

## 탐구형 소프트웨어를 이용한 학습 환경에서 학생들의 기하 개념의 이해

정 인 철 (공주대학교 과학교육연구소)

박 달 원 (공주대학교)

장 이 채 (건국대학교)

김 태 균 (공주대학교 과학교육연구소)

본 논문은 테크날러지가 주 도구인 기하수업시간에 학생들이 수학적 개념을 이해하는데 테크날러지가 어떠한 역할을 하는지 조사하였다. 본 연구를 위한 수업은 이미 진행되오던 형태의 수업이 아니라 교사도 학생들에게도 모두 새로운 형태의 수업이었고 GSP와 웹사이트를 이용하여 수업이 진행되었다. 자료 수집은 개인 면담, 교실 관찰, 과제 분석 및 일지작성을 통해서 이루어졌고 분석 지속적 비교분석법을 이용하였다. 학생들은 GSP를 이용하여 개념을 이해하려고 하기보다는 자신이 이해한 개념을 확인하는데 GSP를 이용하였고 일단 이렇게 이해되고 확인된 것에 대해 확장하는데 GSP에 많이 의존하였다. 특히, 학생들의 정의적 및 기능적 측면을 고려해야 할 필요성을 일깨워 주었다.

### I. 시작하는 말

#### 1. 연구의 필요성 및 이론적 배경

미국수학교사협회(National Council of Teachers of Mathematics[NCTM])에서 제시한 많은 이들의 관심을 끈 두 규준집, 학교 수학의 교육과정과 평가 규준[*Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*(NCTM, 1989)]과 수학 교수의 전문성 규준[*Professional Standards for Teaching Mathematics*(NCTM, 1991)],이 수학교육에서 테크날러지의 도입 및 사용을 강조한 지도 벌써 십여 년이 지나갔다. 통합교육과정도 아니고 중앙에서 직접 주관하는 교육 과정을 채택하지 않는 미국에서 수학과 교육과정에 혼란이 있었던 것이 사실이다. 이런 상황을 개선하기 위하여 학교 수학의 교육과정과 평가 규준은 유치원부터 12학년까지 전체적으로 다양한 분야에 걸쳐, 예를 들어 문제해결로서의 수학, 의사 소통으로서의 수학, 추론으로서의 수학, 수학적 연결성, 등등, 수학교육의 큰 틀을 제시하고 있으며 수학 교수의 전문성 규준은 수학교수, 수학교수에 대한 평가, 수학교사의 전문적인 계발 및 수학교사와 교수에 관한 계발과 관련하여 실례를 들어가면서 제시하였다.

우리가 여기서 주목해야 할 사항중의 하나는 학습자가 사고의 주체가 되어야 한다는 것이다. 문제 풀이가 수학교육에서 많은 비중을 차지하는 것이 사실이지만 그것은 이해에 바탕을 둔 그런 학습이어야 한다는 것이다. 교사는 정확한 이해를 바탕으로 가르쳐야 하고 학생은 이해와 더불어 학습을 해야 한다는 것이다. Eisenhart et al.(1993)은 이해를 목표로 수학을 가르치는 것이 수학 교사교육에서 최우선시 되어야 한다고 주장한다. 또한, NCTM(1989)도 수학교사들이 학생의 이해 정도를 심화하는데 많은 노력을 기울여야 한다고 강조하고 있다. 이에 본 연구에서는 학생들의 효율적인 학습과 이해의 성장을 도모하는 차원에서 테크날리지의 도입에 관해 바라보고자 한다. 다시 말해 새로운 도구 즉, 테크날리지의 도입은 바로 학습자의 이해를 증진시키는데 많은 영향을 미친다는 것이다. LOGO(Papert, 1980)라는 새로운 소프트웨어가 많은 주목을 받은 이유도 바로 학습자들의 능동적이고 적극적인 참여를 유도했고 절차적 이해에 일방적으로 의지하지 않고 대신 개념적 이해를 학습 현장에 자연스럽게 소개했기 때문이다. 표준집은 실질적인 면에서 볼 때 단순히 수학교육에 대한 전반적인 표준일 뿐 강제성이라든지 국가에서 주관하는 그런 것은 아니다. 이런 표준집은 미국내 수학교육계에 큰 반향을 일으킨 것이 사실이지만 그 여파에 대해서는 아직도 미지수이다. 실제로 현장에 있는 교사들은 이러한 표준집에 대해 거의 의식하고 있지 않은 듯하다.

표준집에 관한 또 하나의 주목할 사항은 바로 수학교육 현장에서 테크날리지의 사용에 대해 문서화했다는 것이다. 일찍이 1980년대에 수학교육에서 문제해결이나 사고력을 강조하면서 이에 대한 필요성과 학습 효과를 충족시킬 보조 도구로서 테크날리지의 도입을 피력했다. 실제로 단순 계산을 위한 테크날리지의 적용이 아닌 소위 거북이 기하학이라 불리는 LOGO (Papert, 1980)는 학생들로 하여금 사고를 유도하고 수정 작업을 거치면서 한 계단 더 상승된 학생들의 이해를 도모하는 소프트웨어의 적용이라는 점에서 특히나 인상적이었다. 이후로 양과 질적인 면에서 테크날리지의 발전은 과히 상상을 초월할 정도로 빠르게 성장해 왔다. 그리고 이는 교육의 현장을 성큼성큼 파고들었으며 수학교육도 (고상숙, 1997; 남승인, 류성립, & 백선수, 2003; 전영국, 1996; 주미, 1997; Ayersman, 1996; Borba, 1995; Edwards, 1991; Jung, 2002) 예외는 아니었다.

하지만, 잘 정선된 표준집과 고도로 발달된 테크날리지의 발전과는 달리 이들이 수학교육에 미치는 영향력은 아직도 미미하다 (Hannafin, Hill, & Land, 1997). 한편 Zheng(1998)은 테크날리지가 잘못 사용되면 오히려 학생들에게 치명적인 해를 줄 수 있다고 경고했다. 다음  $16^{-1/2} = ?$ 에 대하여 문제를 맞춘 거의 모든 학생들이 1/4대신 0.25라고 했다. 이는 학생들도 인정했지만 대수적 구조의 이해를 바탕으로 계산이 아닌 단순히 계산기를 사용한데서 온 결과이다. 실제로 Zheng은 학생들이 지수가 음수이거나 혹은 분수인 경우에 지수법칙을 잘 이해하지 못하는 것을 발견하였다. 이런 환경에서 학생들은 분수의 개념을 이해하지 못하고 있으며 나아가서는 후에 추상대수에서 다루게 될 분수체와 같은 개념을 이해하는 것은 쉽지 않을 것이다. 또한 Johnson(1997)은 우리가 테크날리지의 사용을 수학교육에 강조하면서도 현실적으로 교육과정 및 제도면에서 얼마나 많이 준비가 되지 않았는가에 대해 지적하고 있다. 단순한 테크날리지의 도입이 수학교육의 개혁을 가져온다는 것은 기대하기

힘들다. 테크날리지라는 물체를 교실 안으로 단순히 가지고 들어가는 그 자체는 아주 쉬운 일일 것이다. 하지만 그것이 수학교육에 미치는 실질적인 영향을 감안한다면 이것만으로는 충분하지 않다. 실제로 많은 이들이 테크날리지를 수학학습에 이용하여 긍정적인 결과를 얻었다. 또한 이들 연구의 관점과 사용된 테크날리지의 종류도 다양했다. 어떤 이(이정열, 1999; 오연중, 1997; Ayersman, 1996; Hollar & Norwood, 1999)는 테크날리지가 학습자에게 미치는 영향을 조사하였고 어떤 이(고상숙, 1997; Casey, 1997; Nolan, 1984)는 학생들의 문제 풀이에 테크날리지가 어떠한 영향을 주는가를 연구하였다. 그리고 몇몇(Flake, 1996; Starr, 1997)은 컴퓨터 게임이나 웹사이트를 연구의 주된 도구로 이용하였다. Shank 와 Edelson (1989/1990)은 교육에 사용되는 많은 테크날리지들은 실제로 효용 가치가 높기 때문에 교육현장에 있는 것이 아니라 교육학적인 측면에서 볼 때 뭔가 획기적인 변화를 가져올 것이라는 막연한 믿음에 의해 도입되었다고 경고한 바 있다. 미국은 2000년도에는 수학과 과학 분야에서 세계 제일이 될 것을 확신하고 천문학적인 돈을 여러 분야에 투자했지만 결과는 그들을 충족시키기에는 역부족이었다. 실제로 1994년과 1995년에 걸쳐 실시된 수학과 과학에 대한 초등 및 중등학교 학생들의 학업에 대한 성취도를 다양한 관점에서 분석한 국제연구인 TIMSS(Third International Mathematics and Science Study)는 이런 사실을 뒷받침해주었으며 수학교육에 대한 새로운 반성을 일으키기에 충분했다.

## 2. 연구의 목적

본 연구는 수학교육에서 테크날리지가 실제로 학습자의 수학학습에 어떤 영향을 주는지 관찰하고자 한다. 테크날리지에 능하도록 학생을 교육시킬 것을 사회에서 요구하고 있고 수많은 정보와 복잡한 계산 그리고 전통적인 수학 교육 방식으로는 탐구하기 어려운 개념들을 테크날리지를 이용함으로써 교육의 효과를 극대화할 수 있다고 사람들은 믿고 있다. 하지만 아직도 테크날리지는 실제로 교육현장에서 널리 사용되지 못하고 있다. 이에 본 연구는 테크날리지의 실질적인 사용에 대한 연구에 일조하고자 한다. 이제 테크날리지의 등장은 교육 현장을 포함하여 너무나 일반화되어 있고 실제로 많은 중요한 역할을 담당하고 있다. 하지만 아직 교육현장에서는 행정적인 차원에서 많이 사용될 뿐 교실에서의 사용은 미미하다. 테크날리지의 지혜로운 사용은 수학학습에 많은 도움을 줄 수 있다고 믿는다. 이제까지 교실에서 할 수 없었던 수학을 시도해 볼 수도 있고 좀 더 개념적인 이해의 차원에서 학습자의 능동적인 참여를 꾀하는 수학학습을 가능하게 해 주도록 효과적으로 새로운 도구를 사용하는 것은 우리에게 수학을 새로운 각도에서 재정립할 수 있는 훌륭한 여건을 제공해준다. 그리하여 학습자들은 이해를 바탕으로 수학을 학습하는 것이(NCTM, 1989) 가능해질 수 있는 것이다. 특히 본 연구는 수학학습에 사용된 특정한 탐구형 소프트웨어인 The Geometer's SketchPad[GSP] (Jackiw, 1991)를 사용해보지 않은 학생 두 명을 선발해 이들이 GSP를 주 도구로 사용하여 진행되는 수학수업을 받으면서 어떤 경험을 하는지 어떻게 느끼는지에 대해 관찰하고자 한다. 또한 이런 수업 환경에서 우리가 고려해야 할 사항들은 어떤 것이 있는지 연구하고자 한다.

## II. 관련된 연구

현재 국내에서 자주 언급되고 실제로 사용되고 있는 기하에 관련된 소프트웨어 중에 하나가 바로 GSP이다. 일반적으로 “Dynamic Geometry Program”으로 많이 알려진 이것은 익히기가 아주 쉬울 뿐만 아니라 한 번의 작도로 모든 경우를 살펴볼 수 있고 특히 애니메이션과 시뮬레이션을 통해 학생들이 좀 더 적극적이고 능동적으로 발견적 사고를 피할 수 있는 큰 장점을 지니고 있다. 정확한 시각화와 작도 과정에서의 수정이 비교적 쉽고 편집이 간편하여 학습자나 교사로 하여금 학습 부담을 덜어줄 수 있다는 장점도 함께 가지고 있다.

Hannafin, Burruss와 Little(2001)은 GSP를 이용하여 중학교 1학년 학생들을 대상으로 기하수업을 진행하면서 교사와 학생들이 경험하는 상호작용을 면밀히 조사하였다. 일반적으로 테크날러지가 사용되는 수업은 교사에 의해서 주로 인도되는 학습에서 그 주도권이 학습자로 상당히 이양된다(Hannafin, Hill, & Land, 1997). 특히 이러한 상황을 개방형 학습 환경(Open-ended learning environments [OELEs])이라고 부른다. 이런 상황에서는 학습자의 역할이 많아져서 개념 형성의 상당부분을 이들이 주도해 간다. 수업 이전에 교사는 이러한 특징을 잘 알고 있었지만 교사는 자기의 주도권을 쉽게 학생들에게 넘겨줄 수 없었다고 하였다. 이제까지 테크날러지를 이용한 수업경험이 없었던 교사는 수업에 대한 막연한 두려움과 이제까지 해온 수업 진행 방식때문에 더욱 그렇게 할 수 없었다. 하지만 학생들은 이런 새로운 학습 환경이 주는 자유로움을 즐겼으며 자신들이 관심 있는 부분에 대해서는 상당한 집중력을 보이기도 하였다. 그리고 두 명에서 세 명씩 짝을 지어 한 컴퓨터를 사용하게 하였는데 자유로운 협력학습 분위기를 조성할 수 있었고 전반적으로 학생이 교사에게 의존하지 않고 자신의 사고를 펼쳐 개념을 형성하는 긍정적인 효과도 있었다 그러나 주도력이 분산되면서 수업이 매끄럽게 진행되지 못하게 하는 요인이 되기도 하였다.

컴퓨터를 사용하여 기하를 지도하는 것은, 특히 작도, 기하의 개념을 형성하는데 도움이 될 수 있다는 가정 하에 Clements와 Battista (1994)는 컴퓨터의 기능 중에서도 작도분야가 학생들에게 어떤 영향을 주는지 연구하였다. 첫째, 작도의 과정 중 컴퓨터는 학생들이 작도에만 집중할 수 있는 환경을 제공하였고 보다 고차원적인 사고로 자연스럽게 유도하였다. 둘째로, 학생들은 자신이 직접 작도한 것을 자유롭게 움직여가면서 어떤 특정한 도형에 대한 특징과 성질들을 유심히 관찰하고, 마침내는 그것들을 스스로 발견하여 일반적이고 추상적인 영역으로 도약하는 발판을 마련하였다. 셋째, 컴퓨터가 가져다주는 정확성이다. 학생들이 종이위에 자와 컴파스를 가지고 하는 작도는 시간이 많이 걸리고 불편할 뿐만 아니라 정확도가 떨어져 그들의 사고력 발현을 기대하기 보다는 작도 자체의 정확성에 대한 심리적이고 정신적인 고뇌를 야기시켰다. 반면 컴퓨터를 이용한 작도는 그들이 사고의 날개를 퍼는데 큰 밑받침이 되었다. 넷째, 학습자들의 개인적이고 직관적인 사고력의 함양이다. 주어진 과제에 대하여 자신이 생각하는 것들을 쉽게 구현함으로써 바로 확인할 수 있었고 학생들은 나름 대로의 독특한 방식으로 개념에 접근하며 확장시켜 나갔다. 마지막으로, 학습자가 스스로 사고력 함

양을 도모하여 이해한 개념들이 자신의 지식 구조에 안전하게 자리를 잡을 수 있도록 하는데 테크날러지의 시각적인 효과가 특히 많은 역할을 했다.

전영국과 주미(1998)는 탐구학습과 GSP를 결합한 모델의 적용이 새로운 교육과정의 개발과 연계하여 테크날러지 활용의 가능성을 도출하는 결과를 낳았다고 주장한다. 하지만 이 모델은 기존의 교과과정과 특히 순서면에서 상충될 수 있다고 인정한다. 따라서 수학 교사는 기존의 교육과정을 진행하면서 소프트웨어를 활용할 경우 제한적으로 사용하여 그 교과과정의 흐름을 따라가든지 아니면 새로운 교과과정을 정립하여 특정 소프트웨어의 활용을 필요한 만큼 잘 적용할 수 있도록 해야 한다고 주장하며 특히, 효과적인 탐구 학습을 위해서는 충분한 시간이 확보되어야 한다는 것이 절실함을 강조하였다. 역시 이들의 연구에서도 학생들에게는 지금까지 해 온 수업 방식에서 벗어나 자신들의 주도적인 학습과 즉각적인 도형의 제시가 인상적이었다. 그러나 교사의 어렵고 전문적인 용어의 사용은 학생들에게 언연 중에 그의 권위를 전달하려는 인상을 주었고 실제로 그런 용어의 사용이 새로운 소프트웨어를 활용하는 수업방식에 걸림돌이 될 수도 있었다.

### III. 연구 절차

#### 1. 일반적인 배경 및 연구 참여자

본 연구는 위에서 제시된 연구 문제를 답하기 위한 가장 효과적인 방법으로 질적연구 중에서도 사례연구를 사용하여 진행되었다. 기하II 수업을 듣는 대학생 두 명이 본 연구에 참여하였다. 수업 내용은 주로 변환(transformations)에 관한 것이었고 마지막 3주 동안은 다면체(polyhedron)에 관한 수업이 이루어졌다. 본 연구는 변환부분만을 관찰하였으며 연구 보고에서는 수학의 내용보다는 테크날러지와 학습자 및 교사와의 상호작용과 영향에 대해 집중해서 논하도록 하겠다. 관찰 기간은 12주 동안이었다. 수업에는 18명의 학생이 있었으며 교재가 없이 GSP와 강의자가 자신의 홈페이지에 올려놓은 자료만을 사용하여 한 학기동안 수업이 진행되었다. 물론 학생들은 다른 책이나 다른 인터넷 사이트에 있는 자료를 자유로이 사용할 수 있었다. 이제까지 이러한 형태로 수업이 진행된 적이 없었기 때문에 학생들에게도 낯선 환경이었지만 교사 역시 처음부터 모든 것을 계획하고 수업지도안을 새로 작성해야 했기에 다분히 실험적인 상황이었다. 참고로 강의자는 GSP를 접하면서 이것을 자신의 수업에 활용하고 싶던 중 용기를 내어 이런 형태의 수업을 계획하였다. 실제로 학생들이 기하II 수업을 들을 때 너무 당황하지 않도록 기하I 수업 중에 간간히 GSP의 존재에 대해 소개했고 아주 제한적으로 학생들에게 제시하였다. 하지만 학생들이 기하I 수업 중에 GSP를 직접 다루지는 않았다. 학생들 중에는 기하I 수업을 통해서만이 아니라 다른 여러 경로를 통해서 GSP에 대해서 알고 있기도 했고 몇몇은 어느 정도 능숙하게 다룰 수 있는 학생들도 있었다. 하지만 대부분이 잘 다룬다고 볼 수 없을 정도의 수준이었다.

GSP를 잘 알지 못하는 학생들을 참여자로 선택한 이유는 아직은 대다수의 학생들이 수학뿐만 아니라 수업에 전적으로 사용될 새로운 도구를 배워야 하는 부담을 안고 있으므로 유사한 상황속에서 연구하고자 하는 의도를 기반으로 하였다. 이에 본 연구에서는 수업에 사용될 테크날리지를 잘 알지 못하는 학생들의 독특한 상황을 면밀히 검토하고자 하였다. 또한 이들은 전반적으로 수학을 좋아했으며 성적도 평균이 B 이상인 학생들이다. A 학생은 남자이며 일반적으로 새로운 소프트웨어의 사용을 쉽게 익혔다. 그리고 어려운 문제를 접하면 쉽게 포기하지 않고 충분히 혼자서 노력한 후에 도움을 받는 식으로 수학을 공부해왔다. 반면 B 학생은 여학생으로서 새로운 소프트웨어를 익히는 데 시간이 걸린다고 스스로 인정했으나 수학 문제 풀이 놀이를 좋아하며 어려운 문제를 스스로 풀었을 때의 느낌을 아주 즐기는 그런 학생이었다.

## 2. 자료 수집 및 분석

다양한 각도에서 연구 자료를 수집하기 위하여 세 가지 방법을 이용하였다: 인터뷰, 제출한 숙제, 수업 관찰. 학기 내내 매주 한 번씩 정기적으로 인터뷰를 하였으며 이 때 질문할 내용들은 수업을 관찰하면서 참여자의 몸짓이나 표정 혹은 수업의 내용에 관계된 것에 대해 질문지를 만들어 인터뷰를 진행하였다. 관찰의 편의와 효율성을 위해 두 참여자가 서로 나란히 앉도록 하여 효과적으로 관찰할 수 있도록 하였다. 각 인터뷰는 약 50분 정도 진행되었으며 모든 인터뷰는 녹취록을 작성하여 연구 자료의 분석을 효과적으로 할 수 있도록 하였다. 자료 분석은 질적 연구의 전형적인 방법인 '귀납적 일정 비교 분석법'(Constant comparison method based on induction)을 사용하였으며 해설기법(Narrative description)을 이용하여 보고하도록 한다. 주로 학습자의 테크날리지에 대한 인식론적 및 심리학적 영향을 중심으로 분석한다.

## IV. 연구 보고

1. 처음에는 GSP를 이용하지 않고 수학적 개념의 이해를 추구하였다. 서서히 그들에게 다가온 GSP는 지적, 정신적 및 심리적인 면에서 균형을 이룰 때에서야 유용한 역할을 할 수 있었다.

두 명의 학생 모두 공통적으로 학기 초에 그들이 새로 접하는 개념들을 이해하는 데 있어서 테크날리지의 사용을 꺼려했다. 그들 앞에 바로 사용할 수 있도록 준비된 컴퓨터가 있었지만 그들의 손은 먼저 연필과 종이를 향했다. 이들의 선택은 순간적이었지만 그들에게 아주 자연스러웠고 그렇게 했을 때 심리적으로 안정되었다. 본 연구의 참여자 모두는 이제까지 다양한 수학 수업을 수강하고 학습하였지만 테크날리지를 사용할 기회는 많이 없었다. 계산기를 간혹 사용하긴 했지만, 혹시 있더라도 너무 복잡하지 않은 경우에는 거의 손으로 계산하는 것을 즐겨하였다. 그러니 이들 앞에 놓인 간편하고도 시각적 및 정신적으로 평안을 가져다 줄 것으로 기대했던 GSP도 그들에게는 아직 큰

관심의 대상이 아니었다. 실제로 수업은 교재도 없이 GSP만을 이용하여 진행되는 특별한 상황이었지만 이제까지 해온 이들의 습관을 한 번에 바꿀 수는 없었다.

A 학생은 “어떤 개념을 이해할 때 저는 제 머릿속에서 어떤 특별한 생각과 더불어 시작합니다”라고 나름대로의 이유를 밝혔다. 또한 이 학생은 “만약에 처음 보는 개념을 어떤 기본적인 이해도 없이 GSP만 가지고 이해하려고 하면 아주 오래 걸릴걸요. GSP를 잘 모르니까 ... (처음에는 별로 사용하고 싶지 않아요.) 모르겠어요. 이해나 제대로 될지도”라며 부가하여 설명하였다. 그는 GSP를 이용하여 개념적으로 접근하는 것은 거의 불가능하다는 눈빛으로 말했다. 실제로 A 학생은 다른 학생들 처럼 그 동안 계산기를 사용할 기회가 있었지만 단순 계산을 위해서이거나 혹은 복잡한 계산을 대신 해 주는 도구로만 여겼을 뿐 계산기의 사용이 수학적 개념의 이해를 위한 도구는 아니었다: “저는 이 계산기를 답을 확인할 때만 사용해요. 많은 경우에 손으로 계산하는 것이 계산기보다 빨라요. 저는 종이와 연필로 수학 문제 푸는데 별 어려움을 못 느껴요.” 더구나 수학적 개념의 이해를 위해 계산기를 어떻게 사용하여야 효과적인지 그 사용법을 접할 기회가 없었다. 스스로 생각하기에 이제까지 그런 적이 없었기에 GSP도 그에게는 계산기와 별다르지 않은 계산기보다 좀 더 비싸고 덩치가 큰 또 하나의 테크날러지였을 뿐이다. 그래서 이 학생의 이와 같은 반응은 이해할 만한 것이었으며 우리로 하여금 새로운 도입에 앞서 학습자의 태도를 예의 주시할 필요성이 절실하다 하겠다.

B 학생의 경우도 A 학생의 반응과 많은 면에서 비슷했다. “제가 머릿속에 어떤 개념을 어느정도 이해하고 연필과 종이 위에 대충 표현할 수 있을 경우에 GSP는 빠르고 정확하다는 면에서 아주 좋았어요”라고 말했다. B 학생의 경우는 앞에서 잠시 언급했지만 일반적으로 새로운 소프트웨어의 사용을 배우는데 비교적 시간이 많이 걸리는 편이었다. GSP의 경우에 아무리 배우기 쉽다고 많은 사람들이 입을 모아 이야기하지만 B 학생의 경우는 아직도 넘어야 할 하나의 과제였다. 아마도 초등학교에 중학교에 나오는 이차방정식에서의 근의 공식이나 고등학교에 나오는 미분·적분학이나 대학교 과정에서 접할 수 있는 군·환·체의 개념이 똑같은 정도로 어렵게 느껴지는 것과 같다고 볼 수 있을 것이다. A 학생의 경우와 같이 B 학생도 계산기의 사용을 꼭 필요한 경우가 아니면 그리 즐거하지 않았다. 그리고 또 한 가지 동기부여의 측면에서 보면 B 학생의 경우는 자신이 수학을 좋아하기는 했지만 이제까지 해온 공부 방식을 바꾸고자 하는 마음이 처음에는 별로 없었다. 이제까지의 방법으로 만족했고 새로운 변화는 그 학생에게 다시 큰 도전이 될 수 있었기 때문에 변화를 쉽게 결심할 수는 없었다.

시간이 흘러가면서 두 학생은 조금씩 GSP의 유용성을 보기 시작했다. 더구나 익히기가 아주 쉽고 그들이 연필, 종이 그리고 컴파스만을 이용하여 작도하던 상황에서는 어려웠던 정확성과 쉬운 편집 및 신속성을 경험하면서 그들의 생각에 점점 변화가 찾아왔다. 이런 과정이 불과 몇 주만에 일어났다는 것에 우리는 주목할 필요가 있다. 실제로 두 참여자는 수학적 개념과 내용의 난해함에 대해 가끔 힘들어했을 뿐 GSP라는 도구 자체의 사용에 대해서는 한 번도 불평을 토로한 적이 없었다. 처음에는 GSP의 사용을 주저했던 그들이었지만 GSP는 결국 그들에게 쉽게 다가왔고 드디어 기하 학습

에서의 유용한 도구로 그들의 후원자가 되었다. 다행히도 두 학생은 새로운 도구인 GSP가 가져다줄지 모르는 심리적 부담을 무난히 극복할 수 있었고 이러한 극복의 과정을 거친 뒤에 기하는 그들에게 새로운 얼굴로 다가왔다. 전통방식의 수업이 아닌 테크놀러지와 함께 하는 그런 수업이었다. 만약 기하수업에 GSP의 도입이 오히려 혼란을 가져다주고 GSP가 학습에 대한 또 하나의 가중된 부담의 형태로 다가온다면 GSP는 더 이상 그들과 함께할 수 없었을 것이며 이로 인한 혼란으로 다른 수업에서도 테크놀러지에 대한 부정적인 선입관을 가지고 접할 것을 생각하면 참으로 다행스러운 일이었다. 두 학생의 경우에도 마음속에 확신이 서기 전까지는 GSP의 사용을 꺼린 것을 보면 학생들에게 정신적으로나 심리적인 면에서 균형을 이루면서 다가가도록 하는 것이 얼마나 중요한지를 짐작할 수 있게 해준다. 새로운 도구의 도입은 자연스럽게 무엇인가 변화에 대한 은근한 압력을 준다. 하지만 조화를 이룬 후에는 기대이상의 결실을 볼 수 있는 것이다.

2. GSP는 학습자로 하여금 기하를 즐길 수 있게 했고 그들이 이해한 개념을 확인하게 해주었으며 좀 더 심도 있는 지식을 탐구하도록 안내하는 역할을 훌륭히 수행했다.

이미 예견된 일이었지만 A 학생은 아주 쉽게 GSP를 익혔다. GSP에 대해서 알면 알수록 GSP에 깊이 빠졌고 학기 시작한 지 3주가 지나면서 그는 거의 모든 것을 GSP에서 실현하고자 하였다. 예를 들어 사실 증명을 GSP에서 타이핑하는 것이 쉬운 일이 아니다. 하지만 A 학생은 숙제를 제출할 때 자신이 한 증명조차 GSP 파일에 저장하여 제출하곤 하였다. 자신이 GSP를 이용하여 증명의 보조 자료를 작도한 후 적당한 공간에 직접 증명이나 혹은 문제 풀이를 타이핑하는 형식으로 제출하였다. 제곱의 경우에는 “ $\square$ ”를 사용하였고 제곱근의 경우는 “ $\sqrt{\quad}$ ”를 사용하여 수식이 자연스럽게는 않았지만 제출한 내용을 읽는 데 어려움은 많이 없었다. 시간이 점점 지나면서 타이핑하는 요령이 생기고 속도가 빨라져 오히려 종이와 연필로 보내는 시간이 서서히 줄었다. 종이와 연필은 탐구나 증명 과정 중에 분수나 비율을 사용하여 증명할 경우에만 사용하고 모든 것을 GSP상에서 시작하고 마쳤다. 종이와 연필을 사용하여 잠시 증명을 했더라도 바로 GSP를 이용하여 증명을 정리하였다. 이 학생의 경우 수업 시간 전에 미리 와서 GSP를 구동시키면서 이것 저것 시도해보고 혼자서 고심하고 기뻐하는 것을 자주 볼 수 있었다. 일단 그의 눈이 GSP가 펼쳐지고 있는 그림에 고정되면 눈을 돌릴 줄을 몰랐다. 그래서 강의자가 앞에서 수업 시작을 알리고 수업 진행에 들어갔지만 수업에 가장 늦게 합류하는 학생이 바로 이 학생이었다.

“저는 개인적으로 계산기를 많이 좋아하지는 않습니다. 계산기는 숫자를 집어넣기만 하면 바로 답이 나오거든요. 그런데 GSP는 계산기하고 다른 점이 생각하는 과정을 거쳐야만 해결이 된다는 것입니다. 저한테는 GSP가 더 좋은 것 같아요.” 바로 이것이 A 학생이 GSP에 대해 가장 호감을 느끼고 좋아하는 부분이었다. A 학생은 평상시 주어진 문제를 골몰히 생각하고 해결할 방법이 생각나지 않을 때는 충분한 시간을 두고 연구하면서 문제를 해결하는 것을 좋아하므로 계산기를 이용할 때에는 탐구하고 의미있게 적용하는 기회를 갖지 못했다. 이것이 우리가 심각하게 고려해야 할 사항이 아닌



가 싶다. 올바른 사용을 하지 않으면 오히려 부정적 영향을 줄 수 있다는 데서 학습자에 대한 책임을 느낀다. 그 당시 교사가 계산기의 계산기능에 너무 집중하였고 수학의 개념적 접근에 관해서는 다루지 않았던 것이다. 계산기는 그에게 그저 계산을 위한 도구에 지나지 않았다. 이런 갈등을 해소할 수업 방식과 함께 GSP를 접했을 때 A 학생은 아주 기뻐했으며, 연필과 종이로부터 GSP로 많은 영역을 빠른 시간에 쉽게 양보할 수 있었다. 아니 양보 정도가 아니라 기하의 모든 것은 GSP와 함께 진행되었다.

사고를 유도하는 GSP의 기능뿐만이 아니라 선명하고 정확한 그림은 A 학생의 관심을 끄는데 아주 큰 몫을 하였다. “손으로 삼각형을 대충 그리면 꼭 사각형 같어요. 진짜로 사각형이나 오각형 같은 것을 가지고 할 때는 나도 뭘 그렸는지 모르겠어요. 하지만 GSP는 제대로 하기만 하면 선명한 그림이 나오니까 최소한 그림 걱정은 안해도 되요.” 특히나 A 학생은 GSP를 사용하여 자신이 생각하고 이해한 것을 그림으로 그려서 바로 확인할 수 있는 것에 아주 만족하였다. 더욱 그를 기쁘게 한 것은 자신의 생각을 대신해서 정확하게 표현해주고 확인할 수 있다는 것이었다. 그렇다고 바로 답을 주는 것은 아니었다. 단지 자신의 생각의 흐름을 정확하게 표현하게 해주고 잘못되었을 때는 그림을 통한 확인을 거쳐 사고의 흐름을 조정한다는 의미에서 새로운 활력을 불어넣어 주었다. GSP가 가지고 있는 이러한 장점 때문에 A 학생은 기하학습 자체에 대해 많이 고무되었다. 기하 학습 과정 중 상황의 복잡함은 큰 문제가 되지 않았다. 오히려 수학적인 이해가 장애물이 되었다. GSP에 대한 강한 믿음이 수학적인 면에서 이해를 바탕으로 하는 한 주어진 상황을 구현하는 것에 대한 심리적인 압박은 없었다. 사실 학생들이 어려움을 겪는 것 중에 하나가 스스로 상황을 구현하여 빠른 시간 안에 눈으로 확인을 하였지만 정작 왜 그런지에 대해서 이해하는데는 시간이 아주 많이 걸리던지, 좀 복잡한 경우에는 눈으로 확인하는 것으로 만족해야 하는 것이었다. 시각적인 측면에서의 확신이 논리에 바탕을 둔 증명의 세계를 보장하는 것 같지는 않다.

B 학생의 경우는 A 학생의 경우와는 달리 테크날러지를 잘 다루지 못하는 여학생이었지만 전반적으로 수학에 대해 많은 관심이 있고 수학적인 능력면에서 많은 어려움을 느끼지 않는 편이었다. 교육과정 특성상 GSP를 배워야 했고 이 특정한 소프트웨어를 학기 내내 활용하여야 하는 부담이 A 학생의 경우와 달리 B 학생에게는 부정적인 영향을 미칠 수도 있었다. 하지만 B 학생의 경우에도 GSP에 대한 태도는 A 학생의 경우와 비슷했다. “전 컴퓨터를 잘 몰라요. 그래서 그런지 GSP를 배우는데도 다른 친구들보다 오래 걸린 것 같아요. 하지만 수학적인 개념에 대한 내 생각이 있고 이것의(GSP) 사용법을 알았을 때 아주 큰 도움이 되었어요. 시간이 걸리긴 했지만 GSP를 배우기 위해 쏟은 시간이 가치가 있었어요. 실제로 저는 지난 학기보다 이번 학기가 훨씬 더 재미있었어요.” 지난 학기에 이어서 수강하는 기하수업이었지만 신학기가 시작되었을 때 새로운 형태의 수업방식은 매사에 긍정적인 B 학생에게 흥미롭기도 했지만, 테크날러지를 반드시 사용해야 하고 교재없이 컴퓨터만을 사용하여 진행될 수업에 처음에 조금은 긴장을 하였다. 아니나 다를까 학기 초는 약간의 혼란이 있었다. 다행히도 GSP의 사용법을 익히는 것이 복잡하지 않았고 특히나 수학적 개념에 대한 이해가

어느 정도 뒷받침이 되면 연필, 종이, 자, 그리고 컴퍼스 대신 손쉽게 사용할 수 있는 도구라는 안도감을 얻었고 그리고 전통적인 도구와는 비교도 안될 정도로 정확하고 빠르고 깨끗하게 주어진 상황을 구현할 수 있다는 면에서 GSP는 학기 초에 잠시나마 있었던 부담을 쉽게 떨쳐버릴 수 있었다.

주어지는 과제 대부분이 GSP를 사용하여야만 해결될 수 있는 것들이었고 수업시간에 하는 활동 역시 일시적인 경우를 제외하고는 GSP를 중심으로 진행되었다. 이러한 상황이었지만 B 학생은 수업에 어려움이나 불만을 호소하기보다는 자신의 단점을 극복하기 위해서 무척 노력했다. B 학생은 집에 컴퓨터가 없어서 학교 수업 후에 컴퓨터실에 혼자 남아서 GSP를 익히고 과제를 마치기 위해서 많은 노력을 기울였다. 때로는 연구자의 연구실로 종종 와서 질문하는 그런 열의를 보이기도 했다. GSP 사용의 어려움을 하나씩 극복해가면서 B 학생에게 더 이상 GSP는 부담을 주는 도구가 아니라 자신을 도와 더욱 많은 것을 시도할 수 있도록 하는 좋은 친구이자 든든한 후원자였다. “GSP 너무 재밌어요! 작도에 대해 많이 신경이 쓰이지도 않고 그리기도 편하고 지우기도 편하고 일단 해 놓으면 수정하기도 쉽고 그리고 저는 특히 애니메이션이 있어서 더 재밌어요. 그리고 음 ... 깔끔하잖아요.”

반면에 B 학생은 GSP의 사용에 대한 한계를 지적하기도 했다. “문제에서 사용되는 어떤 개념이나 질문의 요지를 이해하지 못하면 GSP로도 별로 할 수 없는 것 같아요. 그리고 증명문제는 더 그래요. 문제에 맞게 작도를 했어도 눈으로 볼 때는 그런 것 같은데 그것을 어떻게 증명해야 할지 어떤 식으로 접근해야 할지 막막해요.” 이런 상황을 사실 학기 중에 자주 볼 수 있었다. 수학적 개념을 전혀 모를 때는 GSP상에서 주어진 상황을 제대로 구현할 수 없었고 혹시 문제의 상황에 맞게 구현했다더라도 증명의 영역은 학습자에게 또 다른 모습이었다. GSP를 계속 사용하면서 특정한 명령어에 대한 키를 외우고 자주 하는 작도는 스크립트 기능을 활용하여 기계적인 측면에서의 시간 단축은 많이 이루어졌다. 시간이 가면서 사용하는 스크립트 수의 증가는 시간을 단축시키는데 더욱 더 큰 효과가 있었다. 그리고 다양한 색과 농도 및 선 굵기 등 이제는 주어진 상황을 표현하는 것을 지나 시각적으로 더 선명하고 인식하기 좋게 디자인하는 여유까지 생겼다. 하지만 기계적인 면에서의 발전만큼 논리적인 측면에서의 발전은 이를 따라가지 못했다. 이러한 측면이 연구자의 입장에서 볼 때 안타까웠지만 시각에 많이 의존할 수 밖에 없는 수업 환경과 GSP의 특성이 논리의 발전까지 부추길 수는 없었다. 하지만 B 학생의 경우도 A 학생의 경우와 마찬가지로 자신의 추론을 바로 구현해주는 GSP의 가치에 대해 높이 평가하였고 생각의 확장을 구현하는데 유용한 도구이며 앞으로 GSP를 더 알고 싶고 사용하겠다고 하였다.

### 3. 교사는 수업에 테크날러지를 사용할 때 학생들의 이에 대한 숙달정도를 고려할 필요가 있다.

앞에서 잠시 언급했지만 18명의 학생이 수강하고 있었고 GSP를 강의자보다 더 잘 다루는 학생이 있는가 하면 전혀 GSP에 대해 들어본 적도 없는 학생도 있었다. 수업은 기하II였다. 이제까지 수업에서 없었던 GSP의 등장은 수업을 지도하는 이나 수강하는 학생들에게 새로운 관심의 대상이었다. 누구도 이러한 상황을 경험한 적이 없었기 때문에 아직은 학기말에 어떤 결과가 나올지 예측불허인

단계였다. 여기서 지적하고자 하는 문제는 새로운 도구의 등장이 아니라 이것에 대한 숙달 정도이다. 다시 말하면 학생들의 출발점이 조금씩 다르다는 것이다. 물론 다 같을 수는 없다. 더구나 GSP를 빼고 수학적 지식만을 보더라도 학생들마다 다 다르다. 하지만 이제까지 사용하지 않았던 새로운 환경에서의 어떤 특정한 소프트웨어가 이들에게 미칠 영향이 문제였다. 강의자는 GSP를 어디서부터 도입해야 하나 하는 것부터 결정해야 했다. 그가 택한 방법은 GSP를 잘 다루는 학생과 그렇지 못한 학생을 짝지어서 그룹 활동을 통하여 GSP에 대한 숙달정도의 차를 극복하고자 하였다. 자연히 학기 초에는 수학적인 내용을 많이 다루기보다는 아주 기초적인 수학적 개념을 곁들여서 GSP를 익힐 수 있는 기회를 제공하는 과제를 제시하였다. 소그룹 안에서 GSP를 이용한 활동이 활발하였고 때로는 소그룹 끼리의 토론은 물론 전체적으로 GSP에 대한 토론 시간을 갖기도 했다. 이런 과정을 거치면서 학습의 주도권이 학생에게 많이 이양되는 것을 관찰 하는 것은 어렵지 않았다. 다행히 학생들은 GSP의 기본적인 기능을 쉽게 익혔고 수학적인 내용이 점점 많아지고 깊어지는 것에 대한 큰 거부감을 느끼지는 못했다.

A 학생의 경우는 기하에 관련된 소프트웨어를 본 수업을 수강하기 약 2년 전에 접해본 경험이 있었다. 하지만 직접 사용해본 것이 아니어서 기억만 어렵듯이 남아 있을 뿐 그것이 실제로 GSP였는지도 정확히 기억을 하지 못했다. 하지만 이 학생은 워드 프로세서를 아주 능숙하게 다룰 줄 알았고 특히 엑셀을 아주 좋아했다. 그래서인지 새로 소개된 GSP도 그 학생에게 큰 부담이 되진 않았다. 수업이 한 시간 한 시간 진행되면서 생각보다 쉽게 익혔다. 하지만, “기본적인 기능을 배우는 데 좀 시간이 걸렸는데요 자꾸 하면 할수록 배워야 할 것들이 점점 더 많아지는 것 같아요.”라며 익숙해지는데 많은 시간이 필요함을 인정하였다. 메뉴에서 제시하는 기본적인 명령에 따라 하는 것을 익혔다고 하여서 주어진 상황을 구현하는 것이 보장된 것은 아니었다. 그리고 비록 주어진 문제 상황을 구현했더라도 그 과정이 너무 복잡하고 길면 효용성이 떨어지는 것이 당연할 것이다. 실제로 그러하였다. GSP에 능숙한 학생일수록 상황을 GSP상에서 빠른 시간 안에 짧은 절차를 거쳐 구현하였다. 그래서 좀 더 효과적으로 접근하는 방법을 모색하고 알아내는 과정이 때로는 지루하고 길게 느껴졌다. 이런 의미에서 항상 A 학생은 자신이 아직도 배울 것이 많다고 생각하고 있었다.

B 학생은 GSP에 대해서 한 번도 들어보지 못한 학생이었다. 자연스럽게 이 학생과 그룹을 이룬 학생은 GSP를 잘 알고 있는 학생이었다. 상대 학생이 더 많이 알기는 했지만 B 학생의 갈증을 말끔히 씻어줄 정도로 박식한 것은 아니어서 때로는 다른 그룹에게 물어보거나 또는 전체 토론을 할 때 좀 더 분명히 익혔다. 그렇다고 GSP를 익히는 과정이 고통스럽거나 그렇지 않았다. 사실 소그룹을 지어서 GSP 익히기를 도모하긴 했지만 3주가 지나면서는 GSP를 익히는 것에 중점을 두기 보다는 개방형 문제를(Open-ended question) 해결하거나 수학적으로 깊이가 있는 상황과 정리를 다루면서 은연중에 학생들은 GSP와 점점 더 가까워졌다. 다행히도 두 학생을 포함하여 이 강좌를 수강한 모든 학생들이 GSP를 익히는 데에 부담을 느끼는 정도는 아니었던 것 같다. 몇몇은 불편해 한 것이 사실이지만 그 파장은 크지 않았다. 소그룹을 지어서 학생들 서로서로 GSP 사용법을 가르치도록 하였고 완급을 겸비한 교육과정이 아주 적절했다고 본다.

#### 4. 컴퓨터로의 접근 기회가 수학 학습에 관한 평등성의 문제를 제기할 수도 있다.

우연히도 본 연구에 참여한 두 학생 모두가 현재 자신이 기거하고 있는 집에 컴퓨터가 없었다. 데스크 탑도 없었고 노트북도 없었다. 이들은 GSP를 이용하여 숙제하기 위해서는 항상 학교에 있는 컴퓨터실을 사용해야 했다. 그래서 수업이 끝난 후 바로 이어서 컴퓨터실에 남아 숙제하는 모습을 자주 볼 수 있었다. 시간이 잘 맞지 않아서 그렇게 하지 못할 때에는 나중에 다시 돌아와서 하였고 때로는 주말에도 나와서 하는 모습을 종종 볼 수 있었다. 이들 둘 다 이러한 상황에 대해 큰 불만을 표하지는 않았다. 하지만 가끔은 안타까운 경우가 있었다. “집에서나 혹은 다른 일을 하다가 문득 생각이 나서 GSP에서 한 번 테스트를 해 봤으면 좋겠는데 주변에서 사용할 수 없어 생각만 하고 있다. 정작 학교에 와서 할려고 하면 잘 생각이 나질 않아요. 어! 내가 뭘 할려고 했더라! 이런 경우가 몇 번 있었어요”라고 A 학생이 말했다. B 학생은 “하고 싶을 때가 있고, 그렇지 않을 때가 있는데, 하고 싶을 때 하지 못할 경우에 좀 아쉬워요. 그래서 학교에 가서 모든 것을 마쳐야 된다는 생각이 항상 있으니까 마음도 급하고 그냥 끝마치기에 바쁠 때도 있어요”라고 나름대로의 불편함을 호소했다. 더구나 특정한 강좌에서 사용하는 특정한 소프트웨어여서 학내의 다른 컴퓨터를 사용할 수도 없었다. 장소는 오직 한 장소였다 - 수업이 진행되는 교실.

학교의 컴퓨터실은 특정한 위치에 있으며 또한 개방 시간이 정해져 있다. 그래서 그 장소 그 시간에 있지 않으면 자신의 것이나 주위 누군가의 것을 사용해야 하고 그렇지 않으면 GSP의 사용 시간이 최악의 경우에는 수업시간으로만 제한될 수도 있다. 이런 상황이라면 절대로 충분한 시간이 아니다. 다행히도 수업이 진행되던 컴퓨터실을 이용하는 다른 수업이 많이 없어 평일에 학교에서 사용하고 싶을 때 자신의 시간만 잘 조절하면 거의 사용할 수가 있었다. 또한 자신이 잘 조절하면 주어진 과제를 학교에서 마칠 수 있었고, 주말에 나오거나 밤에까지 해서 GSP를 사용할 수 없어 숙제를 못 끝내거나 하는 경우는 없었다. 하지만 여전히 특정한 장소에 있어야만 사용할 수 있다는 것은 불편한 일이었다. 더구나 컴퓨터를 가지고 있는 학생과 그렇지 않은 학생 사이에 일어날 수 있는 수학 학습의 평등의 견지에서 학습자의 입장에서 큰 문제가 될 수도 있는 것이었다.

## V. 결론 및 제언

본 연구의 결과들은 사실 위에서 소개된 연구들과 비추어 볼 때 놀라운 것은 아니지만 학생들의 개념의 이해라는 측면과 테크날리지가 학생들에게 수학학습과 관련하여 미치는 영향, 테크날리지가 우리 교실에 들어가기 위해 살펴보고 돌아보아야 할 것이 있다는 면에서, 그리고 실제로 테크날리지가 교실에 직접 들어가 중요한 역할을 할 수 있는 잠재력을 가지고 있고 그 방법을 모색한다는 데서 큰 의의를 찾을 수 있다. 양적 및 질적인 테크날리지의 성장은 우리 주변의 변화에서 가장 빠른 것 중에 하나이다. 기계 자체의 성장뿐만 아니라 네트워크의 발전은(Flake, 1996) 지식과 정보의 공유라는 자연스러운 학습의 장으로 새로운 학습방법을 제시하고 있으며 무한히 많은 지식과 정보를 지체

롭게 선별해야 하는 과제를 우리에게 던져주기도 하였다. 하지만 기하급수적으로 발전한 외적인 성장에 발맞추어 이를 소화할 교육과정(진영국과 주미, 1998) 개발이 안돼 테크날러지의 사용을 적극 권장할 수도 없는 것이 현실이다(Zheng, 1998).

본 연구에서 강의자는 20여년 이상의 경력이 있는 유능한 수학자임에도 불구하고 모든 계획을 다 세우느라 너무 많은 시간을 할애해야만 했다. 미리 예측하긴 했지만 중간에 자신이 처음에 계획했던 것들을 많이 수정해야 했다. 과거와 견주어 볼 때 계획한 공부 양을 다룰 수 없어 GSP의 사용을 잠시 멈추고 전통적인 방식으로 수업을 진행해야 했고 GSP를 사용하여 과거 방식으로 교실에서 치른 중간시험이 기계적인 문제나 시간의 문제로 잘 진행되지 않아 기말에는 전통적인 방식으로 시험을 실시하기도 하였다. 하지만 이러한 과거방식의 시험에 대해 학생들은 아주 큰 불만을 표시하였다. 수업은 테크날러지를 중심으로 진행했는데 평가는 과거 방식으로 진행하는 데서 오는 불협화음이었다. 그리고 주어진 수업 시간이 50분이었는데 학생들에게 그 시간은 충분하지 않아 학생들로 하여금 테크날러지와 더불어 문제 상황을 깊이 음미할 수 있는 시간이 부족한 경우가 종종 있었다. 그날 그날의 수업 내용을 정리하고 마칠 수 있는 정신적 및 시간적인 여유가 없었다. 안타까운 것은 학생들도 수업 시간 중에 매듭짓지 못하고 한참 진행되는 생각을 끊고, 하던 일을 디스켓에 담아 다른 수업을 향해서 달려야 했다. 그렇기 때문에 진행되던 이 생각을 계속해서 자연스럽게 이어가기가 쉽지 않았다.

결과적으로 본 연구는 다음 네 가지 사항을 얻었다. 첫째, 처음에는 GSP를 이용하지 않고 수학적 개념의 이해를 추구하며 GSP는 지적, 정신적 및 심리적인 면에서 균형을 이룰 때에서야 역할을 할 수 있었다. 두 학생은 모두 GSP를 개념적이 되었던 절차적이 되었던 어느 시점부터 GSP를 통한 구현을 시도하였다. 그들이 머릿속으로 생각한 바를 논리적으로 규명하려고 하기보다는 GSP상에서 눈으로 확인하는 것이 그 첫 번째 작업이었다. 안타깝게도 증명의 측면에서 볼 때 논리적 사고의 향상에 GSP가 큰 영향을 끼치지 못했지만 그들로 하여금 논리적 사고력을 배양하기 위한 훌륭한 환경을 제공하기에는 부족함이 없었다. 최소한 그들은 자신들이 작도한 것이 주어진 상황에 적합하다는 것을 판단할 수 있었으며 작도의 결과에 대한 강한 믿음은 그들의 사고를 집중할 수 있는 좋은 터전이 되었다. 단순히 지적인 것을 강조하는 것 뿐 만이 아니라 학생들이 사고 능력을 키우고 집중할 수 있도록 정신적 및 심리적인 면에서 조화를 이룰 수 있도록 가능하게 해주는 도구가 바로 테크날러지인 것이다. 하지만 잘 준비되고 계획된 테크날러지의 사용은 우리가 책임지고 개발해야 할 분야이다(Zheng, 1998).

둘째, GSP는 학습자로 하여금 기하를 즐길 수 있게 했고 그들이 이해한 개념을 확인하게 해주었으며 좀 더 심도 있는 지식을 탐구하도록 안내하였다. GSP는 기하를 학습하기에는 여러 측면에서 볼 때 적당한 소프트웨어였다. 일단 익히기가 쉬웠고 우리가 전통적으로 사용하던 도구들을 대신할 수 있는 물론 더 효과적인 모습으로 학생들에게 다가왔다. 학생들 자신들이 겪던 문제들을 해소해주는 훌륭한 도구였으며 나아가서는 한 계단 높은 영역을 탐구하고자 하는 동기를 제공해주기도 하였다. 또한 경제적인 측면에서도 학생들에게 쉽게 다가갈 수 있었다. GSP 사용의 제한적인 면도 있었지만

수학적인 개념의 이해가 바탕이 된 상태에서의 GSP는 학생들의 학습에 대단한 후원자가 되었다. 단 논리적인 사고력의 함양을 같이 검비할 특별한 교육과정이 있었으면 하는 아쉬운 감이 있다.

셋째, 학생들의 테크날리지의 사용에 관한 숙달정도를 고려해야 한다. 수업은 수학 수업이다. 그러면 이 시간에 다룰 내용은 수학에 관한 것이다. 이러한 내용을 다루는 방식이 여러 가지가 있을 텐데 본 연구는 테크날리지에 전적으로 의지하는 가운데 진행되는 수업을 관찰하였다. 새로운 도구의 도입은 새로운 학습 효과의 기대를 주목적으로 이루어진다고 믿는다. 그런데 그 도구를 학습자가 배우는데 많은 부담을 느끼거나 불편해 한다면 주객이 전도가 될 수 있는 상황이다. 다시 말하면 새로 도입된 도구 때문에 주인인 수학을 멀리하고 힘들어 할 수 있다는 것이다. 다행히 두 학생의 경우는 그런 문제는 없었다. 수업 시작할 당시에 GSP의 사용 정도에 따른 학생들의 다양한 능력의 차이는 교사가 해결해야 할 전에는 없었던 또 하나의 과제였다. 앞으로 테크날리지가 더 일반화되면서 이러한 문제는 서서히 해결될 수 있다는 성급한 기대를 해본다.

넷째, 컴퓨터로의 접근 기회가 수학 학습에 관한 평등성의 문제가 될 수도 있다. 연구 보고에서는 컴퓨터를 가진 자와 그렇지 아니한 자에 대해 초점을 두었는데 사실 컴퓨터의 성능도 문제가 될 수 있다. 성능이 더 좋은 컴퓨터를 소유한 자와 그렇지 못한 자의 차이까지 가세하면 교육학적인 면에서 볼 때 심각한 문제를 야기할 수 있다. 그렇다고 모든 이가 컴퓨터를 소유할 때까지 기다렸다가 테크날리지를 교실로 가지고 들어갈 수도 없고, 컴퓨터가 없는 사람에게 다 구입하라고 강요할 수도 없는 것이다. 이러한 관점에서 보면 같은 테크날리지의 전적인 도입이란 교육과정을 나라 전체로 적용한다고 볼 때 시골지역과 도시지역에 사는 학생들의 차이가 또 하나의 난제이며 심각하게 고려해야 할 사항이다.

본 연구를 통해 테크날리지의 무한한 잠재력을 확인할 수 있었던 동시에 앞으로 우리가 해결해야 할 난제가 많이 있음을 동시에 볼 수 있었다. 학생들은 전에 느끼지 못했던 큰 기쁨을 느꼈고 수학 학습에 대한 새로운 기대를 하게 되었다. 반면에 교사의 입장에서 겪는 어려움은 우리로 하여금 다시 한번 뒤를 돌아보게 하였다. 교사 스스로가 느끼는 어려움이 감당하지 못할 정도로 크지는 않았는지 염려가 된다. 교육과정의 많은 면에서 개편이 이루어지지 않고서는 전적인 테크날리지의 도입은 현실적으로 어려워 보인다(Hannafin, Hill, & Land, 1997). 그렇지 않으면 적어도 부분적인 개편을 통하여 그리고 현 교육과정에서 부분적인 도입을 통하여 교사, 학생, 행정가, 부모 및 정치가들의 공감을 얻어내는 과정도 필요하리라. 많은 종류의 테크날리지를 가지고 수많은 연구가 진행되었지만 아직도 테크날리지는 그 무한한 잠재력을 지니고 있음에도 불구하고 우리 교실과는 거리가 있다. 본 연구는 하나의 사례연구로서 이 시점에 테크날리지는 지금 현재 우리에게 무슨 존재인지, 무슨 역할을 담당하고 있는지 생각해 보기를 권한다. 그리고 무한한 잠재력이 실제로 교실에서 발현할 수 있기를 바란다.

## 참 고 문 헌

- 고상숙 (1997). Problem solving using computer: A case study, 대한수학교육학회 논문집, 71(1), pp.259-277.
- 남승인 · 류성립 · 백선수 (2003). 초등학교 수학교육에서 계산기 활용 방안에 관한 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 논문집> 15, pp.93-98.
- 오연중 (1997). GSP를 활용한 수학교육, 한국수학교육학회지 시리즈 E <수학교육 프로시딩> 6.
- 이정열 (1999). Geometer's Sketchpad 활용 학습 자료 적용을 통한 평면기하학습의 효과: 중학교 2학년을 중심으로, 한국교원대학교 대학원석사학위논문.
- 전영국 (1996). Linear Kid를 중심으로 본 수학교육용 CAI 프로그램 개발 및 평가 분석. 대한수학교육학과 논문집 6(2), pp.129-146.
- 전영국, 주미 (1998). 기하문제해결에서의 GSP를 활용한 탐구학습신장, 대한수학교육학회논문집, pp. 413-427.
- 주미 (1997). 소프트웨어를 활용한 기하 교수-학습 방안 연구, 순천대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- Ayersman, D. J. (1996). Effects of computer instruction, learning style, gender, and experience on computer anxiety, *Computers in the Schools*, 12(4), pp.15-30.
- Borba, M. C. (1995). Teaching mathematics: Computers in the classroom, *The Clearing House* 68, pp.333-334.
- Casey, P. J. (1997). Computer programming: A medium for teaching problem solving. *Computers in the Schools* 13(1), pp.41-5
- Clements, D. H. & Battista, M. T. (1994). Computer environments for learning geometry. *Journal of Educational Computing Research* 10(2), pp.173-197.
- Edwards, L. D. (1991). Children's learning in a computer microworld for transformation geometry. *Journal for Research in Mathematics Education* 22, pp.122-137.
- Eisenhart, M. A.; Borko, H.; Underhill, R. G.; Brown, C. A.; Jones, D. & Agard, P. C. (1993). Conceptual knowledge falls through the cracks: Complexities of learning to teach mathematics for understanding. *Journal for Research in Mathematics Education* 24, pp.8-40
- Flake, J. L. (1996). The world wide web and education. *Computers in the Schools* 12(1), pp.89-100.
- Hannafin, M. J.; Hill, J. & Land, S. (1997). Student-centered learning and interactive multimedia: Status, issues, and implications. *Contemporary Education* 68(2), pp.94-99.
- Hannafin, R. D.; Burruss, J. D. & Little, C. (2001). Learning with dynamic geometry programs:

- Perspectives of teachers and learners, *The Journal of Educational Research* 94(3), pp.132-144.
- Hollar, J. C.; & Norwood, K. (1999). The effects of a graphing-approach intermediate algebra curriculum on students' understanding of function. *Journal for Research in Mathematics Education* 30, pp.220-226.
- Jackiw, N. (1991). *The Geometer's Sketchpad* [Computer software]. Berkley, CA: Key Curriculum Press.
- Johnson, D. L. (1997). Integrating technology in the classroom: The time has come. *Computers in the Schools* 13(1), pp.1-5.
- Jung, I. (2002). Student representation and understanding of geometric transformations with technology experience, Unpublished Doctoral Dissertation, University of Georgia.
- National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*, Reston, VA: Author
- National Council of Teachers of Mathematics. (1991). *Professional standards for teaching mathematics*. Reston, VA: Author
- Nolan, F. (1984). CAI in mathematical problem solving: Guidelines for software design and purchase. *Computers in the Schools* 1(2), pp.71-80.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful idea*. New York: Zbasic Books.
- Shank, R. & Edelson, D. (1989/1990). A role for AI in education: Using technology to reshape education. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 1(2), pp.3-20.
- Starr, R. M. (1997). Delivering instruction on the world wide web: Overview and basic design principles. *Educational Technology*, 32(3), pp.7-15.
- Zheng, T. (1998). Impacts of using calculators in learning mathematics. *The 3rd Asian Technology Conference on Mathematics (ATCM'98)*. Retrieved November 25, 1999 from Electronic proceeding of ATCM'98 on the World Wide Web:  
<http://www.cs.runet.edu/~atcm/EPATCM98/fullpapers.html>