

교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가에 관한 교사들의 인식¹⁾

고상숙²⁾ · 박만구³⁾ · 한혜숙⁴⁾

본 연구의 목적은 교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심의 평가에 대한 교사들의 인식 및 평가 현황을 파악하고 교구 및 공학도구를 활용한 바람직한 수학적 과정 평가의 방향을 제시하는 것이다. 이를 위하여 수학 교과와 교수-학습 과정에서 교구 및 공학도구를 활용한 경험이 있는 서울, 경기 지역의 초·중등학교 수학교사 332명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 본 연구 결과, 수학적 과정중심 평가에 교구나 공학도구의 활용을 허용할 경우 교사들은 연구보고서, 프로젝트, 토론법 등의 다양한 대안 평가 방법을 보다 적극적으로 활용할 것으로 나타났다. 교구나 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가 방법은 학생들의 학습 상태를 보다 정확하고 종합적으로 파악하는데 기여할 수 있고, 동시에 수학적 과정을 강조한 교사의 수업 방법과 교수 활동의 개선을 위한 다양한 자료를 제공할 수 있다는 면에서 현장에서 대안적 평가 방법이 될 수 있다.

주요용어 : 교구, 공학도구, 수학적 과정, 수학적 과정중심 평가, 교사인식

I. 서론

National Council of Teachers of Mathematics(이하, [NCTM], 1989, 2000)에서는 학교 수학교육을 통해서 학생들이 학습해야할 수학적 내용에 대한 기준과 더불어 수학적 과정에 대한 기준을 제시하며, 수학적 내용과 수학적 과정은 밀접하게 연결되어 있음을 강조하였다. 특히 NCTM(2000)에서는 과정 기준을 ‘문제해결’, ‘추론과 증명’, ‘연결’, ‘의사소통’, ‘표현’의 5가지로 제한하며, 각각의 요소에 대해서 학생들이 성취해야할 기준에 대해서 구체적으로 제시하고 있다.

학교 수학교육에서 수학적 과정의 중요성에 대한 관심이 증가함에 따라서 경제협력개발기

1) 이 논문은 2012년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학창의재단의 지원을 받아 고상숙 외 (2013)가 수행한 ‘교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가 기반 조성’ 연구의 최종보고서 일부를 요약 및 재구성하여 작성하였음.

2) 단국대학교 (sangch@dankook.ac.kr)

3) 서울교육대학교 (mpark29@snue.ac.kr)

4) 단국대학교 (hanhs@dankook.ac.kr), 교신저자

구(OECD)에서 3년을 주기로 실시하는 국제 학업성취도 평가 연구인 PISA(Programme for International Student Assessment)에서는 학교 교육과정에 근거한 지식보다는 실생활에 필요한 능력, 즉 지식을 상황과 목적에 맞게 활용할 수 있는 ‘소양’을 강조하며(조지민 외, 2012), 수학적 과정 영역에 해당하는 문항을 꾸준히 개발하여 출제하고 있다. 최근에 수행된 PISA 2012의 수학 평가들을 살펴보면, 수학적 과정의 하위 요소를 크게 ‘형식화하기’, ‘이용하기’, ‘해석하기’의 3가지로 설정하고 있으며, 이러한 수학적 과정에서 요구되는 기본 수학 능력을 ‘의사소통’, ‘수학화’, ‘표현’, ‘추론과 논증’, ‘문제해결을 위한 전략 고안’, ‘상징적·형식적·기법적 언어와 조작의 사용’, ‘수학적 도구의 사용’의 7가지로 제시하고 있다(조지민 외, 2011, p. 16). 또한 우리나라의 2009 개정 교육과정(교육과학기술부, 2011)에서도 과정중심의 수학적 사고력을 강조하였는데 여기서 수학적 과정은 다양한 현상을 수학과 연결하고 다양한 상황에서 발생하는 문제를 해결할 때 활성화되어야 하는 수학적 능력을 의미한다고 하였다(김도한 외, 2009). 수학과 교육과정에서 수학적 과정에 대한 내용을 강조함에 따라 최근 정상권 외(2012)는 ‘과정중심의 수학과 평가방안’에 대한 연구를 수행하여 문제해결, 추론, 그리고 의사소통 영역에 관련된 평가들을 개발하였다. 이 연구에서의 평가 방안에는 한 문항에서 지문의 형식을 변환하여 수학적 과정의 세 영역을 모두 평가할 수 있는 방안을 모색한 반면에 이에 앞서 이루어진 신준식 외(2010)의 연구에서는 수학적 과정의 세 영역에 가장 적합한 문항을 각각 제시하였다.

앞서 살펴본 것과 같이 PISA 2012에서는 수학적 도구의 사용을 수학적 과정에서 요구되는 기본 수학 능력 중 하나로 제시하였고, 수학적 도구로 측정 도구, 계산기, 컴퓨터 기반 도구를 포함한 수학 활동을 도와주는 다양한 도구로 설명하고 있다(조지민 외, 2011). 실제로 PISA 2012 지필평가에서는 계산기의 사용이 문제풀이에 영향을 줄 수 있는 문항이 포함되었고, 컴퓨터 기반 수학 평가(CBAM)에서도 통계 소프트웨어, 기하 작도, 시각화 도구, 가상 측정 도구 등이 구현되는 평가 문항을 포함하여 전통적인 지필평가 환경에서는 평가하기 어려웠던 수학적 소양을 평가하였다(조지민 외, 2012).

그 동안 과정보다는 결과에 치중하는 우리 수학교육의 현실에 대한 반성이 필요하고, 수학 교수-학습에 수학적 과정을 보다 적극적으로 포함하기 위하여 교사들에게 어떻게 과정을 고려한 평가를 실시할 수 있을지에 대한 구체적인 사례를 포함하여 제시하는 것이 요구된다. 특별히 교구나 공학도구는 많은 수학교사들이 그 필요성은 인식하면서도 학교 현장의 여건이나 활용 능력의 부족으로 잘 활용하지 못한 분야로(조은애, 2008), 이를 수학 평가에 적절히 활용하는 것은 의미가 있다고 할 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심의 평가에 대한 실시 현황, 실행상의 어려움 그리고 이에 대한 교사들의 인식을 파악하고 바람직한 평가 방안을 제시하는 것이다.

II. 문헌고찰

1. 교구 및 공학도구를 활용한 평가

1) 우리나라 수학과 교육과정에서 교구 및 공학도구의 활용

학교교육의 가장 기본적인 방향과 내용을 결정하는 우리나라 수학과 교육과정에서는 제 7차 수학과 교육과정 이후 수학교육에서 교구 및 테크놀로지 활용을 지속적으로 강조하고 있다. 제7차 교육과정에서는 “컴퓨터나 계산기를 수학교육에 적극 활용”(교육인적자원부, 2000, p. 281)하도록 권고하였고, 2007 개정 수학과 교육과정에서는 교수-학습의 전 과정을 통하여 적절하고 다양한 교육 기자재를 활용하여 수학 학습의 효과를 높이도록 해야 한다고 권고했다. 2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정⁵⁾에서도 수학 교수-학습 과정에 교구 및 공학도구를 포함한 다양한 기자재의 활용을 제안하고 있다.

2009 개정 수학과 교육과정에서는 교구 및 공학도구의 활용과 관련한 용어인 ‘도구,’ ‘교구’라는 용어는 각각 33번과 21번씩 등장하고, ‘공학,’ ‘계산기,’ ‘컴퓨터’라는 용어는 각각 36번, 24번, 10번씩 등장한다. 그 내용을 보면 복잡한 계산 등을 지필에 의존하지 않고 계산기를 활용하여 할 수 있도록 하는 경우가 있다. 예를 들면, 초등의 경우 사칙연산을 하기 전에 계산 결과를 어렵해 보고, 어려운 값을 계산기를 사용하여 확인할 수 있게 하거나(p. 16), 규칙적인 계산식의 배열에서 계산기를 활용하여 규칙을 발견하게 한다(p. 20). 고등학교 수준에서는 수열이나 급수의 수렴, 발산은 공학적 도구를 활용하여 이해하게 할 수 있도록 하거나(p. 81), 도형의 성질을 추론할 수 있게 한다(p. 33). 소수의 곱셈과 나눗셈에서 복잡한 계산은 계산기를 사용하게 하고(p. 22), 측정에 관련된 활동이나 원의 넓이, 겹넓이, 부피 등을 구할 때 복잡한 계산은 계산기를 사용하도록 하고 있다(p. 24).

그리고 공학적 도구를 활용하여 그래프를 다양하게 해석하거나 실생활과 연계하도록 한다. 예를 들면, 공학적 도구를 활용하여, 함수의 그래프를 그리고 다양한 상황을 해석할 수 있도록 하고(p. 30), 표와 그래프를 그리고 대푯값과 산포도를 구할 수 있도록 하고 있다(p. 31). 그리고 지수나 로그에 관련된 문제를 다룰 때(p. 63)나 확률분포와 통계적 추정을 다룰 때에는 공학적 도구를 활용하여 실생활 자료를 처리하도록 하고 있다(p. 72). 그리고 삼각함수의 그래프를 그리거나 삼각함수와 관련된 문제를 해결할 때 공학적 도구를 활용할 수 있도록 하고 있다(p. 92).

교수-학습 과정에서는 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 경우에 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 활용하도록 하고 있다(p. 36). 즉, 문제해결력 향상을 위하여 다양한 공학도구의 활용을 권장하고 있다. 그리고 수학 학습의 평가에서는 평가하는 학습 내용과 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있는 기회를 제공하도록 하고 있다(p. 37). 따라서 우리나라 교육과정에서 평가에서도 교구 및 공학도구를 활용하여 다양한 학습의 내용 및 방법을 평가하도록 권고하고 있음을 알 수 있다.

NCTM(2000)에서도 수학교육에서 공학도구의 사용을 중요하게 강조하면서 이는 교사들이 가르치는 수학에 영향을 주고 학생들의 학습을 촉진하게 된다고 주장한다(p. 6). 계산기와 컴퓨터는 기존의 수학 교수-학습에 변화를 가져 올 수 있고, 교육공학 도구를 활용함으로써 학생들이 수학을 좀 더 깊게 있도록 하고, 일반화 및 추상화를 하는데 도움을 줄 수 있다고 주장한다. 특히, 교육공학은 신체적으로 부자유한 학생들에게 도움을 줄 수 있다고 보고 있다.

5) 2011년도에 공표된 개정 수학과 교육과정의 공식적인 명칭은 ‘2009 개정 교육과정에 따른 수학과 교육과정’이지만 본 논문에서는 편의상 ‘2009 개정 수학과 교육과정’이라고 칭함.

강명원 외(2010)는 2009 개정 수학과 교육과정에 따라 새롭게 개발하는 수학교과서에서는 스토리텔링을 기반으로 교구 및 공학도구의 활용을 더욱 강조하고 있으므로, 앞으로 평가에서도 공학도구를 활발히 사용할 수 있어야 한다고 제안하였다. 많은 연구들에서도 초등수학뿐만 아니라 중등수학에서도 적절한 교구의 활용은 학생들에게 수학에 대한 좀 더 넓고 깊은 이해를 할 수 있도록 하고, 수학에 대한 흥미를 긍정적으로 이끌 수 있게 된다고 주장하였다(장훈, 2008; 최정선, 박혜숙, 2009). 그러나 기존의 많은 연구에서 수학과 교수-학습 과정에서는 물론 평가에서도 교구 및 공학도구 활용의 필요성에 대하여 주장하였으나 구체적으로 이를 어떻게 평가에서 반영할 수 있을지에 대한 방안을 제시하지는 못하였다. 그런데 최근에 고상숙 외(2012)는 실생활문제나 복잡한 문제해결을 위해 구체적으로 공학도구를 활용하는 평가방안을 제시하였다.

2) 기술공학을 활용한 평가의 국제적 동향

NCTM(1989)은 새로운 기술공학은 수학의 활용 및 응용범위를 크게 변화시켰기 때문에, 학생들이 문제를 탐구하고 해결하는 도구로써 계산기와 컴퓨터를 적절하게 사용할 필요성을 강조하였다. 이 기준에서 기술공학의 강조의 배경에는 기술공학의 급속한 발전을 포함하였다. 영국의 경우에는 5세부터 19세까지의 수학교육과 관련하여 CAS(Computer Algebra System) 활용지침서(Oldknow & Flower, 1996)를 출간하였으며, 1999년 수학과 교육과정의 학습 프로그램에 CAS의 적절한 활용을 포함하고 있다. 호주에서는 대학수학능력시험의 수학과 문제에 그래픽 계산기 활용의 효과를 고찰하여(Kissane, Bradley, & Kemp, 1994), 그래픽 계산기의 적극적인 활용을 가능하게 하는 중립적인 문제를 출제하도록 하여(Kemp, Kissane, & Bradley, 1996), 1997년부터 Victoria주, 1998년부터는 Western Australia 주에서 대학수학능력 시험에 그래픽 계산기의 사용을 허용하였다. 뉴질랜드의 수학교육에 관한 교육과정(Ministry of Education, 1992)은 계산기와 컴퓨터의 활용에 대해 강조하였고, 모든 수준의 수학 학습에 있어서 그래핑 계산기와 그래핑 팩키지, 스프레드시트 등과 같은 컴퓨터 관련 소프트웨어를 활용하도록 하고 있다. 이를 통해 뉴질랜드의 수학교육은 틀에 박힌 기계적 조작보다는 학생들의 수학적 사고의 발달을 강조하며 특별한 학습상황에서 학생들이 그러한 공학적 도구를 적절하게 활용할 수 있는 능력 또한 기르게 하는데 중점을 두고 있음을 알 수 있다.

계산기는 국제 학업성취도 연구인 TIMSS(The Trends in International Mathematics and Science Study)와 PISA에서도 활용되고 있다. TIMSS의 경우는 TIMSS 2003의 8학년 평가에 계산기 사용이 처음 도입되었는데 새로 개발된 문항들에 한해, 계산기 없이 풀이가 가능하지만 계산기 사용을 원하는 국가에 대해서는 계산기 사용을 허용했다. 이후 TIMSS 2007, TIMSS 2011에도 계산기의 활용이 여전히 허용되고 있다. PISA의 경우는 PISA 2012 이전에는 계산기의 사용 여부가 문제해결에 직접적인 영향을 주지 않는 문제가 출제되었으나, PISA 2012에서는 계산기의 사용이 문제풀이에 영향을 줄 수 있는 문항 또한 출제되었다(조지민 외, 2012). 이처럼 국제 학업성취도 평가에서도 계산기의 활용이 확대되고 있음을 알 수 있다.

그 동안 국제 평가에서 교구의 사용은 그리 일반적이지는 않았다. 이는 대규모 평가에서 시험 실시의 한계로 인하여 사용이 제한되어 온 것으로 추측된다. 그러나 학급 단위에서는 얼마든지 평가에서 활용이 가능하다. 이는 간단한 형태인 종이 교구에서부터 좀 더 복잡한 형태인 컴퍼스나 조작활동 도구인 K-nex나 4D frame과 같은 교구를 활용할 수 있다(장훈, 2007).

2. 수학적 과정중심 평가

2009 개정 수학과 교육과정의 가장 큰 특징 중의 하나는 수학적 과정을 강조한 것이고, 수학적 과정은 문제해결, 추론, 의사소통 요소로 구성하고 있다. 수학적 과정중심의 평가 방안에 대하여 살펴보면 다음과 같다.

1) 문제해결력 평가

수학교육에서 문제해결이 주요 화두가 된 것은 1980년대부터로 NCTM(1989)과 이를 수정 보완한 NCTM(2000)에서도 문제해결은 추론, 수학적 연결성, 의사소통, 표상과 더불어 수학교육의 중요한 목표로 강조하고 있다. NCTM(1989)에서 문제해결의 평가기준으로, 문제를 구성할 수 있고, 문제해결에 있어 다양한 전략을 적용하여 문제를 풀 수 있고, 결과를 증명하고 해석할 수 있고, 해를 일반화할 수 있어야 하는 능력을 제시하고 있다.

2009 개정 교육과정에서도 문제해결력을 신장시키기 위한 교수-학습 방법으로 문제해결은 전 영역에서 지속적으로 지도해야 하고, 학생 스스로 문제 상황을 탐색하고 수학적 지식과 사고 방법을 토대로 문제해결 방법을 적절히 활용하여 문제를 해결하게 하며, 문제해결의 결과뿐만 아니라 문제해결 방법과 과정, 문제를 만들어 보는 활동도 중시하고 있다.

최근에는 문제해결과 테크놀로지 활용에 대한 연구가 꾸준히 이루어지고 있다. Masalski(1990)는 Excel과 같은 소프트웨어를 활용함으로써 얻게 되는 이점으로, Excel은 반복적, 재귀적인 계산을 요하는 문제나 표가 필요한 문제를 다룰 때 적합하고, 교사나 학생이 변수의 값, 상수 그리고 구간의 크기 등을 다룰 수 있도록 하며, 문제해결 과정에서 부딪히는 “만일 ~이라면(What if~)” 유형의 질문을 탐구하도록 도와준다. 그리고 문제해결에서 사용자의 직관을 향상시킨다고 주장하였다. Bialas(2001)는 수학에서 테크놀로지의 활용은 실생활의 문제를 다룰 수 있도록 하고 다량의 계산을 빨리 처리하고 그래프와 표로 결과를 보여줄 수 있어 학생이 부분적인 그림보다는 전체적인 그림에 초점을 맞출 수 있도록 해 준다고 주장하였다.

2) 추론 능력의 평가

NCTM(1991)은 수학적 힘을 강조하는데 이는 논리적으로 탐구하고 추론하는 능력이 그 핵심이다. 이 수학적 사고의 핵심은 추론 능력이라고 할 수 있는데 이는 사고 사이의 관계를 발견하여 문제해결을 위하여 가정하고, 증거를 모으고 추측하여 일반화하고 논리적인 사고과정을 통하여 논리적인 결론으로 이끄는 것을 말한다. 수학교육에서 추론의 중요성은 지속적으로 강조되어 오고 있는데 NCTM(1989, 2000)은 수학의 핵심중의 하나가 추론이라고 보고, 추론 능력이 교실 수업에서도 강조되어야 한다고 주장하였다. NCTM(2000)에서는 추론을 할 수 있다는 것은 수학을 이해하는 핵심이며, 아이디어를 개발하고 현상을 탐구하며, 결과를 정당화하고 수학적 추론을 활용함으로써, 학생들은 수학이 합리적이라는 것을 이해하고 기대하는 것으로 보고 있다.

3) 의사소통의 평가

수학 수업 시간에 교사와 학생 그리고 학생과 학생 사이에 자연스럽게 수많은 수학적 의사소통이 이루어지고 있다. NCTM(1989, 2000)에서도 수학교육의 목표 중의 하나로 의사소통을 강조하고 있다. 학생들로 하여금 의사소통의 과정에 능동적으로 참여하도록 격려하는 것은 학생들의 수학적 지식의 학습뿐만 아니라 수학에 대한 태도를 좀 더 긍정적으로 이끄는 데 중요한 역할을 하게 된다. 따라서 수학에서 의사소통을 평가하여 학생들의 의사소통 능력을 신장할 수 있는 방안을 생각해 보는 것은 의미가 있다. 특히 수학적 의사소통의 평가에서는 수학적 용어와 기호체계를 사용하여 수학적 의사소통의 의미와 아이디어의 관계성 파악, 의사소통의 능숙도 등에 초점을 둘 필요가 있다.

우리나라의 2009 개정 수학과 교육과정에서도 수학교육의 목표와 교수-학습에서 문제해결, 추론, 의사소통을 강조하고 있다. 그런데 평가가 교수-학습의 방향과 내용에 영향을 미친다는 것을 생각해 볼 때, 수학과 평가에서 수학적 과정에 대한 평가에 대한 방안을 현장에서 적용할 수 있을 정도로 더욱 구체적으로 생각해 볼 필요가 있다.

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 대상 및 방법

수학교육에서 교구 또는 공학도구의 활용에 관한 교사들의 인식, 교구 또는 공학도구를 활용한 수학과 평가 실시 현황, 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정 평가에 대한 교사들의 인식을 파악하기 위해서 서울, 경기 지역의 초, 중등학교 교사들을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문지는 서울, 경기 지역의 중·소도시의 초·중·고등학교에 재직하고 있는 1000명의 교사들에게 우편, 전자우편, 직접 방문의 형태로 배부되었고, 배포된 설문지 1000부 중 494부가 회수되어 설문지 회수율은 약 49%이었다. 연구 결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해서 회수된 설문지 중에서 특정 문항에 대해서 응답을 하지 않거나(70부) 교구나 공학도구를 사용해본 경험이 없다고 응답한 교사들의 설문지 92부를 제외하여 총 332부에 대해서만 분석이 이루어졌다. 설문에 참여한 교사들을 학교유형별, 교직경력별, 도구연수경력별로 분류하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 학교유형별, 교직경력별, 도구연수경력별 설문 응답 교사 수

유형	항 목	교사 수(%)
학교유형	초등학교	108(32.5%)
	중학교	86(25.9%)
	고등학교	138(41.6%)
교직경력	5년 미만	128(38.5%)
	5년 이상~10년 미만	63(19.0%)
	10년~15년	63(19.0%)

교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가에 관한 교사들의 인식

교구 또는 공학도구 연수 경력	15년~20년	36(10.8%)
	20년 이상	42(12.7%)
	없음	93(28.0%)
	15시간 미만	71(21.4%)
	15시간 이상~30시간 미만	44(13.3%)
	30~60시간	46(13.8%)
	60시간 이상	78(23.5%)
전체 응답자 수		332(100%)

2. 연구 도구

1) 설문 문항 개발 절차

설문 문항을 개발하기 위하여 정상권 외(2012)가 수행한 과정중심의 수학교과 평가 방안 연구에서 개발된 설문 문항 및 공학도구 활용에 대한 인식 조사를 위해 Hong과 Thomas(2006)가 개발한 설문 문항을 토대로 문항의 적절성에 대한 검토와 문항개발회의 등의 절차를 거쳐 본 연구에서 사용할 설문 문항을 개발하였다. 문항개발회의에서는 설문 조사의 목적 및 범위를 결정하고 관련 선행 연구를 분석하여 설문 문항의 범주와 조사 내용을 결정하였다. 설문 문항의 초안은 3회에 걸친 연구자 회의 및 검토를 통해 확정하였다. 개발된 설문 문항의 초안에 대해서 학교유형을 고려한 9명의 교사를 대상으로 예비 조사를 실시하였고, 예비 조사에 응한 교사들로부터 질문의 명료성, 표현의 명확성과 적절성, 용어의 명확성과 적절성, 문항 제시 형태의 적절성 등에 관한 피드백을 받아 설문 문항의 초안을 수정, 보완하여 최종 설문 문항을 확정하였다.

2) 설문 문항 범주 및 내용

설문 문항은 ‘설문 대상자의 기본 정보’를 포함하여 ‘수학교육에서 교구 또는 공학도구 활용에 관한 교사들의 인식’, ‘교구 또는 공학도구를 활용한 수학과 평가 실시 현황’, ‘교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정 평가’라는 네 가지 범주로 구성되었다. ‘수학교육에서 교구 또는 공학도구 활용에 관한 교사들의 인식’ 범주에 포함된 문항들은 5단계 리커트 척도(‘전혀 그렇지 않다=1점’, ‘그렇지 않다=2점’, ‘보통이다=3점’, ‘그렇다=4점’, ‘매우 그렇다=5점’) 유형으로 Hong과 Thomas(2006)가 개발한 문항을 수정하여 사용하였고, ‘교구 또는 공학도구를 활용한 수학과 평가 실시 현황’ 및 ‘교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정 평가’ 범주에 해당하는 문항은 선다형 및 자유서술형으로 정상권 외(2012)의 연구에 활용된 설문 문항을 본 연구에 맞게 수정하여 사용하였다. 설문 문항의 범주 및 내용은 <표 2>와 같다.

<표 2> 설문 문항 범주 및 내용

범주	내용	문항
설문대상자 기본정보	학교유형	I-1
	교직경력	I-2

	교구나 공학도구 연수 경력	I-3
	교구나 공학도구 사용 유무	I-4
수학교육에서 교구 또는 공학도구 활용에 관한 교사들의 인식	학생들의 흥미 유발을 위해 교구나 공학도구의 사용의 필요성	II-1
	수학적 개념·원리·법칙의 이해를 위해 교구나 공학도구 사용의 유용성	II-2
	학생들의 공학도구에 사용에 대한 의존성	II-3
	교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 필요성	II-4
	교구 또는 공학도구를 사용한 평가의 어려움	II-5
	교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 적합성	II-6
교구 또는 공학도구를 활용한 수학과 평가 실시 현황	평가요소(지필평가 및 수행평가)	III-1
	평가결과의 활용(지필평가 및 수행평가)	III-2
	평가에서의 어려움의 이유	III-3
교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정 평가	수학적 문제해결 평가요소, 추가 의견	IV-1, 2
	수학적 추론 평가요소, 추가 의견	IV-3, 4
	수학적 의사소통 평가요소, 추가 의견	IV-5, 6
	수학적 과정 평가방법	IV-7
	수학적 과정중심 평가방안 개발 및 적용에 관한 희망사항	IV-8

3. 분석 방법

회수한 설문지의 응답 결과는 SPSS 12.0 버전 프로그램을 활용하여 모두 데이터베이스화 하였다. 리커트 척도 문항을 포함한 선다형 문항의 경우는 빈도분석을 하였고, 서술형 문항의 경우는 응답 결과를 범주화하여 빈도분석을 하였다.

IV. 연구결과

1. 수학교육에서의 교구 또는 공학도구의 활용에 관한 교사들의 인식

수학 교수-학습 과정에서 교구 또는 공학도구의 활용에 관한 교사들의 인식을 조사하기 위하여 수학 학습의 정의적, 인지적 측면에서 교구나 공학도구 활용의 필요성 및 유용성, 교구나 공학도구를 활용한 평가의 필요성 및 문제점에 대한 교사들의 의견을 조사하였다. 그 결과는 <표 3>과 같다.

<표 3> 수학 교수-학습 과정에서 교구 또는 공학도구의 활용에 관한 교사들의 인식

문항	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다	전체	평균 (표준 편차)
II-1. 학생들의 흥미 유발을 위한 교구나 공학도구의 사용의 필요성	0 (0)	3 (0.9)	41 (12.3)	182 (54.8)	106 (31.9)	332명 (100%)	4.18 (0.670)
II-2. 수학적 개념·원리·법칙의 이해를 위해 교구나 공학도구 사용의 유용성	1 (0.3)	5 (1.5)	39 (11.7)	196 (59)	91 (27.4)	332명 (100%)	4.12 (0.683)
II-3. 학생들의 공학도구 사용에 대한 의존성	10 (3.0)	89 (26.8)	148 (44.6)	80 (24.1)	5 (1.5)	332명 (100%)	2.94 (0.830)
II-4. 수학학습에서 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 필요성	8 (2.4)	44 (13.3)	121 (36.4)	124 (37.3)	35 (10.5)	332명 (100%)	3.40 (0.929)
II-5. 교구 또는 공학도구를 사용한 평가의 어려움	8 (2.4)	75 (22.6)	102 (30.7)	134 (40.4)	13 (3.9)	332명 (100%)	3.21 (0.918)
II-6. 종이와 연필을 이용해서 풀기 어려운 문제에 대해서 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 적합성	2 (0.6)	35 (10.5)	94 (28.3)	162 (48.8)	39 (11.7)	332명 (100%)	3.61 (0.850)

학생들의 흥미를 유발하기 위해서 교구나 공학도구의 사용이 필요한지를 묻는 문항 II-1에 대한 교사들의 응답 평균은 4.18로 본 연구에 참여한 교사들은 학생들의 흥미 유발을 위해서 교구나 공학도구의 사용을 매우 긍정적으로 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이 문항에 대해서 전체 응답자의 86.7%인 288명이 긍정적인 의견을 준 반면, 전체 응답자의 0.9%인 단지 3명만이 부정적인 의견을 주었다.

학생들의 수학적 개념·원리·법칙에 대한 이해를 돕기 위해서 교구나 공학도구를 사용하는 것이 도움이 되는지를 묻는 문항 II-2에 대한 교사들의 응답 평균은 4.12로 본 연구에 참여한 교사들은 학생들의 수학적 개념, 원리, 법칙의 이해를 돕기 위해서 교구나 공학도구의 사용이 도움이 된다고 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이 문항에 대해서 전체 응답자의 86.4%인 287명이 긍정적인 의견을 준 반면, 전체 응답자의 1.8%인 6명만이 부정적인 의견을 주었다.

문제해결 과정에서 공학도구의 사용이 허용될 때 학생들이 지나치게 공학도구에 의존하려는 성향을 보이는데 대해 묻는 문항 II-3에 대한 교사들의 응답 평균은 2.94로 이 문항에 대한 교사들의 의견은 중립적인 입장에 가까웠다. 전체 응답자의 25.6%인 85명이 학생들이 공학도구를 사용하여 문제를 풀 때 공학도구에 의존한다고 응답하였고, 29.8%인 99명은 그렇지 않다는 의견을 주어 의존하지 않는다고 생각한 교사의 비율이 약간 높게 나타났으나 긍정적인 의견과 부정적인 의견 사이에는 큰 차이는 없었다.

수학 학습에서 교구 또는 공학도구를 활용한 평가가 필요한지를 묻는 문항 II-4에 대한 교사들의 응답 평균은 3.40으로 본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 필요성에 대해서 중립적인 입장을 보여주었다. 그러나 전체 응답자의 47.8%인 159명은 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 필요성에 대해서 긍정적인 응답을 준 반면, 전체 응답자의 15.7%인 52명은 부정적인 응답을 주어 긍정적인 응답의 비율이 부정적인 응답보다 현저히 높게 나타났다.

교구 또는 공학도구의 사용을 허용하는 평가를 수행하는 것이 교사 자신에게 어려운 일인지 묻는 문항 II-5에 대한 교사들의 응답 평균은 3.21로 본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 어려움에 대해서 중립적인 입장을 보여주었다. 그러나 전체 응답자의 44.3%인 147명이 교구 또는 공학도구를 사용하여 평가를 하는 것이 어렵다고 응답한 반면, 25%인 83명은 어렵지 않다고 응답하여 교구 또는 공학도구를 사용한 평가를 어렵게 느끼는 교사의 비율은 높게 나타났다.

교구 또는 공학도구를 활용한 평가가 연필과 종이를 이용해서 풀기 어려운 문제를 평가하는데 적합한지를 묻는 문항 II-6에 대한 교사들의 응답 평균은 3.61⁶⁾로 본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구를 활용한 평가가 연필과 종이를 이용해서 풀기 어려운 문제를 평가하는데 적합하고 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이 문항에 대해서 전체 응답자의 60.5%인 201명이 교구 또는 공학도구를 활용한 평가가 연필과 종이를 이용해서 풀기 어려운 문제를 평가하는데 적합하다고 응답한 반면, 11.5%인 37명만이 적합하지 않다고 응답하여 이 문항에 대해서 긍정적인 의견의 비율이 부정적인 의견보다 현저히 높게 나타났다.

본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구의 사용이 학생들의 수학 학습에 대한 흥미 유발 및 수학적 개념·원리·법칙의 이해를 돕기 위해서 긍정적인 역할을 한다고 생각하고 있었으나 교구나 공학도구를 활용한 평가와 관련해서 묻는 문항에서는 다소 소극적인 의견을 주었다. 이는 학교 현장에서의 제한된 평가 체제나 평가 분위기에서 비롯된 결과로 추측되지만 교구나 공학도구를 활용한 평가가 현장에서 좀 더 적극적으로 시행되기 위해서는 무엇보다 교구나 공학도구를 활용한 평가의 필요성에 대한 교사들의 인식의 전환이 필요함을 시사한다.

2. 교구 또는 공학도구를 활용한 수학과 평가의 실시 현황⁷⁾

1) 교구 또는 공학도구를 활용한 지필평가 및 수행평가 평가요소

교구 또는 공학도구를 활용하여 지필평가와 수행평가를 실시할 때 고려될 수 있는 평가요소를 묻는 문항 III-1에 대한 응답 결과는 <표 4>와 같다.

<표 4> 교구 또는 공학도구를 활용한 지필평가 및 수행평가에서 고려한 1순위 평가 요소

평가요소	지필평가	수행평가
수학적 개념, 원리, 법칙과 기억	131(39.5)	52(15.7)
표준 알고리즘의 활용 기능	21(6.3)	30(9.0)
수학적 창의성	18(5.4)	107(32.2)
수학적 문제해결	136(41)	64(19.3)
수학적 추론	17(5.1)	26(7.8)

6) 본 연구에서는 평균 점수가 3.5점 이상의 경우 그렇다(4)에 가까운 의견으로 보았다.

7) 교구 또는 공학도구를 활용한 지필평가 및 수행평가 평가요소와 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 어려움에 해당하는 문항의 경우는 3개까지 복수응답을 허용하였고, 선택한 각 평가요소에 1순위부터 3순위까지 순위를 매기도록 하였으나 본 논문에서는 1순위 결과만을 제시하였다.

교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가에 관한 교사들의 인식

수학적 의사소통	9(2.7)	53(16)
기타	0(0)	0(0)

교구 또는 공학도구를 활용한 지필평가에서는 ‘수학적 문제해결’을 1순위로 선택한 교사의 비율(41%)이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 ‘수학적 개념, 원리, 법칙의 기억’(39.5%)을 1순위로 선택한 교사의 비율이 높게 나타났다. 수행평가에서는 ‘수학적 창의성’을 1순위로 선택한 교사의 비율(32.2%)이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 ‘수학적 문제해결’(19.3%), ‘수학적 의사소통’(16%), ‘수학적 개념, 원리, 법칙과 기억’(15.7%) 순으로 나타났다. 지필평가에서는 수학적 과정의 요소인 수학적 추론과 수학적 의사소통을 1순위 평가 요소로 선택한 교사의 비율과, 수행평가에서는 수학적 추론 요소를 1순위 평가 요소로 선택한 교사의 비율이 모두 10%미만으로 매우 낮게 나타났다.

이 외의 가능한 평가 요소를 작성하도록 요청한 문항 III-1번에 대한 의견으로는 정의적 영역 또한 평가요소로 고려되었으면 좋겠다는 의견이 주를 이루었다.

2) 교구 또는 공학도구를 활용한 지필평가 및 수행평가 결과 활용 방안

교구 또는 공학도구를 활용하여 지필평가나 수행평가를 실시한 후 평가결과를 어떻게 활용할 수 있는지 묻는 문항 III-2에 대한 응답 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5> 교구 또는 공학도구를 활용한 지필평가 및 수행평가 결과 활용 방안

평가결과 활용	지필평가	수행평가
학생의 학습동기 강화	148(44.6)	246(74.1)
학생의 학업성취도 확인	289(87)	132(39.8)
교사의 교수방법 개선	180(54.2)	190(57.2)
학생의 학습방법 개선	149(44.9)	206(62)
성적산출을 통해 상급학교·학년 진급을 위한 자료로 활용	99(29.8)	35(10.5)
학생의 특기신장 및 진로지도를 위한 기초자료로 활용	79(23.8)	131(39.5)
기타	1(0.3)	2(0.6)

지필평가의 경우에는 ‘학생의 학업성취도 확인’(87%)에 평가 결과를 가장 많이 활용한 것으로 나타났고, ‘교사의 교수법 개선’(54.2%), ‘학생의 학습방법 개선’(44.9%), ‘학생의 학습동기 강화’(44.6%)에도 많이 활용하는 것으로 나타났다. 수행평가의 경우에는 ‘학생의 학습동기 강화’(74.1%)에 평가 결과를 가장 많이 활용하고 있는 것으로 나타났고, ‘학생의 학습방법 개선’(62%), ‘교사의 교수방법 개선’(57.2%)을 위해서도 평가 결과를 많이 활용하는 것으로 나타났다. 수행평가의 경우 지필평가에 비해 평가 결과를 ‘학생의 학업성취도 확인’에 활용한다고 응답한 교사의 비율(39.8%)은 상대적으로 적게 나타나 본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구를 활용한 수행평가 결과는 학생들의 학업 성취도를 확인을 위한 자료로 활용하기 보다는 학생들의 학습 동기 강화 및 교수-학습 방법의 개선을 위한 자료로 활용하는 것을 선호하는 것으로 볼 수 있다.

3) 교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 어려움

교구 또는 공학도구를 활용한 평가를 실시해오면서 겪은 어려움이나 예상되는 어려움을 묻는 문항 III-3에 대한 응답 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 교구 또는 공학도구를 활용한 평가 실시의 어려움 1순위

교구 또는 공학도구를 활용한 평가 관련자료(평가문항, 평가기준 등)의 부족	133(40.1)
교구 또는 공학도구를 활용한 평가문항 및 평가기준의 타당성 확보의 어려움	105(31.6)
교수학습 과정 중 평가시간 확보의 어려움	48(14.5)
채점, 평가결과 분석, 사후지도 등의 시간적 부담	30(9.0)
평가결과에 대한 학생 및 학부모의 신뢰 부족	12(3.6)
기타	4(1.2)

‘교구 또는 공학도구를 활용한 평가 관련자료(평가문항, 평가기준 등)의 부족’을 1순위로 선택한 교사의 비율(40.1%)이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 ‘교구 또는 공학도구를 활용한 평가문항 및 평가기준의 타당성 확보의 어려움’(31.6%), ‘교수학습 과정 중 평가시간 확보의 어려움’(14.5%) 등의 순으로 나타났다.

이 문항에 대한 기타 의견은 ‘가정과 학교에 교구 및 공학도구의 부족’, ‘학교에서 컴퓨터 실 사용의 어려움’, ‘학생들의 능력에 대한 불신’, ‘교구 또는 공학도구를 활용한 평가의 필요성에 대한 교사의 인식 부족’ 등이 있었다.

3. 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가⁸⁾

1) 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 문제해결 능력의 평가요소

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 문제해결 능력의 평가요소를 묻는 문항 IV-1에 대한 교사들의 응답 결과는 <표 7>과 같이 ‘실세계 상황에서 수학적 문제를 구성하는 능력’을 1순위로 선택한 교사의 비율(22%)이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 ‘문제해결에서 적절한 전략을 활용하여 문제를 해결하는 능력’(16.9%), ‘문제해결에서 사용되는 개념들 간의 연결성을 인식하고 활용하는 능력’(12.3%), ‘실세계 상황에서 주어진 문제를 해결하는 능력’(10.8%) 등의 순으로 나타났다.

설문지에서 제시된 문항 IV-1의 평가요소에 추가되기를 희망하는 사항을 묻는 문항 IV-2에 대한 응답으로는 ‘다양한 교구 및 공학도구를 활용하여 문제를 적절히 표상하는 능력’, ‘문제를 해결하는데 도구를 잘 활용하는 능력’, ‘교구 또는 공학 도구를 활용하여 수학적 문제를 창의적으로 만들어 낼 수 있는 능력’ 등이 있었다. 또 의사소통 및 추론 능력과 연결된

8) 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정의 구성요소별 평가요소 및 평가방법을 묻는 문항에서는 3개까지 복수응답을 허용하였고, 선택한 각 평가요소에 1순위부터 3순위까지 순위를 매기도록 하였으나 본 논문에서는 1순위 결과만을 제시하였다.

수학적 문제해결 능력의 평가 요소를 추가하자는 의견도 있었다.

<표 7> 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 문제해결 능력에 관한 1순위 평가요소

수학적 문제해결 능력의 평가 요소	1순위
실세계 상황에서 수학적 문제를 구성하는 능력	73(22)
다른 교과 관련 상황에서 수학적 문제를 구성하는 능력	11(3.3)
문제를 수학적 기호, 그림을 사용하여 다시 표현하는 능력	32(9.6)
문제해결에 필요한 조건을 확인 또는 보완하는 능력	18(5.4)
문제해결에 적절한 형태로 표현을 변환하는 능력	17(5.1)
문제해결에서 사용되는 개념들 간의 연결성을 인식하고 활용하는 능력	41(12.3)
문제해결에서 적절한 전략을 활용하여 문제를 해결하는 능력	56(16.9)
문제해결 과정과 결과의 타당성을 수학적인 방법으로 점검하는 능력	7(2.1)
문제해결을 위한 다양한 전략 또는 방법을 찾는 능력	33(9.9)
관련된 유사 문제를 만드는 능력	0(0)
문제해결 전략 또는 결과를 새로운 문제에 적용하는 능력	7(2.1)
실세계 상황에서 주어진 문제를 해결하는 능력	36(10.8)
다른 교과 상황에서 주어진 문제를 해결하는 능력	1(0.3)

2) 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 추론 능력의 평가요소

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 추론 능력의 평가요소를 묻는 문항 IV-3에 대한 교사들의 응답 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 추론 능력에 관한 1순위 평가요소

수학적 추론 평가 요소	1순위
수학적 관계를 파악하는 능력	108(32.5)
수학적 관계를 찾아 표현하는 능력	46(13.9)
귀납 또는 유추 등을 통해 수학적으로 추측하는 능력	105(31.6)
수학적 추론에 근거하여 정당화하는 능력	23(6.9)
수학적 추론 과정을 점검하는 능력	14(4.2)
추론 과정과 결과를 해석하거나 평가하는 능력	26(7.8)
추론 과정과 결과를 변환하거나 확장하는 능력	10(3)

‘수학적 관계를 파악하는 능력’을 1순위로 선택한 교사의 비율(32.5%)이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로는 ‘귀납 또는 유추 등을 통해 수학적으로 추측하는 능력’(31.6%), ‘수학적 관계를 찾아 표현하는 능력’(13.9%) 등의 순으로 나타났다.

설문지에서 제시된 문항 IV-3의 평가요소에 추가되기를 희망하는 사항을 묻는 문항 IV-4에 대한 의견으로는 ‘추론을 단계적으로 적용하는 능력’을 추가하자는 의견이 있었다.

3) 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 의사소통 능력의 평가요소

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 의사소통 능력의 평가요소를 묻는 문항 IV-5에 대한 교사들의 응답 결과는 <표 9>와 같다.

<표 9> 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 의사소통 능력에 관한 1순위 평가요소

수학적 의사소통 평가 요소	1순위
수학적 표현을 이해하고 사용하는 능력	112(33.7)
수학적 사고 과정을 논리적으로 설명하는 능력	74(22.3)
자신의 수학적 사고 과정을 반성적으로 점검하여 표현하는 능력	46(13.9)
다른 사람의 수학적 사고 과정에 대한 설명을 해석하거나 평가하여 표현하는 능력	26(7.8)
수학적 사고 과정을 수학적 언어로 표현하는 능력	42(12.7)
수학적 사고 과정의 표현을 다른 방식으로 변환하는 능력	18(5.4)
수학적 사고 과정의 표현을 확장 또는 일반화하는 능력	14(4.2)

‘수학적 표현을 이해하고 사용하는 능력’을 1순위로 선택한 교사의 비율(33.7%)이 가장 높게 나타났고, 그 다음으로 ‘수학적 사고 과정을 논리적으로 설명하는 능력’(22.3%), ‘자신의 수학적 사고 과정을 반성적으로 점검하여 표현하는 능력’(13.9%), ‘수학적 사고 과정을 수학적 언어로 표현하는 능력’(12.7%) 등의 순으로 나타났다.

설문지에서 제시된 문항 IV-5의 평가요소에 추가되기를 희망하는 사항을 묻는 문항 IV-6에 대한 의견으로는 ‘자신의 수학적 사고과정을 다른 사람이 이해할 수 있도록 정당화시키는 능력’이 있었다.

4) 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정의 구성요소별 평가방법

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정의 구성요소(수학적 문제해결, 추론, 의사소통)별 평가방법을 묻는 문항 IV-7에 대한 교사들의 응답 결과는 <표 10>과 같다.

<표 10> 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정 구성요소별 1순위 평가방법

평가방법	수학적 문제해결	수학적 추론	수학적 의사소통
서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가	184(55.4)	90(27.1)	17(5.1)
토론법	16(4.8)	56(16.9)	191(57.5)
면담법	11(3.3)	33(9.9)	36(10.8)
관찰법	23(6.9)	45(13.6)	36(10.8)
연구보고서 / 프로젝트법	96(28.9)	101(30.4)	32(9.6)
자기평가	1(0.3)	6(18.0)	4(1.2)
동료평가	1(0.3)	1(0.3)	16(4.8)

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 문제해결 능력의 평가방법으로 ‘서술형·논술형 문항

교구 및 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가에 관한 교사들의 인식

을 사용한 지필평가'를 1순위로 선택한 비율(55.4%)이 가장 높게 나타났고, '연구보고서/프로젝트법'(28.9) 이 그 뒤를 따랐다. 수학적 추론 능력의 평가방법으로는 '연구보고서/프로젝트법'을 1순위로 선택한 교사의 비율(30.4%)이 가장 높게 나타났고, '서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가'(27.1%)가 그 뒤를 따랐다. 수학적 의사소통 능력의 평가방법으로는 '토론법'을 1순위로 선택한 교사의 비율(57.5%)이 가장 높게 나타났고, '면담법'(10.8%)과 '관찰법'(10.8%)이 그 뒤를 이었다.

5) 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심의 평가방안 개발 및 적용에 대한 의견

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심의 평가방안을 개발하고 현장에서 적용할 때 반영되기를 희망하는 사항에 대해서 묻는 문항 IV-8의 경우 본 연구에 참여한 332명의 교사 중에서 단지 39명만이 의견을 주었고, 교사들의 의견을 범주화 한 결과는 <표 11>과 같다.

<표 11> 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가방안 개발 및 적용에 대한 의견

의견		교사	
평가를 위한 개선점	교구 또는 공학도구의 활용에 대한 인식변화 및 평가에 대한 인식변화	6	17
	교구 또는 공학도구를 사용할 수 있는 환경과 여건 조성	7	
	교육과정의 변화 및 사용시수 확보	4	
평가의 지향점	객관적인 평가기준 및 세부적인 채점기준표 마련	4	17
	평가예시를 풍부하게 개발	9	
	교구 또는 공학도구의 활용에 관련된 연수	4	
기타 의견		11	

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심의 평가가 현장에 적용되기 위해서는 평가예시가 풍부하게 개발되어 현장에 보급되어야 한다는 의견이 가장 많이 나타났고, 교구 또는 공학도구를 사용할 수 있는 환경과 여건의 조성도 필요하다는 의견, 교구 또는 공학도구의 활용에 대한 인식 및 평가에 대한 교사들의 인식의 변화가 필요하다는 의견 등이 있었다. 즉 본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심의 평가가 현장에서 적극적으로 이루어지기 위해서는 평가 도구의 개발 및 보급과 더불어 평가 환경의 조성 및 교사들의 인식의 변화를 중요한 요소로 고려하고 있었다.

V. 결론

1. 수학교육에서의 교구 또는 공학도구의 활용에 관한 교사들의 인식

본 연구에 참여한 교사들은 교구 또는 공학도구의 사용이 학생들의 수학 학습에 대한 흥미 유발 및 수학적 개념·원리·법칙의 이해를 돕기 위해서 긍정적인 역할을 한다고 생각하고 있었으나, 교구나 공학도구를 활용한 평가와 관련된 문항에서는 중립적인 입장을 보여주었다. 비록 2007년 개정 수학과 교육과정뿐 아니라 2009년 개정 수학과 교육과정에서도 평가 시에도 다양한 공학도구와 교구를 이용할 수 있는 기회를 제공할 것을 제안하고 있지만 학교 현장에서의 제한된 평가 체제나 평가 분위기로 인해 교사들은 교구나 공학도구를 활용한 평가의 필요성에 대해서 다소 소극적인 입장을 보여 주었다. 교구나 공학도구를 활용한 평가가 현장에서 좀 더 활발하게 이루어지기 위해서는 무엇보다 그러한 평가의 필요성에 대한 교사들의 인식의 전환이 필요하며 이를 위해서 교사들이 교구나 공학도구를 활용한 평가의 장점이나 유용성, 방법, 절차 등을 이해할 수 있도록 다양한 연수 프로그램이나 관련 자료들을 제공할 필요가 있다.

2. 교구 또는 공학도구를 활용한 수학과 평가 실시 현황

교구 또는 공학도구를 활용하여 지필평가와 수행평가를 실시할 때 평가 요소로는 지필평가에서는 1순위로 ‘수학적 문제해결’ 요소가 가장 높은 비율을 차지하였고, 수행평가에서는 ‘수학적 창의성’ 요소가 가장 높은 비율을 차지하였다. 비록 선행연구의 결과와 본 연구의 결과를 직접적으로 비교하는 것은 다소 무리가 있겠지만, 정상권 외(2012)의 연구에서는 정기고사(지필고사)와 수행평가 모두에서 ‘수학적 개념, 원리, 법칙의 기억’을 1순위 평가 요소로 선택한 교사의 비율이 가장 높았고, ‘수학적 창의성’ 요소의 경우는 수행평가 요소로 1순위로 선택한 교사의 비율은 단지 10%로 나타나 교구나 공학도구를 활용한 평가와 그렇지 않은 평가에서 교사들이 생각하는 평가요소에 차이가 있음을 알 수 있었다. 이로부터 교구나 공학도구를 활용한 평가가 전통적인 평가 환경에서 강조되었던 수학적 개념, 원리, 법칙에 대한 평가보다는 수학적 문제해결력이나 수학적 창의성과 같은 수학적 능력에 대한 평가에 더 적합함을 알 수 있다. 평가는 단지 학생들의 수학적 개념, 원리, 법칙에 대한 이해 수준에서만 이루어지는 것이 아니라 학생들의 수학적 사고나 능력 또한 측정할 수 있도록 다방면에서 이루어져야 한다. 이러한 측면에서 평가 시에 교구나 공학도구의 활용은 전통적인 지필 평가 환경에서 평가하기 어려웠던 수학적 창의성과 같은 수학적 능력에 대한 평가를 용이하게 해주어 다각도에서 학생 평가를 가능하게 해주며 나아가 학생들의 전인적인 성장의 발달에도 기여할 수 있다.

교구 또는 공학도구를 활용하여 지필평가나 수행평가를 실시할 경우 평가결과 활용 방안에 대해서 지필평가의 경우 결과를 ‘학생의 학업성취도 확인’에 활용하겠다는 의견이 가장 많았고, 수행평가의 경우는 ‘학생의 학습동기 강화’에 활용하겠다는 의견이 가장 많은 것으로 나타났다. 그러나 정상권 외(2012)의 연구에서는 정기고사와 수행평가 결과 모두를 ‘학생들의 학업 성취도 확인’에 활용한다는 교사의 비율이 가장 높은 것으로 나타나 이는 교구나 공학도구를 활용한 수행평가가 전통적인 수행평가 보다 학생들의 학습동기를 강화하기 위한

평가 방법으로 더 적합한 것으로 볼 수 있다.

교구 또는 공학도구를 활용한 평가를 실시해오면서 겪은 어려움이나 예상되는 어려움으로 ‘교구 또는 공학도구를 활용한 평가 관련자료(평가문항, 평가기준 등)의 부족’을 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높았고, 그 다음으로는 ‘교구 또는 공학도구를 활용한 평가문항 및 평가기준의 타당성 확보의 어려움’을 선택한 교사의 비율이 높게 나타났다. 정상권 외(2012)의 선행연구에서는 평가에서 어려움으로 ‘채집, 평가결과 분석, 사후지도 등의 시간적 부담’ 및 ‘교수학습 과정 중 평가시간 확보의 어려움’을 선택한 교사의 비율이 높게 나타나 시간 확보라는 물리적인 요인이 평가에서의 가장 큰 어려움으로 나타났다. 그러나 본 연구에서는 시간 확보와 같은 물리적인 어려움 보다는 평가 도구나 평가 기준 및 타당성 확보의 어려움을 선택한 교사의 비율이 매우 높게 나타나 이러한 결과는 학교 현장에서 교구나 공학도구를 활용한 평가가 원활하게 이루어지기 위해서는 교구나 공학도구를 활용한 평가 도구나 평가 기준에 대한 교사들의 이해가 선행되어야 하고, 이를 위해서 지역 교육청이나 국가적인 차원에서 교구나 공학도구를 활용한 평가 도구 및 평가 관련 자료를 개발하여 현장에 보급해줄 필요가 있고, 평가 도구 개발에 대한 교사 연수 기회의 확대 또한 필요함을 시사한다.

3. 교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정중심 평가

교구 또는 공학도구를 활용하여 수학적 과정에 대한 평가를 수행할 때 수학적 문제해결에 대한 평가 요소로는 ‘실세계 상황에서 수학적 문제를 구성하는 능력’을 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높게 나타났다. 그러나 정상권 외(2012)의 연구에서는 수학적 문제해결의 평가 요소로 ‘이미 배운 수학적 지식과 사고방법을 활용하여 문제해결 전략을 찾는 능력’을 선택한 교사의 비율이 가장 높게 나타나 평가 도구에 따라서 평가 요소 또한 달라지는 것을 볼 수 있다. 게다가 이러한 결과는 교구 또는 공학도구의 활용이 학생들의 실세계 상황에서의 문제해결 능력을 평가하는데 유용한 도구가 될 수 있음을 시사한다. 수학적 추론의 경우는 ‘수학적 관계를 파악하는 능력’을 수학적 의사소통의 경우는 ‘수학적 표현을 이해하고 사용하는 능력’을 1순위로 선택한 비율이 가장 높게 나타났는데 이는 정상권 외(2012)의 연구와 동일한 결과임을 알 수 있다.

교구 또는 공학도구를 활용한 수학적 과정의 세 가지 요소에 대한 평가 방법으로 수학적 문제해결의 경우 ‘서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가’를 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높았고, ‘연구보고서/프로젝트법’이 그 뒤를 따랐는데 이러한 결과는 정상권 외(2012)의 연구에서도 유사하게 나타났다. 그러나 두 연구 결과를 비교했을 때 ‘서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가’의 경우 선행연구에서 수학적 문제해결을 평가하기 위한 방법으로 적절하다고 선택한 교사의 비율이 본 연구보다 더 높은 반면, ‘연구보고서/프로젝트법’을 선택한 교사의 비율은 본 연구에서 더 높게 나타났다. 이는 수학적 문제해결 평가 과정에 교구나 공학도구의 사용을 허용할 경우 연구보고서나 프로젝트와 같은 다양한 대안 평가 방법을 적용하는 것이 더 용이함을 의미한다고 볼 수 있다. 수학적 추론의 경우는 ‘연구보고서/프로젝트법’을 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높게 나타났고, ‘서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가’가 그 뒤를 따랐다. 그러나 정상권 외(2012)의 연구에서는 수학적 추론의 경우 ‘서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가’를 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높았고, ‘연구보고서/프로젝트법’이 그 뒤를 따랐다. 이는 수학적 추론의 평가 과정에 교구나 공학도구의

사용을 허용할 경우 연구보고서나 프로젝트와 같은 대안 평가 방법이 서술형, 논술형 지필 평가 보다 더 적절함을 의미한다. 수학적 의사소통의 경우는 ‘토론법’을 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높았고, ‘면담법’ 및 ‘관찰법’이 그 뒤를 이었고, ‘서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가’를 선택한 교사의 비율은 매우 낮게 나타났다. 그러나 정상권 외(2012)의 연구에서는 ‘토론법’을 1순위로 선택한 교사의 비율이 가장 높았으나 그 다음으로는 ‘개별 면담법’ 및 ‘서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가’로 나타났다. 이는 앞서 살펴본 수학적 추론의 경우와 마찬가지로 수학적 의사소통의 평가 과정에 교구나 공학도구의 사용을 허용할 경우 서술형·논술형 문항을 사용한 지필평가 보다는 관찰과 같은 대안 평가 방법이 더 용이해짐을 의미한다. 정상권 외(2012)의 선행연구 결과와 마찬가지로 본 연구에서도 교사들은 수학적 과정의 세 가지 하위 요소의 특성에 맞게 평가 요소와 평가 방법을 다양하게 고려하고 있는 것으로 나타났다.

본 연구 결과로부터 수학적 과정중심 평가에 교구나 공학도구의 활용을 허용하고 현장에서 적용할 수 있는 적절한 예시 자료를 제공할 경우 교사들은 이런 평가 방법을 기반으로 하는 연구보고서, 프로젝트, 토론법 등의 다양한 대안 평가 방법을 좀 더 적극적으로 활용할 것으로 기대된다. 이 평가 방법은 학생들의 학습 상태를 보다 정확하고 종합적으로 파악하는데 기여할 수 있고, 동시에 학생들의 수학적 과정을 파악하게 함으로써 교사의 수업 방법과 교수 활동의 개선을 위한 다양한 자료를 수집할 수 있다는 측면에서도 매우 의미가 있다.

참고 문헌

- 강명원, 김성호, 박지훈, 이선준, 차용우, 고상숙(2010). 2011 개정 수학과 교육과정에 따른 수학과 평가가 나아가야 할 방향. *수학교육논문집*, 24(2), 301-323.
- 고상숙, 고호경, 박만구, 홍예윤, 한혜숙(2012). *수학교육평가론*. 서울: 경문사.
- 교육과학기술부 (2011). *수학과 교육과정*. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호. 서울: 교육과학기술부.
- 교육인적자원부(2000). *2007 개정 교육과정*. 서울: 교육인적자원부.
- 김도한 외 18인(2009). *2009년 창의중심의 미래형 수학과 교육과정 모형 연구*. 서울: 한국과학창의재단.
- 신준식, 고정화, 박문환, 박성선, 서동엽(2011). 수학적 사고력 측정을 위한 수학 평가 도구의 개발. *한국초등수학교육학회지*, 15(3), 619-640.
- 장훈(2008). 체험수학-교구를 이용한 삼각형의 내심과 외심 지도. 제 40회 한국수학교육학회 세미나 프로시딩. 37-45.
- 정상권, 이경화, 유연주, 신보미, 김구연(2012). *2011년 과정중심의 수학교과 평가방안 연구*. 서울: 한국과학창의재단.
- 조은애(2008). *학교 수학 교육에서 공학적 도구의 활용 실태와 활성화 방안*. 고려대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 조지민, 김수진, 이상하, 김미영, 옥현진, 임해미, 박연복, 이민희, 한희진, 손수경 (2011).

- 2011년 국제 학업성취도 평가 연구(PISA/TIMSS): PISA 2012 예비검사 시행 보고서. 한국교육과정평가원. RRE 2011-4-2.
- 조지민, 동효관, 옥현진, 임해미, 정혜경, 손수경, 배제성(2012). OECD 국제 학업성취도 평가 연구: PISA 2012 본검사 시행 보고서. 한국교육과정평가원. RRE 2012-3-1.
- 최정선, 박혜숙(2009). 교구를 활용한 수업에서의 수학적 표현과 행동 특성의 변화. *수학교육*, 48(3), 303-328.
- Bialas, P.(2001). *Spreadsheet use in an elementary statistics course*. Unpublished Doctoral Dissertation, Teachers College, Columbia University, New York.
- Hong, Y. Y. & Thomas, M. O. J.(2006). Factors influencing teacher integration of graphic calculators in teaching mathematics. *The 11th Asian Technology Conference in Mathematics*, Hong Kong, 234-243.
- Kemp, M., Kissane, B. & Bradley, J.(1996). Graphics calculator use in examinations: accident or design? *Australian Senior Mathematics Journal*, 10(1), 36-50.
- Kissane, B., Bradley, J., & Kemp, M.(1994). Graphic calculators, equity and assessment. *Australian Senior Mathematics Journal*, 8(2), 31-44.
- Masalski, W. J.(1990). *How to use the spreadsheet as a tool in the secondary school mathematics classroom*, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Ministry of Education.(1992). *Mathematics in New Zealand curriculum*. Wellington: Learning Media.
- National Council of Teachers of Mathematics.(1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. 구광조·오병승·류희찬(역) (1992). 수학교육과정과 평가의 새로운 방향. 서울: 경문사.
- _____. (1991). *National Council of Teachers of Mathematics Position Statement: Calculators and the education of youth*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- _____. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics. 류희찬·조완영·이경화·나귀수·김남균·방정숙(역) (2007). 학교수학을 위한 원리와 기준. 서울: 경문사.
- Oldknow, A., & Flower, J.(Eds.) (1996). *Symbolic manipulation by computers and calculators*. London: The Mathematical Association.

Teachers' Perceptions on Process-Focused Mathematics Assessment Using Manipulatives and Technological Devices

Choi-Koh, Sang Sook⁹⁾ · Park, Mangoo¹⁰⁾ · Han, Hyesook¹¹⁾

Abstract

The purposes of this study were to investigate teachers' perceptions on process-focused mathematics assessment using manipulatives and technological devices and to propose the direction of the process-focused mathematics assessment. This study was conducted by the survey method with a total of 332 elementary and secondary school mathematics teachers working in Seoul or Gyeonggi areas who had experienced in using manipulatives and technological devices. According to the results, the use of manipulatives and technological devices in the process-focused mathematics assessment will facilitate the use of various alternative assessment methods such as research-report, project, and discussion for the process-focused mathematics assessment. Those alternative assessment methods enable teachers to diagnose students' learning in more accurate and holistic views and contribute to improving teachers' teaching practices focused on the mathematical process.

Key Words : Manipulatives, Technological Devices, Mathematical Process, Process-Focused Mathematics Assessment, Teachers' Perceptions

Received November 13, 2013

Revised December 17, 2013

Accepted December 26, 2013

9) Dankook University (sangch@dankook.ac.kr)

10) Seoul National University of Education (mpark29@snue.ac.kr)

11) Dankook University (hanhs@dankook.ac.kr), The corresponding author