

TI-73 계산기를 활용한 초등 5학년 수학 영재 학급의 수업 분석

강 영 란 (포항유강초등학교)

본 연구는 포항시에 소재하는 초등학교 5학년 수학 영재 학급 학생 20명을 대상으로 TI-73 계산기를 활용하여 좌표, 백분율, 소인수분해에 대한 수업의 질적 자료를 분석하였다. 이를 통해 계산기 활용이 영재 학생들의 학습에 어떤 영향을 미치는지 살펴보고, 계산기를 활용한 수업에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 연구를 위해 이들 각 차시의 내용에 대해 활동지를 각각 제작하였고, 3주에 걸쳐 80분씩 3차례 수업을 진행하였다. 자료 분석을 위해 동영상 촬영, 학생과의 인터뷰, 문서 자료 등을 수집하였으며, 수집된 동영상, 녹음 자료는 녹취록을 작성하여 이를 토대로 코딩 작업을 하였다. 코드의 결합과 분해를 반복함으로써 초등 수학 영재 학생들의 계산기 사용에 대한 주제를 도출하였다. 본 연구 결과에 따르면, 의사소통을 매개하는 계산기, 지필환경의 범위를 넘어선 과제 해결을 위한 계산기, 계산기 활용에 대한 남녀의 성차 존재, 학습에 영향을 주는 계산기의 제한점이라는 네 가지 주제를 도출할 수 있었다.

I. 서론

2002년 영재교육진흥법시행령이 공포된 후 국가주도의 공교육 제도를 통해 다양한 영재교육이 시행되고 있다. 십여 년 동안 영재교육이 이루어지면서 양적인 성장이 있었으며, 최근 들어서는 영재교육의 질적인 성장을 위해 교육 프로그램 평가에 대한 연구가 이루어지고 있다(예: 강병련, 김희영, 2008; 김상미, 2013; 홍은자, 2004).

우리나라 수학과 영재교육과정의 목적은 수학적 개념, 기술, 아이디어를 창의적이며 독창적인 과정을 통해 수학에 대한 흥미를 제고시키는 것이다. 그러나 지금까지 수학과 영재교육과정에서 사용된 학습 자료와 프로그램은 영재교육 목적에 도달하기에는 만족스럽지 못하다(노영순, 2005). 이들 프로그램은 영재교육 프로

그램이 갖추어야 할 특성인 학생중심, 과정중심, 탐구중심, 문제해결학습 위주의 접근이 아니라 교사중심, 결과중심, 강의중심으로 개발되었다. 그래서 지필 위주의 단순한 문제중심학습, 협동학습으로 수업이 진행되며(정수지, 2011), 한 학생이 앞에 나와 설명을 하고 간단한 교사의 부연 설명을 하는 형태의 제한적인 토론식 수업을 하였다(우광식, 2005). 이에 이신동, 이정규, 박춘성(2009)은 수학적 개념과 기능을 충분히 학습하면서 창의적이고 독립적으로 사고할 수 있는 기회를 제공하는 수학 영재 프로그램을 개발하기 위한 한 가지 방법으로 컴퓨터와 계산기의 활용을 권고하고 있다.

대부분의 학생들에게 공학은 매력적인 학습 도구이지만 특히 영재 학생에게 더 많은 도움을 준다(Siegle, 2004). 따라서 영재 학생에게는 도전적이고 고차원적이며 공학에 기반을 둔 교육과정이 필요하다(Pyryt, 2003). 공학을 교육과정에 통합하였을 때 영재 학생들에게 미치는 영향을 조사한 연구에 따르면 시뮬레이션 프로그램(Troxclair, Stephens, Bennett, & Karnes, 1996), 인터넷(Berger, 2000; Bulls & Riley, 1996; Riley & Brown, 1998; Westburg, 1997), 가상현실 프로그램(Benno, 1998)과 같은 공학은 영재 학생들에게 도전할 수 있는 기회를 제공해준다고 한다. 또 공학 사용은 영재 학생의 학습 양식(Stettler, 1998), 학습 선호도(Cohen, 1997), 그리고 수학 학습의 속진(Strot, 1999)에도 영향을 주었다고 주장한다(Elizabeth, 2007 재인용).

여러 공학 도구 중 특히 계산기는 고차원적 사고를 증진시키고 학생들로 하여금 문제해결자로서의 자질과 유연성을 가질 수 있도록 하는 강력한 도구(Stiff, 2001)로서, 탐구중심의 수학 수업을 가능하게 하고 수학적 상호작용을 풍부하게 할 수 있는 잠재력을 가지고 있다는 사실을 입증하는 연구 결과가 많이 보고되어 있다(Trouche, 2005). 그러나 김부미(2012)에 따라

* 접수일(2013년 10월 30일), 게재확정일(2013년 11월 20일)
* ZDM분류 : U13
* MSC2000분류 : 97U70
* 주제어 : 계산기, 초등수학영재

면 계산기를 활용한 연구의 대상이 대부분 중·고등에 국한되어 있으며, 초등학교 수학 수업에서 공학적 도구에 대한 ICT 활용 연구에서 탐구형 기하 소프트웨어나 스프레드시트 등을 활용한 연구보다 계산기에 대한 연구가 적다고 지적한다. 2000년부터 현재까지 초등 수학에서 계산기를 활용한 연구의 대상을 조사한 결과 대부분 일반 학생으로 수학 영재 학생들, 특히 초등 수학 영재 학생을 대상으로 계산기가 미치는 영향에 대한 연구는 거의 없는 실정임을 알 수 있었다. 따라서 초등 수학 영재의 계산기 사용에 대한 연구는 이들 학생들의 수학적 잠재성과 가능성을 밝히는데 도움이 될 것이다.

이에 본 연구는 공학의 사용이 영재 학생들의 수학적 능력을 신장시킬 수 있다는 가정 하에, 5학년 수학 영재 학생 20명을 대상으로 Texas Instruments의 TI-73 계산기를 사용하는 활동을 제공하였을 때 학생들의 계산기 사용 방법과 계산기가 학생들의 수학적 경험에 어떤 영향을 미치는지를 분석하여 수학 영재 학생들의 계산기 활용 수업에 대한 시사점을 얻고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 수학 영재의 특성

수학 영재라는 용어에 대한 합의된 정의는 없다. Koshy, Ernest, & Casey(2009)는 새로운 수학적 개념을 익혀 비정형적인 문제를 해결하는 능력은 잠재적이며 장래에 드러날 수 있는 수학적 능력이라고 하였다. McClure(2001)는 초등학생의 능력은 시간에 따라 변하고 다른 양상으로 드러나기 때문에 초등학생의 수학 영재성을 찾는 것은 어려운 일이라고 하였다. 결국 초등 수학 영재가 무엇인지 수학 영재성을 구성하는 것이 무엇인지 규정하기가 쉽지 않다는 것이다. 따라서 수학 영재성과 수학적 사고의 특성에 대한 선행 연구를 통해 수학 영재 학생들이 가진 특성을 알아보고 이를 통해 본 연구 대상인 초등 수학 영재 학생을 위한 계산기 활동을 설계할 때 기초로 삼고자 한다.

수학 영재 학생이 가진 수학적 사고의 특성에 관한 연구가 다양하게 이루어져 왔지만 요약하면 다음과 같다(Krutetskii, 1976; Sheffield, 1999). 수에 관한 호기심이 있어 예리하게 지각하고, 개념 이해와 수학적 사

고의 적용이 빠르며, 추상적인 수학적 규칙과 관계를 파악하는 능력이 우수하고, 귀납적 추론, 연역적 추론과 분석 능력이 뛰어나서 문제를 해결할 때 정형화된 절차가 아닌 창의적인 사고를 활용할 수 있다.

영재성에 관한 지금까지의 연구 대상이 개인에만 초점을 두어 이루어져왔다는 한계를 드러내면서 소집단 내의 협력적인 문제해결 과정과 의사소통 과정으로 관심이 옮겨지고 있다. 영재 학생들의 의사소통 유형에 관한 연구에서 한광래, 박해균, 류재인(2011)은 소집단에서의 상호작용에 관한 과학 영재 학생의 상호작용 유형으로 자신의 생각을 말로써 표현하는 언어중심형, 책상에 앉아서 보고서나 문자로 나타내는 문자중심형, 그리고 탐구와 실험을 하는 활동중심형의 3가지로 분류하였고, 정덕호, 유대영(2013)은 소집단 활동에서 과학 영재들의 의사소통 유형을 독점형과 공유형으로 분류하였다. 공학과 의사소통 사이에 관한 연구에서 공학은 영재 학생들이 계산기나 컴퓨터 화면에 있는 수, 식, 그래프, 도표 등을 만들고 조사하는 동안 수학적 아이디어의 토론을 위한 공통적인 준거를 갖게 되면서 학생끼리, 학생과 교사 사이의 수학적 의사소통을 증진시킨다고 보았다(강윤수, 이보라, 2004).

수학 영재의 성차 비교에 대한 연구도 꾸준히 이루어졌다. Olszewski-Kubilius & Turner(2002), Martin(2002)는 4~6학년을 대상으로 수학 영재의 능력에 대한 성차 연구에서 남학생이 여학생보다 자신감, 동기, 수학에 대한 흥미가 높은 결과를 보였다. 그러나 최근 영재 학생의 성차에 대한 연구에서는 NCTM의 평등성의 원리를 고려한 수학 교육 정책으로 성차는 보이지 않는다고 밝히고 있다(Janet, 2008 재인용).

이들 선행 연구로부터 TI-73 계산기를 활용한 프로그램 개발할 때 영재 학생들이 수학적 사고를 발휘할 수 있도록 정형화된 절차가 아닌 생소한 상황이 포함된 활동을 설계해야 함을 알 수 있었다. 이 때 남녀 영재 학생들 사이에는 유의미한 능력 차이가 없다는 가정 하에 사회적 관계 속에서 영재성이 발현될 수 있도록 동질적인 소집단을 구성하여 협력적인 문제해결 과정 속에서 상호작용하며 계산기 상의 기호 사용, 정보 표현 등을 프로그램 설계의 기준으로 설정하였다.

2. 영재교육에서 공학의 필요성

최근 영재교육에서는 새로운 교육과정과 교수 방법

에 대한 변화를 요구하는 목소리가 커지고 있다. 먼저 영재 학생들이 가진 잠재력을 충분히 발휘할 수 있도록 특별한 교육 기회를 제공하는 교육과정을 요구하고 있다. McCoach & Reis(2000)는 영재 학생의 성취가 미도달이 되는 원인을 규명하기 위한 연구에서 학생의 수행에 직접 영향을 주는 요소로서 학생의 수준과 교육과정 사이의 불일치를 주장하였다. 영재 학생을 위한 교육과정은 일반 학생을 위한 표준 교육과정과는 다르게 편성되어야 하고 효율적인 수업 자료를 수업에 투입해야 한다는 의견을 제기하였다. 더불어 학생들이 충분히 도전할만한 가치 있는 과제, 풍부한 내용을 담은 흥미 있는 교육과정이 필요하다는 것을 인식하게 되었다. 특히 학교는 학업 성취에 대한 책무성을 가지기 때문에 표준 평가에서 높은 성취를 나타내는 영재 학생의 교육적 요구보다는 평균에 도달하지 못하는 학생을 구제하기 위한 교수 전략에 초점을 맞추고 있다고 지적하였다(Winebrenner, 2000). 학업 성취가 낮은 학생을 위해 학습 스타일, 동기를 부여할 수 있는 교육과정의 학습 과제, 수준에 맞는 활동으로 재구성한 차별성 있는 교육 내용을 제공한 것처럼 이미 현재 교육과정의 내용을 다 알고 있는 학업 성취가 높은 학생들에게도 유사한 교수 전략이 필요하다. 따라서 영재를 위한 효과적인 교육과정과 교수 방법으로 ‘도전할 만한 과제’를 꼽고 있다(McAllister & Poirde, 2008). 또, 영재 학생에게 매력적이며 실생활과 관련된 주제 중심의 과제를 배울 수 있는 통합 교육과정이나 도전적이고 고차원적이며 공학에 기반을 둔 교육과정의 필요성을 주장하였다(Pyryt, 2003).

더불어 영재 학생들이 학습 과정에 참여하고 사고에 자극을 줄 수 있는 교수 방법이 필요하다. 공학이 영재 학생들의 비판적 사고와 쓰기 능력에 미치는 효과에 관한 연구에 따르면, 컴퓨터를 활용한 그룹이 손으로 직접 쓴 그룹보다 비판적 사고에서 높은 평균 점수를 획득했다(Dixon, Cassidy, Cross, & Williams, 2005). 연구자들은 컴퓨터가 신속하게 과정을 처리해주어 더 많은 시간동안 비판적 사고를 할 수 있는 기회를 주었다고 주장했다. 결국 영재 학생에게 공학의 사용은 그들로 하여금 사고에 더 초점을 두도록 하는 긍정적인 측면을 제공하였다. Tomlison(2009)는 영재 학생들에게 도움이 되는 효과적인 방법에 관한 연구를 통해 영재 학생들이 학습에 대해 반성해볼 수 있는 기

회를 가졌을 때 정보를 종합하고 기억하는 능력이 증가한다는 결과를 얻었다. 반성은 깊이 탐구할 기회를 주어 이해의 폭을 넓힐 수 있도록 하는 중요한 활동 중의 하나이다. 이 때 공학은 정보를 처리하고 분석하기 위한 시간을 단축시켜 학습에 대해 반성해볼 수 있는 기회를 늘여주는 유용한 도구가 된다. 특히 영재 학생을 위한 가장 좋은 수업 설계는 학생 중심 활동으로 추상적인 사고, 창의적인 사고, 비판적인 사고를 할 수 있는 기회를 제공하는 것인데, 공학은 영재 학생들이 이러한 사고 기술을 발달시키기 위한 도구로 활용되어질 수 있다(Lee & Olszewski, 2006). 특히 수학과 과학 교과의 경우 공학 사용의 활동 경험은 영재 학생들의 높은 성취와 흥미를 증진시킬 수 있다는 Knight, Pennat, & Piggott(2004)의 주장은 수학과 과학 영재에 초점이 맞추어진 우리나라 영재교육에서 이들 교과의 공학 활용에 대한 시사점을 준다. 우리나라 초등학교 수학 영재 프로그램에 관한 선행 연구를 분석해 본 결과, 도형 영역에서 컴퓨터 프로그램으로 도형을 구성하고 변환하는 활동에만 국한되어 공학이 사용되고 있었다. 따라서 앞으로 다양한 내용 영역에서 영재 학생들의 요구를 충족시킬 수 있는 공학이 통합된 프로그램을 개발하는 것이 필요하리라 본다.

3. 계산기 활용에 관한 선행 연구

1960년대 전자계산기가 발달됨에 따라 1978년 처음으로 NCTM에서는 수학 수업에서 계산기를 활용할 것에 대한 공식적인 입장을 발표하였다. 그러나 계산기의 수학 수업 적용에 대한 찬반은 팽팽하였다. 반대 입장에서는 계산기가 학생들의 계산력을 떨어뜨리고 수학을 배우는 능력을 저하시킨다는 문제점을 제기하며 계산기 활용을 금지해야 한다고 주장했다. 반면 NCTM 의장인 Stiff(2001)는 계산기는 수학 교수·학습 활동에서 강력한 도구이며 계산기 활용으로 고차원적 사고를 증진시키고 학생들로 하여금 문제해결자로서 자질과 유연성을 가질 수 있도록 돕는다고 반박하였다. 더불어 탐구중심의 수학 수업이나 상호작용에서 계산기가 가진 가능성에 대해 많은 교사들이 고무되어 있다고 밝혔다(Trouche, 2005).

연구자들은 초, 중학교 수학교육에서 계산기 활용에 대한 효과를 연구하였다. 계산기 활용은 수 감각과 암

산 능력을 향상시키고(Groves & Stacey, 1998), 학생들의 성취와 성향에 영향을 주며(Van Devender & Rice, 1984; Williams, 1987), 문제해결 능력(Campbell & Stewart, 1993; Hembree & Dessart, 1992), 일반화 능력 및 추론 능력(Charles, 1999)의 향상 등을 가져왔다. 그러나 계산 능력 감소와 계산기에 계산 의존도 증가(McCauliff, 2004; Surgenor, 2007) 등 계산기의 부정적인 측면도 있었다. 이상의 연구 결과를 종합해보면 긍정적인 연구 결과나 부정적인 연구 결과가 모두 수, 연산 또는 계산에 초점이 맞추어지고 있음을 알 수 있다.

최근 연구에서는 수학 교실에서 사용되는 계산기는 단순히 연산의 정확성과 신속성을 개발하고 어림 감각을 기르기 위해 사용되는 것이 아니라 심화된 학습을 지원하고 학생들이 계산기를 전략에 따라 선택하여 사용할 수 있도록 해야 한다고 주장한다. 계산기는 학생들이 문제해결, 공식 만들기, 전략을 적용하기, 결과에 대한 반응을 할 때 특별한 권한을 부여하는 도구이다(Reys & Fran, 2001). Ellington(2003)은 K-12학년 계산기 활용에 대한 54편의 연구를 고찰한 결과, 학생들은 계산기가 단순한 계산의 반복 연습이나 답을 체크하는데 사용하는 것이 아니라 교실에서 교수학적 역할을 할 때 가장 큰 이점을 얻는 것으로 나타났다. 이러한 점에서 계산기 활용은 초등학교 학생들이 규칙을 찾아 확장하고, 생각을 검증하며 관계를 찾는 등 수학적으로 풍부한 문제해결에 참여할 수 있도록 교수 전략을 세워야 할 것이다. 그러나 계산기를 활용하여 문제해결 능력을 향상시키기 위해서는 그래핑 계산기의 사용을 전제로 한다는 점을 고려할 필요가 있다.

국내의 계산기 활용한 관한 선행 연구를 분석하면, 계산기를 활용한 교수 자료 개발과 계산기 활용에 대한 효과에 대한 연구의 두 가지 측면으로 나누어진다. 전장표(2000)는 4학년 대상, 김미자(2001)는 3학년 대상, 양순환(2003)은 6학년 대상으로 교수·학습 자료를 개발하였다. 김의식(2002)은 6학년 대상으로 계산기 사용이 학생의 수학 학습력 및 성향에 미치는 영향을 조사하였고, 안병곤(2005)은 6학년을 대상으로 수감각과 수학적 개념, 문제해결, 패턴 찾기와 추론 능력을 연구하였다. 그리고 김지연(2011)은 계산기를 활용한 수학 학습이 수학 학습부진아의 문제해결력과 수학 학습태도에 미치는 영향을 조사하였고, 이현수(2011)는 수학

영재 학생들을 대상으로 계산기 활용에 대한 효과를 연구하였다. 그러나 김부미(2012)가 초등학교 수학 수업에서 공학적 도구에 대한 ICT 활용 연구에서 탐구형 기하 소프트웨어, 스프레드시트 등을 활용한 연구보다 계산기에 대한 연구가 적다고 밝힌 바와 같이 계산기 활용에 대한 연구는 국외에 비해 연구물 수가 상당히 적다.

지금까지 선행 연구를 종합하면, 계산기는 문제해결보다는 주로 사칙연산과 관련된 연산, 계산의 편의를 위해 교수·학습 자료가 개발되어 적용되어 왔다는 것을 알 수 있었다. 이는 계산기를 활용한 국외, 국내의 연구에서 계산기의 기종이 자연수, 분수, 소수의 사칙연산 기능으로 제한됨으로 인해 이용할 수 있는 범위가 수 연산에 국한되어 있었기 때문이라 여겨진다. 따라서 본 연구는 초등 수학 영재를 위한 계산기의 수업 활용에 대한 시사점을 얻기 위해서 사칙연산뿐만 아니라 표, 그래프, 도형, 확률 등 다양한 기능을 제공하는 TI-73 계산기를 활용한 초등 수학 영재 학생들의 수업 적용을 통해 계산기가 이들의 학습 과정에 어떤 역할을 하며 영향을 주는지 분석하고자 한다.

III. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 Texas Instruments TI-73 계산기 활용에 대한 분석을 하기 위하여 포항시에 소재하는 ○○초등학교 5학년 수학 영재 학급 학생 20명(남 7명, 여 13명)을 대상으로 연구자의 지도 아래 수업을 진행하였다. 영재 학급은 ○○초등학교 내에 설치된 것으로 이 학교 근처에 포항공대와 사립초등학교가 있어 학부모의 교육열이 높으며 사교육을 통한 최소 두 단원부터 1년 앞선 선행학습을 하고 있었다. 그러나 선발 자체가 학교 범위 내에서 이루어지므로 대학 부설 영재원과 교육지원청 영재원 학생들보다 수학 성취도가 낮은 편이다. 학생들은 경상북도교육청에서 만들어진 영재 자료를 학생들의 수준을 고려하여 수학과 전 영역이 포함되도록 영재 프로그램을 재구성하였으며 107차시의 영재 프로그램에 대해 매주 수요일 방과 후에 4시간씩 수업을 한다. 그러나 이 프로그램 속에는 계산기 관련 프로그램은 없어서 이 학생들은 TI-73 계산기를 처음 접하였으며 이전에 계산기를 활용한 수업을

받은 적이 없었다.

2. 활동 프로그램 개발과 수업 절차

TI-73 계산기를 활용한 수학 영재교육을 위하여 이와 관련된 국내·외 문헌을 통하여 수학교육 전문가와 협의 하에 연구 주제와 관련된 내용을 선정하여 연구 주제에 맞게 연구자가 과제를 개발하였다. 특히 프로그램은 Texas Instruments 회사에서 개발한 활동지 (Discovering Mathematics with the TI-73: Activities for Grades 5 and 6)를 바탕으로 구성되었다. 1차시는 좌표의 개념 알기, 좌표 읽기, 계산기를 이용하여 점의 좌표 표시하여 그래프로 도형을 그린 후 x 값과 y 값의 변화에 따라 그래프의 도형이 어떻게 변화되는지 탐구하는 과제를 구성하였다. 2차시는 백분율의 개념 형성을 위해 색깔이 다른 M&M's 초콜릿을 이용하여 색깔 별로 초콜릿 개수를 예상하고, 직접 세어본 후 각 색깔이 차지하는 비율에 대한 백분율을 구하고 원그래프를 그리는 과제를 구성하였다. 마지막 3차시는 소인수 분해를 알고 주어진 자연수를 계산기를 활용하여 소인수분해하며 수의 성질을 탐구하는 과제를 구성하였다. 이렇게 개발된 과제는 연구자가 직접 3주에 걸쳐 80분씩 3차례 수업을 진행하였다. 본 수업에서는 20명의 학생을 2인 1조로 하여 10개 조로 편성한 후 각 조에 한 대씩 계산기를 제공하였다.

3. 자료 수집과 분석 방법

본 연구는 학생들이 TI-73 계산기를 활용한 활동을 관찰한 자료, 활동에 참여한 학생들의 면담 자료, 활동 수행의 결과물인 학생 활동지와 계산기에 저장된 자료 등을 수집하였다. 두 대의 비디오카메라를 이용하여 TI-73 계산기를 활용한 모든 수업 과정을 주 비디오카메라를 이용하여 전체적으로 녹화하였고, 또 다른 비디오카메라를 이용하여 짝 또는 모둠의 상호작용 과정을 녹화하였다. 탐구 과정과 활동지 기록 등을 관찰하면서 정확히 파악할 수 없는 내용과 학생들의 학습에 대한 심층 이해를 알아보려고 할 때는 개별적인 면담을 실시하였다. 이렇게 수집된 녹화자료 및 녹음 자료 그리고 인터뷰 자료는 모두 녹취록으로 작성하였고 이를 토대로 코딩 작업을 하였다. 코드의 결과와 분해를 반복함으로써 이들 초등 수학 영재 학생들의 계산기 사용에 대한 주제를 도출하였다. 코딩된 자료를 범주

화시켜 분류한 결과 의사소통을 매개하는 계산기, 지필환경의 범위를 넘어선 과제 해결을 위한 계산기, 계산기 활용에 대한 남녀의 성차 존재, 학습에 영향을 주는 계산기의 제한점이라는 네 가지 주제를 도출할 수 있었다.

IV. 연구 결과

TI-73 계산기를 활용하여 초등 5학년 수학 영재 학생들을 대상으로 실시한 수업 분석을 통해 본 연구는 의사소통을 매개하는 계산기, 지필환경의 범위를 넘어선 과제 해결을 위한 계산기, 계산기 활용에 대한 남녀의 성차 존재, 학습에 영향을 주는 계산기의 제한점이라는 네 가지 주제를 도출하였고, 이 주제를 각각 살펴보면 다음과 같다.

1. 의사소통을 매개하는 계산기

계산기를 활용한 수업에서 계산기는 학생 사이에 매개물로 존재하면서 의사소통을 중재하는 역할을 하였다. 계산기는 교수 학습과정에 매개하면서 계산기 키에 대한 의사소통, 개념 형성을 위한 의사소통, 오류 지적에 대한 의사소통, 답을 확인하기 위한 의사소통 유형과 같은 네 종류의 의사소통 유형이 나타났다.

가. 계산기 키에 대한 의사소통 유형

수업의 초반에는 다음 에피소드와 같이 계산기의 키에 관한 의사소통이 학생들 사이에서 주로 일어났다.

학생 A : 아, 어떻게 하더라? 분수... 분수로 바꾸는 거구나.

학생 B : 소수를 분수로 바꾸는 거? 소수 입력하고 이거($F \leftrightarrow D$) 누르면 되잖아.

학생 A : 아... 맞네. (수업관찰녹취, 6/26)

이 수업에서는 입력한 분수를 소수로 바꾸기 위해 $F \leftrightarrow D$ 와 같이 기호로 된 명령어를 알아야 학습의 진행이 가능하다. 그러나 계산기의 키에 대한 설명이 주가 되는 수업의 초반에는 교사의 설명 속도에 따라 오지 못하거나 의심이 되는 경우 명령어를 제대로 이해하기

위한 이야기를 주고받았다.

나. 개념 형성을 위한 의사소통 유형
수업 중반으로 갈수록 학생들의 이야기는 계산기 키 조작에서 수학 내용으로 옮겨갔다.

학생 A : 7, 7, 7

학생 B : 7... ?

학생 A : (계산기 화면을 보면서) 7도 소수가 맞긴 맞네. 나 왜 이렇게 적었냐? (수업관찰녹취, 7/3)



[그림 1] 의사소통을 매개하는 계산기
[Fig. 1] Calculator of mediated communication

위 에피소드에서처럼 343을 소인수분해하면서 7, 7, 7이 나왔을 때 학생 B는 7이 소수인지에 대해 분명한 개념이 없던 학생은 계산기의 화면을 보면서 '7도 소수가 맞긴 맞네.'라는 이야기를 하였다. 이 때 그림처럼 두 학생은 계산기를 사이에 두고 계산기 화면 속에 나타난 정보를 바탕으로 이야기를 나누었다.

다. 오류지적에 대한 의사소통 유형

수업 중반으로 흐르면서 배우야 할 수학 내용과 계산기에 나타난 화면을 비교하면서 잘못을 공동으로 찾아가는 의사소통이 나타났다. 다음 에피소드는 좌표를 계산기에 입력하는 동안 세로에 x값으로 잘못 입력한 것에 대해 오류를 지적해주고 있는 것이다.

학생 A : 내 차례다.

학생 B : 마지막. 자, 네가 해. 내가 불러줄게.

[먼저 계산기를 사용했던 친구가 불러주고, y를 누르는 친구는 불러주는 숫자를 듣고 계산기에 입력

한다.]

학생 A : (학생 B가 불러 준 값과 자신이 활동지에 적은 값이 서로 다른 것을 확인하고) 아, 내가 잘못 적었다.

학생 B : Q지?

학생 A : 아니 S.

학생 B : S 13이네. 잠시만.

학생 A : 내가 볼게. 내가 볼게.

학생 B : (계산기의 표에서 좌표값 중 x값이 잘못 기록되어 하나 더 많은 상황에 대해) 요기가 더 많아.

학생 A : (x값을 가리키며) 여기서 자 봐봐. 나 세로인데.

학생 B : 맞네.

학생 A : 이렇게 봤지? (수업관찰녹취, 6/19)

학생 A와 학생 B는 좌표값을 계산기에 입력하는 동안 한 명은 값을 불러주고, 한 명은 값을 입력하는 역할을 가졌다. 그런데 계산기에 잘못 입력을 하는 바람에 좌표를 나타내는 (x, y)의 쌍에서 x와 y의 개수가 같아야 하는 상황에서 x값이 하나 더 많게 되었고, x값은 가로축의 값임에도 불구하고 학생 A는 y값을 하나 더 계산기에 입력함으로써 오류가 발생하였다. 두 학생은 계산기와 활동지를 비교해가면서 오류를 해결하기 위한 의사소통을 하였고, 결국 잘못된 부분을 찾아 수정하였다. 계산기의 매개로 인해 공동으로 오류 발생을 깨닫게 됨으로써 의사소통이 발생하고 있음을 알 수 있다.

라. 답을 확인하기 위한 의사소통 유형

소인수분해를 배우는 동안에는 의견 충돌이 있는 경우, 다음 에피소드와 같이 계산기를 활용하여 답을 확인하는 의사소통이 일어났다.

교사 : 2의 5제곱하고 5의 2제곱하고 소수가 같을까 다를까? 같으면 같다, 다르면 다르다 이유를 적고 모둠 친구들과끼리 한 번 이야기를 합시다.

학생 A : 2의 5제곱은...

학생 B : 같다.

학생 A : 뭘 소리야. 다르다니까.

학생 B : ...
 학생 A : (계산기를 두드리며) 그러니까 2, 2, 4.. 4, 2, 8.. 8, 2, 16
 학생 B : 어 다르네? 야 다르다. (수업관찰녹취, 7/3)

위 에피소드에서 학생 B는 2의 5제곱과 5의 2제곱에 대해 교사의 발언과 동시에 “같다.”라고 외치는 학생으로, 이 학생은 구성하고 있는 숫자가 같기 때문에 두 값이 같은 것으로 인식한 듯했다. 그러나 학생 A는 두 값이 다르다는 것을 정당화하기 위해 계산기를 사용하여 $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ 를 입력하여 얻은 값과 5×5 를 입력하여 얻은 값을 보고 “어 다르네.”하며 학생 B가 반응을 보였다. 이처럼 계산기는 답을 체크해주는 역할을 하면서 학생이 또래 교사의 역할로 바뀌기도 하고, 계산기를 조작한 결과를 바탕으로 하는 의사소통의 가능성을 엿볼 수 있었다. 소집단 활동 과정에서 학생들의 그래핑 계산기 활용에 관한 유형을 분석한 Doerr & Zangor(2000)의 연구에서도 계산기는 추측한 것을 확인하고, 다양한 기호적 형식을 확인하기 위해 체크하는 도구로 사용하고 있음이 관찰되었다. Rivera & Becker(2004)의 주장처럼 계산기는 수학의 새로운 실재를 보여주는 기능이 있어서 학생들이 학습과정에서 스스로 협상하고 의사소통하는 활동에 참여할 수 있도록 도와주는 사례들을 관찰할 수 있었다.

2. 지필환경의 범위를 넘어선 과제 해결을 위한 계산기

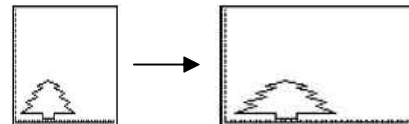
계산기의 역동성과 시각화는 지필환경에서는 할 수 없거나 많은 시간이 소요되어 제한된 활동을 가능하게 하고 관찰할 수 있도록 해주었다. 먼저 1차시 활동에서 좌표 값을 넣은 후 그래프로 나타내었을 때 지필환경에서는 점을 찍은 후 선으로 연결해야 하는 과정에 시간이 소요되지만 계산기는 입력한 좌표 값을 바탕으로 그래프를 그리는 명령어로 즉시 그래프를 확인할 수 있게 된다. 다음 에피소드는 좌표 값을 입력한 후 GRAPH 키를 누른 후 나타난 계산기 화면의 나무 그림에 대한 학생들의 반응이다.

교 사 : (LIST에서 좌표값 입력을 마친 후) 이렇게 고쳤으면 그래프 눌러보세요.

학생 A : (계산기 화면의 나무 그림을 보면서) 우와, 대박.
 학생 B : (계산기 화면의 나무 그림을 보면서) 나왔는데... (수업관찰녹취, 6/19)

분명 표에 좌표 값만 입력한 상황이었었는데 GRAPH 키를 눌렀을 때는 다른 윈도우에 앞서 했던 활동이 연결되어 새로운 표상(표→그래프)으로 바뀌어 나타난 것이다. 더불어 처음 입력했던 좌표 값을 이용해서 x 값 또는 y값을 변경하거나 또는 동시에 두 가지를 변경함으로써 그래프의 변화를 살펴볼 수 있게 해주었다. 이와 같은 계산기의 역동성과 시각화는 지필환경에서는 불가능한 활동을 가능하게 해주었다.

교사 : 이번엔 옆으로 넓혀보자. 그림 뭐가 바뀌게?
 학생 : x
 교사 : 이 너비를 두 배 넓힐 거야. 무슨 값일까?
 학생 : x
 교사 : 그래. x를 두 배로 넓혀 볼 거야.
 학생 : (계산기로 조작을 하여 x값이 2배 되도록 바꾼 후) 됐어요. 다했어요. (수업관찰녹취, 6/19)



[그림 2] x값의 변화를 나타내는 화면
 [Fig. 2] Screen of presenting the change x value

지필환경에서 그래프에 주어진 그림의 x값이 두 배가 되도록 나타내기 위해서는 좌표 값을 찾아 적고, 그 중 x값을 두 배하여 다시 적은 후 그래프에 일일이 점의 좌표를 표시한 후 자로 연결하여 그림을 그려야 할 것이다. 그러나 계산기 환경에서는 다음 학생 활동지에 적힌 것처럼 명령어의 조작으로 가능할 수 있었다.

(2) 계산기 화면에 나타난 그림을 더 크거나 더 좁게 만드는 방법은 무엇입니까?

LIST를 누른 다음 L1이나 L2에 커서를 두고 2nd를 누르고 LIST를 누른다. L1이나 L2에 커서를 두고 ENTER을 누른 다음 $\times 2$ 나 $+2$ 를 적은 다음 ENTER하고 GRAPH를 누른다. (학생활동지, 6/19)

위 학생 활동지와 같이 지필환경에서는 많은 절차가 필요했던 부분들이 x값들을 나타내는 L1, y값들을 나타내는 L2를 이용하여 계산기의 LIST(좌표 값 나타내기), 2ND+LIST(x값 또는 y값 선택), GRAPH(그래프로 나타내기) 명령어와 절차를 이용하여 좌표 값을 나타낼 수 있었다. 새 자료가 주어지면 다시 작업을 해야 하는 지필환경에 비해 계산기는 이미 입력한 자료를 바탕으로 다른 표상으로 이동을 하거나 확장된 활동이 가능하게 하는 절차가 있어서 지필환경의 범위를 넘어선 활동을 할 수 있음을 알 수 있었다.


2차시 활동에서도 계산기의 역동성과 시각화는 분수, 소수, 백분율 사이의 관계를 알고, 그 관계를 윈그래프로 나타낼 수 있도록 하였다. M&M's 초콜릿을 이용하여 각 색깔별로 수를 예상하고, 실제 수를 센 후 초콜릿의 각 색깔이 차지하는 비율(예를 들어, 48/177과 같은 수)을 계산기의 $F \leftrightarrow D$ 키를 이용하여 소수로 나타내고 구한 값을 LIST에 입력한 후 GRAPH키를 누르면 윈 그래프가 나타나고 각 색깔이 차지하는 퍼센트가 적히게 되었다. 다음 에피소드는 비율(분수), 퍼센트, 백분율 사이의 관계를 학생들에게 묻고 답하는 장면이다.

교 사 : 나 오늘 컴퓨터에서 다운로드를 80% 받았어. 이걸 무슨 말일까?

학생들 : 전체 비율의 10개로 나눈 것 중의 8개.

[교사는 칠판에 직사각형을 하나 그린다.]

교 사 : 이것을 전체로 했어. 나는 오늘 다운로드를 80퍼센트밖에 못 받았다는 그림으로 어떻게 표현할 수 있을까? 알겠는 사람이 저 뒤의 남학생 나와 볼까?

[ 와 같이 칠판에 직사각형을 하나 그린 후 이를 다섯 개로 나눈 것 중의 넷을 색칠하여 나타낸다.]

학 생 : 이거 전체를 100인데요 하나가 20이니까

20×4하면 80이거든요.

교 사 : 이걸 분수로 나타내면 얼마죠?

학 생 : 4/5

교 사 : 이걸 100으로 바꾸면 뭐가...

학생들 : 분모가 100

교 사 : 그럼 분자는?

학생들 : 80

교 사 : 그렇지. (수업관찰녹취, 6/26)

학생들이 비율(분수), 소수, 각 색깔에 해당하는 값을 퍼센트로 나타낸 윈그래프, 각 색깔에 해당하는 값을 소수로 나타낸 윈그래프를 계산기 윈도우를 옮겨가면서 관찰하였다. 특히 윈그래프에 나타난 두 값인 소수와 퍼센트 사이의 비교를 통해 소수와 퍼센트 사이의 관계를 알 수 있었다. 따라서 80%에 해당하는 그림을 그려보라는 과제를 제시하였을 때 현재 6학년 1학기 수학교과서에 나오는 것처럼 윈그래프를 100개 중의 80으로 나타내는 것이 아니라 위 에피소드처럼 4/5라는 비율과 전체를 5로 나눈 것 중의 4만큼 색칠된 윈그래프로 나타내며 백분율, 비율, 윈그래프 사이의 관계에 대해 연결을 하였다.

소인수분해 역시 큰 수에 대해서 지필환경에서는 계산하는 과정에서 많은 시간과 노력이 소요되지만 계산기를 통해 다양한 사례를 많이 접하게 되면서 소수, 합성수, 소인수분해의 개념을 익힐 수 있었다.

교 사 : (계산기 화면의 Fac에 대한 질문을 하면서) 여기 이상한 글자 하나 나왔었죠. Fac라는 Fac=2, Fac=2, Fac=2, Fac=2, Fac=3에서 이게(Fac) 뭘까요?

학 생 : (작은 소리로) 소수

교 사 : 뭘까?

학생들 : (웅성거림)

교 사 : 잠깐 한 명씩 말해볼까?

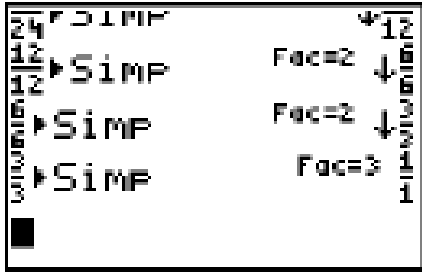
학 생 : (웅성거림) 분수에서 소수로 나뉘질 수 있는 제일 작은 소수...

교 사 : 가장 작은 수? 그러면 애들아 왜 4는 4는 안 나왔을까?

학생들 : 소수가 아니니까요.

교 사 : 그럼 Fac는 뭘까?

학생들 : 소수. (수업관찰녹취, 7/3)



[그림 3] 소인수분해 과정을 나타낸 화면
[Fig. 3] Screen of the prime factor decomposition

소인수분해 과정이 계산기 화면에 'Fac='값으로 나타나고 있으며, 아무리 긴 절차라고 하더라도 방향키를 이용하여 결과를 확인하며 소수를 찾아 기록할 수 있었다. 계산기가 소인수분해의 결과만 보여주거나 소인수분해 과정이 아무런 조작 없이 엔터 한번으로 모두 나타나는 것이 아니라 순차적으로 결과가 나타나므로 큰 수의 소인수분해 과정에 대해 학생들이 계산기의 절차와 사고의 절차를 따라 갈 수 있었으며, 이러한 과정을 통해 계산하는 시간이 아닌 계산기의 화면에 나타난 기호, 수에 대한 의미에 더 초점을 두어 생각해볼 수 있는 시간을 가질 수 있었다.

지금까지의 에피소드에서 살펴본 바에 따르면, 계산기 활용은 비록 계산이나 대수적 절차가 약한 학생일 지라도 심화된 수학적 영역을 탐구할 수 있는 접근 방법을 제공하여 수학을 더 깊이 있게 이해할 수 있도록 도와준다는 사실을 발견할 수 있었다(Lagrange, 2005). 따라서 과학실에서 실험도구를 이용하여 과학 지식을 확장하듯이 탐구 도구인 계산기를 활용한 수학 활동은 영재 학생들에게 수학적 이해를 더 깊이 있게 할 수 있도록 도움 것으로 기대된다.

3. 계산기 활용에 대한 남녀의 성차 존재

계산기를 활용한 수업에서 많이 들리는 소리 중의 하나가 '에러'라는 말이었다. TI-73 계산기 활용에서 학생들이 말하는 에러는 크게 두 가지 상황이었다. 첫째, 다음 에피소드와 같이 명령어를 잘못 입력하였거나 입력한 수나 기호가 명령어 형식이 맞지 않을 경우 올바른 진행을 유도하기 위해 계산기 자체에서 'ERR: DATA TYPE'라는 명령어가 뜨는 경우이다.

학생 A : 에러!

학생 B : (계산기 화면 속에 ERR: DATA TYPE를 보면서) 에러, E 뒤위로 나와 있는데...
(수업관찰녹취, 6/19)

둘째, 계산기 화면에는 'ERR: DATA TYPE'라는 명령어가 뜨지 않았지만 학생들이 키를 잘못 눌러 수업과는 상관없는 윈도우로 들어간 후 빠져 나오지 못하고 더 이상 진행이 되지 못하는 상황을 에러로 간주하였다.

학생들이 위의 두 상황에 처했을 경우 빠져나오기 위해 새로운 방법을 찾아보려는 우회 작업을 하지도 않은 채 도움만 요청하였다. 인터뷰 결과 영문으로 기록된 명령어와 생소한 절차에 대해 학생들은 익숙하지 않아 어려움을 겪은 것으로 드러났다. '에러'를 의치는 학생 수에 대한 3차시 비디오 분석 결과 남학생은 14회, 여학생은 45회로 여학생이 많았다. 남학생은 활동지에 적혀있는 절차를 따라 계산기의 키를 누르며 학습의 진전을 보였으나 여학생의 경우 교사의 키에 대한 설명에만 의존하고 있었고, 게다가 표의 데이터를 지워버려 다시 입력해야 하는 상황까지 있었다.

남학생 A : (계산기를 양 손에 쥐고서 키를 누르며) 게임기 같다.

남학생 B : 그러게. (수업관찰녹취, 6/19)

이 에피소드처럼 계산기를 처음 접했을 때 게임기 같으며 적극성을 보이는 남학생과 달리 여학생은 계산기 키를 누르는 절차의 복잡함을 어렵다는 반응으로 나타났다. 닌텐도, 컴퓨터 게임, 스마트폰 게임 등 게임에 더 노출이 된 남학생은 여학생보다 공학을 다루는데 있어서 더 친숙하기 때문에 여겨진다. 에러 상황에 여러 차례 노출된 여학생의 경우 활동의 참여가 소극적으로 변했으며 다음 에피소드처럼 여학생과 여학생끼리 짝 활동하는 세 쌍은 남학생의 도움을 통해 과제를 해결할 수 있었다.

교사 : 안 된 친구 손들어 봐라. 괜찮으니까

[여학생끼리 짝 활동하는 세 쌍이 손을 든다.]

교사 : (Queue 순서를 통해 다 한 남학생 두 명을 지명하며) 일어서. 빨리 가서 도와주세요.

[남학생 두 명이 가서 도움을 주었고, 한 팀은 교사가 도움을 준다.] (수업관찰녹취, 6/19)

계산기와 같은 공학 활용에 있어서 성차에 관한 연구는 서로 엇갈린 의견을 보인다. Liao는 성차에 따른 컴퓨터 활용의 태도 및 흥미 등에 대한 메타 분석에서 남학생이 여학생보다 컴퓨터에 대하여 긍정적인 태도를 보인다고 했다. Passing & Levin은 남학생은 공학 활용에서 인터페이스의 속도에 관심을 두며 내비게이션 버튼을 누르지만 여학생들은 내비게이션 버튼에 대한 통제권 확보를 중요하게 인식하지 않는다고 하였다 (류지현, 2008 재인용). 반면 Ruventh(1990)는 계산기의 활용은 기호 사용에 있어서 모든 학생들에게 우수한 성취를 나타냈으며 특히 여학생들의 향상이 두드러졌다고 밝히고 있다. 그러나 Hollar & Norwood(1999)의 연구는 남녀 사이의 수행에 있어서 차이가 보이지 않았다고 밝힌다.

공학이 매개된 활동에서 성별에 따라 능력보다는 행동양식의 차이가 존재한다. Jeong & Davidson - Shiver(2006)는 컴퓨터 통신 과정에서 성별에 따라 의사소통 방식이 달라진다는 점을 발견하였으며, Prinsen, Volman, & Terwel(2007)도 컴퓨터 매개 협력학습 상황에서 성차를 줄이기 위해서는 남녀학생들이 동등하게 수업활동에 참여할 수 있는 수업전략이 필요하다고 강조하였다. 이에 계산기 활용 3차 수업에서는 계산기 활동에서 어려움을 겪던 여학생 위주로 남학생-여학생으로 짝 활동을 하도록 집단 구성을 조직하였다.

여학생 A : (상대편 짝 활동하는 장면을 보면서)
OO(상대편 여학생)아, 짝 잘못 만났구나.

남학생 : 어우...

여학생 B : 왜? ERROR 났어? 왜 그렇게 많이 없는데? 3, 3, 3은...

남학생 : 아, 안 적었구나. 아니야. 아니야. 분명히 했는데 이걸 안 적었어. 그러니까 이걸 ERROR라고...

여학생 B : 다른 것 해볼까?

여학생 A : OO(여학생 B)아, 차라리 네가 하는 게 낫겠다. (수업관찰녹취, 7/3)

위 에피소드에서 계산기 활동에 어려움을 호소하던 여학생 A는 이미 짝과 함께 활동을 마친 상태에서 이전에 짝이었던 여학생 B에게 도움을 해 볼 것을 조언하였으며, 여학생 B 역시 에러 상황에 빠졌을 때 다른 것을 시도해보고자 하는 의사를 밝히며 수업 참여 의지를 보이는 것을 관찰할 수 있었다.

이상을 정리해보면, 계산기 활용에 있어서 남녀의 성차는 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 계산기를 처음 사용하거나 아직 메뉴얼에 익숙하지 않아 키 활용이 원활하지 않은 경우에는 학습 조직에 있어서 동성보다는 이성끼리의 짝 활동이 유리해보이지만 2인 1조로 계산기를 사용하는 경우 우선권을 남학생이 먼저 가지는 것으로 보아 동등하게 수업에 참여할 수 있는 수업전략 및 계산기를 개인별로 소지하는 것이 필요하리라 본다.

4. 학습에 영향을 주는 계산기의 제한점

단순한 인공물에 지나지 않던 기술 공학이 수학 학습 과정에서 수학적으로 활용 의미가 부여된 도구로 발전하기 위해서는 먼저 도구에 대한 이해가 선행되어야 한다. Guin & Trouche(1999)는 도구에 대한 이해 과정에서 연장의 제약점을 내부적 제약(internal constraints), 명령어상의 제약(command constraints), 그리고 구조적 제약(organization constraints)의 세 종류로 구분하였다. 계산기와 같은 연장이 “본질적으로 무엇을 할 수 있는가?”와 관련된 질문은 내부적 제약, “사용가능한 명령어는 무엇이 있는가?”는 명령어상의 제약, 그리고 구조적 제약은 “사용가능한 명령어는 어떻게 배치되어 있는가”라는 질문이다. 계산기 활용 3차 수업을 하는 동안 드러난 계산기가 가진 제약점은 내부적 제약과 구조적 제약이었다.

가. 내부적 제약

소인수분해하는 과정에서는 같은 소수인 11을 넣을 때는 문제가 없이 해결이 되었지만 1001을 입력하였을 경우 더 이상 진행이 없이 ERROR가 발생하면서 계산기의 내부적 제약이 발생하였다. 학생들은 1001이 큰 수여서 ERROR가 발생하는지 확인하기 위해 1001보다 더 큰 수인 100000을 입력하였고, 이 때 계산기는 다시 소인수분해 과정을 보여주면서 일관적이지 않는 결과는 학생들에게 혼동을 주었다. 다음은 활동지의 과

제를 마친 후 임의로 1001을 계산기에 입력하여 소인수분해하는 과정에서 학생들이 주고받은 내용이다.

- 학생 A : 1001은 SIMP하는데 ERROR 떴어.
 학생 B : ERROR를 Clear해라.
 학생 A : (큰 수를 입력하면서) 야 이거 봐.
 학생 B : (계산기를 쳐다보면서) 어디까지 되나 끝까지 쳐봐. ERROR 걸릴 것 같은데?
 학생 A : ERROR 뜬다. ERROR 뜬다.
 학생 B : 7777 나누기 7777
 학생 A : 안 나뉘지네. 소수! (잠시 후) 아닌데...
 (수업관찰록취, 7/3)

위 에피소드에서 보면 7777을 소인수분해하면 1, 7, 1111, 7777이 되어 합성수이지만 계산기에서는 나누어지지 않는다. 이와 같이 내부적 제약은 계산기의 내부 메모리와 관련된 것으로 어떻게 계산기가 내부적으로 조작되는지, 수학적 개념에 대해 참인지 거짓인지와 같은 질문을 던지게 한다. 이러한 내부적 제약으로 인해 학생들에게 나누어지지 않는다는 혼동된 결과를 보여 학생은 ‘소수’라고 판단하지만 잠시 후 계산기 결과에 대해 의구심을 드러내며 ‘아닌데...’라고 언급했다. 이처럼 호기심이 많은 영재 학생의 경우에는 교사가 제시한 활동지를 완성한 후에는 활동지에 제시된 내용을 벗어난 다양한 시도를 해보는 경향이 있었다. 계산기가 주는 피드백에 대해 영재 학생들은 자신이 알고 있는 지식의 범위를 벗어난 경우 계산기에 나타난 결과는 무비판적으로 수용할 수도 있을 것이다. 따라서 이런 학생을 지도하는 교사는 계산기가 가지고 있는 내부적 제약을 이해하는 것이 계산기 화면에 제시된 정보에 대해 비판적인 관점에서 학생들이 수용할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것이다.

나. 구조적 제약

계산기의 LIST키를 이용하여 좌표 값을 입력할 경우 학생들은 좌표 값이 (x, y)로 쌍을 이루기 때문에 x, y 순으로 입력을 한다. 그러나 계산기는 순서쌍의 순서 즉 x, y 순이 아니라 x 값을 입력 후 엔터를 치는 순간 y값을 입력할 수 있도록 키가 오른쪽으로 옮겨가는 것이 아니라 아래쪽으로 이동하게 되어 있다. 키의 구성이 설명한 바와 같이 설정되어 있기 때문에

학생들은 처음에는 x, y 순으로 입력을 하다가 어느 순간부터는 x값을 다 입력한 후 y값을 입력하는 형태로 바뀌어 있었다. 키의 구성에 따라 학생들은 (x, y)로 좌표 값을 넣으면 방향키를 이용하여 엔터를 쳐야 하는 불편함 때문에 개념에 앞선 절차의 단축화를 시도하게 된 것이다.

또 다른 구조적 제약의 예로는 계산기에서 분수를 입력하기 위해서 입력키 $\frac{b}{c}$ 를 누르면 나타난다. $\frac{b}{c}$ 키를 누르면 분자에 먼저 커서가 있어서 분자를 먼저 입력한 후 분모를 입력하게 되어 있어 분모부터 읽는 우리나라와는 입력 순서가 반대인 셈이다. 반면, 초등학생용 계산기인 TI-15는 분자 입력을 위한 $\frac{n}{d}$ 과 분모 입력을 위한 $\frac{d}{n}$ 로 나누어져 있어 분수 입력시 분모부터 입력하고, 분자를 입력할 수 있어서 구조적 제약으로부터 자유롭다. 이처럼 계산기의 종류에 따라 각각 서로 다른 명령어에 대한 키의 구성이 설정되어 있다. 이러한 명령어 구성과 관련된 에피소드는 영재 학생에게는 큰 문제가 되지 않았지만 일반 학생의 경우 좌표나 분수의 개념에 대해 학습을 할 때 읽는 순서와 계산기에 입력하는 순서가 달라 혼동을 줄 수도 있을 것으로 보인다.

V. 결론

본 연구는 초등학교 5학년 수학 영재 학급 학생 20명을 대상으로 TI-73 계산기를 활용하였을 때 계산기가 영재 학생들의 학습에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고 이로부터 초등 수학 영재 학생을 위한 계산기의 수업 활용에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 본 연구의 연구 결과로부터 초등 수학 영재 학급에서 계산기 활용에 대한 결론과 시사점은 다음과 같다.

첫째, 계산기 활용은 학생 사이의 의사소통을 매개하는 역할을 한다. 학습은 도구가 매개된 역사 문화적 맥락 속에서 성인이나 동료들과의 사회적 상호작용을 통해서 일어난다(Hardman, 2008). 특히, 계산기와 같은 공학은 수학교실에서 문제와 문제 유형에 관한 지식, 해결 과정에서 새로운 유형의 관계를 강조하기 때문에 사회 수학적 규범을 변화시키는 기록적 역할을 할 수

있을 것이다(Mariotti, 2002). 그러나 개인용 도구로 개발된 계산기가 학생들의 의사소통보다는 개별 활동을 유도하여 오히려 모둠 상호작용 활동을 방해하는 요소로 작용할 수 있으므로(Doerr & Zangor, 2000), 계산기가 매개되어 사회적 상호작용이 일어나도록 하기 위해서는 교사가 영재 프로그램을 개발하고 수업을 설계할 때 계산기를 가지고 개별 수업을 하더라도 모둠별 상호활동이 방해되지 않는 학습 조직, 교사의 발문 등이 고려되어야 할 것이다.

둘째, 수학 영재교육을 위한 계산기를 선택할 때는 문제해결 능력 향상이 가능한 기종을 골라야 한다. 계산기는 지필환경만으로는 불가능한 풍부한 학습 환경을 제공함으로써 원리탐구형 발견학습을 가능하게 하여 학생들의 탐구 의욕을 자극할 수 있으며(강운수, 이보라, 2004), 효율적으로 다양한 유형의 학습을 경험하게 함으로써 학생들에게 학습에 동기를 부여한다(Treffinger, 1975). 이를 위해 영재 학생을 위한 계산기는 연산 기능에만 국한된 기종이 아니라 그래핑 기능이 지원되는 기종을 선택하여야 수와 연산의 범위를 넘어서 다양한 내용 영역에서 문제해결을 할 수 있을 것이다(Ellington, 2003). 그러나 그래핑 계산기의 경우 초등용 계산기로 개발된 TI-15와는 달리 윈도우를 설정해야 하거나 다른 윈도우로 이동해야 하는 경우가 있다. 이 때 학생들이 더 이상 진행을 하지 못하고 예러로 간주해버리며 포기하는 경우도 있고, 윈도우 설정을 제대로 하지 않는 경우 보고자 하는 것이 화면에 나타나지 않을 수도 있으므로 학생들이 윈도우 설정과 같은 공학도구의 사용 절차에 대한 이해가 선행되어야 할 것이다.

셋째, 공학이 매개된 활동에서 성별에 따른 능력의 차이는 연구자마다 의견이 분분하지만 성별에 따른 의사소통 방식, 행동양식 등의 차이가 존재한다는 점은 일치한다. 그러나 본 연구에서 TI-73 계산기 활용에 있어서 남녀의 성차는 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 계산기를 처음 사용하거나 아직 매뉴얼에 익숙하지 않아 키 활용이 원활하지 않은 경우에는 학습 조직에 있어서 동성보다는 이성끼리의 짝 활동으로 수업에 동등하게 참여할 수 있는 수업전략이 필요할 것이다.

넷째, 계산기를 활용한 교수·학습 활동을 설계하고자 할 때, 본 수업을 하기 전 계산기 명령에 대한 사전 수업이 준비되어야 하고, 계산기가 갖는 잠재성과

제한점을 미리 알아야 한다. 아무리 우수한 영재 학생 이더라도 처음 계산기를 접한 신기함과 호기심만으로 지속적인 학습을 이끌어갈 수 없다. Surgenor(2007)은 계산기의 활용이 수학 시간에 문제해결 방법과 연산 능력을 가르치는 대신 계산기 활용하는 방법을 가르치며 매뉴얼 학습에 시간을 소모하게 되어 사고 활동이 충분히 일어날 수 있는 시간이 부족해지는 것을 우려하였다. 따라서 수업 전에 계산기의 명령에 대해 충분히 익숙해져야 할 필요가 있으며, 수업이 계산기의 키를 누르는 것으로 그치는 것이 아니라 배워야 할 내용이 추가 되도록 해야 할 것이다. 또 영재 학생은 호기심이 많은 영재성으로 인해 본 활동을 마친 후 확장하여 활동하려는 경향이 있기 때문에 계산기로 큰 수에 대한 탐색을 하거나 새로운 수를 입력하려는 시도를 한다. 그러나 계산기 자체가 가지는 제약점은 잘못된 값을 보이거나 예러가 되는 경우가 발생하므로 교사는 도구 자체가 갖는 제약점을 미리 파악하여야 학생들이 계산기가 가진 제약으로 인한 잘못된 수학적 개념이 형성되지 않을 것이다.

본 연구에서는 TI-73 계산기 활용이 학습에 어떤 영향을 미치는지 분석하고 초등 수학 영재 학생들의 계산기 활용 수업에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 그러나 연구자이면서 동시에 관찰자의 역할을 동시에 수행하였기에 연구자의 의도가 연구 과정에서 영향을 주었을 것이라는 제한점이 있다. 또, 짧은 기간으로 이루어진 본 연구로부터 도출된 주제는 장기간 연구로 이루어졌을 때 새로운 범주의 주제가 나타날 수 있으므로 새로운 양상을 관찰하기 위한 후속 연구가 필요하리라 본다.

참고 문헌

- 강병련·김희영 (2008). 대학부설 과학영재교육원 초등수학 교육과정 분석. 한국학교수학회지 시리즈 E <수학교육 논문집>, 22(1), 13-26.
- Kang, P. L. & Kim, H. Y. (2008). The analysis of elementary mathematics curricula of university attached science education institutes for gifted. *Communications of Mathematical Education*, 22(1), 13-26.

- 강윤수·이보라 (2004). TI-92 계산기를 활용한 이산 수학의 이해과정 탐구: 「행렬과 그래프」 단원을 중심으로. 한국학교수학회논문집, **7(2)**, 81-97.
- Kang, Y. S. & Lee, B. R. (2004). Discrete mathematics using TI-92 calculator - Matrix and Graph-. *Communications of Mathematical Education*, **7(2)**, 81-97.
- 김미자 (2001). 초등 수학교육에서 계산기 활용 방안에 관한 연구, 미출판 석사학위논문, 서울교육대학교 교육대학원, 서울.
- Kim, M. J. (2001). *A study on using calculators in elementary school mathematics*. Unpublished a master's thesis, Seoul National University of Education, Seoul.
- 김부미 (2012). 우리나라의 ICT 환경 기반 수학 학습 현황 분석. 교과교육학연구, **16(3)**, 657-687.
- Kim, B. M. (2012). Analysis of mathematical learning based the ICT environment. *Curriculum Education Research*, **16(3)**, 657-687.
- 김상미 (2013). 초등수학분야 영재교육원의 교육내용 사례 비교 연구. 학교수학, **15(2)**, 429-442.
- Kim, S. M. (2013). A Comparative Study on Curricula for the Mathematically Gifted in Gifted Education Institutes attached Metropolitan Office of Education. *School Mathematics*, **15(2)**, 429-442.
- 김의식 (2002). 초등학교 수학교에서 계산기 사용이 아동의 수학 학습력 및 성향에 미치는 영향, 미출판 석사학위논문, 대구교육대학교 교육대학원, 대구.
- Kim, E. S. (2002). *The effects of using a calculator in elementary math on children's math learning ability and disposition*. Unpublished a master's thesis, Daegu National University of Education, Daegu.
- 김지연 (2011). 계산기를 활용한 수학학습이 수학 학습부진아의 문제해결력 및 수학 학습태도에 미치는 영향, 미출판 석사학위논문, 서울교육대학교 교육대학원, 서울.
- Kim, J. Y. (2011). *The effect of mathematics learning using calculators on problem solving ability and attitude towards for low achieving students in mathematics*. Unpublished a master's thesis, Seoul National University of Education, Seoul.
- 노영순 (2005). 우리나라 수학영재교육의 문제점과 개선방안. 한국수학교육학회논문집, **8(3)**, 383-409.
- Ro, Y. S. (2005). The problems and improvements of gifted education in mathematics in Korea. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, **8(3)**, 383-409.
- 류지현 (2008). 초등학교 수학교 디지털교과서가 성별 및 적용환경에 따라 학업성취와 매체인식에 미치는 영향. 교육공학연구, **24(3)**, 53-83.
- Ryoo, J. H. (2008). The impact of classroom environment and gender gap of digital textbook for mathematics of elementary school on achievement and media perception. *Korean Society for Engineering Education*, **24(3)**, 53-83.
- 안병곤 (2005). 초등수학에서 계산기 활용에 대한 효과 분석. 학교수학, **7(1)**, 17-32.
- Ahn, B. G. (2005). An Analysis of Effective on Using Calculators in Elementary Mathematics. *School Mathematics*, **7(1)**, 17-32.
- 양순환 (2003). 초등학교 6학년 수학과 계산기 활용 방안 연구, 미출판 석사학위논문, 한국교원대학교 교육대학원, 청주.
- Yang, S. H. (2003). *A study of the use of calculators in the mathematics of sixth grade in elementary school*. Unpublished a master's thesis, Korea National University of Education, Chungju.
- 우광식 (2005). 초등학교 수학 영재교육에 대한 사례 조사 연구, 미출판 박사학위논문, 한국교원대학교 교육대학원, 청주.
- Woo, K. S. (2005). *An investigation on some cases of mathematics gifted education for elementary school students*. Unpublished doctoral dissertation, Korea National University of Education, Chungju.
- 이신동·이정규·박춘성 (2009). 최신영재교육학개론. 서울: 학지사.
- Lee, S. D., Lee, J. K. & Park, C. S. (2009).

- Introduction to gifted education.* Hak Ji Sa.
- 이현수 (2011). 테크놀로지를 활용한 수학 영재교육, 미출판 박사학위논문, 전남대학교 대학원, 광주.
- Lee, H. S. (2011). *A study on the mathematics gifted education using technology.* Unpublished doctoral dissertation, Chonnam National University, Kwangju.
- 전장표 (2000). 계산기 활용을 위한 교수 자료 개발에 관한 연구: 초등학교 4학년은 중심으로, 미출판 석사학위논문, 경인교육대학교 교육대학원, 인천.
- Chun, C. P. (2000). *A study on development of teaching materials using calculator for 4th grade of elementary school.* Unpublished a master's thesis, Kyungin National University of Education, Incheon.
- 정덕호 · 유대영 (2013). 사회연결방법을 이용한 과학 영재들의 의사소통 구조 분석. *Korean Earth Science Society*, **34(1)**, 81-92.
- Chung, D. H. & Yoo, D. Y. (2013). A communication structure of science gifted students based on the social network analysis. *Korean Earth Science Society*, **34(1)**, 81-92.
- 정수지 (2011). 초등 수학 영재 프로그램 평가: 서울시 A교육청 사례를 중심으로, 미출판 석사학위논문, 이화여자대학교 대학원, 서울.
- Jeong, S. J. (2011). *Evaluation of the gifted education program for mathematically gifted children in the elementary school.* Unpublished a master's thesis, Eewha Womans University, Seoul.
- 한광래 · 박해균 · 류재인 (2011). 과학영재 학생의 학습 특성에 관한 사례연구-소집단에서의 언어적, 비언어적 상호작용을 중심으로-. *초등과학교육*, **30(1)**, 51-60.
- Han, K. L., Park, H. G. & Ryu, J. I. (2011). A case study on the learning characteristics of science-gifted students in Jeonnam Province -Focused on verbal and nonverbal interactions in small group-. *Elementary Science Education*, **30(1)**, 51-60.
- 홍은자 (2004). 초등 수학 영재 교수-학습 프로그램 분석, 미출판 석사학위논문, 서울교육대학교 교육대학원, 서울.
- Hong, E. J. (2004). *Analysis of the programs for the mathematically gifted children in the elementary schools.* Unpublished a master's thesis, Seoul National University of Education, Seoul.
- Campbell, P. F., & Stewart, E. L. (1993). Calculators and computers. In R. Jensen (Ed.), *Early childhood mathematics* (pp. 251-268). New York: Macmillian Pub. Co.
- Charles, R. (1999). Calculators and elementary school level? Yes, it just makes sense!. In Z. Usiskin (Ed.) *Mathematics education dialogues* (p.11), Reston, VA: NCTM.
- Discovering Mathematics with the TI-73: Activities for grades 5 and 6. from http://education.ti.com/en/us/activities/explorations-series-books/activitybook_73_discovering.
- Dixon, F., Cassidy, J., Cross, T., & Williams, D. (2005). Effects of technology on critical thinking and essay writing among gifted adolescents. *Journal of Secondary Gifted Education*, **16(4)**, 180-192.
- Doerr, H. M., & Zangor, R. (2000). Creating meaning for and with the graphing calculator. *Educational Studies in Mathematics*, **41(2)**, 143-163.
- Elizabeth, S. (2007). Attitudes toward information technology of teachers of the gifted. *Gifted Child Quarterly*, **51(2)**, 119-135.
- Ellington, A. J. (2003). A meta-analysis of the effects of calculators on students' achievement and attitude levels in precollege mathematics classes. *Journal for Research in Mathematics Education*, **34(5)**, 433-463.
- Groves, S., & Stacey, K. (1988). Calculators in primary mathematics: Exploring number before teaching algorithms. In L. J. Morrow & M. J. Kenney (Eds.) *The teaching and learning of algorithms in school mathematics* (pp. 120-129).

- Reston, VA: NCTM.
- 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(3), 195 - 227.
- Hardman, J. (2008). Researching pedagogy: an activity theory approach. *Journal of Education*, 45, 65-93.
- Hembree, R., & Dessart, D. J. (1992): Research on calculators in mathematics education. In J. T. Fey (Ed.), *Calculators in mathematics education* (pp.22-31). Reston, VA: NCTM.
- 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(2), 220-226.
- Janet, D. (2008). *A comparison of the mathematics achievement, attributes, and attitudes of fourth-, sixth-, and eighth-grade students*, Unpublished doctoral dissertation, University of St. John's, New York.
- Jeong, A., & Davidson-Shiver, G. V. (2006). The effects of gender interaction patterns on student participation in computer supported collaborative argumentation. *Educational Technology Research and Development*, 54(6), 543-568.
- Knight, P., Pennant, J., & Piggott, J. (2004). What does it mean to "use the interactive whiteboard" in the daily mathematics lesson?. *Micromathematics*, 20(2), 14-16.
- Koshy, V., Ernest, P., & Casey, R. (2009). Mathematically gifted and talented learners: theory and practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 40(2), 213-228.
- Krutetskii, V. A. (1976). *The psychology of mathematical abilities in schoolchildren*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lagrange, J. B. (2005). Transposing computer tools from the mathematical sciences into teaching. In D. Guin, K. Ruventh, & L. Trouche (Eds.), *The didactical challenge of symbolic calculators: Turning a computational device into a mathematical instrument* (pp. 67-82). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lee, S., & Olszewski, K. (2006). A study of the instructional methods used in fast paced classes. *The Gifted Child Quarterly*, 50(3), 216-233.
- Mariotti, M. A. (2002). Influences of technologies advances in students' math learning. In L. D. English (Ed.), *Handbook of international research in mathematics education* (pp. 757-786), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates publishers.
- McAllister, B., & Poirurde, L. (2008). Enrichment curriculum: Essential for mathematically gifted students. *Education*, 129(1), 40-48.
- McCauliff, E. (2004). The calculator in the elementary classroom: Making a useful tool out of an ineffective crutch. *Concept*, 27, 1-13.
- McClure, L. (2001). Mathematics. In D. Eyre & L. McClure (Eds.), *Curriculum provision for the gifted and talented in the primary school: English, maths, science and ICT* (pp. 64-89). London: NACE/David Fulton Publishers.
- McCoach, B., & Reis, S. (2000). The underachievement of gifted students: What do we know and where do we go?. *Gifted Child Quarterly*, 44(3), 158-170.
- Prisen, F. R, Volman, M. L, L., & Terwel, J. (2007). Gender related differences in computer mediated communication and computer supported collaborative learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23, 393-409.
- Pyryt, M. (2003). Technology and the gifted. In N. Colangelo & G. Davis (Eds.), *Handbook of gifted education* (pp. 582-589). Boston: Allyn & Bacon.
- Reys, B. J., & Fran, A. (2001). Clearing up the confusion over calculator use in grades K -5. *Teaching Children Mathematics*, 8, 90 - 94.

- Rivera, F., & Becker, J. R. (2004). A sociocultural account of students' collective mathematical understanding of polynomial inequalities in instrumented activity. In *Proceedings of the 28th conference of the international group for the psychology of mathematics education*, 4, 81-88.
- Ruvenh, K. (1990). The influence of graphic calculator use on translation from graphic to symbolic forms. *Educational Studies in Mathematics*, 21(5), 431-450.
- Sheffield, L.J. (1999). Serving the needs of the mathematically promising. In L. J. Sheffield (Ed.), *Developing mathematically promising students* (pp. 43-55). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Siegle, D. (2004). Identifying students with gifts and talents in technology. *Gifted Child Today*, 27(4), 30-33.
- Stiff, L. (2001). *Making calculator use add up*. NCTM News Bulletin 37. Retrieved from <http://www.nctm.org/about/content.aspx?id=1242>.
- Surgenor, P. (2007). *Pressing the right buttons: Calculator use in schools and in junior cycle mathematics: Summary report on phase II of the study of the effects of calculator use on mathematics in schools and in certificate examinations*. Ireland: St. Patrick's College.
- Tomlison, C. (2009). Learning profiles and achievement: Do learning preferences have a place in promoting student success in the classroom?. *School Administrator*, 68(2), 28-34.
- Treffinger, D. J. (1975). Teaching for self-directed learning: A priority for the gifted and talented. *Gifted Child Quarterly*, 19(1), 46-59.
- Trouche, G. (2005). An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculators environments. In D. Guin, K. Ruvenh, & L. Trouche (Eds.), *The didactical challenge of symbolic calculators: Turning a computational device into a mathematical instrument* (pp. 137-162). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Van Devender, E., & Rice, D. (1984). Improving instruction in elementary mathematics with calculators. *School Science and Mathematics*, 84, 633-643.
- Williams, D. (1987). Using calculators in assessing mathematics achievement. *Arithmetic Teacher*, 34(20), 21-23.
- Winebrenner, S. (2000). Gifted students need an education, too. *Educational Leadership*, 58(1), 52-56.

An Analysis of Using TI-73 Calculator for the 5th Grade Students in an Elementary Math Gifted Class

Kang Young Ran

Yugang Elementary school

582 Yugang, Pohang-si, Gyeongsangbuk-do, Korea

E-mail : yr3027@hanmail.net

In this study, lessons on coordinate, percentage, and factorization in prime factors were taken with TI-73 calculator for 20 elementary school students in the 5th grade math gifted class in Pohang city. Through these lessons, the researcher examined with cases how using the calculator would influenced the lessons for the gifted students, and attempted to obtain implications on using calculators as learning tools in class. Activity sheets were made for this study and a 80-minute lesson was held three times for three weeks. In order to collect data, the class was recorded on videotape, the students were interviewed, and documents used in the class were collected. Then all the data were transcribed. Data analysis was completed through several readings of transcripts and main themes were derived by classifying, comparing, and contrasting coding.

As a result of the study, the calculator played a role the tool as the mediation to communicate and the challenge their solvable tasks beyond the limitation of paper and pencil environments. But, in using the calculator, there was differences in gender between boys and girls. Above all, to enter commands into the calculator resulted in obstacles for learning process.

* ZDM Classification : U13

* 2000 Mathematics Subject Classification : 93U70

* Key Words : calculator, gifted student