

한국과 미국 중학교 수학 교과서의 통계적 문제해결과정 비교연구

전혜원 (이화여자대학교 대학원 학생)
김래영 (이화여자대학교 교수)[†]

본 연구는 우리나라 2015 개정 수학과 교육과정에서 강조하고 있는 '통계적 문제해결과정'의 학습 기회를 교과서에서 어떻게 제공하고 구현하고 있는지 살펴보고 이의 개선 방안을 마련하고자 하나의 사례로서 미국 교과서와 비교 분석하였다. 우리나라 중학교 1학년 통계 단원의 학습 개념을 기준으로 미국 교과서에서 상응하는 단원을 선정하여 우리나라 중학교 1학년 교과서 4종과 미국 중학교 교과서 2종을 대상으로 비교 분석하였다. 그 결과, 단일과제에 통계적 문제해결과정의 전 단계를 포함하는 경우는 미국 교과서에서만 나타났을 뿐 한국 교과서에서는 찾아볼 수 없었으며 한국 교과서의 경우 총 4단계 중 오직 한 단계만을 제시하는 경우가 전체 문제의 93.3%로 나타났다. 또한 한국 교과서는 통계적 문제해결과정을 포함한 과제들이 대체로 비슷한 형태의 유형(FPR, PR 유형)으로 구성된 반면 미국 교과서는 이 외에도 다양한 과제 유형들(FRI, PRI, FR, RI)로 제시되고 있었다. 통계적 문제해결과정의 단계별 특징을 분석한 결과에서도 한국 교과서들은 각 단계에서 '문제 설정하기', '자료 수집하기', '자료 변환하기', '자료의 일부를 분석하기'와 같은 특정 하위 요소들이 집중적으로 다뤄지고 있었다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 향후 통계교육에서의 통계적 문제해결과정 교육과 교과서 개선을 위한 시사점을 제시하였다.

I. 서론

현대 정보 사회에서는 매일 개인의 생활에 영향을 미칠 수 있는 다양한 정보들을 쉽게 접할 수 있으며, 정치, 의학, 경제 등 각계각층의 분야에서 통계적 방법을 통한 정보들이 쏟아져 나와 삶의 변화는 물론 정책 결정이나 사회적, 경제적, 세계적인 변화도 가져오게 되기도 한다. 그러나 이러한 정보 중에는 부정확하거나 오류가 있는 통계적 절차나 방법을 통해 제공되는 것도 있으므로 정보 소비자로서 비판적인 안목이 필요하며(Gal, 2002; Schield, 1999), 동시에 학생들이 관심 있는 분야에서 정보 생산자로 살아갈 때 필요한 통계적 사고도 할 수 있어야 한다(Gal, 2002; Schield, 2011; Watson, 2006). 그러나 기존의 통계교육은 계산, 기능, 절차 중심의 교수법에 치중되어 통계적 사고의 본질은 적절히 교육되지 못하고 있다(우정호, 2007; Ben-zvi & Garfield, 2004; Gal, 2002; Watson, 2002). 학교 통계교육도 학생들이 통계적 소비자 및 생산자로서 통계적 문제해결과정에서 자료가 어떻게 처리되고, 각 단계에서 유의해야 할 점들은 무엇인지 알 수 있도록 변화가 필요한 것이다. 이러한 맥락에서 전 세계적으로 현행 통계교육의 문제점을 분석하여 개선하고자 하는 노력이 이루어지고 있으며, 이러한 노력 중 한 가지로 통계교육에서 통계적 문제해결과정의 필요성과 중요성이 강조되고 있다(Franklin, 2007; NCTM, 2000; Wild & Pfannkuch, 1999).

* 접수일(2019년 9월 3일), 심사(수정)일(2019년 9월 17일), 게재확정일(2019년 10월 10일)

* ZDM분류 : D1, K1, U2

* MSC2000분류 : 97D10, 97U20

* 주제어 : 통계적 문제해결과정, 중학교 통계, 교과서 분석, 국제비교연구

* 이 논문은 전혜원의 석사학위 논문인 「한국, 미국, 싱가포르 수학 교과서의 중학교 1학년 통계영역 비교연구」(2019)의 일부를 수정, 보완한 것이다.

† 교신저자 : kimrae@ewha.ac.kr

통계적 문제해결과정은 통계적 탐구 과정, 통계 조사 과정 등으로도 불리며, 학자마다 차이가 있지만, 일반적으로 문제 설정, 자료 수집, 자료 분석, 결과해석으로 이루어지는 과정을 의미한다. 앞서 언급한 통계적 사고와 소양은 실질적인 통계적 문제해결과정을 통해 통합적으로 발전될 수 있으며 이때 통계적 문제해결과정을 단계로 분리하여 경험하는 것보다 하나의 흐름으로 전체 과정을 모두 경험하도록 하는 것이 학생들의 통계적 사고 발달을 위해 필요하다(이윤경, 2009). National Council of Teachers of Mathematics(NCTM) 기준에서도 초중등 교육과정을 통해 모든 학생이 데이터 분석을 통해 답할 수 있는 질문들을 만들 줄 알아야 하고, 이에 대한 답을 하기 위해 적절한 자료들을 수집, 조직, 표현할 수 있어야 하며, 데이터 분석에 적절한 통계적 방법을 선택하여 사용할 수 있어야 하고, 데이터를 기반으로 한 추론과 예측을 할 수 있고 평가할 수 있어야 한다고 강조하고 있으며, 통계적 문제해결과정의 각 단계를 모두 경험하고 해결할 수 있어야 함을 강조하고 있다(NCTM, 2000).

우리나라 2015 개정 수학과 교육과정에서도 통계교육 개정 방향을 ‘실생활 중심의 통계 내용 재구성’으로 설정하였으며, 학생들의 통계적 소양 함양을 위해 실용통계 교육을 강조하여 기존 통계 교육과의 차이점을 두었다. 실용통계 교육이란 학생들이 실생활 자료를 이용하여 문제 설정, 자료 수집, 정리, 해석의 절차로 이루어지는 통계적 문제해결을 경험함으로써 정보의 합리적인 소비자와 생산자로 성장할 수 있도록 돕는 교육으로 통계적 문제해결 경험을 통한 통계적 소양 교육은 곧 실용통계 교육으로서의 의미를 지닌다(고은성 외 9인, 2017). 이러한 교육이 학교 수업에 실제로 적용될 수 있도록 통계적 문제해결에 적용하여 사용할 수 있는 ‘통그라미’ 프로그램이 교육과정에 맞게 활용될 수 있도록 지원되고 있으며, 실용통계 교육을 위한 교사 연수와 교사용 안내서가 보급되고 있다. 교육과정 상에서도 중학교 통계영역을 예로 들면, 중학교 1학년 통계의 단원명이 학습 내용을 나타내고 있지만, 통계 소양 교육을 나타내는 단원명으로 적절하지 않다는 의견에 따라 ‘도수분포와 그래프’에서 ‘자료의 정리와 해석’으로 수정되었으며, 통계 소양 교육을 위한 다양한 수업을 학습 부담 없이 진행하기 위하여 ‘확률과 통계’ 영역의 순서를 학년의 마지막에 배치하였다. 그러나 여전히 자료를 특성에 맞게 그래프로 표현하고 정리하는 등의 내용은 제시되고 있지만, 문제를 설정하여 자료를 수집하거나 계획을 수립하는 등의 내용은 교육 내용이나 성취기준에 명시되지 못하고 있다.

이러한 맥락에서 본 연구는 2015 개정 교육과정에 따른 수학 교과서에서 통계적 문제해결과정을 어떻게 다루고 있는지 구체적으로 살펴보고 미국 교과서의 비교 분석을 통해 향후 우리나라 수학 교과서의 개선 방향과 통계교육의 내실화를 위한 실천 방안에 대한 시사점을 얻고자 한다. 교과서는 교수학습의 주요 매개체로서 교육과정에서 제시한 교육 목표와 내용은 물론 현재의 교육관과 비전을 반영하기 때문에 교육과정에서 강조하는 통계적 문제해결과정이 어떻게 구현되는지 볼 수 있는 유용한 자료이다. 특히 우리나라는 교과서에 대한 의존도가 매우 높은 편이므로 교과서에 제시된 통계적 문제해결과정이 실제 수업 계획과 실행에도 영향을 미칠 수 있어 이를 분석해 보는 것은 매우 의미 있다고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 한국과 미국 수학 교과서의 중학교 1학년 통계영역에서 ‘통계적 문제해결과정’의 단계가 어떻게 구현되고 있는지 살펴보고자 한다. 특히 단일과제에 나타난 통계적 문제해결과정 단계의 범위와 유형을 조사하고 문제에서 다루고 있는 통계적 문제해결과정의 단계별 특징을 살펴봄으로써 우리나라 현행 수학 교과서에서의 통계적 문제해결과정의 문제점을 진단하고 개선 방안을 탐색하고자 한다. 이를 위하여 우리나라의 중학교 1학년 통계영역을 기준으로 한국 중학교 1학년 교과서 4종, 미국 중학교 수학 교과서 2종을 연구 대상으로 선정하였다. 분석은 단일과제에 나타나는 통계적 문제해결과정 단계의 개수와 유형을 분류함으로써 단일과제에서 경험할 수 있는 통계적 단계의 개수가 같은 경우라도 경험할 수 있는 활동의 내용과 범위에 차이가 있는지 확인하고, 통계적 문제해결과정의 각 단계의 요소들에 해당하는 문제들이 교과서와 나라별로 어떠한 공통점과 차이점이 있는지 살펴보았다. 이와 같은 분석 결과를 통해 향후 통계영역의 수학교육과정과 교과서 개발에 주는 시사점을 제공할 것이다.

II. 이론적 배경

1. 통계적 문제해결과정

최근 통계적 소양과 관련된 국내외 많은 연구에서 통계적 문제해결과정의 중요성이 강조되고 있다. 강현영 외(2014)는 “통계적 문제해결과정이란 학생들이 통계적 문제를 해결하는 과정에서 공통으로 경험하는 단계를 뜻하는 것이며, 연구자들 사이의 어느 정도의 공통된 관점이 존재하는 것(p.23)”으로 정의하였다. 연구자들은 4단계(배혜진, 이동환, 2016; Franklin et al., 2007) 또는 5단계(오영열, 이미연, 2008; Mackay & Oldford, 2000; Mooney, 1999)로 이루어진 통계적 문제해결과정을 제시하고 있다.

통계적 문제해결과정을 4단계로 나눈 경우로 Franklin et al.(2007)은 Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education(GAISE) 보고서에서 통계적 문제해결 단계를 문제 제기, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석의 과정으로 구성하여 제시하였다. GAISE는 통계적으로 사고하는 능력을 개발하기 위해 학생들이 통계적 문제해결과 의사결정이 자료 안의 변이성을 이해하고, 설명하고, 양화하는데 영향을 받는다는 것을 학습을 통해 배워야 한다고 진술하고 있다(고은성, 이경화, 2010). 통계적 문제해결과정의 관점에서 우리나라 초등학교 수학 교과서의 통계영역을 분석한 배혜진, 이동환(2016)의 연구도 선행연구를 바탕으로 공통된 통계적 문제해결과정의 단계를 구성하고자 하였으며, 그 결과 문제 설정, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석의 4단계로 제시하였다. 이는 GAISE에서 제시하고 있는 4단계와 대체로 일치한다.

Mackay와 Oldford(1994, 2000)는 통계적 문제해결과정을 문제(Problem), 계획(Plan), 자료(Data), 분석(Analysis), 결론(Conclusion)으로 구성된 5단계 순환구조의 PPDAC 모델로 설명하였으며, 각 단계는 순환적으로 이루어지는 활동이라고 정의하였다. 통계적 문제해결과정을 4단계로 나눈 Franklin et al.(2007)과 배혜진, 이동환(2016)과의 차이점은 ‘자료 수집’ 단계를 구체적으로 ‘계획’과 ‘자료’ 두 단계로 분류하여 제시하고 있다는 것이다. ‘계획’은 자료 수집을 계획하는 단계로 수집 방법, 표본의 설정, 자료 취급, 방향 설정과 분석 등을 계획하며, ‘자료’는 수집 계획을 실행하고 관리하며 정리하는 활동을 하는 단계이다.

Mooney(1999)는 중학생의 통계적 사고 수준을 조사하기 위하여 Mackay와 Oldford의 연구와 마찬가지로 5가지의 통계적 문제해결과정으로 제시하였다. 각 과정의 단계는 상호배타적이며, 5단계는 자료 수집, 자료 정리 및 요약, 자료 표현, 자료 서술, 자료 분석으로 구성되었다. Mooney의 5단계는 자료를 분석하는 과정을 상세히 분류하였다는 것이 다른 연구들과의 큰 차이이다. ‘자료 정리 및 요약’에서는 수집한 자료를 정리하고 조직하고 요약하는 것을 말하며 이때 자료를 요약하는 것은 대푯값이나 자료의 퍼짐을 나타내는 값 등을 사용하는 것을 의미한다. ‘자료표현’ 과정은 자료를 그래픽적 형태로 나타내는 것을 말한다(Mooney, 2002). 이 과정은 앞의 4가지 과정에 비해 가장 복잡한 통계적 사고 과정이다.

오영열, 이미연(2008)은 통계적 사고 함양을 위한 교육을 위해 초등 통계교육에 대한 국내·외 선행연구들에 대한 문헌 분석을 통해 통계적 문제해결과정을 5단계로 정리하였으며, 각 단계는 문제 만들기, 자료 수집, 자료 정리 및 표현, 자료 분석, 결론 및 추론이다. Mooney의 연구처럼 자료를 분석하는 과정을 수집한 자료를 정리하고 표현한 후에 표현한 자료를 읽고 분석하는 단계들로 세분화하였다. ‘자료 정리 및 표현’ 단계에서는 계획에 따라 수집한 자료를 정리하고 설정한 문제에 답을 쉽게 얻기 위해서 표나 그래프로 자료를 표현하는 활동을 한다. ‘자료 분석’ 단계에서는 계획했던 적절한 통계적 방법을 적용하는 것으로서 표현한 자료들 사이에서 규칙성을 찾거나 유용한 정보를 읽는 것 등을 포함한다. ‘결론 및 추론’ 단계에서는 자료를 분석한 것을 바탕으로 설정한 문제에 대한 해석을 내리며, 이에 따라 결론을 도출하거나 새로운 생각을 창출한다.

이들 선행연구에서 나타난 통계적 문제해결과정을 종합하여 비교하고 이를 바탕으로 공통적인 통계적 문제해

결과정을 추출해 보면 아래 <표 II-1>과 같다.

<표 II-1> 통계적 문제해결과정의 선행연구

Mackay, Oldford (1994)	문제	계획	자료	분석		결론
Mooney (1999)		자료수집	자료 정리 및 요약	자료표현	자료 서술	자료 분석
GAISE 보고서 (2007)	문제 제기	자료 수집	자료 분석		결과 해석	
오영열, 이미연 (2008)	문제 만들기	자료 수집	자료 정리 및 표현	자료 분석		결론 및 추론
배혜진, 이동환 (2016)	문제 설정	자료 수집	자료 분석		결과 해석	
↓						
공통적인 통계적 문제해결 과정	문제 설정	자료 계획 및 수집	자료 표현 및 분석		결과 해석	

<표 II-1>에서 보듯이 학자별로 제시하는 용어의 의미나 문제해결과정 단계의 차이는 조금씩 있었지만, 대체로 통계 조사 과정을 문제 구성부터 결과 해석까지의 일련의 과정으로 보았다는 점에서 공통점이 있었다. 앞선 연구들을 종합하여 보았을 때, 통계적 문제해결과정은 먼저 목적을 확인하여 문제를 제기하고, 설정한 문제에 따라 계획하여 자료를 수집하고, 수집한 자료를 표현하고 서술하는 분석을 하고, 마지막으로 결과를 해석하여 결론을 도출하는 것이었다. 이에 따라 본 연구에서는 통계적 문제해결과정을 문제 설정, 자료 계획 및 수집, 자료 표현 및 분석, 결과 해석의 4단계로 구성하였으며, 구체적인 분석틀과 분석 방법에 대해서는 III절의 연구방법에서 기술하였다.

2. 통계적 문제해결과정에 대한 선행연구 고찰

통계적 문제해결과정이 강조됨에 따라 학생, 교사, 교과서를 대상으로 통계적 문제해결과정을 분석하는 선행 연구들이 있었다. 이러한 기존의 연구들 중에서 학생을 대상으로 하는 주미경, 김소연, 배기태, 정희수, 정수용 (2018)의 연구는 통계적 탐구 기반 활동으로 수업을 진행하였을 때, 고등학교 학생들의 통계적 소양 수준이 어떠한가를 분석하였다. 탐구 과정은 문제 설정, 자료 수집, 자료 분석, 자료 표현, 결과 해석의 과정으로 구성하였다. 연구 결과 대체적으로 학생들의 통계적 소양 수준은 중 수준이었지만, 자료 수집이나 결과 해석 과정에서 하 수준으로 나타났다. 학생들이 겪는 대표적인 어려움은 탐구 문제의 관점에서 탐구 과정을 문제 설정부터 결론에 이르기까지 일관성 있게 조직화하지 못한다는 것이었다. 학생들과 마찬가지로 예비교사들도 통계적 문제해결과정에서 낮은 이해와 지식을 보였는데, 예를 들어 예비교사를 대상으로 이루어진 고은성, 박민선(2017)의 연구는 예비 초등 교사들에게 통계적 포스터를 비판적으로 분석하게 하였을 때 통계적 문제해결의 각 단계에서의 이해가 어떠한지를 조사하였다. 연구 결과 선행 연구에서 제시하는 통계적 문제해결의 각 단계의 이슈는 학교통계교육에 맞게 재구성될 필요가 있었으며, 예비 초등 교사들이 통계적 문제해결을 학생들에게 가르치기에는 이해와

지식이 불충분하였다. 특히, 예비 초등 교사들은 문제 설정 단계에서 가장 빈약한 결과를 보였으며, 그 원인은 교과서에서 제시되는 문제가 자료 수집 단계나 자료 분석 단계부터 있었기 때문이다.

교과서를 대상으로 한 기존의 연구들에서는 비슷한 연구 결과를 보였다. 초등학교 교과서를 대상으로 분석한 배혜진, 이동환(2016)의 연구는 통계적 문제해결과정을 문제 설정, 자료 수집 및 계획, 자료 분석, 결과 해석의 4 단계로 분석한 결과, 자료 분석에 해당하는 문항이 85.6%로 나머지 통계적 문제해결 단계에 비해서 월등히 높았다. 중학교 교과서를 대상으로 이루어진 고상미, 김미순, 정재균, 조완영(2017)의 연구는 2009 개정 교육과정에 따른 중학교 3학년 수학 교과서 9종의 통계단원에서 나타난 문항들이 통계적 소양을 기를 수 있도록 구성되어 있는지 살펴보고자 하였으며, 통계적 문제해결과정은 문제 설정, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석으로 나누어 분석하였다. 연구 결과는 교과서 문항의 21.7%가 단순 공식 암기 문항으로 통계적 문제해결과정이 나타나지 않았으며, 통계적 문제해결과정이 나타난 문항 중에서는 자료 분석 과정이 72.8%로 가장 많았다. 이 때 자료 분석 과정에서 기계적인 계산문제가 다수를 차지했다. 장아름, 김인수(2015)의 연구도 중학교 교과서를 대상으로 이루어졌는데, 2009 개정 교육과정에 따른 중학교 1학년 수학 교과서의 통계 단원에서 통계적 사고를 향상시키기 위하여 문항이 어떻게 구성되어 있는지 분석하였다. 문항 분석 기준은 ‘자료 수집하기, 자료 기술하기, 자료 정리·요약하기, 자료 표현하기, 자료 분석·해석하기’였고 분석 결과, 그래프나 표에서 알 수 있는 정보를 읽는 ‘자료 기술하기’ 문항이 가장 많이 나타났다.

선행연구들로부터 학생과 교사 모두 통계적 문제해결과정의 단계에서 이해와 지식이 불충분하며 특히 문제 설정, 자료 수집, 결과 해석 단계에서 부족하다는 것을 알 수 있었다. 이러한 원인 중 하나는 교과서의 과제나 자료 수집이나 분석부터 시작되거나, 단일과제에서 통계적 과정이 일관성 있게 처음부터 끝까지 모두 경험할 수 없다는 점을 생각할 수 있다. 또한 교과서들을 분석한 결과로는 통계적 문제해결과정의 단계 중에서 자료를 분석하는 단계의 과제들이 대부분 제시되고 있었다는 일관된 결과를 보였다. 따라서 본 연구에서는 2015 개정 수학과 교육과정에 따른 중학교 1학년 교과서와 미국 교과서의 통계 단원을 통계적 문제해결과정의 관점에서 단일과제에 통계적 과정의 단계가 얼마나, 어떻게 나타나고 있는지 분석하고자 한다. 분석할 때, 교사들의 통계적 과정의 이해와 지식이 부족하다는 선행연구에 따라, 경우에 따라서 지도서를 함께 참고하고자 한다.

3. 한국과 미국의 교육과정

우리나라 수학과 교육과정은 ‘국가 수준 교육과정 체제’로 운영되고 있다. 2015년 9월에 고시된 2015 개정 수학과 교육과정은 현재 순차적으로 초등학교의 경우 2017년부터, 중학교와 고등학교는 2018년부터 학교 현장에 적용되고 있다. 특히 2015 개정 수학과 교육과정에서 실생활 중심의 통계적 소양 교육을 강조하고 있으며, 이에 따라 학습 내용을 재구성하였다. 미국은 국가 공통의 교육과정이 없고 주마다 교육과정이 다르지만 2010년에 미국수학교사협회(NCTM)는 미연방정부와 협력 하에 여러 주가 공통으로 사용할 수 있는 Common Core State Standards for Mathematics(CCSSM)을 제안하였다. CCSSM은 약 10년 주기로 시대가 변화함에 따라 학생들이 배워야 하는 수학 내용을 선정하고 있으며, 수학적 실천 기준과 내용 기준으로 이루어져 있다.

우리나라와 미국의 중학교 통계영역에서 학습하는 개념을 정리한 결과 <표 II-2>와 같다. 미국의 CCSSM은 한국 교육과정과 같이 학습하는 개념을 용어로 명확하게 제시하지 않기 때문에 각국의 교육과정과 교과서, 그리고 선행연구(권나영, 김진호, 2017; 정영옥 외, 2016)를 바탕으로 정리하였다. 그 결과, 우리나라는 중학교에서 통계영역을 1학년과 3학년에서 다루고 있지만, 미국은 1학년부터 3학년까지 모든 학년에서 통계영역을 다루고 있었다. 학습하는 내용에서도 차이가 있었는데, 미국은 우리나라 중학교 통계영역에서 다루지 않는 상자그림, 사분위 범위, 샘플링, 시뮬레이션 등을 다루고 있다.

성취기준의 경우에 한국 교육과정에서는 “자료를 줄기와 잎 그림, 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형으

로 나타내고 해석할 수 있다(교육과학기술부, 2015, p.36).”, “중앙값, 최빈값, 평균의 의미를 이해하고, 이를 구할 수 있다(교육과학기술부, 2015, p.36).”와 같이 학습하는 개념을 표현하고 계산하는 것을 목표로 제시하고 있다. CCSSM은 “통계적 변이성에 대한 이해를 높인다(p.45).”와 같이 성취기준을 제시하고 교과서에서 이에 대한 개념으로 변이성과 분포를 강조하는 상자그림, 사분위 범위, 히스토그램, 분포의 모양 등을 학습할 수 있도록 하고 있다.

<표 II-2> 한국과 미국의 중학교 통계영역

학년	한국	미국
1	자료의 정리와 해석 (줄기와 잎 그림, 도수분포표, 히스토그램, 도수분포다각형, 상대도수)	자료와 그래프 (도수분포표, 점도표, 최빈값, 중앙값, 사분위 범위, 범주형 자료와 수치형 자료, 절대평균편차, 히스토그램, 상자그림)
2	없음	자료 수집(샘플링), 자료 정리와 해석(시뮬레이션)
3	대푯값과 산포도 (중앙값, 최빈값, 평균, 분산, 표준편차) 상관관계 (산점도, 상관관계)	이변량 자료 패턴 (이변량 데이터, 패턴, 부적 및 정적 관계, 선형 관계 및 비선형 관계, 직선, 산점도, 산형 모델 활용)

미국은 통계소양교육을 위해 100년이 넘는 오랜 기간 동안 노력해왔으며, 통계학회(The American Statistical Association, 이하 ASA)에서 통계소양교육 가이드라인으로 2007년 GAISE와 2015년 Statistical Education of Teachers(SET)를 개발하여 제시하고 있다(김정란, 김응환, 2017). 이 보고서들에서는 수학과 다른 통계교육의 특수성을 언급하면서 구체적으로 통계적 문제해결과정을 개념틀/framework로 구성하여 제시하면서 변이성을 비롯한 중요한 통계적 아이디어들과 맥락 속에서 어떻게 통계적 사고를 발전시킬 수 있는지, 효과적인 통계교육을 위해 교사들이 갖추어야 할 통계적 소양과 통계 교수학습에 대해 상세히 제시하고 있다. 이러한 미국의 통계교육에 대한 노력에 비추어볼 때 미국 교과서와의 비교연구는 우리나라 통계교육의 개선과 발전에 중대한 시사점을 제공할 수 있을 것으로 보여 본 연구에서 미국 교과서를 하나의 대안적 사례로서 비교 대상으로 선정하고 비교·분석하였다.

III. 연구방법

1. 연구대상

비교 연구를 위해서는 동일한 통계적 개념과 내용을 대상으로 한 교과서 선정이 필요하기 때문에 우리나라의 중학교 1학년 수학 교과서의 통계영역을 기준으로 우리나라 교과서 4종과 미국 교과서 2종을 연구 대상으로 선정하였다. 분석 대상은 한국의 경우에는 천재교육, 비상교육, 동아출판, 좋은책 신사고에서 출판한 각 1종의 교과서였으며, 미국은 CMP(Connected Mathematics Projects)3 교과서와 MiC(Mathematics in Context) 교과서였다. 6종의 교과서는 편의상 A, B, C, D, CMP3, MiC로 표기하였으며, 순서는 임의로 제시하였다. 선정된 한국의 교과서 4종은 2015 개정 수학과 교육과정에 따른 것이다. 한국 교과서는 국가 수준의 교육과정 내용에 따라 개발되었기 때문에 학습 내용은 큰 차이가 없지만, 단원 및 내용 구성 체계가 출판사마다 조금씩의 차이가 있었다. 이에 본 연구에서는 김인정 교과서 10종 중 소단원 구성을 기준으로 4가지 유형으로 나누어 임의로 유형별로 한 종류씩 선정하였다. 2015 개정 수학과 교육과정의 교수·학습 방법에서 ‘실생활 및 수학적 문제 상황에서 적절

한 자료를 탐색하여 수집하고, 목적에 맞게 정리, 분석, 평가하며, 분석한 정보를 문제 상황에 적합하게 활용할 수 있게 한다'는 내용이 추가되었으며(교육부, 2015), 이러한 실생활 맥락의 교육을 강조함에 따라 미국 교과서를 선정함에 있어 실생활 및 타 분야와의 관련성을 중시하는 개혁 지향의 교과서를 선정하고자 하였다. CMP3 교과서는 CCSSM을 반영하여 2014년에 개정되었다. 실생활 소재를 바탕으로 탐구 과제를 제공하고 학생이 과제를 해결하는 과정에서 수학적 개념을 학습할 수 있도록 개발되었다. MiC 교과서는 Freudenthal의 RME 이론을 기본으로 하여 생활 속 소재를 소주제로 단원을 구성하여, 학생들이 소주제 속에서 스스로 개념을 형성해나갈 수 있도록 개발되었다. 두 교과서 모두 실생활 문제 상황을 제시하고 이를 해결하는 과정에서 수학 개념을 탐구하게 한다는 것에서 공통점이 있다. 학생과 학생, 학생과 교사 간의 의사소통을 중요시하고 있으며, 비판적 사고를 기르는데 중점을 두고 있기 때문에 학생들의 통계적 사고를 발달시키기 위해 비판적 사고를 중요시하는 통계교육을 연구하기에 적절하다고 판단하였다.

본 연구는 우리나라와 미국의 국제비교연구로서 두 나라의 교육과정의 구성과 위계, 학년 편제가 서로 다르기 때문에 우리나라 교과서의 2015 개정 교육과정 중학교 1학년 통계영역에서 다루고 있는 개념을 기준으로 그에 해당하는 미국 교과서의 단원을 추출하여 연구 대상으로 선정하였다. 우리나라의 중학교 1학년에서 다루는 통계 개념을 줄기와 잎 그림, 도수분포표, 히스토그램과 도수분포다각형, 상대도수로 분류한 후에 미국 교과서에서 해당하는 단원들을 선정하였다. 그 결과 분석 대상 단원으로 MiC 교과서에서는 7학년의 'Section C. Stems-and-Leaf Plots and Histograms', 'Section D. Histograms and the Mean'과 8학년의 'Section D. Using Data'이고, CMP3 교과서에서는 6학년의 '1.1. How Many Letters Are in a Name?', '4.1. Traveling to School', '4.3. How Much Taller Is a 6th Grader Than a 2nd Grader?'과 7학년의 '3.3 Five Chocolate Chips in Every Cookie', '1.3 Pick Your Preference', '2.1. Asking About Honesty'이 선정되었다.

이 때 미국의 교과서에는 새롭게 학습하는 개념과 함께 이전의 학습 개념을 제시하여 과제를 해결하도록 하는 경우들이 있기 때문에, 과제에 대한 통계적 문제해결과정을 분석할 때, 단일과제에 우리나라에서 다루지 않는 개념이나 분석 대상이 섞여 있는 불가피한 경우라도 해당 개념을 다루고 있기 때문에 분석에 포함시켰다. 단원 내에서 빈칸 채우기 문제와 단원의 시작 전에 선수지식을 질문하는 문제들은 제외하고는 교과서에 수록된 모든 기본 과제와 수행 과제, 프로젝트형 과제 등을 분석 대상으로 삼았다. 이러한 기준을 토대로 분류한 결과 각 교과서에 포함된 문제의 개수는 A 교과서 80문제, B 교과서 62문제, C 교과서 93문제, D 교과서 64문제였으며, CMP3 교과서 138문제, MiC 교과서 92문제였다. 통계적 문제해결과정의 각 단계별 특징을 살펴보기 위해서 분석단위를 각 문제로 설정하여 분석하였지만 단일과제에 나타난 통계적 문제해결과정 단계의 범위와 유형을 조사하기 위해서는 통계적 문제해결과정의 연속성과 일관성 확보를 위해 통계적 문제 상황을 하나의 과제로 보고 분석하였다.

2. 분석틀

본 연구에서는 앞서 II절에서 고찰하였던 선행연구(배혜진, 이동환, 2016; 오영열, 이미연, 2008; Franklin et al., 2007; Mackay & Oldford, 2000; Mooney, 1999)를 토대로 <표 II-1>에서와 같이 통계적 문제해결과정의 단계를 문제설정, 자료 계획 및 수집, 자료 표현 및 분석, 결과 해석의 네 단계로 나누었다. 세부적인 하위요소 역시 선행연구를 토대로 각 단계의 핵심 아이디어들을 중심으로 통계적 사고의 구성 요소들을 추출하고 수정, 보완 하여 <표 III-1>과 같이 구성하였다.

<표 III-1> 통계적 문제해결과정의 관점에 따른 분석틀

단계	구성요소	코드	하위 요소	
문제설정 (Formulate questions)	문제의 파악	F1	자료를 수집하기 전에 자료를 수집하는 이유를 파악하며, 자료 수집과 자료 분석, 결과 해석의 동기를 유발할 수 있도록 문제를 파악한다.	
	문제의 설정	F2	조사하고자 하는 주제에 맞는 문제를 설정한다.	
자료 계획 및 자료수집 (Plan and collect data)	자료 수집 계획	P1	적합한 자료를 수집하기 위해 계획을 설계한다.	
	자료 수집 계획 이행	P2	자료를 수집하기 위해 설계한 계획대로 관찰, 측정, 설문 등을 통해 자료를 얻는 활동을 진행한다.	
자료 표현 및 분석 (Represent and analyze data)	표현 도구 선정하기	R1	R1.1	표현 도구들을 이해하고 유용성을 인식한 후에 자료에 적합한 표현 도구를 선정한다.
			R1.2	선정한 표현 도구를 어떻게 표현해야 자료 집단의 특성을 효과적으로 드러낼 수 있는지 고려한다.
	변환하기	R2	자료를 선정한 표현 도구를 이용하여 변환한다.	
	분석	R3	R3.1	표현도구들에서 제목이나 축의 이름, 주어진 자료 이름 등과 같이 그래프에서 확실히 시각화된 자료를 명확히 관찰하는 것으로 한 눈에 바로 읽을 수 있는 정보를 읽을 수 있다.
			R3.2	국소적인 시각으로 표현된 자료들의 관계를 비교한다. 이 때 문맥에서 요소의 의미를 고려하지 않고 시각적인 것으로 해석한다.
			R3.3	표현된 값의 대부분 또는 전부를 종합하거나 통합해서 하나의 진술이나 관계로 분석한다.
결과 해석 (Interpret results)	I1	자료 분석을 바탕으로 초기에 설정한 문제와 연관 지어서 해석한다. 자료에 내재되어 있는 의미로부터 추론하고 예측하여 자료 이면에 있는 정보를 추론한다.		
	I2	해석한 것을 확인하고 평가한다.		

문제 설정(Formulate questions) 단계는 통계 조사를 해야 할 문제를 찾고 이해하고 선정하는 단계이다. F1은 먼저 문제 상황을 학생들이 파악한 후에 명확히 하는 단계이며, F2는 문제를 설정할 때 연구주제 및 목적에 적합하고, 자료를 통해 답을 해결할 수 있는 문제를 1-2문제로 설정하는 단계이다.

자료 계획 및 자료 수집(Plan and collect data) 단계는 적절한 자료를 모으기 위해 계획을 세우고 이를 시행하는 단계이다(Franklin et al., 2007). P1은 적합한 자료를 수집할 수 있도록 계획을 세우는 단계로 대표성을 만족하는 적절한 표집을 선정하고, 적절한 자료 수집 방법을 사용하며, 표집을 선정할 때 표본의 크기를 고려하고, 범주의 적절성 고려하는 등의 활동을 한다. P2는 P1에서 설계한 계획대로 자료 수집 과정을 실행하는 단계이다. 이 단계를 학습한 후에 학생들이 자료 수집 계획을 세울 때 고려해야 하는 것들을 인식하고 이를 바탕으로 적절한 자료 수집 과정을 이행할 수 있도록 교과서의 과제가 제시되어야 한다.

자료 표현 및 분석 (Represent and analyze data)의 과정에서는 수집한 자료를 목적에 맞게 분류, 정리, 분석할 수 있어야 한다. 자료를 어떤 표현 도구를 사용(R1.1)하여 어떻게 나타내는지(R1.2)에 따라 자료에 대한 예측과 패턴이 달라질 수 있기 때문에 이는 자료를 분석하고 해석할 때 중요하다(Ben-Zvi & Garfield, 2004). 따라서 자료를 표현하는 최적의 표현 도구를 학생들이 선택할 수 있어야 하기 때문에 R의 하위요소로 표현 도구를 선정하는 R1을 구성하였다. 그 다음 R2는 선정한 표현도구로 자료를 변환하는 활동이다. R3은 자료를 분석하는 단계인데, 이 때 본 연구에서의 R3은 자료를 분석하는 단계로 자료 속의 숨은 의미를 이해하고, 추론하는 것이 아닌 있는 그대로의 자료를 읽어낼 수 있는가에 대한 것이다(김민경, 김혜원, 2011). R3은 자료를 일부 또는 전

체에 주목하여 읽는 단계이며, 자료의 분포 상태와 특징을 이해하는 통계적 사고를 요구하는 문제도 자료 분석 과정으로 분류한다(이종학, 김원경, 2011). NCTM(2000)에서는 학생들이 그래프를 분석할 때, 자료 일부에만 주목하는 것이 아니라 자료 전체에 주목하여 설명할 수 있도록 하고 있지만, 우리나라 교육과정에서는 이러한 관점에 대한 진술을 찾기 어렵기 때문에 그래프를 분석하는 활동을 어떻게 전개시키고 있는지에 대한 연구가 필요하다(이경화, 지은정, 2008). 이러한 선행연구에 따라 자료를 분석하는 R3을 자료를 한눈에 읽는 R3.1, 일부에만 주목하여 관계를 비교하는 R3.2, 전체적인 분포의 특징을 분석하는 R3.3으로 세분화하여 분류하였다.

결과 해석 (Interpret results) 단계는 기술적으로 분석하는 것이 아니라, 이전에 분석한 정보를 바탕으로 내재된 의미를 올바르게 파악하여 해석, 종합, 활용할 수 있음을 의미한다. 결과 해석 단계에서는 자료 분석과정을 통해 지각된 패턴에 어떠한 대응을 해야 하는지 결정할 수 있고(Pfannkuch, 2005), 해석 과정에서는 표본에서 모집단의 특성을 파악하는 사고를 갖고, 모집단의 분포를 추론할 수 있어야 한다.

3. 분석 방법

단일과제에 나타난 통계적 문제해결과정 단계의 범위와 유형을 조사하기 위해 분석 단위인 통계적 문제 상황을 기준으로 연구 대상이 되는 문제들을 분류하였다. 연구대상이 되는 문제들을 분석 단위인 과제로 재분류한 결과, 한국의 A 교과서 45과제, B 교과서 37과제, C 교과서 49 과제, D 교과서 32 과제가었으며, 미국의 CMP3 교과서 15과제, MiC 교과서 13과제이었다. <표 III-1>의 분석틀에 의하여 단일과제에 포함되어 있는 각각의 문제별로 해당하는 코드를 부여하였다. 코딩을 한 후에, 단일과제에 통계적 문제해결과정이 몇 단계 걸치는지 보기 위해 단일과제에서 코드 문제설정(F), 자료 계획 및 자료수집(P), 자료 표현 및 분석(R), 결과 해석(I)의 네 단계 중에 몇 단계가 포함되어 있는지 개수를 센 후에 비율을 구하였다. 그 다음 유형을 분류하기 위해서 단일과제에 포함되는 코드 F, P, R, Q를 조합하여 나타냈다. 예를 들어, 단일과제에 문제 설정(F2), 자료 수집 계획(P1), 자료 수집 이행(P2), 자료의 변환(R2)의 문제가 포함된 경우에는 FPR 유형으로 분류하였고, 자료 수집 계획(P1), 표현 도구의 유용성 인식(R1.1), 자료에 내재된 의미를 예측하고 추론하여 결과 해석(I1)하는 문제가 포함된 경우에는 PRI 유형으로 분류하였다. 이 두 유형은 단일과제에 통계적 문제해결과정의 세단계가 포함된다는 점은 같지만, 유형의 차이가 있음을 나타낸 것이다. 본 논문에 나타나는 유형들은 모두 이러한 방식으로 분류하여 구분한 것이다.

문제에서 다루어지고 있는 통계적 문제해결과정의 각 단계별 특징을 보기 위해서는 분석 단위를 단일과제가 아니라 과제 안의 문제들을 개별적인 분석 단위로 보고 모든 문제에 해당하는 통계적 문제해결과정의 단계를 요소별로 분석하고 각 과정의 단계에 해당하는 문제의 개수와 비율을 구하였다. 양적 분석이 끝난 후에 질적으로 각 단계의 세부요소별로 어떠한 특징의 문제가 나타나는지 의미를 중심으로 분석하였다. 예를 들어, 같은 자료 표현 및 분석(R) 단계의 문제이더라도 세부적으로 R1, R2, R3을 분류하여 특징을 찾고자 하였으며, 모든 단계를 이러한 방식으로 나누어 분석하였다.

IV. 연구결과

1. 단일과제에 대한 통계적 문제해결과정 단계 분포 분석

단일과제에 통계적 문제 해결 과정 4 단계 중 몇 개의 단계를 포함하는지 개수를 세어 각 교과서별로 해당하는 문항의 수를 소수점 아래 두 번째 자리에서 반올림한 비율로 나타내어 정리한 결과는 <표 IV-1>과 같다.

<표 IV-1> 교과서별 단일과제에 포함된 통계적 문제해결과정 단계 분포(%)

	한국				미국	
	A	B	C	D	CMP3	MiC
네 단계	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	5.9
세 단계	2.2	0.0	2.0	0.0	20.0	11.8
두 단계	4.4	2.7	6.1	9.4	6.7	5.9
한 단계	93.4	97.3	91.9	90.6	60.0	76.5

분석 결과 <표 IV-1>와 같이 단일과제에 통계적 문제해결과정의 전 단계를 포함하는 경우는 미국의 CMP3 교과서(13.3%)와 MiC 교과서(5.9%)에서만 나타났으며 한국 교과서에서는 찾아볼 수 없었다. 세 단계를 포함하는 경우도 한국 교과서에서는 A교과서(2.2%)와 C교과서(2.0%)에서 나타나기는 했으나, CMP3(20.0%), MiC(11.8%)로 미국 교과서에서는 한국의 교과서보다 상대적으로 더 높은 비중을 차지하고 있었다. 반면 한 단계를 포함하는 경우는 한국과 미국 교과서 모두 가장 큰 비중을 차지하고 있기는 하지만 한국 교과서에서는 모두 90% 이상의 매우 높은 비율을 차지하고 있다는 점은 주목할 필요가 있다. 즉, 한국 교과서의 대부분의 과제가 한 단계만 경험하도록 함으로써 통계적 문제해결과정을 통합적으로 이해하고 실행할 수 있는 기회가 매우 적다는 것이다.

4단계를 모두 포함하는 단일과제는 미국 교과서에서만 나타났는데 공통적으로 구체적인 문제 상황 한가지로 소단원 전체가 구성되어 있으며, 단일과제가 여러 개의 하위 문제들로 구성되어 있었다. 또한 선수 학습된 통계적 개념들을 새로운 개념과 함께 적용하여 문제를 해결하게 하는 것 또한 공통적이었다. 이에 비해 한국 교과서들은 소단원이 수학 개념을 중심으로 한 학습 목표에 따라 구성되어 있어 선수학습개념을 적용하여 문제를 해결하는 과제는 매우 미미했다. 따라서 통계적 문제해결과정을 모두 경험하게 함에 있어 교과서 구성과도 연관성이 있을 수 있다는 가능성에 무게를 두고 심층 분석해 볼 필요가 있다.

한국의 교과서에서 단일과제에 통계적 문제해결과정의 두 단계 이상이 포함되는 경우도 대부분 FPR, PR 유형 등 그 유형이 매우 유사하였다. 구체적인 문제 상황이 주어지지 않는 경우에는 [그림 IV-1]과 같이 조별로 관심 있는 문제를 설정(F2) 하고, 교실의 학생들을 대상으로 하거나 인터넷을 통해 자료를 수집(P2)하고, 수집한 자료를 표나 그래프로 나타내고(R2), 표현한 표나 그래프의 분포의 특징을 분석(R3)하는 것과 같이 4개의 하위 문제들로 구성된 공통된 형태(FPR유형)의 문제로 나타났다. 문제 상황이 주어질 때는 대체로 자료를 수집(P2)하고, 그래프로 나타낸 후에 분석(R2, R3)하는 PR유형의 형태로 나타났다. 이 때 나타낸 표나 그래프를 분석하는 문제의 경우에는 지도서에서 제시하고 있는 예시 답안을 참고하여 본 연구에서 설정한 분석틀에 따라 분석 코드를 R3.3으로 부여하였다. 자료의 분포 상태와 특징을 이해하는 사고가 자료 해석 이전에 자료를 정리하고 요약하는 단계에서의 사고 요소로도 볼 수 있다는 이종학, 김원경(2011)의 기준과도 일치한다. 미국의 교과서에서도 FPR 유형의 과제가 제시되고 있었는데, 한국 교과서의 과제와의 차이점은 구체적인 문제 상황이 주어지고 있었으며, 표나 그래프로 표현한 자료를 분석할 때 동일한 자료를 다양한 그래프들을 통해 비교할 수 있도록 문제가 구체적으로 주어지고 있었다는 점이다.

활동

모둠별로 다음 순서에 따라 활동을 해 보자.

- (1) 모둠별로 관심 있는 주제를 정하고, 관련된 자료를 수집해 보자.
- (2) 수집한 자료가 적절한지 판단하고, 그 근거를 설명해 보자.
- (3) 수집한 자료를 통그라미를 이용하여 표나 그래프로 나타내 보자.
- (4) 나타낸 표나 그래프를 보고 자료의 분포의 특징을 말해 보자.

[그림 IV-1] 한국 교과서 FPR유형 사례(강욱기 외, 2018, p. 275)

한국 교과서에서는 FPR, PR 유형만 나타나는 것에 비해 미국 교과서에는 FPR 유형 외에도 FRI, PRI, FR, RI 등과 같이 다양한 유형의 과제들이 제시되고 있었다. 실사 자료수집 단계가 없는 유형인 경우라 하더라도, 오히려 다양한 자료를 제공해줌으로써 학생들이 문제에 필요한 자료 외에도 다른 자료를 통해 여러 맥락에서 분석하고 결론을 도출할 수 있도록 한다는 점에서 한국 교과서와 차이점이 있었다. 예를 들어, 대통령 취임 시 나이를 분석하는 문제임에도 불구하고 역대 대통령들의 취임 시 나이뿐만 아니라 생년월일, 사망한 날짜, 사망할 때 나이를 주고 있어서 문제에서 물어보는 답만 구하는 것이 아니라 학생들이 자료들을 통해 추론하고 예측할 수 있도록 하고 있었다. 또한 자료 분석과 결과 해석에 집중할 수 있도록 I단계까지 이루어지는 과제 유형(FRI, PRI, RI)들이 제시되고 있었다. 예를 들면, [그림 IV-2]와 같은 PRI 유형의 과제는 주어진 문제에 대해서 자료를 수집한 후에 자료를 표현하고 분석하고 결과까지 도출하는 유형이다.

Preference	Votes From Internet	Votes From 7th Graders
Front	97	27
Middle	50	22
Back	18	14
Total Votes	165	63

Preference	Votes From Internet	Votes From 7th Graders
Airtime	88	31
Height	36	24
Inversions	59	29
Smoothness	39	12
Speed	105	57
Total Votes	327	153

- A As a class, answer the two Roller Coaster Survey questions. On a copy of the tables on the previous page, record your class data.
- B For each survey question, make *bar graphs* of the three data sets: the Internet data, the 7th-grade data, and your class data. Use percents to report relative frequencies on your bar graphs.
- C Which measure(s) of center—*mean*, *median*, or *mode*—can you use to describe these results? Explain.
- D
 1. For each survey question, write two statements comparing results from the three data sets.
 2. Write two statements to summarize the data collected from the Roller Coaster Survey. How are the summaries useful?
- E Suppose 400 people ride a roller coaster in one day. How many of them would you predict want to sit at the front? Explain.

[그림 IV-2] CMP3 교과서 PRI유형 사례(Lappen at al., 2014, pp. 13-15)

[그림 IV-2]의 과제는 상대도수 학습단원의 과제의 일부로 교과서에서는 놀이공원의 롤러코스터를 탈 때 선호하는 자리와 특성에 대한 질문이 있는 설문지와 함께 인터넷과 7학년 학생들의 설문결과 자료를 제공하고 있었다. 문제에서는 교실의 학생들을 대상으로 설문지 응답에 대한 자료를 직접 수집(P1)하도록 하고, 도수들을 모두 상대도수로 변환(R2)하여 설문지의 각 질문에 대한 결과를 세 가지 자료를 이용하여 비교하여 분석할 수 있도록 하고 있었다(R3). 마지막으로 분석 결과를 바탕으로 만약 400명의 사람들이 롤러코스터를 탈 때, 얼마나 많은 사람들이 앞자리를 선호할 것인지 예측하는 활동을 할 수 있도록 하였다(I1). 지도서에서는 이에 대한 다양한 예측 답안이 나올 것을 기대하는데, 학생들은 이 활동을 통해 앞자리를 선호하는 상대도수가 인터넷은 0.59, 7학년 대상은 0.43, 교실 학생들을 대상으로 한 결과까지 세 값을 다른 값들과의 비교를 통해 자신들만의 추론으로 예측하고 결과를 해석할 수 있게 되는 것이다.

2. 통계적 문제해결과정 각 단계에서의 특징

(1) 문제설정

첫 번째 단계인 문제설정 단계에서는 한국 교과서와 미국 교과서의 차이가 나타났는데 한국 교과서들은 학생들이 직접 문제를 설정하도록 하는 F2 요소를 포함하는 문제들(0.9%)이 있었던 반면 미국 교과서들은 주어진 문제 상황에 대하여 문제를 파악하는 F1 요소를 포함하는 문제들(3.4%)이 많았다. 즉, 한국의 교과서는 학생들이 관심 있는 자료를 스스로 수집할 수 있도록 자유롭게 주제를 정하는 것을 지도의 주안점으로 두고 있었지만, 미국은 구체적인 상황 속에서 어떤 문제를 설정하고 통계적 문제해결과정을 계획해야 하는지 결정할 수 있도록

하고 있다는 점에서 차이가 있었다. 따라서 한국 교과서는 학생들에게 자율적인 선택과 결정의 기회를 제공하고 있지만 한편으로는 통계적 문제해결과정의 타당성 확보와 정당화 과정을 거치도록 지도할 필요가 있다.

(2) 자료 계획 및 자료 수집

자료 계획 및 자료 수집 단계에서는 한국의 교과서는 자료 수집을 실행하는 P2 요소의 문제가 3.2%로 자료 수집을 계획하는 P1 요소의 문제(0.8%)보다 더 많은 비중을 차지하고 있었으며, 반대로 미국의 교과서는 P1 요소의 문제가 2.9%로 P2 요소의 문제(1.6%)보다 더 많았다. 특히, 교과서 A, C의 경우에는 P1 요소의 문제가 제시되지 않고 있었는데, 자료 수집 단계에서 발생한 오류는 처리 방법이 자료의 재수집 외에는 없기 때문에 자료 수집을 실행하기 전에 적절한 표집 선정, 적절한 자료 수집 방법 사용, 표본 크기 고려, 범주의 적절성 고려 등에 대한 계획을 잘 세울 수 있도록 교과서에서 P1 요소의 과제도 제시할 필요가 있다. 자료를 직접 수집하는 P2 요소의 문제는 한국의 교과서는 자료 수집 방법이 교실의 학생들을 대상으로 하거나 인터넷을 통해 조사하는 방식으로 제시되고 있었으며, 미국의 교과서는 설문지를 제공해주거나 실험을 통해 자료를 수집하는 방식도 다루고 있었다. 한국 교과서에서 자료 수집 방법의 다양화도 고려해 볼 필요가 있으며 그러기 위해서는 해결할 문제와 맥락 역시 다양화할 필요가 있다.

(3) 자료 표현 및 분석

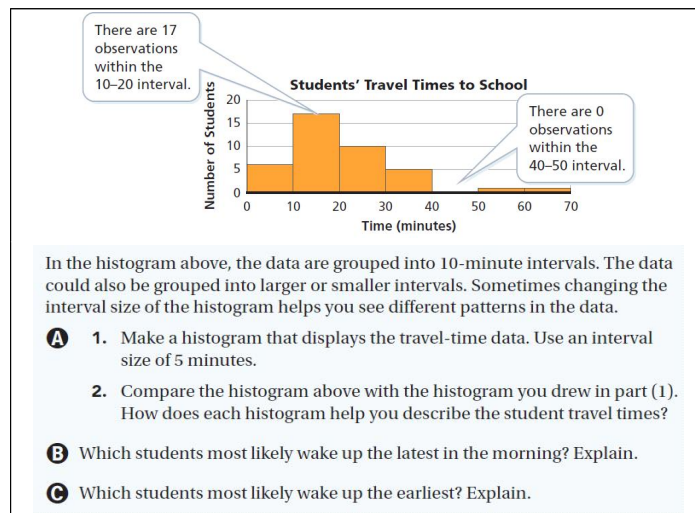
자료 표현 및 분석(R) 단계의 과제들은 한국 교과서의 경우 전체 문제의 90% 이상, 미국 교과서의 경우 80% 이상의 비중을 차지하고 있었으며, 그 중에서도 자료를 분석하는 R3 요소의 과제가 한국은 65.3%, 미국은 47.5%로 가장 많았다. 이러한 결과는 교과서의 과제 대부분이 자료 분석 단계에 치중되어 있다는 선행연구의 연구 결과와도 일치하였다(고상미 외, 2017; 배혜진, 이동환, 2016; 장아름, 2015). R3의 하위 요소를 세부적으로 분석한 결과, 한국 교과서는 R3 요소의 과제 65.3% 중에서 바로 읽을 수 있는 자료의 값을 읽거나 값들 사이의 관계를 국소적으로 조망하는 R3.1과 R3.2의 요소의 과제가 50% 이상의 비율을 차지하고 있었으며, 미국 교과서는 47.5% 중에서 전체적인 자료의 값들을 보고 분포의 특징을 분석하는 R3.3 요소의 과제가 33.9%로 나타나 국가 간에 차이가 있다는 것을 알 수 있었다. 학생들이 자료의 전체에 주목하여 자료의 변이성을 고려하고 패턴이나 경향을 분석하여 추론하고 예측하는 것은 통계적 문제해결과정의 최종 목표이다(이경화, 지은정, 2008). 하지만 자료의 일부에만 주목하는 활동이 많이 이루어지고 있는 한국의 교과서는 자료의 내재적 의미를 추론하거나 예측하는 과정까지 이루어지기 어려울 수 있다. 또한 R3.3 요소 과제가 차지하고 있는 비중뿐만 아니라 활동에서도 국가별로 차이가 있었는데, 미국 교과서는 같은 자료를 표현한 다양한 통계 그래프 간의 비교 활동이나 서로 다른 집단의 자료들을 표현한 그래프 간의 비교 활동이 많이 제시되었지만, 한국의 교과서에서는 매우 빈약하였다.

자료 표현 및 분석 단계(R)의 하위 요소인 표현 도구 선정하기(R1) 요소의 과제도 두 국가 간에 차이를 보였는데, 한국 교과서에서는 4.2%로 미국 교과서의 20.5%에 비해 상대적으로 적게 나타났다. R1 요소의 하위요소를 더 살펴보면, 수집한 자료에 적합한 표현 도구를 선정하는 R1.1 요소의 과제는 한국 교과서 3.3%, 미국 교과서에서 16.5% 제시되고 있었다. 미국 교과서에서는 R1.1 요소의 과제가 같은 자료를 표현한 통계 그래프 간의 분석을 통해 적합한 표현 도구를 선정하는 형태로 제시되고 있었다. 한국 교과서는 대부분 표현 도구를 학습하기 전에 도입부에서 학습 목적을 이해시키는 과정에서 과제가 주어지고 있었다. 선정한 표현 도구를 자료 집단의 특성이 효과적으로 드러낼 수 있도록 고려하는 R1.2 요소에 대한 과제는 미국 교과서에서만 나타났을 뿐 한국 교과서에서는 없었다. 예를 들면, 나타난 표현 도구의 제목이나 가로축, 세로축을 무엇으로 나타내는 것이 좋을지 학생들이 직접 생각해보도록 하는 문제이다. 김가영, 김래영(2019)은 한국 학생들의 그래프 표현 단계에서의 통계적 사고 점수가 낮은 원인 중 하나로 이미 그래프의 축, 항목, 범례 등이 모두 제시되어 학생들이 이에

대해 생각해 볼 기회가 없기 때문이라고 분석하였다. R1.2 요소의 또 다른 문제로 히스토그램에서 계급의 크기에 따라 분포의 특징을 관찰하는 활동이 있었는데, 미국 교과서에서는 같은 자료에 대하여 서로 다른 계급의 크기로 히스토그램을 3-4개 이상 제공하여서 학생들이 비교하고 분석하는 과제들이 제시되고 있었다. 이 활동 역시 계급의 크기에 따라 동일한 자료도 다르게 표현될 수 있음을 알고 어떻게 표현하는 것이 자료의 특성을 가장 잘 나타낼 수 있을지, 여기에 따르는 윤리적인 문제는 없는지 생각해 볼 수 있다면 통계적 사고와 소양을 기르는데 도움이 될 수 있을 것이다. 따라서 우리나라 교과서에서도 자료의 특성을 고려하고 표현 도구를 효과적으로 표현할 수 있도록 생각할 수 있는 과제가 필요하다.

(4) 결과해석

통계적 문제해결과정의 마지막 단계인 결과해석(I) 단계의 과제는 미국 교과서에서만 6.2%로 나타났다. 한국 교과서는 그래프에 표현된 자료들의 일부만 분석하는 과제(R3.1, R3.2)는 많았지만, 전체의 값을 종합하여 분석하는 과제(R3.3)가 적었기 때문에 결과해석(I)으로까지 이어지는 것은 어려웠다고 판단된다. 한 예로, 학교 등교 시간에 대한 소재로 그래프를 표현한 과제가 한국과 미국 교과서에서 모두 제시되고 있었지만 과제의 활동에서 차이가 있었다. 한국 교과서는 가로축에서 주어진 계급에 해당하는 도수를 찾는 문제에서 그쳤지만, 미국의 교과서에서는 [그림 IV-3]과 같이 학교 등교 시간에 대한 학생 수를 표현한 히스토그램에서 가장 일찍(늦게) 일어난 학생들을 예측하도록 하여 그래프 이면에 담긴 의미를 추론하는 문제(II)로 주어졌다. 또한 학생들의 실험으로 자료 수집부터 결과 해석까지 이루어진 문제의 경우에는 마지막으로 결과 해석 과정이 끝난 후에 자신의 해석을 토대로 반성하고 평가하여 다시 새로운 문제를 설정하거나 자료 수집 단계에서 수정해야 할 것을 찾는 활동까지 이루어져서 통계적 문제해결과정이 순환하는 과정이라는 것을 학생들이 느낄 수 있도록 하고 있었다. 이러한 과정은 반성적 사고를 통해 좀 더 나은 문제 해결 전략과 과정을 발전시킬 수 있으며 개념을 정교화하여 이해하고 적용할 수 있는 기회를 제공하기 때문에 메타인지를 통한 수학적 사고력 향상에 도움이 될 수 있다(Polya, 1957; Schoenfeld, 1987). 따라서 학생들이 통계적 문제해결의 전(全)과정을 경험할 수 있도록 우리나라 교과서에서도 이러한 형태의 과제들을 개발하여 적용할 필요가 있다.



[그림 IV-3] CMP3 교과서 I 유형 사례(Lappen et al., 2014, pp. 86-89)

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라의 2015 개정 수학과 교육과정에 따른 중학교 1학년 교과서와 미국의 교과서의 통계 영역에서 통계적 문제해결과정의 학습 기회가 어떻게 제공되고 있는지 비교·분석하여 향후 통계영역의 수학교육 과정과 교과서 개발에 주는 시사점을 찾고자 하였다.

분석 결과, 단일과제에서 통계적 문제해결과정의 네 단계를 모두 경험할 수 있는 경우는 미국의 교과서에서만 나타났으며, 한국의 교과서는 과제의 90% 이상이 단일과제에 대하여 한 단계의 통계적 문제해결과정을 포함하고 있었는데 대부분이 자료 분석 단계에 편중되어 있었다. 통계적 문제해결과정을 다루는 과제 유형에 있어서도 각 국가별로 차이가 있었다. 통계적 문제해결과정을 분절적인 단계가 아닌 연속적인 과정으로 보기 위해 두 단계 이상 포함하고 있는 과제를 분석한 결과, 한국의 교과서는 비슷한 유형의 형태(FPR, PR 유형)가 반복적으로 제시되고 있었다. 반면, 미국의 교과서는 FPR 유형 외에도 FRI, PRI, FR, RI 등 다양한 유형의 과제들이 제시되고 있었다. 2015 개정 수학과 교육과정에서 통계적 문제해결과정이 강조되고 있으며, 소단원명 자체가 ‘통계적 문제해결’인 경우도 있기는 하지만, FPR 유형과 PR 유형의 과제만 제시되고 있다는 점에서 주목할 필요가 있다.

이와 같은 연구 결과에 비추어 볼 때, 우리나라의 교과서는 단일과제에서 다양한 활동의 문제들을 통해 통계적 문제해결과정의 전체 과정을 경험시킬 수 있는 과제가 필요하다. 학생들의 통계적 사고를 증진시키기 위해서는 통계 활동을 분리하여 경험하는 것보다 하나의 흐름으로 전체 과정을 경험하도록 하는 것이 필요한데(이윤경, 2009), 단일과제에서 통계적 문제해결과정의 모든 단계를 다 포함하고 있는 경우는 우리나라 교과서에서는 찾아볼 수 없었다. 반면, CMP3 교과서와 MiC 교과서는 공통적으로 단일과제가 여러 문제들의 적절한 스캐폴딩을 통해 활동이 구성되었으며, 단일과제가 단원 간에 걸쳐서 이어지는 경우도 있었기 때문에 다양한 단계의 과제가 포함될 수 있었다. 단일과제에서 문제 해결 과정 전체를 경험하는 것은 분절적인 각 단계에서의 절차적 지식을 넘어서 문제 설정부터 결과 해석까지 단계간의 유기적 관계와 연관성을 이해할 수 있을 뿐만 아니라 통계적 사고와 통찰력을 기를 수 있는 기회가 될 수 있을 것이다(Newton, Dietiker, & Horvath, 2011). 따라서 다양한 유형의 과제를 개발하는 것은 물론이고 교과서 구성과도 연관성이 있어 수학적 연결성을 고려한 다각적인 과제 개발과 통계 단원의 구성에 대한 면밀한 연구가 이루어져야 할 것이다.

우리나라 교과서는 통계적 문제해결과정의 하위 요소를 다양하게 경험할 수 있도록 과제를 구성할 필요가 있다. 우리나라 교과서의 문제에서 나타나는 통계적 문제해결과정의 각 단계별 특징을 분석한 결과, 문제 설정 단계(F)에서는 자료수집 이전에 통계적 문제 상황을 파악하는 문제(F1)보다는 조사하고자 하는 문제를 설정하는 문제(F2), 자료 계획 및 자료 수집 단계(R)에서는 주로 계획을 세우는 문제(P1)보다는 계획을 이행하는데 문제(P2)에 치중한다. 자료 표현 및 분석 단계(R)에서는 도구로서 자료를 변환하는 문제(R2)나 자료의 일부만을 분석하는 문제(R3.1, R3.2)에 편중되어 있었으며, 자료에 맞는 표현 도구를 선정하는 문제(R1)나 자료의 전체를 종합하여 분석하는 문제(R3.3)는 거의 없었다. 본 연구에서 분석틀의 하위 요소는 선행 연구의 통계적 사고 요소를 반영한 것이기 때문에 우리나라 교과서의 과제들이 다양한 통계적 문제해결과정의 하위 요소를 포함하지 못한 것은 학생들의 통계적 사고 발달을 위한 다양한 과제들을 제시하지 못하는 것이라고 해석할 수 있다. 특히, R3.1과 R3.2 요소의 문제에 편중되어 있어서 자료의 일부에만 주목하는 활동을 많이 하고 있었다. 학생들이 자료의 전체에 주목하여 자료의 변이성을 고려하고 패턴이나 경향을 분석하여 추론하고 예측하는 것은 통계적 문제해결과정의 최종 목표이다(이경화, 지은정, 2008). 따라서 자료의 일부에만 주목하는 활동이 많이 이루어지고 있는 한국의 교과서는 자료의 내재적 의미를 추론하거나 예측하는 과정까지 이루어질 수 없었다. 학생들의 통계적 사고 증진을 위한 통계교육을 위해 우리나라 교과서에서도 문제를 파악하거나, 자료 수집을 계획하는 과정이

나, 적절한 표현 도구를 선정하는 것과 같은 하위 요소에 해당하는 문제들도 충분히 제공할 필요가 있다.

연구대상은 각 국의 일부 교과서이기 때문에 그 국가를 대표한다고 할 수는 없지만, 우리나라 교과서를 개선하고 발전시키는데 하나의 대안적 사례로서 미국 교과서의 특징을 분석하고 우리나라 교과서와의 차이점을 살펴봄으로써 향후 개선 방향을 도출해 보고자 하였고, 이 때문에 의미가 있다고 할 수 있다. 또한 본 연구는 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 1학년의 통계영역을 대상으로 분석하였다. 이는 중학교 수준에서 통계영역은 1학년과 3학년에서 다루어지는데, 현재 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 3학년 교과서가 아직 도입되지 않기 때문에 1학년 통계영역만을 대상으로 하였다. 중학교 1학년 통계영역에서는 내용적으로 자료 표현과 분석 단계에 있지만, 중학교 3학년 교과서를 대상으로 통계적 문제해결과정의 단계를 분석한 고상미, 김미순, 정재균, 조완영(2017)의 연구와 초등학교 교과서를 대상으로 분석한 배혜진, 이동환(2016)의 연구에서도 분석 결과 통계적 문제해결과정의 단계 중에서 자료 분석 단계의 문항이 가장 많이 나타나 본 연구의 결과와 일치하였다. 이에 통계 전 영역에 걸쳐서 위계성과 연결성을 감안하여 통계적 문제해결과정을 학생들이 점차적으로 경험할 수 있도록 재구성할 필요가 있으며, 그에 대한 연구도 필요하다.

통계적 문제해결과정의 전 단계를 학생들이 경험할 수 있기 위해서는 교사들의 역할 역시 중요하다. 본 연구 결과, 우리나라 교과서에서는 통계적 문제해결과정의 특정 단계에 편중된 경향을 보였으며, 단일과제에 여러 단계가 포함된 경우라도 ‘문제를 설정(F2)하고, 자료를 수집(P2)하고, 자료를 표나 그래프로 나타내고(R2), 나타낸 그래프의 분포의 특징을 분석(R)하여라’와 같은 4개의 하위 문제로 구성된 획일화된 형태의 과제였다. 이러한 과제는 교사가 자율성을 갖고 학생들을 가르칠 수 있다는 장점이 있지만, 역으로 교사의 적절한 지도와 준비 없이는 학생들이 통계의 핵심 아이디어에 대한 이해와 문제해결력을 갖추기 어렵기 때문에 교사의 역할이 매우 중요하다. 하지만 교사들의 통계적 문제해결과정에 대한 인식과 각 단계의 이슈에 대한 이해와 지식이 충분하지 않다는 선행연구(고은성, 박민선, 2017; 송승은, 2019)에 비추어 볼 때, 교사들에 대한 통계 교수학습 역량을 길러 줄 수 있는 교사교육 프로그램 제공은 물론이고 교사들 역시 통계 교육에 대한 깊은 이해와 더불어 통계적 문제해결과정을 경험하게 할 수 있는 다양한 교수학습 지도법이나 자료들을 개발하는 노력이 필요하다.

또한 통계적 문제해결과정을 통해 중요한 통계적 아이디어를 학습하고 이해하도록 하기 위해서는 교과서 이외에도 실제 학교에서 보편적으로 활용 가능한 통계 프로그램과 실생활 자료를 제공할 필요가 있다. 최근 통계청에서 통계교육 개선에 대한 노력의 일환으로 교육부와 함께 개발한 학생 교육용 공학도구 프로그램인 ‘통그라미’를 제공하고 있으며, 탐구 기반 통계수업모델을 제시하고 있다. 통계교육에서 그래프를 작성하고 통계량을 계산하는 것은 공학도구를 활용하게 함으로써 학생들이 결과 해석 및 의사결정에 집중(이경화, 구나영, 2015)할 수 있도록 하여 기술적 측면에만 치우쳐지지 않도록 해야 할 것이다. 연구 결과 2015 개정 교육과정에 따른 중학교 1학년 교과서에서 ‘통그라미’를 활용하여 자료를 그래프로 변환하는 활동이 많이 제시되고 있었다. 하지만 학생들이 통그라미에 자료의 변수들을 입력하는데 어려움을 겪고 있으며, 디자인이 쉽게 접근하기 어렵고(오인석, 2019), 실생활 통계가 강조되고 있지만 학생들이 쉽게 접근하기 어려운 자료들이 제공되고 있다. 따라서 학교에서 교육용 통계패키지를 활용하여 효과적인 통계적 문제해결 교육을 할 수 있도록 쉽게 접근할 수 있는 자료와 프로그램이 제공되어야 할 것이다.

통계적 문제해결과정을 일련의 과정으로서 지도하는 것은 학생들의 통계적 사고를 신장시키는데 도움이 될 수 있으며, 기존의 계산, 기능, 절차 위주로 이루어지던 통계 교육을 개선할 수 있을 것이다. 2015 개정 수학과 교육과정의 주요 개정 방향으로 통계교육이 강조되고 있기 때문에 구체적인 교육 방향에 대한 논의가 활발하게 이루어지고 있는데, 이러한 맥락에서 통계적 문제해결과정에 주목할 필요가 있다. 이러한 통계교육은 학생들이 통계적 생산자와 소비자로서 자료의 처리와 각 단계에서 유의해야 할 점들이 어떤 것들이 있는지 알고 결론까지 도출하는 과정을 경험함으로써 수학 영역뿐만 아니라 사회의 구성원으로서 필요한 통계적인 역량에까지 큰 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 이러한 통계 소양 교육이 이루어질 수 있도록 통계적 문제해결과정에 대한 충분한

연구를 통해 논의가 이루어져야 하며, 교과서와 교육과정 개발에 대한 연구뿐만 아니라 정책적인 지원과 교사들의 주도적인 참여가 함께 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 강옥기·권연근·황혜정·전대열·노지화·우희정 외 6인(2018). 중학교 수학 1. 서울: 동아출판.
- Kang, O., Kwon E., Hwang H., Jeon D., Noh, J., Woo, H., ... Jung, K. (2018). *Secondary mathematics 1*. Seoul, Korea: Dong-A.
- 강현영·신보미·고은성·이동환·심송용·김정자·구나영·정인수·최경식·홍지혜·이상배 (2014). 통계교육 활성화를 위한 수학 교육과정 개선 방안 연구. 서울: 한국과학창의재단.
- Kang, H., Shin, B., Ko, E., Lee, D., Shim, S., Kim, J., Goo, N., Jung, I., Choi, K., Hong, J., & Lee, S. (2014). *Research on improvement of mathematics curriculum for activation of statistics education*. Seoul, Korea: Kofac.
- 고상미·김미순·정재균·조완영 (2017). 통계적 소양의 관점에서 살펴본 중학교 3학년 통계단원 문항 분석. 학교수학, **19(4)**, 731-749.
- Go, S. M., Kim, M. S., Jung, J. K., & Cho, W. Y. (2017). Analysis of the problems in statistics units of middle school textbooks for the 3rd grade in terms of statistical literacy. *School Mathematics*, **19(4)**, 731-749.
- 고은성·이경화 (2010). 변이성과 변이 추론의 지도를 위한 지식. 수학교육학 연구, **20(4)**, 493-509.
- Ko, E. S., & Lee, K. H. (2010). A study on knowledge for the teaching of variability and reasoning about variation. *Journal of Educational Research in Mathematics*, **20(4)**, 493-509.
- 고은성·강현영·신보미·김은하·정승호·홍창섭·지영명·이자미·하병수·탁병주 (2017). 실용통계 교육을 위한 교사용 가이드북. 서울: 한국과학창의재단.
- Ko, E., Kang, H., Shin, B., Kim, E., Jung, S., Hong, C., Jee, Y., Lee, J., Ha, B., & Tak, B. (2017). *Teacher Guidebook for Practical Statistics Education*. Korea: Kofac.
- 고은성·박민선 (2017). 통계적 문제해결 지도를 위한 예비초등교사들의 통계적 소양 조사 연구. 학교수학, **19(3)**, 443-459.
- Ko, E. S., & Park, M. S. (2017). Pre-service elementary school teachers' statistical literacy related to statistical problem solving. *School Mathematics*, **19(3)**, 443-459.
- 교육부(2015). 수학과 교육과정. 서울: 교육부.
- Ministry of Education (2015). *Mathematics curriculum*. Seoul, Korea: Ministry of Education.
- 권나영·김진호 (2017). 미국 중학교 수학과 교육과정 분석-확률과 통계를 중심으로. 교육연구, **69**, 95-120.
- Kwon, N. Y., & Kim, J. H. (2017). Analysis on middle school mathematics curriculum of USA: Probability and statistics. *Educational Research*, **69**, 95-120.
- 김가영·김래영 (2019). 통계적 과정의 학습에서 나타난 중학교 1학년 학생들의 단계별·수업 형태별 통계적 사고 분석. 수학교육, **58(3)**, 459-481.
- Kim, G. Y., & Kim, R. Y. (2019). Analyzing seventh graders' statistical thinking through statistical processes by phases and instructional settings. *The Mathematical Education*, **58(3)**, 459-481.
- 김민경·김혜원 (2011). 설문조사 활동에서 나타난 아동의 통계적 사고에 관한 연구. 학교수학, **13(1)**, 207-227.
- Kim, M. K., & Kim, H. W. (2011). A study on children's statistical thinking based on survey activities. *School Mathematics*, **13(1)**, 207-227.
- 김원경·조민식·방금성·임석훈·김동화·강순자 외 3인(2018). 중학교 수학 1. 서울: 비상교육.

- Kim, W., Cho M., Oh, J., Lim, S., Kim, D., Kang, S., ... Kim, Y. (2018). *Secondary mathematics 1*. Seoul, Korea: Visang.
- 김정란 · 김응환 (2017). 미국의 통계소양교육 분석을 통한 우리나라 교사교육 방향의 탐색. 한국학교수학회논문집, **20(2)**, 163-186.
- Kim, J. R., & Kim, Y. H. (2017). A study of the policy change of teacher' education in Korea with an analysis of America statistical literacy education. *Journal of the Korean School Mathematics*, **20(2)**, 163-186.
- 김화경 · 나귀수 · 이미라 · 이재경 · 권영기(2018). 중학교 수학 1. 서울: 좋은책 신사고.
- Kim, H., Na, G., Lee, M., Lee, Y., & Kwon, Y. (2018). *Secondary mathematics 1*. Seoul, Korea: Sinsago.
- 류희찬 · 선우하식 · 신보미 · 정동승 · 장영훈 · 설정수 · 박슬희 (2018). 중학교 수학 1. 서울: 천재교육.
- Ryu, H., Sunwoo, H., Shin, B., Jeong, D., Jang, Y., Sul, J., & Park, S. (2018). *Secondary mathematics 1*. Seoul, Korea: Chunjae.
- 배혜진 · 이동환 (2016). 통계적 문제해결과정 관점에 따른 초등 수학교과서 통계 지도 방식분석. 한국초등수학교육학회지, **20(1)**, 55-69.
- Bae, H. J. & Lee, D. H. (2016). An analysis on statistical units of elementary school mathematics textbook. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, **20(1)**, 55-69.
- 송승은 (2019). 통계적 문제해결에 관한 예비중등교사의 역량 인식 및 지식 분석. 석사학위논문. 이화여자대학교.
- Song, S. E. (2019). *The analysis of prospective mathematics teachers' capacity recognition and knowledge about statistical problem solving*. Master's thesis. Ewha Womans University. Seoul, Korea.
- 오영열 · 이미연 (2008). 초등 통계교육의 개선 방향 탐색. 한국초등교육, **19(1)**, 1-13.
- Oh, Y. Y., & Lee, M. Y. (2008). Exploring directions for improving elementary statistics education. *The Journal of Korea Elementary Education*, **19(1)**, 1-13.
- 오인석 (2019). 통그라미를 활용한 수업에서 나타난 학생들의 통계적 사고 수준 연구: 중학교 산점도와 상관관계 단원을 중심으로. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- Oh, I. S. (2019). *Statistical thinking level of ninth grade students using tonggrami-centered for scatter diagram and correlation unit*. Master's thesis. Korea National University of Education. ChungBuk, Korea.
- 우정호 (2007). 학교 수학의 교육적 기초. 서울: 서울대학교 출판부.
- Woo, J. H. (2007). *A Educational foundation on school mathematics*. Seoul National University Publisher.
- 이경화 · 지은정 (2008). 그래프의 교수학적 변환 방식 비교. 수학교육학연구, **18(3)**, 353-372.
- Lee, K. H., & Ji, E. J. (2008). The study on didactic transposition for teaching statistical graphs - The comparison between the Korean and MiC's textbooks. *The Journal of Educational Research in Mathematics*, **18(3)**, 353-372.
- 이경화 · 구나영 (2015). 확률과 통계영역에서 공학의 활용. 고상숙(편). 수학교육에서 공학적 도구(pp. 285-313). 서울: 경문사.
- Lee, K. H., & Goo, N. Y. (2015). Use of technology in statistics and probability. In Ko, S. S.(Ed.), *Technological tools in mathematics education*(pp.285-313). Seoul, Korea: Kyungmoonsa..
- 이윤경 (2009). 프로젝트형 수업을 통한 중학교 1학년 학생들의 통계 지도 효과. 석사학위논문. 한국교원대학교.
- Lee, Y. K. (2009). *The Effect of Project Classes on Statistical Teaching for First-Year Middle School Students*. Master's thesis. Korea National University of Education. ChungBuk, KOREA.
- 이종학 · 김원경 (2011). 스프레드시트를 활용한 수업이 통계적 사고 및 태도에 미치는 효과. 수학교육, **50(2)**, 183-211.
- Lee, J. H., & Kim, W. K. (2011). Effects of Spreadsheet-used Instruction on Statistical Thinking and Attitude. *The Mathematical Education*, **50(2)**, 183-211.
- 이준열 · 최부림 · 김동재 · 이정례 · 김상미 · 원유미 · 강해기 외 3인 (2018). 중학교 수학 1. 서울: 천재교육.

- Lee, J., Choi, B., Kim, D., Lee, J., Kim, S., Won, Y., Kang, H., ... Kang, S. (2018). *Secondary mathematics 1*. Seoul: Chunjae
- 장아름 · 김인수 (2015). 통계적 사고를 중심으로 한 교과서 문항 비교분석: 중 1학년 통계단원을 중심으로. 과학 교육연구지, **39(1)**, 1-10.
- Janh, A. R., & Kim, I. S. (2015). A Comparative Analysis on Statistical Reasoning Questions in Textbooks—focused on the first year of middle school. *Journal of Science Education*, **39(1)**, 1-10.
- 주미경 · 김소연 · 정수용 · 배기태 · 정희수 (2018). 통계적 탐구활동 결과물에 나타난 고등학생의 통계적 소양. 학 교수학, **20(4)**, 661-683.
- Ju, M. K., Kim, S. Y., Bae, K. T., Jeong, H. S., & Jung, S. Y. (2018). An Analysis of High School Students' Statistical Literacy: Students' Achievement and Difficulties of Statistical Inquiry. *School Mathematics*, **20(4)**, 661-683.
- 정영옥 · 장경윤 · 김구연 · 권나영 · 김진호 · 서동엽 · 강현영 · 박선화 · 고호경 · 남진영 · 탁병주 (2016). 수학 교육 과정 국제 비교 분석 연구. 수학교육학연구, **26(3)**, 371-402.
- Chung, Y. O. et al. (2016). A comparative study of mathematics curriculum among the United States, Singapore, England, Japn, Australia, and Korea. *Journal of Educational Studies in Mathematics*, **26(3)**, 371-402.
- Ben-Zvi, D. & Garfield, J. (2004). Statistical literacy, reasoning, and thinking: Goals, definitions, and challenges. In D. Ben-Zvi & J. Garfield. (Eds.), *The challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. (pp. 3-15). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.
- de Jong, J. A., Wijers, M., Bakker, A., Middleton, J. A., Simon, A. N., & Burrill, G. (2006). *Mathematics in Context: Dealing with Data*. Chicago, IL: Encyclopedia Britannica.
- Franklin, C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education (GAISE) report pre-K-12*. Alexandria, VA: American Statistical Association.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, **70(1)**, 1-25.
- Lappan, G., Phillips, E. D., Fey, J. T., & Friel, S. N. (2014a), *Connected Mathematics 3: Grade 6*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Lappan, G., Phillips, E. D., Fey, J. T., & Friel, S. N. (2014b), *Connected Mathematics 3: Grade 7*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Lappan, G., Phillips, E. D., Fey, J. T., & Friel, S. N. (2014c), *Connected Mathematics 3: Grade 8*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- MacKay, R. J., & Oldford, R. W. (1994). Stat 231 Course Notes Fall 1994 .Waterloo: University of Waterloo.
- MacKay, R. J., & Oldford, R. W. (2000). Scientific method, statistical method and the speed of light. *Statistical Science*, **15(3)**, 254-278.
- Mooney, E. S. (1999). *Development of middle school statistical thinking framework*. Unpublished Doctoral Dissertation, Illinois state University.
- Mooney, E. S. (2002). A framework for characterizing middle school students' statistical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, **4**, 23-64.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for mathematics*. Reston, VA: The author.
- Newton, J., Dietiker, L., & Horvath, A.(2011). Statistics education in the United States: Statistical reasoning

- and the statistical process. In C. Batanero, G. Burrill, & C. Reading(Eds.), *Teaching statistics in school mathematics - Challenges for teaching and teacher education* (pp. 9-14). New York, NY: Springer.
- Pfannkuch, M. (2005). Thinking tools and variation. *Statistics Education Research Journal*, **4(1)**, 83-91.
- Polya, G. (1957). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Schild, M. (1999). Statistical literacy: Thinking critically about statistics. *Of Significance*, **1(1)**, 15-20.
- Schild, M. (2011). Statistical literacy: A new mission for data producers. *Statistical Journal of the IAOS*, **27(3)**, 173-183.
- Schoenfeld, A. H. (1987). What's all the fuss about metacognition? In A. H. Schoenfeld(Ed.), *Cognitive science and mathematics education*, 189-215. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Watson, J. M. (2002). Discussion: Statistical literacy before adulthood. *International Statistical Review*, **70(1)**, 26-30.
- Watson, J. M. (2006). *Statistical literacy at school: Growth and goals*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Wijers, M., de Lange, J., Bakker, A., Shafer, M. C., & Burrill, G. (2006). *Mathematics in context: Insights into data*. Chicago, IL: Encyclopedia Britannica.
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, **67(3)**, 223-248.

A Comparative Study of Statistical Processes in Korean and U.S. Middle School Mathematics Textbooks

Jeon, Hyewon

Graduate School of Education, Ewha Womans University[Graduate student]

E-mail : olivia64@ewhain.net

Kim, Rae Young[†]

Ewha Womans University[Professor]

E-mail : kimrae@ewha.ac.kr

Comparing to the U.S. mathematics textbooks, this study examines the opportunity to learn statistical processes represented in mathematics textbooks reflecting 2015 revised curriculum. Analyzing four different kinds of Korean middle school mathematics textbooks and two kinds of corresponding U.S. textbooks for seventh graders, we found that the tasks dealing with all the phases of statistical processes were found only in the U.S. textbooks while not even one task in such a case was not observed in the Korean textbooks. To make matters worse, the proportion of the tasks dealing with only one phase of statistical processes was 93.3% of all the tasks in Korean textbooks. In terms of types of tasks, the types of tasks were very homogeneous in Korean textbooks, usually Types FPR or PR while more various types of tasks were found in the U.S. textbooks such as Types FRI, PRI, FR, or RI. In views of features of each phase in statistical processes, Korean textbooks heavily focused only on some particular statistical behaviors such as ‘formulating a problem’, ‘collecting data’, ‘transforming data’, and ‘analyzing a part of data.’ The findings of this study provide meaningful implications for improving statistics education and developing mathematics textbooks to enhance students’ statistical thinking and problem-solving ability.

* ZDM Classification : D1, K1, U2

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D10, 97U20

* Key words : Statistical process, Textbook analysis, Middle school statistics, International comparative study

† corresponding author