

---

# 테크놀로지를 활용한 교사의 확신(self-confidence)에 영향을 미치는 요인 탐색

홍예운\*, 임연욱\*\*

## An analysis of factors which affect teachers' self-confidence in using technology for mathematics class

Ye-Yoon Hong\*, Yeon-wook Im\*\*

**요 약** 그래픽 계산기와 같은 공학 도구를 사용하는 수학 수업에 있어서 교사의 확신에 영향을 주는 여러 가지 요인들이 있다. 공학 도구를 사용하는 교사의 태도와 같은 내적 요인과 학교 관계자, 또는 동료교사의 지원 등과 같은 외적 요인들이 있다고 할 수 있다. 교육적 기술 지식(PTK: Pedagogical Technology Knowledge)이 교사의 테크놀로지를 사용하는데 있어서 확신을 결정짓는 중요한 요인임을 알 수 있었고, PTK의 발전은 테크놀로지에 대한 교사의 생각, 그리고 그것의 활용과 도구장착(instrumentation)으로 이루어진다고 할 수 있다. 본 연구는 예비교사와 현직교사를 포함한 19명을 대상으로 수학교육과정을 대수, 함수, 기하, 미적분, 통계 영역을 중심으로, 테크놀로지의 활용에 중점을 두어 테크놀로지를 도구장착으로 발전시키고 PTK를 확대하는 것에 중점을 둔 연구이다. 본 연구에서는 그래픽 계산기와 GSP, AutoGraph와 같은 다양한 경험을 통하여 교사들의 테크놀로지에 대한 태도를 도구장착과 도구화의 개념으로 분석하여 이것이 교사의 확신에 어떻게 영향을 미치는지를 알아보았고, 테크놀로지에 대한 전문적 지식의 발전, 교육의 질에 대한 교사들의 변화를 살펴보았다. 연구 결과 테크놀로지에 대한 교사 개인의 태도와 확신이 아주 강하다면, 부정적인 잠재적 제약(constraints)과 방해요인(obstacles)은 크게 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다. 특히 교사의 배우고자 하는 확고한 의지와 더불어 수학 학습에 있어서 테크놀로지의 가치에 대한 강한 확신은 테크놀로지의 효율적 활용에 결정적인 요소라고 할 수 있었다.

**주제어** : 테크놀로지 활용 수학수업, 교사의 확신, 도구장착, 도구화, 교육적 기술 지식

**Abstract** Various factors affecting teachers' self-confidence exist in math class using technology such as graphic calculators. For example, internal factors such as teachers' attitude and external factors such as school administrators or colleague's support can be considered. Pedagogical Technology Knowledge(PTK) is the very important factor which determines teacher's self-confidence in educational technology, and the development of PTK is composed of teacher's perception on the technology and its application and instrumentation. This study investigated 19 pre-service and current middle and high school teachers in the respect of their change of self-confidence, attitude, expertise on pedagogical technology, and quality of math class. These are analyzed with the concept of instrumentation and instrumentalization through various experiences like graphic calculator, GPS and AutoGraph. The result indicated that constraints or obstacles did not affect much if teachers' attitude and self-confidence were strong. Particularly teachers' firm will to learn about technology and their confidence on its value are the critical factors in using technology for mathematics class.

**Key Words** : technology in math class, instrumentation, instrumentalisation, PTK

---

\*연세대학교 교수(주저자)

\*\*한양사이버대학교 교육공학과 교수(교신저자)

논문접수: 2012년 10월 5일, 1차 수정을 거쳐, 심사완료: 2012년 11월 8일

## 1. 서론

현재 우리나라의 수학교육은 그 중요성은 과도하게 강조되고 있는 반면, 정작 논리성과 창의력을 겸비해야 하는 수학교육의 과정이 크게 간과되고 있는 실정이다. 또한 이러한 덕목을 신장시키는 데 도움을 줄 수 있는 공학도구의 사용이 해외 선진국에서와는 달리 국내에서는 매우 활용도가 낮은 편이다. 교수, 학습 과정에 계산기 또는 컴퓨터가 거의 사용되지 않고 있으며 교사들조차도 관련 소프트웨어도 모르고 있는 경우가 많다[5]. 수학교육 정책에 있어서 공학도구의 활용이 7차 교육개정 및 2009 교육개정에서 언급은 되어있지만 실제적인 활용은 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 선진국과 같이 수학교육에서 공학도구를 사용하여 소기의 교육목적을 이루도록 하려면 우선적으로 교사가 먼저 공학도구의 활용에 대한 확신이 생기도록 하는 정책이 필요하다고 할 수 있다.

교육의 방법론적 측면에서도 수학수업에서의 공학도구의 사용은 교사들이 다양한 시도를 통해 새로운 접근을 가능하게 할 것이다. 이는 가깝게는 학생들의 흥미나 주의집중을 유도하기도 하지만 더 나아가서는 개별교육이 가능한 맞춤형 교육으로 이끌어 나갈 수 있다. [4]에 의하면 기술공학의 도입으로 특정한 학생의 필요에 맞추어 교수-학습 상황을 바꾸어 제공할 수 있다고 한 바 있다.

그러나 교사의 테크놀로지 활용에 있어서 효과성 및 효율성은 교사의 확신과 신뢰, 수학적 지식 자체의 개념과 기술, 수학적 내용 지식, 교육적 내용 지식(PCK: Pedagogical Contents Knowledge) 등을 어떻게 가르쳐야 할 것인지에 대한 심도 있는 연구가 선행되어야 한다. 교사가 수학 수업에 테크놀로지의 가치를 더욱 신뢰할 때, 그들이 선택할 기술의 통합수준으로 이끌 수 있다.

이에 본 연구에서는 테크놀로지 경험이 없는 교사의 태도검사(Attitude test)를 통하여 교사들의 배경적 생각을 사전조사하고 한 학기 동안의 수학 교육과정을 대수, 함수, 기하, 미적분, 통계로 나누어 이와 관련한 테크놀로지에 대한 인식과 활용 가능성을 탐색하고자 한다. 그래픽 계산기와 GSP, AutoGraph과 같은 다양한 경험을 통하여 교사들의 테크놀로지에 대한 태도를 도구장착과 도구화의 개념으로 분석하여 이것이 교사의 확신에 어떻게 영향을 미치는지를 알아보고자 한다. 또한 도구장착과 도구화에 영향을 줄 수 있는 요인들로 잠재적 도구

(affordance)와 잠재적 제약(constraints)의 고려가 우선되어야 함을 전제하고 있다.

다음 장에서는 이론적 배경을 토대로 고안된 연구의 방법, 그리고 연구결과를 통해 본 연구의 시사점을 결론으로 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

교사가 테크놀로지를 이용하여 잘 지도하기 위한 유용한 방법의 개념으로서 교사의 교육적인 기술 지식(Pedagogical Technology Knowledge)을 들 수 있다. PTK는 단지 전문적인 기술사용만을 의미하는 것이 아니라, 테크놀로지를 통하여, 수학을 지도하는데 필요한 기술과 원칙을 이해하는 것을 의미한다. 이것은 새로운 사고방식과, 테크놀로지로부터 수학으로의 초점의 변화를 필요로 한다. PTK의 발전은 테크놀로지에 대한 교사의 생각, 그리고 그것의 활용과 도구장착(instrumentation)으로 이루어진다고 할 수 있다[25]. 또한 [25]는 PTK를 발전시키기 위한 구성요소에는 단순한 기술적 도구(tool)에서 목적을 포함한 도구(instrument)로의 변화[16], 직접적인 기능적 계산, 검산, 또는 개념적 수학 지식의 확립과 같은 수학 지도에 있어서 기술적 도구로 사용되어지는 질적으로 다양한 방법의 세분화를 말한다 하고 하였다. 도구장착이란 주체자가 스스로를 도구에 적응시키는 것을 말하고, 도구화(Instrumentalization)란 주체자가 도구를 주체자 자신에게 맞도록 적합화하는 것을 말한다. [16]은 연장(tool)과 도구(instrument)라는 용어사용의 구별을 명확하게 하였다. [20]에 의하면, 행동계획에 연관된 사용과 활용, CAS라는 도구(tool)의 변환 또는 도구로서의 인공물을 통하여, 학생들에게 있을 법한 도구발생(Instrumental genesis)의 과정을 설명하고 있다. 이러한 과정은 특정한 과제에 대한 연장의 채택, 무엇에 유용한지, 어떻게 적용하는지의 결정에 따른, 그리고 과제해결에 있어서 요구 되는 기술의 발전과 관련하여 예상치 않은 복합적인 것이라고 할 수 있다. 실제 [20]은 도구장착과 도구화라는 두 과정의 연관성에 대하여 설명하고 있는데, 전자는 사용자가 그 자신을 도구(tool)에 적응하는 것이고 후자는 연장을 그 자신에게 적합하게 활용하는 것이다. [16]은 이러한 개념을 사용하였을 뿐만 아니라 행동도구장착에서 schemes의 중요성을 상세히 하였으

며, 도구장착과정과 개념화 과정들은 이러한 schemes들의 산출을 위해 상호의존적이라는 것으로 설명하였다. 그는 도구장착에 있어서의 학습의 구성과 도구장착활동이라는 두 가지 측면에서 개별적으로, 그리고 집합적으로 특정한 개념들에 있어서 명확하게 지도되어야 한다고 결론을 내렸다.

교사로 하여금 행동과 결정에 영향을 미치는 도구장착과 도구화는 특별한 수학적 과제를 채택하도록 요구한다. 교사들은 그들의 정신적 능력을 실행하는 것을 체계화할 뿐만 아니라 무엇을 어떻게 할 수 있는지를 고려해야만 한다. 단순한 기계적인 반복보다는 의미론적 입/출력, 대수적 기대, 그리고 화면과 메뉴 기능을 탐색하면서 어려움에 대처하는 능력이 더 필요하다. 그것은 사용자와 수학간의 인식론적 기술 중재 가능성을 의미하면서, 특별한 개념상의 기술적 활동에 초점을 두고 있음을 의미한다[16].

다른 주요 요인으로, 교사의 효율적인 테크놀로지의 사용에 있어서 [13]의 잠재적 도구와 잠재적 제약 이론에서 제시되었던 것처럼, 교사와 환경간의 관계를 간과할 수 없다. 잠재적 도구는 어떤 행위를 유도하는데 필요한 교육적 환경 또는 발생가능성 있는 상호 잠재적 여건을 의미하고, 잠재적 제약은 잠재적 도구의 특성에 구조와 방향을 제시한다[15]. 수학 학습 상황에서는 교사로부터 어떤 행동 유도를 가능케 하는 그래픽 계산기와 같은 테크놀로지의 존재를 잠재적 도구라 하고, 학생과 교사간의 도구장착, 교사의 교육적 기술 지식(PTK), 테크놀로지를 사용 할 수 있는 시간적 제한, 교과과정의 내용, 그래픽 계산기의 한계(예를 들어, 그래픽적 표현이 아닌 대수적 또는 수적 표현에 대한 직접적 통제), 그리고 계산기에서 요구되어지는 정확한 명령어의 입력과 같이 제약적 성질을 가지고 있는 것을 잠재적 제약이라 할 수 있다. 여기서 교사의 역할은 학습 현장에서 잠재적 도구와 잠재적 제약을 잘 사용하고 조화를 이루게 하는데 있어서 중요한 역할을 한다.

[7]은 학습과정에서 교사와 학생이 교육적 계약관계(didactic contract)로서 역할을 하는 부분들을 상호 인지라고 표현하였다. 이 용어는 각 부분의 무언의 수용을 통하여, 상호적 의무 관계임을 나타낸다. 교사가 가르칠 것이라는 학생들에 의한 기대와 학생들은 배우기를 원한다는 교사에 의한 기대가 존재 한다고 볼 수 있다. 물론 이 사회적 계약(contract)은 수업 중에 발생할 수 있는 새로

운 환경을 수용하면서 변화 할 수 있는 역동적인 본질을 지니고 있다. 교사의 교육적 계약관계에 영향을 미치는 요인들로 확신과 태도와 같은 영향을 주는 변수들을 포함하고, 수학적 지식 자체의 인식과 그리고 수학적 지식 내용과 교육적 지식내용이 어떻게 학습되어야 하는지를 언급하였다[21]. 교사가 제한된 개념 지식과 관련된 부수적 개념[8]을 가지고 있다면, 풍부한 개념적 사고 형성에 있어서 학생들을 보조 할 다양한 환경과 경험을 제공하는데 더 어려움이 있을 것이라 추측할 수 있다. 대신에 학생들은 개념보다는 문제를 풀 때마다 나타날 수 있는 도구상자 선택 과정을 통하여 단순한 계산 지향(process-oriented)쪽으로 퇴보할 수 있다[23].

가르친다는 것은 단지 교사의 수학적 이해 정도에 의해 결정 되어질 수 있는 것이 아니라, 교사의 교육적 지식내용에 의해 영향을 받는다고 볼 때[9], 이것은 수학적 사고의 이해 및 원리적용이 어떻게 교수되고 학습되는지에 관련된 교육활동을 구조화 하는 것을 포함하게 된다 [21][22][9][8]. 새로운 기술(technology)을 교실에 도입한다는 것은 교육적 계약을 근본적으로 수정하면서 파격적인 효과를 불러올 수 있다. 테크놀로지의 도입은 교사의 입장에서 볼 때, 수학에 대한 초점의 이동(shift of mathematical focus)이라는 새로운 방식을 필요로 하고, 수학 학습에 대한 테크놀로지의 함축된 더 깊은 의미를 포함한다.

교사들은 소위 PTK(Pedagogical Technology Knowledge)라고 하는 교육적 기술 지식 또한 발전시킬 필요가 있다. 이것은 [20]이 제시한 도구의 도구화와 도구장착과 같은 단계를 통하여 발전 되는 것처럼, 수학 학습에 있어서 학생들로 하여금 기술적 도구의 도구화와 도구장착의 개념을 습득하도록 다양한 학습법을 통하여 발전시킬 수 있는 것이다. 기술적 도구장착과 같이 교사의 확신과 태도는 수업에 있어서 강조하는 부분과 교육적 계약이 변화되는 형태로 나타나고, 도구를 한층 강화하기 위한 형태로 바뀌어진다. 수학수업에서 기술의 가치에 대한 확신이 발전되어감에 따라, 그들이 사용할 학습형태에 테크놀로지의 통합수준의 결과에 초점을 두어야 한다. 본 연구는 그래픽 계산기를 수단으로 사용하는 교사들로 시작하여 교사들의 내용 지식의 일관성, 교육적 내용 지식, 수단, PTK 그리고 교육형태의 계약의 일관성과 연관 지어 교사의 경험을 이해하고자 하였다.

### 3. 연구방법

#### 3.1 연구대상

본 연구는 중등학교 9명의 교사와 10명의 예비교사들을 대상으로 대수, 함수, 기하, 미적분, 통계 영역을 중심으로, 그래픽 계산기와 같은 테크놀로지를 도구장착으로 안내하면서 나타나는 교사의 PTK의 발달과정을 조사하였다. 19명의 교사들 중 9명이 현직 교사로서, 7명의 여자 교사와 2명의 남자교사였으며, 3명이 중학교 교사이고 6명이 고등학교 교사, 교사 경력은 2-4년 된 교사가 6명이고, 5-10년 된 교사는 3명이고, 연령은 21-30세가 7명이고 31-40세는 2명이었다. 수업 시작 전의 사전 조사에서 9명의 교사 모두 수업 중에 4명은 컴퓨터를 전혀 사용한 경험이 없었고, 4명은 가끔 사용한 경험이 있었고, 1명은 자주 사용한다고 답하였지만 교사들이 구체적으로 답한 컴퓨터 사용의 의미는 파워포인트를 말하는 것이었고 그 중 자주 사용한다는 교사는 수학 소프트웨어 중 하나인 “Graph Equation”을 사용한다고 답하였다. 또한 9명의 교사들 중 3명의 교사들이 각각 입학사정관 연수(60시간), 시험출제유형평가(두 달), 수학(20시간)를 하였다고 답하였으며 특별히 공학도구와 관련된 연수를 받은 경험은 없었다. 수학학습지도에 있어서의 자신감의 수준에 대해서는 4명의 교사가 ‘보통’, 다른 4명의 교사는 ‘자신 있다’ 그리고, 1명의 교사만 매우 자신 있다고 답하였다. 학습지도시에 가끔 빠는 부분이 있는지에 대한 질문에 ‘응용을 넘어서는 복잡한 계산 예를 들어  $\sin 30 / \sin 12$ 의 값을 소수 셋째자리까지 구하는 문제는 뻔다’, ‘학생 수준에 맞춰 심화 교재 사용, 심화반은 경시대회 문항지 사용’, ‘수능과 거리가 먼 문제’, ‘복잡한데 그리 필요하지 않다고 느끼는 부분의 문제’, 시간 부족의 이유로 ‘수학사적 내용이나, 현상 관련된 실생활 활용 문제’는 뻔다고 답하였다.

#### 3.2 연구절차

본 연구는 서울에 위치한 모 교육대학원에서 2011년 2학기 한 학기동안 예비교사와 현직교사를 포함한 수학교육학과 예비교사와 현직교사를 포함한 19명을 대상으로 수학교육과정을 대수, 함수, 기하, 미적분, 통계 영역을 중심으로, 테크놀로지의 활용에 중점을 두어 테크놀로지를 도구장착으로 발전시키고 PTK를 확대하는 것에 중점을 둔 연구이다. 교사들은 그래픽 계산기와 그 밖의 수학

소프트웨어 또한 사용해 본 경험이 없었다. 16주 동안 100분 수업을 통하여 두 가지 종류의 그래픽 계산기 TI-84Plus와 TI-89를 나누어주고 수업시간과 그 외의 시간에도 마음대로 사용하도록 하였고, Autograph와 GSP와 같은 수학 소프트웨어도 다루었지만, 그래픽 계산기의 활용에 주로 중점을 두었다. 본 연구자가 구성한 두 가지 그래픽 계산기를 위한 교수·학습자료를 사용하여 교사 스스로 활용하는데 최대한 어려움이 없도록 하였다. 교수·학습자료에는 그래픽 계산기의 기본적인 사용방법, 내장된 기능, 현 수학교육과정에 포함된 방정식, 함수, 지수·로그 함수, 삼각함수, 극한, 미분, 적분내용을 그래픽 계산기의 활용과 연관지어 실제로 입력해야 할 키 누르는 순서와 계산기의 실제 화면, 그리고 나타난 화면에 대한 상세한 설명을 덧붙였다. 학습자료가 영문으로 작성되어 있어서 처음 시작하는 교사들에게는 어려움이 있었지만 본 연구자가 초기 수업시간에 컴퓨터 화면에 그래픽 계산기의 실제 화면을 띄워서 키 누르는 과정을 교사들과 함께 한 단계씩 확인하면서 진행을 하여서 크게 어려워하지는 않았다.

수업 진행 방식은 3-4명씩 그룹을 지어 진행하면서, 그래픽 계산기 사용 중에 서로 간에 생각을 제시하도록 하였고, 처음 두 번의 수업은 주로 본 연구자가 시범을 보인 것을 그대로 따라하는 형식으로 진행되었지만, 세 번째 수업부터는 교사에게 자유롭게 활용할 수 있는 시간을 주고 교사들이 현재 지도하고 있는 학년과 수준에 맞게 활용방안을 제시하고 다른 교사들과 조별로 토론할 시간도 포함하였다. 학기 중에 교사의 테크놀로지에 대한 발전된 생각을 확인하기 위해서, 두 번의 발표를 하도록 하였다. 조별 발표를 학기 중간에 하고, 학기말 발표에서는 개인 발표를 하게 하였다. 중간발표에서는 조별로 주제를 정하여 학습현장에서 테크놀로지 활용 가능한 주제를 결정하고, 그에 따르는 평가방법도 제시해 보도록 하고 그것들을 포함한 결과 보고서를 제출하고 실제로 수업시연을 각 조에서 분담하여 발표하도록 하였다. 중간발표 전까지 발표할 주제 선정의 이유등과 테크놀로지 활용 지도안에 대한 초안을 과제로 제시하도록 하였다. 또한 연구자가 과제물에 대한 제언을 하면서 교사들이 테크놀로지 활용에 대하여 필요성을 인식하고 확신을 가지고 충분히 연습을 하도록 수업시간과 수업 이후에는 이메일을 통하여 지속적인 지원을 하였다. 중간발표에서 조별 발표를 할 때, 다른 조들은 연구자가 제시한 테크놀

로지와 관련된 다섯 가지 항목별 평가를 다음과 같이 제시하였고 하도록 하고, 그에 따르는 각각의 조별 의견과 개인적인 의견을 제시하도록 하여 토론의 시간을 가졌고, 그것을 기말 발표에 반영하도록 하였다:

- 항목 1. 교육과정에서 Technology 사용의 적합성
- 항목 2. 단원 설정: 수업내용과 Technology의 연계성 (적절한 예시, 배경지식)
- 항목 3. 지식 전달: 수학적 지식의 전달력과 학년에 맞는 표현의 다양성
- 항목 4. 탐구학습에 기여도: 학생들의 탐구학습에 대한 기여도
- 항목 5. Technology 사용으로 인한 개념학습의 효율성

기말 발표는 중간발표에서의 조별 발표를 경험으로 발전시켜서 개인 발표를 하도록 하였다. 중간발표를 할 때와 마찬가지로 주제를 정하고, 초안을 작성하여 완성될 때까지 연구자는 한 학기 내내 교사들에게 피드백을 주며 소통하였다.

### 3.3 연구도구

첫 수업과 마지막 수업시간에 그래프 계산기를 포함한 테크놀로지의 사용 전 후 교사의 인식을 알아보기 위한 사전, 사후 검사지를 개발하였다. 수학에 대한 관점, 테크놀로지에 대한 관점, 테크놀로지 관련한 자기개발, 수학학습에서 테크놀로지 활용 그리고 수학학습에서 그래픽 계산기활용 등 다섯 가지 카테고리로 구성된 리컬트-스타일 (Likert-style)의 반응 검사가 이루어졌다. 학기 중의 수업형태는 테크놀로지를 사용하였을 때를 전제로 현 교육과정에 있어서 어떻게 교수 방법이 달라져야 하는지를 강조했고 두 번의 발표와 보고서에, 학급 구성형태, 어떻게 테크놀로지를 사용하는지의 세부적인 내용과 수업에 참여한 학생들의 예상되는 반응 등을 포함하도록 하였다.

그래픽 계산기와 같은 테크놀로지 사용에 영향을 미치는 개인적이고 환경적인 요인을 포함한 태도 검사를 교사들에게 제시한 것은 교사의 경험에 영향을 주는 다른 가능한 요소들을 찾기 위한 것이다. 반응검사는 총 30 문항을 다음과 같이 다섯 가지 카테고리 나누어서 그에 대한 교사의 반응을 살펴보고, 질문에 대한 확신의 정도를 1에서 5까지 세분화 하였다.

- a. 수학에 대한 관점(문항: 2, 20, 21, 22)

- b. 테크놀로지에 대한 관점(문항: 7, 13, 15, 18)
- c. 테크놀로지 관련한 자기개발(문항: 3, 11, 17, 19)
- d. 수학학습에서 테크놀로지 활용(문항: 1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 16)
- e. 수학학습에서 그래픽 계산기활용(문항: 23-30)

### 3.4 분석방법

연구도구는 [19]의 연구에서 사용된 설문지를 활용하였으며 신뢰도는 Cronbach's 알파 신뢰도 계수를 이용하였고, 0.914로서 높게 나타났다. 위에서 언급한 연구도구들을 통하여 얻은 데이터는 SPSS14.0을 사용하여 t-test를 통해 통계적으로 분석하였다.

## 4. 연구결과

### 4.1 테크놀로지 활용에 관한 인식조사

수학, 테크놀로지 그리고 그래픽 계산기 활용에 대한 일반 교사들의 생각을 알아보기 위하여 교육대학원의 수업에 참여한 일반 교사와 예비교사를 포함한 학생들의 테크놀로지 사용 후의 태도변화를 비교한 결과는 <표1>에서 보여진 바와 같다. 132명의 경기도 중등수학과 1급 정교사 자격연수교사들과 교육대학원 수업에 참여한 9명의 교사 그리고 10명의 예비교사들을 합한 141명과 교육대학원 학생들 19명과 비교한 것이다.

<표 1> 중등수학과 1급정교사 자격연수교사들과 교육대학원 수업 참여 교사들 간의 비교

	수학에 대한 관점	테크놀로지에 대한 관점	테크놀로지 관련한 자기개발	수학학습에서 테크놀로지 활용	수학학습에서 그래픽 계산기 활용
N=141	4.05	3.33	3.19	3.37	3.51
N=19	4.16	3.88	3.63	3.90	3.98
p-value	n.s	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.005

<표1>에서 보여주고 있는 것처럼, 수학에 대한 관점을 제외하고는 커다란 변화가 있다는 것을 알 수 있다. <표2>에서 알 수 있듯이 그래픽 계산기 사용 후에 수학에 대한 관점 항목을 제외하고는, 테크놀로지, 수학 학습에 있어서의 테크놀로지, 수학 학습에 관련된 그래픽 계산기에 대한 항목들에 있어서는 큰 차이가 있다는 것을

알 수 있고, 수학에 대한 관점 항목에 있어서는  $p$ 값이 0.07로 약하게 나왔지만 다른 항목들에 근접하게 강하다고 해석할 수 있다. 따라서 그래픽 계산기 사용을 한 교사들은 사용전보다 수학을 지도하는데 있어서의 테크놀로지 사용에 대해 더욱 강한 긍정적인 태도를 갖게 되었다고 볼 수 있다.

〈표 2〉 테크놀로지 사용 전과 사용 후의 교사들의 관점 변화

N=19	수학에 대한 관점	테크놀로지에 대한 관점	테크놀로지 관련한 자기개발	수학학습에서 테크놀로지 활용	수학학습에서 그래픽 계산기 활용
사용전	3.96	3.41	2.91	3.29	3.31
사용후	4.16	3.88	3.63	3.90	3.98
p-value	0.07	<0.005	<0.00005	<0.00001	<0.0005

한편 반응검사는 그래픽 계산기와 같은 테크놀로지의 사용에 영향을 줄 수 있는 개인적이고 환경적인 요인을 포함하여 교사의 경험에 영향을 주는 가능한 요소들을 찾고자 한 것이다. 수학에 대한 관점에 관한 문항에서는 큰 변화가 없었지만, 그 외의 부분에서는 큰 변화가 있었다고 볼 수 있다(〈표3〉 참조). 예를 들면, 테크놀로지 사용 전에 보여주었던 부정적인 생각이 테크놀로지를 사용한다면 어려운 문제가 더 잘 해결할 수 있다고 크게 변화되었다는 것을 알 수 있다. 이것은 테크놀로지를 사용하면 수학학습에서 단순한 계산만 해서 해답을 얻어낸다는 일반적인 생각에서 개념학습에까지 도움을 줄 수 있다고 인식하는 것이다. 질문5의 결과에서 나타난 것처럼, 사용 전에는 테크놀로지가 수학을 학습하는데 중요하다고 막연하게 생각하고는 있었지만 실제로 교사 스스로가 사용해 본 후에는 그 중요성을 더욱 절실히 느끼게 되었다는 것을 알 수 있다. 질문 9는 수학시간에 테크놀로지를 자주 사용하는 것에 대해서 중립적인 반응을 보여 주었지만 실제로 테크놀로지를 사용한 후에는 자주 사용하도록 해야 한다는 방향으로 더욱 적극적인 자세로 변화되었다는 것을 알 수 있다. 질문 16은 테크놀로지를 사용하고 그것에 대한 충분한 연습을 통하여 확신을 가진 교사들일수록 수학을 지도하는데 있어서 테크놀로지를 수업에 활용한다면 수학이 쉬워질 것이라고 확신하였다. 질문 1의 결과에 따르면, 테크놀로지를 이용한 수업을 한다면 학생들이 더욱 흥미를 가지게 될 것이라고 확신을 갖게 되었음을 알 수 있다. 테크놀로지와 관련한 자기개

발에 관한 부분(질문 19)에서 나타난 것처럼 테크놀로지 사용 전에는 수학 학습지도에 이를 사용하는 것에 대해 확신이 없었지만 테크놀로지를 실제로 경험한 후에는 크게 확신이 생겼다는 것을 알 수 있고, 이것은 교사가 테크놀로지를 학습지도에 적극적인 활용가능성을 보여주는 것이기도 하다.

수학학습에서의 그래픽 계산기 활용 면에서는 질문 23과 질문 25에서 보여준 것과 같이 그래픽계산기는 수학학습에 동기부여를 할 수 있으며, 이것은 학생들로부터 학습기회를 빼앗는 것이 아니라 학생들이 수학을 이해하는 데에 한층 도움이 될 것이라고 여기고 있는 것이다. 또한 질문 27의 결과에서 알 수 있듯이 그래픽 계산기의 활용이 학생들로 하여금 수학에 더욱 확신을 갖게 하는 것뿐만 아니라 교사의 그래픽 계산기의 활용에 대한 확신이 우선되어야 학생들에게 반영될 수 있다는 가능성을 보여주는 것이라고 할 수 있다. 그래픽 계산기를 시험에 사용하도록 하는 것에 대한 질문29에서는 아주 부정적인 반응에서 중립적인 입장으로 많이 옮겨진 변화를 볼 수 있었다. 이것은 한 학기동안 그래픽 계산기를 사용해 보면서 테크놀로지에 대한 막연한 생각에서 실제로 조작해보고 다른 교사들과 의사소통을 해보고, 현장 수업과 관련하여 실제적인 수업지도안을 만들어보고 발표하고 지속적인 토론을 통하여 교사 스스로에게 적극적인 변화가 있었다고 볼 수 있다. 통계학에서의 그래픽 계산기의 활용에 대한 질문 30에 대해서도 교사의 강한 확신을 보여주었다. 이는 교사들이 수업시간에 통계와 관련된 실제적인 데이터를 그래픽 계산기에 입력해 보고 분석해 봄으로써 현 교육과정의 제한된 상황을 해결할 수 있는 방법으로 인식한 것으로 보인다.

전반적으로 테크놀로지의 활용에 대한 긍정적인 태도가 교사들 자신의 능력을 키우는데 도움을 주었고, 테크놀로지를 이해하는 능력, 여기서는 특히 그래픽 계산기를 사용한 교사가 사용하지 않는 교사들에 비해 수학을 배우는 학생들을 도와주는 것에 더욱 긍정적일 수 있다고 보인다. 이것은 앞에서 언급했던 PTK[24][19]의 개념과 연관 지어볼 때, PTK는 수학 학습지도에 그래픽 계산기를 관련시킬 수 있는 가능성을 가지고 있으므로 분명히 일치한다고 볼 수 있고, 교육에 있어서 학습지도에 대한 새로운 가능성에 초점을 맞출 필요가 있다고 본다. 여기서 그래픽 계산기를 활용한 학습지도에 있어서 더 큰 자신감은 그래픽 계산기의 사용과 그 사용 능력에 좀 더

긍정적인 태도라고 연관 지을 수 있다.

〈표 3〉 반응검사 결과에서 사용전, 후의 변화

항목	내용	사용전 평균	사용후 평균
질문18	테크놀로지를 사용한다면 어려운 문제도 더 잘 풀게 할 수 있음	2.8	4.0
질문5	테크놀로지가 수학을 학습하는데 있어서 매우 중요한 도구라고 생각	3.3	4.1
질문9	학생들은 수학에서 테크놀로지를 자주 사용하게 해서는 안 됨	3.0	2.3
질문16	수학학습에 테크놀로지를 사용하게 한다면 수학이 쉬워질 것임	3.0	4.2
질문1	테크놀로지를 사용한다면 수학에 더욱 흥미를 가지게 될 것임.	3.5	4.3
질문19	수학 학습지도에 테크놀로지를 사용하는 것에 대해 확신이 없음	3.5	2.1
질문23	그래픽 계산기를 사용한다면 수학 학습에 동기부여를 할 수 있음	3.5	4.3
질문25	그래픽 계산기를 사용하게 한다면 굳이 그래프를 손으로 그리는 것을 배울 필요가 없음	1.5	4.3
질문27	그래픽 계산기를 수학 학습에 사용한다면 수학에 대해 더욱 확신을 갖게 될 것임	3.2	4.3
질문29	그래픽 계산기가 모든 시험과 수능 시험에도 사용 되어야 함	2.1	2.9
질문30	통계학에 그래픽 계산기를 사용하는 것은 문제 이해에 도움이 됨	3.4	4.1

#### 4.2 교사의 태도변화

그래픽 계산기와 다른 테크놀로지를 지도한 지 6주 후, 테크놀로지에 대한 교사들의 태도에 있어서 적극적으로 긍정적인 태도변화를 볼 수 있었다. 본 연구자는 조별 연구과제로 실제 교육 현장에서 효율적인 테크놀로지 사용이 가능한 단원을 설정하고 구체적인 지도방안을 제시하도록 하였다. 한 조의 경우 ‘함수 교육의 문제점’을 주제로 발표를 하였다. A중학교와 B비즈니스고등학교에 재직 중인 교사 두 명이 포함된 조에서 함수 교육의 문제점을 찾기 위해 학생들의 함수에 대한 학습경험의 배경을 진단하고 그것에 대한 대책을 제시하고자 설문지를 작성하고 그에 대한 분석내용을 제시하였다. 설문조사는 보고서와 발표에서 요구되어진 부분이 아니었음에도 불구하고, 교사들은 적극적인 자세를 보여주었다. 이것은 교사들도 수업에 임하면서 학생의 입장에서 볼 때, 자기

주도학습이 가능하다는 것을 보여주는 한 예이기도 하다. 교사들은 단지 테크놀로지를 도입한 수업준비를 과제별 표를 위한 수동적인 태도가 아니라 적극적인 자세로 현 교수·학습의 문제점을 먼저 찾고자 하는 적극적인 자세로 임했다. 교사들이 테크놀로지의 사용에 대한 확신이 제대로 형성되지 않았더라면 이러한 자발적인 설문조사와 분석은 발생하지 않았을 것이다. 설문조사는 모두 현장 교사들로 이루어져 있어서 쉽게 학습지도하는 학생들을 대상으로 실시할 수 있었다. 또한 그 결과로 ‘함수 교육의 문제점’을 주제로 선택함에 대한 이유를 뒷받침할 수 있었고, 학생들이 다른 단원에 비해 함수 단원을 어렵게 생각하며 특히 함수를 그래프로 표현하여 시각화하는 것에 어려움을 겪고 있다는 것도 알게 되었다.

〈표4〉에서 알 수 있듯이, 문항1에서 함수 단원이 다른 단원에 대해 어렵다고 생각하는지에 대한 질문에 A중학교의 경우 28명 중 17명인 61%의 학생들이 함수 단원을 어렵다고 생각하고 있었고, 21% 학생들이 매우 어렵다고 한 것으로 보아 전체의 28명 중 23명(82%) 학생들이 함수를 어렵게 생각하고 있다는 것을 알 수 있다. B 특성화 고등학교의 경우 중학교에서 이미 함수 단원을 이미 경험했음에도 불구하고 30명 중 15명(50%)가 매우 어렵다고 생각하고 있고, 11명(37%)가 어렵다고 생각하고 있었다. 문항 2에서 함수를 공부하거나 문제 풀이를 할 때, 그래프를 사용했는지에 대한 질문에 대하여, A중학교의 경우 28명 중 12명인 43%의 학생들이 그래프를 많이 사용했고, 7% 학생들이 아주 많이 사용했다고 답하였다. B 특성화 고등학교의 경우 30명 중 9명(30%)은 그래프를 많이 사용하였고, 9명(30%)은 그래프를 별로 사용하지 않았다고 답하였다.

〈표 4〉 교사의 함수 단원에 대한 학생응답률

문항	두 학교	1	2	3	4	5
1	A(N=28)	6(21%)	17(61%)	4(14%)	1(4%)	0(0%)
	B(N=30)	15(50%)	11(37%)	2(7%)	2(7%)	0(0%)
	A+B(%)	36(%)	48(%)	10(%)	5(%)	0(%)
2	A(N=28)	2(7%)	12(43%)	8(29%)	6(21%)	0(0%)
	B(N=30)	2(7%)	9(30%)	5(17%)	9(30%)	5(17%)
	A+B(%)	7(%)	36(%)	22(%)	26(%)	9(%)

위의 설문조사를 통하여 교사들은 학생들이 함수를 어려워하는 이유에 대하여 네 가지를 들었다. 첫째, 대부

분의 학생들이 함수의 여러 측면 중 하나인 “그래프=함수”라고 인식하고 있다는 문제점을 스스로 찾았으며 함수와 동일시하는 그래프 그리기를 어렵게 생각하고 그래프는 그릴 수 있더라도 해석이 불가능하므로 함수는 어렵다고 느끼는 경우가 많다고 해석하였다. 그 이유에 대하여 현행 교과서의 교수·학습 방법에 대하여 예를 들었다. 즉, 현재의 교과서가 몇 개의 순서쌍의 점들을 연결해서 함수의 그래프를 그리는 과정을 강조함으로써 “함수는 그래프를 그리는 것”으로 인식하게 하고 그래프를 그리지 못한다면 함수 문제는 풀지 못할 것이라 스스로 포기하게 하는 것이라고 지적하였다. 둘째, 지필로 그래프를 그리는 경우 몇 개의 점을 찾아 점을 찍는 과정에서 그래프를 그리는 그 자체가 학습의 목적이 되어 그래프를 그리는 원래의 목적인 두 변수 사이의 특별한 관계(함수)를 이해하는 것을 잃게 된다[10][18][11]. 셋째, 함수와 그래프와의 연관성을 이해하지 못한다는 점이다. 즉 적지 않은 학생들이 연립일차방정식의 해가 그래프의 교점에 해당된다는 사실을 알지 못하고 있다[6]는 것이다. 넷째, 일상생활에서 활용할 수 있는 함수와 관련된 문제는 학생들로 하여금 흥미를 유발시킬 수 있지만 지필로 풀기에는 계산이 복잡하기 때문에 가르치기 어렵고 교사와 학생 모두 기피하는 경향이 있었다.

고등학교 2학년 학생들을 지도하는 교사 C는 최근에 미분과목의 중간고사를 치른 35명의 학생들을 대상으로 미분의 개념과 인식 및 흥미정도에 대한 질문지를 이용하여 미적분 지도의 문제점을 찾고 공학도구를 이용한 방안을 찾고자 하였다. 교사 C는 학생 35명중 23%가 미분 개념을 전혀 이해하지 못하고 있고, 응답을 한 학생들의 37%도 개념이해에 오류가 있는 것으로 분석하였다. 또한 미분의 주요 기본 개념인 평균변화율과 미분계수(순간변화율)의 개념은 이해하지 못하고, 이 학생들이 최근에 미분과목의 중간고사를 본 학생들이라는 점을 감안한다면, 기계적으로 공식을 이용해 계산하는 경향이 많다고 분석하였다. 또한 미분에 대한 인식 및 흥미에 대하여 대다수의 학생들이 ‘개념이 제일 어렵다’, ‘의미가 와닿지 않는다’ 등의 반응을 보인 것으로 보아 학생들이 미적분 단원을 배우고 시험까지 치르었지만 개념적인 면과 흥미 유발이 거의 안 된 것으로 보아 기존의 일반적인 교수학습 방법에 있어서의 문제점을 교사 스스로 진단하였다.

교사 C는 현재의 미분의 교수·학습지도 과정에서 대수적인 방법에 치중하고, 직관적인 방법이 취약하다는

점을 들어 GSP(Geometric Sketch Pad)와 같은 컴퓨터 소프트웨어를 활용하여 수치 대입과 그래픽 기능을 이용한 방법을 보충하면서 자연스럽게 대수적인 접근이 되도록 교육환경을 변화하여 효과적인 미분 개념의 학습지도 방안을 제시하였다. 평가방안에 있어서도 학생들이 컴퓨터를 시험에서는 활용하지 못한다는 점을 감안하여 학생들 중 일부는 그래픽 계산기를 사용하게 하여 문제를 풀게 하여 그래픽 계산기를 사용하지 않은 학생과 답안지를 같이 비교하여 제시함[그림 1]으로써 그래픽 계산기의 필요성을 제시하였고, 그래픽 계산기를 사용할 경우의 평가기준의 예도 <표5>와 같이 제안하였다. 이것은 한 학기동안 활용해 본 테크놀로지에 대한 확신을 미분 개념에 대한 학생질문지, GSP를 활용한 수업지도안, 평가지, 그리고 <표5>와 같은 평가기준을 통해 여러 가지 측면에서 보여 준 것이라고 할 수 있다.

문제. 다음은  $f(x) = x^3$ 에서  $h$ 가 0으로 가까이 갈 때,  $\frac{f(1+h)-f(1)}{h}$  의 값의 변화를 조사한 것이다. 공학도구를 이용하여 다음 문제를 해결하시오. (단, A열은  $h$ 의 값이며, B열은  $\frac{f(1+h)-f(1)}{h}$  이다.)

활동 1. 다음 표의 빈칸을 채우시오. (5점)

	A	B
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

활동 2. 위 표로부터  $h$ 가 0으로 점점 작아졌을 때,

$$\frac{f(1+h)-f(1)}{h}$$

의 값을 추정하시오.[5점]

활동 3. 공학도구를 이용하여  $f(x) = x^3$ 을 그리고  $x=1$ 에서의 미분계수를 구하시오. [5점]

활동 4. 순간 변화율의 정의에 의하여  $f'(1)$ 을 구하시오. [5점]



〈표 5〉 미분 개념에서의 교사의 평가 기준 예

문항	풀이	점수
1		<p>빈 칸의 값을 각각 0.5점씩 한다.(부분점수 없음)</p> <p>그래픽 계산기를 이용하여, 함수 <math>f(x) = x^3</math>, 평균변화율을 <math>r(x, h)</math>라 고 정의하면 주어진 표를 완성할 수 있다.</p> <p>5점</p>
2	<p>B의 결과를 볼 때, A가 작아질수록 3에 가까워지고 A가 커질수록 3에 가까워지므로 <math>\frac{f(1+h)-f(1)}{h}</math>에서 <math>h</math>가 0에 가까워질 때, 3에 가까워진다는 것을 알 수 있다.</p> <p>그래픽 계산기의 표를 이용하면, 극한의 의미를 나타낼 수 있고, 대수 화면에서 극한값을 구해보면 그 값이 3임을 알 수 있다.</p>	<p>가까워진다는 극한의 의미가 포함되면 2점, 극한값 3을 구하면 3점</p>
3		<p><math>f(x) = x^3</math>의 그래프를 정확하게 그리면 2점 <math>x = 1</math>에서 의미 미분계수를 나타내고 도함수를 그래프로 정확하</p>

문항	풀이	점수
		<p>계 그리면 3점</p>
4	$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$ $= \lim_{h \rightarrow 0} (3x^2 + 3xh + h^2)$ $= 3x^2$ $\therefore f'(1) = 3$	<p>순간변화율의 정의가 포함되면 3점 <math>f'(1) = 3</math>을 구하면 2점</p>

[그림 1]에서 보여주고 있는 것과 같이 그래픽 계산기를 사용하지 않은 학생의 경우,  $x=1$ 에서의 미분계수는 3이라는 학생 스스로가 결론을 가지고 실제로 A열에 있는  $h$ 값을 각각 계산한 것이 아니라 좌극한과 우극한 값이 3에 가까워져야 한다는 제한된 사고를 표현하였다. 반면에 그래픽 계산기를 사용한 학생의 경우를 보면 A열에 있는  $h$ 값의 변화에 따른  $\frac{f(1+h)-f(1)}{h}$  값의 변화를 B열에 계산한 식을 제대로 입력시키고  $h$ 값이 0에 가까워지면 3에 가까워진다는 것을 박스모양으로 표시한 것으로 보아 극한의 개념 또한 정확하게 알고 있음을 보여주었다. 이것은 미분 개념을 대수적 방법에 의한 공식에 숙달된 지도방법으로 이루어지고 있는 학교 현장의 실제 모습을 보여주는 한 예가 될 수 있다. 이것은 개념지도를 위한 교수-학습 방법에 있어서 테크놀로지와 같은 다양한 접근방법이 필요하다는 것을 보여주는 한 예이기도 하다. 하지만 교사가 과거의 중등교육을 그렇게 받아왔기 때문에 그 고정관념을 떨치지 못한다면 결코 해결될 수 없는 문제라고 할 수 있다.

문항	풀이	점수
	<p>그래픽 계산기를 사용하지 않은 학생</p>	<p>그래픽 계산기를 사용한 학생</p>

〈그림 1〉 그래픽을 사용한 학생과 그렇지 않은 학생의 답안지 비교

### 4.3 교실에서의 교사들

[24]의 연구에서 그래픽 계산기를 수단으로 사용하는 교사의 수준을 어떻게 자신감에 연결시킬 것인지 방법을 찾고, 적은 자신감으로 학급에서 그래픽 계산기를 이용하여 가르침으로써 기능적인 계산과 단순한 동작의 메뉴 키를 누르면서 형성 될 수 있는 학생들의 조작적 문제 쪽으로 너무 치우칠 수 있고, 수학적 사고에 오히려 해가 될 수 있음을 언급했다. 하지만, 좀 더 높은 수준의 도구 장치가 된다면 좀 더 높은 수준의 자신감을 얻게 되고, 좀 더 개념의 표현과 탐구적인 학습 면에 중점을 둘 수 있다. 본 연구에서는 교사들에게 테크놀로지를 이용한 학습이 학생들에게 효과적일 수 있도록 하기 위한 요소와 방법이 무엇인지에 관하여 찾도록 하였다. <표 2>에서 보여준 것처럼, 교사들은 수학에 대한 관점을 제외하고 테크놀로지에 대한 관점, 테크놀로지 관련한 자기개발, 수학학습에서 테크놀로지 활용, 그리고 수학학습에서 그래픽 계산기활용 부분에서 긍정적이고 적극적인 태도로 향상되었음을 알 수 있다. 한 학기동안 교사들의 대수, 함수, 기하, 미적분, 통계부분 중에서 주제를 선택하고 조 발표와 개인발표와 같이 두 번의 발표 준비를 하면서 판에 박힌 자신의 수업 틀에서 벗어나서 좀 더 적극적인 자세로 학생들을 위한 진단 설문지를 작성하여 문제점을 분석하고, 그래픽 계산기와 GSP와 같은 테크놀로지를 활용한 수업지도안을 만들고, 그에 대한 평가지와 평가 기준안도 만들어보고 발표를 해 보고, 교사들 간에 의사소통을 함으로써 공감대를 형성할 수 있었다. 6주째에 있었던 조 발표에서는 주로 키 조작과 같은 기능적인 면을 강조하였다. 하지만, 조 발표 직후에 발표에 대한 교사와 학생 입장에서의 서로 의견을 공유한 것이 그 다음 16주째 있었던 개인 발표에서는 좀 더 자신감 있고, 테크놀로지의 조작적인 면에 치우쳤던 부분이 많이 보완되어서 좀 더 자신감을 가지고 교사들 자신만의 생각, 전체적인 면, 일반화, 연관성의 이해에 관한 발표를 하여, 교사의 도구 장치가 이루어졌음을 알 수 있었다.

그래픽 계산기나 테크놀로지를 사용하는 교사의 잠재적 도구는 여러 영역에서 나타난다. 예를 들어, 그래픽 계산기가 제공되어 마음대로 쓸 수 있고, 전문 교육이 제공되고, 학과에서 그래픽 계산기를 사용하도록 적극 권장하고, 비슷한 생각으로 이루어진 동료 교사들의 뒷받침은 잠재적 도구가 발생할 수 있는 좋은 여건이라 할 수 있다. 이는 [17]의 네 가지 유형의 어포던스 중에서 사용

자들의 작업 수행을 돕는 기능적 어포던스에 해당한다고 할 수 있다.

### 4.4 발표, 인터뷰, 태도검사 결과 비교분석

교사들의 발표 관찰과 인터뷰, 태도 검사 결과를 분석해 본 결과 모두 사용 전에 비해 그래픽 계산기에 대한 강한 확신을 가지고 있었다. 교사들의 인터뷰 내용을 살펴보면 다음과 같다. 교사의 확신에 관한 질문으로 테크놀로지를 사용할 때 학생들에게 있었던 문제점을 물었을 때, 교사 C의 경우, “아직은 강의식 수업과 같은 실제 수업이라는 생각을 않고 본 수업보다 가벼운 마음으로 임하는 것 같았다. 학생들 학습준비도면에서 예고도하고 당일 수업진행하며 주의를 주며 상기시켰으나 강의식수업의 효율성정도가 같을 수는 없었다. 활동수업이다 보니 어수선했음과 소란스러움은 필수적으로 수반되었다. 예상했던 부분이었으나 익숙치 않은 형태의 수업을 하다 보니 경험부재 등 운영 면에서 미비하였고 목소리만 키웠던 것 같았다.” 라고 하면서 교사의 확신의 필요성에 대하여 언급하였다. 현 교육과정에 있어서의 테크놀로지의 활용 정도에 대한 질문에 “끊임없는 외국교육의 사례로 전 교육과정보다는 도입에 있어서 변모한 노력들이 교과서 곳곳에서 보인다. 그러나 현장에서 느끼는 바로는 아직도 색다른 코너를 소개하는 정도로만 여겨진다. 왜냐하면 수업의 일부에 활용할 수 있도록 구체적으로 안내되거나 짜여진 것이 아니라 단원의 마무리정도에서 소개할 정도로 이런 게 있다 하며 보고서처럼 한 장 컷으로 삽입되어 있기에 별도의 시간을 내야한다는 생각과 공학도구를 매개로 해야 하는 수고로움 그리고 교수학습법이 제시되어 있지 않아 활용해보려는 의지가 생겨나지 않았다.” 또한 수학지도에 있어서의 테크놀로지의 활용 방법으로 “우선 환경이 구축되어야 한다. 예를 들어 과학실처럼 수학실이 있어서 매번 다운받는 것이 아니라 항상 프로그램을 매시간 사용할 수 있도록 준비되어 있고 조별학습과 강의식학습이 자연스럽게 넘나들 수 있는 시설이 필요하다 생각한다. 자연스럽게 수업에 녹여낼 수 있도록 교사연수도 이뤄져야할 것 같고, 공학도구를 사용 시 효율적인 측면이 많음에도 불구하고 사용을 자제하게 되는 이유는 수업진도에 차질이 생기기 때문이다. 그 부분도 고민해봐야 할 부분이다”라고 잠재적 제약 부분에 대한 언급을 하였다. 또한 테크놀로지가 학습에 어떻게 도움을 줄 수 있는지에 대한 질문에 “깊은 개념에

들어가기 전에 기본적인 내용을 도입하고 시각적인 효과를 발생시켜 학생들에게 직관적인 이해를 돕는데 효과적이라고 생각... 학생들에게 전체적으로 수업 상황에 집중할 수 있게 해 주며 GSP와 같이 학생들도 쉽게 조작할 수 있는 테크놀로지의 경우 학생들이 직접 나와서 프로그램을 통해 흥미를 느낄 수 있게 하였으면 좋겠다.” 그래픽 계산기를 어떤 단원에서 사용하면 더 효율적인지에 대한 질문에서 그래픽 계산기의 시각적 효과에 대하여 다음과 같이 언급하였다: “함수와 미적분 그리고 통계 .... 함수의 그래프를 학생들이 잘 이해 못하거나 그리지 못하는 경우가 있는데 계산기를 사용한다면 그래프의 정확도를 알 수 있을거라 생각한다. 또한 미적분에서 넓이와 부피계산에 이용한다면 도움이 될 것이라고 생각한다. 통계에서도 정규분포 개념을 그래프를 활용한다면 좋을 것 같다.”

교사C는 전통수업방식인 교육적 계약관계에 그래픽 계산기를 수용하여 잘 조절 할 수 있었고, 그래픽 계산기를 학생들에게 모두 공급할 수 없는 상황을 컴퓨터에서 학생들로 하여금 'APPS'을 다운 받게 하여, 그래픽 계산기의 도구발생에 잘 대처 할 수 있도록 돕는 방법으로 학생 교사간의 학습지도 영역을 유지하였다. 교사 A, B, C의 경우, 학생들로 하여금 단지 블랙박스로서의 계산적 도구가 아니라, 수학적 사고의 개념적 이해를 돕는 도구로서 그래픽 계산기를 활용하기 위해 학생들의 미분과 함수에 관한 개념을 어느 정도인지에 대한 사전조사를 하여 그것을 바탕으로 활동지로 수업을 구성하였다. 교사들이 한 학기가 끝나는 16주가 되는 발표에서 대부분이 선택한 방법은, 다양한 예제를 통하여 추상적인 수학적 성질을 이해하고 학생 스스로 일반화하여 테크놀로지의 사용에 대한 교사 자신의 확신과 자신감을 보여주었다. 교사들의 인터뷰에서 그래픽 계산기의 장점에 대해 질문하였을 때, 교사들은 개념의 표현을, 계산기의 대수적으로 표현 가능한 화면, 그래프, 표와 같은 다양한 화면을 통하여 직접 보고 눈으로 확인할 수 있는 것이라고 답하였다. 그런 표현의 다양성은 수학적 이해[19]에 있어서 매우 중요한 부분으로 표현되었고, 그래픽 계산기를 활용하여 이를 향상 시켰다.

## 5. 결론

본 연구에서는 한 학기동안 지속적인 그래픽 계산기

와 같은 테크놀로지의 사용을 수업에 도입하고 지속적인 사용이 잠재적 도구로서 테크놀로지에 대한 교사의 확신에 큰 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 그 확신은 그래픽 계산기를 이용한 수업의 질뿐만 아니라, 학습지도를 함에 있어서 테크놀로지를 사용하는 교사의 태도와 개인적인 지식능력과도 연관 지을 수 있다.

[14]에 의하면, 수학 학습지도에 있어서 테크놀로지의 완벽한 활용에 영향을 주는 요소들에 는 테크놀로지를 사용했던 과거의 경험과 숙련 정도, 전문교육을 통한 배움의 기회 제공, 컴퓨터나 그래픽계산기와 같은 하드웨어에 대한 접근 가능성, 소프트웨어, 컴퓨터실, 그리고 적절한 학습지도와 관련된 교재의 구비여부, 기술적 지원 여부, 학교 또는 동료교사들의 뒷받침, 교육과정과 시험에 있어서의 테크놀로지의 사용 여부, 교사가 학생들로 하여금 테크놀로지의 사용을 다른 수학적 능력으로 인식할 수 있도록 이해시키는 방법, 수학에 관한 확신과 어떻게 테크놀로지에 접목시킬지에 대한 방법이 포함된다고 하였다.

이미 기존의 연구자들은 교사들의 확신과 태도가 학습지도 상에 영향을 줄 수 있다고 하였다. [12]는 컴퓨터를 사용하는 경우에 영향을 주는 중요한 요소로서 교사의 확신, 경험, 숙달된 기술 또는 스스로 즐기는 기쁨을 제시하였으며, 그 중에서도 숙달된 기술이 효과적인 컴퓨터 사용에 가장 중요하다고 언급했다. 본 연구는 학교의 지원과 교사 개인적으로는 그래픽 계산기와 같은 테크놀로지에 대한 지식도 없는 교사들을 대상으로 한 학기동안 확신을 갖게 되고 자기주도적인 태도로 바뀌는 과정을 살펴보았다. 테크놀로지에 대한 교사 개인의 태도와 확신이 아주 강하다면, 부정적인 잠재적 제약(constraints)와 방해요인(obstacles)은 크게 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다. 특히 교사의 배우고자 하는 확고한 의지와 더불어 수학 학습에 있어서 테크놀로지의 가치에 대한 강한 확신은 테크놀로지의 효율적 활용에 결정적인 요소라고 할 수 있다. 앞으로도 이러한 이론을 뒷받침할 연구가 지속되어야 한다.

자칫 테크놀로지 활용 교육이 포괄적인 논리적 영역보다는 기능적인 교육에 치우치는 경향이 많은 바[3][2], 단순하게 기술을 활용하는 교육이 아니라 기술 기반의 사고력 향상이나 문제해결력 증강 등의 시너지 효과를 창출할 수 있도록 교수전략을 세우는 일도 중요하다. 공학을 활용한 수업에서의 교사의 역할을 규명한 [1]의 연

구에서처럼, 교사가 좀 더 효율적인 학습지도를 하기 위해서는 교육과정에 제시된 학습 목표에 따라 구성된 수학교과서에서만 의존하고, 교과서에 제시된 내용만 전달하는 수동적인 수업형태가 아니라 다양한 테크놀로지를 활용하고, 직관적으로 개념을 이해할 수 있도록 수업준비를 하는 것은 매우 중요한 일일 것이다. 앞에서 제시하였던 한 교사의 미분 개념에 대한 예시처럼 테크놀로지를 활용한다면 미분의 의미를 수치적, 그래프적, 기호적인 다중 표현적 접근이 가능하게 되어 학생들의 주의집중을 유도할 뿐 아니라 체계적이고 형식을 탈피한 경험을 제공하여 미적분학을 한층 더 의미 있게 할 것으로 보인다. 교사의 테크놀로지에 대한 도구장착은 일정 기간의 연수를 통하여 가능하지만, 지속적인 지원이 없이는 교사의 확신이 생기기는 어렵다고 할 수 있다.

2010년 3월부터 교원평가제도가 시행되고 있으며 이에 대한 교사의 능력에 대한 객관적인 평가가 중요해진바, 교사가 어떠한 지식을 가지고 가르치는가에 대한 연구 및 객관적인 분석의 틀이 필요하다고 할 수 있다. 따라서 수업을 구성하고 진행하는 주체자로서의 교사가 어느 정도 지식을 가지고 있고 그에 대한 확신이 있는지에 대한 적절한 탐색의 한 부분으로 테크놀로지의 활용에 대한 적절성과 확신의 정도에 대한 평가의 틀도 후속연구로 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] 이경민, 조정수. (2010). 그래핑 계산기의 활용에 따른 수학교사의 교수행동의 변화 탐색. **한국수학교육학회 제4회 학술대회 자료집**(2010년 4월). 227-235.
- [2] 이철현. (2001). 통합사고모형에 기반한 효율적 ICT 활용 전략. **한국정보교육학회**, 5(3). 416.
- [3] 이화현, 임연옥, 이옥화. (2006). 문제해결을 위한 ICT 활용능력분석: 문맥 속에서 대학생의 기능 및 논리능력 학습하기. **컴퓨터교육학회 논문지**, 9(3). 85-96.
- [4] 심민영. (2004). 지수로그 함수 단원에서의 그래프 계산기 활용에 관한 연구. **한국교원대학교 석사학위논문**.
- [5] 최이정. (2012). 공학적 도구 GeoGebra를 활용한 효과적인 수학과 수업지도 방안. **숙명여자대학교 석사학위논문**.
- [6] 홍예운(2012) 그래프 계산기를 통한 방정식과 함수의 상관관계 이해, **교원교육**, 1-18, 28(1), ISSN1225-2042.
- [7] Brousseau, G. (1997). *Theory of didactical situations in mathematics: Didactique des mathematiques, 1970-1990*. (N. Balacheff, M. Cooper, R. Sutherland & V. Warfield, Trans. & Eds.). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- [8] Chinnappan, M. & Thomas, M. O. J. (2003). Teachers' Function Schemas and their Role in Modelling, *Mathematics Education Research Journal*, 15(2). 151-170.
- [9] Cooney, T. J. (1999). Conceptualizing teachers' way of knowing. *Educational Studies in Mathematics*, 38. 163-187.
- [10] Demana, F., & Waits, B. K. (1988). How computer graphing can change the teaching and learning of mathematics. In Lange, J. de and M. Doorman (Editors): Senior Secondary Mathematics Education, prepared for Action Group A4 of ICME 6, OW & OC.
- [11] Foley, G. D. (1990). Using hand-held graphing computers in college mathematics. In F. Demana, B.K. Waits, & J. G. Harvey (Eds.), *Proceedings of the Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 28-39). Reading, MA: Addison-Wesley.
- [12] Forgaz, H. (2006), Factors That Encourage And Inhibit Computer Use For Secondary Mathematics Teaching, *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching* 25(1). 77 - 93.
- [13] Gibson, J. J. (1977). The theory of affordances. In R. Shaw & J. Bransford (Eds.) *Perceiving, acting and knowing: Towards an ecological psychology* (pp.67 - 82). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [14] Goose, M. (2005). A Sociocultural Analysis Of The Development Of Pre-Service And Beginning Teachers' Pedagogical Identities As Users Of Technology, *Journal of Mathematics Teacher Education*, 8, 35 - 59.
- [15] Greeno, J. G. (1994). Gibson's affordances, *Psychological Review*, 101(2), 336 - 342.
- [16] Guin, D. & Trouche, L. (1999). The complex process of converting tools into mathematical instruments: The case of calculators. *International*

*Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3, 195 - 227.

- [17] Hartson, H. R. (2003). Cognitive, physical, sensory, and functional affordances in interaction design. *Behavior & Information Technology*, 22(5), 315-338.
- [18] Heid, M. K. (1988). Resequencing skills and concepts in applied calculus using the computer as a tool. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19, 3-25.
- [19] Hong, Y. Y. & Thomas, M. O. J. (2006). Factors influencing teacher integration of graphic calculators in teaching. *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Asian Technology Conference in Mathematics*, Hong Kong, 234-243.
- [20] Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approch ecognitive des instruments contemporains*. Paris: Arm and Colin.
- [21] Shulman, L. C. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-41.
- [22] Simon, M. (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26(2), 114-145.
- [23] Thomas, M. O. J. (1994). A process-oriented preference in the writing of algebraic equations, *Proceedings of the 17th Mathematics Education Research Group of Australasia Conference*. Lismore, Australia, 599-606.
- [24] Thomas, M. O. J. & Hong, Y. Y. (2005a). Teacher factors in integration of graphic calculators into mathematics learning. In H. L. Chick & J. L. Vincent (Eds.), *Proceedings of the 29th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol.4, pp.257 - 264). Melbourne, Australia: University of Melbourne.
- [25] Thomas, M. O. J. & Hong, Y. Y. (2005b). Learning Mathematics with CAS Calculators: Integration and Partnership Issues. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, 15(2), 215-232.

### 홍 예 윤



- 1987년 2월 : 이화여자대학교 (이학사)
- 1990년 2월: 이화여자대학교 (교육학석사)
- 1999년 9월: The University of Auckland (수학교육박사)
- 1998년 ~ 2008년 2월: The University of Auckland, 연구원
- 2008년 ~ 2009년 2월: Suan Sunantha Rathabaht University, 전임강사
- 2010년 ~ 2011년 2월: 한국교원대학교, 시간강사
- 2011 ~ 2012년 2월: 연세대학교, 특임교수
- 2012년 ~ 현재: 연세대학교, 시간강사
- 관심분야 : 수학교육, 교육정책, 이러닝
- E-Mail: yyhong@yonsei.ac.kr

### 임 연 옥



- 1987년 2월 : 서울대학교 영어영문학과(문학사)
- 1989년 8월 : 서울대학교 영어영문학과(문학석사)
- 1996년 6월 : Harvard University (교육학석사)
- 2001년 4월: University of Pittsburgh(교육학박사)
- 2002년 1월 ~ 현재 : 한양사이버대학교 교육공학과 교수
- 관심분야 : 이러닝, 원격교육, 교수설계
- E-Mail : ywim@hycu.ac.kr