韓國數學敎育學會誌 시리즈 A <數學敎育>
2008. 08. 제 47권, 제 3호, 273-290

J. Korea Soc. Math. Ed. Ser. A: The Mathematical Education
August. 2008, Vol. 47, No. 3, 273-290

중학교 함수의 수학화 과정에서의 성차 연구

고 호 경 (한국교육과정평가원)
고 상 숙 (단국대학교)

I. 서 론

1. 연구의 필요성과 목적

최근 수학교육의 교수학습 환경에서 수요자에 대한 공평성(NCTM, 2000)은 교육기관의 지대한 관심을 받아오며 다각도에서 연구가 진행되어왔다. 성별, 인종, 사회계급, 지역간의 차별성에 대한 연구는 인류학분야에서는 오랜 역사를 가지고 있으며 이 중 많은 연구가 성공평성에 관한 관심을 불러 일으켰을 뿐 아니라, 교육 분야에 있어서 성공평성을 이룩하는 데 있어 많은 기여를 하였다고 할 수 있을 것이다(예를 들면, Burton, 1986; Chipman, Brush & Wilson, 1985; Fennema, 1985; Fennema & Leder, 1990). 구체적으로는, 학습 방법과 성향에 관한 연구(Honigsfeld & Dunn, 2003), 혹은 수학에 대한 태도와 수학 성취도(Royster, Herris & Schoeps, 1999: Utsumi & Mendes, 2000), 일반 지식(Lynn, Irwing, & Cammocck, 2001), 그리고 지능에 관한 성차(Bennet, 1996: Furnham, Clark & Bailey, 1999: Funham & Fong, 2000) 등 현상에 대한 분석 뿐 아니라 성공평성을 한층 이끌기 위한 많은 시도와 제안들이 지속적으로 연구되어져 왔다.

교육은 모든 학생들의 다양한 욕구를 충족시킬 방안을 늘 강구해야 할 필요성이 있다(Sullivan, 1994)는 것을 받아드린다면, 수학에서 성 공평성이 얼마나 실현되고 있으며 얼마나 발전되어져 왔으며, 이를 위한 적극적 방안들이 존재하는가에 대한 연구는 끊임없는 연구자들의 관심대상이 되어야 할 것이다. 현재시점에서의 현상을 항상 예의주시하고 있어야함은 물론이거니와 성공평성을 가속시키기 위한 적극적면서 구체적인 방법을 시도해야 할 것임은 두 말 할 나위가 없을 것이다.

양성의 공평성을 추구하는 교육이란, 성을 무시하고 남녀 모두에게 똑같은 교육 자료를 제시하는 것을 지양하거나 성에 따라 차이가 나는 테스트 문항 재고 또는, 남녀간 생물학적 차이를 고려한 교육 다시 말하면, 의도적으로 성을 고려한 교육을 추구하는 것이라 하였다(Cronin, 2005). 이는 성 편견으로부터 자유롭기 위한 최선의 방법으로 '성을 고려하는' 혹은 '성에 민감한(gender-sensitive)'교육을 선택하는 것으로, 보다 더 적극적으로 성을 고려하여 학습을 진행시킴으로서 양성 평등에 도달할 수 있다는 것이다. 이를 위하여 학교 교육에서 성차가 나타나는 부분을 찾아내어, 성별 차이에 영향을 미치는 변인을 성별 차이를 개선시키는 방향으로 조정해 나갈 수 있는 여러 교수-학습 방법의 시도를 통해서 학생들의 성별차이를 줄이려는 노력과 더불어 여학생을 위한 여학생 친화적 수학 프로그램 개발에도 주력해야 할 것이다(이대식&김수미, 2003).

그 동안 인지적 관점과 정의적 그리고 사회-문화적인 관점 등과 같은 여러 요인들 속에서 수학 교수-학습의 성차를 완화시키기기 위한 다양한 연구가 진행되어 왔다. 이러한 연구들 중, Honigsfeld & Dunn(2003)는 다섯 나라(Bermuda, Brunei, Hungary, New Zealand and Sweden)를 비교하여, 성별에 따라 학습 방법에 대한 선호도가 다르다는 것을 발견하였다. 여학생은 남학생 보다 더 자기 동기가 부여되고, 끈기가 있고 책임감이 있는 반면 남학생은 감각적이고 동료에 의해 더 많은 영향을 받는다고 하였다. 이러한 연구에 힘입어 여학생의 흥미, 취향 등을 고려한 자료개발의 필요성이 제안됨에 따라 성차를 좁히기 위한 구체적인 연구가 진행되면서 적

* 2008년 2월 투고, 2008년 5월 심사 완료.
* 본 논문은 고상숙・고호경(2007)에서 수집된 자료를 바탕으로 성차에 대해 재조사한 것이다.
* ZDM분류 : U13
* MSC2000분류 : 97U70
* 주제어 : 성차, 수학화, 함수, 계산기, 수학적 성취도

지 않은 효과를 거두고 있다(예, 이대식 · 김수미, 2003). 가령, 요즘 시행되고 있는 수행평가가 여학생 특유의 세심함과 성실함을 요구하는 부분이 많아서, 남녀학생의 점수차를 좁히는 데 기여하였다는 보고도 있다(김평기, 2004).

제 3차 수학, 과학 성취도 국제 비교에서는 여학생들의 평균 점수가 국제 평균보다 여전히 크게 나타나긴 했으나 1995년도에 비하여 많이 좁혀졌고(김성숙 외, 2001), PISA 2003의 수학영역에서는 우리나라 남학생 평균이 552점, 여학생 평균이 528점으로 남학생 평균이 23점 높으며, 이 차이는 통계적으로 유의한 결과였다. PISA 2006에서 OECD 평균 남 · 여학생의 성취도를 살펴보면, 우리나라의 경우, 통계적으로 유의하지는 않으나 남학생 평균이 552점, 여학생 평균이 543점으로 남학생 평균이 9점 높게 나타났지만, 우리나라 남 · 여학생의 수학 성취도 차이는 PISA 2003보다 PISA 2006에서 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 볼 때, 성차를 줄이는 노력이 꾸준히 지속되고 여학생의 성취도를 향상시키기 위한 방안을 모색하고 실천에 옮기는 노력이 지속됨과 동시에 성차가 줄어드는 가시적인 효과 역시 나타나고 있음을 말해주고 있다.

그러나 최상위권의 경우 인문계, 자연계와 상관없이 고등학교 3학년을 조사했을 경우, 학년말로 갈수록 남녀학생의 차이가 커지면서 남학생이 우수한 성적을 받는 비율이 증가하는 경향이 있음이 드러나는 것(김재철, 2004)과 같이 아직도 성차를 줄이기 위한 연구는 박차를 가해야 할 필요성이 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구는 성차와 관련하여, 계산기를 이용한 함수 수학화 활동을 통하여 학생들이 함수적 성취도에서 어떠한 차이가 나타나는가를 조사하고, 남녀학생의 학습양상을 밝힘과 동시에 성차를 고려한 실질적인 학습 유형을 제공하는 것에 그 목적을 두고 있다. 이를 위해 수학화를 바탕으로 개발된 검사지의 문항분석을 통해 성차를 특성을 파악하고, 수학화 학습을 위한 학습경로를 구성하며 연구 수행 결과 성별에 따른 학습 성취도를 조사하였다. 본 연구의 결과는 남, 여학생 선호의 수학 학습 방법에 대한 많은 정보를 제공해 줄 수 있으며, 이를 활용한 수업 구상과 처지에 도움을 제공할 수 있으리라 사료된다.

2. 연구내용

계산기를 사용한 함수 수학화 활동이 중학교 남녀 학생들의 함수의 성취도에 어떤 영향을 미치는지를 알기 위해;

1) 함수 수학화 효과를 파악하기 위한 남녀학생들의 수학적 성취도 검사지의 문항분석을 실시한다.

2) 함수의 수학화 과정에서 남녀학생의 학습 경로[1]의 특징을 조사한다.

3) 용어정리

수학화: 어떠한 현상-현실이나 수학-을 수학적 수단에 의해서 조직하는 것을 수학화라 정의한다. 이는 수학을 확실성을 추구하는 인간의 정신적 활동이며, 물리적, 사회적, 정신적 세계들의 현상을 조직하는 도구이고, 현상과 본질의 교대 작용에 의한 사고 수준의 상승과정이라 보고, 수학적 사고 활동의 가장 본질 적인 특성을 반성적 사고에 의한 '재조직화'라 본다(Freudenthal, 1973, 1983)

3. 연구의 제한점

경기도 한 학교의 일부 중학생을 대상으로 연구를 수행하였으므로 다른 지역으로 본 연구의 정량적 연구결과를 일반화에 하는 데 제약이 따른다. 또한, 정성적 연구방법의 연구대상 역시 한 학급 내에서의 남녀 모둠간의 차이를 분류한 것에 그치므로 다른 학교의 남녀간의 특성과는 다를 수 있다. 다만 본 연구에 참여한 학생들을 대상으로 혼합연구를 실시한 바, 연구의 각각의 단점을 보완하여 신뢰도를 높이고자 주어진 환경에서 최대한 노력하였다.

II. 수학학습에서의 성차 연구

성차에 관한 초기 연구들은 성차에 관한 많은 증거들을 조사하였으며 이에 대한 원인을 규명하고자 하는 노력을 하였다. 그러한 기존의 연구들 중 학업 성취도에 관한 연구에서(예, Finn, 1980), 남학생은 수리와 관련된

1) 수학화를 강조하는 교수-학습 이론 내에서 학생들이 교사의 안내 하에 현실로부터 수학화 활동에 의해 주관적 의미를 갖는 수학적 내용을 재발명해 나가는 과정을 학습 경로로 보며 학생들이 경험해 나가는 과정을 말한다.

수학이나 과학에서 뛰어난 것으로 나타났으며 여학생은 특히 수학과목에서 낮은 학업성취도를 보인 것으로 조사되어졌다. Bellisari (1989) 역시 수학적 태도에 있어 남학생이 여학생보다 긍정적인 태도를 가지고 있으며 이는 남성호르몬에서 기인한 것으로 보았다.

남녀 고유 본질적 차이에서부터 수학적 성향의 차이를 가져왔다고 주장하는 인지 신경과학자인 Baron-Cohen (2003)은 다음과 같은 것을 주장하고 있는데, 먼저 그는 남녀 각각은 태어난 순간부터 다른 것을 배우게 되는 경향이 있다는 것이다. 남자는 사물과 기계적 관계에 초점을 두게 되는 반면 여자는 사람과 감정 그리고 개인적 관계에 초점을 둔다는 것이다. 이러한 초기 환경으로부터 남자들은 수학과 과학에서 요구되는 지식과 기술을 발전시킬 수 있도록 적응이 된다고 주장한다. 두 번째 그가 주장하는 것은 수학에서 효과적인 추론을 키울 수 있는 특수한 인지 시스템의 차이를 주장하고 있다. 남자는 발생적 차이에서 일부 기인된 요인에 따라 여자보다는 이러한 시스템을 잘 제어할 수 있다는 것이다.

남녀의 차이를 인정하는 또 다른 요인들에 관한 연구 중에서 교육 심리학자인 Benbow (1988)은 일반 남녀 학생의 능력 차이에 초점을 둔 대신에 남녀의 능력 분포도 차이를 연구하였다. 여기서, 남자는 여자보다 발생학적으로 훨씬 더 다양한 인지적 능력 분포를 보인다는 것이다. 이로 인하여 결국 남학생이 여학생보다는 수학이나 과학 분야에서 뛰어난 능력을 발휘할 탁월한 능력 보유한 인재들이 많을 수밖에 없다는 것이다(Pinker, 2002).

기하에 관련된 과거의 연구들을 살펴보면(예를 들어 Benbow & Stanley, 1980, 1982), 다른 어떤 분야보다도 남녀 성차가 가장 크게 나타난 것으로 보고 되었으며 이것의 요인을 발생적 환경적 요인에서부터 기인한 것으로 보고 있다. 또한 Battista (1990)는 남녀 학생의 시각적 공간 지각력 차이 연구에서 남녀학생들의 기하 관련 문제해결 전략과 논리 추론적 능력에서는 별 차이가 없으나 공간 시각 표상에서는 그 차이가 유의미하게 나타남을 밝힘과 동시에 이러한 성차를 기하 교육에 있어서 기하 성취도나 성차를 고려한 교육에 반영할 것을 제안하였다.

권오남・박경미(1995)의 문헌연구에 따르면 여학생들은 전체적으로 계산과 같은 낮은 인지단계의 사고를 요구하는 문제에서, 남학생들은 추론이나 다단계(multi-step) 문제풀이와 같은 높은 인지 수준의 문제에서 더 우수하다고 하였다. 특히 공간화 능력을 필요로 하는 기하에서는 남학생들의 성취도가 여학생들의 성취도보다 높은 것으로 나타났다고 하였다. 그 외에도 기하 영역에 있어서 성차에 관한 연구들이 보고 되었는데, 가령 류신열(1998)은 중・고등학교 학생을 대상으로 한 연구에서 해석영역이나 추론에서는 확연히 나타나지 않던 성차가 기하영역에서는 남학생이 우수하였다고 보고하였다. 이렇게 공간화 능력을 필요로 하는 기하 과목에서 남학생들의 성취도가 높은 요인으로, Armstrong(1981)은 생물학적 차이보다는 사회화 과정에서 연유한다고 보고 있다. 예를 들어 남학생들은 어린 시절부터 블록 맞추기나 조립식 장난감을 더 많이 접할 기회가 있었고 이로 인하여 여학생들보다는 공간화 능력의 발달이 더 많이 이루어졌다고 보고 있다.

최근 연구들 중에서는 Leahey 와 Guo (2001)가 실험이 있는데, 추론과 기하영역에서 초등학교 때는 성차가 거의 나타나지 않았으나 12학년 무렵에는 남학생이 여전히 여학생보다 좀 더 우위에 있었다고 한다. 그러나 이 연구가 선행의 연구들과 다른 점은 남학생과 여학생의 차이가 과거와는 다르게 극심히 나타나지 않았다는 것이다. 이런 유사한 예로는 수학 관련 학업성취도에서 남녀 학생들의 차이가 줄어들고 있음을 보고하고 있다(예, Friedman, 1989, Halpern, 2000, Eccles, Lord, Roeser, Barber, & Jozefowicz, 1997). 따라서 최근 연구 경향은 전반적인 학업성취도에 성차가 있는가 하는 연구보다는 좀 더 구체적인 주제에 관련하여 어떤 차이가 있는가를 조사하는 추세라고 할 수 있다.

그러나 최근 연구들 중에서도 발생적 인지적 측면을 분석한 결과 여전히 여성이 수학이나 과학 분야에서 능력이 부족하다는 연구들(Cronin, 2005, Pinker, 2002, Summers, 2005)에서 보이는 성차에 대한 연구 조사들과 차이가 거의 없어지고 있다는 연구들 모두를 좀 더 열린 마음으로 받아들인다고 하더라도, 과연 우리는 어떻게 이러한 문제들을 극복할 수 있겠는가 하는 당면 과제를 여전히 안게 된다.

또한, 성차와 테크놀로지에 관련된 최근연구들을 살펴보면, Szetela & Super (1987)는 문제해결 전략 선택

프로그램의 효율성에 초점을 둔 연구에서 계산기의 사용이 남녀학생의 문제해결에 영향을 미치는가 조사하였는데 남녀학생의 차이가 많이 나타나지 않은 것으로 보고하였다. 또한 Jacobs, Lanaz, Osgood, Eccles & Wigfield (2002)의 연구 보고에서는 여학생의 테크놀로지를 활용한 수학 과제를 통하여 자신의 능력과 자아개념(self-concept)에 있어서 성차가 크게 나타나지 않음을 보여주었다. 그러나 Eccles(2001)의 연구에 따르면, 테크놀로지 관련 직업이나 성향에서는 여학생이 남학생보다 소극적인 자세를 갖고 있다고 한다. 계산기와 같은 테크놀로지의 사용을 남학생이 여학생보다 선호할 뿐 아니라 능력 면에서도 우수할 것이라는 고정적인 사고가 여학생의 정보화 능력을 향상시키는데 장애가 될 수 있다(권오남, 2002)고 하는데, 이 조사 연구에 따르면 자신감과 컴퓨터에 대한 태도 면에서 남녀학생의 유의미한 차이가 나타났으며 컴퓨터에 대한 긍정적인 사고를 갖기 위해서는 고정관념 극복을 위한 노력과 더불어 컴퓨터 사용 경험의 빈도가 태도관련 요인이 된다는 것이다. 이는 조아미(1999)연구에서도 비슷하게 나타났는데, 여학생의 컴퓨터에 대한 불안은 수학불안과 연결되어 나타나며 긍정적인 태도와 잦은 사용을 여학생의 컴퓨터 관련 불안 극복의 요인으로 보았다. 따라서 앞으로의 교육에서 테크놀로지 사용에 따른 성차 연구는 테크놀로지를 어떻게 교수·학습 면에서 잘 이용하도록 만들 것인가에 초점을 둘 필요가 있을 것이다.

III. 연구 방법 및 절차

본 연구에서는 Freudenthal의 수학화 이론과 이를 근거로 발달한 네덜란드의 현실적인 수학교육의 특성에 대한 문헌연구를 바탕으로 중등 교육과정의 함수에서 테크놀로지를 활용한 교수학적 자료를 개발하고 이를 현장 수업에 사용하여 이 이론의 현장 통합화 가능성을 파악하고자 하였다. 최근 들어 혼합연구 방법론이 미래 교과교육의 개선을 위하여 제시되고 있다(Greene, Caracelli, & Graham, 1989; Mathison, 1988; Swanson, 1992, Creswell, 2003)는 주장에 비중을 두어, 자료의 효과를 보다 구체적으로 파악하기위해 정량연구와 정성연구를 사용하는 혼합연구 방법을 사용하여 연구의 신뢰도를 향상시키고자 하였다.

1. 연구 방법

본 연구에서는 Freudenthal의 수학화 이론과 이를 근거로 발달한 네덜란드의 현실적인 수학교육의 특성에 대한 문헌연구를 바탕으로 중등 교육과정의 함수에서 테크놀로지[2]를 활용한 교수학적 자료를 개발하였다. 이를 위해 예비연구에서 학생과 면담을 통해 교수학적 자료가 개발되었으며 개발된 자료는 전문가의 3차례 걸친 심의를 거쳐 수정, 보완되었다. 본 연구의 실험처치로는 테크놀로지(E1)와 수학화(E2)이 되며 이들의 효과를 파악하기 위해 학생들의 학습경로와 성취도는 종속변인으로 조사되었다. 남녀 성취도에서의 차이를 알아보기 위해선 이 두 가지 처치에 따른 120명의 연구대상(학생집단)을 3개의 집단(~E1×~E2, E1×E2, ~E1×E2)으로 분류하였다. 각 연구문제 특성에 따른 연구 결과를 산출하기 위해 정성연구방법과 정량연구방법이 각각 사용되었다. 이처럼 혼합연구방법을 통해 연구의 타당도를 높이려는 시도가 연구설계 초기부터 고려되었고 각각의 방법을 위해 자료수집이 동시에 이루어졌다. 즉, 연구문제 2의 정성적 자료를 얻기 위해 모둠별 학습을 실시하는 전체 연구대상 중 실험반 A를 중심으로 비디오 녹화가 CD로 저장되었고, 연구자의 관찰지, 학생들의 활동지가 수집되었으며, 연구문제 3의 정량적 자료를 위해 세 집단에 대상으로 검사지를 이용한 사전, 사후검사가 실시되었다.

2. 연구대상

본 연구는 경기도 S중학교 3학년을 대상으로 한 반(38명)을 비교반으로, 또 다른 두 반 중에서 한 반(42명)은 제 1 실험반[3], 나머지 한 반(40명)을 제 2 실험반[4]으로 선정하여 학생간의 상호작용을 촉진할 수 있도록 수업의 형태는 4명의 모둠으로 구성된 협동학습을 구성하였다. 본 실험학교는 경기도 소재의 공단 지역과 A 시내 중간위치에 있으며 부모 대부분 A 시내에서 근무하며 공단 근로자(약 50%) 상업 및 자유업(30%) 기타

2) 수학교과의 교수·학습에서 사용되는 각종 공학기구와 소프트웨어를 지칭하며, 본 고에서는 그 중에서 그래프와 수학적 계산 소프트웨어가 제공되는 계산기인 GX9850+가 사용되었다.

3) 계산기를 활용한 수학화반

4) 계산기를 활용하지 않은 수학화반

(20%) 업종에 종사한다. 학생들 대부분 대도시 학생들과는 다르게 선행학습을 하는 것은 아니며 한 학급에서 5%~10%정도 학생들만이 학원수업을 통하여 선행학습 경험이 있었다. 그 외의 대부분의 학생들이 학교 수업에 의지를 하고 있으며 약 10%의 학생들은 학원에 다니며 부족한 학습을 보충하고 있다. 실험에 참가하는 반은 같은 수학교과 담당교사에게 지도받은 학생들을 대상으로 성취도의 평균치가 유사한 세 개 반을 선택하여 무작위로 비교반과 실험반에 가담시켰다. 계산기 사용에서의 남녀차이를 파악하는 것이 본 연구의 목적이므로 정성적 자료 수집은 특히 계산기를 사용하는 실험반, A를 대상으로 모둠별 수업에서 면담과 관찰을 통해 조사되었다. 학생들의 효과적인 협동학습을 위해서 4명의 학생구성은 학습성취도 수준이 서로 다른 이질성을 원칙으로 하되 학생의 자율성을 최대한 고려하였다.

<표 III-1> 사전검사에서 각 집단의 평균

성별	반	평균	N
1(여)	비교반	68.5	18
	제1 실험반	62.5	23
	제2 실험반	71.8	23
	Total	67.6	64
2(남)	비교반	64.9	20
	제 1실험반	72.1	19
	제 2실험반	60.1	17
	Total	65.9	56
Total	비교반	66.58	38
	제 1실험반	66.86	42
	제 2실험반	66.85	40
	Total	66.77	120

수업을 담당한 교사와 다른 과목을 담당하는 교사가 공통적으로 느끼는 학급 분위기는 실험반, A는 단합이 잘 되고 반 분위기가 따듯하며 문과적 기질이 있어서 다른 과목 성적은 좋은 편이나 유난히 과학과 수학 점수가 낮다하였다. 또한 유머 있고, 긍정적이고, 분위기가 좋아 선생님들마다 좋아하는 반이나 항상 수학이 6교시에 들어 있어서인지는 모르나 수학 성적이 보통 안 좋은 것이 안타깝다고 하였다. 또한, 비교반은 반 분위기가 산만하고 이기적인 분위기여서 전반적으로 반 수업분위기가 좋지 않다고 입을 모은다. 그러나 성적에 들어가는 것이나 보상이 있으면 너무나 열심히 하며 경쟁적인 성향이 있다고 하였다. 떠들고 산만하여 선생님들이 분위기가 좋지 않다고는 하나 성적은 좋으며 수업시간에 질문에 대한 대답이 즉각적이고 예리하며 예습이 잘 되어 있는 아이들이 많다고 하였으며 다른 과목 뿐 아니라 수학 성적도 제일 좋았다.

3. 연구 도구

자료수집방법으로는 정량연구방법을 위해서는 전체학생을 대상으로 하여 총 10 차시의 학습내용을 중심으로 사전, 사후 검사지를 활용하였다. 학생의 성취 정도의 효과를 파악하기 위해 사전 검사에서는 학생들의 중간고사 점수를 사용하였고, 사후 검사지로는 본 연구목적에 적절한 10문항의 검사지가 연구자에 의해 예비연구와 본 연구를 수행한 경험을 바탕으로 만들어졌다(부록 참고). 평가요소로는 수평적 수학화, 수직적 수학화, 응용적 수학화를 포함하였고 각 문항의 배점은 각 1점으로 하였다. 수학화를 통한 학습 성취도를 측정하고자 본 연구를 위해 사용된 검사지는 이를 측정하기에 타당하고 신뢰할 만한가를 독자에게 제시하여야 한다. 검사지의 문항 내적 문항의 양호도 분석 중 문항 내적 일관성 신뢰도와 변별도를 구하기 위하여 SPSS 12.0를 사용하여 Cronbach α를 구하였고, 내적 타당도와 난이도를 구하기 위하여 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 BIGSTEPS(Livacre & Wright, 1994, 2003)를 사용하여 분석하였다. 문항분석의 결과는 <표III-2>와 같다.

<표 III-2> 검사도구의 양호도 분석(Post-MAT)

문항		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	총합
신뢰도		.774	.762	.776	.729	.755	.765	.765	.781	.776	.758	.784
내적 적합도	Infit	2.41	.98	.57	1.18	.84	.52	.81	.87	.83	1.32	1.03
	Outfit	2.58	1.02	.44	.58	.31	.55	.80	.41	1.13	1.25	.92
난이도		-1.63	-.65	1.96	.43	.32	-.56	-.81	.74	.19	.02	.00
변별도		.500	.616	.466	.792	.656	.621	.594	.425	.473	.844	1.000

가. 문항 내적 일관성 신뢰도

검사의 신뢰도를 위하여 문항 내적 일관성 신뢰도인 Cronbach α를 구하였다. 문항 10개에 대한 신뢰도 계수는 0.784로 높게 나타나고 있다. 문항 신뢰도 지수가 모두 0.729보다 높은 것으로 나타나 사용된 문항들은 서로 잘 분리되어 문제를 추정하고 변별하는데 무리가 없다고 볼 수 있다.

나. 문항 적합도 지수로 본 내적 타당도

검사 문항에 대한 내적 타당도는 문항 반응 이론 중 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 모수치를 측정하고 문항 분석을 하도록 하는 컴퓨터 프로그램인 BIGSTEPS를 사용하여 문항들의 적합도 지수를 산출하였다. 사용된 분석 모형은 부분점수(Partial Credit) 모형이다. Infit과 Outfit 지수가 1.2보다 모두 작으면 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 문제에서는 문항 1과 문항 10번을 제외하고는 Infit과 Outfit 지수가 1.2보다 모두 작으므로 분석모형에 적합한 문항이라고 볼 수 있다.

다. 난이도

문항 난이도는 문항의 어렵고 쉬운 정도를 나타내는 것으로서 본 연구에서는 Rasch의 1-모수 문항 반응 모형에 근거하여 계산하였다. 문항 난이도가 0.0인 것은 문항들 중에서 평균정도라는 것을 의미하며 양수(+)값을 가질수록 어려운 문항이다. 본 검사에서는 로짓트 점수로 본 난이도가 3번 문항을 제외하고 0.74을 넘는 문항은 없었다. 난이도 척도상에 각 문항의 난이도를 나열해 보았을 때, 문항간의 난이도의 차이는 로짓트 점수가 0.74를 넘지 않은 범위에서 골고루 분포되어 있다.

라. 변별도

문항의 변별도는 점이연상관(point-biserial correlation)에 의하여 분석하였다. 점이연상관은 해당 문항 점수와 총점과의 상관으로서 유수(-)값을 나타내는 문항은 능력이 높은 피험자와 낮은 피험자를 제대로 변별하지 못하는 문항이라 할 수 있다. 점이연상이 음수로 산출된 문항들의 경우는 대부분 그 동안의 지식을 바탕으로 쉽게 점수를 받을 수 있는 문항이기 때문에 문항을 변별해 주기에는 부적절함을 나타내는데 본 연구의 검사지 MAT에선 음수로 산출된 문항이 없어 모든 문항이 능력을 변별해 줄 수 있을 것으로 보인다.

4. 자료 분석

정량적 자료분석은 윈도우즈용 통계 프로그램 SPSS/PC 10.0K을 통하여 처리되었다. Pre-MAT와 Post MAT부터 수집된 자료는 함수를 이해하기 위한 수학화 학습에서 테크놀로지의 효과를 발견하기 위하여 공분산 분석(ANCOVA)에 의해 분석하였다. 임종원 (1996)은 공분산분석은 종속변인에 영향을 주는 실험처치 변인 이외의 외생변수를 제거함으로써 오차변량을 줄여 검증의 정확도를 높여줄 수 있을 뿐만 아니라 사전에 외생변수의 영향이 실험단위에 무작위로 할당되지 못해 발생되는 실험처치 단위간의 실험전 차이를 없애줄 수 있다고 주장한 바 신뢰도가 가장 높은 분석방법중 하나이다. 이 분석에서 사전검사(Pre-MAT)가 공변량으로 사용되었는데 이는 실험설계에서 변인을 줄여 성취도에 대한 정확도를 기하기 위함이며, 이 때문에 ANCOVA의 결과는 양적 분석에서 가장 타당도가 높은 것으로 인정된다.

정성적 자료분석은 실험반 A의 4명이 한 조로 구성된 모둠을 중심으로 일정비교분석법을 사용하여 모둠간의 학습양상을 비교 분류하였다. 학급의 전체적인 학습양상을 수집하기 위해 연구자 A는 활발한 상호작용이 나타나는 모둠의 한 조를 중심으로 비디오 녹화와 관찰지를 꾸준히 기록하였고, 연구자 B는 학급 전체를 조명하는 고정된 비디오를 통해 녹화를 하고 다른 여러 조를 순회하면서 학생들의 학습과정을 관찰지에 기록하였다.

5. 연구지도안

본 연구에서는 수학화 경험을 통하여 학생들이 함수에 대한 폭 넓은 사고가 가능하도록 수업 모형을 설정하였다. 수평적 수학화와 수직적 수학화를 통해서 각 단계에서 함수가 가지고 있는 내용을 수학화 과정속에서 인식해 나갈 수 있도록 구성하여 응용적 수학화를 통하여 현실 세계의 문제를 함수적 사고를 가지고 접근할 수 있도록 하였다.

다음 <표 Ⅲ-3>에서는 이차 함수 단원의 수학화 과정에서 학생들의 구성과 산물을 제시하였다.

<표 Ⅲ-3> 교수・학습지도안의 각 수학화 단계에서의 학생들 자신의 구성과 산물 내용

수학화 단계	학생들의 구성과 산물
수평적 수학화	▪ 문제상황을 자신의 언어로 재구성하여 명확히 하기 ▪ 실생활 문맥 문제 상황 내에서 변화량과 관계의 측면을 알아내기 ▪ 여러 가지 방식으로 문제 상황을 재구성하고 시각화하기 ▪ 문제 상황에서 변량들을 표의 형태로 도식화하기 ▪ 표로 나타내어진 변량들을 그래프로 환원하기 ▪ 표에서 나타난 자료들의 관계를 발견하기 ▪ 그래프에서의 관계를 발견하기 ▪ 표와 그래프 사이의 동형적 측면 인식하기 ▪ 표상간의 전이를 시도하기 ▪ 현실 세계를 함수적 관점으로 전환하기
수직적 수학화	▪ 관계를 함수식으로 표현하기 ▪ 문제 상황에 따른 적절한 표상 선택하기 ▪ 여러 표상들을 결합하고 전이시키기 ▪ 여러 가지 모델을 결합하고 조정하기 ▪ 함수 개념을 형식화하기 ▪ 함수식을 일반화하기
응용적 수학화	▪ 함수 개념을 강화하기 ▪ 함수 개념을 새로운 현실 문맥에 적용하기 ▪ 실세계 상황을 함수적 관점에서 해석하기

현 교육과정에서의 함수 단원 내용은 선수학습인 '일차함수의 뜻과 그래프의 성질', '그래프를 통한 연립일차방정식의 해의 이해'를 바탕으로 '이차함수와 그 그래프'를 학습하게 된다. 이차함수의 정의를 'x의 값이 정해지면 y의 값도 하나씩 정해지는 함수 $y=f(x)$에서 y가 x에 대한 이차식 $y=ax^2+bx+c$(a는 상수, $a\neq 0$)로 나타내어 질 때, 이 함수를 '이차함수'로 정의하고 있다. '이차함수와 그 그래프'에서는 평행이동을 이용하여 간단한 이차함수의 그래프로부터 복잡한 이차함수의 그래프를 그리는 방법과 이차함수의 그래프의 일반적인 성질을 설명하였다. 또한 이차함수 $y=ax^2+bx+c$의 그래프는 완전제곱식을 이용하여 일반적인 형태의 이차함수의 그래프를 그리는 방법을 설명하며 이차함수의 그래프의 개형으로부터 계수의 부호를 알아보는 방법을 심화과정에서 다루고 있다. 그러나 이차함수와 이차방정식의 관계는 다루지 않으며, 또한 이차함수의 최대값, 최소값을 구할 때에는 $y=ax^2+bx+c$에서 x의 값은 수 전체로 하고, 제한된 범위에서는 다루지 않으며, 이차함수의 활용 역시 다루지 않는다. 따라서 현 교육과정에서 다루는 이차함수의 형식적 정의인 $y=ax^2+bx+c$와 이차함수 $y=a(x-p)^2+q$의 그래프의 성질과 $y=ax^2+bx+c$의 그래프의 성질 및 이차함수의 최대값과 최소값 구하는 것을 수평적 수학화를 거쳐 수직적 수학화로 연결한다.

또한 본 연구에서는 역사적으로 함수가 발달한 원인인 두 가지 요인에 있어서 한 요소의 변화에 따라 다른 요소에 영향을 끼치는 의존적인 관계를 발견하고 이것의 특징을 발견할 수 있도록 하였다. x에 관한 이차함수는 주어진 선분이 증가하거나 감소할 때 변화된 넓이로 기술되었다(Freudental, 1983)는 것을 감안하여 함수에 대한 심상을 형성하기 위하여 이에 대한 상황을 수표로 상황을 변형하여 사용하였다. 또한 실생활 수치 자료를 통해 두 변량간의 변하를 관찰하며 그것을 해석하는 시간을 가짐으로써 형식적인 이차함수 도입 전에 함수의 심상 구성에 이르도록 할 수 있는 자연스러운 과정을 설정하였다. 근대에 이르러 함수 개념의 형성 과정은 운동을 나타내는 곡선과 관련해서 기학학적인 함수로 시작되었고, 17세기 말 물리적 현상을 수학화하려는 시도의 부산물로 출현하였다. 기학학적인 함수의 대표자 중 한 사람인 Oresme은 등가속 운동을 나타내기 위한 방법으로 속도와 시간을 기준으로 그래프로 그렸는데 이것은 오늘날 해석기하학의 그래프와 가까운 것이었다(Steinner, 1988, 정영옥 1997, 재인용). 따라서 이차함수의 그래프는 낙하하는 공의 낙하거리와 시간과의 거리와 날아가는 공의 포물 형태로부터의 현상에서 학생들의 활동을 시작하였고, 변수 사이의 관계를 가지고 수표로서의 함수와 그래프로서의 함수의 연결을 시도였다. 또한 이차함수의 최대값의 지도는 다시 원론적으로 이차함수의 탄생기원을 가져온 변화된 넓이의 기술에서 가져온 주제로써 이차함수의 형식적 기술 및 최대값을 찾는 활동을 하였으며 이는 현실세계로의 응용을 위하여 '바자회 준비'활동 및 '자동차의 정지거리와 반응시간' 등의 주제로 이어졌는데 이는 모두 변화를 고려한 역사적 소재를 현실적인 소재로 바꾼 주제들이라 할 수 있다. 기하학적 표현으로써의 함수 단계로 이차함수를 이차함수 그래프를 관찰하면서 그

특징을 파악해 나가도록 구성하였는데, 이는 관찰을 통해 수평적 수학화로 표와 그래프 간의 관계와 그래프의 특징을 파악한 후, 그래프로서의 이차함수를 수직적 수학화를 통해 함수의 개념을 형식화할 수 있도록 함이었다.

그래프로 표현하는 데 익숙해진 학생들에게 함수식을 도입함으로써 그래프에 대한 수치적 해석을 통해서 기하학을 대수적으로 변화시키는 과정을 통해 대수적 함수를 표현할 수 있도록 하였다. 그리고 마지막 단계는 여러 단계를 거쳐 학습해온 내용을 바탕으로 함수 교육의 궁극적인 목적이라 할 수 있는 실생활의 변화를 정리하기 위한 수단으로서의 함수로서 종속성을 표현하고 해석하여 이를 토대로 일어날 수 있는 현상을 예측할 수 있도록(Freudental, 1983) 현실 세계를 이해하기 위한 수단으로 함수를 사용하도록 구성하였다.

IV. 연구결과

1. 계산기를 사용한 함수 수학화 활동에서 남녀학생의 수학적 성취도 차이

실험을 실시한 후 학생들의 성취도의 향상도를 분석하기위해 조사한 표들은 아래와 같다. 사전검사에서 동질집단으로 거의 차이가 없었던 세 집단은 <표 Ⅳ-1>에서 전체학생에서 실험반, A의 평균, 49.0 이 다른 실험반, B의 33.8와 비교반의 22.9보다 매우 높음을 나타내는 것으로 보아 학생성취도에서 테크놀로지를 활용한 수학화를 실시한 학급이 비교반의 것보다 매우 향상되었음을 알 수 있다. 또한 각 집단내 성별간의 차이를 살펴보면 실험반 A의 여학생이 같은 실험반의 남학생보다 월등히 높음을 알 수 있고 이는 다른 두 집단의 성별 평균의 양상과는 매우 다름을 관찰할 수 있다. 계산기를 사용하지 않은 다른 두 집단에서는 실험집단 B, 즉, 수학화 집단의 평균이 비교반의 것보다는 우수한데 이 두 집단 모두에서 남학생이 우수한 것으로 나타났다. 결과적으로 계산기를 사용하여 수학화를 경험한 학생집단이 다른 집단에 비해 월등히 우수하여 실험의 효과가 있었음을 나타내는데 특히 이 실험반의 효과는 남학생보다 여학생에게 매우 효과가 컸으며, 계산기를 사용하지 않은 다른 두 집단에선 이와는 상반되게 남학생이 여학생보다 우수함을 나타내었다.

<표 Ⅳ-1> 사후성적의 성별간의 평균과 표준편차

Dependent Variable: 사후성적

성별	실험처치	Mean	Std. Deviation	N
1(여)	비교반	21.9	15.2	18
	실험반 A	56.9	14.8	24
	실험반 B	33.6	22.6	23
	Total	39.0	23.0	65
2(남)	비교반	23.8	14.6	20
	실험반 A	38.6	23.5	18
	실험반 B	34	29.0	17
	Total	31.8	23.2	55
Total	비교반	22.9	14.7	38
	실험반 A	49.0	20.9	42
	실험반 B	33.8	25.2	40
	Total	35.7	23.3	120

위의 결과를 바탕으로 수학화 과정에서 계산기를 활용한 학생들의 수학성적의 변화를 유의수준에 근거한 신뢰도 있는 분석을 하기위해 사전검사(중간고사)를 공변량으로 취한 ANCOVA 분석을 한 결과는 <표 Ⅳ-2>와 같다. 실험처치에 의한 학생들의 성적은 매우 유의한 확률값(p=0.00)으로 매우 효과 있었음을 나타낸다. 자세히 자료를 분석한 결과로는 유의수준 0.05에서 성별간의 유의값(p=0.165)은 유의하지 않고 대신 실험처치(p=0.0000005)와 실험처치 및 성별(p=0.0078) 모두 유의한 향상을 나타낸 것으로 보아 실험과 분리된 단순한 성별만의 분류는 유의하지 않은 반면 실험처치에 의한 효과가 매우 커서 실험처치가 성별 차이에 영향을 미쳐 성차를 가져왔음을 알 수 있다. 실험처치만의 효과를 파악하기위해 각 집단간의 비교를 나타낸 <표 Ⅳ-3>을 분석하여보면 비교반과 실험반 B(수학화)만이 유의수준 0.01에서 유의하지 않음을 나타내지만 모든 집단간의 비교가 유의수준 0.05에서는 유의한 향상이 있었음을 알 수 있다. 이는 실험의 기간이 2개월 남짓한 짧은 기간이었음에도 불구하고 계산기를 활용한 수학화의 실험처치가 효과가 매우 컸음을 뜻한다. 특히 수학화+테크놀로지를 실시한 학급과 전통적 학습을 실시한 학급간에는 유의한 향상 정도가 큰 것(p=0.0000002)으로 보아 계산기를 사용하는 수학화 환경에서 여학생이 더욱 효과가 있었음을 확신할

<표 IV-2> 사후성적의 ANCOVA

Tests of Between-Subjects Effects Dependent Variable: 사후성적

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power(a)
Corrected Model	22770.54318	6	3795.09053	10.29596361	4.4546E-09	61.77578166	0.999997511
Intercept	5426.689419	1	5426.689419	14.7224411	0.000205641	14.7224411	0.967423782
성적	5408.668663	1	5408.668663	14.67355134	0.000210411	14.67355134	0.966960668
성별	719.4959735	1	719.4959735	1.951970395	0.16511217	1.951970395	0.283158727
실험처치	12072.80275	2	6036.401374	16.37657083	5.68224E-07	32.75314167	0.999567826
성별 * 실험처치	3732.100972	2	1866.050486	5.06253744	0.007840692	10.12507488	0.809587909
Error	41651.78182	113	368.5998391				
Total	217147	120					
Corrected Total	64422.325	119					

a: Computed using alpha = .05 b: R Squared = .353 (Adjusted R Squared = .319)

<표 IV-3> 실험처치의 집단간 비교

Pairwise Comparisons Dependent Variable: 사후성적

(I) 실험처치	(J) 실험처치	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.(a)	95% Confidence Interval for Difference(a)	
					Lower Bound	Upper Bound
비교반	실험A	-24.66396443	4.323125239	2.8415E-07	-35.1697723	-14.15815655
	실험B	-11.13410974	4.376777438	0.036938033	-21.77030007	-0.49791941
실험A	비교반	24.66396443	4.323125239	2.8415E-07	14.15815655	35.1697723
	실험B	13.52985469	4.289188502	0.006182559	3.106517902	23.95319147
실험B	비교반	11.13410974	4.376777438	0.036938033	0.49791941	21.77030007
	실험A	-13.52985469	4.289188502	0.006182559	-23.95319147	-3.106517902

Based on estimated marginal means
* The mean difference is significant at the .05 level. a Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

수 있다. 이는 테크놀로지환경에서 성차에 관한 선행연구의 대부분이 남학생이 효과가 크다고 주장하는 것과는 대조적인 결과로서 여학생이 활발한 상호작용을 통해 반성적 사고를 자극하는 함수의 수학화 활동에서 계산기가 제공될 때 남학생보다 잘 수행할 수 있다는 새로운 연구결과를 나타낸 것이다.

2. 계산기를 사용한 함수의 수학화 과정에서 남녀학생의 학습 경로의 특징은 무엇인가?

가. 학습 가닥의 용이한 연결

Freudental(1983)는 함수의 개념이 학생에게 진정한 이해로 다가갈 수 있게 하기 위해서는 형식적인 정의가 도입되기 전에 수학적으로 정형화된 예만을 통해서 함수를 배우는 것이 아니라 학생들에게 보다 현실과 밀착된 현상을 다루는 것이 선행되어야 한다는 것인데, 가령 그래프를 다룰 때에도 고정된 틀을 제공하기 전에 다소 개략적인 형태로 그려보고 그래프를 해석하는 활동에 주목하는 질적 접근을 먼저 경험하는 등 다양한 경험들을 바탕으로 자연스러운 함수적 심상을 구성하고, 이것이 수학화 과정을 통해 정수의 정의와 함수에 관련된 성질 등이 재 발명 과정으로 이끌어져야 한다고 하였다. 또한, NCTM(1989)에 따르면, 함수에 관한 이해증진을 위하여 함수의 다중-표상이 강조되어야 하며, 이에 따라 모든 학생들은 표와 함수 용어, 방정식, 그래프 등의 표상들을 표현할 수 있어야 하고, 표와 기호 그래프적인 함수의 표상들을 상호 변경 등이 가능하여야 하며 함수의 그래프에서의 변수 변화 등을 해석할 수 있어야 한다고 하였다. Nemirovsky, kaput, & Roschelle (1998)은 함수교육에서 가장 중시될 세 가지-표, 방정식과 그래프-를 수학적 함수 영역에서 확립되어야 할 가장 중요한 개념으로 규정하였다. 따라서 본 연구에서는 학생들은 계산기를

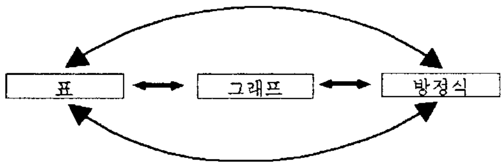
가지고 다양한 표상을 구현할 수 있도록 장려되었으며, 필요에 따라서는 계산기를 가지고 함수적 표상을 활용할 수 있었다. 이러한 학습 가닥의 연결면에서 남녀학생이 보인 특징을 살펴보면, 우선 여학생들은 남학생들보다 비교적 함수의 표상 전환을 활발히 하면서 자신의 학습을 수평적 혹은 수직적으로 연결하는 경향이 강하였다. 가령 발췌문 1에서 보이는 바와 같이 여학생들은 학습한 내용을 다른 표상으로 연결시키는 활동을 충분히 하면서 독립변수의 변화량에 대하여 확실히 인지해 나가면서 스스로 학습가닥을 연결해 나가는 모습을 보였다.

[발췌문 1]

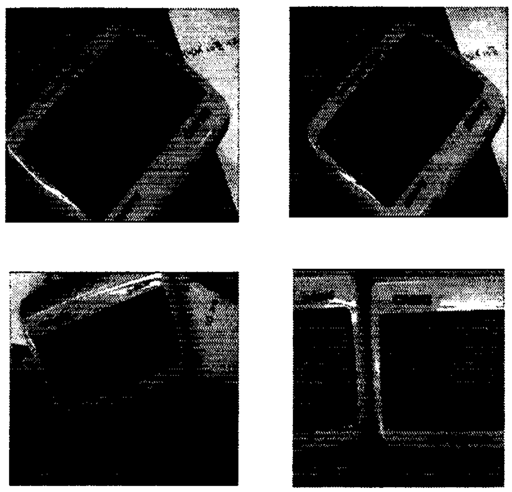
학생 1: y값을 여기에다가(계산기의 테이블)쭉 대입해.
학생 3: 이렇게 하는 거 맞나?
학생 2: (계산기로 식을 구해놓고)대입해 봐야지.
학생 1: 맞아……맞아.
학생 2: 이거 전개하면 내 거랑 똑같아.
학생 4: 어떻게 구했어?
학생 1: 값을 x값을 쭉 쓰고…….
학생 4: 그러면 계산기에다. 자...메뉴에서 2번 ...2번에서...그 다음에 어떻게 했어?
학생 1: 첫 번째에다가 x값을 집어넣고..두 번째에다가 y값을 집어넣었어..f2하고 f3그렇게 한 다음에... 뭐가 나왔어?...
학생 4: a=1 b=4 c=-1 어! 그럼 이거 다시 그리면 되나?(같은 그래프 형태가 나타나는가?)
학생 2: 니꺼(표에 계산 해 놓은 수치) 넣어봐.
(실험반, 제 8차시)

학생 2는 함수 $y=x^2+4x-1$을 다시 계산기에 입력하며 자신뿐만 아니라 다른 학생들에게도 확신을 주었다. 형식적인 함수식을 모두 구한 이후에도 실제 그러한 데이터가 주어질 수 있는지 지속적으로 탐구해 보고 앞에서 구한 좌표나 함수식 혹은 그래프의 검정과정을 거치며, $y=a(x-p)^2+q$꼴로 바꿔서 나타낸 이후에도 다시 그래프를 계산기로 그려서 이 그래프는 $y=x^2$그래프를 어떻게 평행이동 한 그래프인가를 다시 점검하는 모습을 보였다. 남학생들이 관계를 함수식으로 표현하거나 함수 개념을 일반화 한 이후에는 다음 문제로 신속히 넘어가는 경우와는 대비되는 모습이라 할 수 있다.

Yerushalmy & Schwartz(1993)은 '함수의 이해'란 "이러한 표상간의 신속한 이동과 표상들 간의 일반화 시키는 능력이 함수 이해의 핵심(p. 45)"라고 주장한 바 있다. Moschkovich, Schoenfeld, & Arcavi (1993)도 역시, 함수 영역을 이해하기 위해서는 "함수의 표상들 간의 유연성 있는 이동이 가능한 것이어야 하는 데, 이는 가령 평면에서 직선을 보았다면 학생들은 그것을 대수적 형태로 혹은 표의 행태로 그들이 필요로 하는 적절한 안목을 가지고 대상을 판단하여 필요한 표상으로 즉시 전환할 수 있기를 희망한다(p.97)"고 하였으며 이러한 과정을 다음 <그림 IV-1>과 같이 표현하였다.



<그림 IV-1> 함수의 다중 표상의 순환



<그림 IV-2> '공의 높이와 시간' 문제에서 학생들의 표상 전한 과정

이러한 가치에 더해져 함수의 표상간의 연결은 더욱 중요시 여겨지게 되어 Schoenfeld, Smith, & Arcavi (1993)는 "데카르트 연결Cartesian Connection"-직선 L의 그래프 위의 한점은 직선 L의 방정식을 만족한다-을 함수 교육에서 강조하여 가령 어떤 직선 위의 두 점 (x_1, x_2)과 (y_1, y_2)에서 y_2-y_1 과 x_2-x_1은 평면에서 직선을 결정하는 조건이나 그것의 비로 전환하여 기울기를 유도하는 등의 활동 등이 중요시 여겨지게 되었다. 즉, 함수를 학습한다는 것은 단지 함수적 공식이나

각각의 표상 혹은 기능들을 따로 배워나가는 것이 아니라 이를 잘 조직화하고 의미 있는 전체에 적합한 구조화된 지식과 기능들을 구성해 나가는 것으로 함수 표상들의 전환은 함수 교육에서 연결시켜 나가야 할 중요한 학습 가닥들임을 의미한다. 관련된 학습 과정을 전체로 보는 관점에서의 학습은 가능한 한 처음부터 지속적으로 서로 연관이 맺어 있는 여러 영역들로 조직되어야 한다.

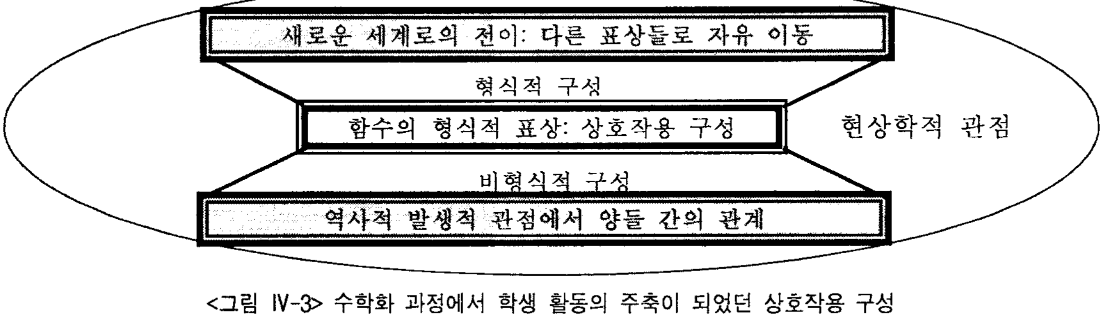
제 8차시에서도 여학생들은 변수에 들어갈 수 있는 구체적인 수를 연상하여 다양한 그래프 표상을 반복하여 봄으로써 함수 그래프 스키마를 형성한 이후, 그 변수의 의미를 추론해 내었으며, 변함없이 함수식→그래프로의 표상 전환 방식을 선호하였다. 또한, 학생들은 데이터를 바로 함수식으로 전환함으로써 신속한 기호화의 접근이 가능한 문제 상황에서까지 그래프 표상을 항상 중간 전이로 사용하였는데, '공의 높이와 시간'과 '판매량과 수익금'과의 관계에서는 함수의 표준식에 적절한 수를 넣거나 판매량과 판매 가격을 기호로 바꾼 후 두 식을 곱하는 것으로 기호화 시켜나가는 것 대신에, 가령 '공의 높이와 시간' 문제에서는 그림의 데이터를 계산기의 표에 옮겨본 후에 계산기의 함수식으로 전환하여 확인한 다음 다시 그래프로 그려 확인해 보았다. 그런 다음 자신이 구한 식과 일치하는 상수를 찾아 정확한 함수식 ($y = ax^2 + bx + c$)으로의 전환 단계를 거쳤다. 다시 말하면, 기호화하여 일반화를 얻으려는 과정에서 여학생들은 좀 더 다양한 표상의 전환을 시도하였다.

여학생들이 변화하는 양을 찾는 방식을 표↔그래프↔함수식→예측의 과정을 충분히 거치며, 현상을 표로써 정리하고 표는 그래프로 연결하며 이것을 또다시 이차함수식으로 연결하는 충실한 함수의 다양한 표상들로의 연결은 횡적·종적으로 연결되어 전체적인 구조화가 이루어지도록 하였다. 이러한 표상의 횡적·종적 연결 과정들은 학습 가닥이 잘 연결되면서 결국 다시 다양하고 복합적인 상황에 더 쉽게 응용 되어지는 것을 관찰할 수 있었다.

나. 활발한 수평적 수학화를 통한 학생들 간의 상호작용 수업

본 연구는 학생 4명으로 구성된 모둠별 활동으로 진행되었다. 학생간의 상호작용을 중심으로 학습이 진행되기 때문에 교사는 안내자 또는 촉매자로서 역할을 수행하여 학생들 스스로 함수의 개념을 수정하고 이해해나갈 수 있도록 하였으며, 이 때 교사는 학생의 반성적 사고나 메타인지적 사고를 이끌어내며 계산기 도움이 필요할 때는 적절히 사용하도록 하였다.

본 연구에서는 함수적 사고의 점진적인 수학화를 추구하여 함수의 기원인 물리적, 사회적, 정신적 세계 내에서 변수들 간의 연관성 또는 종속성을 생각하고 표현하고 기술하며 변화하는 대상간의 종속성을 관련시켜 나가는 것을 그 첫 번째 활동으로 구성하였다. 그 다음 이러한 함수적 심상을 바탕으로 현상에서의 규칙을 찾고 현상을 탐구하며 이를 형식화하는 수학화 과정을 통해서 지도되고자 하였다. 다음 과정은 함수의 다양한 표상들을 구현할 수 있으며 또한 표상들 간의 전이를 통하여 학습 가닥 연결이 이루어지고, 마지막으로 학습된 내용들을 통하여 현실 세계의 문제를 재해석하고 의식화 될 수 있도록 구성되어졌는데, 이 모든 일련의 과정이 학생들의 상호작용 속에서 이루어 질 수 있도록 하였으며 학생들 간의 상호작용을 그 핵심으로 두었다(<그림 Ⅳ-3>).



<그림 Ⅳ-3> 수학화 과정에서 학생 활동의 주축이 되었던 상호작용 구성

이러한 학생간의 활발한 상호작용 촉진은 협동학습을 통하여 '문제 상황을 자신의 언어로 재구성하여 명확히 하기', '실생활 문맥 문제 상황 내에서 변화량과 관계의 측면을 알아내기', '여러 가지 방식으로 문제 상황을 재구성하고 시각화하기', '문제 상황에서 변량들을 표의 형태로 도식화하기', '표로 나타내어진 변량들을 그래프로 환원하기', '표에서 나타난 자료들의 관계를 발견하기', '그래프에서의 관계를 발견하기', '표와 그래프 사이의 동형적 측면 인식하기', '표상간의 전이를 시도하기', '현실 세계를 함수적 관점으로 전환하기' 등의 수평적 수학화 과정을 통하여 '관계를 함수식으로 표현하기', '문제 상황에 따른 적절한 표상 선택하기', '여러 표상들을 결합하고 전이시키기', '여러 가지 모델을 결합하고 조정하기', '함수 개념을 형식화하기', '함수식을 일반화하기'의 수직적 수학화 과정을 이루도록 안내되어졌다.

본 연구에서의 남녀학생의 상호작용 수업 관찰 결과 여학생 모둠에서 더 원활한 상호작용이 이루어졌음이 관찰되었는데, 여학생들이 어느 특정 분야에서 두드러진 양상을 보였다고 말하기는 어려우나, 비교적 수평적 수학화 과정에서 활발한 상호작용 수업의 양상을 보였다. 수학화 경험을 통하여 학생들이 함수에 대한 폭 넓은 사고가 가능하도록 본 연구의 수업 모형을 설정하였는데, 이것은 역사적으로 함수가 발달한 원인인 두 가지 요인에 있어서 한 요소의 변화에 따라 다른 요소에 영향을 끼치는 의존적인 관계를 발견하고 이것의 특징을 발견할 수 있도록 하기 위한 것이다. De lange와 Verhage(1987)은 수학화를 조직화, 구조화 활동이며 얻어진 지식과 기능한 다시 미지의 규칙들과 관계나 구조를 발견하는 데 사용될 수 있다고 하였다. 따라서 수학화 과정에 들어가야 할 수평적 수학화와 수직적 수학화를 통해서 각 단계에서 학생들 간의 활발한 상호작용은 함수가 가지고 있는 내용을 더 새롭고 다양하게 인식해 나갈 수 있도록 도왔으며, 함수의 다양한 표상들을 통합하고 개념을 정립한 후, 응용적 수학화를 통하여 현실 세계의 문제를 함수적 사고를 가지고 접근하는 것이 더 수월해 진 것으로 보인다. 이러한 활발한 상호작용은 학생들이 최종적으로 함수 개념을 새로운 현실 문맥에 적용해 보거나 실세계 상황을 함수적 관점에서 해석하는 활동이 더 원활히 진행된 요인으로 보여진다.

다. 반성적 사고의 활성화

역사적 발생 원리를 기반으로 한 교수 설계를 실시하기 위하여 역사적 발생 근거에 기초한 교수 설계와 학생들이 기존의 가지고 있는 함수 지식 사이에 일어나는 갈등과 차이를 조절해 나가며 자신의 지식과 사고를 반성하고 조정하는 과정이 필요하다. 함수 교육에 있어서 함수의 역사 발생적 교수학습 측면과 더불어 학생이 기존의 활동 체계 내에서 개인이 갖고 있는 함수를 접목하는 이유는 이론과 실행 사이의 관계를 강조해서 이론이 실행을 통해서 나오고 실행에 근거해서 피드백 되는 관계에 초점을 두는 대안적 활동으로써(Cobb, 2000) 수학 활동의 사회 문화적 측면을 인정하기 위함이다. 학생들이 자신의 기존의 지식체계의 조정과 관찰에 의하여 얻어진 결과를 통하여 수학화를 이루는 상황에서 남녀 학생들이 보이는 특징 중 하나는 여학생들이 좀 더 자신의 사고를 확인하는 경향이 강하다는 것이다. 예를 들어, 남학생들이 지필로써 얻어졌든 계산기를 이용하여 얻어졌든 결과가 나오면 그것으로 그 과제를 종료하고 다음으로 넘어가는 경향이 강한 반면, 여학생은 나온 결과를 다른 표상을 이용하거나 자신의 사고를 점검하거나 다른 사람의 과정을 검토하는 등 반성적 사고과정을 두드러지게 보였다는 것이다.

가령, 제 5차시에서 7차시에 걸쳐 이차함수 그래프의 특징을 파악하는 과정에서 좌표평면위에 표시하고 그 좌표 평면위에 다양한 그래프를 생각하고 그 그래프와 함수식 간의 관계를 파악하는 등 학생들은 각각의 그래프의 함수식을 계산기에 입력함으로써 정확한 그래프 유형을 확인하였다. 이를 통해 발췌문 2에서 일부 제시한 바와 같이 '위치만 다르다, 모양과 폭이 같다, 좌우대칭이다, 꼭지점의 위치가 다르다'는 등의 다양한 표현들이 학생의 관찰을 통해 나왔으며, 숫자와 표기 방식을 점차 형식적으로 조정하고 세련화시키며 그래프의 특징들을 파악해 나가는 과정에 반성적 사고과정을 보였다.

[발췌문 2]

학생 3: 무슨 말인지 모르겠어..
학생 4: a가 2, a가 1/2...x값이 뭔지 모르겠어..
학생 2: 아무거나 넣어보면 되지 않을까?
학생 3: 1,2,3,4...
학생 1: (x값 정하는거에서)이것도 똑같이 하자(1번 가리키면서).-3부터 넣어서 하자.

학생 3: 0은 써?
학생 1: 응..
학생 4: 9/2..4.5..
학생 1: 맨 끝에 -3을 -4로 바꿔(분수라서..값이 딱 떨어지는 값이 안나오니까..)
학생 3: 2x^2은 값이 나오는데..1/2(x)^2은 안돼...
학생 1: 그냥 짝수로만 하자..
학생 2: 야..나 나왔어..(계산기 이용해서..)
학생 3: 어떻게?
학생 2: 이거 3개 다 써..(계산기에서 테이블에다가..)
...
학생 2: 문제 봐봐..공통점이니까. (1)번하고 2x^2하고..(1)번 하고 1/2(x)^2 하고 해야 돼.
학생 3: 음...됐다..
학생 2: 이게 2x^2이고..안으로 들어간 게 1/2(x)^2이고.
학생 4: 어떻게 했어?
학생 3: 모르겠어...
학생 2: 다시 나와 봐봐.
학생 4: 이렇게 나왔어(점들이 1사분면과 4사분면에만 나타난 그래프)
학생 3: 이게 맞는 거 같아. 왜 내거랑 다르지? 어떻게 했어?
학생 1: 중간에 (계산기 테이블에서)x값 넣고...처음에 2x^2넣고...마지막에 1/2(x)^2넣고(바뀐 그래프가 나타남). 아까 나온 거랑 같은 건가?
학생 3: 이거봐… 표에서 나온 식은 이건데, 그래프로 바꿔서 확인하면 이런 것(값)들이 나와.
(실험반, 제 4차시)

학생들은 기하학적 표현으로써의 이차함수, 즉 함수 그래프를 관찰하면서 그 특징을 파악하고 표와 그래프 간의 관계와 그래프의 특징을 파악한 후, 그래프로서의 이차함수를 수직적 수학화를 통해 함수의 개념을 형식화하도록 지도되었다. 그 이후에도 학생들은 반성적 사고를 통하여 형식적 함수와 물리적 함수를 함께 연결지으려 시도하였으며 자신의 결과를 끊임없이 점검하면서 나아감을 보이고 있다.

또 다른 예를 하나 더 보이면 발췌문 3에서와 같이, 7차시에서 역시 이차함수의 그래프 내용에서 학생들은 $y=ax$ 그래프와 $y=a(x-p)^2+q$의 그래프 차이점을 어떻게 비교할 것인지 결정하는데 있어서, '어떠한 예를 가지고 비교할 것인가', '무엇을 이용하여 비교할 것인가', '비교한 결과는 무엇인가', '다른 조에서 사용한 예와 방법은 무엇이며 자기 조와는 어떤 차이가 있는가' 등을 탐구활동에 의하여 결정하도록 되어있다. 이에 여학생들은 남학생들이 형식적으로 더 빨리 접근 한 것과는 다르게, 계산기를 사용하며 학생들은 하나하나 일일이 함수식과 그래프를 확인하고 난 이후에 기호로 접근하였고, 표에 계산해 놓은 데이터를 계산기에 입력하는 것 대신에 함수식을 바로 계산기의 그래프 기능을 이용하여 그래프를 확인하는 등의 모습을 보였다. 다양한 함수식을 임의대로 입력하여 그 함수식에 따른 다양한 그래프로의 전환을 하면서 자신의 결과나 가설의 옳고 그름을 확인하는 등 더 세심한 확인 작업을 거치는 모습을 보였다.

[발췌문 3]

학생 2: -1
학생 1: 그치? 그거 제곱하면 얼마야?
학생 2: 4
학생 3: 이거 0이야?
...
학생 2: 이렇게 맞아?(점찍은 부분을 가리키며)
학생 1: 응. 그리고 딴 거 넣어봐.
학생 3: 지수야 식 잘못 넣은 거 아니야?
학생 2: 여기?
학생 1: 어차피 대칭이니까… 맞아. 그거.
학생 3: 맞아?
학생 1: 한개만 더 그려보자(입력하자)
...
학생 2: 여기가 똑같다...아니..아래로 볼록하다. 모양이 똑같다..
학생 1: 그치? 그러면 이 폭이 똑같은 거지? 또?
학생 2: 숫자가 갈수록 커진다..아니...여기에만 있다..
학생 1: 이거 꼭지점.
학생 2: 꼭지점이 0이다.
학생 1: 그니까..좌표가 어떻게 돼?
학생 3: 은주는 (0, 2)이래
학생 1: 꼭지점이 x축에 있다.
...
학생 2: (차이점을 찾는데)이번엔 숫자를 다르게 하자.
학생 1: -2가 그래프가 어느 거야? 오른쪽으로 간 거지? -2는? 오른쪽으로 간 거지?
학생 3: …그니까, 반대로 갔네…
학생 1: p가 이런 거야...(식에서 괄호 안에 있는 숫자를 가리키면서) 이건 -2만큼 이동했지…그러고 이건 4잖아(다른 그래프를 열면서).-4만큼 이동했다…(계산기의 식을 지우며)아님…이거 해봐…

학생 2: 얘 꼭지점?(계산기 세 개를 이용해서 각각 그래프를 그려서 놓고 가리키면서)
학생 4: (0,+2)…
학생 3: 비교해 보는 거야
학생 2: 최대값, 위로 볼록, 폭이 같다, 3,4분면 지난다. 지수가 한거랑 같다.
(실험반, 제 7차시)

함수 교육을 통해서 이루려는 궁극적인 목표는 현실 세계의 물리적, 사회적, 정신적 현상 속에서 변화를 인식하는 함수적 사고능력 훈련을 통해서 변화하는 대상들 간의 지정된 행위로서의 종속성을 기술하고 해석하고 계측하는 정신적 능력과 수학적 내용을 조직화 할 수 있는 능력(정영옥, 1997)이라고 하였다. 함수식을 얻은 이후에도 변량간의 변화를 관찰하며 그것을 해석하는 과정을 스스로 가짐으로써 형식적인 이차함수와 함수의 심상 구성이 함께 어우러지도록 반성적 사고과정을 여학생들이 더 자주 거쳤던 것은, 함수 교육의 궁극적인 목적이라 할 수 있는 실생활의 변화를 정리하기 위한 수단으로서의 함수로서 종속성을 표현하고 해석하여 이를 토대로 일어날 수 있는 현상을 예측할 수 있는(Freudental, 1983) 실재로서의 함수 교육이 여학생들에게 더 잘 이루어질 수 있었던 또 다른 요인인 것으로 보인다. 또한 결과적으로 표상의 전환을 통하여 자신의 가설을 끊임없이 검증할 수 있음으로서, 그 표상의 전환 자체가 의미 있는 교육적 활동이 되었다고 할 수 있다.

V. 결론 및 제언

이 연구의 주요 목적은 남녀학생의 학습을 공평하게 향상시킬 수 있는 방법을 모색하기 위한 일환으로, 계산기를 사용한 함수 수학화 활동이 중학교 남녀학생의 수학적 성취도에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위한 것이다. 자료 분석을 통하여, 연구결과는 남학생과 여학생 두 집단은 계산기가 제공된 테크놀로지 환경의 함수 수학화 학습의 성취도에서 여학생이 매우 유의미하게 향상되었음을 알 수 있다. 현저히 높은 여학생의 학습 성취도 결과를 통하여, 여학생들이 이러한 학습 환경을 지원받았을 때, 자신들이 활동한 것을 학습요소와 보다 더 잘 연결한다고 말할 수 있을 것이다. 또한, 이는 실험 전에 다른 두 집단과 다르게 계산기를 활용한 수학화의 실험반의 남학생 수학성적이 여학생보다 더 우수하였던 것을 감안한다면 여학생이 매우 크게 긍정적 변화로 이동하였음을 말하므로, 여학생은 계산기가 제공된 환경에서 함수 수학화의 학습이 보다 성공적이었음을 알 수 있다. 이는 테크놀로지환경에서의 성차에 관한 많은 선행연구에서 남학생이 효과가 크다고 주장하는 것과는 달리 도구로서 계산기가 제공될 때 남학생보다 더 학습결과가 향상되었다는 새로운 연구결과를 나타낸 것이다.

그러나 이것이 비단 테크놀로지 자체의 효과인지 혹은 다른 영향 때문인지 또한 테크놀로지를 활용할 시 어떠한 이유에서 학습효과가 있었던 것인지는 정성적 연구를 통해 도출할 수 있었다. 정량 연구 결과에서 나온 수치적인 결과는 학생들을 밀접하게 관찰함으로써 그 원인을 진단할 수 있었는데, 우선 여학생들은 학습과정에서 여학생들은 남학생들보다 비교적 함수의 표상 전환을 활발히 하면서 자신의 학습을 수평적 혹은 수직적으로 연결하는 경향이 강하였다. 여학생들은 학습한 내용을 다른 표상으로 연결시키는 활동을 충분히 하면서 독립변수의 변화량에 대하여 확실히 인지해 나가면서 스스로 학습가닥을 연결해 나가는 모습을 보였다.

여학생들은 계산기를 활용하여 함수의 학습가닥을 용이하게 연결해나갈 수 있었다는 것을 세부적으로 관찰할 수 있었는데, 수평적 수학화 단계에서 계산기를 이용하여 규칙성을 발견하는 단계를 매우 활발히 진행한 다음, 그 다음 단계인 수직적 수학화 단계로 넘어가는 경향이 있었다. 뿐만 아니라 수직적 수학화 단계에서 역시 계산기를 이용한 반성적 사고가 매우 뛰어났다. 이는 테크놀로지 자체가 그런 효과를 가져왔다기보다는 테크놀로지를 활용한 수학화라는 현실중심의 교수방법과 잘 부합하였고 그 과정이 여학생에게 더욱 유리하게 작용했다고 볼 수 있다.

다시 말하면, 기호화하여 일반화를 얻으려는 과정에서 여학생들은 좀 더 다양한 표상의 전환을 시도하였고, 이러한 표상의 횡적·종적 연결 과정을 시도할 수 있었던 것은 학습 가닥이 잘 연결되면서 결국 다시 다양하고 복합적인 상황에 응용 되하는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 향후 테크놀로지를 활용하여 함수 수업을 할 때, 단지 함수적 공식이나 각각의 표상 혹은 기능들을 따로 배워나가는 것이 아니라 이를 잘 조직화하고 의미 있는 전체에 적합한 구조화된 지식과 기능들을 구성해 나가는

것으로의 함수 표상들의 전환은 여학생들에게 더욱 의미 있는 수업이 됨을 시사한다.

전통적으로 함수뿐만 아니라 수학의 전 영역이 남학생이 우세한 영역이라고 일반적으로 알려져 왔으며 우리나라 여러 연구에서도 성차의 근거를 밝히고 있다(예, 이연옥, 1989; 이향란, 1991). 따라서 이를 극복하여 수학 학습에서 공평성을 기하기 위하여서는 여학생에게 좀 더 도움이 되는 구체적인 기회를 제공할 필요가 있음을 뜻한다. 여학생은 예민하여 자신들의 학습 환경에 의한 영향을 쉽게 받는 경향이 있기 때문에 좀 더 배려된 구체적인 환경을 요하므로(Davidson & Schofield, 2002), 본 연구를 통해 계산기를 활용한 함수 수학화 교수학습은 여학생이 남학생보다 더 많은 향상을 가져올 수 있는 구체적인 수업환경이 될 수 있음을 보여주었다. 테크놀로지와 관련하여서는 여학생이 남학생보다 소극적인 자세를 가지고 있으며 컴퓨터나 계산기사용 능력면에서도 남학생이 우수할 것이라는 고정적인 사고가 여학생의 정보화 능력 향상에 장애가 됨은 당연하다. 그러나 본 연구에서 밝혔듯이 여학생들은 더욱 활발하게 반성적 사고를 통하여 형식적 함수와 물리적 함수를 함께 연결 지으려 시도하였으며 자신의 결과를 끊임없이 점검하였다. 여학생들이 반성적 사고과정을 더 자주 거쳤던 것이 실재로서의 함수 교육이 여학생들에게 더 잘 이루어질 수 있었던 또 다른 요인이었던 것으로 보인다.

따라서 본 연구의 결과는 사회적 통념을 개선하는데 의미가 있으며 궁극적으로 테크놀로지 환경에서 사용하게 될 교수학적 자료에 담긴 수학적 내용이 학생에게 사용되는 교수 학습방법에 따라 학생의 성별 학습 차와 밀접하게 관련되어있다는 것을 시사하는 바이다.

참 고 문 헌

권오남 · 박경미 (1995). 수학성취도에 있어서의 성별차이에 대한 고찰, 한국여성학회 한국여성학 11, pp.202-232.

권오남 (2002). 공간시각화 능력에서의 웹기반 프로그램과 지필학습 프로그램의 효과, 교육학연구 40(4), pp.71-88.

김재철 (2004). 고등학교 3학년의 수학 성적 변화에 대한 성차 비교 연구, 교육평가연구 17(2), pp.45-71.

김평기 (2004). 수행평가에 있어서의 남녀 중학생간의 차이, 부경대학교교육대학원 석사학위논문.

김성숙 · 홍미영 · 박정 (2001). 제3차 수학, 과학 성취도 국제 비교 반복 연구 (TIMSS-R) 과학 성취도 분석, 한국과학교육학회지 21(2), pp.328-341.

류신열 (1998). 학년별에 따르는 남녀에 대한 수학적 능력에서의 비교 연구, 국민대학교교육대학원 석사학위논문.

이대식 · 김수미 (2003). 수학학습에서의 성차에 대한 초등학교 학생 및 교사의 인식조사, 초등교육연구 16(1), pp.297-315.

이연옥 (1989). 수학 성취에서 남녀차이에 영향을 주는 요인에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

이향란 (1991). 남녀간의 수학능력차에 관한 연구, 서울대학교 대학원 석사학위논문.

정영옥 (1999). 현실적 수학교육에 대한 고찰, 대한수학교육학회논문집 9(1), pp.81-110.

조아미 (1999). 청소년의 성별에 따른 컴퓨터 불안 결정요인, 청소년학연구 6(2), pp.85-100.

Armstrong, J. M. (1981). Achivement and participation of women in mathematics: results of two national survey, *Journal for Research in Mathematics Education* 15(5), pp.356-372.

Baron-Cohen, S. (2003). H*e essential difference: The truth about the male and female brain*. N. Y.: basic Books.

Battista, M. T. (1990). Spatial visualization and gender differences in high school geometry, *Journal of Research in Mathematics Education* 21(11), pp.47-60.

Bellisari, A. (1989). Male superiority in mathematical aptitude: An artifact. *Human Organization* 48, pp.273-279.

Benbow, C. P. & Stanley, J. C. (1980). Sex differences in mathematical ability: Fact or artifact. *Science*, 210(4475), pp.1262-1264.

Benbow, C. P. & Stanley, J. C. (1982). Consequences in high school and college of sex differences in mathematical reasoning ability: A longitudinal perspective. *American Educational Research*

Journal **19(4)**, pp.598-622.

Benbow, C. P. (1988). Sex differences in mathematical reasoning ability in intellectually talented preadolescents: Their nature, effects, and posible causes. *Behavioral & Brain Science*, **11**. pp.169-232.

Bennet, M. (1996). Men's and women's self-estimates of intelligence, *The Journal of social Psychology*, **136**, pp.411-412.

Burton, L. (1990). *Gender and mathematics: An international perspective.* London, England: Cassell.

Chipman, S. F.; Brush, L. R., & Wilson, D. M. (1985). *Women and Mathematics: Balancing the Equation,* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Cobb, P. (2000). Conducting experiments in collaboration with teacher. In A. kelly & R. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science.* Lawrence Erlbaum Associates.

Creswell, J. W. (2003). *Research design: Quantitative, qualitative, and mixed methods approaches.* Thousand Oaks: SAGE Publications.

Cronin, H. (2005). The vital statistics: evolution, not sexism, puts us ar a disadvantage in the sciences, *The Guardian*, **3**. p.21.

Davidson, L. & Schofield, W. (2002). Female Voice in Virtual reality: Drawing Young Girls into an Online World, In K. Renninger & W. Shumar (Eds.) *Building Virtual Communities: Learning and Change in Cyberspace* pp.34-59, NY: Cambridge University Press.

De Lange, J. & Kindt, M. (1984). The Hewet project: Report on an experiment leading to a new curriculum for pre-university students. *Zeitschrift fur Didaktik der Mathematik*, **2**, pp.74-78.

Eccles, J. S. (2001). Achievement. In J. Worell (Ed.), *Encyclopedia of Women and Gender: Sex similarities and differences and the impact of society on gender,* pp.43-53, San Diego: Academic Press.

Eccles, J. S., Lord, S. E., Roeser, R. W., Barber, B. L., & Jozefowicz, D. M. (1997). The association of school transitions in early adolescence with developmental trajectories through high school. In J. Schulenberg & J. Maggs & K. Hurrelmann (Eds.), *Health risks and devleopmental transitions during adolescence* pp.283-320, New York: Cambridge Univeristy Press.

Fennema, E. (1985). 'Explaining Sex-related Differences in Mathematics: Theoretical Models', *Educational Studies in Mathematics*, **16,** pp.303-320.

Fennema E. & Leder, G. (1990). *Mathematics and gender.* New York: Teachers College Press.

Finn, J. (1980). Sex differences in educational outcomes: A cross-national study. *Sex Roles,* **6**, pp.9-25.

Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an Educational Task,* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Freudenthal, H. (1983). *Didactical phenomenology of mathematical structure*, Dordrecht: Reidel.

Friedman, L. (1989). Mathematics and the gender gap: A meta-analysis of recent studies on sex differences in mathematical tasks. *Review of Educational Research,* **59(2)**, pp.185-213.

Furnham, A.; Clark, K. & Bailey, K. (1999). Sex differences in estimates of multiple intelligences. *European Journal of Personality*, **13**, pp.247-259

Furnham, A. & Fong, G. (2000). Self-estimated and psychometrically measured intelligence; A cross-cultural and sex differences study of British and Singaporean students. *North American Journal of Psychology* **2**, pp.191-200.

Greene, J. C.; Caracelli, V. J. & Graham, W. F. (1989). Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. *Educational evaluation and policy analysis*, **11(3)**, pp.255-274.

Halpern, D. F. (2000). *Sex differences in cognitive abilities* (3rd ed.). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Honigsfeld, A. & Dunn, R. (2003). High school male and female learning-style similartrities and differences in diverse nations. *Journal of Educational*

Research, **96(4)**, pp.1-12.

Jacobs, J. E.; Lanza, S.; Osgood, D. W.; Eccles, J. S. & Wigfield, A. (2002). Changes in children's self-competence and values: Gender and domain differences across grades one through twelve. *Child Development*, **73(2)**, pp.509-527.

Leahey, E. & Guo, G. (2001). Gender Differences in Mathematical Trajectories. *Social Forces* **80(2)**, pp. 713-732.

Livacre, J. M. & B. D. Wright, B. D. (2003). A User's guide to BIGSTEPS Rasch-Model computer Programs, Winsteps.com.

Lynn, R. Irwing, P. & Cammock, T. (2001). Sex differences in general knowledge, *Intelligence* **30(1)**, pp.27-39.

Mathison, S. (1988). Why triangular? *Educational Researcher*, **17(2)**, pp.13-17.

Moschkovich, J. N, Schoenfeld, A., and Arcavi, A. (1993). Aspects of understanding: On multiple perspectives and representations of linear relations, and connections among them. In T.A. Romberg, E. Fennema and T.P. Carpenter (Eds.), *Integrating Research on the Graphical Representation of Function*. pp.69-100, Hillsdale, NJ: Erlbaum.

National Council of Teachers of Mathematics. (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics, Inc.

____________________ (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Nemirovsky, R.; Kaput, J. & Roschelle, J. (1998). Enlarging mathematical activity from modeling phenomena to generating phenomena, Paper presented at the *Proceedings of the 22nd Psychology of Mathematics Education Conference*, Stellenbosch, South Africa.

Pinker, S. (2002). *The black state: The modern denial of human nature*. N.Y.: Viking.

Royster, D. C.; Herris, M. k. & Schoeps, N. (1999). Dispositions of college mathematics students. *International Journal of Mathematical Education in science & Technology* **30**, pp.317-333.

Schoenfeld, A., Smith, J., &Arcavi, A. (1993). Learning: The microgenetic analysis of one student's understanding of a complex subject matter domain. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* Vol. 4 (pp. 55 - 175). Hillsdale, NJ: Erlbaum

Sullivan, E. (1994). Achieving equity in mathematics education. *Thrust for Educational Leadership*, **23(7)**, pp.35-39.

Summers, L. (2005, January 14). *Remarks at NBER conference on diversifying the science and engineering workforce*. Retrieved April 5, 2005 from http://www.president.harvard.edu/speeches /2005/nber.html.

Swanson, S. (1992). *Mixed-method triangulation: Theory and practice campared*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

Szetela, W. & Super, D.(1987). Calculators and introduction in problem solving in grade 7. *Journal for Research in Mathematics Education*, **18(3)**, 215-229.

Utsumi, M.C., & Mendes, C. R. (2000). Researching the attitudes towards mathematics in basic education. *Educational Psychology*, **20(2)**, pp.237-243.

Yerushalmy, M. & Schwartz, J. L. (1993). Seizing the opportunity to make algebra mathematically and pedagogically interesting. In T. A. Romberg, E. Fennema, & T. P. Carpenter (Eds.), *Integrating research on the graphical representation of functions*, (pp. 41-68). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gender Differences in Learning Middle School Functional Mathematization

Hokyoung, Ko
Korea Institute for Curriculum and Evaluation, 25-1, Samchung-Dong, Jongro-Gu, Seoul, Korea
E-mail: koho@kice.re.kr

Sangsook, Choi-Koh
Dankook University, 147, Hanmam-Ro, Yongsna-Gu, Seoul, Korea
E-mail: sangch@dankook.ac.kr

This article provides how to implement the use of Realistic Mathematics Education (RME) in a teaching a function at a school to improve the equity based on the gender in students' mathematization for their mathematical thinking using technology. This study was planed to get research results using the mixed methodology with qualitative and quantitative methodologies. 120 middle school students participated in the study to bring us data about their mathematical achievement. Through the data analysis used by ANCOVA for the qualitative method, the students with the experiment of the mathematization based on technology excelled the other groups of students who were not provided with technology or both of them. Through the data analysis used by the constant comparative method for the qualitative data, the technology environment had helped the female students manipulate learning trends easily, strong construction on horizontal mathematization, depending on discussion with peers, and more reflexive thinking using a calculator. This means that teachers can put careful assignment on each category of mathematization regarding the gender. The study results in a lot of resources for teachers to use into their teaching mathematics for improving students' equity in interactive technology environment.

* ZDM classification : U13
* 2000 Mathematics Subjects Classification : 97U70
* Key Words : gender diffential, mathematization, function, graphing calculator, mathematical achievement