

수학교육연구의 이론과 현장의 실제사이의 간격 개선을 위한 방향탐색: Cobb 연구를 중심으로

이 창 연* · 주 흥 연** · 고 상 숙***

본 연구는 수학교육의 국외연구에서 지난 삼십 년간 활발히 인용되고 있는 P. Cobb의 연구를 주목하여 살펴봄으로써 그가 이루어낸 연구의 성과와 영향을 알아보는 것이다. 특히, 본 논문에서는 이론과 실제의 간격을 줄이고자 시도되었던 그의 이론적 관점과 연구 방법을 심도 있게 고찰하였고, 그가 끼친 국내 수학교육연구의 영향을 자세히 살펴보았다. Cobb은 급진적 구성주의와 사회적 구성주의의 확장 및 통합을 시도하였는데, 발현이론과 상징적 상호작용을 연구의 이론적 배경에 포함하였다. 또한 사회적 규범, 사회수학적 규범, 교실 수학적 실행의 해석적 틀을 바탕으로 개인과 사회적 관점에서의 수학교육을 분석하면서 학습 기회와 정체성을 언급하였다. Cobb은 설계실험을 활용하여 실용적인 이론 개발에 크게 기여하였으며, 그의 연구 방법을 기반으로 하여 설계실험의 정의와 특징, 원리, 과정, 실재를 제시하였다. 하지만 국내 수학교육연구에는 Cobb의 이론과 연구방법이 끼친 영향이 그리 크지 않음을 인지하면서 앞으로 현장에 실제와 이론이 잘 통합될 수 있는 방안으로 활발히 활용되길 기대한다.

1. 서론

1. 연구 필요성 및 목적

20세기 이후 다양한 교수학습법과 이론이 활발히 연구되어오면서 수학교육의 양적, 질적 향상 또한 빠르게 이루어졌다. 수학교육의 이론과 연구방법의 발전을 기반으로 이뤄낸 다양한 연구 성과들은 오늘날 수학교육 현장에 적용가능하도록 시도되고 있으며, 학교 수학의 변화와 개혁을 끊임없이 요구하고 있다. 그러나 수학교육의 연구를 통해 개발된 이론들은 실제 교실 상황에서 발생하는 학습과정과 방법에 큰 차이가

존재하고 있어서, 이런 연구를 통해 얻게 된 결과물들이 현장에 적용되지 못하는 문제점과 한계를 자주 보여준다(Brown, 1992; Collins, 1992). 따라서 수학교육의 연구들은 이론의 발전과 동시에 학교 현장의 적용가능성을 보장할 수 있어야 그 의미가 크다고 할 것이다. 이런 수학교육 연구의 문제점은 타당성과 실용성을 확보하기 위한 과학적 연구방법의 부재와 연결될 수 있으며, 또한 현장을 바라보는 이론적 관점의 전환이 절실히 필요하다고 볼 수 있다.

Paul Cobb은 이런 문제점을 인식하고 지난 30년간 수학교육의 이론과 연구방법의 발전에 크게 기여해왔으며, 특히 이론과 실제 간의 격차를 줄이기 위한 방안을 모색하고 있어 그 연구를

* 단국대학교 대학원, chang_t@naver.com (제1 저자)

** 단국대학교 대학원, almighty@hanmail.net

*** 단국대학교, sangch@dankook.ac.kr (교신저자)

면밀히 살펴볼 필요가 있다. 수학교육에서의 그의 연구 성과는 크게 이론과 연구방법으로 나누어 볼 수 있다. 먼저 이론 면에 있어서는 수와 통계 학습에 대한 이해, 사회문화적 관점에서의 학습의 상호작용, 학생들의 학습 참여를 바라보는 관점으로서의 학습 기회(Equity)와 정체성(Identity), 교육전문가와 학교행정조직에 협력을 통한 교사 교육에 관하여 다양한 이론과 해석적 틀을 개발하고 설명해왔다. 연구방법 면에서는 그간 교육학과 교육공학 영역에서 시작하여 교과교육 영역에서도 사용되기 시작한 설계실험(Design Experiment)을 적극적으로 활용하여 그의 가능성을 제시하고 있다.

현재, 국외에서는 Cobb의 연구를 기반으로 하여 설계실험을 활용한 현장 중심의 다양한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 국내에서는 그가 제시했던 이론의 극히 일부분을 적용한 연구가 이루어졌을 뿐, 그가 보여준 다양하고 광범위한 이론과 개념이 적용된 연구들을 찾아보기 힘들다. 또한 그가 강조했던 연구방법을 깊이 있게 연구하였거나 이를 활용하여 연구된 논문은 거의 없어 보인다.

따라서 본 연구의 목적은 수년간의 Cobb의 연구를 살펴봄으로써 그가 이루어낸 수학교육에서의 성과와 수학교육에 끼친 영향을 파악해보고자 하는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 이론과 실제의 간격을 줄이고자 시도되었던 그의 이론적 관점과 연구 방법을 고찰하여 그가 끼친 국내 수학교육 연구의 영향을 살펴봄으로써 미래 수학교육의 연구와 현장교육의 개선에 필요한 방향을 찾고자 하였다.

II. 본 론

1. Cobb 연구의 이론

가. Cobb 연구의 교육심리학적 배경

Cobb은 영국에서 중등 수학교사로 2년간 근무하다가 1978년에 조지아대학에서 학위과정을 시작하면서 급진적 구성주의(Radical Constructivism)에 관심을 가지게 되었다(Yackel, Gravemeijer, & Sfard, 2011). 급진적 구성주의는 “어떻게 지식이 획득되는가?”에 관하여 인식론적 측면에서 주장된 이론으로 같은 대학의 교육학과 교수였던 von Glasersfeld를 중심으로 제시되었으며, 특이한 인간의 지식 구성을 Piaget의 지식에 대한 인식론적 가정에 의해 동화와 조절의 과정으로 설명하고 있다(von Glasersfeld, 1991). 특히, Cobb은 “The Constructivist Researcher as Teacher and Model Builder”(Cobb, & Steffe, 2011)에서 급진적 구성주의 틀 안에서 학생들의 지식 형성을 바라보면서도 이를 깊이 있게 관찰하기 위해서는 교사와 학생 간 상호작용에 초점을 맞추어야 한다고 강조하고 있다. 학생 개인의 지식 형성이 교사와의 상호작용에 상당히 영향을 받기 때문에 이에 대한 모델¹⁾을 연구하기 위해서는 연구자가 교사이면서 모델 설계자의 역할을 모두 수행하는 교수 실험이어야 한다고 하였다.

이러한 Cobb의 생각은 연구가 지속될수록 학생들의 지식형성이 주변 환경에 영향을 받는다는 사실을 더욱 확신하게 되었다. Cobb, Yackel, & Wood(1989)에서 Cobb은 특정한 문제해결상황에서 가지는 아이들의 정서적 행동에 큰 의미가 있다는 것을 발견하였는데, 이런 정서적 행동이 개인의 신념에 의한 것이면서도 교실 내의 사회적 규범의 영향 때문이라고 언급하였다. 즉, 교실 사회 규범과 학생들의 신념은 서로 영향을

1) ‘모델’은 ‘이론’이라는 말 대신 사용된 것으로 von Glasersfeld는 한 가지 가능한 설명 방법이란 의미로 자주 사용하였다(박만구, 2002).

주면서 재협상과 재조직 과정을 거치게 되며, 이것은 학생들의 학습 기회에 영향을 미치면서 학생들의 지식형성에 깊이 관여하게 된다(McClain & Cobb, 2001).

결국 시간이 지날수록 이러한 학급에서의 사회적인 구조가 학생들의 수학적 지식형성에 미치는 영향이 크다는 사실을 알 수 있다. 이는 Cobb의 이론적 관점이 급진적 구성주의에서 사회적 구성주의적으로 확장과 통합을 시도할 수밖에 없는 계기를 마련해 주었다(Cobb, Wood, & Yackel, 1993). 사회적 구성주의는 기존의 급진적 구성주의가 사회적 상호작용을 깊게 고려하지 않았던 것과는 반대로 이를 중요하게 강조하고 있으며 Vygotsky의 관점과 사회문화주의를 수용하면서 만들어진 관점이다(Ernest, 1994). Cobb (1994)은 Vygotsky 학파의 관점이 지식의 사회적 구성과 연관이 있으며, 더 넓은 교실과 문화에 참여함으로써 학생 개인의 학습에 도움이 된다고 주장했다. 즉, 교실에서 공유되는 수학적 지식과 의미는 교실이라는 공동체에서 상호작용 없이는 구성될 수 없다. 이러한 상호작용이 교실에서의 규범이 된다.

Cobb은 사회적 구성주의 관점으로 학급을 바라보면서 사회적 규범, 사회수학적 규범, 교실수학적 실행으로 정의하고 학급을 사회단위로 구분하였다. 사회적 관점으로는 수학이라는 학문의 본질에 관하여 근접하기 어려우며, 구성주의적 관점은 학습에서 일어나는 사회적인 특징을 이해할 수 없기 때문에, Cobb과 동료들은 이러한 사회적 상호작용 속에 사용된 담화에서 수학적 본질에 관한 분석과 사회적 분석이 함께 일어나야 한다고 말하고 있다(방정숙, 2001b).

Cobb은 개인과 교실내의 상호작용을 설명하기 위해서 발현이론(Emergent Theory)을 활용하였다. 발현이론에서는 개인적인 양상과 집단 간의 관계를 설명하기 위해서 반영성(Reflexivity)의 개념

을 활용한다(von Glaserfeld, 1992). 특히, Cobb (1999)의 발현이론은 심리학적 구성주의의 관점과 상호작용적 관점을 통합한 것으로 볼 수 있으며, 이 둘의 관점은 반영적 관계를 통해 매우 강력하게 연결되어 있다고 볼 수 있다.

더불어 Cobb과 그의 동료들은 학생들의 수학교실활동을 관찰하면서 학습이 일어나는 과정을 상징적 상호작용으로 설명하려고 시도했다. 상징적 상호작용론(Symbolic Interactionism)에서는 상정을 통해 학생들이 수학적 의미를 형성하고, 수정하고, 상호작용한다고 여긴다(Blumer, 1969). 이는 인간의 사회적 행동을 설명해주는 것으로 개인이 그들의 사회적 환경과 상호작용함으로써 세상에 대한 의미를 얻고 가치관을 형성하게 나가는 것을 강조한다. 즉, Cobb은 수학교학을 학생들이 상정을 이해하고 이를 통해 수학적으로 추론하면서 다른 학생 또는 교사들과 상호작용을 통해 자신의 사고와 행동을 수정·공유해나가는 과정으로 설명하고 있다(Cobb, 1999; Cobb & Bauersfeld, 1995; Cobb, Yackel, & Wood, 1989; Cobb & Yackel, 1996; Yackel, & Cobb, 1996).

나. Cobb 연구의 교수·학습에 관한 해석적 틀(Interpretative Framework)

Cobb과 그의 동료들은 교실사회에서 학생들의 지식형성 과정을 분석하기 위해 기존에 없던 새로운 용어를 정립해야만 했다. Cobb은 학생들이 속한 교실이라는 공간에 대하여 구성주의적 관점에서의 심리적인 요소와 사회문화적 관점에서의 사회적인 요소로 나누어 연구를 시작하였다(Yackel, & Cobb, 1996). 이런 관점에서의 연구는 두 관점의 통합적인 이해를 필요로 하였고, 이를 위하여 <표 II-1>과 같이 개인과 사회적 관점의 수학교육활동의 분석을 위한 해석적 틀을 제시하였다.

<표 II-1> 개인과 사회적 관점의 수학적 학습 활동을 분석하기 위한 해석적 틀
(Cobb, Stephan, McClain, & Gravemeijer, 2011)

사회적 관점	심리적 관점
사회적 규범(Social Norms)	자기 자신, 여러 다른 사람들의 역할, 학교수학 활동의 일반적인 본질에 관한 신념
사회수학적 규범 (Sociomathematical Norms)	수학적 신념과 가치
교실 수학적 실행 (Classroom Mathematical Practices)	수학적 개념과 활동

Cobb와 Yackel(1996)은 전통적인 학교수학교실과 대조되는 탐구 수학을 이용하여 학급에서 일어나는 학습을 분석하였는데, 이 분석에서 사용된 이론적 배경이 사회적 규범과 사회수학적 규범이다. 여기서 규범이란, 교실의 상호작용에 의해서 구성된 가치의 기준을 말한다(Cobb, & Bauersfeld, 1995). 규범은 사회적 구성의 개념이자 하나의 사회에서 공유된 것으로 받아들여지는 이해와 해석을 의미한다(Yackel, 2001).

사회수학적 규범이란 사회적 규범 중 수학에 관련된 부분을 말한다. 학생들의 사고방식, 해답에 관한 발표와 이에 대한 토론은 교실에서의 사회적 규범이며, 이 중 어떤 것이 수학적으로 받아들여 질 수 있는지에 관한 이해가 사회수학적 규범이라 할 수 있다. 즉, 사회적 규범은 어느 교과와 어느 주제에서도 찾아보고 적용될 수 있으나, 사회수학적 규범은 수학적 활동을 하고 있는 학생들을 관찰할 때 나타나며, 수학적 토의나 설명 등을 하는 과정에서 관찰된다.

예를 들면, 교실에서 발표 중인 친구의 해법과 자신의 해법이 다를 때 발표에 관한 사회적 규범이 있다고 가정해보자. 그렇다면 자신의 해법과 친구의 해법이 다르다는 기준을 결정하는 것은 수학적 내용이 필요한 부분이다. 이러한 규범이 사회수학적 규범이 되는 것이다(Cobb, &

Yackel, 1996; Yackel, & Cobb, 1996). 따라서 사회수학적 규범은 수학이라는 교과와 관련하여 수학 수업시간에 교사와 학생이 구성해가는 문화를 해석하기 위한 틀이 된다. 뿐만 아니라, 사회수학적 규범을 형성하는 과정 자체가 수학 교실 문화의 나아갈 방향을 결정해주는 규범적인 성향도 가지고 있다(Cobb, & Bauersfeld, 1995).

교실 수학적 실행²⁾은 학생들의 발달을 위한 직접적인 상황을 만들어주는 것이라 할 수 있으며, 특정한 수학적 내용을 포함하는 것이다(방정숙, 2001b; Cobb, 1999). Cobb(2011)은 교실 수학적 실행을 학생 개개인 뿐 아니라, 교실 공동체의 수학적 발달의 이론적 틀로서 언급하였다. 이는 사회적 규범, 사회수학적 규범과 더불어 비교되었을 때 그 성격을 분명히 알 수 있다. 사회적 규범은 수학적인 활동에만 국한되지 않고 교실 내에서 동의되어진 수업 참여 구조의 일반적인 특징을 의미한다. 이에 비해, 사회수학적 규범은 수학적 활동에 한정되어 교사와 학생사이의 협상과정을 통해 수학적으로 받아들일 수 있는 설명 또는 정당화의 판단 기준이다(방정숙, 2004; Cobb, & Yackel, 1996). 그러나 사회수학적 규범은 수학적 실행과 비교할 때 수학적 활동과 토론(담화)을 위한 규범이므로 특정한 수학적 개념(아이디어)에 얽매이지 않는다(Cobb, 1999).

2) 방정숙(2004)은 'Classroom mathematical practices'를 '수학적 관행'이라고 번역하였다.

그에 반해 수학적 실행은 교실공동체에서 특정한 수학적 개념을 토론하는 과정에서 얻어지는 추론, 논의, 기호화의 방법에 관한 것이다. 즉, 사회수학적 규범이 수학적 활동에 초점을 둔 것이라면, 교실 수학적 실행은 수학적 개념(아이디어)에 초점을 둔다(Cobb, 1999).

이렇듯 사회적 규범, 사회수학적 규범, 교실 수학적 실행의 이론적 틀을 바탕으로 개인과 사회적 관점에서 수학교실을 분석해 볼 때 이 요소들은 학생들의 학습 기회(Equity)와 학생의 정체성(Identity)의 쟁점과 연관될 수 있다. 즉, 사회적 규범은 수업 참여와 관련된 의무(기대)로써 정의될 수 있고, 사회수학적 규범은 학생과 교사 간의 토론과정을 통해 협상되기 때문에 이 협상 과정에서 학생들의 학습 기회는 늘어나게 된다(Cobb, & Yackel, 1996). 여기서 학습 기회는 학교 안과 밖에서의 수학적 실행에 대한 학생들의 참여의 의미로 한정하기보다는 더 넓은 의미로 학생들의 흥미, 학습 동기, 학습을 계속하고자 하는 인내심을 포함한다(Yackel, Gravermeijer, & Sfard, 2011). 특히 이런 관점에서 Yackel과 Cobb (1996)은 학생들의 교실 활동의 참여가 증대되면 학생들의 지적 자율성이 발달되기 때문에 사회수학적 규범이 중요하다고 지적하였다. 따라서 학생들의 학습 기회를 증대시키고, 그들의 지적 자율성을 발달시키기 위해서는 교실문화를 형성하고 규범을 설정하는 교사의 역할이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

사회적 규범, 사회수학적 규범이 수학적 가치나

신념에 관한 개인의 이해, 더 나아가서는 수학적 성향과 서로 영향을 주고받는다라는 것을 여러 연구에서 언급해왔다(Cobb, Yackel, & Wood, 1989; Cobb, Wood, & Yackel, 1993; Cobb, & Yackel, 1996). 이 관점은 넓은 의미에서의 학습의 기회와도 관련성이 있으며, 학생의 정체성에도 그 의미가 이어진다. 특히, Cobb과 Hodge(2011)의 연구에서는 정체성에 대한 해석적 틀로서 규범적 정체성, 핵심적 정체성, 개인적 정체성을 제시하였다. <표 II-2>는 정체성에 관한 해석적 틀이다.

2. Cobb의 연구방법과 실제

가. 설계실험의 정의와 그 특징

수학교육에서 수행되어지는 기존 연구방법들은 여러 가지 한계점과 문제를 포함하고 있다. 특히, 대부분의 연구자들은 연구방법에 근거하여 잘 설계된(구조화 또는 반구조화된) 실험상황에서 결과물들을 분석하고 이 결과를 바탕으로 이론화하고 있지만, 이런 이론적 결과물들이 다시 현장에 적용할 때는 그 실효성을 보장받기가 어려운 것이 사실이다. 몇몇 학자들은 연구 결과의 타당성과 유용성을 확보하기 위한 분석방법으로 단순히 통계적 분석에 의한 양적검증이나 소수 학생들에 대한 질적사례 분석을 근거로 활용하고 있지만, 이런 과정들은 오히려 현장 적용의 실효성을 낮추고 있다(Brown, 1992; Collins, 1992). 따라서 이론에 기초한 이론 창출과 단순

<표 II-2> 정체성에 관한 해석적 틀

규범적 정체성(Normative Identity)	학생이 특정 교실의 수학적 구성원이 되기 위해서 개발해야만 하는 정체성(성향)으로 당면해 있는 교실의 사회적 맥락과 관련됨
핵심적 정체성(Core Identity)	내가 누구이고, 무엇이 되고 싶은가에 대한 학생들의 지속적이고 근본적인 감정과 관련됨
개인적 정체성(Personal Identity)	특정 수학 교실에서 학생들이 되고자 원하는 것과 관련됨

<표 II-3> 설계실험과 설계기반연구의 특징

Cobb et al.(2003)의 설계실험	Wang과 Hannafin(2005)의 설계기반연구
<ol style="list-style-type: none"> 1. 학습자 개인, 교실집단, 교육전문가집단, 학교행정조직체 내에서 학습 과정과 그 학습이 장려되기 위한 설계 방법에 대해 이론을 개발하는 것이다. 2. 방법론적으로 중재(intervention)의 특성이 강하다. 3. 잠재적인(prospective) 특징과 반영적인(reflective) 특징을 모두 내포한다. 4. 개발과 수정의 반복적 설계의 과정이다. 5. 설계실험을 통해 개발된 이론은 실용적이다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 현장 적용을 위한 설계 및 실행을 통해서 현재의 실제적 문제 해결을 목적으로 하고 있다(설계와 이론을 모두 개발함). 2. 양적연구, 질적연구 등 다양한 연구방법의 접근을 포함하는 통합적 성격을 가지고 있다. 3. 이론과 실제 교육상황 모두에 근거한 연구방법이다. 4. 상호작용적, 반복적인 성격을 가지고 있다. 5. 연구 장소에서 발생하는 것들을 모두 자세히 기록하면서 상황적인 성격이 강하고 적용성을 높일 수 있다.

연구방법에 의해서 산출된 연구 결과와 반대로, 현장을 중심으로 교사와 연구자가 참여한 심도 있는 연구방법을 통해 이론들이 산출되어질 수 있는 연구방법의 새로운 패러다임이 제안될 필요가 있다(Design-Based Research Collective, 2003).

이런 요구를 바탕으로 교육학 연구에서는 Brown(1992), Collins(1992)에 의해 ‘설계 실험(Design Experiment)’이 소개되어졌다. 특히 Brown(1992)은 많은 요소가 복잡하게 얽혀 있는 예상치 못한 변화를 지닌 교실환경에서 교수학습과 관련된 연구방법으로써 설계실험을 설명하였고, Collins(1992) 역시 이론에 대한 실용성 문제를 보완할 수 있는 체계적인 연구 방법으로써 설계연구를 제안하고 있다. 교육학 연구에서는 전형적으로 기술공학적 학습의 한 형태에 대한 연구로서 설계실험을 적용하고 있으며, 이런 학습을 장려하고 향상시킬 수 있는 잘 설계된(정의된) 교수 상황들은 연속적인 수정과 실험을 반복하면서 체계화된 이론을 발전시켜나간다(Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003). 설계실험을 근간으로 하여 설계연구³⁾(Design Research, Design Study), 개발연구

(Development Research)라는 용어들이 혼용되면서 여러 연구자들에 의해 다양한 분야의 교육학연구에서 연구방법으로써 활용되기 시작했다. 이후, Design-Based Research Collective(2003)에서는 설계실험 대신에 설계기반연구(Design-based Research)라는 용어를 선정하여 사용하고 있다.

Cobb은 수학교육학 연구에 연구방법으로써 설계실험을 도입하였고, 이후 수년 간 수학 교실에 관한 의미 있는 연구결과물을 도출해냈다. 그는 현장 교사(전문가)와 연구자가 협력적인 관계를 형성하는 가운데 현장의 실제적인 학습 상황을 중심으로 이를 개선하고 향상시키기 위해서 분석, 설계, 개발, 실행의 과정을 반복해나가면서 실용적인 이론을 창출하고자 노력하였다(Cobb et al., 2003; DBR collective, 2003). 특히, 수학교육에서 ‘설계’는 자신의 연구 결과를 적용하기 위해 실제 교육환경을 대상으로 구성하는 것이며, ‘실험’은 연구자가 설계한 학습 과정 또는 학습 방법을 실제 교육현장에 적용하고 수행하는 것으로 의미한다(정치봉, 2004). 다음 <표 II-3>은 Cobb et al.(2003)이 제시한 설계실험의 특징과 Wang과 Hannafin(2005)이 제시한 설계기반연구의

3) Cobb 역시 그의 연구에서 ‘설계연구(Design Research)’라는 용어를 사용하였다(Cobb, Stephan, McClain, & Gravemeijer, 2011).

특징을 나타낸 것이다.

<표 II-3>에서 Cobb et al.(2003)이 언급했던 설계실험의 특징들을 자세히 살펴보면, 첫 번째 특징과 관련하여 학습의 과정과 이런 학습을 장려하는 방법에 대해 더 구체적으로 기술하였다. Cobb et al.은 학습의 과정을 개인이 지식으로서 사고하는 것 이외에도 학습과 관련된 사회적 행위의 발달이나, 정체성과 흥미를 구성해나가는 것까지도 포함시키는 광범위한 것으로 간주하고 있다. 또한 학습을 장려하는 방법에 대해서는 학습 자료의 학습가능성(Affordances)과 제약성(Constraints), 교수학습의 행위, 교육정책의 수준, 여러 다른 규범(사회적 규범, 사회수학적 규범) 등을 포함시키고 있다(Cobb et al., 2003).

설계실험의 준비 (Environment Preparation)	- 해석적 틀을 기반으로 하여 예비 교수 설계를 정교화시킴
↓	
설계실험의 수행 (Classroom Experiment)	- 교수 설계 또는 특정 영역(과제)에 대한 교수 이론을 실험해가면서 이를 발전시켜 나감 - 이론과 설계가 교실에서 어떻게 적용되는지를 이해하고 개발함
↓	
설계실험의 분석 (Retrospective Analysis)	- 특정 영역에 대한 교수 이론과 해석적 틀을 개발하기 위해서 모든 자료를 분석하고 연구함

[그림 II-1] 설계실험의 단계

두 번째 설계실험의 특징에 대해서는 설계연구가 이전 연구에 의존되면서 동시에 진행 중인 실험의 경험과 이론적 결과를 반영한다고 하였다(Cobb et al., 2003). 이런 특징은 대부분의 설계실험의 학습 환경과도 관련되어 있다. 다수의 설계실험의 연구가 기술공학적 학습 환경에서 이루어지고 있는데, 그 이유는 다른 연구에 비해

연구에 대한 조절(통제)이 쉽고, 그 정도를 가늠할 수 있기 때문이다.

세 번째 설계실험의 특징은 연구자의 가정에 의해 학습 과정이 설정되고 이 과정을 면밀히 조사하기 위해서 적절한 학습 방법이 설계되기 때문에 잠재적인 특성을 잘 보여주고 있고, 또한 실험 결과에 대한 다양한 분석을 통해 추측(가설)을 만들어내기 때문에 반영적 특성을 동시에 가지고 있다는 것이다(Cobb et al., 2003). 네 번째는 추측과 가설이 구성되고 반박이 되면, 새로운 추측과 가설이 개발되고 실험으로 이어지는 개발과 수정의 순환적(반복적) 특징을 설명한 것이다(Cobb et al., 2003). 끝으로 다섯 번째 특징은 설계실험을 통해 개발된 이론이 현장 적용에 있어 효과적임을 강조한 것으로 현장과 이론의 괴리를 극복할 수 있는 장점을 언급하고 있다(Brown, 1992).

나. 설계실험의 원리

수학교육연구에서 과학적 접근 방법에 따라 연구를 설계하고 수행하기 위해서는 설계실험의 특징을 바탕으로 한 원리가 필요할 것이다. 강정찬·이상수(2011)는 설계실험, 설계기반연구, 그리고 이와 유사한 연구에 대한 비교를 통해 설계실험에 대한 원리를 정리하여 제시하였다(Bannan-Ritland, 2003; Brown, 1992; Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004; Edelson, 2002; Wang, & Hannafin, 2005). 다음 <표 II-4>는 설계실험을 수행할 때 지켜야할 원리들을 나타낸다.

다. 설계실험의 과정

설계실험의 과정은 고정된 절차(또는 연구모형)가 있는 것이 아니라 연구 목적, 특정 교과 영역, 실제적인 교수 환경, 교수 방법 등에 따라

<표 II-4> 설계실험의 원리

1. 교사와 연구자의 상호작용을 통해서 설계실험이 이루어져야한다(Wang, & Hannafin, 2005).
2. 교수와 학습에 관한 이론적 통합에 기반을 두고 연구가 이루어져야 한다(Brown, 1992; Collins et al., 2004).
3. 교수와 학습과 관련된 실제적인 연구 과제를 설정해야 한다(Bannan-Ritland, 2003).
4. 실제적 연구과제 설정을 위한 문헌분석 및 요구조사를 실시해야 한다(Edelson, 2002).
5. 실제적인 연구 과제를 해결하기 위한 중재(intervention)를 설계해야 한다(Collins et al., 2004).
6. 중재를 개발, 실행, 평가하고 수정해야 한다(Bannan-Ritland, 2003).
7. 중재의 영향(효과)을 평가해야 한다(Bannan-Ritland, 2003).
8. 연구 결과는 이론과 실제적인 중재 과정 모두를 포함한다(Wang, & Hannafin, 2005).

상황적으로 설계, 실행, 분석, 수정을 거치면서 다양하게 전개될 수 있다. 특히 설계실험은 국소적 상황에 대한 중재를 통해 반복적인 설계와 개발 과정을 거쳐 이루어지는데, Gravemeijer & Cobb(2006)은 [그림 II-1]과 같이 일반적인 타당

성 연구 단계인 준비, 수행, 분석으로 나누어 설계실험의 특징을 설명하고자 하였다.

또한 설계실험에 대한 과정(또는 절차) 제시에서 더 나아가, 절차적 요소를 추출하는 것은 의미가 있어 보인다. <표 II-5>는 여러 연구자들이

<표 II-5> 설계실험의 절차적 요소

Mckenney (2001)	Reeves (2006)	Voigt & Swatman(2006)	Wang & Hannafin(2005)	강정찬 · 이상수(2011)	
요구 및 상황 분석 (문헌분석 및 개념 확인)	연구자와 교사와의 협력을 통한 연구문제 확인 및 분석	1차 순환 - 기존 연구 분석 - 설계원리 - 추측(가설) - 1차 설계 - 관찰 - 학습 - 효과와 부대효과	실제적인 연구주제 제시	문헌조사 (현장검토)	-요구분석 · 문헌고찰 -이론개발 -현장관찰 · 상황검토 -연구과제도출
	프로토타입 개발		현장 참여자와의 협력		
설계, 개발, 형성평가(프로토타입1, 프로토타입2, ...)	반복적 실험과 수행에 대한 해결방안을 위한 수정(정교화)	2차 순환 - 기존 연구 분석 (1차효과와 부대효과) - 설계원리 - 추측(가설) - 2차 설계 - 관찰 - 학습 - 2차 효과와 부대효과	교수와 학습의 이론적 통합 참고문헌 고찰	형성적 순환(1차)	-문헌조사 · 현장검토 -연구설계 -프로토타입 -1차 개발 -실행 -형성평가 -분석 -문제점과 개선점
	이론 개발, 현장 적용의 향상을 위한 해결방안을 위한 반성		교육적 모형 설계		
총괄 평가(최종평가, 질의)		형성적 순환 반복	모형개발 · 실행 · 평가	형성적 순환(2차)	-문헌조사 · 현장검토 -연구설계 -프로토타입 -2차 개발 -실행 -형성평가 -분석 -문제점과 개선점
			모형의 영향평가		
			보고서 작성		

제시한 설계실험의 절차적 요소를 나타낸 것이다(Mckenney, 2001; Reeves, 2006; Voigh, & Swatman, 2006; Wang, & Hannafin, 2005). 특히, 강정찬·이상수(2011)는 몇몇 연구자들의 설계실험을 토대로 한 연구 사례들을 바탕으로 설계실험의 절차적 요소를 추출하고자 하였다.

라. 설계실험의 실제

Cobb은 1983년 Purdue 대학 교수로 재직하여 있으면서 초등학교 2, 3학년의 교실을 대상으로 산술적 개념과 전략에 대한 발달과정을 초점으로 한 설계실험을 실시하기 시작했다. 이 설계실험은 10년 간 이어져 왔으며, 이 실험으로 인하여 사회적 규범, 사회수학적 규범이외에도 여러 가지 교수방법과 특정 교과 영역에 대한 교수학적 이론 등의 의미 있는 연구 결과들을 이끌어 냈다(Yackel, Gravemeijer, & Sfard, 2011). Cobb이 1992년에 Vanderbilt 대학으로 옮긴 후에도 초등학교 저학년 대상의 산술 학습에 대한 설계실험을 이어왔으며, 이후에는 중학교 통계 학습에 대한 설계실험을 수행해왔다. 그는 이런 실험들을

통해서 교실에서의 수학적 실행에 대한 개념을 구체화시켜 나아갔고, 통계에서의 설계실험을 통해서 어떻게 하면 학습 기회를 공평하게 나누어 줄 수 있는 교실을 만들 수 있는가를 연구하기도 하였다(Yackel et al., 2011). 2000년 이후에 Cobb은 교사들을 대상으로 설계실험을 수행하였는데 이 연구는 학교의 구조적 조건들이 교사들이 개발한 교수 활동의 유형을 어떻게 지지하고 제한하는지를 알고자 하는 것이다(Yackel et al., 2011).

Cobb의 수 년 간의 연구를 보면, 설계실험이 여러 유형과 범위에 따라 변화되면서 단계적으로 수행되어왔음을 알 수 있다. 이것은 Cobb 이수학교수학습의 근거로서 해석적 틀을 형성하는데 핵심적인 방법이다. 다음은 <표 II-6>은 설계실험의 유형 및 단계를 나타낸다(Cobb et al., 2003).

Hershkowitz et al.(2002)의 연구는 Cobb의 제자이자 동료인 여러 학자들에 의해 이루어진 것으로 위에서 제시한 설계실험의 특징, 유형 및 단계, 과정 등을 자세히 보여준다. 그들은 컴퓨터 기반 환경에 적합한 수학과 교육과정을 개발하

<표 II-6> 설계실험의 유형 및 단계

유형 및 단계	연구참여대상	특징
1 대 1 설계실험 (Cobb, & Steffe, 2011)	학생 / 교사(연구자)	소규모 학생들과의 학습과정에서 수행되는 설계실험으로 미시적으로 학생 개인의 심리적 측면에서의 이론 개발이 연구 목적이 됨
교실 설계실험 (Cobb, 2000; Gravemeijer, 1994)	다수의 교실의 학생 / 다수의 교사(또는 연구팀의 구성원)	학생 간의 상호작용, 교사의 역할 등의 사회적 문맥에서의 학생과 교사의 사회적 상황에 대한 이론 개발이 이루어짐
교사 설계실험 (Simon, 2000; Lehrer & Schauble, 2000)	다수의 예비교사	역량 있는 교사를 만들어 내기 위한 교사 교육에 도움을 줄 수 있음
	다수의 현장교사	현장교사들을 교육 전문가 집단으로 발달시키고자 이루어짐
학교와 행정조직 설계실험 (Confrey, Bell, & Carrejo, 2001)	다수의 교사, 학교 행정가, 교육전문가	학교와 사회 수준의 조직적 변화와 개혁의 관점의 실험 수행

기 위해서 설계실험을 실시하였는데, 아래 <표 II-7>은 그들의 연구의 단계별 특징을 나타내며 이들의 연구과정을 살펴보면 다음과 같다.

Hershkowitz et al.(2002)의 연구의 첫 번째 설계 전 고려사항 단계의 특징은 1) 교수요목과 교육과정, 규준의 차이점을 구분하고, 2) 참여자는 소수의 설계자들, 전문 교사들, 수학교육의 연구자들로 구성하고, 3) 다양한 컴퓨터 기반 도구를 분석하고 공학도구를 선정하기 위한 기준을 설립하고 근본적인 이론적 고려사항과 기준을 바탕으로 도구를 선정해서 4) 우리의 관습에서 벗어나서 ‘가상 설계’로 새로운 실험을 만드는 설계와 개발의 계획을 세우는 것이다.

두 번째 단계의 주요 목표는 계획과 설계 전 고려사항의 실현이다. 많은 대상과 고려사항을 반영해야하고 참여자들은 점차적으로 그것들을 이해할 수 있기 때문에 이 단계에서 설계된 활동은 연속적이라기보다는 하나로 구성되었다. 이 단계의 과정을 4 가지 특징으로 설명하였다.

- 1) 컴퓨터화된 도구를 적용하기 위한 접근방법

과 교수요목의 수학적 내용(기하, 함수, 통계) 사이의 충돌로 인해 발생한 딜레마를 해결하기 위해 접근방법을 다시 생각하고 유연한 관점을 갖게 되었다. 2) 기존의 참여자들의 역할은 확대되어 전문 교사들뿐만 아니라 개발자가 실험 수업을 분석하여 연구팀의 일부가 되었다. 참여자에 실험 학습의 학생들과 교사들이 추가되었고 교사와 학생은 새로운 접근방법과 활동을 평가하고 수정하며 참여자 공동체로 통합되었다.

3) 설계-연구-재설계의 순환을 통해 단일 활동을 개발하였다. 연구는 교육과정 개발 활동의 결정적인 구성요소였다. 첫 번째 연구의 유형은 두 명씩 짝을 이룬 학생들과 인터뷰를 했다. 두 번째 유형의 연구는 교실 실험으로 의도된 교육과정의 목표와 규준이 수행되는 방법을 관찰했다. 교실연구를 통해 학생들의 수학적 사고 과정을 탐구하고 이 때 통합자로서 교사의 역할을 제시하였다. 이상적인 활동을 개발하고 구조화하는 동시에 교실에서 실현 가능성을 시험하고 확인하였다. 교실 연구는 일 년 동안 중학교 3학년의 함수 수업에서 설계-연구-재설계의 순환적 방식

<표 II-7> Hershkowitz et al. (2002)의 설계실험의 단계별 특징

<p>단계 I: 설계 전 고려사항 (Pre-design Considerations)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 교수요목, 교육과정, 규준의 차이 - 교육과정 개발 활동의 참여자 - 도구, 이론, 연구 - 설계와 개발 계획
<p>단계 II: 단일 활동에 대한 초기 설계-연구-설계 (Initial Design-research Design of Isolated Activities)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 교수요목에서부터 교육과정까지 개발하는 과정에서의 딜레마 - 교육과정 개발 활동의 참여자 - 연구를 통한 단일 활동 개발의 변증법적 과정 <ul style="list-style-type: none"> · 인터뷰를 사용한 연구에서 설계-연구-설계 · 교실 실험한 연구에서 설계-연구-설계 - 수행을 위한 첫 번째 모델과 다른 모델 <ul style="list-style-type: none"> · 교사 설계 실험 · 학교와 행정조직 설계 실험
<p>단계 III: 확장 (Expansion)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 참여자 수의 확장 - 단일 활동에서 연속물로 확장 - 연구

으로 교실에서 이루어졌다. 교사는 연구팀의 구성원으로 함수 활동의 주요 개발자였다. 교사는 새로운 활동을 교실에서 하려고 시도하며 중학교 3학년 교수요목도 따르려 했다. 이를 위해 활동은 공식적인 교수요목과 통합된 부분으로 구성되었다. 새로운 활동을 관찰하면서 도구의 장점을 통해 학습 기회가 발전하고 문제를 푸는 과정에서 평등성을 보게 되었다. 관찰과 결론의 분석은 관찰된 활동을 개선시킬 뿐만 아니라 다른 활동을 계획하는데 기저가 되었다. 결국 교실 연구의 분석을 통해 경험해보지 않은 다른 영역의 활동을 어떻게 개발하는지 많은 아이디어를 얻을 수 있었다.

4) 충분히 많은 활동이 개발되었을 때, 여름방학 기간에 60시간의 코스로 첫 번째 모델을 조직하였다. 교사설계실험에서 다양한 학교 출신의 교사들이 실행하기 위해 교수하기 전에 그리고 교수하는 동안에 공학적 도구, 학습 환경과 학습 과정의 조직, 문제 상황과 구조, 교수 방법, 학습의 종류, 학생을 평가하는 방법에 관한 많은 지원을 집중적으로 제공하였고 이들 교사로부터 피드백을 제공받았다. 동시에 다른 모델도 사용했다. 이 모델은 학교와 행정조직 설계 실험으로 긴 기간에 걸쳐 중소도시의 모든 초등학교, 중학교에 수학을 교수학습 하는데 컴퓨터를 사용하는 더 큰 프로젝트의 일부로 사용되었다.

셋째 확장 단계에서 1) 더 넓은 수의 확장은 학생과 교사 둘 모두를 위한 민주화(Democratization)를 의미한다. 가지각색의 학생들에게 ‘의도된 교육과정(Intended Curriculum)’을 적용하는데 있다. 두 번째 단계보다는 연구팀이 교실에 더 적게 지원과 모니터링을 하고 교실로부터 피드백도 더 적게 받는다. 교실에서 교사는 프로젝트의 활동을 가끔 활용할 수도 있고 프로젝트의 전체 접근과 학습자료 세트를 채택할 수도 있어 적용의 정도는 다양하다. 2) 단일 활동

에서 연속물을 창조하는 확장 과정이다. 연속물은 두 번째 단계에서 개발된 단일 활동들을 결합하여 전체로 만드는 것이다. 3) 단일 활동이 재개발되고 전체 교육과정으로 통합될 때, 새로운 연구문제(확장된 기간에 걸친 개인의 지식 구성)를 중심으로 연구하게 되었다. 이를 연구 위해 어떤 연구자는 각 개인과 반 전체를 관찰하여 추측의 개념이 어떻게 구성되고 발전되는지 과정을 메모하고, 다른 연구원은 개인적 지식에서 공유된 지식으로의 진전에 집중하고, 마지막으로 일부 연구원은 지식 구성에 관한 교육과정의 효과에 집중하여 연구하였다.

따라서 이 연구과제의 각 활동의 단계에서 다양한 요소들이 학습을 장려하기 위해 고려되었다. 실제 개발과정과 교실안의 수행과정에서 연구팀은 상호작용을 통해 연구 요소를 바꾸게 되고 나아가 이것이 연구 문제가 되었다. 개발팀은 연구를 통해 컴퓨터 가상 학습 활동이 실제 학생과 교실을 위한 활동으로 재설계하였다. 반복된 설계와 연구는 서로에게 영향을 끼치는 변증법적 과정이었다.

3. Cobb의 연구가 국내에 미친 영향

Cobb의 이론과 연구방법이 국내에 소개되고 그의 영향을 받은 연구가 문헌으로 나온 것은 2000년 전·후로 보인다. 특히, 그는 2003년 한국수학교육학회가 주최하는 제 31회 전국수학교육연구대회에 초청되어 그의 이론과 연구 사례를 국내 여러 학자들에게 소개하기도 하였다. 당시 그는 수학적 흥미 관한 이론을 개발하기 위한 초기 과정으로 설계 이론을 적용한 통계 영역의 한 사례 분석 연구(Cobb, & Hodge, 2003)를 발표하였는데, 이는 연구방법에 관한 하나의 패러다임으로써 설계실험을 국내에 소개한 것과 동시에, 수학의 정의적 영역에 대한 이론적 틀과

연구방법의 방향성을 제시한 것이라 할 수 있다. 물론, Cobb이 국내에 초청되기 전부터 그의 연구에 대한 이론적 관점은 각광받아왔다. 특히, 학습에 대한 사회문화적 관점과 이와 관련된 개념으로써 사회적 규범, 사회수학적 규범, 수학적 실행을 이론적 배경으로 한 수학교실문화에 관한 연구들이 진행되었고, 간혹 학술지에 문헌으로 발표가 되기도 하였다(권미연, 전평국, 1999; 김남균, 2001; 방정숙, 2001a; 2001b; 2002a). 이런 연구들은 Cobb et al.(1989)이 언급했던 초등학교 교실에서 형성된 사회적 규범들이 학생들의 문제 해결 과정에서 정의적인 영역에 영향을 준다는 연구결과를 기반으로 하고 있다.

Cobb의 국내 초청 이후 지금까지 그가 제시했던 다양하고 광범위한 이론과 개념들 중에 극히 일부만이 국내 연구에 적용되어왔다. 특히, 국내에는 수학교실을 바라보는 이론적 근거(사회적 규범, 사회수학적 규범, 수학적 실행)들이 수학적 신념에 어떤 영향을 주는가를 살펴보는 연구로 극히 한정되어 있다. 다음은 Cobb이 국내 연구에 끼친 영향을 이론적 관점과 연구방법 관점으로 나누어 정리한 것이다.

가. Cobb의 이론적 관점을 반영한 국내 연구

Cobb과 Yackel(1996)은 수학 학습을 이해하는데 개인의 구성주의적 관점과 교실에서의 사회문화적 관점을 통합하여 적용할 필요성을 강조하였다. 또한 그들은 연구 과정에서 교실의 일반적인 사회적 규범과 학생의 수학적 신념 사이에 밀접한 관련성이 있음을 언급하였는데, 이로 인하여 여러 국내의 연구자들은 수학교실에서의 학습과정을 사회문화적 관점으로 살펴보기 시작했고, 수학적 신념 형성의 주요 요인으로써 사회적 규범, 사회수학적 규범, 수학적 실행을 통해 분석하는 연구가 진행되었다.

특히 권미연, 전평국(1999)은 초등학교 5, 6학년과 중학교 1, 2, 3학년을 대상으로 문제해결과정에서 수학적 신념에 대한 설문조사를 실시하고, 이를 통해 수학적 신념의 변화와 각 교실에서 나타난 사회적 규범들을 비교분석하는 연구를 실시하였다. 그들은 수학적 신념이 교실에서 형성된 사회수학적 규범과 일치하거나 결정하는 중요한 요인으로 제시하고 있다.

또한, 김남균(2001), 방정숙(2001b)은 수학교실문화에 대한 체계적인 접근방식을 통해 이를 분석하고자 하였는데, 이때 Cobb과 Yackel(1996)의 연구가 그들의 연구에 기반이 되었다고 언급하였다. 특히, 김남균(2001)은 수학교실문화를 수업과정, 사회적 규범, 사회수학적 규범으로 나누어 분석하고 있으며, 이에 대한 사례를 제시함으로써 이 개념을 명확히 제시하고 있다. 방정숙(2001b)의 연구는 더 많은 Cobb의 연구를 이론적 기반을 두고 있는 사회수학적 규범에 관한 문헌 연구라 할 수 있다. 그는 Cobb의 연구를 통해 사회수학적 규범에 대한 이론적 배경을 고찰하고, 이를 통해 이론적 기저(상징적 상호작용론, 민속방법론)와 실제적 기저(사회적 규범, 사회수학적 규범)를 나누어 제시함으로써 Cobb이 제시했던 다양한 개념을 면밀히 살펴보고 있다. 또한 그는 사회수학적 규범과 수학적 성향, 수학적 실행과 관련성을 논의하기도 하였다.

이후로, 방정숙(2002a, 2002b, 2004)은 Cobb의 연구를 바탕으로 한 질적 사례연구를 지속적으로 실시해왔다. 그는 연구를 통해 사회수학적 규범이 초등학교 수학교실문화에 주는 영향을 분석하였고, 몇몇 교사의 교실문화 사례를 통해 이를 개선하기 위한 교수법과 교사의 역할에 대해서 비교분석함으로써 올바른 교수학습에 대한 시사점을 제공하고자 하였다. 좀 더 최근에는 한경화·강순자·정인철(2005)과 강선미(2014)는 수학교실에서 나타나는 사회수학적 규범의 형성과

정을 분석하고 이것이 수학적 신념에 미치는 영향에 대해서 질적 사례분석을 실시하였다.

나. Cobb의 연구방법을 반영한 국내 연구

국내의 수학교육 연구에서 Cobb의 설계실험(설계연구)을 연구방법의 기초로 활용한 것을 찾아보기는 어렵다. 이것은 Cobb의 연구에서 활용되고 있는 설계실험 또는 설계연구가 이후 설계기반 연구(Design-based Research)로 명명되어 다양한 교육학자들에게 인정을 받고 공유되어 연구에 활발히 활용되고 있음에도 불구하고, 이 연구방법이 국내에 적용되지 못하는 것에는 몇 가지 이유가 있을 것으로 보인다. 특히 설계실험은 실제 교육상황의 복잡한 변수로 인하여 적용하기 어렵고, 실험통제가 쉽지 않으며, 양적·질적 연구방법에 의한 산출되는 방대한 데이터를 지속적으로 처리해야하는 어려움을 가지고 있다(Brown, 1992; Collins, 1992; DBR Collective, 2003). 따라서 국소적 분야의 단기간 연구가 대다수인 국내 연구 환경을 고려해 볼 때, 이런 이유로 인하여 쉽게 적용하기 어렵고, 아직까지 설계실험을 초점으로 한 국내 수학교육연구들은 연구방법에 대한 단순 고찰 수준에 머물르고 있다. 그 예로 정치봉(2004)은 설계실험에 대한 문헌연구를 통해 설계실험의 의미, 구성요소, 특징들을 제시하고, 설계실험의 근간이 되고 있는 Brown(1992)과 Collins(1992)의 연구를 포함한 설계실험의 대표적 사례들(Jasper Series, Anchored Instruction, BGuILE Project, Technological Scaffolds-Social Scaffolds 등)을 간단히 정리하여 언급하였다. 특히, 그는 설계실험이 수학교육 이론과 현장 적용의 간격을 줄여줌으로써 연구의 효용성과 유효성을 가질 수 있다는 것을 강조하면서 수학교육 연구에서 설계실험을 연구방법으로 활용할 것을 제안하는 수준에 머물렀다.

국내 수학교육연구에서는 설계실험 연구방법을 찾아보기 어렵지만, 교육공학의 연구에서는 ‘설계실험’, ‘설계연구’보다 ‘설계기반연구’로 명명되어 적극적으로 소개되고 활용되고 있다. 특히 국내에서는 선행연구(Barab, 2004; DBR Collective, 2003)가 바탕이 되어 교육 이론 연구, 학습 프로그램 개발, 실질적인 공학적 적용과의 관계에 관한 연구 등이 이루어졌고, 이에 대한 결과물로서 온라인 학습 환경에서의 학습 지원 도구 개발 연구(김민정, 2008, 2009; 선종삼, 김동석, 2010; 전은화, 류완영, 2009)와 수업(교수)설계 모형 개발 연구(강정찬, 이상수, 2009; 임철일, 최소영, 홍미영, 2010) 등이 있다. 본 연구에서는 수학교육에서의 P. Cobb의 설계실험의 영향을 받은 국내 연구를 살펴보는 것이므로 교육공학분야의 설계기반연구에 대해서는 이들 목록만을 포함하였다.

III. 결론

Cobb은 초기에 급진적 구성주의 관점으로 학생들의 수학적 지식 구성과정을 연구하다가 교사와 학생, 학생간의 상호작용이 지식형성에 중요한 역할을 한다는 것을 발견하고 사회적 구성주의적 관점을 받아들여 연구를 진행했다. 다시 말해서, 수학 학습은 개별적인 지식 구성의 과정일 뿐 아니라, 수학적 실행으로의 사회(교실) 문화화의 과정으로 본 것이다(방정숙, 2001b). Cobb은 학생들이 속한 교실이라는 공간을 사회적 관점과 심리적 관점으로 나누어 연구하였다. 또한 Cobb은 발현이론과 상징적 상호작용을 바탕으로 하여 학습이 일어나는 학급 안에서의 상호작용을 자신의 해석적 틀로 사용하고 이를 기초로 하여 이론을 수정하고, 수정된 이론을 다시 학급에 적용하여 해석하는 과정을 통해 이론적 발전을 도모해왔다.

그는 수학교육이론을 현장에 적용하고 분석하기 위해 교육학연구로 부터 이론에 대한 실용성 문제를 보완할 수 있는 연구방법인 설계실험을 도입하였다. 설계실험은 실제 교육상황의 복잡한 변수를 포함하여 학습 과정과 그 학습이 장려되기 위한 이론을 개발하는 것이다. 설계실험을 통해 개발된 이론은 실용적이며, 설계실험은 현실에 적용할 수 있는 중재(Intervention)의 특성이 강하다. 잠재적인(Prospective) 특징과 반영적인(Reflective) 특징을 모두 내포하고 있으며 개발과 수정의 반복적 설계의 과정이다. 데이터는 양적·질적 연구방법에 의한 지속적으로 산출되며 분석된다.

Cobb의 동료 및 제자들의 연구들에서 설계실험의 특징 및 유형 등을 볼 수 있었다. 처음에 두 학생과의 인터뷰를 바탕으로 설계-연구-재설계하였다. 다음 교실 실험으로 재설계된 활동이 수행되는 방법을 관찰했다. 개발된 활동의 교실에서 실현 가능성을 시험하고 확인하였다. 이 때 교사는 연구팀의 구성원으로 활동의 주요 개발자로서 역할을 분담하였다. 관찰과 결론의 분석은 관찰된 활동을 개선시킬 뿐만 아니라 다른 활동을 계획하는데 기여가 되었다. 많은 활동이 개발되었을 때, 교사설계실험으로 다양한 학교 출신의 교사들이 실행할 수 있도록 교사교육을 하였고 이들 교사로부터 피드백을 제공받았다. 이처럼 현장실험을 통해 수집된 실제 데이터에 근거하여 좀 더 보완된 활동들의 구성과 수학 교사들의 참여가 수학교육연구의 이론과 현장교실의 수학적 실제 사이의 간격을 좁히는데 기여했음을 쉽게 알 수 있다.

또한 그의 연구들은 학교와 행정조직 설계 실험으로 긴 기간에 걸쳐 중소도시의 모든 초등학교, 중학교에서 연구가 진행되었다. 교육에 관한 국외의 많은 연구들은 이처럼 장기간을 소요하며 그 의미를 도출하는 것에 비해 우리나라에서

는 정책연구를 포함한 대부분의 연구들이 1년 이내 단기간에 이루어지는 연구가 많다. 여기엔 비용문제 등 여러 요인이 있겠지만 이제 경제적 위상에 맞게 우리나라도 연구방법을 중심으로 선진국형 연구 분위기로 변화되어야 한다.

결론적으로 국외 수학교육에서는 Cobb과 동료들 그리고 그의 제자들이 중심이 되어 연구자가 설계한 학습과정 및 방법을 교육 현장에서 수행하고 분석하고 재설계하는 설계실험 기반의 연구를 통해 의미 있는 결과물을 산출하였다. 하지만 국내에서는 설계기반연구의 유용성에도 불구하고 교육공학, 과학교육, 컴퓨터교육 분야에서 설계실험기반의 연구가 소개만 되고 있을 뿐, 아직까지 수학교육연구에서 Cobb의 연구방법으로서 특정 과제에 대한 설계실험(또는 설계연구)을 적용한 연구를 찾아볼 수 없었다. 따라서 본 연구의 Cobb의 연구에 대한 깊이 있는 고찰을 통해 다양한 수학교육의 연구 분야에서 설계실험의 연구방법이 활발히 활용되어서, 이를 통해 현장의 수학적 실재를 기반으로 한 실용적인 이론 개발이 앞으로 꾸준히 이루어지길 기대한다.

참고문헌

- 강선미(2014). **초등학교 수학교실에서 나타나는 사회수학적 규범의 형성과 교사의 수학적 신념 연구**. 이화여자대학교 대학원 박사학위 논문.
- 강정찬·이상수(2011). 수업 개선을 위한 현장연구방법으로서 설계기반연구(DBR). **교육방법 연구**, 23(2), 323-354.
- 권미연·전평국(1999). 초·중학생들의 수학적 신념 형성의 요인 분석-수학 교실의 사회적 규범을 중심으로-. **수학교육 논문집**, 8, 189-207.
- 김남균(2001). 수학 교실 문화에 관한 소고. **초등 수학교육**, 5(2), 163-172.

- 김민정(2008). 웹 기반 형성적 동료평가 시스템 개발을 위한 설계기반연구. **교육정보미디어 연구**, 14(3), 85-114.
- 김민정(2009). 위키 협력학습 지원 스크립트 개발을 위한 설계기반연구. **교육정보미디어연구**, 15(4), 45-75.
- 박만구(2002). 급진적 구성주의에 대해 자주 제기되는 문제. **수학교육학연구**, 12(2), 193-211.
- 방정숙(2001a). 교실문화 비교를 통한 수학교육 개혁에 관한 소고. **수학교육학연구**, 11(1), 11-35.
- 방정숙(2001b). 사회적수학적 규범과 수학교실문화. **수학교육학연구**, 11(2), 273-289.
- 방정숙(2002a). 미국 초등학교 교사의 학생중심 수학교실문화 형성사례 및 교수법 개발에 관한 소고. **학교수학**, 4(3), 415-433.
- 방정숙(2002b). 사례분석을 통한 학생의 수학학습 및 수행에 관한 연구. **학교수학**, 4(1), 79-95.
- 방정숙(2004). 초등수학교실문화의 개선: 사회적 학적 규범과 수학적 관행. **수학교육학연구**, 14(3), 238-304.
- 선종삼·김동석(2010). 위키기반 CSCL에서 그라운드 지원도구의 설계기반연구. **교육공학연구**, 26(2), 149-186.
- 임철일·최소영·홍미영(2010). 초등학교 초임 교사를 위한 교수 체제 설계 모형의 개발 연구. **교육공학연구**, 26(4), 121-147.
- 전은화·류원영(2009). e-포트폴리오 학습 환경에서 활동인식 지원도구의 설계기반연구. **교육정보미디어연구**, 15(1), 187-214.
- 정치봉(2004). 수학교육 연구에서 설계-실험. **한국학교수학회논문집**, 7(2), 67-79.
- 한경화·강순자·정인철(2005). 수학 교실의 사회적 규범이 수학적 신념에 미치는 영향. **한국학교수학회논문집**, 8(3), 343-356.
- Bannan-Ritland B.(2003). The role of design in research: the integrative learning design framework. *Educational Research*, 32(1), 21-24.
- Barab, S.(2004). *Ensuring rigor in the learning sciences: A call to arms*. Presented paper at the International Conference of the Learning Sciences, Santa Monica, CA.
- Blumer, h.(1969). The methodological position of symbolic interactionism. In *Symbolic Interactionism: Perspective and Method* (pp. 1-60). University of california press.
- Brown, A. L.(1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions. *The Journal of the Learning Sciences*, 2, 137-178.
- Cobb, P.(1994). where is the mind? constructivist and socioculture perspectives on Mathematical development, *Educational Research*, 23(7), 13-20.
- Cobb, P.(1999). Individual and collective mathematical development; the case of statistical data analysis, *mathematical thinking and learning*, 1(1), 5-43.
- Cobb, P. (2000). Conducting teaching experiments in collaboration with teachers. In A. E. Kelly & R. Lesh(Eds.). *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 307 - 333). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Cobb, P.(2011). Learning from distributed theories of intelligence. In *A Journey in Mathematics Education Research* (pp. 85-105). Springer Netherlands.
- Cobb, P., & Bauersfeld, H.(Eds.)(1995). *The emergence of mathematical meaning: interaction in classroom cultures*. Psychology
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L.(2003). Design experiment in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.

- Cobb, P., & Hodge, L. L.(2003). An initial contribution to the development of a design theory of mathematical interests: the case of statistical data analysis. *J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. E: Communications of Mathematical Education*, 16, 1-65.
- Cobb, P., & Hodge, L. L.(2011). Culture, identity, and equity in the mathematics classroom. In *A Journey in Mathematics Education Research* (pp. 179-195). Springer Netherlands.
- Cobb, P., & Steffe, L. P.(2011). The constructivist researcher as teacher and model builder. In *A Journey in Mathematics Education Research* (pp. 19-30). Springer Netherlands.
- Cobb, P., Stephan, M., McClain, K., & Gravemeijer, K. (2011). Participating in classroom mathematical practices. In *A Journey in Mathematics Education Research* (pp. 117-163). Springer Netherlands.
- Cobb, P., Wood, T., & Yackel, E.(1993). Discourse, mathematical thinking, and classroom practice. In E. A. Forman, N. Minick, & C. A. Stone(Eds.). *Contexts for learning* (pp. 91-119). New York: Oxford University Press.
- Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T.(1989). Young children's emotional acts while engaged in mathematical problem solving. In *A journey in mathematics education Research* (pp. 41- 71). Springer Netherlands.
- Cobb, P., & Yackel E.(1996). Constructivist, emergent, and sociocultural perspectives in the context of developmental research, *Educational Psychologist*, 31(3/4), 175-190.
- Collins, A.(1992). toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'shea(Eds.). *New directions in educational technology* (pp. 15-22), New York: Springer-Verlag.
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K.(2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Confrey, J., Bell, K., & Carrejo, D.(2001). Systemic crossfire: *What implementation research reveals about urban reform in mathematics*. University of Texas at Austin, www.syrce.org.
- Design-Based Research Collective.(2003). Design-Based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Research*, 32(1), 5-8.
- Edelson, D. C.(2002). Design Research: What we learn when we engage in design. *Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105-121.
- Ernest, P.(1994), Social constructivism and the psychology of mathematics. In P.Ernest(Ed.). *Constructing Mathematical knowledge: Epistemology and mathematics Education* (pp. 62-72), The Falmer Press.
- Gravemeijer, K.(1994). Educational development and developmental research. *Journal for Research in mathematics Education*, 25, 443-471.
- Gravemeijer, K. & Cobb, P. (2006). Design research from a learning design perspective. In J, Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen(Eds). *Educational design research*. London: Routledge, 17-51.
- Hershkowitz, R., Dreyfus, T., Ben-Zvi, D., Friedlander, A., Hadas, N., Resnick, T., & Tabach, M.(2002). Mathematics curriculum development for computerized environments: A designer-researcher-teacher-learner activity. In L. D. English(Ed.), *Handbook of International Research in Mathematics Education*, 657-694.

- London: Laurence Erlbaum Associates.
- Lehrer, R. & Schauble, L.(2000). Modeling in mathematics and science. In R. Glaser(Ed.). *Advances in instructional psychology: Educational design and cognitive science* (pp. 101-159). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- McClain K., & Cobb. P.(2001). an analysis of development of sociomathematical norms in one first-grade classroom. *Journal for Research in mathematics education*, 32(3), 236-266.
- McKenney, S.(2001). *Computer-based support for science education materials developers in Africa: exploring potentials*. Doctoral dissertation. Enschede: University of Twente.
- Reeves, T. C.(2006). Design research from a technology perspective. In J. Van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds). *Educational design research*. London: Routledge, 52-66.
- Simon, M. A.(2000). Research on the development of mathematics teachers: The teacher development experiment. In A. E. Kell & R. A. Lesh(Eds.). *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 335-359). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Voigh, C. & Swatman, P.(2006). Interactions in case Discussion: A design-Based Research Approach. *School of Computer & Information Science, University of South Australia*.
- von Glaserfeld, E.(1992). Constructivism reconstructed: A reply to Suchting. *Science and Education*, 1(4), 379-384.
- Vygotsky, L. S.(1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Wang, F., & Hannafin, M. J.(2005). Design-Based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology and development*, 54(4), 5-23.
- Yackel, E.(2001). Explanation, justification and argumentation in mathematics classroom. In *PME CONFERENCE*, 1, 1-9.
- Yackel, E., & Cobb, P.(1996). Sociomathematical norm, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 458-477.
- Yackel, E., Gravemeijer, K., & Sfard, A.(Eds.) (2011). *A journey in mathematics education research: insights from the work of Paul Cobb*. Dordrecht: Springer.

Finding the Way of Unifying the Theory and the Practice in Mathematics Education: Focused on Cobb's Research

Lee, Chang Yeon (Graduate School, Dankook University)

Joo, Hongyun (Graduate School, Dankook University)

Choi-Koh, Sang Sook (Dankook University)

The purpose of the study was to pay attention to the studies of P. Cobb which have actively been quoted in the international research of mathematics education for the last three decades and to look at the result and effect of his research. In particular, we in-depth studied theories and the methods of the study which he has tried to reduce the gap in the theory and practice and investigated effects of his research to the Korean societies of mathematics education. Cobb made special effort to integrate radical constructivism and social constructivism and used emergent theory and symbolic interactionism as theoretical background of the study. Also he

analyzed the mathematics classroom in individual and social perspectives based on the interpretive frames of social norm, sociomathematical norm and classroom-mathematical practices then dealt with equity and identity of the students. Because Cobb contributed significantly to the development of practical theory using design experiment as the method of studies, we presented the definition, characteristics, principles, processes and practices of the design experiment. We anticipate that his ways of research would be used as means of unifying the theory and the practice in school.

* Key Words : Emergent Theory(발현이론), Identity(정체성), Symbolic Interactionism(상징적 상호작용주의), Social Norm(사회적 규범), Sociomathematical Norm(사회수학적 규범), Classroom-Mathematical Practices(교실수학적 실행), Design Experiment(설계실험), Unifying the Theory and the Practice(이론과 실제의 통합).

논문접수 : 2014. 11. 3

논문수정 : 2014. 12. 16

심사완료 : 2014. 12. 17