

테크놀로지 통합을 위한 예비 중등수학교사교육: 현황과 과제¹⁾

장 경 윤*

본 연구는 테크놀로지 활용 지원체계의 확대, 교사의 지식과 신념, 교사교육 프로그램의 분석 틀의 문헌연구를 기초로 국내 수학교육과의 관련 교육의 현황과 현안, 발전 방향을 탐색하였다. 강좌개설 및 운영 자료는 설문조사와 강의계획서로 수집한 결과 강의는 수업의 향상을 목적으로 하며 전체 학과의 1/3에 수학교육관련 ICT 강의를 개설되지 않았다. 테크놀로지 통합 예비 중등수학교사교육을 위하여 국가적으로 교육과정의 방향과 세부내용의 부조화, 소프트웨어와 교과서 등 지원 부족 문제 해결을 통한 교육환경 개선과 교사교육의 포괄적, 세부적 방향설정이 중요하며 무엇보다도 테크놀로지 활용 관련 비전의 공유가 필요하다.

I. 서 론

21세기 정보기술공학(Information and Communication Technology, ICT)과 미디어의 발달은 사회의 변화와 발전 속도를 가속화하고 있으며 최근 세계는 인공지능, 사물인터넷 등 ICT에 기반을 둔 융합과 연결의 제4차 혁명의 시대에 진입하였다. 이러한 변혁의 시기에 양질의 교육을 위하여 기술공학적 요소를 고려하지 않을 수 없다. 이미 전 세계는 21세기를 사는 학생들이 필요로 하는 지식과 기능을 가르치는데 새로운 ICT를 활용하라는 사회적 압력이 점차 증가하고 있다(UNESCO, 2002; 조지민 외, 2016).

수학 교육에서 컴퓨터와 계산기의 활용은 1980년대 부터 지속적으로 논의되어 오고 있는 주요 쟁점이다(Ferguson, 1993; Goos, et al., 2010). 스프레드시트, LOGO, Geometric Supposer, 그래픽

계산기, 산술교육용 S/W 등으로 시작된 ICT 활용은 점차 수학의 모든 내용 영역에 적용되고 있으며 컴퓨터대수체계(CAS) 등 소프트웨어의 개발과 CAS 탑재 계산기, 인터넷, 태블릿 PC, 데이터 수집 기기 출현 등 기술공학의 발달은 수학교육에서 ICT²⁾ 활용 유형과 범위를 크게 확대해 가고 있다(조지민 외, 2016).

테크놀로지는 최근 학교수학과 수학교육연구의 모든 영역에서 변화의 요인이 되고 있다(Stacey, K., Chick, H., & Kendal, M., 2006; Mammana, C., & Villani, V., 2012; Burrill, G., & Elliott, P. C., 2006; Lester, F. K., 2007; Bishop, A., 2003). 테크놀로지의 도입이 수학의 교수 학습 방법의 변화 뿐 아니라 가르칠 수학의 내용을 변화시킨다는 사실이 연구와 교육과정 문서에서 확인되고 있는 것이다.

수학교육에서 테크놀로지 활용에 관한 초기 연구는 테크놀로지를 기존 교육과정을 시행하는

* 건국대학교, kchang@konkuk.ac.kr

1) 이 논문은 2014학년도 건국대학교의 연구년교원 지원에 의하여 연구되었음.

2) 현재 수학교육에서 사용되는 ICT는 웹, 동영상, 가상교구, 증강현실 등 다양하다. 이 연구에서는 국내수학 교육에서 주로 사용되는 계산기와 컴퓨터에 초점을 맞춰 ICT를 테크놀로지라는 용어로 지칭하기로 한다.

새로운 교수 수단으로 사용한 후 성취도를 근거로 교수법 제안이나 효과 검증이 주를 이루었으나 점차 교육내용의 변화, 학습의 과정, 여건과 환경, 교사교육 등으로 범위가 확장되고 있다.

그런데 테크놀로지의 활용이 수학의 교수·학습에 긍정적인 효과로 나타나려면 교실에서 테크놀로지의 가능성이 제대로 사용되어야 하며, 또 교사들이 이들 도구를 효과적으로 사용할 수 있어야 한다. 따라서 교사의 역할이 중요하다. UNESCO(2002, p.3)는 효율적인 ICT 활용을 위하여 적절한 교사교육을 설계하고 시행하는 것이 교육개혁의 근본적인 열쇠라고 하였다.

최근 연구에 나타난 수학교육에서 테크놀로지 활용 방향은 단지 테크놀로지 사용을 익히거나 테크놀로지를 사용하는 것을 넘어 수학 수업에 통합적으로 사용하는 것이다(Mistretta, 2005). Hooper와 Rieber (1999)는 교사들이 테크놀로지를 사용 단계를 보급(familiarization), 사용(utilization), 통합(integration), 재편성(reorientation), 진화(evolution)의 5단계로 구분하고 수업에서 테크놀로지를 사용할 때 진정한 변화는 통합 단계에서 이루어진다고 하였다. 통합단계에서 교사는 의식적으로 기술공학에 어떤 과제와 책임을 지정하게 된다. 테크놀로지를 사용한 교육과정의 통합은 내용 영역 또는 다중 교과 영역에서 테크놀로지를 학습을 증진시키는 도구로 투입하는 것이다. 교육과정의 효과적인 통합은 학생들이 적절한 방식으로 정보를 수집하고, 수집한 정보의 분석·종합을 통해 그 결과를 표현하는 과정에서 도움이 되는 테크놀로지를 선택할 때 가능하다(ISTE, 2000, p.6). 파워포인트를 코스자료의 전달 도구로 하는 것과 달리, 교수학습에서 테크놀로지를 통합적으로 사용할 때 테크놀로지는 교사와 학생 모두에게 강력한 도구가 된다. 또 테크놀로지의 통합적 사용에서 학습과제를 위해 적절한 도구를 선택하는 일은 자연스러운 행동이다(ISTE,

2000, p.44).

최근 인공지능 알파고의 출현은 세계가 정보화 사회를 지나 지능 정보사회, 4차 산업혁명 시대로 진입하고 있음을 목도하게 하였다. 우리나라 수학교육과정에서 정보화 사회를 대비하기 위한 일환으로 컴퓨터나 계산기 등 테크놀로지를 허용한 지 4반세기가 지났다. 그러나 우리나라 교육과정에서 테크놀로지 활용에 관한 진술은 거의 변함이 없다. 그리고 테크놀로지 활용과 관련한 수학교과서 활동이나 교과서 내용을 학교 수학에 테크놀로지 사용의 활기와 변화를 기대하기는 어렵다.

본 연구는 우리나라 예비 중등수학교사를 양성하는 사범대학 수학교육과의 테크놀로지 관련 교육의 현황을 조사하고 테크놀로지 통합 수학교육을 위한 예비 중등수학교사교육의 방향과 현안 과제를 분석하기 위한 것이다. 문헌 고찰을 통하여 사회적 관심에서 수학 교사교육인증으로 이어지는 해외의 테크놀로지 활용 수학교육 지원체계의 확대와 진전, 테크놀로지 활용 수학교육에서 수학교사의 역할, 테크놀로지 활용에 필요한 교사의 지식의 종류와 신념에 관한 연구 결과를 살펴볼 것이다. 또 테크놀로지 관련 수학교사교육의 국제 사례에서 교사교육 프로그램의 분석 틀을 정리하여 우리나라 사범대학 수학교육과의 테크놀로지 활용 교사교육을 평가하고 그 발전 방향을 제안하게 될 것이다. 우리나라 현황에 관한 자료는 구글(google) 설문조사와 강의계획서, 등을 통해 수집하였다. 이 연구의 결과는 우리나라 예비 중등교사교육에 테크놀로지 통합 교육을 위한 시사점 뿐 아니라 수학교육 전반에 대한 문제점과 현안에 대한 발전의 방향도 제시하게 될 것이다.

II. 수학교육과 테크놀로지

1. 테크놀로지 활용 수학교육

가. 수학교육과정과 테크놀로지

수학수업에 테크놀로지를 사용은 지필환경에서 수업이 이루어져오던 전통적인 수학교실에서 혁신적인 결정을 전제로 한다. Dick(2008)은 수학교육에의 테크놀로지 사용과 관련하여 ‘충실성(fidelity)’의 측면에서 세 가지(교수학적, 수학적, 인지적) 원칙을 제시하였다. 이 세 원칙은 서로 배타적이라 할 수 없으며 특정 상황에서 테크놀로지 사용을 설계할 때 고려해야 할 측면이다.

최근 컴퓨터의 교육적 활용에 관한 연구는 컴퓨터의 역할을 Tutor, Tutee와 Tool로 구분한 Taylor(1980)의 고전적 분류를 넘어 인지적 도구(cognitive tool)로서 컴퓨터의 역할이 주목하고 있다. 컴퓨터가 사용자 하여금 교사의 지식을 재생산이 아니라 지식의 창조에 참여하게 한다는 입장이다(Lajoie & Derry, 2013). 테크놀로지는 학생들로 하여금 예전에는 가능하지 않던 방식으로 학습할 수 있게 한다. 뿐만 아니라 교육할 내용에도 영향을 미치며 미적분, 대수, 통계 등 수학의 전 영역에 걸쳐 교육내용의 변화가 수학교육 연구와 실제에 나타나고 있다(Chick, et al., 2001; Mammana, et al., 2012; Burrill, et al., 2006; Lester, et al., 2007; Bishop, A., 2003).

수학교육에서 테크놀로지 사용과 관련한 교사의 개인적인 태도나 능력은 차이가 있을 수 있다. 그런데 교사의 개인적 태도와 능력은 수업에서 테크놀로지의 활용 효과에 영향을 미친다(Wachira, Keengwe, & Onchwari, G., 2008). 그러므로 수학 교실에서 테크놀로지의 활용을 방향으로 정했다면 교육적 효과를 위하여 적절한 교

사 교육은 필수적이다.

나. 테크놀로지 활용 수학교육의 제도화: 미국의 사례

1) 학교수학에서 도구 및 테크놀로지 활용의 방향

미국수학교사협회(NCTM)는 1980년 *Agenda for Action*에서 수학교육에 테크놀로지 사용을 권고한 이래 수학교육과정 시리즈 Standards(NCTM, 1989, 2000)를 발간하며 구성주의에 기초하여 테크놀로지가 효과적인 수학수업을 지원한다는 입장을 줄곧 견지해왔으며, 2000년에는 테크놀로지가 수학학습을 향상시키며 가르칠 내용에도 영향을 준다는 ‘테크놀로지 원리’를 교육과정 구성의 주요 원리로 명확히 제시하였다(NCTM, 2000).

Standards 이후 국가경쟁력에 주목하며 미국 주정부들이 연합으로 개발한 수학공통핵심기준(CCSSM)에는 내용 기준 외에 모든 학생들이 숙달해야 할 8가지 실행지침³⁾이 포함되어 있다. 이들 실행지침은 대체로 내용 숙달과 관련이 있다. 그러나 5번째 지침 ‘도구와 테크놀로지(Tools & Technology)’는 학생들에게 적절한 도구의 전략적 사용능력과 도구 활용을 위한 포괄적 성향에 대한 기대를 명시하였다(CCSSI, 2010). 이 지침(CCSS.Math.Practice.MP5)에 따르면, 수학적으로 능숙한 학생들은 수학문제를 풀 때 가능한 도구를 고려하며, 도구의 장단점을 잘 알고 각 도구를 언제 사용할 지 결정할 수 있을 뿐만 아니라 테크놀로지 도구를 사용하여 개념 이해를 탐색하고 심화시킬 수 있다.

NCTM은 2011년 테크놀로지에 관한 성명서를

3) 실행지침: 문제를 이해하고 안내하며 답을 구한다. 추상적으로 또 양적으로 추론한다. 실행 가능한 논증을 구성하고 다른 사람들의 추론을 비판한다. 수학으로 모델(모델링)한다. 적절한 도구를 전략적으로 사용한다. 정확하게 주의를 기울인다. 구조를 찾고 사용한다. 반복되는 추론에서 규칙성을 찾고 표현한다. (CCSSI, 2010)

통하여 교사와 학생들은 수학적 감각, 수학적 추론, 문제해결을 지원하는 테크놀로지에 정기적으로 접속할 것, 교사들은 학습과 흥미유발을 위해 테크놀로지의 장점을 극대화할 것, 모든 학생들이 테크놀로지에 더 많이 접근할 수 있도록 전략적으로 테크놀로지를 사용할 것을 촉구하였다.

NCTM은 수학공통핵심기준(CCSSM)의 실행을 안내하기 위하여 2014년 *Principles to Actions*을 제안하면서 ‘도구와 테크놀로지 원리’를 6개의 원리 중 하나로 포함시켜 수학교육 프로그램에 수학적 도구와 테크놀로지의 ‘통합’을 실행의 방향으로 설정하였다.

도구와 테크놀로지 원리: 우수한 수학프로그램은 학생들이 수학적 아이디어를 배우고 이해하며 수학적으로 추론하고 그들의 수학적 사고의 소통을 돕는 중요한 자원이 되도록 수학적 도구와 테크놀로지 사용을 통합시킨다. (NCTM, 2014, p.2)

2) [국가교육공학기준] 설정과 교사교육인증

미국은 국가교육공학기준을 마련하고 이를 교사교육인증에 활용한다. 미국 교육부 지원으로 국제교육공학학회(ISTE)는 1993년 교사를 위한 테크놀로지 기준을 개발하였으며 이후 수정을 거쳐 2000년 6개 범주, 23개 지표로 구성된 교사교육용 [국가교육공학기준(National Educational Technology Standards, NETS)]⁴⁾을 발표하였다 (NCATE, 2002, 한일조, 신호균, 2001).

전국교사교육인증협회(NCATE)는 2000년 [국가교육공학기준(NETS)]을 교사교육대학이나 교사교육프로그램의 교사교육 인증 기준으로 채택하였으며, 또 교사교육기관에 모든 학생들이 교육

공학을 사용할 수 있도록 준비시키겠다는 ‘테크놀로지의 이행 다짐’도 요구하였다 (NCATE, 2002, p.13).

ISTE가 주도하여 개발한 [학생용 국가교육공학기준(NETS-S)]에 따르면, 테크놀로지 사용과 교육과정 통합은 내용 영역이나 다중교과 상황에서 학습 향상을 위한 도구로 테크놀로지를 투입하는 것을 의미한다. “효과적인 테크놀로지의 통합은 학생들이 적시에 정보를 얻고, 이를 분석 종합하여 그 결과를 나타낼 수 있게 하는 테크놀로지 도구를 학생들이 선택할 수 있을 때 비로소 성취”(Wheeler et al., 2000, p.6).

ISTE는 교육부와 학생용 국가교육공학기준(NETS)을 충족시키며 테크놀로지 활용을 교육공학 자체 뿐 아니라 교과 내용과 연결하여 교육공학기준을 성취할 수 있도록 교과별 수업계획안을 예시하였다(Wheeler, et al., 2000).

3) 수학교사교육 인증과 테크놀로지

미국은 수학교사교육 인증기관에서도 도구와 테크놀로지 활용을 대비하도록 하고 있다. 수업에서 테크놀로지의 통합적 사용은 교사를 통해 직접적으로 실현되므로 교사의 역할이 중요하다. 미국 수학교사교육협회(AMTE)는 NCTM의 ‘도구와 테크놀로지의 원리’를 지지하고, 수학교사교육 프로그램이 수학교사와 예비교사들에게 교수-학습 상황에서 효과적으로 테크놀로지를 사용하는데 필요한 지식과 경험 습득의 기회를 보장해야 한다고 주장하며 교사교육프로그램에 포함시켜야 할 내용 목록을 다음과 같이 제시하였다 (AMTE, 2015, pp.1-2).

4) 학생용 [국가교육공학기준]이 먼저 개발되고 이를 기반으로 교사교육을 위한 [국가교육공학기준]이 만들어졌다. 교사용 기준의 6개 범주는 1)기초 조작과 개념, 2)학습 환경과 경험의 계획 및 설계, 3)교수, 학습, 교육과정, 4)측정과 평가, 5)생산성과 전문성 실습, 6)사회적, 윤리적, 법률적, 인간적 이슈이다 (NCATE, 2002).

- TPACK⁵⁾
- 교육과정 내용과 가르칠 내용에 테크놀로지의 잠재적 영향
- 수학을 어떻게 배우나 학습에 테크놀로지가 미치는 영향에 관한 연구 결과
- 교육과정 목적을 위해 사용할 적절한 도구의 결정 능력
- 수학 교수학습 향상을 위한 테크놀로지의 효과적 사용에 관한 교수학적 지식
- 수학학습을 풍부하고 향상되도록 테크놀로지의 장점을 드러내는 수업 설계와 실습
- 테크놀로지를 활용할 때 학생들의 필요와 흥미 이해

2. 수학교사와 테크놀로지

가. 수학교사의 역할

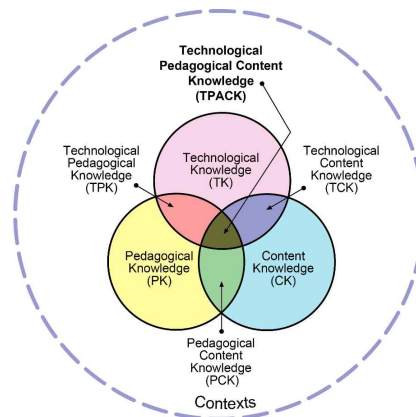
테크놀로지를 수학 수업과 평가에 사용하는 것은 교사의 역할 변화를 요구한다(Goos et al., 2010). NCTM(2000)은 테크놀로지가 교사를 대체하는 것이 아니며(p.26), 교사는 수업에서 테크놀로지의 사용 여부와 시기를 결정하는 등 학습에 영향을 주는 방식을 결정하며 테크놀로지가 잘 구비된 교실에서 학생 활동을 관찰하여 학생의 사고의 흐름을 이해하고 평가한다.

우선 교사는 언제 어떻게 테크놀로지를 사용해야 할지 결정해야 한다. 학생이 교실에서 계산기나 컴퓨터를 사용할 때, 교사들은 학생들을 관찰하고 학생의 사고에 집중할 기회를 갖는다. 학생들이 테크놀로지를 사용하여 작업할 때, 테크놀로지가 아니면 관찰하기 힘든 학생의 수학적 사고방식이 드러날 수 있다. 그러므로 테크놀로지는 교사들이 결과 뿐 아니라 수학적 탐구에서 학생이 사용한 과정을 검사할 수 있게 하고 또 교사들에게 수업 결정을 위한 정보를 풍부히 제공함으로써 평가에 도움을 준다. (NCTM, 2000, p.26)

나. 수학교사의 지식

1) 테크놀로지 활용과 교사의 지식: TPACK

TPACK(Technology, Pedagogy, And Content Knowledge)은 Mishra와 Koehler(2006)가 Shulman(1986)의 교육학 및 교과내용 지식(PCK)을 테크놀로지 환경으로 확장하여 교육공학에 관한 교사들의 이해가 수업과 어떻게 관련되는가를 설명하기 위하여 테크놀로지, 교육학, 교과내용 지식을 유기적으로 관련시켜 제시한 모델이다. 테크놀로지 지식(TK)이란 인터넷, 비디오 등 고급 공학 뿐 아니라 책, 분필, 칠판과 같은 기본 공학에 관한 지식을 포함한다(Koehler, 2011). 교육적 지식(PK)은 교수 학습의 절차와 방법, 또는 방법, 그리고 그것이 전반적인 교육목적과 가치와 어떻게 포함하는가에 관한 심층적 지식을 말하며 ‘교육적’ 보다는 ‘교수학습’이라는 어휘가 그 영향력을 설명하는데 적절하다(Niess, 2011, p.307). 내용지식(CK)은 가르칠 교과 지식이다. TPACK 모델에서 TK, PK, CK 세 지식은 개별적으로, 또 서로 관련되어 작동한다.



[그림 II-1] TPACK와 그 지식 요소
(출처: Mishra와 Koehler(2006), Fig.1)

5) TPACK은 뒤에 교사지식을 참조.

[그림 II-1]과 같이 세 요소가 중첩되는 부분에 TPK, TCK, PCK, TPCK 4 종류의 지식이 자리한다. 각각을 간략히 기술하면 다음과 같다.

- 테크놀로지 교육적 지식(TPK): 교과의 교수 학습 상황에서 사용할 수 있는 여러 공학도구의 가능성, 제약, 교수학적 설계와 전략에 관한 지식, 또 역으로 특정 테크놀로지를 특정한 방식으로 사용했을 때 교수·학습이 어떻게 변할지를 아는 지식
- 테크놀로지 내용 지식(TCK): 가르칠 교과와 교과가 테크놀로지의 적용으로 어떻게 변화될 수 있는가에 관한 지식
- 교육적 내용 지식(PCK): 특정 내용을 가르치는데 적용 가능한 지식으로 Schulman의 PCK와 동일함.
- TPCK(테크놀로지, 교육학적 내용 지식): 교과내용, 교육학, 테크놀로지 지식의 상호작용으로 발현되는 지식. 테크놀로지를 사용하여 성공적으로 교육하기 위하여 끊임없이 모든 요소들 간에 역동적인 균형을 만들고, 유지하고, 재설정하는 것이 필요하다.

2) 수학교사의 TPACK 틀: 미국수학교사교육협회(AMTE)

미국수학교사교육협회(AMTE) 테크놀로지위원회는 수학교사의 TPACK 개발 과정에서 사고와 이해의 수준을 분석하여, ‘수학교사의 TPACK 틀’을 제시하였다. 이 틀은 테크놀로지를 통해 수학 학습경험을 향상시키는 네 분야에 중요 요소를 서술하며, 수학교육자와 연구자가 모든 학년수준에서 수업을 계획, 시도, 개선, 평가하는 가이드라인이다(AMTE, 2009).

수학교사의 TPACK 개발 틀의 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 테크놀로지가 강화된 수학학습 환경과 경험을 설계하고 개발하라.
- 테크놀로지를 통합된 도구로 사용하는 수학 수업을 촉진하라.
- 테크놀로지가 풍부한 수학학습을 측정하고 평가하라.
- TPACK을 향상시키기 위해 지속적인 전문성개발에 참여하라.

3) 테크놀로지 활용 관련 지식의 통합

테크놀로지와 수업의 통합은 테크놀로지에 관한 통합이 아니라 내용과 효과적인 교육방식에 관한 통합이다(Niess et al., 2009). 예비수학교사들이 테크놀로지를 수학 수업에 통합적으로 사용하려면 교사교육에서 여기에 필요한 지식과 경험을 습득할 기회를 가져야 한다(NCTM, 2006).

가) TPACK 통합의 단계

Niess et al.(2007, p.9)은 4년간 스프레드시트를 사용 수업을 관찰하여 수학교사들이 TPACK 지식을 통합하는 상이한 단계가 존재한다는 것을 발견하였다. Niess et al.이 제시한 상이한 통합 수준과 그 특징을 정리하면 <표 II-1>과 같다.

<표 II-1> TPACK 지식을 통합하는 상이한 단계 (Niess et al., 2007)

통합의 수준	특 징
• 인식하기 (지식)	테크놀로지를 사용할 수 있고 테크놀로지를 가르칠 수학 내용과 조정하여 조직하는 단계. 그러나 테크놀로지를 수학의 교수학습과 통합시키지 못한다.
• 수용하기 (선택)	수학의 교수학습에 적절한 테크놀로지를 사용하는 것에 호·불호 태도를 형성하는 단계
• 조정하기 (결정)	수학의 교수학습에 적절한 테크놀로지를 사용할 수용 또는 거부를 선택하게 하는 활동에 참여하는 단계

• 탐구하기 (시행)	수학의 교수학습에 적절한 테크놀로지를 적극적으로 통합하는 단계
• 나아가기 (확인)	수학의 교수학습에 적절한 테크놀로지 통합 결정의 결과를 평가하는 단계

나) 테크놀로지 통합의 장애

테크놀로지의 진화 속도에 반하여, 이들을 수학학습에 효과적으로 통합시키는 전략의 진화 속도는 느리다. 해외에서도 수학교실에서 테크놀로지의 통합의 장점이 일찍이 제안되기는 하였으나 실제로 적용되기까지 적지 않은 시간이 소요되었다(Goos et al., 2010). 그만큼 통합이 쉽지 않다는 방증이다.

컴퓨터 하드웨어의 비용이 점차 감소한다고 해도 컴퓨터와 네트워크가 지원되는 환경을 위해서는 여전히 많은 재원이 필요하며, 환경 유지를 위한 기술과 인력이 지속적으로 확보되어야 한다. 테크놀로지를 수학수업에 통합시키기 어려운 이유는 첫 째, 기존 체계가 테크놀로지 자원의 접근, 기관의 지원, 교육정책 등을 지원하지 않는 구조적인 어려움 때문이다. 또한 테크놀로지의 계획이나 사용에 충분하지 않은 시간, 교육과정과 테크놀로지 사이의 어긋남, 특정 테크놀로지 통합하기에 적절하지 않는 교실 구조 등 기존 구조와 규준이 장애 요인이 될 수 있다(Ivy & Frantz, 2013). 그런데 테크놀로지를 통합할 수 있는 여건이 조성되어도 교사 때문에 통합이 쉽지 않은 경우가 있다. 컴퓨터 사용에 대한 교사들의 부정적인 태도와 기기 사용이 준비되지 않은 경우가 이에 해당한다. 테크놀로지를 통합하는 단계가 진행되면서 통합의 성공 여부는 교사의 지식, 신념, 기능, 실제 등 교사의 내적 동기 유발, 2차 장애요인의 극복가능성이 결정적 변수가 된다(Ivy, Franz, 2013; Grugeon et al., 2010, Collins & Halverson, 2009).

다. 테크놀로지 사용에 관한 교사의 신념

수학교육에서 테크놀로지의 도입이 수학 학습을 돕는 측면도 있지만 오히려 학생들에게 수학 학습에 필요한 어려운 작업을 회피하고 부당하게 이득을 얻게 할 수도 있다. Brown et al.(2007)은 수학학습에서 테크놀로지의 긍정적인 역할과 부정적인 역할에 대한 신념을 각각 ‘촉매’와 ‘목발’ 신념이라 명명하였다. 교사의 신념이 수업 방향에 영향을 미치며, 종종 교사의 부정적인 신념이 변화를 방해한다(Bandura, 1997). 그러므로 Brown et al.(2007)은 테크놀로지 활용과 관련한 교사의 전문성 개발에 수업활동의 시연과 함께 테크놀로지 관련 신념에 관한 대화를 포함시킬 것을 주장하였다(Brown et al., p.113).

Niess et al.(2009)에 따르면, 수학을 어떻게 가르칠 것인가 하는 교사들의 신념은 그들이 수학을 어떻게 배웠는가에 영향을 받으며, 학생들의 수학적 이해와 사고, 학습에 관하여 교사들은 테크놀로지 이전에 지필환경에서 기능 습득을 중시한다(p.6). 그러므로 교사들이 테크놀로지를 수업 내용과 통합하여 사용하도록 교육과정 자료에 관한 전문성을 개발하지 않고는 테크놀로지를 자신의 수업에 적절히 사용하기 어렵다.

III. 수학교사교육 프로그램의 특징

1. 교사교육 코스의 특성

수학교육에서 테크놀로지 활용을 위한 교사교육 프로그램은 테크놀로지에 관하여 어떤 관점을 가지는가에 따라 프로그램의 내용과 양상이 달리 나타난다(Dick, 2008; Grugeon et al., 2010). Grugeon et al.(2010)은 5개국에서 수학교사들이 테크놀로지를 활용하도록 동기를 유발하고 준비

시키는 교사교육 코스를 테크놀로지의 실행, 교사의 역할과 활동의 변화, 그리고 교육실습의 적용의 세 가지 관점에서 분석하였다,

가. 실행의 관점에서 본 교사교육코스

교실과 교육과정에서 테크놀로지를 실행하는 관점에서 두 축으로 프로그램을 분석하였다 (Grugeon et al., 2010, p.333-335). 한 축은 코스에서 테크놀로지를 활용하는 목적이 교사로서 교실 수업을 준비시키려는 것인지 아니면 의사소통과 자원으로 사용하는 지에 주목하는 것이다. 다른 하나는 활용방식과 관련한 축으로, 코스에서 테크놀로지가 어떻게 관련되는가에 주목한다.

교사교육 코스에서 테크놀로지 사용이 교사들이 수학 수업에서 테크놀로지를 직접 활용하도록 준비시키는 것이 목적인지, 아니면 의사소통, 협동, 또는 자료 접근을 목적으로 사용하는 지 목적에 따라 사용 모드에 차이가 있다.

■ 코스에 테크놀로지를 사용하는 목적



또 한 축은 테크놀로지의 기여 방식을 기준으로 한 분류이다. 학습의 향상에 관심을 갖는 코스는 테크놀로지가 칠판-강의 방식에 비하여 수업을 역동적이며 흥미있고 효율적이게 한다. 교사는 학생의 필요에 따라 예를 들며, 주제를 최소로 추상화시키면서 설명하고 상호작용하며 테크놀로지를 적절히 사용하여 수학적 개념과 적용을 시각화할 수 있다. 한편 통합에 관해 고려를 많이 하는 코스는 교실에서 테크놀로지 통합의 복합성, 그리고 도구화 등(Lagrange, J. B. , 2005). 교사로서 도구 차원의 반성을 강조한다. 특히 테

크놀로지가 수학적 기법을 변화시키는 방식, 테크놀로지 기법과 지필 기법 사이의 상호작용을 질문한다.

■ 테크놀로지의 기여방식에 관한 견해



나. 변화 관점과 예비교사교육의 관점

Grugeon et al.(2010)은 프로그램이 촉진자, 소통 및 중재자로서 교사의 역할 변화에 주목하는 정도, (로봇이나 CBR 등) 새로운 기기의 활용 여부, 통합의 관점에서 실습을 하게 하는가 하는 변화의 관점에서 프로그램을 평가하기도 하였다. 또한 교육기간에 따라 장·단기 교육, 기술 연마 또는 과제 개발 등 프로그램이 기대하는 전문성 수준을 5개국의 수학교사 프로그램의 평가의 기준으로 평가하였다.

다. 코스의 내용으로 본 교사교육코스

Grugeon et al.(2010, p.339)은 교육과정과의 관련성, s/w의 가능성이나 도구발생에 주목하는 여부, 과제의 참신성, 새로운 교수능력, 전문적 맥락에 사용 여부에 주목하여 교사교육프로그램의 양상을 분석하여 5개 프로그램의 특징을 기술한 바 있다.

2. 통합의 사례

Niess(2011)는 기존 연구를 토대로 교사교육에서 TPACK의 개발 결과를 설명하는 네 측면으로 (1)학습에서 특정 과목을 테크놀로지에 통합한다는 것의 의미, (2)특정 주제를 테크놀로지로 가르치기 위한 수업전략과 제시에 관한 지식, (3)

특정 과목에서 학생의 이해, 사고, 테크놀로지를 사용한 학습에 관한 지식, (4)교과목 분야에서 테크놀로지를 학습에 통합시키는 교육과정과 교육과정 자료에 관한 지식으로 정리하고(p.511), 수학/과학 예비교사교육프로그램에 TPACK 개발을 포함시켰다. 1년(4 쿼터)간 22명의 예비교사들에게 교수학습이론, 교수방법, 일반 PCK 외에 TPACK의 개발을 교육하고 평가한 결과 1년간 프로그램을 통해 14명은 교사로서 TPACK 개발이 적절히 이루어졌다고 보고하였다(p.514).

Mistretta(2005)는 수학교사교육 프로그램에서 예비 수학교사들에게 <테크놀로지 소개-(안내된) 테크놀로지 평가-paired 테크놀로지 평가-수업 설계> 순으로 테크놀로지를 통합하는 수업을 하였으며, 각 단계에 체크리스트를 제공하고 훈련을 하고 학생들의 자기 평가에 근거하여 결과 긍정적인 효과를 보고 하였다. UNESCO는 ICT 활용 교육계획 지침서(2002)에서 교사들이 새로운 테크놀로지를 효과적으로 사용할 수 있도록 교육하려고 할 때 초점을 ICT에 두면 ICT가 교육을 향상시킬 수 없으며(p.36), 공동체가 ICT 역할에 대한 비전을 공유하는 것이 교사교육 성공의 주요 요인이라고 하였다(p.35),

IV. 국내 예비 중등수학교사교육 프로그램과 테크놀로지

1. 사범대학 수학교육과와 테크놀로지 강좌개설과 운영 실태

2014년 11월 우리나라 수학과 중등예비교사 교육기관인 42개 사범대학 수학교육과를 대상으로 테크놀로지 활용과 관련된 강좌 개설 실태에 관한 설문조사를 실시하였다.

가. 수학교육과의 테크놀로지 강좌개설과 운영 실태 설문조사

설문조사는 온라인으로 실시하였다. 전국의 42개 사범대학 수학교육과의 주임교수 또는 수학교육 전공교수에게 구글 설문지를 작성하여 메일로 발송하고 메일에 바로 응답하여 회신하도록 하였고, 본인이 답하기 어려운 경우 강의를 담당하고 있는 교수에게 메일을 전달해줄 것을 요청하였다. 설문은 응답자의 정보 외에 학과의 테크놀로지 강의 개설 여부, 개설하는 경우 강좌명과 필수여부, 개설학년, 선택교과의 경우 선택학생 백분율, 평가방법 (중간, 기말, 수행과제), 평가유형(지필, 실기), 강의의 주안점(기술), 강의진행시 어려운 점(기술)을 묻는 내용이었고 강의 교수요목을 보내줄 수 있는지 요청하였다.

주임교수의 설문 응답을 통해 21개 학과의 자료를 1차로 수집하였고, 설문에 응답하지 않은 경우, 학과 주임교수와 통화로 설문에 응답을 재요청 또는 전화로 자료를 수집하거나 학과의 홈페이지에서 자료를 수집하였다(<표 IV-1>).

<표 IV-1>자료의 출처

자료출처	회신메일	통화	학과페이지	계
학과수	21	12	9	42

주임교수와 통화로 자료를 수집한 경우, 교육과정에는 강좌가 있으나 실제 강의가 개설을 하지 않는다고 응답한 경우가 많았고 외부강사에 의존하기도 하였다. 통화가 안 된 경우 그 학과 홈페이지에서 교육과정에 관한 양적 자료를 수집하였고 불분명한 사항은 학과 조교를 통해서 확인하였다. 학과 홈페이지에서만 자료를 얻는 학과는 9개로 전체의 약 1/5에 해당한다. 수업의 내용에 관하여 학과의 교과목해설, 강의계

6) 2015년 교육부 주관 사범대학평가를 앞두고 있어 각 사범대학 홈페이지는 대체로 잘 정돈된 상태였음.

획서를 참조하였고 수업을 관찰하여 수집한 자료가 아니기 때문에 수업의 질을 논의하기에는 어려움이 있다. 수집된 강의계획서는 모두 5개이다.

강의개설 분석 결과 <표 IV-2>에 나타난 바와 같이, 2014년 현재 우리나라 42개 사범대학 수학교육과 중 34개교(81%)가 학과 교육과정에 테크놀로지 강의가 포함되어 있었다. 그러나 6개 학과는 실제로 강의를 개설하지 않거나 개설한 경우도 임용특강 등 다른 내용으로 강의가 이루어지고 있기 때문에, 실제로 테크놀로지 강의가 이루어지는 곳은 28개 학과(66.7%)였다.

<표 IV-2> 수학교육과 테크놀로지 강좌 유무 및 개설운영 상황 (2014. 2학기 현재)

강좌 운영	강좌 개설	강좌 개설/ 다른 내용강의	강좌 있음/ 미개설	강좌 없음	계
학과수	28	2	4	8	42
백분율	66.7%	4.8%	9.5%	19.0%	100%

<표 IV-3> 강좌 개설 학년 및 필수/선택 구분

개설학년	1학년	2학년	3학년	4학년	구분없음	계	필수	선택	계
대학수	8	8	9	5	2	31	2	29(전공핵심1)	31
백분율	25.8%	25.8%	29.0%	12.9%	6.5%	100%	6.5%	93.5%	100%

*3개 학과는 2학점씩 1&2, 또는 계산수학, 또는 컴퓨터와 수학교육연습을 포함하여 2개 강좌를 개설하였음.

<표 IV-4> 수학교육과 테크놀로지 강좌명

강좌명	컴퓨터와 수학교육/ 수학교육과 컴퓨터	수학과 교육공학/ 수학교육 공학...	컴퓨터활용 수학교육	수학교육방법 및 공학	컴퓨터와 수학/ 계산수학	기타*	계
대학수	13	9	2	2	2	3	31
백분율	41.9%	29.0%	6.5%	6.5%	6.5%	9.7%	100%

*전산수학교육, 컴퓨터와 수학교육연습, CAS 공학과 중등학교 교수.학습전략

**전체 강좌수는 31개임.

그러나 홈페이지에 나와 있는 자료가 사실과 다를 가능성도 배제하지 못함.
7) 교육과정에 컴퓨터 관련 강좌가 두 개 포함된 학과도 있었는데 두 강좌 모두 C, Matlab을 이용한 프로그래밍을 가르치고 있었다. 테크놀로지 강좌를 별도로 개설하지 않는다는 대학 중 일부는 수학교육 강의 내용에 소프트웨어 활용을 포함시킨다고 응답한 곳도 있었다.

나. 강좌 개설학년·강좌명 및 필수 여부

테크놀로지 강좌가 이루어지는 학년은 <표 IV-3>과 같이 1~3학년이 다소 많으나 대체로 전학년에 걸쳐 고르게 분포되고 있으며 2개교는 필수교과로 1개교는 전공핵심교과로 나머지는 선택교과로 개설되고 있었다. 테크놀로지 개설 강의에 관한 이후 분석은 테크놀로지 관련 강의가 이루어지는 28개 수학교육과를 대상으로 한다.

테크놀로지 강좌의 교과목명은 ‘컴퓨터와 수학교육’, ‘컴퓨터 활용 수학교육’, 또는 ‘소프트웨어 활용 수학’ 등 55%(16개교)가 대체로 컴퓨터가 중심이 되고 있으며, 공학, 교구, 멀티미디어 등이 강좌명에 포함되기도 한다(<표 IV-4>). 선택교과의 경우 선택 학생비율은 30%~50%, 50~70%, 70% 이상의 세 부류의 응답이 있어 학교에 따라 차이가 큰 것으로 나타났다.

<표 IV-5> 수학교육과 강좌에서 다루는 테크놀로지의 종류

강좌유형	종류								그래픽 계산기	C B R	기타**
	컴퓨터 S/W										
	GSP	Cabri	Geogebra	Excel	LOGO	Maple/ Mathematica	N-spiral	기타 S/W*			
별도강좌	13	4	10	9	9	9	3	7	9	3	2
일반강좌	2		3	3	1				2		
계	15	4	13	12	10	9	3		11	3	

*graphic equator, Fathom, Matlab, 스크래치, Wolfram alpha, C언어

**수학교육과의 및 교구제작 병합

다. 다루는 테크놀로지 종류와 강조점

강의에서 대부분 컴퓨터나 그래픽계산기 활용을 다루고 있었는데 GSP, Cabri, 또는 Geogebra 등 역동적 기하소프트웨어(DGS)와 LOGO, Excel 등 소프트웨어와 계산기, 하나 또는 복수의 소프트웨어가 포함된다(<표 IV-5> 참조). 강의를 개설하는 거의 모든 대학이 DGS를 다루고 있었으며 DGS 한가지만 다루는 경우도 있었다. 기타로 분류한 2개교는 수학교육을 일부 강의하기도 하며 교구제작을 함께 다루는 것으로 나타났다. Excel, LOGO, Maple, 그래픽계산기를 각각 다루는 학과가 수학교육과 전체의 1/4 정도로 조사되었다. 사용수준에 따라 깊이의 차이가 있으나

프로그래밍을 다루는 소프트웨어는 LOGO가 유일하다.

강의에서 특별히 강조하는 것이 있는냐는 질문에 12명(43%)이 응답을 하였는데 그 내용은 다음 <표 IV-6>과 같다. 컴퓨터 활용 능력과 컴퓨터 소양을 배양하는데 관심이 많았고 조별활동을 강조점으로 들기도 하였다. 수학교육적 고려를 답한 학과도 있었다.

라. 평가 방식

평가 방식에 관한 응답은 16개 학과에서 얻을 수 있었다. 중간고사와 기말고사를 시행한다고 응답한 학과는 15개 학과였으며 그 중 4개 학과

<표 IV-6> 강조내용

구분	내용
컴퓨터 소양에 주목	- Technology에 대한 불안감 해소 - 컴퓨팅사고 - 학교현장에 technology 활용 의지 - ICT 사용법을 알고 적절하게 활용하려는 자세
컴퓨터 활용능력 향상	- s/w(및 영상자료)활용 능력 - 현장활용 과제(수행과제) 개발 - 작품만들기
수업방식	- 조별활동
수학교육적 고려	- 이론과 실제 균형 - 인지적 초점 이동 & 산만한 수업분위기에 주의 - 활동의 본질에 주목: technology 장점 드러나고, 학교 수학을 더 잘 이해할 수 있는 활동으로

는 두 시험 모두 지필평가로, 4개 학과는 둘 중 하나는 수행과제로 평가한다고 하였다. 7개 학과는 중간 또는 기말고사에서 실기와 필기를 동시에 평가한다고 하였다. 학기 내내 학생들의 활동을 파일로 수합하여 평가한다고 응답한 학과도 1개 있었다. 응답한 학과의 3/4은 지필평가와 수행과제 평가를 병행하고 있는 것으로 나타났다.

마. 강의 개설 및 진행에 어려움

12개 학과에서 테크놀로지 강좌 개설 및 진행에 어려움에 관하여 답하였다. 개설이 어려운 이유로는 ‘적절한 강사를 구하지 못해서’라는 답이 가장 많았으며(3곳), 과목 우선순위에 밀려 설강되지 않거나 또는 수강인원 부족으로 인한 폐강을 들기도 하였다. ‘학과 교수들의 인식부족으로 개설 의지가 거의 없어서’라는 응답도 있었다. 또 예비교사들이 임용을 위해 거쳐야 할 임용고사 준비에 필요한 전공과목 수가 많아 학과에서 개설하지 못한다는 응답도 있었고, 같은 이유로 학과에서 개설하려는 경우도 강의부담 때문에 ‘수강신청인원이 부족’하여 폐강되기 때문이라는 응답도 있었다. 필수 교과가 아닌 강좌나 임용에 출제 되지 않는 강좌가 폐강되는 사례는 최근 대학가에서 점차 확대되고 있는 실정이다⁸⁾.

강의 진행에 어려움으로 필요한 장비나 시설 지원의 미비가 지적되었는데, (CBR이나 CBL 등) 새로운 장비 구비 미비, 노후컴퓨터 대체와 S/W의 신규 구입 또는 업그레이드를 위한 재정지원 부족 등으로 강의 진행에 어려움을 겪는다고 응답하였다. 이 때문에 별도의 비용을 요하지 않는 Excel에 강의 비중을 높였다는 응답도 있었다. 또한 프로그램을 선정하는데 있어서 표준적인

교육과정이 없다는 점을 강의의 어려움으로 지목하기도 하였다.

요약

42개 사범대학학과에 개설된 테크놀로지 활용 수학교육 강좌를 조사 결과 교육과정에 테크놀로지 활용 강좌가 없거나, 실제 개설을 안하는 학과가 28.5%가 강의를 개설하지 않았는데 이는 박경미 등(2010)⁹⁾의 결과와 약간 차이가 있다. 테크놀로지 관련 강의가 실제로 운영되고 있는 학과는 66.7%였으며, 강의를 개설 된 경우 거의 대부분 선택교과인 것으로 나타났다. 강의에서 다루는 소프트웨어는 역동적 소프트웨어(DGS)가 주를 이루며 엑셀, 로고, Maple 등이며, 9개 학과(32.5%)에서는 그래픽계산기를 다루는 것으로 나타났다.

본 설문조사의 응답만으로 강의 내용을 상세히 파악하기는 어려웠다. 설문 응답과 함께 수집한 강의계획서, 그리고 국내학술지에 실린 3개 사범대학 강의관련 최근 논문(임해미, 2009; 김남희, 2011; 홍예운 외, 2012)을 통해 테크놀로지 활용 강의 내용을 대략적으로 엿볼 수 있었다. 입수된 강의계획서나 설문지 응답에 2개 학과에서 도구화, 통합 등 테크놀로지 활용의 철학 등 도구 사용에 이론적 측면을 고려하는 어휘를 명시적으로 사용하고 있었는데 두 곳 모두 수학교육전공으로 테크놀로지 관련 논문으로 학위를 받은 교수들이 강의를 담당하고 있었다. 학술지 논문에 나타난 수업은 활동중심, 탐구중심 조별활동 또는 프로젝트 중심의 수업이었으며, 각기 탐구역량(김남희, 2011), 교사효능감(홍예운, 2012), TPACK(임해미, 2009)에서 긍정적인 효과를 보고하고 있다.

III장에 기술한 Grugeon et al.(2010)의 기준으로

8) 최근 각 대학이 재정 압박으로 최소 수강인원을 상향 조정하는 추세에 있다.

9) 29개중 26개 학과, 90% 에서 테크놀로지 관련 강의를 개설하는 것으로 보고하였다.

<표 IV-7> 2015 개정 <수학과 교육과정>에 나타난 테크놀로지 관련 기술

가. 교수·학습 방향 ...

(2)교수·학습 방법...

(마)정보 처리 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는 다음을 강조한다. ...

③ 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다. (수학과 공통교육과정 교수·학습방법 p.39)¹⁰⁾

...

나. 평가 방향 ...

(2)평가 방법 ...

(라)평가 내용이나 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있게 한다.(공통교육과정 평가방법 p.41)

볼 때, 대체적으로 우리나라 사범대학 수학교육과 테크놀로지 강의에서 테크놀로지 사용 목적은 의사소통이나 자료 보다는 후일 수학수업에 직접 사용이 목적이며, 테크놀로지가 수학 학습을 향상시키는데 기여한다는 차원에서 교육과정과 연계한 활동 개발에 주력하고 있었다. 대부분 학과에서는 테크놀로지 통합차원의 고려나 도구 차원에서 교사의 반성에 관한 고려는 거의 없는 듯하였다.

2. 테크놀로지 활용 수학교육을 위한 국내 여건

가. 학생들의 ICT 활용 능력

PISA 2006에 따르면, 우리나라의 컴퓨터 하드웨어는 OECD 회원국 중 상위에 속하며 인터넷 오락 또는 파일 복사 등 일상적인 ICT 과제에서 우리나라 학생들의 수행 능력은 OECD 평균보다 높으며, 가정에서 컴퓨터 구비도 잘 되어 있다. 그러나 프로그램과 소프트웨어 활용도는 5개 영역(문서작성, 컴퓨터프로그램, 교육용프로그램, 그래픽프로그램, 스프레드시트) 모두 OECD 평균

에 비해 낮은 것으로 나와 있다. 즉 우리나라 학생들은 ICT를 게임이나 오락 이외의 소프트웨어를 상대적으로 활용하지 못하고 있다는 것이다.

나. 국내 수학교육과정 문서에서의 테크놀로지

최근 개발된 2015 수학교육과정(교육부, 2015)은 수학교과에서 공학도구의 활용을 강조한다(2015, 교육부). 2015 수학과 교육과정은 “교수·학습 및 평가의 방향” 항목에서 테크놀로지의 사용에 관하여 <표 IV-7>과 같이 기술하고 있다.

위 서술은 수학과 [공통교육과정]에 기록된 내용이며, 고등학교 수학과 선택교과에서도 동일하며, 우리나라 수학교육과정에서 테크놀로지는 학습 방법으로서 사용을 제한된 범위에서 허용한다는 포괄적이고 원칙적인 기술이다. 직전 2011 개정 <수학과 교육과정>의 5. 수학과 교수·학습 방법과 6. 평가 항목에서의 기술(교육부, 2011, p.36, p.37)도 이와 거의 동일하다.

다. 국내 테크놀로지 활용 수학교육의 상황과 여건

10) 2011 수학과 교육과정에서의 서술(2011, p.36, p.37)과 거의 동일하다. 차이점은 2011년 수학과 교육과정(교육부, 2011)에는 “수학과 교수·학습 과정에서” 공학적 도구 활용을 언급했으나 2011년에는 “정보 처리 능력을 함양하기 위한 교수·학습에서는” 이라는 문구가 삽입된 점이다.

사회적으로 IT 강국이라는 우리나라에서 ICT는 수학학습을 위해 실질적인 도구로 활용되지 못한다. 20여년전 우리나라 수학교육에 테크놀로지의 도입이 허용되었으나 지필 중심의 수학교육과 테크놀로지는 어색하게 공존할 뿐이다. 공학도구 활용이 수학교과서의 집필기준에 포함되면서 모든 교과서에 공학도구 활용이 포함되어 있다. 제 7차와 2007개정에 따른 초·중등 수학교과서에 공학도구 사용이 그 이전보다 증가하였으나 3/4이 도구의 기능소개와 설명, 보조 도구로 사용된다(김미화, 손홍찬, 2013, p.985). 초등학교 교사들에 비해 중고등학교 교사들이 수업에 테크놀로지를 적게 활용하며 고등학교 교사들이 테크놀로지 활용 스킬과 의지가 모두 낮다(조명희, 김화경, 이현우, 2012). 교실에서 테크놀로지 활용이 간헐적으로 이루어지기 때문에 수학교사들은 테크놀로지 활용 능력을 좋은 수업을 위한 조건으로 생각하지 않는다(강현영 외, 2011).

우리나라에서 테크놀로지 사용이 어려운 점은 재정적 지원뿐 아니라 행정적 제도적 지원여건이 갖춰져 있지 않기 때문이다. 본문 II장에 기술한 바와 같이, 미국의 경우 테크놀로지 활용에 관한 사회적 관심과 연구 ⇒ (s/w 등) 자원개발 ⇒ (학회/국가 차원의) 교육과정 개발 ⇒ 교과서 개발 ⇒ 방향 제점점/구체화 ⇒ 구체적 실행 가이드라인 ⇒ 국가차원(또는 교사인증관련) 제도적 장치 촉구 등으로 구체적으로 제도화되어왔다. 그런데 우리나라의 경우 국가교육과정에서 방향만 아직도 선언적 수준에서 제시하고 있을 뿐이다. 여기에 물론 재정적 제한점도 유기적으로 관련된다. 우리나라의 ICT 활용 수학교육 관련 긍정적 상황(+)과 부정적 상황(-)을 요약하면 다음과 같다.

- 학생들은 (교실 밖) 사회적 테크놀로지 환경에 적응하고 있음.(+)
- 교육과정 문서에 기술된 테크놀로지 활용 방침이 추상적이고 소극적임.(-)
- 교과지도에 필요한 s/w나 기기 구비 예산 미확보11). (-)
- 수학교과서에 수록된 테크놀로지 활용 사례는 소프트웨어 장점을 살리지 못함.(-)
- 테크놀로지 활용에 관한 수학교사의 인식과 준비가 부족함.(-)

V. 논의 및 결론

테크놀로지의 활용은 수학교육에서 옵션이 아니라 필수이며, 미래 정보기술사회를 위한 수학교육의 방향이 테크놀로지와와의 통합이어야 한다는 것은 이미 세계적인 추세이다(Mistretta, 2005; ISTE, 2000; UNESCO, 2002). 우리나라 수학교육과정에서 테크놀로지와 교육과정이 통합되는 방식으로 수용되고 있는가? 테크놀로지를 내용 영역이나 다중 교과 영역에서 학습을 증진시키는 도구로 수학교육에 투입되고 있는가? 전혀 그렇다고 하기 어렵다. 교육과정에서의 테크놀로지 수용에 관한 기술도 매우 제한적이며 수학교실 환경이나 교과서 등도 테크놀로지 활용을 위한 자료도 충분히 제공하고 있지 못하기 때문이다.

예비교사가 테크놀로지가 통합된 수학 학습 경험이 없다면 테크놀로지 통합의 장점의 가치를 알기 어렵다(Polly, 2013). 그런 점에서 수학교사교육에서 ICT 활용이 중요하다. 유럽, 미국, 아시아, 호주의 여러 지역과 국가에서 예비교사와 현직교사 교육을 위한 ICT 기준을 설정하여 있으며(UNESCO, 2003a, 2003b), 테크놀로지를 수

11) 최근 2015 교육과정에서 “통계교육 강조 ⇒ s/w 프로그램 개발(국가주도: 통계청, EBS) ⇒ 수학 교과서에 반영”으로 이어진 사례는 이 문제해결의 단초를 보여준다.

학과 교사교육인증 조건으로 제시되기도 한다 (AMTE, 2015).

본 연구에서 중등예비 수학교사 양성기관인 사범대학에서 테크놀로지 관련 강좌 개설과 운영에 관한 설문조사에서 강좌가 아예 없거나 있더라도 강의가 개설되지 않거나 개설하여 다른 내용을 다루는 등 전체의 1/3이 테크놀로지 강의가 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 본 연구에서 교사교육이 미진한 것은 수강생 부족, 강사 부족, 수학교육과 교수진들의 인식 부족 등이 원인으로 지목되었으나 근본적인 원인은 중등학교 수학교육 현장에서 테크놀로지 활용이 어렵고 활용 효과도 기대하기 어렵기 때문이다. 그러므로 학교현장에서 테크놀로지를 통합한 수학교육 활성화가 우선적으로 필요하며 이를 위해서 적절한 여건과 환경이 조성되어야 한다.

우리나라 현 상황에서 테크놀로지를 수업에 통합하는 양질의 교육을 위하여 해결해야 할 과제들을 제시하고자 한다. 이 과제들은 서로 유기적으로 그것도 선형이 아니라 그물처럼 연결되어 있기 때문에 대체로 함께 해결되어야 한다.

먼저 수학교육에 테크놀로지의 통합적 사용이라는 방향을 수용할 때, 다음과 같이 여러 영역에서 지원체계 수립이 필요하다.

첫 째, 테크놀로지의 장점을 수학 학습에 효율적으로 활용할 수 있도록 수학교육과정 내용에 실질적인 수정이 필요하다. 테크놀로지는 집필 방식으로는 어렵거나 실제와 연결시키기 힘든 개념을 잘 다룰 수 있게 한다. 또한 테크놀로지는 예전에는 가능하지 않던 방식으로 수학적 개념을 학습할 수 있게 한다. 한 예로 함수를 따라 변하는 두 변수의 관계식으로 도입하기보다 실제 자료에 근거하여 산점도(scatter gram)를 그리고 그 추세선(regression line)의 식과 관련시켜 도입하는 방식은 학생들로 하여금 함수의 의미를 더 잘 이해할 수 있게 하며 테크놀로지는 자연

스럽게 이 과정을 지원한다. 외국 교과서에서 많이 사용하고 이 도입 방식은 우리나라에서는 현 교육과정의 범위를 넘는 것이며, 국가교육과정이 적용되는 우리나라 상황에서 교육과정 내용에 명시적인 변화가 없이는 적용할 수 없다. 그러므로 교육내용의 변화 없이 기존 교육과정에서의 테크놀로지 활용은 학습에 도움을 주기보다 오히려 시간을 낭비하고 교사와 학생을 성가시게 하는 기기가 될 수 있기 때문에 테크놀로지 통합을 위한 수학교육과정이 제시되어야 한다. 테크놀로지 통합 수학교육과정은 가르칠 수학 내용에 관한 재검토를 필요로 한다.

둘 째, 수학과 교육과정에 충실하게 테크놀로지의 효과적인 활용을 다룬 수학교과서가 개발·보급되어야 한다. 이는 교육과정 내용의 개편과 동시에 고려될 때 더 효과적일 수 있다. 우리나라 수학교사들의 교과서 의존도가 상대적으로 높다는 것은 잘 알려져 있다. 그러므로 수학 학습에 의미와 효용을 더하기 위하여 통합된 방식으로 테크놀로지 활용이 저술된 수학교과서 개발이 필요하며 교과서 검정을 위한 기준을 통과하기 위해 도구 자체의 설명이나 명목상의 테크놀로지 활용이 교과서 지면에 삽입되는 일은 없어야 한다.

셋 째, 학교현장에 수업을 위한 컴퓨터나 계산기 등 하드웨어와 소프트웨어의 적극적인 지원이 필요하다. 특히 소프트웨어의 지원이 없는 교과서에 특정 소프트웨어를 사용한 활동을 교과서에 담기도, 현장에서 활용하기도 어렵기 때문이다. 현재 집필 작업 중에 있는 2015 개정교육과정에 의한 수학교과서 검정기준에 공학도구 사용을 요구하고 있다. 그러나 현 교육과정의 내용으로는 공학도구의 장점을 최대한 발휘할 수 있는 활동을 교과서에 담기에 적절하지 않은 경우가 많고 또 재정적 지원이 어려운 상태에서는 일부 무료 소프트웨어에 활동이 집중될 수밖에

없는데 그나마 언제 조건이 바뀔지 모르는 상태이다¹²⁾. 최근 통계청이 s/w 통그라미를 개발·보급하여 통계영역에서의 수업 변화를 돕고 있는 것은 긍정적인 사례이다.

넷 째, 테크놀로지 관련 교사교육의 기준을 포괄적으로 또 상세히 설정할 필요가 있다. ICT 활용 수학교육을 위한 교사교육이 체계적으로 내실있게 이루어지기 위하여 AMTE(2015)와 같이 수학과 예비교사를 위한 테크놀로지 관련 프로그램에 포함시켜야 할 내용을 목록화 할 필요가 있다. 기술공학이 빠르게 변화하는 상황에서 특정 프로그램의 활용방법을 가르치는 것은 사실 그리 큰 의미가 없다. 예비교사교육이 테크놀로지 활용에 대한 기능 뿐 아니라 통합적 사용을 위한 이론적 관점과 적어도 TPACK의 인식, 수용, 조정의 단계를 넘어서도록 기준 설정을 해야 한다.

다섯 째, 우리나라 수학교육에서 테크놀로지의 통합적 사용을 위하여 먼저 예비교사교육에서 테크놀로지를 교육과정에서 통합되는 경험을 제공해야 한다. 학교현장에서 수업지도를 위한 컴퓨터 활용 강의 뿐 아니라, ‘미적분’, ‘복소함수’, ‘선형대수’와 같은 학부와 대학원의 수학 강의에서도 테크놀로지를 활용할 수 있는 기회를 제공할 필요가 있다. ICT 설비와 소프트웨어가 갖추어진 환경에서 예비교사 자신이 테크놀로지가 통합된 수학 활동을 경험은 관련 지식 뿐 아니라 테크놀로지 활용 교육 효과에 주요 변수인 태도와 신념 형성에 긍정적으로 기여할 수 있기 때문이다.

지금까지 테크놀로지의 통합적 사용이라는 방향을 수용할 때, 필요한 지원체계를 기술하였다. 그러나 이 모든 것에 선행하여 ICT의 역할과 ‘테크놀로지의 통합적 사용’과 같은 활용 방향에

관한 공동의 비전을 정립하고 사회적으로 이를 공유하는 것이 필요하다. 테크놀로지가 수학학습을 도우며, 배울 내용에 영향을 미친다’는 NCTM (2000)의 기술공학의 원리는 테크놀로지 활용에 대한 미국 수학교육계 공동의 비전 역할을 한다. 이렇게 공유된 비전이 그 사회의 수학교육에서의 테크놀로지의 활용 방향을 결정한다. 우리가 당면한 과제는 테크놀로지 활용에 관한 공동의 비전을 세우는 일이다.

1992년 우리나라 수학과 6차 교육과정이 최초로 테크놀로지 활용을 ‘할 수도 있다’고 허용한 이래, ‘가능하면 적극 활용’, ‘활용한다’, ‘이용할 수 있게 한다’로 교육과정이 개정될 때 마다 표현이 조금씩 바뀌면서 어느덧 25년이 지났다. 그러나 학교수학을 담당할 예비교사를 양성하는 사범대학의 관련 강의는 아직 정착 단계에 이르지 못하였고, 아직도 사용할 수 있다는 원칙만 있을 뿐 테크놀로지 활용에 대한 이렇다 할 공동의 비전이 존재하지 않는다. 지필중심의 전통적 수학교육을 내심 신봉하면서, 테크놀로지에 대하여 묵인 또는 사용을 최소화하려는 입장에서 선 수학자와 수학 교사들을 쉽게 만날 수 있는 현재와 같은 상황에서 테크놀로지 통합 수학교육은 결코 이를 수 없다. 정말 테크놀로지가 수학학습에서 필요한가? 테크놀로지가 어떤 역할을 할 수 있는가? 정말 학교수학에서 테크놀로지를 사용하게 할 것인가? 어느 정도로 할 것인가? 이와 관련한 국내외 연구 결과는 우리 현장에서 수용할 만한가? 이에 대한 답을 진지하게 고민하고 테크놀로지와 수학교육의 방향에 관한 합의를 도출해야 할 때이다.

12) geogebra의 경우 free ware라고 하지만 교과서 집필에 내용을 넣을 때는 학생인구에 비례한 사용료를 요구하고 있어 집필에 어려움을 겪는 사례가 많음.

참고문헌

- 강현영, 고은성, 김태순, 조완영, 이경화, 이동환 (2011). 좋은 수학수업을 위해 수학교사에게 필요한 역량과 교사교육에 대한 현직교사의 인식조사. **학교수학**, 13(4), 633-649.
- 교육과학기술부(2011) **수학과 교육과정**. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책 8].
- 교육부(2015). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-74호 [별책 8].
- 김남희(2011). 예비 수학 교사 교육에서 공학적 도구의 교육적 활용. **수학교육학연구**, 21(4), 345-359.
- 김미화, 손홍찬(2013). 교육과정에 따른 중등 수학과 교과서에서 공학 도구 활용의 변화 분석. **학교수학**, 15(4).
- 박경미, 정영옥, 김화경, 김동원, 최수일, 최지선 (2010). 우리나라 초·중등학교 수학교육 발전 방안 기획연구. 한국과학창의재단. 정책연구, 20.
- 임해미(2009). 예비 수학교사의 테크놀로지 내용 교수지식 (TPACK) 신장을 위한 팀 프로젝트 효과 연구. **수학교육학연구**, 19(4), 545-564.
- 조명희, 김화경, 이현우(2012). 수학교육을 위한 ICT 활용에 대한 수학교사의 인식 및 태도 조사. **교원교육**, 28(4), 141-159.
- 조지민, 윤영순, 최인선, 이미영, 정은주, 김미경, 배주경, 김승현, 임은영, 박상복, 이영미, 김현경, 김정호, 주현우(2016). **각국의 ICT 활용 교육 관련 현황**. 연구자료 ORM2016-92. 한국교육과정평가원
- 한일조, 신호균(2003). 미국교육에서의 정보기술 소양의 개념과 기준. **비교교육연구**, 13, 217-234.
- 허균(2008). 예비교사를 위한 정보화 교육 방향 탐색 연구. **수산해양교육연구**, 20(1), 107-120.
- 홍예운, 임연옥(2012). 테크놀로지를 활용한 교사의 확신 (self-confidence)에 영향을 미치는 요인 탐색. **디지털융복합연구**, 10(11), 565-577.
- Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE). (2009). **Mathematics TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) Framework**.
<http://amte.net/sites/all/themes/amte/resources/MathTPACKFramework.pdf>
- Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE). (2015). **Technology Position Statement**.
<http://amte.net/sites/default/files/technologypositionstatement-nov2015.pdf>
- Bishop, A. (2003). *Second international handbook of mathematics education* (Vol. 10). Springer Science & Business Media.
- Brown, E. T., Karp, K., Petrosko, J. M., Jones, J., Beswick, G., Howe, C. & Zwanzig, K. (2007) Crutch or Catalyst: Teachers' Beliefs and Practices Regarding Calculator use in Mathematics Instruction. *School Science and Mathematics*, 107(3), 102-116.
- Burrill, G., & Elliott, P. C. (2006). *Thinking and reasoning with data and chance*. (Vol. 1). NCTM.
- Common Core State Standards Initiative(CCSSI). (2010). **Common Core State Standards - Mathematics**.
<http://www.corestandards.org/Math/>
- Dick, T. P. (2008). Keeping The Faith. *Research on Technology and the Teaching and Learning of Mathematics: Cases and perspectives*. Volume 2(2), 333.
- Ferguson, D. (Ed.). (1993). *Advanced educational technologies for mathematics and science*. Berlin: Springer-Verlang.
- Grugeon, B., Lagrange, J. B., Jarvis, D., Alagic, M., Das, M., & Hunscheidt, D. (2010).

- Teacher education courses in mathematics and technology: Analyzing views and options. *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain* (pp. 329-345). Springer US.
- Handler, M. G., & Strudler, N. (1997). The ISTE foundation standards: Issues of implementation. *Journal of Computing in Teacher Education*, 13(2), 16-23.
- Hooper, S., & Rieber, L. P. (1999). Teaching, instruction, and technology. *Contemporary issues in curriculum*, 252-264.
- Hoyles, C., & Lagrange, J. B. (2010). *Mathematics education and technology: Rethinking the terrain*. Berlin, Germany: Springer.
- International Society for Technology in Education (ISTE). (2002). National educational technology standards for teachers: Preparing teachers to use technology. ISTE.
<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED473131.pdf>
- Ivy, J. T., & Franz, D. P. Two Classroom Portraits Demonstrating the Interplay of Secondary Mathematics Teachers' TPACK on their Integration of the Mathematical Practices. Polly, D. (Ed.). (2013). *Common Core Mathematics Standards and Implementing Digital Technologies*. Chapter 14. IGI Global.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2008). "Introducing TPCK". *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*, 3-29, New York: Routledge.
- Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge. *Contemporary issues in technology and teacher education*, 9(1), 60-70.
- Lagrange, J. B. (2005). Using symbolic calculators to study mathematics. In *The didactical challenge of symbolic calculators* (pp. 113-135). Springer US.
- Lajoie, S. P., & Derry, S. J. (Eds.). (2013). *Computers as cognitive tools*. Routledge.
- Lee, H., & Hollebrands, K. (2008). Preparing to teach mathematics with technology: An integrated approach to developing technological pedagogical content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 8(4), 326-341.
- Lester, F. K. (2007). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. IAP.
- Mammana, C., & Villani, V. (Eds.). (2012). *Perspectives on the teaching of geometry for the 21st century: an ICMI study* (Vol. 5). Springer Science & Business Media.
- Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.
- Mistretta, R. M. (2005). Integrating Technology into the Mathematics Classroom: The Role of Teacher Preparation Programs. *Mathematics Educator*, 15(1), 18-24.
<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ845844.pdf>
- National Council for the Accreditation of Teacher Education (NCATE) (2002). *National educational technology standards for teachers: Preparing teachers to use technology*. ISTE.
- National Council of Teachers of Mathematics (Ed.). (2000). *Principles and standards for school mathematics* (Vol. 1). NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2014). Principles to actions: Ensuring mathematical success for all.
https://www.nctm.org/uploadedFiles/Standards_an

- d_Positions/PtAExecutiveSummary.pdf
- National Council of Teachers of Mathematics. (2011). *Technology in teaching and learning mathematics: A position of the National Council of Teachers of Mathematics*.
[https://www.nctm.org/uploadedFiles/Standards_and_Positions/Position_Statements/Technology_\(with%20references%202011\).pdf](https://www.nctm.org/uploadedFiles/Standards_and_Positions/Position_Statements/Technology_(with%20references%202011).pdf)
- National Council of Teachers of Mathematics. Commission on Standards for School Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. NCTM.
- Niess, M. L. (2011). Investigating TPACK: Knowledge growth in teaching with technology. *Journal of educational computing research*, 44(3), 299-317.
- Niess, M. L., Ronau, R. N., Shafer, K. G., Driskell, S. O., Harper, S. R., Johnston, C., ... & Kersaint, G. (2009). Mathematics teacher TPACK standards and development model. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 4-24.
- Niess, M. L., Sadri, P., & Lee, K. (2007). Dynamic spreadsheets as learning technology tools: Developing teachers' technology pedagogical content knowledge (TPCK). *American Educational Research Association*.
- Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Stacey, K., Chick, H., & Kendal, M. (Eds.). (2006). *The future of the teaching and learning of algebra: The 12th ICMI study* (Vol. 8). Springer Science & Business Media.
- Taylor, R. (Ed.). (1980). *The computer in the school: Tutor, tool, tutee* (pp. 1-10). New York: Teachers College Press.
- UNESCO. (2003a). ICTS In Teacher Education Curriculum Planning And Development.
http://portal.unesco.org/education/ft/ev.php-URL_ID=27039&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- UNESCO. (2003b). National Accreditation Standards For ICTS In Teacher Preparation In The USA.
http://portal.unesco.org/education/ft/ev.php-URL_ID=27043&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- UNESCO. (2002). Information and Communication Technologies in Teacher Education: A Planning Guide. UNESCO Division of Higher Education.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001295/129533e.pdf>
- Wachira, P., Keengwe, J., & Onchwari, G. (2008). Mathematics preservice teachers' beliefs and conceptions of appropriate technology use. *AACE Journal*, 16(3), 293-306.
- Wheeler, M., Renchler, R., Conley, K., & Summerlight, S. (2000). National Educational Technology Standards for Students: Connecting Curriculum and Technology. International Society for Technology in Education (ISTE).
<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED473132.pdf>

Pre-Service Secondary Mathematics Teacher Education Program for Technology Integrated Curriculum: The Present and Tasks

Chang, Kyung Yoon (Konkuk University)

This study was designed to gain insights into investigating pre-service secondary mathematics teacher education for technology integrated curriculum. The progressive expansion of supporting system for those education in US, TPACK, teacher belief, and analysis frameworks for teacher education program were explored. A survey on the technology courses in 42 mathematics education departments was analysed. Technology courses were not opened in 1/3 of the departments because of the lack of lecturers or objection of the faculty members. Common visions as well as curriculum realignment, financial supports are required for implementing technology integrated mathematics education.

* Key Words : teacher education(교사교육), technology integrated mathematics(통합수학), TPACK (TPACK), belief(신념), ICT(테크놀로지) pre-service mathematics teacher(예비 중등수학교사) accreditation(인증)

논문접수 : 2017. 1. 11

논문수정 : 2017. 2. 14

심사완료 : 2017. 2. 15