의 메타정의 분석을 위한 이론적 체계화의 작업이 타당성을 갖고 있음이 재차 확인된 것이다.

본 연구를 통하여 확인된바 수학 문제해결에서 중요한 역할을 하며 작동하는 메타정의의 구조나 그 작동 원리는 앞으로 학생들의 수학 문제해결 과정에 발생하는 문제성 있는 메타정의 관련 현상에 대하여 교정적 지도 방안을 구안하거나, 바람직한 문제해결 활동에 필요한 인지-정의적 면에서의 지도 방법을 구성하는데 교육적 시사점을 제공할 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 김선희, 김부미, 이종희(2014). **수학교육과 정의적 영역**. 서울: 경문사.
- 김선희, 박정언(2011). 수학 학습에서의 메타-정의 유형 탐색. **학교수학**, 13(3), 269-284.
- 김은형, 백석윤(2008). 초등학생의 수학 학습 태도를 형성하는 요인에 대한 연구. **한국초등수학교육학회지**, 12(2), 125-148.
- 백석윤 (1994). 메타인지적 문제해결력의 지도를 위한 메타문제 유형의 개발. **수학교육**, 33(2), 177-188.
- 백석윤 (2016). **수학 문제해결 교육**. 서울: 경문사.
- 정은실 (2015). 초등학교 수학과 문제해결 교육 제고. **한국초등수학교육학회지**, 19(2), 123-141.
- Cobb, P., Yackel E., & Wood, T. (1989). Young children's emotional acts while engaged in mathematical problem solving. In D. B. McLeod & V. M. Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*, 118-148. New York: Springer-Verlag.
- Conti, G., & Fellenz, R. (1991). Assessing adult learning strategies. *Proceedings of the 32nd Annual Adult Education Research Conference*, 2-27.
- DeBellis, V. A. (1998). Mathematical intimacy: Local affect in powerful problem solvers. In S. Berenson et al. (Eds.), *Proceeding of the twentieth annual meeting of PME-NA*, 2, 435-440.
- DeBellis, V. A., & Goldin, G. A. (1997). The affective domain in mathematical problem-solving. In: E. Pekhonen (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.
- Fennema, E. (1989). The study of affect and mathematics: A proposed generic model for research. In D. B. McLeod & V. M. Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*, 205-219. New York: Springer-Verlag.
- Garofalo, J., & Lester, F. K, Jr. (1985). Metacognition, cognitive monitoring, and mathematical performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 16, 163-176.
- Gil, N., Blanco, L. J., & Guerrero, E. (2006). The affective domain in mathematics learning. *International Electronic Journal of Mathematics education*, Cl. 1(1), 16-32.
- 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?*, 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*, 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*, 391-414. New York : Routledge.
- Goldin, G. A., Hannula, M. S., Heyd-Metzuyanin, E., Jansen, A., Kaasila, R., Lutovac, S., Martino, P. D., Morselli, F., Middleton, J. A., Pantziara, M. & Zhang, Q. (2016). *Attitudes, beliefs, motivation, and identity in mathematics education: An overview of the field and future directions*. Open access: Springer Nature.
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>
- Gómez-Chacón, I. M. (2000). Affective influence in the knowledge of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 43, 149-168.
- 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*. 55-65. Jyväskylä: University of Jyväskylä printing house.
- Hannula, M. S. (2002). Attitude towards mathematics: Emotions, expectations and values. *Educational Studies in Mathematics*, 49(1), 25-46.
- Hannula, M. S. (2011). The structure and dynamics of affect in mathematical thinking and learning. In M. Pytlak, T. Rowland, & E. Swoboda (Eds.), *Proceedings of the 7th conference of ERME*, 34-60.
- 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*, 107-136.
- Hannula, M. S., Opt' Eynde, P., Schläglmann, W., & Malmö, T. W. (2007). Affect and mathematical thinking. *Proceeding of CERME-5*, 202-207.
- Hart, L. E. (1989). Describing the affective domain: saying what we mean. In D. B. McLeod & V. M. Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving. A new perspective*, 37-45. New York: Springer-Verlag.
- Hembree, R. (1988). Correlates, causes, effects, and treatment of test anxiety. *Review of Educational Research*, 58, 47-77.
- 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*, 75-88. New York: Springer-Verlag.
- McLeod, D. B. (1988). Affective issues in mathematical problem solving: Some theoretical considerations. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19, 134-141.
- McLeod, D. B. (1989). Beliefs, attitudes, and emotions: New views of affect in mathematics education. In D. B. McLeod, & V. M. Adams (Eds.), *Affect and Mathematical Problem Solving: A New Perspective*, 245-258. 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*, 575-596. New York: Macmillan.
- McLeod, D. B. (1994). Research on affect and mathematics learning in the JRME: 1970 to the present. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25(6), 637-647.
- Mmivuori, 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.
- Mmivuori, M. L. (2006). Affect and self-regulation. *Educational Studies in Mathematics*, 63, 149-164.
- Moscucci, M. (2007). About mathematical belief systems awareness. *Proceeding of CERME-5*, 298-307.
- Moscucci, M. (2010). Why is there not enough fuss about affect and meta-affect among mathematics teacher? *Proceedings of the CERME-6*. 1811-1820.
- Op 't Eynde, P., De Corte, E., & Mercken, I. (2007). Students' self regulation of emotions in mathematics learning. *Proceeding of CERME-5*, 318-328.
- Schlöglmann, W. (2005). Meta-affect and strategies in mathematics learning. *Proceeding of CERME-4*. 275-284.
- Schlöglmann, W. (2009). Categories of affect- some remarks. *Proceeding of CERME-6*. 164-173.
- 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*, 33-60. NJ: Hillsdale.
- Thompson, A. G., & Thompson, P. W. (1989). Affect and problem solving in an elementary school mathematics classroom. In D. B. McLeod & V. M. Adams (Eds.), *Affect and mathematical problem solving: A new perspective*, 162-176. New York: Springer-Verlag.

<Abstract>

The Function of Meta-affect in Mathematical Problem Solving

Do, Joowon³⁾; & Paik, Suckyoon⁴⁾

Studies on meta-affect in problem solving tried to build similar structures among affective elements as the structure of cognition and meta-cognition. But it's still need to be more systematic as meta-cognition. This study defines meta-affect as the connection of cognitive elements and affective elements which always include at least one affective element. We logically categorized types of meta-affect in problem solving, and then observed and analyzed the real cases for each type of meta-affect based on the logical categories. We found the operating mechanism of meta-affect in mathematical problem solving. In particular, we found the characteristics of meta function which operates in the process of problem solving. Finally, this study contributes in efficient analysis of meta-affect in problem solving and educational implications of meta-affect in teaching and learning in problem solving.

Key words: mathematical problem solving, meta-affect, meta-affect types, the function of meta-affect

논문접수: 2016. 10. 19

논문심사: 2016. 11. 18

게재확정: 2016. 11. 25

3) dojoowon@sen.go.kr

4) sypaik@snue.ac.kr