대한수학교육학회지 수학교육학연구 제 26 권 제 4 호
Journal of Educational Research in Mathematics
Vol. 26, No. 4, 683 ~ 700. Nov 2016

Perry의 인식론적 신념 발달도식의 수학교육 적용 방안 연구[1)]

이 규 희[*] · 이 지 현[**] · 최 영 기[***]

본 연구는 인식론적 신념 발달을 위한 수학 교수학습 방안의 설계를 목표로 하였다. 인식론적 신념은 지식 및 앎의 본성에 관한 신념으로, 수학에 대한 인식론적 신념은 수학 교수학습 과정에서 중요한 요소이지만, 많은 학생들이 수학 수업에 대하여 교사로부터 문제풀이 방법을 전달받는 수동적 과정이라는 이원론적 신념을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 Perry의 발달도식을 재해석하여 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식을 제시하고, 인식론적 신념의 발달을 유도하기 위한 교수학습 방안으로 비평형 상황과 스캐폴딩을 제안하였다. 설계 기반 연구 방법을 활용하여, 설계한 교수학습 방안을 미시적으로 평가하기 위해 수학영재 중학생들을 대상으로 수행한 교수실험을 분석하여 논의하였다.

I. 서 론

미래사회의 가장 큰 특징 중 하나는 불확실성이다. 그러나 사람들은 다른 분야와 달리 수학에 대해서는 하나의 확실한 정답을 기대한다. 학생들뿐만 아니라 많은 교사들도 수학을 의심의 여지가 없는 이분법적인 지식으로 생각하며, 수학 학습은 유일한 정답을 찾는 것이라고 간주한다. 이러한 수학에 대한 신념은, 학생들의 아이디어에 대하여 정답과 오답 여부를 명확하게 판정하는 교사의 권위를 정당화하며, 교사 주도의 설명-연습-암기라는 전통적인 수학 교수학습 관행을 재생산한다(Muis, 2004; Schoenfeld, 1985, 1988; Stodolsky, 1985). 이와 같이 확실한 답이 있는 학문이라는 수학에 대한 신념은 수학 학습에서 주요 불안 요인 중 하나로 지적되어 왔다(Ernest, 1985; Garofalo, 1989; Schoenfeld, 1989).

내면화된 개인의 신념체계는 행동을 움직이는 동기적 속성을 지니고 있으므로(김동엽, 2001; Pajares, 1992), 인식론적 신념(epistemological beliefs)은 교수학습 과정에서 고려해야 할 중요한 요소 중 하나이다. Perry(1968, 1970)는 대학생들의 인식론적 신념의 패턴을 발달도식(developmental scheme)으로 구조화하였다. Perry의 개념화에 따르면, 대학생들의 인식론적 신념은 이원론(dualism)으로부터 다수주의(multiplicity)를 거쳐 맥락적 상대주의(relativism)[2)]로 발달한다. Perry가

* 서울대학교 대학원, narara292@snu.ac.kr (제1 저자)
** 인천대학교, jihyunlee@incheon.ac.kr (교신저자)
*** 서울대학교, yochoi@snu.ac.kr
1) 이 논문은 2015년 경기도 시흥시 지역특성화사업의 SNU 학교교육우수프로그램에 의하여 지원되었음.
2) Perry의 발달도식의 세 번째 범주는 상대주의(relativism) 혹은 맥락적 상대주의(contextual relativism)로 혼용된다. Perry는 주로 relativism이란 표현을 사용하였으나, 본고에서는 수리철학의 상대주의와 구별하기

기술한 인식론적 신념은 학생들의 사고를 지배하는 패러다임으로(Perry, 1970) 각각의 수준에서 학생들의 지식과 학습에 대한 가치관 및 사고의 발달과정을 보여주고 있다(Gallagher, 1998; Thoma, 1993). Perry(1997, p. 79)는 각 발달단계에 대한 전이 상황(transition)을 제공하여 그의 도식이 가지고 있는 교육적 가치를 논의하였으며, Perry의 발달도식은 비판적 사고를 신장시키기 위한 교수방법 및 여러 교과교육 분야에서 인식론적 신념 발달을 위한 교수전략 탐색의 이론적 토대로 활용되고 있다(Finster, 1991; Gallagher, 1998; Kloss, 1994; Thoma, 1993).

본 연구에서는 수학 교수학습에서의 인식론적 신념의 중요성을 탐색하고, 인식론적 신념 발달을 교육 목표로 설정하여 학생들의 인식론적 신념을 발달시킬 수 있는 수학 교수학습 방안을 설계하고자 하였다. 연구자들은 Perry의 발달도식을 수학 수업에 만연한 이원론적 패러다임(正答주의: right answerism)을 극복하기 위한 이론적 토대로 삼아, 학습・인지・앎・상황을 고려하여 교수학습 환경을 설계하기 위해 설계 기반 연구방법(Design-Based Research, DBR)을 활용하였다. 인식론적 신념의 변화는 인지적 갈등상태인 비평형(disequilibrium)[3]을 경험할 때 발생하고 (Hofer, 2001; Hofer, Pintrich, 1997), 학습자의 잠재적 능력은 교수자의 스캐폴딩(scaffolding)[4]을 통해 발달할 수 있으므로(White, 2007), 본 연구에서는 Perry(1997)가 인식론적 신념의 발달을 위해 제안한 전이 상황을 교수학습 방안으로의 비평형 상황과 스캐폴딩으로 나누어 고찰하였다.

본 연구에서 설정한 연구문제는 다음과 같다.

첫째, Perry의 인식론적 신념 발달도식을 수학 교육에 적용하여 해석할 때, 수학적 지식과 학습에 대한 인식론적 신념의 각 위치별 특징은 무엇인가?

둘째, 수학 교수학습에서 인식론적 신념의 발달을 유도할 수 있는 비평형 상황과 스캐폴딩은 무엇인가?

셋째, 수학영재 중학생들이 가지고 있는 인식론적 신념은 어떠한가? 설계한 교수학습 방안은 어떤 형태로 구체화되어 실행될 수 있으며, 분석 결과는 수학 수업에 어떤 의미를 시사하는가?

본 연구에서는 Perry 발달도식의 재해석에 기반하여 인식론적 신념을 향상시킬 수 있는 수학 교수학습 방안을 논의하고, 수학영재 중학생들을 대상으로 수행한 교수실험을 분석하여, 인식론적 신념 발달을 고려한 수학교육에 대해 시사점을 얻고자 한다.

II. Perry의 인식론적 신념 발달도식

Perry는 Piaget의 발생론적 인식론을 기반으로, 학습자의 인식론적 신념을 경험적으로 조사하여 개념화한 첫 연구자이다(Hofer, Pintrich, 1997). 그는 매 학년 말 대학생들과 실시한 인터뷰를 토대로, 대학생들의 사고 패턴과 가치관의 다양한 양상을 추적하였다. 이러한 연구과정에서 Perry는 대학생들의 사고 패턴에 개인적 성향의 차이를 초월한 일련의 공통된 변화과정이 있음을 발견하였다(Perry, 1968, pp. 8-12). 그는 두 차례의 광범위한 종단 연구를 거쳐 앎의 방식과

위해 맥락적 상대주의로 통일하여 사용하였고, 영어로는 relativism으로 표기하였다.

3) 비평형은 피아제의 이론에서 인지적 갈등상태를 의미한다. 비평형은 개인에게 인지적 균형의 상태를 추구하도록 동기화하고, 지적 발달을 위한 동기화의 주요 원천이 된다(Wadsworth, 1996).

4) 스캐폴딩은 비고츠키의 근접발달영역과 관련된 용어로, 학생들이 근접발달영역의 높은 수준에서 활동할 수 있도록 돕는 모든 형태의 지원체계를 의미한다(Wood, Bruner, Ross, 1976; Berk, Winsler, 1995).

<표 II-1> Perry의 인식론적 신념 발달도식의 인지적 특성(Perry, 1968, 1970, 1997)

위치		인지적 특성
1 2	이원론 Dualism	세상을 내가 속한 집단과 속하지 않은 집단으로 양분하는 단순한 관점으로 바라본다. 지식도 맞다-틀리다 또는 좋다-나쁘다와 같은 이중적 범주로 규정할 수 있다고 생각한다. 모든 것은 알려져 있고 하나의 정답이 존재한다고 믿으며, 지식을 절대적인 것으로 수용한다.
3 4	다수주의 Multiplicity	이원론이 수정되는 시기로 불확실성과 다양성을 받아들이게 된다. 정답이 알려져 있지 않은 상황에서만 다수주의 관점을 견지하다, 누구나 자신의 의견을 가질 권리가 있다고 생각하는 다수주의 관점으로 발달하게 된다. '다름'과 '틀림'의 차이를 인정하나 여전히 모든 지식의 정답은 존재한다고 믿는다.
5 6	맥락적 상대주의 Relativism	모든 의견이 동등하게 좋은 것은 아님을 인식하게 되는 중요한 시기이다. 모든 것은 상대적이므로 각각의 상황에서 이해해야 한다. 지식은 복잡하고 불확실하므로, 지식의 옳고 그름은 증거 논리, 체계 및 상황을 통해 분석하여 판단해야 한다. 이 수준에서 학생들은 독립적으로 사고할 수 있다.
7 8 9	상대주의에서 의 헌신 Commitment	지식이란 자신의 경험을 해석하는 매우 개인적인 구조임을 이해한다. 학생들은 스스로의 선택에 대한 책임감을 인식하며, 이러한 선택은 개인적 가치와 학문에 기초하여 비판적으로 사고한 결과이다.

[그림 II-1] Perry의 인식론적 신념 발달경로(Perry, 1968, 1970, 1997)

가치관에 대한 성향을 9개의 위치(position)로 정리한 인식론적 신념 발달도식을 개발하고 이를 타당화하였다(Perry, 1968, 1970).

Perry(1968, 1970)의 발달경로에서 지적·윤리적·정체성 사고의 가장 큰 전환점은 맥락적 상대주의 관점의 인식이다([그림 II-1]). 또 상대주의에서의 헌신(Commitment within relativism)[5]의 경험은 인식론적 신념의 비약적인 질적 발달을 유도한다(Perry, 1968, p. 13). 이러한 이유로 Perry의 인식론적 신념 발달도식은 <표 II-1>과 같이 4개의 범주인 이원론, 다수주의, 맥락적 상대주의, 상대주의에서의 헌신으로 압축하여 설명할 수 있다(Perry, 1997).

Perry의 발달도식은 지적·윤리적·정체성 발달이 상호 종속적으로 복잡하게 연결되어 있으며(Copes, 1982), 개인의 가치 체계가 여러 경험적 기제에 의해 더 나은 방향으로 발달 가능할 수 있음을 보여준다. 인식론적 신념이 발달할수록 학생들의 사고는 정답, 즉 '권위자들이 원하는 내용'에서 '사고하는 방법'을 지향하게 된다. 다시 말하면, 인식론적 신념이 발달할수록 학생들은 정답주의로부터 벗어나며, 어떤 이론을 절대적인 '진리'로 수용하는 것이 아니라 현상과 경험을 관찰하고 추측하기 위한 하나의 모델로 수용하게 된다.

Perry의 이론을 기반으로 한 후속 연구들은 첫째, Perry의 발달 도식의 수정 및 확장[6], 둘째, 인식론적 신념 발달 수준을 측정하는 도구 개

5) 상대주의에서의 헌신은 '참여'(김홍진, 2008)로 번역되기도 한다.
6) 인식론적 신념에 대한 초기 연구자들은 Women's ways of knowing(Belenky, Clinchy, Goldberger, Tarule, 1986), Epistemological reflection model(Magolda, 1992), Reflective judgement model(King, Kitchner, 1994), Kuhn's epistemological understanding(Kuhn, 1991)등과 같이 발달경로에 대한 모델을 제시하였다(Buehl, 2003, pp.301-305, 재인용).

발[7], 셋째, 인식론적 신념의 구성 요인 및 관련 변인 탐색[8], 넷째, 인식론적 신념과 인지 과정 혹은 학업 성취와의 관계 등을 탐색한 연구들[9]로 분류할 수 있다(Hofer, Pintrich, 1997). 이와 같은 여러 후속 연구들은 Perry의 발달도식을 이론적으로 정교화하였으며, 인식론적 신념의 교육적 고려 가치를 보여주고 있다.

III. 연구 방법

본 연구에서는 설계 기반 연구 방법을 활용하였다. 설계 기반 연구는 프로그램, 교수학습 전략, 교수자료 등과 같은 개입안(interventions)[10]의 설계 및 개발을 목적으로(Van den Akker, Gravemeijer, McKenney, Nieveen, 2006, p. 5) 경험적인 설계, 개발, 평가의 절차를 거치면서 실용적 이론의 형성 과정을 체계적으로 연구하는 방법이다(Richey, Klein, 2012). 따라서 설계 기반 연구는 명확한 가이드라인이 없는 교육적 실행과 관련된 복잡한 문제를 규명하기 위해 적절하다(Plomp, 2007).

연구자들은 인식론적 신념의 발달을 위한 수학 교수학습의 직접적인 이론 및 선행 연구가 부족한 상황에서, 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식과 수학 교수학습 방안으로 비평형 상황과 스캐폴딩을 설계하기 위하여 설계 기반 연구를 활용하였다. 따라서 개입안의 분석-설계-형성적 평가(formative evaluation)-수정 및 개선 활동의 사이클을 통하여, 5명 이상의 전문가로부터 연구 결과물을 검토 받는 내적 타당성과 수업을 실제로 받은 학습자로부터 검증 받는 외적 타당성을 확보하였다(Jang, 2011; Lee, 2012; 장선영, 이명규, 2012, 재인용).

1. 수학교육에 적용한 Perry의 인식론적 신념 발달도식 및 인식론적 신념 발달을 위한 교수학습 방안 설계

Nieveen(1999, 2007)는 연구문제의 설계 단계를 설계 시방서(design specifications), 전반적인 설계(global design), 부분적으로 상세한 개입안(partly detailed intervention), 완전한 개입안(complete intervention), (시행하여) 완성된 개입안(implemented intervention)으로 나누고, 연구의 질적 기준에 따른 형성적 평가 방법을 제시하였다. 본 연구에서 설계한 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식은 전반적인 설계에, 인식론적 신념 발달을 위한 비평형 상황과 스캐폴딩은 부분적으로 상세한 개입안에 해당하는 것이며, 연구의 타당성과 효과성을 높이기 위해 Nieveen(1999, 2007)이 제시한 형성적 평가 방법에서 스크리닝(screening)[11], 전문가 평가, 검토회(walkthrough), 미시적 평가(Micro-evaluation)[12]를 선택하여 시행하였다. 전문가 검토 및 검토회에는 해당분야의 석·박사 학위 소지자, 현업 경력 10년 이상인 자, 주제

---

7) Perry는 CLEV와 개방형 질문의 인터뷰를 통해 학생들의 인식론적 신념 수준을 측정하였고(Perry, 1968, 1970), 인식론적 신념을 다차원적 모델로 접근한 Schommer(1990)는 SEQ를 개발하였다.

8) 인식론적 신념의 발달 과정을 일차원으로 접근한 위의 연구들에서 제시한 인식론적 신념의 핵심 구성 요인은 지식과 앎의 본성이다. 그러나 인식론적 신념을 다차원 모델로 접근한 Schommer(1990, 1994, 1998)는 학습에 대한 신념을 추가하였으며, 인식론적 신념이 직·간접적으로 어떻게 학업 성취에 영향을 미칠 수 있는지에 대하여 연구하였다.

9) 학생들의 인식론적 신념은 인지과정과 인지전략(Kardash, Howell, 2000), 동기(Buehl, 2003), 개념변화(Alvermann, Gaoyin Qian, Donna, 2000)등에 영향을 미친다.

10) 개입안은 교수학습 활동, 교수 전략, 수업의 유형, 수업의 틀을 말한다(Reinking, Bradley, 2008).

11) 스크리닝은 연구자들이 설계한 연구물을 점검하는 것이다(Nieveen, 2007, p. 95).

12) 미시적 평가는 소규모 집단에게 개발한 개입안을 실행하는 것을 말한다(Nieveen, 2007, p. 95).

관련 경험자(김선희, 2014; 이민형, 2016)'의 기준으로 교수, 수학교육 연구자, 교사가 골고루 참여하였으며, 검토회에는 여러 교과교육 분야 전문가들이 참석하였다. <표 III-1>은 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식 및 인식론적 신념 발달을 위한 비평형 상황과 스캐폴딩 설계 절차[13]를 나타낸 것이다.

2. 설계한 교수학습 방안의 적용

설계한 교수학습 방안의 현실 적합성과 효과성을 확인하기 위해 수학영재 중학생들을 대상으로 음수의 연산규칙을 주제로 교수실험을 수행하였다[14]. 교수실험은 Nieveen(1999, 2007)이 제시한 형성적 평가 방법에서 미시적 평가에 해당하는 것으로, 교수실험에 참여한 학생들은 S대학교 K영재교육원 수학 분과에 재학 중인 중학교 2학년 학생들 중 연구 참여에 동의하였던 13명이었다. 기관생명윤리위원회(IRB)의 심의승인을 받은 후 연구자들이 진행한 K 영재교육원의 정규수업시간에 연구 자료를 수집하였다. <표 III-2>는 교수실험의 수업 절차, 세부 목적, 검사도구(소요시간)을 정리한 것이다.

<표 III-1> 연구 절차

연구 절차	연구 활동	
	수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식	인식론적 신념 발달을 위한 비평형 상황과 스캐폴딩
문헌 조사	선행연구 검토	선행연구 검토, 교과서 분석
잠정적 연구 설계	수학적 지식과 학습에 대한 인식론적 신념의 위치별 특징 도출	인식론적 신념 발달을 위한 교수학습 방안으로 비평형 상황과 스캐폴딩 구성
형성적 평가의 순환[15]	**[1차 형성적 순환]** 스크리닝(2015.09.) ↓ 전문가 평가(2015.09.) ↓ 검토회(2015.10.14.) ↓ **[2차 형성적 순환]** 스크리닝(2015.10.) ↓ 전문가 평가(2015.11.) ↓ 검토회(2015.12.11.) ↓ **[3차 형성적 순환]** 스크리닝(2015.12.) ↓ 전문가 평가(2016.01.) ↓ 검토회(2016.02.02.)	**[1차 형성적 순환]** 스크리닝(2015.10.) ↓ 전문가 평가(2015.11.) ↓ 미시적 평가-교수실험 (2015.11.07.) ↓ 검토회(2015.12.11.) ↓ **[2차 형성적 순환]** 스크리닝(2015.12.) ↓ 전문가 평가(2016.01.) ↓ 검토회(2016.02.02.) ↓ **[3차 형성적 순환]** 스크리닝(2016.03.) ↓ 전문가 평가(2016.04.)
개선된 연구 결과물 도출	반복적 설계와 평가를 통한 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식 설계	반복적 설계와 적용 및 평가를 통한 인식론적 신념 발달을 위한 비평형 상황과 스캐폴딩 설계

13) Wademan(2005; Nieveen, 2007, p. 92, 재인용), Reeves(2006; Plomp, 2007, p. 14, 재인용), 이민형(2016)의 설계 기반 연구 모델을 변용하였다.

14) 본 연구에서 설계한 교수학습 방안은 학습자들의 능동적인 참여가 필요하였으므로, 수학 영재학생들을 연구 참여 대상으로 선정하였다.

15) 각 형성적 평가의 순환 과정에서 스크리닝과 전문가 평가는 한 달에 3-5 차례 세미나 형식으로 진행하였다. 스크리닝에는 연구자들이 참여하였으며, 전문가 평가에는 연구자들을 포함한 수학/수학교육 전공 교수 2명, 석・박사과정 재학 중인 현직 수학교사(10여명), 수학교육 석사 과정생 3명이 참여하였다. 검토회는 발표회 형식으로 진행하였으며 국어・영어・사회・물리・지구과학 등 여러 교과교육학 교수진과 석・박사과정 연구원들이 참여하였다. 본 연구에서는 여러 번의 스크리닝과 전문가 평가를 한 번의 형성적 순환으로 간주하였다.

<표 III-2> 수업 절차

수업 절차	세부 목적	검사도구 (소요시간)
Perry 인식론적 신념 검사	영재 중학생들의 Perry 인식론적 신념 측정	LCQ Ⅲ (30분)
수업 전 설문[16]	음수의 연산규칙에 대한 학생들의 생각 조사	설문지 (10분)
교수실험 수행	음수의 연산규칙 설계 수업 실행	수업 활동지 (약 2시간)
수업 후 설문[17]	설계 수업에 대한 학생들의 반응 수집	설문지 (10분)

본 연구에서는 수학영재 중학생들의 영역 일반적인[18] 인식론적 신념에 대하여 고찰하기 위해 Learning Context Questionnaire Ⅲ (이하 LCQ Ⅲ[19]) 검사도구를 사용하였다. LCQ Ⅲ는 50문항으로 구성되어 있으며, 6점 리커르트 척도에 대한 반응을 환산한 점수에 따라 다음과 같이 해석된다(Kelton, Griffith, 1986; White, 2007, 재인용).

1.0-3.49	이원론
3.5-4.49	다수주의
4.5-5.49	맥락적 상대주의
>5.5	상대주의에서의 헌신

또한 수업 전 설문에서는 음수의 연산규칙에 대한 학생들의 생각을 조사하였다. 수업 활동은 설계한 교수학습 방안의 일부를 적용하여 구성되었으며, 수업 후 설문에서는 설계 수업에 대한 학생들의 생각을 자유롭게 기술하도록 하였다.

Ⅳ. 연구결과 및 논의

본 연구에서 설계한 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식 및 인식론적 신념 발달을 위한 교수학습 방안은 설계 기반 연구 방법에 따라 설계와 수정 과정을 반복하였다. 이 장에서는 최종적으로 완성된 결과를 소개한다.

1. 수학교육에 적용한 Perry의 인식론적 신념 발달도식

Perry의 인식론적 신념 발달도식은 교과의 특성이 반영되지 않은 영역 일반적인 모델이므로 수학교육에 적용하기 위해서는 교과의 특성에 따른 개념의 차별화가 필요하다(김홍진, 2008; Finster, 1991). 특히 수학적 지식은 다른 학문보다 확실하고 절대적인 신념이 더 강하므로(Frank, 1988; Garofalo, 1989; Schoenfeld, 1988; Muis, 2004), 수학교실에서 암묵적으로 형성되는 인식론적 신념은 명시적인 교육에 의해 의도적으로 발달되어야 할 필요가 있다.

본 연구에서는 맥락적 상대주의 관점의 수학을, 학생들이 수학적 지식을 절대적 진리로 수동적으로 수용하는 것이 아니라, 주어진 가정 하에 무모순을 추구하는 정당화 과정을 통하여 수용하는 것으로 해석하였다. 한편, 지식의 성격에 대한 변화에 대해서는, 최종적으로 비판적 사고가 요구되는 개인적 지식의 책임감으로 귀결되므로(Gallagher, 1998), 본 연구에서는 상대주의에서의 헌신에 해당하는 수학 교수학습을 지식의

16) 사전 문항: 여러분이 ‘(-1)×(-1)=1’가 참이라고 생각하는 이유를 솔직하게 적어주십시오.
17) 사후 문항: 수업에서 인상 깊었던 것에 대하여 자유롭게 기술해 주십시오.
18) 인식론적 신념은 학문 영역에 일반적인 신념과 학문 영역에 특수한 신념으로 구분할 수 있다. Perry가 연구한 발달도식은 영역 일반적인 신념에 해당한다.
19) LCQ Ⅲ는 Griffith와 Chapman(1982)이 Perry의 연구를 바탕으로 개발한 리커트 척도 검사도구로, 특히 중·고등학교 학생들을 대상으로도 Perry의 인식론적 신념의 발달 위치를 파악하기 위해 사용되었다 (White, 2007).

<표 IV-1> 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식

	이원론	다수주의	맥락적 상대주의	상대주의에서의 헌신
수학적 지식의 성격	모든 수학적 지식은 알려져 있고 옳고 그른 정답이 존재한다. 수학적 진리는 고정되어 있고, 절대적이며 불변한다. 수학은 참/거짓의 이원론적 학문이다.	수학에 대하여 다양한 의견과 결론이 나올 수 있으나, 그 중 어느 하나(특히 교과서에서 제시하는 답)만이 옳고 나머지는 틀린 것이다.	상반된 두 수학적 주장이 어떠한 가정들로부터 도출된 것인지를 탐색하고, 각 주장을 각 선택된 가정 하에서 평가한다. 정보는 변하고 학문을 도구로 해석할 수 있다. 비판과 증거는 선택된 이론 분야에서 사용된다.	수학적 진리는 맥락적으로 상대적인 진리(relative truth)이다. 어떤 가정을 선택하는가에 따라 상반된 결론들이 도출될 수도 있다. 수학은 참/거짓이 아닌 모순/무모순의 학문이다. 비표준 개념을 인정한다.
수학적 지식의 원천과 정당성	수학적 지식은 교과서와 권위자에 의해 전수되며 정당화된다.	교사가 모르는 지식이 있을 수도 있으나, 교과서나 권위자에 여전히 의존한다.	어떤 수학적 주장의 정당성에 대하여 교과서에 있는 내용과 다른 주장이 제기되었을 때 교과서뿐만 아니라 여러 자료를 참조하여 주체적으로 판단한다.	수학적 지식은 어떤 권위자가 아닌 수학자체의 논리에 의해 정당화될 수 있다.
선호하는 수업방법	교사가 교과서의 정답(正答)을 전달하는 강의식 수업	다양한 의견이 제기되는 수업	학생들의 다양한 의견이 제기되고, 자신의 생각과 다른 주장을 무조건적으로 거부하는 것이 아닌 다른 주장의 전제와 논리를 검증할 수 있는 수학적 토론	학생들의 참여 및 토론 중심의 세미나 수업
교사의 역할	학생들의 창의적 사고를 인정하지 않으면서, 절대적으로 옳은 지식을 전달하고 정답과 오답을 심판할 수 있다고 믿는 권위자	답을 찾는 과정에서 옳은 방법의 모델, 학생들의 개인적 의견을 존중하는 사회자, 모든 답을 모를 수도 있는 권위자	학생들의 토론을 유도하는 사회자, 교실에서의 수학적 권위를 학생과 공유하는 민주적인 교실 문화의 안내자	학생들의 반성적 사고와 의사소통을 통하여 스스로 지식을 구성할 수 있는 교실문화의 촉진자
학생의 역할	지식의 수용과 습득	자신의 생각을 발표	상호토론과 논쟁·비판, 독립적이고 비판적인 사고과정을 통해 더 선호하는 이론을 확인하고 이를 합리적으로 정당화하는 능력의 구축	지식의 구성과 정당화 능력의 구축, 학생들 본인의 의견과 타인의 주장에 대한 합리성 이해, 학습은 복잡성을 풀어내는 개인적 헌신의 성장으로 다양한 이론적 틀을 사용하여 문제에 접근

구성 주체로서의 학습자가 지적 자율성을 가지고 수학적 논리에 근거하여 합리적 선택 및 의미를 생성하는 경험으로 재해석하였다.

한편 수학적 지식과 교수학습에 대한 관점에 대한 주요 차원으로 수학지식의 성격·수학적 지식의 원천과 정당성·선호하는 수업방법·교사와 학생의 역할을 고려하였다. 이는 인식론적 신념을 지식의 성격(확실성, 근원, 구조)과 학습(통제권, 속도)으로 구분한 Schommer(1990, 1994, 1998)와 지식의 확실성·지식의 원천·앎의 정당화·교사와 학생의 역할 등을 구성요소로 세분화한 Magolda(1992; Buehl, 2003, p.289, 재인용)의 연구를 종합한 결과이다[20]. <표 IV-1>은 이러한 고찰을 바탕으로 Perry의 인식론적 신념 발달도식을 수학교육에 적용하여 재해석한 모델이다. 본 연구에서 제시하는 수학교육에서의 인식론적 신념 발달도식은 여러 인식론적 신념의 발달 위치에 있는 학생들이 수학 교수학습 과정을 어떻게 인식할 수 있는지에 대한 이해 및 인식론적 신념의 발달을 위한 교수학습 방안을 탐색하는데 토대를 제공할 수 있을 것이다.

2. 인식론적 신념 발달을 위한 비평형 상황과 스캐폴딩

인지적 갈등은 인지적 변화를 위한 선 자극제 역할을 한다(Piaget, 1980). 그리고 인지적으로 비평형 상황에 놓여 있는 학습자는 학습 조력자의 도움(스캐폴딩)으로 현재 수준 이상의 지식의 구성할 수 있다(Vygotsky, 2009). 본 연구에서는 인식론적 신념의 발달을 위한 교수학습 방안으로 비평형 상황과 스캐폴딩을 제안한다. <표 IV-2>

<표 IV-2> 수학의 인식론적 신념 발달을 위한 비평형 상황과 스캐폴딩

	이원론	다수주의	맥락적 상대주의
비평형 상황	- 교과서의 정답(定答)과 다른 의견의 가능성을 인식할 때 - 권위자들이 옳고 그름에 동의하지 않을 때 - 권위자가 모든 답을 모를 수도 있음을 인정하거나 지식의 불확실성을 제기할 때 - 생각의 차이가 '틀림'과 다르다는 것을 인지할 때	- 모든 의견이 동등하게 좋은 것이 아님을 인지할 때 - 단순한 다수주의에서 각 주장의 가정에 대해 관심을 가지게 될 때* - 수학적 정의와 이론의 합리적 선택 가능성을 인지할 때*	- 수학적 지식의 본질은 자유임을 깨닫게 될 때 - 교과서의 정답(定答)과 다른 견해를 오답(誤答)으로 거부하는 것이 아니라 비표준개념임을 인정할 때 - 이미 완성된 지식을 수동적으로 수용하는 것이 아니라 수학적 지식을 재발명(reinvention)하는 경험을 할 때*
스캐폴딩	- 하나의 문제에 대한 다양한 해결방법의 가능성을 드러내기 - 관점의 갈등적 상황 드러내기* - 학생들에게 상반된 의견을 거절하기 위해 분명하고 구체적인 이유를 설명하도록 요구하기*	- 제안된 여러 문제해결 방법에 대해 검토하기 - 가정의 중요성에 대해 인식하기* - 가정은 자명한 진리(self-evident truth)가 아니라 참으로 가정하는(assumed as true) 명제임을 인식하기	- 반례를 통한 증명-분석하기 - 표준 개념과 다른 비표준 개념에 대해 탐색하기 - 수학을 통해 세상을 보는 관점의 변화 기회 제공하기

20) Schommer(1990, 1994, 1998)와 Magolda(1992; Buehl, 2003, p.289, 재인용)를 참조하여 수학적 지식과 교수학습에 대한 관점의 차원을 고려하였으나, 이는 Perry의 발달도식만으로도 추출 가능하므로 이론적 배경에서는 Perry의 이론만을 다루었다.

는 위에서 언급한 선행연구들을 바탕으로, 수학 교수학습에서 인식론적 신념의 성장을 유도할 수 있는 비평형 상황과 이를 극복하기 위하여 잠재적 발달영역에서 가능한 스캐폴딩을 거시적[21]으로 기술한 것이다. 교수자는 Perry 이론을 효과적으로 적용하기 위해 반드시 '플러스 원(+1)' 단계에 해당하는 자극을 제공해야 한다(Finster, 1991).

3. 인식론적 신념 발달을 위한 교수학습의 사례

가. 수학영재 중학생들의 인식론적 신념 발달 위치

이 절에서는 수행한 교수실험의 LCQ Ⅲ 검사 결과를 분석 및 논의한다.

<표 IV-3>은 LCQ Ⅲ의 예시문항과 학생들의 문항별 반응을 나타낸 것이다. 문항 별로 살펴보면, 수학영재 중학생들은 타인의 의견을 존중하는 개방적인 태도를 가지고 있었다(문항 25). 또한 과학에서 가정의 중요성에 대해서도 높은 수준의 신념을 가지고 있었다(문항 28). 반면 명확한 정답을 추구하는 신념(문항 2와 7)은 이원론과 다수주의 및 맥락적 상대주의 입장이 분포되어 있었다. <표 IV-4>는 연구에 참여한 영재 중학생들의 LCQ Ⅲ 검사 결과에 따른 Perry 인식론적 신념의 위치를 나타낸 것이다.

King(1977)은 추상적 사고가 가능한 나이의 학습자일지라도 낮은 수준의 인식론적 신념을 가지고 있음을 보고한 바 있다. 그러나 본 연구의 LCQ Ⅲ 검사결과에서는, 특히 2명의 학생이 중학교 2학년의 나이에도 불구하고 맥락적 상대주의라는 높은 인식론적 신념을 가지고 있었다. 일반적으로 높은 수준의 인식론적 신념은 고등학생 이상의 시기에서 많이 나타난다(Hallett, Chadler,

<표 IV-3> Learning Context Questionnaire Ⅲ의 예시문항과 학생들의 반응(단위: 명(%))

번호	문항내용	매우 동의한다	동의한다	약간 동의한다	약간 동의하지 않는다	동의하지 않는다	전혀 동의하지 않는다
2	객관식 시험은 명확한 하나의 정답을 갖고 있기 때문에 최고의 시험이다.	1 (7.7)	1 (7.7)	4 (30.8)	2 (15.4)	4 (30.8)	1 (7.7)
4	훌륭한 선생님은 학생들의 질문에 대한 답을 알고 있는 사람이다.	1 (7.7)	3 (23.1)	7 (53.8)	1 (7.7)	1 (7.7)	0 (0.0)
7	대부분의 문제는 명확한 답을 가지고 있으므로, 애매모호한 문제는 좋아하지 않는다.	0 (0.0)	3 (23.1)	5 (38.5)	2 (15.4)	2 (15.4)	1 (7.7)
17	설령 (선생님이 말해주신 것과) 다른 생각에 대한 근거가 있어도, 선생님이 말해주신 것을 믿는 것이 최선이다.	0 (0.0)	2 (15.4)	2 (15.4)	3 (23.1)	2 (15.4)	4 (30.8)
25	다른 사람이 믿는 것을 틀렸다거나 근거가 약한 것이라고 단정할 수 없다.	4 (30.8)	5 (38.5)	4 (30.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)
28	과학적 지식 역시 철학적 지식과 마찬가지로 여러 가정에 의존하는 것이다.	2 (15.4)	4 (30.8)	4 (30.8)	3 (23.1)	0 (0.0)	0 (0.0)
37	선생님이 맞았다고 확인해 줄 때까지는, 내 대답이 맞았는지를 확신하지 못하는 경우가 많다.	1 (7.7)	2 (15.4)	5 (38.5)	4 (30.8)	1 (7.7)	0 (0.0)

21) Robert, Langer(1991)는 스캐폴딩을 거시적 스캐폴딩과 미시적 스캐폴딩으로 나누었다. 거시적 스캐폴딩은 수업의 전체 흐름에서 지원 가능한 활동이며, 미시적 스캐폴딩은 구체적인 학습과제의 실행과정에서 문제해결을 돕는 활동이다(이상수, 강정찬, 황주연, 2006).

Krettenauer, 2002). 그러나 수학·과학 분야 영재 고등학생들의 인식론적 신념을 3년간 LCQ로 측정한 Thomas(2008)는 많은 영재 학생들이 다수주의에서 맥락적 상대주의로 발달한다고 보고하고 있다. 따라서 인식론적 신념은 생물학적 나이의 성숙에 정비례하는 것은 아니며, 같은 나이의 학습자이더라도 개인의 복합적 경험에 따라 수준 차이가 있음을 알 수 있었다.

<표 IV-4> 연구 참여 학생들의 인식론적 신념 위치

Perry 인식론적 신념 위치	학생 수	LCQ Ⅲ 환산 점수
이원론	3명	2.27
		3.10
		3.40
다수주의	8명	3.70
		3.85 (2명)
		3.92
		4.07
		4.22
		4.45 (2명)
맥락적 상대주의	2명	5.05
		5.27

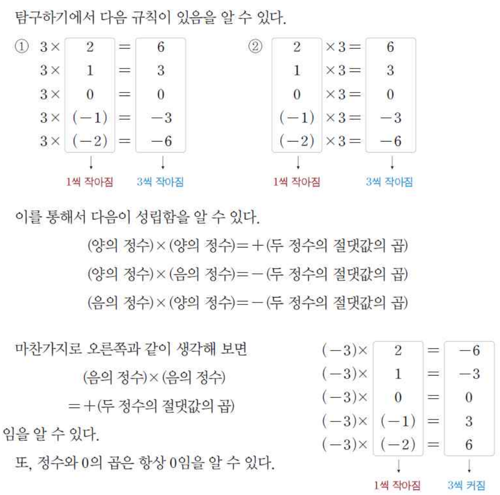
한 교실에 모여 있는 같은 학년의 학생들일지라도 각 학생들의 인식론적 입장은 다양할 수 있다(Myers, 2010; Perry, 1985; Schommer-Aikins, 2004). 따라서 교사는 수업에서의 효율적인 의사소통을 위해 학생들이 가지고 있는 인식론적 신념의 다양성을 이해해야 한다(Copes, 1982). 이원론적인 학생들은 수학을 맥락적 상대주의 입장에서 가르치는 교사의 설명이 혼란스러울 수 있으며, 다수주의 관점을 가진 학생들은 이원론적인 수업 방식을 지루하게 느낄 것이다. 이처럼 교사가 학생들에게 기대하는 인식론적 신념의 수준과 학생들이 실제 가지고 있는 인식론적 신념의 수준 차이는, 교수학습 방법의 선택을 둘러싼 갈등의 원인이 될 수 있다.

나. 설계한 교수학습 방안을 적용한 수업 사례

이 절에서는 앞서 제안한 교수학습 방안의 일부를 적용하여 그 효과성을 미시적으로 검증하고, 구체적으로 구현 가능한 수업의 형태를 제시하기 위해 수행한 교수실험의 과정 및 결과를 분석하고 논의한다.

교수실험에서 선정한 수업 주제는 학생들이 원리에 대한 이해 없이 단순 암기에 의존하여 배우기 쉬운 '음수의 연산규칙'이다. 적용한 교수학습 방안은 <표 IV-2>에 *로 표시하였다.

대부분의 우리나라 교과서에서는 귀납적 외삽법으로 음수의 곱셈법칙을 도입한 후에, 정수의 연산법칙(교환·결합·분배법칙)을 제시하고 있다(우정호, 최병철, 2007; 류희찬 외, 2012). 이러한 음수 연산 규칙에 대한 교과서의 전개는 음수의 연산 규칙을 수학적 정의 또는 정리의 표현에 가깝게 인식될 정도로(유윤재, 2007) 공리에 근거한 교사 입장의 설명방식이다.


탐구하기에서 다음 규칙이 있음을 알 수 있다.

① $3\times 2 = 6$, $3\times 1 = 3$, $3\times 0 = 0$, $3\times(-1) = -3$, $3\times(-2) = -6$ (1씩 작아짐 → 3씩 작아짐)

② $2\times 3 = 6$, $1\times 3 = 3$, $0\times 3 = 0$, $(-1)\times 3 = -3$, $(-2)\times 3 = -6$ (1씩 작아짐 → 3씩 작아짐)

이를 통해서 다음이 성립함을 알 수 있다.

(양의 정수)×(양의 정수)=+(두 정수의 절댓값의 곱)

(양의 정수)×(음의 정수)=−(두 정수의 절댓값의 곱)

(음의 정수)×(양의 정수)=−(두 정수의 절댓값의 곱)

마찬가지로 오른쪽과 같이 생각해 보면

(음의 정수)×(음의 정수)

=+(두 정수의 절댓값의 곱)

임을 알 수 있다.

또, 정수와 0의 곱은 항상 0임을 알 수 있다.

$(-3)\times 2 = -6$, $(-3)\times 1 = -3$, $(-3)\times 0 = 0$, $(-3)\times(-1) = 3$, $(-3)\times(-2) = 6$ (1씩 작아짐 → 3씩 커짐)

[그림 IV-1] 중학교 수학 1에서의 음수 연산 규칙 설명(류희찬 외, 2012, p. 65)

음수의 연산법칙의 형식적 정당화와 관련하여 가장 큰 난점은, 학교수학 수준에서 음수의 연산 규칙을 논리적으로 설명할 수 있는 수단인 형식 불역의 원리를 명시적으로 거론하는 것이 쉽지 않다는 점이다. 결국 많은 교사들은 음수의 연산 규칙을 기계적인 규칙으로 가르치게 된다. 충분한 정당화의 과정 없이 교과서에 제시된 수학적 지식을 기계적으로 암기하여 적용하는 상황은 학생들에게 수학에 대해 이원론적 신념을 야기할 수 있다.

연구자들은 사전 설문인 '$(-1)\times(-1)=1$'이 참이라고 생각하는 이유에 대한 학생들의 반응에서 음수의 연산규칙에 관한 지식의 원천과 정당성에 대한 인식론적 신념이 이원론적 수준에 머물러 있음을 확인할 수 있었다.

> 중학교에서도 학원에서도 그냥 음수에 음수를 곱하면 +가 된다고 그저 가르쳤기 때문이다. (중략) 외우라고 하시니 맞는 것이구나 하며 외웠던 것 같다(학생 A).

13명의 학생들 중 7명의 학생들은 학생 A처럼 암기했다고 응답하였고, 3명은 모른다고 하였으며, 나머지 3명은 수직선이나 사과를 이용하여 설명하려고 시도하였다. 이와 같이 음수 곱하기 음수가 양수인 이유를 합리적으로 설명할 수 있었던 학생은 없었다.

이에 설계한 수업에서는 이원론적 관점으로 학습했던 음수의 연산규칙에서 인지적 갈등을 야기할 수 있는 질문을 제시하고, 음수의 연산규칙에 대한 가정 및 정당화의 중요성을 인식하며, 음수의 연산규칙을 정당화할 수 있는 가정을 합리적으로 선택할 수 있도록 하는 스캐폴딩을 단계적으로 제시하였다. 음수의 연산규칙에 대한 정당화 과정은 Gelfand와 Shen(1995)의 Algebra 교과서를 참조하여 설계하였다. 우리 교과서에서는 음수의 연산 규칙을 먼저 도입하고 이에 기반하여 정수의 덧셈 및 곱셈에 대한 교환·결합·분배법칙을 제시한다. 그러나 Gelfand와 Shen (1995)의 교과서에서는 덧셈과 곱셈의 교환·결합·분배법칙을 자연수 차원에서 먼저 다룬 후, 음수에서도 자연수에서 성립하는 이와 같은 연산 규칙들이 성립하기 위해서는 음수 곱하기 음수의 값을 양수로 선택해야 함을 설명하고 있다.

이러한 고찰을 바탕으로, 교수실험에서 설계한 수업의 개요를 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

- 학생들 스스로 모델을 제기할 수 있도록 하고, 일상적인 경험에 대응하지 않는 규칙도 생각할 수 있도록 한다.
- '정당화'의 필요성을 제기하고, 합리적인 정당화 과정을 토론을 통해 선택하도록 한다.
- $(-1)\times(-1)=1$을 정당화하기 위해서 필요한 가정과, 이러한 가정을 선택하는 이유에 대해 논의하는 분석적 접근 방식을 사용한다.
- 음수의 연산규칙을 절대적인 규칙으로 다루는 것이 아니라 음수×음수가 음수인 가능성에 대해서도 생각할 기회를 부여한다.

설계한 수업의 흐름에 따른 교사의 스캐폴딩과 학생의 반응, 그리고 학생 활동지는 <부록>에 정리하였다.

Ⅳ. 결 론

본 연구에서는 이원론적 신념을 양산하는 수학 교수학습의 문제점을 진단하고 그 해결책을 모색하기 위해, Perry의 발달도식을 수학교육에 적용하여 재해석하고, 인식론적 신념의 발달을 유도하기 위한 교수학습 방안을 설계하였다. 연구의 타당성과 효과성을 위해 설계 기반 연구를 활용하여 형성적 평가의 순환 과정을 거쳤다.

연구자들은 먼저 Perry 이론과 관련 연구들을 고찰하여, Perry의 발달도식을 수학 교수학습 의

특수성을 고려하여 적용할 수 있도록 재해석하였다. 수학에서 이원론, 다수주의, 맥락적 상대주의, 상대주의에서의 헌신의 위치에 따른 각 차원(지식의 성격, 지식의 원천과 정당성, 교수학습 방법에 대한 태도, 교사 및 학생의 역할)을 제시하여 수학교육에서의 인식론적 신념의 발달도식을 설계하였다.

둘째, 학습자의 인식론적 신념은 현 수준에서 적절하게 도전이 가능한 비평형 상황을 경험할 때 발달할 수 있으므로, 학생들의 잠재적 인식론적 발달 수준을 자극하여 전이가 가능한 수학 교수학습의 비평형 상황과 스캐폴딩을 제안하였다.

셋째, 수학영재 중학생들의 Perry 인식론적 신념의 위치를 검사하여 한 교실에 모여 있는 같은 나이의 학생들일지라도 다양한 인식론적 입장을 견지하고 있음을 확인하였다. 그리고 이원론적 관점으로 학습했던 음수의 연산규칙에 대하여 다수주의 및 맥락적 상대주의 관점의 스캐폴딩을 설정하여 교수실험을 수행하였다. 설계한 수업을 통해 학생들이 음수의 연산규칙을 정당화하기 위하여 스스로 모델을 제기하고, 반박과 재반박의 정당화 과정을 거쳐 가정의 중요성에 대하여 인지하는 경험을 제공하고자 하였다.

이상과 같은 본 연구의 결과는 정답 찾기와 문제풀이 절차의 암기에 치중하는 통상적인 수학 수업을 극복하기 위해 수학 교수학습에서 인식론적 신념을 조명하였다는 점에서 그 의의가 있다. 본 연구의 논의는 인식론적 신념이라는 새로운 수학교육 목표에 대한 관점전환의 계기를 마련하고, 인식론적 신념을 고려한 수학 교수학습 방안을 탐색하는 데 기초를 제공할 수 있을 것이다. 초보적인 단계에서 이원론적 관점은 수학적 지식의 이해에 도움이 될 수 있지만, 교과서 수학만이 수학적 지식의 전부가 아니며, 미래 사회에 대비하기 위한 수학교육의 목표는 정보의 단순 재생 능력만으로는 부족하다. 지식 자본의 폭발적 성장과 변화의 흐름에 맞추어, 수학의 가치와 본질을 인식하고 지적 자율성 및 의미 생성을 경험할 수 있도록 교수학습을 개선하기 위해 Perry의 발달도식을 반영하는 것은 의미 있는 접근이라고 생각된다.

맥락적 상대주의 관점에 입각한 수학화의 경험은, 앎의 과정에서 수학적 지식이 구조적이고 상황 의존적임을 깨닫는 과정이다. 불확실한 사회에서 합리적인 선택을 도모하고, 질 높은 지식의 적극적이고 창의적인 활용을 위해 Perry의 인식론적 신념 발달도식에 대한 지속적인 후속 연구가 필요하다.

참고문헌

김동엽. (2001). **문제중심 수업과 지시적 수업이 학습자의 인식론적 신념에 따라 수업의 유의미성 지각 및 학업성취에 미치는 효과**. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.

김선희. (2014). **디지털 매체를 활용한 포럼연극 수업설계 모형 개발**. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

김홍진. (2008). 대학생의 인지발달과 예술교육에 대한 연구-Perry의 이론을 중심으로, **기초조형학연구, 9**(2), 265-272.

류희찬 외. (2012). **중학교 수학 1**, 서울: 천재교육

우정호, 최병철(2007). 음수 개념의 이해에 대한 교수학적 분석, **수학교육학연구, 17**(1), 1-31.

유윤재(2007). **중등수학교재연구**, 서울: 경문사.

이민형. (2016). **가치 논제 토론 수업을 위한 설계 기반 연구**. 서울대학교 대학원 박사학위논문.

이상수, 강정찬, & 황주연. (2006). 효과적인 비계설정을 위한 수업설계모형. **교육정보미디어연구, 12**(3), 149-175.

장선영, & 이명규. (2012). 웹기반 프로젝트중심 학습 환경에서 과제해결능력을 촉진시키는 스캐폴딩 설계모형 개발 연구. **교육공학연구, 28**(2), 371-408.

Alvermann, Gaoyin Qian, & Donna E. (2000). Relationship between epistemological beliefs and conceptual change learning, *Reading & Writing Quarterly, 16*(1), 59-74.

Berk, L. E., & Winsler, A. (1995). *Scaffolding Children's Learning: Vygotsky and Early Childhood Education*. NAEYC Research into Practice Series. Volume 7. National Association for the Education of Young Children, 1509 16th Street, NW, Washington, DC 20036-1426 (NAEYC catalog# 146).

Buehl, M. M. (2003). *At the crossroads of epistemology and motivation: Modeling the relations between students' domain-specific epistemological beliefs, achievement motivation, and task performance.*

Copes, L. (1982). The Perry development scheme: A metaphor for learning and teaching mathematics, *For the Learning of Mathematics 3*(1), 38-44.

Ernest, P. (1985). The philosophy of mathematics and mathematics education, *Mathematics Education Science Technology, 16*(5), 603-612.

Finster, D. C. (1991). Developmental instruction: Part II. Application of the Perry model to general chemistry, *J. Chem. Educ, 68*(9), 752.

Frank, M. L. (1988). Problem solving and mathematical beliefs, *Arithmetic Teacher, 35*, 32-34.

Gallagher, S. A. (1998). The road to critical thinking: The Perry scheme and meaningful differentiation. *NASSP Bulletin, 82*(595), 12-20.

Garofalo, J. (1989). Beliefs and their influence on mathematical performance, *Mathematics Teacher, 82*, 502-505.

Gelfand, I. M., Shen, A.(1995). *Algebra*, Birkhauser Boston (1995, Second Printing): Cambridge, Mass.

Hallett, D., Chandler, M. J., & Krettenauer, T. (2002). Disentangling the course of epistemic development: Parsing knowledge by epistemic content. *New Ideas in Psychology, 20*(2), 285-307.

Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning, *Review of Educational Research, 67*, 88-140.

Hofer, B. K. (2001). Personal epistemology research: Implications for learning and teaching, *Educational Psychology Review, 13*(4), 353-383.

Kardash, C. M., & Howell, K. L. (2000). Effects of epistemological beliefs and topic-specific beliefs on undergraduates' cognitive and strategic processing of dual-positional text, *Journal of Educational Psychology, 92*(3), 524.

King, P. M. (1977). The development of reflective judgment and formal operational thinking in adolescents and young adults, *Dissertation Abstracts International, 38*, 7233A.

Kloss, R. J. (1994). A nudge is best: Helping students through the Perry scheme of intellectual development. *College Teaching, 42*(4), 151-158.

Muis, K. R. (2004). Personal epistemology and mathematics: A critical review and synthesis of research, *Review of educational research, 74*(3), 317-377.

Myers, S. A. (2010). Using the Perry Scheme to

explore college student classroom participation, *Communication Research Reports, 27*(2), 123-130.
Nieveen, N. (1999). Prototyping to reach product quality. *Design approaches and tools in education and training*, pp. 125-135.
Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of educational research, 62*(3), 307-332.
Perry, W. G., Jr. (1968). *Patterns of development in thought and values of students in a liberal arts college: A validation of a scheme*. Cambridge, MA: Bureau of Study Counsel, Harvard University. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 024315)
Perry, W. G., Jr. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: A scheme*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
Perry, W. G. (1985). Different worlds in the same classroom: Students' evolution in their vision of knowledge and their expectations of teachers, *On teaching and learning, 1*(1), 1-17.
Perry, W., & Chickering, A. (1997). Cognitive and ethical growth: The making of meaning. *College student development and academic life, 4*, 48-116.
Piaget, J. (1980). *Experiments in contradiction*. University of Chicago Press.
Plomp, T., & Nieveen, N. (2007, November). *An introduction to educational design research*. In Proceedings of the Seminar Conducted at the East China Normal University [Z]. Shanghai: SLO-Netherlands Institute for Curriculum Development.
Reinking, D., & Bradley, B. A. (2008). *On formative and design experiments: Approaches to language and literacy research (Vol. 3)*. Teachers College Pr.
Richey, R. C., & Klein, J. D. (2012). **교육공학연구를 위한 설계·개발 연구**. (정현미, 김광수 역). 서울: 학지사. (원저 2007년 출판)
Roberts, D. R., & Langer, J. A. (1991). *Supporting the process of literary understanding: Analysis of a classroom discussion*. Center for the Learning and Teaching of Literature, University at Albany, State University of New York.
Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*, Orlando, FL: Academic Press.
Schoenfeld, A. H. (1988). When good teaching leads to bad results: The disasters of 'well-taught' mathematics courses, *Educational psychologist 23*(2), 145-166.
Schoenfeld, A. H. (1989). Explorations of students' mathematical beliefs and behavior, *Journal for research in mathematics education*, 338-355.
Schommer, M. (1990). Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension, *Journal of Educational Psychology, 82*, 498-504.
Schommer, M. (1994). An emerging conceptualization of epistemological beliefs and their role in learning. In R. Garner & P. A. Alexander (Eds.), *Beliefs about text and instruction with text* (25-40). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
Schommer, M. (1998). The influence of age and education on epistemological beliefs, *British Journal of Educational Psychology, 68*(4), 551-562.
Schommer-Aikins, M. (2004). Explaining the epistemological belief system: Introducing the embedded systemic model and coordinated research approach, *Educational psychologist, 39*(1), 19-29.
Stodolsky, S. S. (1985). Telling math: Origins of

math aversion and anxiety, *Educational Psychologist, 20*, 125-133.

Thoma, G. A. (1993). The Perry framework and tactics for teaching critical thinking in economics, *The Journal of Economic Education, 24*(2), 128-136.

Thomas, J. A. (2008). Reviving Perry: An analysis of epistemological change by gender and ethnicity among gifted high school students, *Gifted Child Quarterly, 52*(1), 87-98.

Van den Akker, J., Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.). (2006). *Educational design research*. Routledge.

Vygotsky, L. S. (2009). 마인드 인 소사이어티. (정회욱 역), 서울: 학이시습. (원저 1978년 출판).

Wadsworth, B. J. (1996). *Piaget's theory of cognitive and affective development: Foundations of constructivism*. Longman Publishing.

Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry, 17*(2), 89-100.

White, O. L. (2007). *An investigation into the utilization of a constructivist teaching strategy to improve preservice elementary teachers geological content knowledge: Is there a relationship between intellectual level and content understanding?*. ProQuest.

A Study on the Application of Perry's Epistemological Development Scheme in Mathematics Education

Yi, Gyuhee (Graduate School, Seoul National University)
Lee, Jihyun (Incheon National University)
Choi, Younggi (Seoul National University)

The traditional teaching-learning in mathematics, which pursue only one correct answer, should be reexamined to cope with an age of uncertainty. In this research, Perry's epistemological development scheme was noticed as a theoretical approach to diagnose problems of dualistic mathematics lessons and to search solutions of the problems. And Design-Based Research method was adopted, We developed the epistemological development scheme through considering Perry's theory and related studies, scaffoldings and teaching-learning to enhance students' epistemological positions in mathematics. Based on these discussions we designed teaching experiment about operations with negative numbers, and analyzed its didactic implications.

* Key Words : Perry's epistemological scheme(Perry의 인식론적 신념 발달도식), dualism(이원론), Design-Based Research(설계 기반 연구), teaching-learning in mathematics(수학 교수학습)

논문접수 : 2016. 10. 9
논문수정 : 2016. 11. 12
심사완료 : 2016. 11. 12

<부록 1> 설계한 수업의 스캐폴딩과 학생의 반응

수업의 흐름	교사의 스캐폴딩	학생의 반응
도입	- 인지적 비평형을 야기하는 질문: “$(-3)\times(-5)$의 값이 -15가 아닌 15이어야 하는 이유는 무엇일까요?”로 학생들에게 인지적 비평형을 야기하고자 하였다.	- 학생들은 $(-3)\times(-5)$의 결과가 음수가 아닌 양수이어야 하는 이유에 대해 고민함.
전개	- 학생들 각자가 $(-1)\times(-1)=1$을 설명할 수 있는 일상적 모델을 제기하고 논의해보도록 한다. - $(-1)\times(-1)=1$이라는 지식의 ‘정당화’에 대한 필요성을 제기하고, 동료 학생들이 고안한 음수 연산규칙을 설명하는 다양한 모델에 대한 동의 혹은 반박의 근거를 설명하도록 한다. - 여러 의견 중에서 합리적인 선택을 하도록 안내하고, 이러한 과정에서 필요한 가정을 탐색하여 가정의 중요성을 인식하도록 한다.	- 학생 B: 수직선 모델과 빚 은유를 이용하여 음수끼리의 곱셈을 제외한 다른 음수의 연산규칙들을 설명함. - B의 의견을 공유하고 비판하는 과정에서, $(-3)\times5$의 연산을 정당화하기 위해 음수의 정의는 무엇인가라는 질문이 제기되었고, $3\times(-5)$가 $(-5)\times3$과 같음을 주장하기 위해 곱셈의 교환법칙의 성립에 대한 논의가 있었음. - 학생 C: -3을 ‘3이 아닌 것’으로 정의한 후, 음수의 연산규칙을 설명하였다. C학생이 제기한 음수 정의와 음수끼리의 곱셈에 대한 정당화에 대한 교실 토론이 이루어짐. - 음수의 연산규칙을 설명하는 모델로 모든 학생이 동의한 모델은 없었으며, 학생들은 음수의 연산규칙을 설명하는 일상적인 모델이 존재하지 않을 수도 있음을 인식함.
정리	- 학생들이 음수의 연산규칙에 대한 정당화 과정을 경험할 수 있도록 하여 수학에서 가정과 정당화의 중요성에 대해 인지할 수 있도록 한다.	- 사후 설문에서, Perry Scheme 인식론적 신념에 대한 사전 검사결과 이원론에 위치했던 3명의 학생 중 1명은 이유에 대한 중요성을, 2명은 수학 지식의 복잡성을 인식하였음. - 다수주의에 위치했던 8명의 학생 중 3명은 가정의 중요성을, 또 다른 3명은 수학 지식의 복잡성을, 나머지 2명은 이유의 중요성을 인식함. 특히 이 중 D학생은 가정의 중요성과 함께 음수끼리의 곱셈을 정당화하기 위해 음수의 정의와 분배법칙이라는 가정이 필요함을 인식함. - 맥락적 상대주의에 위치했던 2명의 학생 중 1명은 가정에 따른 선택의 다양성을, 나머지 1명은 음수의 연산규칙을 설명하기 위한 실생활 모델이 존재하지 않음을 인식하였음.

<부록 2> 설계한 수업의 학생 활동지

2015년 월 일	오늘의 수학	2학년 반 번
단원 차시	**음수 × 음수**	이름:

오늘의 목표:

음수 × 음수= ?

여러분들은 아마도 3+5=8 이라는 것은 쉽게 정당화할 수 있을 것입니다.
그런데 (-3)+(-5), 3+(-5)의 값은 어떻게 정당화할 수 있을까요?

	정당화
3 + 5=	
(-3)+ 5=	
3+ (-5)=	
(-3)+ (-5)=	

5×3의 결과 역시 정당화하는 것은 어렵지 않습니다.
그런데 0×5나 (-3)×5의 값은 어떻게 정당화할 수 있을까요?

이제 (-3)×(-5)의 값을 생각해봅시다. 이 값은 -15 일까요? 아니면 15 일까요?
-15나 15 모두 그럴듯한 근거를 생각할 수 있습니다.
만약 여러분의 동생이 (-3)×(-5)의 값이 왜 그렇게 되는지를 질문한다면, 여러분은 어떻게 설명하겠습니까?

	정당화
3 × 5=	
(-3)× 5=	
3× (-5)=	
(-3)× (-5)=	

다른 여러 가지 설명들을 생각해봅시다.

(-3)× (-5)= 15 혹은 (-3)× (-5)=-15임을 증명할 수 있을까요?
이를 증명하려면 어떠한 가정들이 필요할까요?