

수학 수업 중 계산기 사용에 대한 한국과 싱가포르의 교육 비교

최지선¹⁾

우리나라는 수학 수업에서 계산기를 사용하도록 하기 위하여 수학과 교육과정을 개정하고, '수학교육 선진화 방안(2012)'과 '제2차 수학교육 종합계획(2015)'을 시행하는 등의 수학 수업에서 계산기 사용을 활성화하기 위한 노력을 기울이고 있다. 하지만 수학 수업에서 계산기를 잘 사용하지 않는 우리나라뿐만 아니라 수학 수업에서 계산기를 많이 활용하는 나라에서도 수학 수업 중 계산기 사용에 대한 논쟁이 제기된다는 점에서, 수학 수업에서 계산기 사용 실태를 정확하게 분석할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 우리나라의 수학 수업에서의 계산기 사용에 대한 실태를 확인하고 교수학습에 대한 시사점을 얻기 위하여, 수학 수업에서의 계산기 사용에 대한 우리나라와 싱가포르의 교육을 비교하고자 하였다. 싱가포르는 수학 수업에서 계산기를 우리나라와 다른 양상으로 사용하고 있으면서도 수학 성취도와 수학 흥미가 높은 나라로, 우리나라 수학 교육에 시사점을 얻기 위하여 비교할만한 가치가 있기 때문이다. 이를 위하여 두 국가의 수학과 교육과정 문서를 계산기 사용에 대한 문구를 중심으로 비교하고, 두 국가의 수학 수업에서의 계산기 사용 실태를 TIMSS 2015 결과를 중심으로 분석하여, 수학 수업 중의 계산기 사용에 대한 시사점을 도출하였다.

주요용어 : 수학 교육, 교육에서의 계산기, TIMSS 2015, 한국, 싱가포르

I. 서론

수학 수업에서 계산기 사용을 허용할 것인가에 대한 논의가 2000년대 이후에 주기적으로 반복되고 있다. 그 예로 2012년에 발표된 두 개의 신문 기사를 살펴볼 수 있다. 하나는 2012년 1월 10일에 오늘날의 교육부(당시 교육과학기술부)가 발표한 '수학교육 선진화 방안'에 따라서 2014년부터 본격적으로 수학 수업에서 계산기를 사용할 수 있다는 신문기사이다.²⁾ 수학 수업에서 체험과 탐구가 활성화도록 계산기를 사용을 지원하겠다는 발표로, 수학 수업에서의 계산기 사용에 대한 논쟁이 다시 점화되었다. 계산기 사용을 찬성하는 사람들은 실생활의 수치를 그대로 활용하여 수학에 대한 흥미를 높일 수 있고, 고차원적인 문제해결에 도움이 되고, 선진국들에게 이미 활용하고 있다는 등의 근거를 제시하여 계산기 사용을 적극적으로 찬성하였다. 반면, 계산기 사용을 반대하는 사람들은 계산 능력이 저하될 우려가 있고, 계산 과정 생략에 따라서 문제해결력이 저하될 우려가 있다 등을 근거로 제시하며 계산기를 수학 수업에서 사용하는 것을 반대하였다.

* MSC2010분류 : 97C70, 97D60

1) 한국교육과정평가원 (jschoi@kice.re.kr, jschoitou@gmail.com)

2) <http://news.donga.com/3/all/20120119/43419783/1>

또 다른 기사는 2012년 11월 9일에 발표된 기사로, 영국 정부는 2014년부터 초등학교 수학 시험에서 계산기 사용을 금지한다는 내용이다³⁾. 정부 발표에 따르면, 영국은 초등학교에서 계산기 사용을 허용하도록 하는 비율이 매우 높았고, 영국 학생들의 수학 성취도는 국제평가에서 하락하였다고 한다. 이와 같은 사실에 근거하여 초등학교 수학 시험에서 계산기 사용을 금지하는 결정을 내렸다.⁴⁾ 이런 영국 정부의 방침에 대하여 계산기 사용을 찬성하는 사람들과 반대하는 사람들 사이의 논쟁이 영국 사회에서도 불거졌다. 초등학교에서 계산기 사용을 찬성하는 사람들은 이와 같은 계산기 금지 방침이 복잡한 문제해결에서 계산기 사용하는 능력을 저하시킬 것이고, 문제해결을 위한 적절한 도구를 활용하는 방법을 초등학교에서 배우지 못하게 될 것이라고 비판하였다. 반대로 초등학교에서 계산기 사용을 반대하는 사람들은 초등학교생들이 계산기에 지나치게 의존하여 계산 능력이 악화되었고 계산기를 쉽게 사용함으로써 수에 대한 감각이 좋아지지 않는다고 주장하면서, 이와 같은 계산기 사용 금지 방침을 환영하였다.

수학 수업에서 계산기가 널리 활용하지 않았던 우리나라와 계산기를 널리 활용하고 있던 영국에서 비슷한 시기에 불거진 이 논쟁은 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하느냐의 논의의 복잡성을 보여준다. 수학 수업에서 계산기 사용에 대한 논의에는 계산기 허용을 언제 할 것인가에 대한 결정, 계산기를 어느 정도로 허용할 것인가에 대한 결정 등이 포함되어 있다. 그간 수학 수업에서의 계산기 사용에 관한 여러 가지 연구들이 이루어졌으나, 계산기 사용이 수학 성취도에 주는 영향에 대한 연구들은 연구 대상과 수업 방식에 따라 다른 결과가 나타나 일반화하기 어렵다(안병곤, 2005; 이유빈, 조정수, 2010; Sheets, 2007; Wolfe, 2010). 다만, 계산기를 평가에서만 사용하는 경우보다는 수업과 평가에서 모두 사용하는 경우에 성취도에 주는 영향이 크고(Scheuneman & Camara, 2002; Heller et al., 2005; Chazan et al., 2007), 수학 수업에서 계산기를 사용한 학생들이 그렇지 않은 학생들보다 수학에 대한 태도가 긍정적이라고 알려졌다(Ellington, 2003; 이유빈, 조정수, 2010).

현재 우리나라 수학 교육과정에서는 계산기 사용을 권장하고 있다. 초중등학교의 수학 수업에서 계산기의 기능과 역할 등에 대한 연구가 지속적으로 이루어졌고(박교식, 1998; 한세호, 장경운, 2009; 이현수, 박종률, 이광호, 2009; 김진환, 조정수, 2010; 류성립, 2010; 조정수, 2011; 이화영, 장경운, 2015), 1995년부터 적용된 6차 교육과정에서 계산기 사용을 교육과정에 명시하였고 이후의 교육과정에서도 지속적으로 강조하고 있다(교육부, 1992, 1997; 교육인적자원부, 2007; 교육과학기술부, 2011; 교육부, 2015a). 새롭게 적용되는 2015 개정 교육과정에서도 계산기를 수학 수업에서만뿐만 아니라 평가에서도 활용하도록 한다. 뿐만 아니라 2012년 ‘수학교육 선진화 방안’ 그리고 2015년 ‘제2차 수학교육 종합계획’ 등을 통해 계산기를 포함한 공학적 도구의 활용을 전면적으로 권장하여, 수학 수업에서 계산기 사용을 확대하고자 한다(교육과학기술부, 2012; 교육부, 2015b).

수학 수업에서 계산기 사용을 활성화하기 위해 교육과정과 교과서가 지속적으로 변화되어 왔기 때문에, 현재 수학 수업에서 계산기를 사용하는 교사와 학생들도 상당 수 있을 것이다. 하지만 얼마나 많은 교사와 학생들이 수학 수업에 계산기를 활용하고 있는지, 수학 수업에서 계산기 사용이 수학 학습에 효과가 있는지, 현재 교육과정에서 제시하고 있는 계산기 사용에 대한 방향은 적절한지 등에 대한 국내 연구는 많지 않은 편이다. 소수의 연구를 통해서 교사들이 수학 수업에서 계산기를 많이 사용하지 않고 부정적인 인식을 가지고 있음을 확인할 수 있으나(강주석, 김구연, 전미현, 2017), 일반화하기에는 한계가 있다. 다시 말해, 수학 수업에서 계산기 사용에 대한 현재의 수학 교육과정의 방향이 옳은지를 판단할 수 있는 자료들이 부족한 상태로, 우리나라의 수학 수업에서 계산기가 어떻게 사용 되는지를 분석할 필요가 있다.

3) <https://www.bbc.com/news/education-20259382>

4) <https://www.gov.uk/government/news/use-of-calculators-in-primary-schools-to-be-reviewed>

본 연구에서는 우리나라 수학 수업에서의 계산기 활용 실태를 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study) 2015를 중심으로 분석하고자 하며, 이를 위해 싱가포르의 수학 교육과 비교하고자 한다. 비교 국가로 싱가포르를 선택한 이유는 첫째, 싱가포르는 TIMSS 2015에서 4학년과 8학년(또는 중학교 2학년) 수학 성취도에서 모두 1위를 한 국가로, 4학년에서 3위, 8학년에서 2위를 한 우리나라와 비교할만하기 때문이다. 둘째, 싱가포르 학생들의 성취도는 지속적으로 상승하고 있는 국가로, 성취도 상승이 멈춘 우리나라의 입장에서 싱가포르의 교육을 살펴볼 필요가 있기 때문이다. TIMSS 2011과 비교하여 초등학교 4학년에서 우리나라는 평균 성취도가 3점 증가하였으나 싱가포르는 12점 증가하였고, 8학년에서 우리나라의 평균 성취도가 7점 하락한 것과 달리 싱가포르는 8점 상승하였다. 셋째, 우리나라 학생들의 수학 학습에 대한 흥미는 세계적으로 가장 낮은 것과 달리, 싱가포르 학생들의 수학 학습에 대한 흥미는 국제수준에서 중간 정도에 해당하기 때문이다. 수학 학습에 대한 흥미가 낮은 우리나라 입장에서는 수학 학습에 대한 흥미가 높은 국가의 수학 수업에 관심을 가질 필요가 있다(Mullis et al., 2016; 상경아 외, 2016).

이에 본 연구는 우리나라의 수학 수업에서 계산기 사용 실태를 싱가포르와 비교하여 살펴보고자 한다. 이를 위하여 우선, 수학과 교육과정 문서를 비교하여 계산기 사용에 대하여 어떻게 제시하고 있는지를 파악하고자 하였다. 우리나라의 경우 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정을 분석하고, 싱가포르의 경우 2007년부터 적용된 교육과정(이하 싱가포르 2007 교육과정) 그리고 2013년부터 적용된 교육과정(이하 싱가포르 2013 교육과정)을 분석하였다. 이는 TIMSS 2015에 참여한 학생들이 우리나라는 2009 개정 교육과정에 따라 일부 학습하였고, 싱가포르는 2007 교육과정에 따라 학습하였기 때문이다. 이와 함께 최근 개정된 교육과정의 방향을 살펴보고자 함이다. 수학 교육과정 분석과 함께, 실제 수학 수업에서 계산기를 사용하고 있는 실태를 살펴보기 위하여 TIMSS 2015의 설문 문항과 성취도 결과를 다각도로 분석하였다. 이와 같은 분석 결과를 바탕으로, 수학 수업에서의 계산기 사용에 대한 교수-학습 시사점을 제시하고자 하였다.

II. 수학과 교육과정 비교

한국과 싱가포르의 수학과 교육과정 문서를 비교하여, 수학 수업 중 계산기 사용에 대한 부분을 분석한다. 분석 대상은 우리나라의 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정 그리고 싱가포르의 2007 교육과정과 2013 교육과정이다. 교육과정 문서에서 ‘계산기’라고 명시된 부분과 관련된 기술을 모두 분류한 후에, 그 내용을 분석하였다. 계산기는 일상생활에서 흔히 사용하는 단순한 사칙연산 정도의 기능을 갖춘 휴대용 계산기, 정수, 소수, 분수까지 다루는 산술용 계산기, 전문 수학이나 공학에 사용되는 과학적 계산기(Scientific calculator), 그래픽 기능을 갖춘 그래픽 계산기(Graphic calculator) 등으로 다양하지만(류성립, 2010), 모두 ‘계산기’로 표현되기 때문에, 문서 중에서 ‘계산기’가 포함된 문장을 기계적으로 분류하였다.

1. 한국

우리나라의 수학과 교육과정에서 ‘계산기’와 관련된 진술은 초등학교급과 중학교급의 진술 방식이 다르다. 초등학교는 내용 영역별로 계산기 사용이 가능한 활동을 제시하고, 2009 개정 교육과정에서는 ‘교수·학습상의 유의점’ 그리고 2015 개정 교육과정에서는 ‘교수·학습 방법 및 유의 사항’ 부분에 계

최지선

산기를 활용한 수업의 유의점을 제시한다. 중학교는 내용 영역과 독립적으로 계산기 사용에 대한 일반적인 지침을 제시한다. 2009 개정 수학과 교육과정과 2015 개정 수학과 교육과정에 제시된 계산기 관련 부분을 정리하면 <표 II-1>과 같다(교육과학기술부, 2011; 교육부, 2015a).

<표 II-1> 계산기 사용에 대한 한국 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정

학년	2009 개정 수학과 교육과정			2015 개정 수학과 교육과정		
	내용 영역	내용요소	교수·학습상의 유의점	내용 영역	내용요소	교수·학습 방법 및 유의 사항
초등 3~4	수와 연산	· 다섯 자리 이상의 수 · 세 자리 수의 덧셈과 뺄셈 · 곱셈, 나눗셈 · 자연수의 혼합 계산 (중략)	덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈을 하기 전에 계산 결과를 어렵해 보고, 어려운 값을 계산기를 사용하여 확인할 수 있게 한다.	수와 연산	· 다섯 자리 이상의 수 · 분수, 소수 · 세 자리 수의 덧셈과 뺄셈 · 자연수의 곱셈과 나눗셈 (중략)	자연수의 사칙계산에서 계산 원리를 이해하거나 계산 기능을 숙달하는 것이 목적이 아닌 경우에는 계산기를 사용하게 할 수 있다.
	규칙성	· 규칙 찾기 · 규칙과 대응	규칙적인 계산식의 배열에서 계산 결과의 규칙을 찾는 활동을 할 때 계산기를 활용할 수 있게 한다.	규칙성	· 규칙을 수나 식으로 나타내기	규칙적인 계산식의 배열에서 계산 결과의 규칙을 찾는 활동을 할 때 계산기를 사용하게 할 수 있다.
초등 5~6	수와 연산	(생략) · 소수의 곱셈과 나눗셈 · 분수와 소수	소수의 곱셈과 나눗셈에서 복잡한 계산은 계산기를 사용하게 한다.	수와 연산	(생략) · 소수의 곱셈과 나눗셈	소수의 곱셈과 나눗셈은 계산 원리를 이해하는 수준에서 간단히 다루고, 복잡한 계산은 계산기를 사용하게 할 수 있다.
	측정	· 평면도형의 둘레와 넓이 · 무게와 넓이의 여러 가지 단위 · 원주율과 원의 넓이 · 결넓이와 부피	측정에 관련된 활동이나 원의 넓이, 결넓이, 부피 등을 구할 때 복잡한 계산은 계산기를 사용하게 한다.	측정	· 원주율 · 평면도형의 둘레, 넓이 · 입체도형의 결넓이, 부피 · 수의 범위 · 어렵하기(올림, 버림, 반올림)	원주율, 원주, 원의 넓이, 입체도형의 결넓이와 부피 등을 구할 때 복잡한 계산은 계산기를 사용하게 할 수 있다.
				자료와 가능성	· 평균 · 그림그래프 · 띠그래프, 원그래프 · 가늠성	복잡한 자료의 평균이나 백분율을 구할 때 계산기를 사용하게 할 수 있다.
중 1~3	<교수·학습 방법> (2) 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 경우의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 활용한다.			<교수·학습 방법> ⑥ 매체 및 도구 활용 학습은 학생의 수준과 학습 내용에 적합한 매체와 도구를 활용하여 흥미를 유발하고 학습의 효율성과 다양성을 도모하는 교수·학습 방법으로, 시청각 자료, 멀티미디어나 인터넷 등의 컴퓨터 활용 매체와 교구, 계산기, 교육용 소프트웨어 등의 도구를 이용한다. ③ 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 교수·학습 상황에서의 복잡한 계산 수행, 수학의 개념, 원리, 법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구를 이용할 수 있게 한다.		
	<평가 방법> 사. 수학 학습의 평가에서는 평가하는 학습 내용과 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있는 기회를 제공한다.			<평가 방법> (라) 평가 내용이나 방법에 따라 학생에게 계산기, 컴퓨터, 교육용 소프트웨어 등의 공학적 도구와 다양한 교구를 이용할 수 있게 한다.		

2009 개정 교육과정에서 계산기 사용을 권하는 부분은 3~6학년에서 4군데로, 자연수의 사칙연산에서 어려운 값을 계산기로 확인, 규칙적인 계산 결과의 규칙을 계산기로 찾기, 5~6학년에서 소수의 곱셈과 나눗셈에서 복잡한 계산을 계산기로 하기, 원의 넓이, 결넓이, 부피 등을 구하는 복잡한 계산하기이다(교육과학기술부, 2011). 그리고 2015 개정 교육과정에서는 여기에 한 가지 활동이 추가되는데, 자료의 평균이나 백분율을 계산기로 계산하기이다(교육부, 2015a). 즉, 현재 우리나라 수학 교육과정에

서는 초등학교 수준에서 계산기를 이용하여 어려운 값 확인, 규칙성 찾기, 복잡한 계산하기에 사용되고 있다.

중학교는 교수·학습 과정과 평가에서 계산기를 사용하도록 권고하고 있으며, 구체적인 활동과 연계된 진술은 없다. 계산 능력 배양을 목표로 하지 않는 경우에는 계산기를 사용할 수 있으며, 특히, 복잡한 계산 수행, 수학의 개념·원리·법칙의 이해, 문제 해결력 향상 등을 위하여 계산기를 활용할 것을 권장한다(교육과학기술부, 2011; 교육부, 2015a).

2. 싱가포르

2007 싱가포르 교육과정 문서는 초등학교와 중학교로 구분되어 있다. 우선, 초등학교 교육과정 문서를 살펴보면, 도입 부분과 초등 수학 교육과정 부분으로 구분된다. 초등 수학 교육과정 부분만 살펴보면, 다시 3개의 장으로 이루어지는데, 수학 교육과정의 목표, 계산기와 테크놀로지 사용, 내용 요소이다. 이 세 개의 장 각각에서 계산기와 관련된 부분이 포함되어 있다. 계산기 사용은 초등 수학 교육과정의 목표 중의 하나로, 계산기 사용에 대한 일반적인 지침과 학습 내용에 따라 구체적인 지침을 모두 제시하려는 의도로 해석할 수 있다(Ministry of Education, Singapore, 2006a).

우선, 계산기 사용은 초등 수학 교육과정의 목표 중의 하나이다. 초등 수학 교육과정의 목표는 총 19개로, 수학적 개념의 이해, 2차원과 3차원의 공간 관계 인식, 수학에서의 패턴과 관계 인식, 표준적인 단위 사용 등으로 이 중의 하나로 ‘계산기 사용’을 제시한다. 교육과정 각론에서 살펴보겠지만, 초등학교 5~6학년 수학 수업부터 계산기를 사용하도록 하려는 의도로, 계산기를 사용함으로써 수학을 가르치는 데 있어서 그리고 배우는 데 있어서 엄청난 장점이 있다는 가정에 근거한 것이다.

그 다음으로, ‘계산기와 테크놀로지 사용’이라는 장에 계산기 사용을 도입하는 근거를 세 가지로 제시하였다. 첫째, 가르칠 때, 배울 때, 평가할 때, 계산 능력과 문제해결 능력의 균형을 잡기 위함이다. 초등학교에서 수기로 계산하는 능력이 여전히 중요하지만, 계산이 주요 학습의 목적이 아닌 문제해결 과정에서는 계산기를 통해서 계산과정을 단순화함으로써 사고 과정에 집중할 수 있도록 하기 위함이라는 것이다. 둘째, 실제적인 상황에서의 탐구와 문제해결을 포함하여 교수·학습 접근법을 다양화하기 위함이다. 셋째, 학생들, 특히 수학을 배우는데 어려움이 있는 학생들이 수학을 하는데 더 많은 자신감을 갖도록 하기 위함이다(Ministry of Education, Singapore, 2006a)

그리고 5학년과 6학년 학습 내용 요소를 제시하는 과정에서 계산기와 관련된 구체적 지침을 제시한다. 내용 요소를 제시하는 부분의 첫 번째 문구는 “특별한 언급이 없는 경우에 계산기를 허용한다”이다. 2007 교육과정에서 ‘계산기’가 포함된 부분을 정리한 <표 II-2>를 살펴보면, 계산기와 관련된 특별한 언급이 있는 부분은 6군데이다. 모두 사칙연산과 관련된 것으로, 범자연수의 곱셈과 나눗셈, 분수의 사칙연산, 소수의 곱셈과 나눗셈에서 계산기를 사용하지 않고 계산할 수 있어야 한다는 내용이다(Ministry of Education, Singapore, 2006a). 중학교 수학과 교육과정에서는 계산기가 언급된 내용 요소가 1개로, 실수까지 사칙연산과 관련해서 계산기를 사용할 수 있다는 것이다(Ministry of Education, Singapore, 2006b). 초등학교에서는 사칙연산의 학습을 강조하여 계산기를 사용하지 못하도록 하였으나, 중학교 1학년에서는 실수의 사칙연산에 대한 이해와 함께 계산기를 사용하여 계산할 수 있도록 한 것이다.

<표 II-2> 계산기 사용에 대한 싱가포르 2007 수학과 교육과정

학년	영역	중영역	내용
5	자연수	사칙연산	<ul style="list-style-type: none"> 계산기를 사용하지 않고, 10, 100, 1000으로 곱하기와 나누기 사칙연산을 포함한 문장제 문제 해결 계산의 어렵 답이 적절한지를 확인하기
	분수	사칙연산	<ul style="list-style-type: none"> 계산기를 사용하지 않고, 진분수의 덧셈과 뺄셈 대분수의 덧셈과 뺄셈(분모는 12를 넘지 않는다. 계산기를 사용하지 않는 계산할 수 있도록) 계산기를 사용하지 않고, 진분수와 진분수/가분수의 곱셈 가분수와 가분수의 곱셈 대분수와 자연수의 곱셈 계산기를 사용하지 않고, 진분수를 자연수로 나눗셈 사칙연산을 포함한 문장제 문제 해결 (중략)
	소수	사칙연산	<ul style="list-style-type: none"> 계산기를 사용하지 않고(소수 세 자리까지의) 소수를 10, 100, 1000으로 곱하기와 나누기 사칙연산을 포함한 문장제 문제 해결 (중략)
6	분수	사칙연산	계산기를 사용하지 않고, 자연수/진분수를 진분수로 나누는 나눗셈 (중략)
중1	수와 대수	수와 사칙연산	<ul style="list-style-type: none"> 소수와 소인수분해 최대공약수와 최소공배수 찾기, 제곱, 세제곱, 소인수분해를 이용한 거듭제곱근과 세제곱근 음수, 정수, 유리수 실수, 그리고 이 수들의 사칙연산 계산기를 사용한 계산 (중략)

2013년부터 적용된 싱가포르 교육과정은 2007 교육과정과 동일하게 초등학교 5학년과 6학년 그리고 중학교 1학년에서 계산기 사용과 관련된 진술을 제시한다. 5학년과 6학년에서 범자연수, 분수, 소수의 사칙연산에서는 계산기 사용을 허용하지 않고, 중학교 1학년에서 실수 범위의 사칙연산에서는 계산기를 사용하게 한다(Ministry of Education, Singapore, 2012a; 2012b).

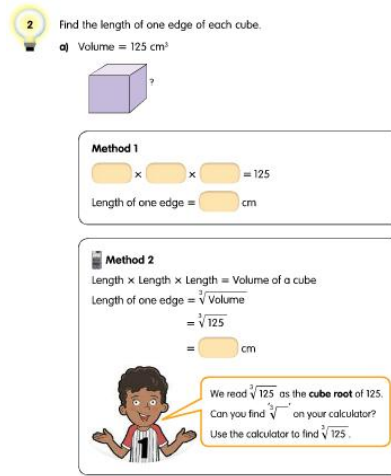
2013 교육과정에서 ‘계산기’가 포함된 부분을 정리한 <표 II-3>을 살펴보면, 2007 교육과정과 비교하여 눈에 띄게 달라진 부분은 “학생은 다음을 하는 기회가 있어야 한다”와 같이 수학 수업에서 권장하는 학습 활동이 추가된 것이다(Ministry of Education, Singapore, 2012a; 2012b). 자연수의 사칙연산에서는 연산의 순서에 맞도록 계산기를 사용하기, 실생활에서 사용되는 백분율의 예를 계산기로 계산하기, 게임 과정에서 필요한 값을 계산기로 찾기, 원주율의 근사값을 계산기로 찾기, 제곱근이나 세제곱근을 계산기로 찾고 정사각형의 한 변의 길이 혹은 정육면체의 한 변의 길이와 관련시키기([그림 II-1]), 어려운 값을 계산기로 확인하기이다. 계산기를 이용하여 수학을 가르치거나 배우는 과정에서 유용한 활동을 구체적으로 제시한 것이다.

수학 수업 중 계산기 사용에 대한 한국과 싱가포르의 교육 비교

<표 II-3> 계산기 사용에 대한 싱가포르 2013 수학과 교육과정

학년	대영역	중영역	내용	학생은 다음을 하는 기회가 있어야 한다.
5	수와 대수	범자연수	2. 사칙연산 2.1 계산기 없이 , 10, 100, 1000 등으로 곱하기와 나누기 2.2 계산기 없이 , 연산의 순서 2.3 계산기 없이 , 괄호의 사용 2.4 사칙연산을 포함한 문장제 문제 해결	(b) 과학 계산기(scientific calculator)를 이용하여 사칙연산의 순서에 관한 규칙을 찾고 그 규칙이 필요함을 설명하기
	수와 대수	분수	2. 사칙연산 2.1 대분수의 덧셈과 뺄셈 2.2 계산기 없이 , 진분수/가분수를 범자연수와 곱하기 2.3 계산기 없이 , 진분수를 진분수/가분수로 곱하기 2.4 두 개의 가분수의 곱셈 2.5 대분수와 범자연수의 곱셈 2.6 덧셈, 뺄셈, 곱셈이 포함된 문장제 문제 해결	
	수와 대수	소수	1. 사칙연산 1.1 계산기 없이 , (소수 세 자리까지) 소수를 10, 100, 1000 등으로 곱하기와 나누기 1.2 작은 단위를 소수 형태의 큰 단위로 바꾸거나 큰 단위를 작은 단위로 바꾸기. km와 m/m와 cm/kg와 g/L와 mL 1.3 사칙연산을 포함한 문장제 문제 해결하기	
	수와 대수	백분율	1. 백분율 1.1 전체의 부분을 백분율로 나타내기 1.2 % 사용하기 1.3 전체에서 %에 해당하는 부분 찾기 1.4 할인, 부가세, 연이를 찾기 1.5 백분율을 포함한 두 단계 문장제 문제 해결하기	(g) 할인, 부가세(GST), 수수료 등이 포함되어 있는 영수증을 모으고, 계산기를 사용하여 이 값들이 계산된 방법을 확인한다.
6	수와 대수	분수	1. 사칙연산 1.1 계산기 없이 , 진분수를 자연수로 나누기 1.2 계산기 없이 , 자연수/진분수를 진분수로 나누기 1.3 사칙연산을 포함한 문장제 문제 해결하기	(b) (대분수 포함) 분수에 대한 사칙연산을 하기 위해서 계산기를 사용한다.
	수와 대수	백분율	1. 백분율 1.1 전체의 부분을 백분율로 나타내기 1.2 % 사용하기 1.3 전체에서 %에 해당하는 부분 찾기 1.4 할인, 부가세, 연이를 찾기 1.5 백분율을 포함한 두 단계 문장제 문제 해결하기	(c) 게임에서 변화를 백분율로 나타내기 위하여 계산기를 사용하는 연습을 한다. 예를 들어, 모둠으로, 학생들은 주사위를 2번 던지고 변화(증가/감소)를 계산한 다음에 변화 정도를 첫 번째 값에 대한 백분율로 표현한다.
	측정과 기하	넓이와 부피	1. 원의 넓이와 둘레의 길이 1.1 원의 넓이와 둘레의 길이 1.2 반원과 사분원의 넓이와 둘레의 길이 1.3 정사각형, 직사각형, 삼각형, 반원, 사분원으로 구성된 도형의 넓이와 둘레의 길이 찾기 2. 정육면체와 직육면체의 부피 2.1 직육면체의 부피와 두 변의 길이가 주어졌을 때 한 변의 길이 찾기 2.2 정육면체의 부피가 주어졌을 때, 한 변의 길이 찾기 2.3 직육면체의 부피와 밑면의 넓이가 주어졌을 때 높이 찾기 2.4 직육면체의 부피와 한 변의 길이가 주어졌을 때 한 면의 넓이 찾기 2.5 $\sqrt{\quad}$, $\sqrt[3]{\quad}$ 사용하기	(c) 여러 가지 원의 둘레의 길이와 지름을 측정하기 위한 모둠활동을 하고 원주율 π (=둘레의 길이/지름)의 값을 찾기 위해 계산기를 사용하고 그 값이 대략 3.14 또는 22/7임을 관찰한다. (c) 계산기를 사용하여 수의 제곱근을 찾고, 주어진 넓이를 가지는 정사각형의 한 변의 길이와 관련시킨다. 계산기를 사용하여 세 제곱근을 찾고 주어진 부피를 가지는 정육면체의 한 변의 길이와 관련시킨다.
중1	수와 대수	수와 연산	1.1 소수와 소인수분해 1.2 최대공약수와 최소공배수 찾기, 제곱, 세제곱, 소인수분해를 이용한 거듭제곱근과 세제곱근 1.3 음수, 정수, 유리수 실수, 그리고 이 수들의 사칙연산 1.4 계산기를 사용한 계산 (중략)	(g) 어려움을 하고, 계산기로 찾은 답변이 적절 한지를 확인하기

최지선



[그림 II-1] 싱가포르 수학 교사의 계산기 사용 활동의 예(Collars et al., 2018)

3. 한국과 싱가포르의 차이점

한국과 싱가포르 수학과 교육과정에서 계산기 사용에 대한 차이점을 비교하면 <표 II-4>와 같다. 특별한 언급이 없는 경우에는, 한국은 2015 개정 교육과정을 기준으로 싱가포르는 2013 교육과정을 기준으로 비교하였다.

<표 II-4> 계산기 사용에 대한 한국과 싱가포르 수학과 교육과정 비교

학년	한국(2015 개정 교육과정)	싱가포르(2013 교육과정)
도입 시기	<ul style="list-style-type: none"> 초등학교 3~4학년군 	<ul style="list-style-type: none"> 초등학교 5학년
계산기 불허 맥락	<ul style="list-style-type: none"> (3~4학년군) 자연수의 사칙연산 계산원리 이해하거나 기능 숙달이 목적인 경우 (중학교) 계산 능력을 배양으로 하는 경우 	<ul style="list-style-type: none"> (초등학교) 자연수, 분수, 소수의 곱셈과 나눗셈 (중학교) 없음
내용 수준에 제시된 계산기 사용 차이	<ul style="list-style-type: none"> (3~4학년군) 자연수의 사칙연산에서 어려운 값을 계산기로 확인(2009 개정 교육과정) (5~6학년군) 소수의 곱셈/나눗셈에서 복잡한 계산을 계산기로 하기 (5~6학년군) 원의 넓이, 겹넓이, 부피 등에서 복잡한 계산을 계산기로 하기 (5~6학년군) 평균과 백분율의 복잡한 계산을 계산기로 하기 	<ul style="list-style-type: none"> (중학교 1학년) 어렵게 하고, 계산기로 확인하기 (5~6학년) 분수의 곱셈과 나눗셈을 계산기 없이 하기 (6학년) 소수와 10, 100, 1000 등의 곱셈/나눗셈을 계산기 없이 하기 (6학년) 분수 사칙연산을 계산기로 하기 (5~6학년) 백분율을 계산기로 계산하기
	<ul style="list-style-type: none"> (3~4학년군) 규칙적인 계산 결과의 규칙을 계산기로 찾기 	<ul style="list-style-type: none"> (5학년) 사칙연산의 순서 규칙을 계산기로 찾기 (6학년) 원주율 π(=둘레의 길이/지름)의 값을 계산기로 찾기 (6학년) 계산기 사용하여 제곱근과 세제곱근을 찾기

첫째, 수학 수업에 계산기를 도입하는 시기가 다르다. 한국은 3~4학년군에서 계산기 사용을 시작하고 싱가포르는 5학년에서 계산기 사용을 시작한다. 한국과 싱가포르 모두 만 6세 아동이 초등학교 1학년에 입학하기 때문에, 한국이 싱가포르보다 1~2년 빨리 수학 수업에 계산기를 사용하도록 한다.

둘째, 수학 수업에 계산기를 허용하지 않는 맥락에 차이가 있다. 한국의 경우, 2009 개정 교육과정 초등학교에서는 계산기 사용을 불허하는 맥락이 별도로 존재하지 않았으나, 2015 개정 교육과정 3~4학년군에서 자연수의 사칙연산의 계산원리를 이해하거나 계산 기능을 숙달하는 경우에는 계산기를 사용하지 못하도록 한다. 중학교에서는 계산 능력을 배양하는 경우를 제외하고 계산기 사용을 권장한다. 싱가포르의 경우에는 초등학교 4학년까지 계산기를 사용하지 못하고, 초등학교 5학년 이후에는 자연수와 분수의 곱셈과 나눗셈에 관한 부분에서 계산기를 사용하지 못하게 한다. 구체적으로, 5학년에서 계산기 없이 10의 배수를 자연수에 곱하거나 소수에 곱하거나 나누어야 한다. 계산기를 사용하지 않고 진분수/가분수를 자연수 혹은 진분수와 곱하기를 해야 하고, 자연수/진분수를 진분수로 나눌 수 있어야 한다.

셋째, 계산기 사용 활동을 제시하는 학습 내용 간에는 큰 차이가 없다. 어려운 값 확인, 계산하기, 규칙 찾기 등에서 계산기를 사용하도록 한다. 어려운 값을 계산기로 확인하는 활동은 우리나라 2009 개정 교육과정 초등학교 3~4학년군에서 있고, 싱가포르 교육과정 중학교 1학년에 있다. 계산의 경우, 우리나라는 5~6학년군에서 소수의 곱셈과 나눗셈, 원주율이 포함된 소수의 계산, 평균과 백분율 등의 계산과 같이 복잡한 계산을 계산기로 하도록 한다. 싱가포르는 5학년과 6학년의 학습 내용으로 분수와 소수의 곱셈과 나눗셈은 계산기 없이 학습해야 한다는 점을 강조하는 반면, 곱셈과 나눗셈을 학습한 이후에 분수의 사칙연산을 할 때에는 계산기를 사용하도록 권한다. 규칙을 찾을 때 계산기를 사용하는 경우, 한국은 3~4학년군에서 규칙적인 계산 결과를 계산기로 보도록 하고 싱가포르는 5학년에서 자연수의 사칙연산의 규칙을 계산기로 찾도록 한다. 다만, 우리나라와 달리 싱가포르에 수 개념 탐색과 관련하여 계산기를 사용하도록 제안하는 활동이 있다. 싱가포르 교육과정 6학년에서는 원주율, 제곱근, 세제곱근과 같이 무리수의 값이 나타나는 상황에서 계산기를 사용함으로써 수 개념을 탐색하도록 하는 활동을 권장한다.

III. TIMSS 결과 분석

가장 최근에 결과가 발표된 TIMSS 2015를 중심으로 두 국가의 수학 수업에서의 계산기 사용 실태에 대한 자료를 분석한다. TIMSS 2015는 한국에서 2014년에 시행되었고, 초등학교 4학년 4,669명과 중학교 2학년 5,309명의 유효한 자료가 수집되었다. 싱가포르에서도 2014년에 초등학교 4학년 6,517명과 중학교 2학년 6,166명의 자료가 수집되었다(Mullis et al., 2016). 한국과 싱가포르의 초등학교 입학 연령은 만 6세로 동일하고 한국은 3월에 학년을 시작하고 싱가포르는 1월에 학년을 시작하므로, 한국과 싱가포르의 결과는 동일한 나이의 학생들 결과이다.

TIMSS 2015 자료는 TIMSS 공식 홈페이지(www.timss2015.org)에 공개되어 있으며, 자료 분석은 SPSS 통계프로그램과 TIMSS를 주관하는 공식 기관인 IEA에서 제공하는 통계 프로그램 IEA Analyser를 이용하여 4학년과 8학년(또는 중학교 2학년)을 각각 분석하였다.

1. 수학 수업 중 계산기 사용 허용 비율

초등학교 교사와 중학교 수학 교사의 설문 중 다음과 같이 수학 수업 중에 계산기 사용 허용에 관한 항목이 있다.

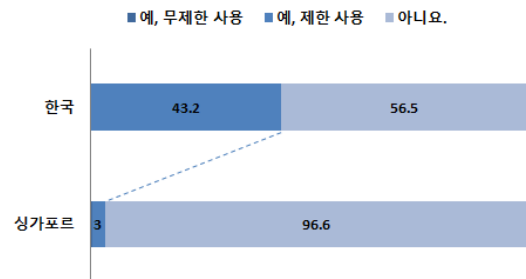
표집 학급의 수학 수업 중 학생들의 계산기 사용을 허용합니까? [교사 설문]
• 예, 무제한적으로 허용함
• 예, 제한적으로 허용함
• 아니요, 허용하지 않음

※ 출처: IEA(2016)

초등학교 4학년의 경우, 설문에 참여한 한국의 교사 중 유효한 자료 187명과 싱가포르 352명의 결과를 살펴보면, 우리나라와 싱가포르 간의 결과에 큰 차이가 있다.

<표 III-1> 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하는 4학년 교사와 학생 수/비율

	인원	예, 무제한	예, 제한	아니요	계
한국	교사 (비율)	1 (0.5)	78 (41.7)	108 (57.8)	187 (100)
	학생 (비율)	25 (0.3)	1,958 (43.2)	2,661 (56.5)	4,644 (100)
싱가포르	교사 (비율)	1 (0.3)	10 (2.8)	341 (96.9)	352 (100)
	학생 (비율)	19 (0.4)	183 (3.0)	6,203 (96.6)	6,405 (100)



[그림 III-1] 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하는 4학년 학생 수/비율

우리나라 초등학교 교사들은 수학 수업에서 계산기를 허용하도록 하는 교사가 상당수 있으나 싱가포르는 거의 없는 것으로 나타났다. 무제한으로 사용을 허용한다는 교사의 비율은 각각 1명이었다. 제한적으로 사용하도록 허용한다는 교사는 한국은 78명과 10명으로 각각 41.7%와 2.8%로 큰 차이가 있다. 해당 교사에게 수업을 배우는 학생 수를 비교하면, 응답 교사 비율과 유사한 경향을 보인다⁵⁾. 수학 수업 중 계산기 사용을 허용하는 교사에게 수업을 받은 학생은 한국에서 약 43%에 이르지만 싱가포르에서는 약 3% 정도로 거의 없는 수준이다.

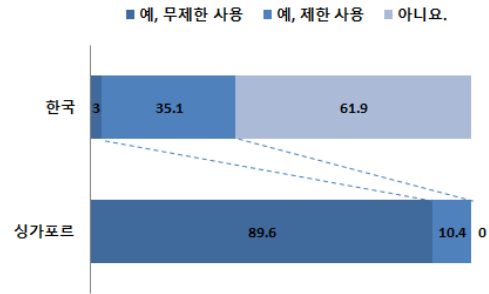
중학교 2학년의 경우, 설문에 참여한 한국의 교사 중 유효한 자료 316명과 싱가포르 329명의 결과 <표 III-2>를 살펴보면, 초등학교의 결과와 다른 경향이 나타난다.

5)TIMSS 샘플은 학교(장), (수학)교사, 학생의 자료가 연계되어 있다. 따라서 교사의 설문 결과는 그 교사가 가르치는 학생들의 비율로 표현될 수 있다. 따라서 교사 1인당 가르치는 학생의 수가 학급별로 같지 않기 때문에, 응답한 교사 수와 학생 수가 일치하지는 않는다. 이에 본 연구에서는 응답 교사 수와 대응하는 학생 수를 구분하여 분석하였다.

수학 수업 중 계산기 사용에 대한 한국과 싱가포르의 교육 비교

<표 III-2> 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하는 8학년 교사와 학생 수/비율

	인원	예, 무제한	예, 제한	아니요	계
한국	교사 (비율)	8 (2.5)	111 (35.1)	197 (62.3)	316 (100)
	학생 (비율)	175 (3.0)	1,843 (35.1)	3,520 (61.9)	5,538 (100)
싱가포르	교사 (비율)	296 (90.0)	33 (10.0)	-	329 (100)
	학생 (비율)	5,416 (89.6)	608 (10.4)	-	6,024 (100)



[그림 III-2] 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하는 8학년 학생 수/비율

가장 큰 특징은 싱가포르 교사 중에서 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하지 않는 교사는 1명도 없다는 점이다. 모든 수학 교사들이 수업에서 학생들이 계산기를 사용하도록 허용한다. 또한 무제한으로 사용하도록 하는 교사의 수가 제한적으로 사용하도록 하는 교사보다 훨씬 많다. 90%의 교사가 무제한적으로 사용하도록 한다고 답하였고, 이와 같은 교사에게 배운 학생들의 비율도 약 90%에 이른다. 반면, 한국의 교사들은 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하지 않는다는 교사가 62.3%였고, 사용하도록 하는 경우에도 제한적으로 사용하도록 하는 교사가 35.1%로 무제한적으로 사용하도록 하는 교사가 2.5%인 것보다 많았다. 교사별 영향을 받는 학생의 비율도 동일한 경향으로 나타난다. 수업에서 계산기를 사용할 수 없는 학생이 61.9%, 제한적으로 사용하는 학생이 35.1%, 무제한적으로 사용하는 학생이 약 3%이다.

2. 계산기 사용 목적

앞 절에서 제시한 문항에서 수학 수업 중에 계산기 사용을 허용한다고 답한 교사들만을 대상으로 하는 설문 문항으로, 수학 수업 중에 계산기 사용 목적과 그 빈도를 묻는 설문 문항이 있다. 이 문항은 초등학교 교사 설문에는 없고 중학교 수학 교사의 설문에만 있다. 계산기 사용을 a) 답을 확인할 때, b) 정형화된 계산을 할 때, c) 복잡한 문제를 해결할 때, d) 수 개념을 탐구할 때에 대하여, 응답 교사들은 빈도를 나타내는 4개의 보기 중에서 가장 적절한 곳에 표시하는 방식으로 응답한다. 4개의 보기는 거의 매 수업 시간마다, 두 번의 수업 중 한 번 정도, 가끔, 전혀 사용하지 않음이다.

표집 학급의 수학 수업 중 학생들은 다음 활동을 위한 계산기를 얼마나 자주 사용합니까? [교사 설문]

- a) 답을 확인할 때
- b) 정형화된 계산을 할 때
- c) 복잡한 문제를 해결할 때
- d) 수 개념을 탐구할 때

- 각 항목에서 4개중 하나를 골라 표시하시오.

거의 매 수업 시간마다/두 번의 수업 중 한 번 정도/가끔/전혀 사용하지 않음

※ 출처: IEA (2016)

우리나라 중학교 수학 교사 설문 결과, 분석 가능한 자료가 120개, 그리고 결측된 자료가 196개이었

최지선

다. 반 이상의 자료가 무응답 등의 이유로 정확하게 수집되지 못한 것이다. 유효한 자료 120개를 대상으로, 교사들의 응답 결과를 정리하면 <표 III-3>과 같다. 이와 대응되는 결과로, 해당 교사에게 배운 우리나라 학생들의 수와 그 비율은 <표 III-4>와 같다. 학생들 자료 중 유효한 자료는 2,027개이고 결측 자료는 3,520개이다.

<표 III-3> 수학 수업에서 계산기를 사용하는 목적에 응답한 한국 8학년 교사 수/비율

한국 /교사	거의 매 수업	두 번 중 한번	가끔	사용하지 않음
답 확인	1 (0.8)	1 (0.8)	54 (45.0)	64 (53.3)
계산	4 (3.3)	4 (4.2)	62 (51.7)	49 (40.8)
복잡한 문제해결	3 (2.5)	8 (6.7)	86 (71.7)	23 (19.2)
수 개념 탐색	1 (0.8)	5 (4.2)	47 (39.2)	67 (55.8)

<표 III-4> 수학 수업에서 계산기를 사용하는 목적에 응답한 교사에게 배운 한국 8학년 학생 수/비율

한국 /학생	거의 매 수업	두 번 중 한번	가끔	사용하지 않음
답 확인	3 (0.1)	13 (0.6)	853 (42.1)	1158 (57.1)
계산	56 (2.8)	60 (3.0)	1056 (52.1)	855 (42.2)
복잡한 문제해결	45 (2.2)	92 (4.5)	1514 (74.7)	376 (18.5)
수 개념 탐색	3 (0.1)	62 (3.1)	792 (39.1)	1170 (57.7)

거의 매 수업마다 혹은 두 번의 수업 중 한 번 정도로 계산기를 사용한다는 교사는 소수이었고, 상황에 따라 가끔 사용한다는 교사와 사용하지 않는다는 교사의 비율이 높았다. 즉, 계산기를 사용하는 교사들은 상황에 따라서 계산기를 가끔 사용한다고 볼 수 있다. 같은 이유로, 학생들은 수학 수업에서 가끔 계산기를 사용하는 수업을 하는 것으로 나타났다. 계산기를 사용하는 상황으로는 복잡한 문제해결을 하는 경우에 가장 높은 비율로 나타났고, 계산을 하는 경우, 답을 확인하는 경우, 수 개념을 탐색하는 순서로 나타났다.

싱가포르 중학교 수학 교사 설문 결과, 분석 가능한 자료 329개의 응답 결과를 정리하면 <표 III-5>와 같다. 해당 교사에게 배운 싱가포르 학생들의 수와 그 비율은 <표 III-6>과 같다. 학생들 자료 중 유효한 자료는 6,025개이고 결측 자료는 91개이다.

<표 III-5> 수학 수업에서 계산기를 사용하는 목적에 응답한 8학년 싱가포르 교사 수/비율

싱가포르/교사	거의 매 수업	두 번 중 한번	가끔	사용하지 않음
답 확인	230 (69.9)	54 (16.4)	44 (13.4)	1 (0.3)
계산	254 (77.2)	52 (15.8)	23 (7.0)	-
복잡한 문제해결	206 (62.6)	61 (18.5)	56 (17.0)	6 (1.8)
수 개념 탐색	149 (45.3)	48 (14.6)	104 (31.6)	28 (8.5)

<표 III-6> 수학 수업에서 계산기를 사용하는 목적에 응답한 교사에게 배운 싱가포르 8학년 학생 수/비율

싱가포르/학생	거의 매 수업	두 번 중 한번	가끔	사용하지 않음
답 확인	4213 (69.9)	983 (16.3)	811 (13.5)	18 (0.3)
계산	4658 (77.3)	941 (15.6)	426 (7.1)	-
복잡한 문제해결	3776 (62.7)	1106 (18.4)	1031 (17.1)	112 (1.9)
수 개념 탐색	2,740 (45.5)	868 (14.4)	1,896 (31.5)	521 (8.6)

거의 매 수업마다 계산기를 사용한다는 교사는 계산할 때 77.2%, 답 확인할 때, 69.9%, 복잡한 문제 해결할 때, 62.6%, 수 개념 탐색할 때 45.3%이다. 특히, 싱가포르 중학교 교사들 중에서 계산기를 사

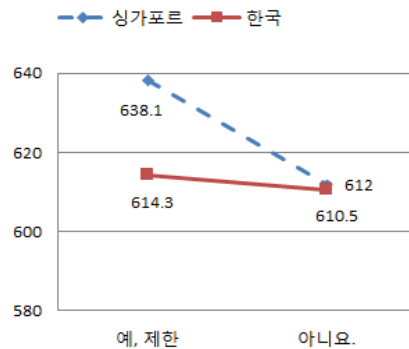
용하지 않는다고 답한 교사는 0%이므로, 거의 모든 중학교 수학 교사들이 수업 중에 계산기를 사용한다고 볼 수 있다. 같은 이유로, 싱가포르 중학교 학생들은 수학 수업에서 거의 매 수업마다 계산기를 사용하고, 계산, 답 확인, 복잡한 문제해결, 수 개념의 순서로 계산기를 사용하는 빈도가 높았다.

3. 수학 성취도와 계산기 사용 관계

수학 수업에서 계산기를 사용하도록 허용된 학생들과 그렇지 않은 학생들 사이의 성취도의 차이를 살펴본다. 한국과 싱가포르 모두, 초등학교 4학년에서 계산기를 무제한적으로 사용하도록 허용하는 교사는 각각 1명으로, 집단 간 비교에서 제외하였다. 수학 수업에서 계산기를 제한적으로 허용하는 경우와 허용하지 않는 경우의 학생들의 성취도를 비교하면 <표 III-7>과 같고, 도식화하면 [그림 III-3]과 같다.

<표 III-7> 4학년 수학 수업에서 계산기 사용 허용 정도와 수학 성취도의 관계

4학년	응답	학생 수(명)	성취도 평균
한국	예, 제한	1,958	614.3
	아니요	2,661	610.5
싱가포르	예, 제한	183	638.1
	아니요	6,203	612.0



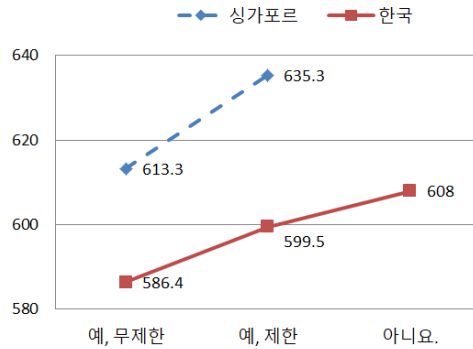
[그림 III-3] 4학년 수학 수업에서 계산기 사용 허용 정도와 수학 성취도의 관계

계산기 허용 유무에 따라 구분하여 살펴보면, 초등학교에서는 수업 시간에 계산기 사용이 허용된 학생들과 그렇지 않은 학생들의 평균 성취도를 비교해보면, 우리나라는 계산기 사용을 허용한다고 답한 교사에게 배운 학생들이 성취도가 그렇지 않다고 답한 교사에게 배운 학생들의 성취도보다 약간 높은 것으로 나타났다. ‘예(제한 사용)’라고 답한 교사에게 배운 학생들의 평균은 614.3점이고 ‘아니요’라고 답한 교사에게 배운 학생들의 평균은 610.5이다. 싱가포르는 ‘예’라고 답한 교사에게 배운 학생들의 평균은 638.1점이고 ‘아니요’라고 답한 교사에게 배운 학생들의 평균은 612.0점으로 그 차이가 약 26점이었다. 하지만 전체 학생 수가 183명으로 전체의 3% 밖에 해당하지 않아, 이 차이를 싱가포르 전체 학생들의 성취도의 차이로 일반화하기는 어렵다.

중학교 2학년에서, 교사가 수학 수업에서 계산기를 허용하는 정도에 따라서 학생들의 평균 성취도는 <표 III-8>과 같이 나타났고 이를 도식화하면 [그림 III-4]과 같다.

<표 III-8> 8학년 수학 수업에서 계산기 사용 허용 정도와 수학 성취도의 관계

8학년	응답	학생 수(명)	성취도 평균
한국	예, 무제한	175	586.4
	예, 제한	1,843	599.5
	아니요	3,520	608.0
싱가포르	예, 무제한	5,416	613.4
	예, 제한	608	635.3
	아니요	-	-



[그림 III-4] 8학년 수학 수업에서 계산기 사용 허용 정도와 수학 성취도의 관계

중학교 학생들의 평균 성취도를 비교해보면, 우리나라는 성취도가 높은 순서대로 집단을 구분하면, 계산기 사용을 허용받지 않은 집단, 제한적으로 허용받은 집단, 무제한으로 허용받은 집단의 순서이었다. 계산기 사용 허용 유무에 따라서 성취도에 차이가 있었다. ‘예, 무제한’이라고 답한 교사에게 대분 학생들은 175명으로 응답유형별로 구분하여 성취도를 비교하기에는 한계가 있다. 이러한 사실을 염두 하고 결과를 살펴보면, 계산기를 사용하지 않을수록 평균 성취도가 높은 것으로 나타났다. ‘예, 무제한’에 해당하는 학생보다는 ‘예, 제한’에 해당하는 학생들의 성취도가 높고, ‘예, 제한’에 해당하는 학생보다는 ‘아니요’에 해당하는 학생들의 성취도가 높다.

싱가포르의 경우에는 수학 수업에서 계산기 사용을 허용하지 않는 교사는 존재하지 않았다. 모든 교사들이 수학 수업 중에 학생들이 계산기를 사용하도록 하고 있다. 무제한으로 허용하는 교사와 제한적으로 허용하는 교사에게 배운 학생들의 성취도를 비교하면, 무제한으로 허용하는 교사에게 배운 학생들의 평균 성취도는 613.44점이고 제한적으로 허용하는 교사에게 배운 학생들의 평균 성취도는 635.28점으로, 계산기를 허용적으로 사용하도록 허락받은 학생들의 성취도가 무제한적으로 허용받은 학생들의 성취도보다 높다.

한국과 싱가포르의 공통점은 중학교 수학 수업에서 계산기를 무제한적으로 허용받아 사용하는 학생들보다 제한적으로 허용받아 사용하는 학생들의 성취도가 높다는 점이다. 이는 계산기 사용이 적절한 과제에 적절한 수준으로 사용하는 것이 수학 성취도에 긍정적인 효과를 줄 수 있음을 시사한다.

IV. 요약 및 논의

본 연구는 수학 수업에서 계산기를 어떻게 사용하고 있는지 그리고 계산기와 수학 성취도 사이에는 어떤 관계가 있는지 등에 대한 다각적인 분석을 통해서, 수학 수업에서 계산기 사용에 대한 시사점을 도출하는 것이 목적이다. 이를 위하여 국제적으로 수학 성취도와 흥미가 우리나라보다 높은 싱가포르를 비교 국가로 선정하여, 두 국가 간의 수학 수업 중의 계산기 사용 실태를 분석하고자 하였다. 우선, 수학과 교육과정 문서를 비교하여 계산기 사용에 대한 방향을 분석하고, 수학 수업에서 계산기 사용 실태와 계산기 사용과 수학 성취도와의 관계를 TIMSS 2015를 중심으로 분석하였다.

두 국가의 교육과정 분석 결과를 정리하면 다음과 같다. 첫째, 한국의 수학 수업이 싱가포르보다 계산기를 1~2년 빨리 도입한다. 한국은 초등학교 3~4학년군에서 그리고 싱가포르는 5학년에서 도입한다. 둘째, 한국과 싱가포르 모두 초등학교에서 계산기 사용을 불허하는 맥락을 제시한다. 하지만 싱가포르는 한국보다 어떤 주제에서 어떻게 불허하는지를 구체적으로 제시한다. 즉, 싱가포르는 계산기가 필요하지 않는 부분을 명확히 제시함으로써 계산기 사용이 필요한 곳과 제한하는 곳을 분명하게 구분한다. 셋째, 계산기를 사용하도록 권장하는 활동은 한국과 싱가포르에서 비슷하다. 다만 싱가포르에서 수 개념을 탐구하는 도구로서의 역할을 한국보다 구체적으로 제시한다.

두 국가의 TIMSS 2015 결과를 비교 분석한 결과는 다음과 같다. 첫째, 4학년의 경우 한국 학생들은 43.2% 정도 계산기를 가끔 사용하지만 싱가포르 학생들은 거의 사용하지 않았다. 이는 교육과정에 제시된 바와 같이 한국에서는 계산기를 3~4학년군에서 도입하고 싱가포르는 5학년에 도입하기 때문이라고 할 수 있다. 둘째, 중학교 2학년의 경우, 한국 학생들의 과반수 이상(61.9%)이 수학 수업에서 계산기를 사용하지 않았고 사용하는 학생들은 가끔 사용하는 것으로 나타났다. 반면 싱가포르 학생들은 계산기를 사용하지 않는 학생들이 없었고, 거의 대부분의 수업 시간에 계산기를 사용하는 학생들이 89.6%이었다. 한국과 싱가포르 모두 중학교에서 계산기를 사용하도록 되어 있음을 고려할 때, 우리나라 중학교 수학 수업에서 계산기 사용이 활성화되지 않았음을 보여준다. 셋째, 중학교 2학년에서 계산기를 사용하는 경우를 조사한 결과, 한국은 복잡한 문제해결을 할 때가 가장 높았고 싱가포르는 계산이나 답을 확인할 때가 가장 높게 나타났다. 넷째, 수학 수업에서 계산기 사용 여부와 성취도 사이의 관계를 분석한 결과, 8학년에서 한국과 싱가포르 모두 계산기를 무제한적으로 사용하는 경우보다 제한적으로 사용하는 경우에 성취도가 높은 것으로 나타났다. 한편, 한국의 경우에는 수학 수업에서 계산기를 사용하지 않았던 한국의 8학년 학생들의 성취도가 계산기를 사용했던 학생들보다 높은 결과가 나타났다.

본 연구의 결과로부터, 수학 수업에서의 계산기 사용에 대한 다음과 같은 세 가지 시사점을 도출할 수 있다. 첫째, 우리나라 수학 교육과정 중 어느 학년에서 계산기를 도입할 것인지에 대한 고찰이 필요하다. 3~4학년에서 계산기를 도입하고 있으나 계산기 사용에 관한 일관된 관점을 파악하기가 어려운 실정이다. 예를 들어, 2009 개정 교육과정의 '어림' 내용이 2015 개정 교육과정에서 5~6학년군으로 이동하였으나, 2009 개정 교육과정에서는 어림 활동에서 계산기를 사용하도록 하고 2015 개정에서는 계산기를 사용하도록 하는 지침이 존재하지 않는다. 또한 2015 개정 교육과정에서는 자연수의 사칙연산에서 계산 원리를 이해하거나 숙달하는 것이 목적이 아닌 경우에는 계산기를 사용하게 할 수 있다고 제시되어 있으나, 3~4학년에서 자연수의 사칙연산의 원리를 이해하거나 숙달하는 것이 목적이 아닌 경우를 찾기는 쉽지 않다. 계산의 과정과 원리를 이해하고 계산 기능을 숙달해야 하는 저학년에서는 도구로서의 계산기 역할을 제한할 필요가 있기 때문에(Sheets, 2007), 초등학교 3~4학년에서 계산기를 도입하는 것이 바람직한지, 바람직하다면 어떻게 활용해야 바람직한지 등에 대한 고찰이 이루어질 필요가 있다.

둘째, 우리나라 중학교 학생들은 수학 수업 중에 계산기를 사용하지 않는 편으로, 수학 수업에서 계산기를 사용하지 않는 원인을 파악할 필요가 있다. 교육과정과 교과서에서 계산기 사용을 강조하고 정부에서도 수학 수업에서 계산기를 사용할 것을 권장하고 있지만, 여전히 계산기는 수학 시간에 중요한 도구로 활용되지 못하는 것으로 확인되었다. 이와 더불어 우리나라 중학교 학생들의 성취도 결과에서 계산기를 사용하지 않는 학생들의 성취도가 계산기를 사용한 학생들의 성취도보다 높게 나왔다는 사실은 우리나라 중학교 수준의 수학 수업에 대한 전반적인 검토가 필요하다는 점을 보여준다. 특히, 중학교에서 100% 계산기를 사용하는 싱가포르 학생들의 수학 성취도와 수학에 대한 흥미가 우리나라 학생들보다 높다는 사실을 의미있게 받아들일 필요가 있다. 우리나라 수학 수업에서 사용하는

맥락들이 계산기를 사용하지 않아도 되는 상황들로만 구성되었는지, 또는 수업에서는 계산기를 사용하더라도 평가에서는 계산기를 사용하지 않기 때문에 교수학습과 평가가 일관되게 이루어지고 있지 않은지 등 다양한 각도의 분석을 통해서, 수학 수업에서 계산기가 왜 사용되지 않는지 그리고 계산기를 사용하지 않는 학생들의 성취도가 그렇지 않는 학생들보다 왜 높은지에 대한 종합적인 검토가 이루어질 필요가 있다.

셋째, 수학 수업에서 계산기를 무제한적으로 허용하는 것보다는 제한적으로 허용하는 것이 학생들의 수학 성취도를 높일 수 있는 가능성이 있다. 중학교에서 계산기를 100% 사용하는 싱가포르에서도, 약 38%만 사용하는 한국에서도 계산기를 무제한적으로 허용하는 학생들보다는 제한적으로 허용하는 학생들의 성취도가 높게 나타났다. 계산기는 일종의 도구로 사고의 일부를 보조하거나 인지활동을 촉진할 수 있으나, 계산기의 기능이 수학 학습 과정에서 담당할 수 있는 부분은 일부에 지나지 않음은 명백하다. 따라서 이와 같은 사실은 수학 수업 중에서 계산기를 무제한적으로 사용하도록 하는 것은 득보다 실이 될 수 있음을 말해준다. 한편, 수학 수업에서 계산기를 제한적으로 사용하도록 한다면, 학생들이 언제 어떻게 계산기를 사용하도록 할 것인지에 대한 추가적인 논의가 이루어져야 할 것이다.

본 연구 결과를 바탕으로 수학 수업에서의 계산기 사용에 대한 제언을 하고자 한다. 우선, 초등학교 수학 수업에서는 계산기를 어떻게 사용할 것인가에 대한 구체적인 교수학적 전략이 마련되어야 한다. 몇 학년에서 도입하는 것이 가장 효율적인지 그리고 어떤 수학 내용에서 어떻게 다룰 수 있는지에 대한 증거를 기반으로 하는 의사결정이 있어야 한다. 특히 초등학교 수학의 주요 목적 중의 하나는 양의 유리수(자연수, 분수, 소수)의 사칙연산이므로, 사칙연산 중 어떤 단계에서 계산기를 다루게 할지에 대한 구체적인 지침이 있어야 한다. 또한 중학교 이상에서도 어떤 활동에서 계산기를 사용하는 것이 수학적 사고를 돕는지에 대한 정보가 포함된 지침이 마련되어야 한다. 중학교에서 계산기를 광범위하게 사용하는 싱가포르에서도 계산기를 소극적으로 사용하는 한국에서도 무제한적으로 계산기를 사용하는 학생들보다 제한적으로 사용하는 학생들의 성취도가 높게 나타났다는 점은 의미있는 결과이다. 수학 수업에서 계산기 사용을 허용할 것인지 또는 어떻게 활용할 것인지 등을 교사 재량에 전적으로 의존하기 보다는, 계산기가 효과적으로 사용되는 학습 활동은 무엇이고 어떻게 효과적인지 등에 대한 구체적인 지침을 마련하여 교사들에게 제공할 필요가 있다.

참고문헌

- 강주석, 김구연, 전미현(2017). 수학수업에서의 그래핑 계산기 활용에 대한 교사들의 인식 조사. **한국학교수학회논문집**, 20(4), 537-560.
- 교육과학기술부(2011). **수학과 교육과정**. 교육과학기술부 고시 제2011-361호.
- 교육과학기술부(2012). **수학교육 선진화 방안**. 교육과학기술부.
- 교육부(1992). **국민학교 교육과정**. 교육부 고시 제1992-12호.
- 교육부(1997). **초등학교 교육과정**. 교육부 고시 제1997-15호.
- 교육부(2015a). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호.
- 교육부(2015b). **제2차 수학교육 종합계획**. 교육부.
- 교육인적자원부(2007). **초등학교 교육과정**. 교육인적자원부 고시 제2007-79호.
- 김진환, 조정수(2010). CAS의 도구발생과 수학 지식의 발견 관점에서 고찰한 일차함수의 합성

- 성질 탐구. **한국수학교육학회지시리즈E:수학교육논문집**, 24(3), 611-626.
- 류성림 (2010). 미국 초등수학교과서의 계산기 활용 실태와 방안에 대한 분석. **한국수학교육학회지시리즈E:수학교육 논문집**, 24(1), pp. 1-27.
- 박교식 (1998). 우리나라 초등학교 수학교육에 적용 가능한 계산기 활용 방안 연구. **대한수학교육학회 논문집**, 8(1), 237-249.
- 상경아, 광영순, 박지현, 박상욱(2016). **수학·과학 성취도 추이 변화 국제비교연구: TIMSS 2015 결과 분석**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRE 2016-15-1.
- 안병곤 (2005). 초등수학에서 계산기 활용에 대한 효과 분석. **학교수학**, 7(1), 17-32.
- 이유빈, 조정수(2010). 그래핑 계산기를 활용한 함수단원의 수업과 중학생의 학업성취도와 수학적 태도의 변화. **한국수학교육학회 2010년도 제44회 전국수학교육연구대회 학술대회논문집**, 127-143.
- 이헌수, 박종률, 이광호(2009). 그래핑 계산기와 CBL을 활용한 1차 함수 탐구 - 초등 영재아를 중심으로 한 사례연구 -. **한국학교수학회논문집**, 12(3), 347-364.
- 이화영, 장경운(2015). 인지적 도구로서의 사칙계산기 활용. **학교수학**, 17(2), 157-178.
- 조정수(2011). CAS 그래핑 계산기의 임베디드 시각화를 통한 함수의 극한 지도 방안 탐색 **한국수학교육학회지시리즈E:수학교육논문집**, 25(1), 63-78.
- 한세호, 장경운(2009). 고등학교 수학 문제해결에서 CAS의 도구발생. **학교수학**, 11(3), 527-546.
- Chazan, D., Leavy, A. M., Birky, G., Clark, K., Lueke, M., McCoy, W., et al. (2007). What N AEP can (and cannot) tell us about performance in algebra. In P. Kloosterman & J. F. L ester (Eds.), *Results and interpretations of the 2003 mathematics assessment of the National Assessment of Educational Progress*. Reston, VA:National Council of Teachers of Mathematics.
- Collars, C., Koay, P. L., Lee, N. H., Ong, B. L., & Tan, C. S. (2018). *Shaping maths coursebook 6B*. Marshall Cavendish Education.
- Ellington, A. J. (2003). A meta-analysis of the effects of calculators on students' achievement and attitude levels in precollege mathematics classes. *Journal of Research in Mathematics Education*, 34, 433-463.
- IEA(2016). *TIMSS 2015 user guide for the international database supplement 1: International version of the TIMSS 2015 context questionnaire*. Retrieved June, 15, 2018 from <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/>
- Heller, J. I., Curtis, D. A., Jaffe, R., & Verboncoeur, C. J. (2005) *Impact of handheld graphing calculator use on student achievement in algebra 1*. Oakland, CA: Heller Research Associates.
- Ministry of Education, Singapore (2006a). *Mathematics Syllabus Primary*. Curriculum Planning and Development Division.
- Ministry of Education, Singapore (2006b). *Secondary Mathematics Syllabuses*. Curriculum Planning and Development Division.
- Ministry of Education, Singapore (2012a). *Mathematics Syllabus Primary one to six*. Curriculum Planning and Development Division.
- Ministry of Education, Singapore (2012b). *Mathematics Syllabus Secondary one to four*. Curriculum Planning and Development Division.

- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M.(2016). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Retrieved June, 15, 2018 from <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Scheuneman, J., & Camera, W. J. (2002) *Calculator Use and the SAT® I Math*. (Report No. RN-16). New York, NY: College Board.
- Sheets, C. L. (2007). Calculators in the classroom: Help or hindrance? *Action Research Projects*. 33. Retrieved June, 15, 2018 from <http://digitalcommons.unl.edu/mathmidactionresearch/33>
- Wolfe, E. W. (2010). What impact does calculator use have on test results? *Test, Measurement & Research Services Bulletin*, 14, 1-6.
<http://www.timss2015.org>
<http://news.donga.com/3/all/20120119/43419783/1>
<https://www.bbc.com/news/education-20259382>
<https://www.gov.uk/government/news/use-of-calculators-in-primary-schools-to-be-reviewed>

A Comparative Study on Calculator in Mathematics Educations Between Korea and Singapore

Choi Ji Sun⁶⁾

Abstract

Debates of calculators in mathematics lessons sometimes have happened in both countries that students rarely use calculators in math lessons including Republic of Korea and countries that students usually use calculators in math lessons. Korea has tried to activate usage of calculators in math lessons as the revision of national math curriculums and the development the strategies to support schools and math teachers. On the other hand, Singapore has the different educational strategies to use calculators in math lessons, but students have higher math achievements in TIMSS and interests in math lessons than Korea. This study intended to study the difference between Korea and Singapore on the usage of calculators in math lessons. To accomplish this, the study compared math curriculums of two countries on the usage of calculators and analysed TIMSS 2015 related with the survey items about calculators in math lessons. This study results in some suggestions that we should do in order to use calculators in math lessons effectively.

Key Words : Mathematics Education, Calculators in Education, TIMSS 2015, Korea (Republic of), Singapore

Received August 7, 2018
Revised August 31, 2018
Accepted August 31, 2018

* 2010 Mathematics Subject Classification : 97C70, 97D60

6) 한국교육과정평가원 (jschoi@kice.re.kr, jschoitou@gmail.com)