

통계적 과정의 학습에서 나타난 중학교 1학년 학생들의 단계별·수업 형태별 통계적 사고 분석

김가영(이화여자대학교 대학원, 대학원생) · 김래영(이화여자대학교, 부교수)[†]

[†]교신저자

Analyzing seventh graders' statistical thinking through statistical processes by phases and instructional settings

Kim, Ga Young(Graduate School, Ewha Womans University, gayoung031@gmail.com)

Kim, Rae Young(Ewha Womans University, kimrae@ewha.ac.kr)[†]

[†]Corresponding Author

초록

본 연구는 실제 자료로 통계적 과정을 경험할 수 있는 교수·학습 자료를 개발하고 수업에 적용했을 때 나타나는 중학교 1학년생들의 통계적 사고를 단계별, 수업형태별로 비교분석하였다. 그 결과 통계적 사고와 수업 형태간의 연관성이 있으며 단계별, 수업 형태별 차이가 나타났다. 향후 통계교육을 위한 교수·학습 모델의 설계와 적용에 유용한 시사점을 제공하였다.

Abstract

This study aims to investigate students' statistical thinking through statistical processes in different instructional settings: Teacher-centered instruction vs. student-centered learning. We first developed instructional materials that allowed students to experience all the processes of statistics, including data collection, data analysis, data representation, and interpretation of the results. Using the instructional materials for four classes, we collected and analyzed the data from 57 seventh graders' discourse and artifacts from two different instructional settings using the analytic framework generated on the basis of literature review. The results showed that students felt difficulty particularly in the process of data collection and graph representations. In addition, even though data description has been heavily emphasized for data analysis in statistics education, it is surprisingly discovered that students had a hard time to understand the relationship between data and representations. Also, there were relationships between students' statistical thinking and instructional settings. Even though both groups of students showed difficulty in data collection and graph representations of the data, there were significant differences between the groups in terms of their performance. Whereas students from student-centered learning class outperformed in making decisions considering verification and justification, students from teacher-centered lecture class did better in problems requiring accuracy than the counterpart. The results from the study provide meaningful implications on developing curriculum and instructional methods for statistics education.

* 주요어 : 통계적 과정, 통계적 사고, 수업 형태, 중학교 통계

* **Key words** : Statistical process, Statistical thinking, Instructional methods, Statistics for middle schools

* **Address**: Department of Mathematics Education, Ewha Womans University, Seoul, Korea

* **ZDM Classification** : K1, D1

* **2000 Mathematics Subject Classification** : 97C30, 97D40

* **Received**: January 18, 2019 **Revised**: February 11, 2019 **Accepted**: August 22, 2019

I. 서론

4차 산업혁명 시대가 도래한 이후 가장 중요한 키워드로 떠오른 것은 단연 자료(data)이다. IT 기술의 발달로부터 사람들은 언제, 어디에서든지 다양한 자료를 접할 수 있게 되었고, 이를 바탕으로 합리적인 의사결정을 내릴 수 있게 되었다 해도 과언이 아니다. 때문에 자료를 다루기 위한 수단으로 통계가 활용되기 시작하여 오늘날 각종 신문 기사나 광고, 토론 등에서 통계 자료를 쉽게 발견할 수 있게 되었다. 통계를 다룰 때에는 자료가 잘못 해석될 여지는 없는지 비판적으로 바라보고 그 속에 담긴 의미를 파악할 수 있어야 하는데, 이때 요구되는 것이 바로 통계적 사고이다.

Bailar, Moore, Snee 등 많은 통계학자들이 통계적 사고에 중점을 둔 통계교육이 이루어져야 한다고 주장하면서 전통적인 교수법은 기술의 습득에만 중점을 두고 있어 통계적으로 사고하는 능력을 향상시키지 못한다고 비판해왔다(as cited in Ben-Zvi & Garfield, 2004). 이로부터 미국, 중국, 호주 등 여러 나라의 학교 수학에서 실제적인 자료를 취급하고, 학생들이 스스로 문제를 제기하여 자료를 수집, 정리하는 과정을 통해 적절한 통계적 방법과 표현을 익히고 비판적 사고를 할 수 있도록 하는 움직임이 시작되었으며, 통계교육이 점차 자료를 분석하고 자료에 기초하여 추론하는 실제적 문제 탐구 과정을 강조하는 방향으로 가게 되었다(Kang, 2012). 이러한 움직임은 곧 통계교육의 목표가 자료를 수집하고 분석하는 과정에서 발견된 지식을 실제적인 문제를 해결하는 데 적용할 수 있도록 통계적 사고를 개발하는 것이어야 하며, 학생들은 이를 통해 스스로 실생활과 관련된 문제를 제기하고 그것을 해결할 수 있어야 한다는 것을 의미한다(Woo, 2000).

통계적 사고는 자료를 가지고 답을 찾을 수 있는 문제로부터 시작하여 문제해결을 위해 적절한 자료 수집 방법을 탐색하고, 자료 수집과 조직, 결과 해석 및 추론으로 이어지는 일련의 유의미한 과정을 경험하는 것으로부터 기를 수 있다(Oh & Lee, 2008). 그러나 학교에서 배운 통계 지식만으로는 실생활에서의 활용이 어렵다는 비판이 지속되어 왔고, 이에 교육부는 2015 개정 수학과 교육과정에서 통계교육의 개정 방향을 '실생활 중심의 통계 내

용 재구성'으로 설정하여 자료의 수집, 정리, 해석의 절차를 강조하였다(Park et al., 2015).

Bakker(2004)는 최근 통계교육의 연구 경향을 새로운 교수법과 새로운 내용, 탐색적 자료 분석(exploratory data analysis)의 사용, 기술의 사용, 그래픽 표현, 특징과 핵심이 되는 개념 모음의 5가지로 제시하였다. 이 중 새로운 교수법과 새로운 내용은 구성주의 철학의 등장으로 인한 것으로, 학습자들이 스스로 활동적인 학습자가 되어야 함을 의미한다. 이러한 관점에서 통계교육은 학습자들로 하여금 스스로 발견하고, 객관적인 의미와 지식을 세울 수 있는 상황에서 학습할 수 있는 기회가 되어야 한다. 즉, 통계교육을 통해 학생들이 실제적 맥락에서부터 문제를 설정하고 자료를 수집, 정리하여 결론에 이르기까지의 통계적 과정을 능동적으로 경험하면 그 과정에서 요구되는 통계적 사고를 발달시킬 수 있게 되는 것이다.

또한 통계적으로 사고한다는 것은 통계적 과정을 경험하고 이해하는 것에서 나아가 새로이 도출한 문제 해결 결과나 통계 연구 결과를 비판적으로 평가할 수 있어야 한다는 것을 의미한다(Ben-Zvi & Garfield, 2004, 2008; Garfield & Ben-Zvi, 2009). 그러나 통계교육에서 우리나라의 2009 개정 수학과 교육과정과 미국의 Common Core State Standards for Mathematics(CCSSM)의 성취기준을 Bloom의 신교육목표분류학(Anderson et al., 2001)에 따라 분석한 Na 외(2015)의 연구에 따르면 우리나라의 성취기준에서는 '기억', '평가', '창안'의 인지과정이 나타나지 않았다. 즉, 뉴질랜드 등 여러 나라의 교육과정에서 통계 교육과정의 목표로 대중매체와 통계에 기초한 보고서의 해석과 비판적 평가를 설정하고 있는 것과는 달리 현재 우리나라의 교육과정에서는 이를 포함하고 있지 않다는 것이다. 그러나 통계적 사고의 발달을 위해서는 문제 상황을 찾는 것으로부터 문제를 해결하기 위한 방법을 제시하기까지 모든 통계적 과정을 경험함으로써 대안적인 해결책을 산출하는 '창안'과 자료를 분석한 뒤에 전체 활동을 점검하고 비판하는 활동을 목표로 하는 '평가'와 같은 고차원적 사고과정이 통계교육의 성취기준으로 포함되어야 한다.

통계 연구 결과에 대한 비판적 평가, 즉 대중매체의 주장에 의문을 제기하고 보고서를 비판적으로 평가하기 위해서는 보고서의 정보를 신뢰할 수 있는 것인지, 더 필요

한 과정이 무엇인지, 신뢰도를 높이기 위해 추가로 조사해야 할 사항은 무엇인지 등의 높은 수준의 사고 기술이 필요하다(Watson, 1997). Gal, Garfield(1997)는 학생들이 비판적 태도와 함께 비판적 사고를 위한 질문들을 떠올릴 수 있어야 한다고 주장하였는데, 이러한 질문들은 조사 주기의 단계들에 대한 비판을 토대로 떠올릴 수 있다(Ben-Zvi & Garfield, 2004). 즉, 조사 대상과 조사 방법을 선정하는 과정을 시작으로 결과를 표현하고 해석하는 결론에 이르는 전 단계를 비판적으로 바라보는 것으로부터 통계적 사고를 함양할 수 있는 것이다.

현재 우리나라의 통계교육 연구 동향을 살펴보면 통계적 사고의 함양을 위한 일환으로 프로젝트형 수업을 진행하고 그 효과를 검증하는 연구가 주를 이루고 있으며, 통계적 과정에서 나타나는 학생들의 통계적 사고를 관찰하거나 학교 수업에서 학생들이 통계적 과정을 경험할 수 있도록 교수·학습 자료를 개발하여 적용한 연구는 거의 찾아볼 수 없다. 2000년 이후 발행된 국내 통계교육 연구논문 99편을 바탕으로 우리나라 통계교육 연구 동향을 분석한 Tak, Lee(2017)의 연구에 따르면 실험 연구의 비중이 전체의 54.5%로 비실험 연구에 비해 다소 많았고, 그중 학생 대상의 논문이 41.4%를 차지했지만 대다수의 연구가 설문지나 면담을 활용하는 데 그쳤다(예를 들면, Go & Lee, 2011). 이는 곧 교실 맥락에서의 교수 실험이나 관찰 연구와 같이 교수·학습이 이루어지는 실체를 분석 대상으로 하는 연구가 필요함을 시사한다.

교실 맥락에서의 실험은 교과 내용과 학생의 특성에 따라 다양한 교수·학습 방법을 적용하고, 이것이 학생들에게 미치는 영향을 알아볼 수 있다는 장점이 있다. 즉, 단순 지식 습득이나 기계적 암기를 요하는 학습은 교사 중심으로, 문제해결력이나 창의적 사고, 비판적 사고 등의 학습은 학생 중심으로 설계하는 등 학습 목표와 내용에 따라 구성주의와 객관주의를 기반으로 하는 다양한 교수·학습 방법을 통합·활용함으로써 보다 효과적인 교수·학습 모델을 설계할 수 있는 것이다(Cho, 2008).

이에 본 연구에서는 실생활 자료를 바탕으로 한 통계 자료를 이용하여 통계적 과정의 교수·학습 자료를 개발하고, 실제 수업에 적용하였을 때 나타나는 학생들의 통계적 사고를 단계별, 수업의 형태별로 나누어 관찰하고자 한다. 이때 통계적 사고의 단계별 분석은 통계적 과정의

각 단계에서 경험할 수 있는 통계적 사고의 구성 요소에 대한 학생들의 사고 능력을 바탕으로 한다. 또한 교사 중심의 강의식 수업과 학생 중심의 토론식 수업으로 나누어 수업을 진행함으로써 수업의 형태에 따라 나타나는 통계적 사고의 양상을 분석하고, 향후 통계교육을 위한 교수·학습 모델의 설계와 적용에 시사점을 주고자 한다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다.

연구문제 1. 통계적 과정의 학습에서 각각의 단계(자료의 수집, 자료의 정리 및 기술, 자료의 그래프 표현, 자료의 해석)에 따라 학생들의 통계적 사고는 어떻게 나타나는가?

연구문제 2. 통계적 과정의 학습에서 수업의 형태(강의식, 토론식)에 따라 학생들의 통계적 사고는 어떻게 나타나는가?

II. 이론적 배경

1. 통계적 사고

통계적 사고에 대한 정의는 학자마다 조금씩 차이를 보이긴 하지만, 대체로 통계의 필요성을 인식하는 것으로부터 이를 위한 자료의 수집, 정리, 표현, 분석하는 일련의 과정에서 요구되는 사고를 가리키고 있다. 특히 통계적 사고는 자료의 필요성을 인식하고 문제를 해결하기 위하여 자료 수집 계획을 세우는 것으로부터 시작되기 때문에 그 과정에서 통계적 조사를 왜 수행하는지, 어떻게 수행할 것인지에 대한 이해가 선행되어야 한다(Kim & Kim, 2011; S. Kim, 2009; Wild & Pfannkuch, 1999).

Wild, Pfannkuch(1999)는 통계적 사고에 대한 4차원 모델인 PPDAC 모델을 통해 통계적 과정을 문제(problem), 계획(plan), 자료(data), 분석(analysis), 결론(conclusions)의 단계가 순환적으로 이루어지는 활동이라 정의하였다. Jones et al.(2000)과 Mooney(2002)는 Biggs와 Collis(1991)의 일반적인 인지발달모형을 근거로 통계적 사고의 특성을 분석하는 분석틀을 고안하여 통계적 과정을 자료를 기술하고(describing data), 자료를 정리·요약하고(organizing and reducing data), 자료를 표현하고(representing data), 자료를 분석·해석하는(analyzing and interpreting data) 4단계로 설명하는데, 이는

Shaughnessy, Garfield, Greer(1996)에 의해 제시된 자료 처리 과정의 요소와도 일치한다(as cited in Ben-Zvi & Garfield, 2004). 반면 Kim, Kim(2011)은 이 4단계에 자료의 수집(collection) 단계를 통계적 과정의 첫 단계로 제시하며 5단계의 새로운 통계적 사고 분석틀을 제안하였고, Franklin et al.(2007)은 통계적 과정을 GAISE 보고서에서 문제 설정(formulate questions), 자료 수집(collect data), 자료 분석(analyze data), 결과 해석(interpret results)의 4단계로 구분하여 평가의 가이드라인을 제시하였다.

통계적 사고는 통계적 과정이 진행된 이유와 방법, 탐색의 근거가 되는 포괄적인 아이디어에 대한 이해를 모두 포함한다. 이때 통계적 과정은 자료 수집에서부터 문제 제기과 가설 검증, 해석에까지 이르는 전 과정을 의미하며, 통계적으로 사고하는 사람은 결과적으로는 문제 해결 결과나 통계 연구 결과를 비판적으로 평가할 수 있게 되는 것이다(Ben-Zvi & Garfield, 2004). 여러 선행연구에서 정의하고 있는 통계적 과정을 요약하여 나타내면 다음의 [Table 1]과 같다.

[Table 1] Statistical processes in the literature

PPDAC Model (Wild & Pfannkuch, 1999)	Jones et al.(2000), Mooney (2002)	Kim, & Kim, (2011)	GAISE report (Franklin et al., 2007)
Problem			Formulate question
Plan		Collection	Collect data
Data	Describing data	Descripti-on	Analyze data
	Organizing and reducing data	Organizat-ion	
Analysis	Representing data	Graph represent-ations	
Conclusio-ns	Analyzing and interpreti-ng data	Analysis and interpret-a tion	Interpret results

Cobb, Moore(1997)는 통계교육의 목표를 자료의 분석, 처리, 그리고 추론의 과정을 모두 거치는 통합적인 통계

적 과정의 경험이라 보고, 각 과정에서 학습해야 하는 요소와 원칙을 강조하였다. 이에 본 연구에서는 통계적 과정에서 학습해야 하는 통계적 사고의 구성 요소와 핵심 이슈에 대한 선행연구를 분석하여(Franklin et al., 2007; Lee & Kim, 2011; Wild & Pfannkuch, 1999; Yang, 2017) 다음의 [Table 2]와 같이 통계적 과정과 각 단계에서의 통계적 사고의 구성 요소를 선정하였다. 본 연구에서 통계적 과정은 자료의 수집(data collection), 자료의 정리 및 기술(data organization and description), 자료의 그래프 표현(data representation), 자료의 해석(data interpretation)의 4단계로 이루어지며, 통계적 과정의 각 단계에서는 반드시 학습해야 하는 통계적 사고의 구성 요소를 포함하고 있다.

[Table 2] Structure of statistical processes

Process	Components of statistical thinking
Data collection	Appropriate sampling
	Appropriate data collection
	Recognition of sample sizes
	Appropriate examples in multiple choices
	Interaction with questions
	Consideration of variability
Data organization and description	Categorization of data
	Data summary and recognition of distribution
	Relationships between data and representations
Data representat-ions	Appropriate graph representations
	Integration of numerical and graphical methods
	Consideration of variability
Data interpretati-on	Interpretation of the results based on the data
	Interaction with questions and the context
	Consideration of variability

우리나라의 통계교육이 학생들의 통계적 사고의 발달에 도움이 되는지 알아보기 위하여 교과서를 분석한 여러 선행연구가 있다(Bae & Lee, 2016; Go, Kim, Jung, & Cho, 2017; Jang, 2016). 그 결과 우리나라에서 현재 사용하고 있는 수학 교과서의 통계 단원은 주로 자료를 분석하여 그래프로 나타내는 단계의 학습에 집중되어 있으며,

문제 설정과 자료 수집의 학습에는 적절하지 않다는 사실을 알 수 있었다.

이에 여러 연구에서 교과서 중심의 수업이 아닌 학생 중심의 프로젝트형 수업을 진행하고, 이것이 학생들의 통계적 사고의 발달과 정의적 측면에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 먼저 초등학생을 대상으로 프로젝트 기반 통계 학습을 개발하고, 학생들의 통계적 사고에 미치는 영향을 알아보고자 한 Chae(2007)의 연구에서는 프로젝트 기반 통계 학습이 자료 정리 및 요약, 자료 읽기, 자료 분석 및 해석 영역에 긍정적인 영향을 미친다는 결과를 얻었다. 초등학교 6학년 대상의 통계 프로젝트 프로그램을 개발 및 적용하는 연구를 진행한 Yang(2017) 역시 프로젝트 수업이 통계적 사고 능력의 함양에 효과적이며, 특히 문제설정과 자료 수집 단계에 긍정적 영향을 미친다는 것을 확인하였으나 자료 분석과 결과 해석 단계에서는 큰 효과가 나타나지 않았다. 중학교 1학년을 대상으로 프로젝트형 수업을 진행한 Lee(2009), Paek(2015)의 연구에서는 프로젝트형 수업이 전통적인 교과서 중심 수업보다 학생들의 통계적 사고 능력 향상에 더 효과적이며, 지식과 암기 위주의 수업 방식을 통해 가르칠 수 없었던 의사소통능력, 대인관계능력, 협업능력 등 학생들의 정의적 측면을 발달시킬 수 있었다는 결과를 얻었다.

이와 같이 프로젝트형 통계 수업이 학생들의 통계적 사고와 정의적 측면에 미치는 영향을 알아보는 연구에 비해 통계적 과정에서 나타나는 학생들의 통계적 사고의 특징을 분석하는 연구는 잘 이루어지지 않고 있었다. 그러나 이루어진 연구로는 초등학교 3학년을 대상으로 한 Jeon(2016)의 연구와 중학교 3학년을 대상으로 한 Cho, Cho(2009)의 연구가 있다.

두 연구의 연구결과를 살펴보면 먼저 Jeon(2016)의 연구에서 학생들이 대체로 자료 수집, 정리, 해석에 어려움을 겪고 있다는 사실을 알 수 있었다. 특히 자료 수집 방법을 정확히 이해하지 못하고 방법 선정에 대한 타당한 근거를 제시하지 못하였으며, 자료들 간의 관계에 대한 해석이나 추론은 하지 못하는 모습을 보였다. 또한 Cho, Cho(2009)의 연구에서는 학생들이 통계적 자료의 시각적인 요소에 의존하며, 자료의 기술, 정리, 표현, 해석을 어려워한다는 결과를 얻었다. 이 두 연구는 각각 초등, 중등 수준에서 통계적 사고의 특징을 분석한 연구라는 점에서

의의가 있으나, 전 과정이 하나의 주제로 이루어지는 것이 아니라 각각 다른 주제로 이루어졌다는 점에서 아쉬움이 있다. 이에 본 연구에서 하나의 주제로 이루어진 통계적 과정에서 나타나는 학생들의 통계적 사고를 분석한 것은 매우 의미 있다고 볼 수 있다.

2. 2015 개정 교육과정에서 확률과 통계

2015 개정 수학과 교육과정은 ‘수학 교과 역량의 구현, 학습 부담의 경감 추구, 학습자의 정의적 측면 강조, 실생활 중심의 통계 내용 재구성, 공학적 도구의 활용 강조’의 다섯 가지 개정 방향을 가진다(Park et al., 2015). 즉, 통계를 현대 정보화 사회의 불확실성을 이해하는 중요한 도구로 규정하면서 통계교육의 내용이 자료의 수집, 정리, 해석의 실생활 중심이 되도록 재조직한 것이다.

중학교에서는 초등학교에서 배운 여러 그래프와 새롭게 배우는 줄기와 잎 그림, 도수분포표, 히스토그램 등을 이용하여 자료에 적합한 방식으로 자료를 정리하고 해석하는 방법에 대해 배우도록 하고 있다. 특히 중학교 1학년 단원명을 ‘도수분포와 상대도수’ 등에서 ‘자료의 정리와 해석’으로 변경하면서 자료의 수집, 정리, 해석의 절차를 강조하였고, ‘공학적 도구를 이용한 자료의 정리와 해석’과 같은 소단원을 추가하는 등 자료를 다루는 교수·학습 상황에서 공학적 도구를 이용할 것을 권고하고 있다(Ministry of Education, 2017).

또한 학습 부담의 경감 측면에서 확률과 통계 영역의 학습 순서를 기하 영역과 바꿈으로써 통계적 소양 교육이 충실하게 이루어질 수 있도록 하였으며, 지나치게 과도한 계산을 유발하는 도수분포표의 평균에 대한 내용을 삭제하였다(Ministry of Education, 2017). 뿐만 아니라 학생들이 수학에 대한 흥미와 자신감을 가질 수 있도록 핵심 개념과 원리 중심으로 학습 내용을 구성함으로써 학습자의 정의적 측면을 강조하는 방향으로 나아가고 있다고 볼 수 있다.

반면 제6차와 제7차 교육과정에 수록되었다가 학습 부담 경감을 위해 중학교에서 삭제되었던 상관관계는 일상생활 및 다른 분야에 활용도가 높다는 점에서 중요성이 부각되었고, 그 결과 중학교 3학년에 그 내용이 다시 추가되었다. 이때 제7차 교육과정까지는 상관관계의 용어로 ‘상관도(correlation diagrams)’가 사용되었으나, 2015 개정

교육과정부터는 통계학과 다른 나라의 교육과정에서 일반적으로 사용하는 ‘산점도(scatter plots)’를 사용하게 되었다는 차이가 있다.

3. 교수·학습 방법의 효과에 대한 연구

제6차 교육과정까지 우리나라 교육과정의 배경이 되는 인식론은 객관주의였으나 점차 우리나라의 지식 수용적 교육에 문제가 있음을 인식하게 되었고, 제7차 교육과정부터는 새로이 등장한 구성주의적 인식론이 반영되기 시작하였다(Mok, 2003). 구성주의 관점에서의 교육은 기존의 교사, 교재 중심의 수업이 아닌 학습자 중심의 수업, 즉 학습자가 스스로 지식, 가치, 기능을 이끌어 내도록 도와주는 수업에 대한 필요성을 시사한다(Kwon, 2001). 이에 오늘날 많은 교육 현장에서 협동학습, 문제해결학습 등 다양한 학습자 중심의 교수·학습 방법을 활용하고 있으며, 이를 수업에 적용하였을 때 나타나는 학생들의 사고를 분석하여 인지적 영역 및 정의적 영역에의 효과를 밝히는 연구들이 진행되고 있다.

수학학습부진 학생들을 대상으로 하는 협동학습 및 또래교수 프로그램에 대한 선행연구 31편을 메타분석한 결과 학교급에서는 초등, 중등, 고등의 순서로, 정의적 영역에서는 수학적 자기효능감, 수학학습태도, 수학학습흥미의 순서로 학생들의 인지적 영역과 정의적 영역에 효과가 있음이 밝혀졌다(Lee & Ko, 2015). 이는 중학교 1학년 수와 연산, 문자와 식, 함수 단원에 대해 배움공동체 수업과 교과서기반 설명식 수업을 비교 분석하여 학생들의 수학성취도와 수학에 대한 호기심, 과제집착력과 의지, 창의적 사고, 수학 수업에의 참여에서 유의미한 차이가 나타난 것을 확인한 Kim, Lee(2016)의 연구결과와도 일치한다.

학생들의 인지적 영역 측면에서 수업을 통해 개념을 이해했다면 학습한 개념에 대한 재생뿐만 아니라 이를 바탕으로 학습하지 않은 지식도 해결할 수 있다는 가설로부터 생성 능력을 검사한 연구들도 있었다. Kim(2007)은 초등학교 1학년 학생들을 대상으로 1년 간 학습자 중심의 수학 수업을 진행하였고, 그 결과 학생들이 스스로 구성한 지식을 새로운 문제에 적용할 수 있었으며 학업성취도 검사에서 높은 점수를 받는 것을 확인하였다. 초등학교 2학년의 곱셈단원에 대해 학습자 중심 수업과 교사 중심 수업의 두 가지 형태로 수업을 진행한 Kim, Lee,

Kim(2010)의 연구에서도 두 집단의 생성 능력에서 유의미한 차이가 나타났는데, 이러한 연구들로부터 학습자 중심의 수업이 강의식 수업에 비해 학습한 지식을 바탕으로 학습하지 않은 지식을 생성해내는 능력의 향상에 도움이 된다는 것을 알 수 있었다.

마찬가지로 통계 단원의 학습에서도 다양한 교수·학습 방법이 활용되어 왔다. 통계는 곧 문제를 해결하는 과정이다. 때문에 단순히 교사가 칠판에 문제를 푸는 것을 지켜보는 것은 학생들 스스로가 문제를 푸는 활동을 하는 것보다 효과적이지도, 만족스럽지도 못한 결과를 가져올 수 있다(Gelman & Nolan, 2002). 이에 통계교육에서는 학생들을 수업 현장에 적극적으로 참여시킬 수 있도록 하는 다양한 참여 활동이 강조되어 왔으며, 그것이 효과적이라는 연구결과들이 있어 왔다.

먼저 스토리텔링 기법이 학습 태도와 흥미 등 학생들의 정의적 영역에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인한 연구들이 있다(Choi, 2014; Park, 2015). 또한 문제 만들기 활동이 학업성취와 교과에 대한 태도, 학습 습관에 긍정적인 영향을 미쳤으며(Jeong, 2014), 몇몇 연구에서는 협력학습이 학업성취 향상뿐만 아니라 자신감, 융통성, 의지, 반성, 가치 측면의 향상 등 학생들의 통계에 대한 태도에 효과적인 결과가 나타났다(Kim, 2017; Roseth, Garfield, & Ben-Zvi, 2008). 특히 소집단 협력학습과 동료 멘토링 학습, 강의의 세 가지 형태를 비교한 Lee(2013)의 연구에서는 수학 개념의 이해나 수학적 의사소통능력의 향상에는 소집단 협력학습이, 문제해결능력과 자아효능감에는 동료 멘토링 학습이 효과적이라는 결과로부터 여러 가지 학습 방법과 학습자의 수준을 고려하여 수업을 진행해야 함을 강조하였다.

반면 소그룹 협동학습과 전통적 강의식 수업이 학업성취에 유의미한 차이를 가져오지 않는다는 연구결과가 나타나기도 했으며(Bae, 2004), 100년 동안의 선행 연구를 분석하여 교사 중심 교육과 학습자 중심 교육의 학업성취를 비교한 Chall(2002)의 연구에서는 앞선 연구들과는 달리 교사 중심 교육이 더 효과적이라는 결과가 나타난 바 있다. 특히 사회경제적 지위(socioeconomic status)가 낮은 학생들에게 교사 중심 교육이 효과적이었으며, 중간층 학생들에게는 교육 방식에 따른 학업성취의 차이가 크지 않거나 존재하지 않았다는 Gage(1992)의 연구로부터

터 학습자 중심의 수업이 사회경제적 지위가 낮은 학생들에게는 효과적인 학습이 되지 않을 수 있다고 주장하였다(as cited in Chall, 2002). 그러나 대조적으로 학습 태도와 같은 정의적 영역에 대한 몇몇 연구에서는 학습자 중심 교육이 효과적이라는 결과가 나타나기도 하였는데, 이는 곧 지식과 기술의 습득에 중점을 둔 교사 중심 교육은 이를 처음 습득하는 학생들에게 효과적이며 그 이후에는 동기부여와 흥미, 개인의 능력과 선호에 맞는 교육을 강조하는 학습자 중심 교육이 효과적일 수 있음을 시사한다(Chall, 2002).

Slavin(1989)은 초·중등 학생들을 대상으로 한 협동학습에 관한 연구 중 학업성취에 미치는 영향을 측정한 63개의 연구를 분석하여 협동학습이 학업성취의 향상에 도움이 되긴 하지만, 그것이 효과적이기 위해서는 집단의 목표를 설정하고 개별 책임을 강조해야 한다고 말한 바 있다. 학습자 중심 교육을 주장하는 일부 연구자들은 종종 이를 교사 중심 교육과 반대되는 개념으로 보고 교사를 조력자 정도로 여기기도 하는데, 이러한 학습자 중심 교육과 교사 중심 교육의 이분법은 잘못된 전제이다. 지식의 습득은 학생과 교사가 함께 수업에 적극적으로 참여하는 사회문화 활동으로부터 가능한 것이기 때문이다(Mascolo, 2009). 이러한 관점에서 교사는 학생들이 스스로가 자신의 아이디어를 표현하고 다른 학습자의 아이디어에 대해 비교 분석함으로써 자신의 추상적인 개념을 구성할 수 있도록 촉진자의 역할을 해야 하며, 학생들은 수업에서 책임감을 가지고 주도적으로 문제를 해결해나갈 수 있어야 한다(Jung & Kim, 2013; Lee & Kim, 2016; Mvududu, 2005).

학습자 중심의 수업에서는 학습자 개인이 수업의 중심이며 개인의 성장과 발달을 교육의 목표로 하지만, 기존의 교과서는 교과서에 제시된 예문이 지나치게 상세하여 학생들이 스스로 해결 방법을 사고할 수 없고 실생활과 관련이 없는 문제 풀이 연습을 반복하여 학습자의 흥미를 이끌어내지 못한다는 한계가 제기되어 왔다(Kim & Kim, 2010). 현재 우리나라의 대부분의 수학 교과서에서 실생활에 관련된 내용은 수업의 도입과 평가를 위한 문제에 치중되어 있음에도 불구하고 실생활 중심의 소재를 수업에 활용한 결과 학생들의 흥미와 호기심을 유발하여 수업 참여도가 향상된다는 Lee, Kwean(2007)의 연구는

실생활 중심의 교수·학습 자료의 개발 필요성을 시사한다고 볼 수 있다. 또한 실제적인 문제 상황에서 문제중심 수업과 설명식 수업을 비교 분석한 Baek, Kim(1999)의 연구에서 학생들의 학업성취가 '적용' 문제에서 유의미한 차이가 나타나는 것을 확인하였는데, 이는 곧 실제적 맥락에서의 문제중심 수업이 문제해결력을 향상시킬 수 있는 교수법임을 의미한다.

따라서 본 연구에서는 실생활 자료를 바탕으로 통계적 과정을 경험하는 교수·학습에서 교사 중심의 강의식 수업과 학생 중심의 토론식 수업의 두 가지 형태로 나누어 수업을 진행하고, 그 결과 나타나는 학생들의 통계적 사고를 분석함으로써 통계적 과정과 수업의 형태 사이의 관계를 찾고자 한다. 이는 추후 교수·학습 자료와 활동을 개발하는 데 도움이 될 수 있으며, 교수·학습 방법과 그 효과에 대한 시사점을 제공할 수 있다.

III. 연구방법

이 장에서는 통계적 과정의 교수·학습 자료를 수업에 적용하였을 때 나타나는 학생들의 통계적 사고를 분석하기 위한 연구방법을 서술하였으며, 연구대상, 교수·학습 자료의 개발, 그리고 자료 수집 및 분석 방법을 포함한다.

1. 연구대상

본 연구는 서울시 소재의 J 여자 중학교 1학년 72명의 일반학급 학생 중에서 1~3차시 수업과 종합 평가로 구성된 전체 4회의 수업 중 1회 이상 결석한 15명의 학생을 제외한 57명의 여학생을 대상으로 진행하였다. 이때 전체 네 학급을 학생의 성적 및 수업 태도에 따라 수학 지식과 성취에서 유의미한 차이가 없도록 두 집단으로 나누어 각 집단의 수업 형태를 강의식 수업과 토론식 수업으로 구분하였다(Table 3). 또한 토론식 수업을 진행한 두 학급에서는 수학 지식과 성취가 다양한 4~5명의 학생이 한 조를 이루도록 각 반마다 4개의 조로 구성하였다.

[Table 3] Participants

Groups	Instruction	Class	The number of students		
			Class size	Group size	Total
T	teacher-centered	A	12	24	57
		B	12		
S	student-centered	C	17	33	
		D	16		

수업 시기는 중학교 1학년 자료의 정리와 해석 단원의 학습이 종료된 후로, 학생들은 2009 개정 교육과정이 반영된 초등학교 과정의 학습과 2015 개정 교육과정이 반영된 중학교 1학년 과정의 학습을 마친 상태로 연구에 참여하였다.

2. 교수·학습 자료의 개발

본 연구에서는 학생들의 통계적 사고를 분석하기 위하여 먼저 실생활 자료를 바탕으로 통계적 과정을 경험할 수 있는 3차시의 정규수업(각 45분)과 1회의 종합 평가로 구성된 교수·학습 자료를 개발하였다.

[Table 4] Standards for Data collection

Components of statistical thinking	Standards
Appropriate sampling	<ul style="list-style-type: none"> Choose a representative sample.
Appropriate data collection	<ul style="list-style-type: none"> Design a plan to collect appropriate data.
Recognition of sample sizes	<ul style="list-style-type: none"> Recognize the sample size and keep the sample sizes of the two groups similar to each other when comparing them.
Appropriate examples in multiple choices	<ul style="list-style-type: none"> Write a questionnaire using appropriate multiple choices.
Interaction with questions	<ul style="list-style-type: none"> Write a questionnaire considering the context of questions.
Consideration of variability	<ul style="list-style-type: none"> Write a questionnaire by considering variability.

정규수업은 하나의 주제로 통계적 과정 전체를 경험할 수 있도록 구성하였다. 이때 주제는 학생들의 흥미를 유발할 수 있는지, 실생활과 밀접한 관련이 있는지, 실제 통

계 자료가 존재하는지를 기준으로 하여 여러 항목을 비교·분석한 끝에 최종적으로 ‘1인 가구의 실태 조사’라는 주제를 선정하였다. 전체 3차시 수업은 자료의 수집, 자료의 정리 및 기술, 자료의 표현과 해석으로 구성하였으며, 각 단계별 구성 요소에 대한 성취 기준을 바탕으로 교수·학습 활동과 학습 자료를 개발하였다.

1차시는 자료의 수집 단계로 표집 선정과 자료 수집 방법의 설계, 설문 문항의 작성을 경험하게 함으로써 자료를 수집할 때 고려해야 하는 사항에 대해 알 수 있도록 하였다([Table 4]).

이때 적절한 표집 선정(appropriate sampling), 적절한 자료 수집(appropriate data collection), 표본 크기 인식(recognition of sample sizes)의 세 요소는 자료 수집 방법의 설계와 관련된 것으로, 자료 수집 대상이 잘못된 자료로부터 표집의 타당성을 판단하고 이를 바탕으로 직접 자료 수집 계획(주제, 대상, 장소, 기간, 방법)을 세우도록 하였다. 또한 1인 가구의 실태와 관련이 있거나 없는 항목(가구원수, 성별, 나이 등)을 제시하여 직접 문제와 관련이 있는 항목을 선택하고 설문 문항으로 작성하는 활동을 통해 보기의 적절성(appropriate examples in multiple choice), 문제와의 상호작용(interaction with questions), 변이성의 고려(consideration of variability)의 세 요소에 대한 통계적 사고를 분석하고자 하였다.

2차시는 자료의 정리 및 기술 단계로 자료를 범주화하고, 여러 가지 형태로 표현된 자료를 읽고 그 특성을 인식할 수 있도록 하였다([Table 5]).

[Table 5] Standards for Data organization and description

Components of statistical thinking	Standards
Categorization of data	<ul style="list-style-type: none"> Categorize the data according to their characteristics.
Data summary and recognition of distribution	<ul style="list-style-type: none"> Summarize the data and recognize their distribution.
Relationships between data and representations	<ul style="list-style-type: none"> Understand the relationships between the data and representations through the statistical process.

1인 가구의 실태를 조사한 설문지(12장)로부터 자료

정리의 필요성을 인식하고 이로부터 자료를 범주화하고 자료의 분포 상태를 인식할 수 있도록 구성하였으며, 1인 가구의 수와 비율의 변화에 대해 글, 표, 그래프 형태로 표현된 자료로부터 자료와 표현 도구의 관계성을 파악할 수 있는지 확인하고자 하였다.

마지막 3차시는 자료의 그래프 표현과 해석 단계의 두 단계로 이루어지며 자료의 특성에 따라 그래프를 선택하여 표현하고, 그래프로 나타내어진 자료를 해석할 수 있도록 하였다([Table 6], [Table 7]).

[Table 6] Standards for Data representations

Components of statistical thinking	Standards
Appropriate graph representations	<ul style="list-style-type: none"> Display graphs using the frequency or relative frequency.
Integration of numerical and graphical methods	<ul style="list-style-type: none"> Draw graphs correctly with numerical values.
Consideration of variability	<ul style="list-style-type: none"> Draw graphs displaying the characteristics of the data.

[Table 7] Standards for Data interpretation

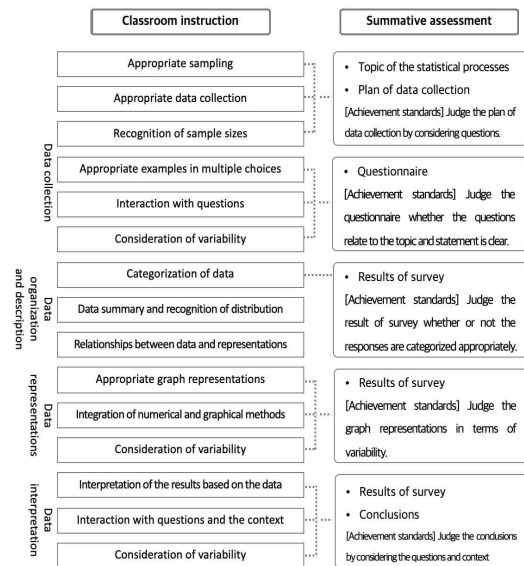
Components of statistical thinking	Standards
Interpretation of the results based on the data	<ul style="list-style-type: none"> Draw conclusions logically based on the data.
Interaction with questions and the context	<ul style="list-style-type: none"> Interpret the results considering the questions and the context.
Consideration of variability	<ul style="list-style-type: none"> Interpret the data considering the variability.

자료의 그래프 표현에서는 1인 가구와 관련된 항목별(종교, 사회활동 참여 여부, 거처의 종류 등) 변화 추이를 나타낸 표를 자료로 제시하고, 그로부터 알 수 있는 사실을 찾아 적절한 그래프로 나타내도록 하였다. 반대로 자료의 해석에서는 1인 가구의 항목별(사용하는 방의 개수, 거처의 종류 등) 분포 또는 비율을 나타낸 그래프를 자료로 제시하고, 이를 해석하는 활동을 구성하였다.

3차시 정규수업 후에는 학생들이 통계의 각 단계를 비판적으로 바라볼 때 비판적 사고와 통계적 사고가 가능

하다는 Gal, Garfield(1997)의 주장으로부터 통계 보고서에서 오류를 찾는 활동의 종합 평가를 실시하였다. 이러한 활동을 통해 학생들은 창안, 평가 등의 고차원적인 사고과정을 경험할 수 있고, 이것이 궁극적으로는 통계적 사고의 발달에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

종합 평가를 위한 통계 보고서는 통계교육세상의 전국 학생통계활용대회(<http://sti.kostat.go.kr/edu/>)에서 학생들이 직접 작성한 보고서를 참고하여 제작하였으며, 주제는 학생들이 관심 있고 자료를 직접 정리할 수 있는 ‘요즘 10대들이 좋아하는 음악’으로 선정하였다. 정규수업과 종합 평가는 모두 통계적 사고의 구성 요소를 기반으로 학생들의 통계적 사고를 발달시키는 것을 목표로 하며, 그 내용은 다음의 [Fig. 1]과 같다.



[Fig. 1] Relations between classroom instruction and summative assessment

이러한 원리로 개발한 교수·학습 자료는 수업에 적용하기 이전에 담당교사 1인과 수학교육진흥부 박사과정생 2인의 검토를 거쳐 일부를 수정·보완하여 최종 완성하였다.

3. 자료 수집 및 분석 방법

3차시의 정규수업은 중학교 1학년 통계교육을 모두 마

친 후 2018년 10월 25일부터 2018년 11월 14일까지 일주일 간격으로 이루어졌으며, 종합 평가는 3차시의 수업을 모두 마친 일주일 후 시행하였다. 전체 수업을 진행한 교사는 중학교 3년의 교사 경력을 지닌 교사로서, 현재 연구 대상 학년의 통계 수업을 담당하고 있다. 해당 교사는 주로 교사 중심의 강의식 수업을 진행해 왔으며, 문제 해결을 위한 조별 활동을 시행한 경험이 있다. 또한 연구자는 강의식 수업에서는 관찰자로, 토론식 수업에서는 보조 교사로서 수업에 참여하였다. 모든 수업은 45분씩 진행되었으며, 전체 수업의 내용은 녹음기와 스마트폰을 이용하여 녹음 및 녹화되었다.

본 연구에서는 검사도구로 학생들의 차시별 활동지와 종합 평가를 사용하였으며, 수업 녹음 전사본을 보조 도구로 활용하였다([Table 8]).

[Table 8] Instruments

Research Questions	Subjects	Instruments
1 Analysis of students' statistical thinking by components of statistical thinking	All students (N=57)	Artifacts
2 Analysis of students' statistical thinking by different instructional settings	Group T (N=24)	Artifacts, Recorded class discourse, Summative assesment
	Group S (N=33)	

먼저 연구문제 1, 2의 활동지에 나타난 학생들의 통계적 사고를 분석하기 위하여 통계적 사고 능력을 점수화 하였는데, 그 기준은 다음의 [Table 9]와 같다.

[Table 9] Scoring rubric for statistical thinking

Statistical thinking ability	Score
• Show his/her appropriate reasoning	3
• Mostly appropriate but somewhat inappropriate responses • Show some difficulties in integrating mathematical ideas	2
• Wrong responses or irrelevant responses to the given data	1
• No statistical thinking • No response	0

이후 통계적 과정의 단계별 평균 점수와 통계적 사고의 구성 요소별 평균 점수를 구하여 연구결과로 활용하였는데, 평균 점수란 해당 단계(또는 구성 요소)에서의 학생들의 점수를 모두 더하여 학생 수로 나눈 산술평균의 값을 의미한다. 이는 학생들에게 나타나는 통계적 사고를 단계별 또는 구성 요소별로 비교하기 위한 것으로 값이 0에 가까울수록 통계적 사고가 나타나지 않은 것을 의미하며, 3에 가까울수록 적절한 통계적 사고가 나타난 것을 의미한다. 이때 학생들의 통계적 사고 능력을 점수화한 결과를 검증하기 위해 Fleiss Kappa 계수를 이용하여 연구자와 수학교육전공 석사생 2인으로 구성된 3인의 채점자간 신뢰도를 알아보았더니 그 결과값이 0.516으로, 적당한 일치도를 보였다.

연구문제 2에서는 학생들의 활동지와 더불어 수업 시간 내에 이루어진 의사소통과 종합 평가를 추가적인 검사도구로 활용하였다. 특히 수업 시간 내의 의사소통은 수업의 형태에 따른 학생들의 차이를 보기 위한 것으로, 수업 녹음 전사본을 바탕으로 질적으로 분석하여 통계적 사고 능력 점수화의 근거로 활용하였다. 이때 두 집단을 비교하기 위하여 비모수통계 분석 방법인 Mann-Whitney U test를 실시하였으며, 유의수준 .01에서 유의미한 차이가 있는 것으로 간주하였다. 비모수통계 방법은 모집단의 분포가 정규분포가 아니거나 그 특성을 알지 못할 때 사용하는 가설 검증으로 본 연구에서는 적은 사례($n < 30$)를 분석하기 위해 사용하였다.

또한 종합 평가를 통해 각각의 통계적 사고의 구성 요소에 대한 오류를 찾아내는지의 여부에 따라 학생들의 통계적 사고 능력을 분석하였다. 이때 판단의 주체는 연구자로 통계적 사고의 구성 요소에 대한 성취기준을 근거로 학생들의 통계적 사고 여부를 판단하였으며, 수업의 형태에 따른 차이를 보는 것에 중점을 두었다. 각각의 구성 요소별로 오류를 찾아낸, 즉 통계적 사고가 나타난 응답자 수와 비율을 집단별로 정리하였으며, 이를 바탕으로 두 집단을 비교하기 위해 Fisher's exact test를 이용한 단변량 분석을 시행하여 유의수준 .01에서 유의미한 차이가 있는 것으로 간주하였다. Fisher's exact test는 수업의 방식에 따라 교차분석표를 작성하였을 때 기대빈도가 5 미만인 셀이 전체의 25%를 넘을 경우 주로 사용하는 방법으로, 본 연구에서는 적은 사례($n < 30$)를 분석하기

위해 사용하였다.

IV. 결과 분석 및 논의

1. 통계적 과정의 단계별 통계적 사고 분석

학생들의 통계적 사고 능력의 평균 점수를 각 단계와 구성 요소별로 나타내면 다음의 [Table 10]과 같다. 이때 평균 점수와 표준편차는 소수점 아래 세 번째 자리에서 반올림한 값이다.

[Table 10] Means and standard deviation by statistical process($n=57$, full points=3)

Process	Mean (SD)	Components of statistical thinking	Mean (SD)
Collection	1.97 (0.98)	Appropriate sampling	1.67 (0.95)
		Appropriate data collection	1.65 (0.94)
		Recognition of sample sizes	1.25 (0.81)
		Appropriate examples in multiple choices	2.36 (0.82)
		Interaction with questions	2.30 (0.93)
		Consideration of variability	2.58 (0.73)
Organization and description	1.71 (0.96)	Categorization of data	1.72 (0.65)
		Data summary and recognition of distribution	1.40 (1.05)
		Relationships between data and representations	2.23 (0.95)
Representations	1.56 (1.15)	Appropriate graph representations	1.82 (1.28)
		Integration of numerical and graphical methods	1.04 (1.12)
		Consideration of variability	1.82 (0.85)
Interpretation	1.89 (1.05)	Interpretation of the results based on the data	2.32 (1.05)
		Interaction with questions and the context	2.16 (0.86)
		Consideration of variability	1.19 (0.88)

먼저 학생들의 통계적 사고 능력의 평균 점수를 단계별로 나누어 계산한 결과 자료의 수집, 자료의 해석, 자료의 정리 및 기술, 자료의 그래프 표현 순으로 높게 나타났다. 그러나 자료의 수집 단계에서 설문지를 작성하는 등의 방법에 관한 세 요소를 제외하고 자료 수집 계획을 세우는 사고와 관련된 적절한 표집 선정(appropriate sampling), 적절한 자료 수집(appropriate data collection), 표본 크기 인식(recognition of sample sizes)의 세 요소만을 대상으로 평균을 구하였을 때, 그 점수가 1.52점에 불과했다는 점에서 학생들이 자료의 수집을 계획하는 단계에서의 통계적 사고 수준이 가장 낮았다고 볼 수 있다. 즉, 학생들은 설문 문항을 만드는 것은 익숙했지만, 자료 수집 계획을 세우는 과정에는 어려움을 겪고 있는 것이다.

또한 통계적 사고를 구성 요소별로 분석한 결과 학생들은 대체로 표본의 크기를 고려하여 자료 수집 대상을 선정하거나, 자료를 요약하고 분포를 인식하거나, 자료를 그래프로 표현할 때 수치를 연결 짓거나, 결과를 해석할 때 자료의 변이성을 고려하는 등 기존의 학교 수업에서 경험해보지 못한 부분에 대하여 낮은 수준의 통계적 사고를 보였다. 반면 자료의 특성을 파악하여 적절한 그래프로 표현하는 과정에서의 통계적 사고 점수는 1.82점으로 높게 나타났지만, 학생간의 편차가 큰 것으로 나타났다.

각각의 단계에서 나타나는 학생들의 통계적 사고를 살펴보면 다음과 같다.

1) 자료의 수집

자료의 수집 단계에서 통계적 사고의 구성 요소에 대한 점수 분포를 나타내면 다음의 [Table 11]과 같다.

[Table 11] Scores and distribution of students' statistical thinking in each component($n=57$)

Components of statistical thinking	The number of students(%)			
	0 point	1 point	2 points	3 points
Appropriate sampling	8 (14%)	14 (25%)	24 (42%)	11 (19%)
Appropriate data collection	9 (16%)	11 (19%)	28 (49%)	9 (16%)
Recognition of	8	32	12	5

sample sizes	(14%)	(56%)	(21%)	(9%)
Appropriate examples in multiple choices	0 (0%)	10 (21%)	10 (21%)	27 (58%)
Interaction with questions	3 (5%)	9 (16%)	13 (23%)	32 (56%)
Consideration of variability	0 (0%)	8 (14%)	8 (14%)	41 (72%)

자료를 수집하는 첫 번째 단계에서는 의도적으로 표본의 크기, 모집단의 대표성 등의 측면에서 주제에 맞지 않는 대상으로 J 여자 중학교 1학년생을 제시하였으며, 이것이 적절하지 않음을 학생들이 스스로 파악하고 새로운 대상을 선정하도록 하였다. 이후 학생들은 1인 가구의 실태 조사를 위한 자료 수집 계획을 세우고, 그에 따라 '1인 가구의 실태 조사'를 위한 설문지를 작성하였다. 이때 설문지 작성을 위해 키, 몸무게, 좋아하는 음식과 같이 1인 가구의 실태를 조사하는 데 필요하지 않은 항목과 가구 원수와 같이 반드시 필요한 항목, 그리고 성별, 나이, 종교, 혼인 상태, 직업, 거주지 등 조사하고자 하는 목적에 따라 필요할 수도 필요하지 않을 수도 있는 항목을 제시하였으며, 학생들로 하여금 어떤 자료를 수집할 것인지 직접 선택하고 설문 문항으로 작성하도록 하였다.

이때 나타난 학생들의 통계적 사고를 구성 요소별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 적절한 표집 선정(appropriate sampling)

학생들은 주제에 맞지 않는 자료 수집 대상은 쉽게 찾아내었으나 직접 표집을 선정할 때 주제나 자료 수집 목적, 집단의 특성을 고려하지 못하였다. 이들은 주로 단순히 J 여자 중학교 학생이 아닌 교사를 대상으로 하거나, 20세 이상의 대학생을 대상으로 한정 짓는 등 집단의 특성을 고려하지 못하는 모습을 보였다.

(2) 적절한 자료 수집(appropriate data collection)

주제를 고려하여 자료 수집 계획을 세운 학생은 총 37명으로 전체의 65%를 차지했으나 9명(16%)의 학생들만이 주제와 대상, 장소, 기간, 방법 등이 적절한 자료 수집 계획을 세웠고, 나머지 28명(49%)의 학생들은 대상이나 장소의 측면에서 미흡한 자료 수집 계획을 세웠다. 특히 대부분의 학생들이 자료 수집 방법으로 활동지에 제시된

그대로 설문 조사를 선택하는 모습을 보였다.

(3) 표본 크기 인식(recognition of sample sizes)

표본 크기 인식 요소의 경우 모집단의 특성을 고려하여 표본의 크기를 설정하였는가 뿐만 아니라 두 개 이상의 집단을 비교할 때 비슷한 크기의 표본을 선정하였는가에 대한 통계적 사고를 포함하는데, 본 수업에서는 두 개 이상의 집단을 비교하지 않으므로 표집이 모집단을 대표할 수 있는지에 초점을 두어 분석하였다. 그 결과 32명(56%)의 학생들이 표본의 크기와 관계없이 자료 수집 기간이 '너무 짧다'는 이유로 자료 수집 계획을 일주일 이상으로 연장하였고, 이를 통해 대부분의 학생들이 표본의 크기에 대해 인식하지 못함을 알 수 있었다.

(4) 보기의 적절성(appropriate examples in multiple choices)

본 요소는 전체 학생 중 주관식 문항만을 사용하거나 '예/아니오'와 같은 보기만을 사용한 선택형 문항을 작성한 학생을 제외한 47명의 학생의 응답을 분석하였다. 그 결과 27명(58%)의 학생들이 범주를 잘 구분하여 보기를 제시하였으며, 내용과 관련이 없는 보기를 제시한 학생은 없었다. 보기를 미흡하게 사용한 경우는 크게 세 가지로 나타났는데 첫 번째는 주어진 보기가 전체를 포괄하지 못하는 경우, 즉 기타 항목의 필요성을 고려하지 못한 경우로 주로 나이와 거주지를 물어볼 때 나타났다. 두 번째는 중복되는 보기가 있는 경우, 세 번째는 보기의 개수를 너무 적게 제시하거나 보기가 미흡하여 하나의 보기의 비중이 크게 나타나는 경우로, 주로 나이와 직업을 물어볼 때 나타났다. 그러나 이는 직업에 대한 이해가 부족한 것으로 볼 수 있기 때문에 사전에 관련 항목을 안내하거나 학생들에게 쉽고 친숙한 항목을 사용하는 것이 좋다는 것을 알 수 있었다.

(5) 문제와의 상호작용(interaction with questions)

문제와 관련이 없는 항목을 선택하여 문항을 작성한 3명(5%)의 학생을 제외한 모든 학생들은 보기로 제시된 여러 항목 중 필요한 항목을 선택하였다. 그러나 학생들은 실제로 설문 조사에 참여한 경험이 있기 때문에 설문 문항을 만드는 데에 자신감을 표했음에도 불구하고 주제

에 맞는 항목을 선택하여 적절한 문항으로 제시한 학생은 32명(56%)에 불과했다는 점에서 학생들이 자료를 수집할 때 주제에 대해 고려하지 못하거나, 주제에 맞는 적절한 형태의 문항을 구성하지 못한다는 것을 알 수 있었다.

(6) 변이성의 고려(consideration of variability)

변이성은 모든 체계에 고유하게 내재되어 있기도 하고, 측정과 표집 또는 우연에 의해 발생하기도 하는 통계적 사고의 핵심 아이디어이다. 이를 제거하려는 사고는 통계적 과정에서 변이성을 예측하고 통제할 수 있는 토대가 되기 때문에 학교수학에서 통계적 변이성을 설명하고 제어하는 경험이 필요하다(Go & Lee, 2011; Wild & Pfannkuch, 1999). 따라서 본 수업에서는 학생들이 설문 문항의 형태로부터 유발할 수 있는 변이성을 예측하고 통제하는지에 초점을 두었다. 그 결과 설문지의 모든 문항을 주관식으로 작성하는 등 문항을 적절하게 사용하지 못한 학생은 8명(14%)에 불과하였으며, 대부분의 학생들이 주관식과 객관식 문항을 적절하게 활용하는 것을 확인하였다. 그러나 학생들은 거주지를 묻는 질문에서 응답하는 사람에 따라 거주지가 ‘현재 살고 있는 지역’, ‘현재 살고 있는 주거 형태’ 등의 여러 의미로 받아들여질 수 있다는 사실을 인식하지 못하는 모습을 보이기도 했다 ([Fig. 2]).

2 poi- nts	5. 거주지가 어떻게 되시죠? ()
3 poi- nts	(4) 거주지가 어떻게 되십니까? (예: 00아파트, 00빌라, 단골주택 등) _____

[Fig. 2] Examples of students' answers

2) 자료의 정리 및 기술

자료의 정리 및 기술 단계에서 통계적 사고의 구성 요소에 대한 점수 분포를 나타내면 다음의 [Table 12]와 같다.

[Table 12] Scores and distribution of students' statistical thinking in each component(*n*=57)

Components of statistical thinking	The number of students(%)			
	0 point	1 point	2 points	3 points
Categorization of data	0 (0%)	22 (39%)	29 (51%)	6 (10%)
Data summary and recognition of distribution	19 (33%)	1 (2%)	32 (56%)	5 (9%)
Relationships between data and representations	4 (7%)	8 (14%)	16 (28%)	29 (51%)

자료를 정리하는 첫 번째 단계에서는 4개의 객관식 문항과 3개의 주관식 문항으로 이루어진 설문지의 응답 결과 12건이 수집된 자료로 제시되었다. 이때 학생들이 각각의 자료를 특성에 맞게 범주화하는지를 보기 위하여 주관식 문항의 답안을 정리하도록 하였는데, 대부분의 학생들이 이를 어려워하는 모습을 보였다. 이에 교사는 나이를 순서에 따라 ‘10대, 20대, 30대, ...’와 ‘15~24세, 25~34세, 35~44세, ...’의 두 가지 기준으로 범주화하여 정리한 결과를 예로 들어 보여줌으로써 범주화의 중요성과 함께 자료를 범주화할 때 어떤 기준을 세우는지에 따라 결과의 해석이 달라질 수 있다는 사실을 언급하였다.

이후 학생들은 1인 가구의 증가에 대한 내용이 담긴 글, 표, 그래프 형태의 자료로부터 알 수 있는 사실을 기술하고, 자료와 표현 도구 사이의 관계를 파악하였다. 특히 각각의 표현 도구의 특성을 기술하는 문제에서 학생들은 교과서를 찾아보더니 “교과서에 없으니 배우지 않았다.”, “어떻게 쓸지 모르겠다.”고 말하는 등 자료의 여러 가지 표현에 대해 낯설어 하는 모습을 보이기도 했다.

이때 나타난 학생들의 통계적 사고를 구성 요소별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 자료의 범주화(categorization of data)

29명(51%)의 학생들은 나이, 가구원수와 같은 수치형 데이터를 범주화하여 정리하였고 그 과정에서 오류가 없었으나 범주형 데이터는 정리하지 못하였다. 또한 22명(39%)의 학생들은 범주를 정하고 결과를 분류하는 것에 어려움을 겪었다. 이들은 주로 거주지 항목을 정리하는 데에 어려움을 겪었는데, 거주지 항목이 주관식 문항으로

제시되어 응답 결과가 ‘경기도’, ‘김해시’, ‘중구’ 등 명확한 기준이 없이 나타났기 때문에 볼 수 있다. 반면 설문지에 나타나지 않은 ‘충청도’ 항목을 넣어 응답자의 수를 0으로 정리한 학생은 6명(10%)으로 높은 수준의 통계적 사고를 보였다([Fig. 3]).

1 point	서울특별시	경기도	제주도	충북광역시	김해	충청
	4	2	1	1	1	1
3 points	과 함께 의논해봅시다.					
	대구권속 10명 : 4명 대구권속 2명 : 3명 대구권속 3명 : 1명 대구권속 4명 : 3명 대구권속 5명 : 1명	서울 : 5명 남가 : 7명	경기도 4 충청도 0 강원도 1 경상도 1 전라도 2 제주특별자치도 1	서울특별시 4 경기도 3 충청도 0 강원도 1 경상도 1 전라도 2 제주특별자치도 1	강원도 9 판매사 0 사무집사 기타 5	

[Fig. 3] Examples of students' answers

(2) 자료 요약과 자료 분포 인식(data summary and recognition of distribution)

19명(33%)의 학생들이 정리한 자료가 의미하는 바를 기술하지 못하였고, 1명(2%)의 학생은 자료의 분포가 아닌 ‘(전체 응답자의) 합은 12명’과 같이 단순히 알 수 있는 사실을 기술하는 것에 그쳤다. 반면 32명(56%)의 학생들은 주로 ‘남자가 여자보다 2명 더 많다.’와 같이 응답자 수의 많고 적음에 대해 이야기하며 자료를 미흡하게 요약하는 모습을 보였다. 이때 일부 학생은 나이에 대해 1인 가구와 아닌 경우로 나누어 정리하는 등 한 가지 항목을 기준으로 다른 항목을 정리하는 통합적 시각을 보였는데, 특히 그 기준을 가구원수로 설정하였다는 점에서 주제를 고려하였다고도 볼 수 있다. 응답의 분포를 비율과 함께 나타내어 요약한 학생은 5명(9%)에 그쳤다.

(3) 자료와 표현 도구의 관계성(relationships between data and representations)

4명(7%)을 제외한 모든 학생들이 글, 표, 그래프 형태의 자료로부터 이들이 모두 같은 자료라는 사실을 인식하였다. 이 중 8명(14%)의 학생들은 각각의 표현 도구의 특성을 알지 못하였고, 16명(28%)의 학생들은 ‘어지럽다.’, ‘포인트가 보이긴 한다.’와 같이 미흡하게 이해하고 있음

을 알 수 있었다. 반면 29명(51%)의 학생들은 각각의 도구의 특성에 대하여 ‘한 눈에 알아보기 쉽다.’, ‘구체적으로 알 수 있다.’ 등의 방식으로 진술하였는데, 그중에는 ‘각각의 수(도수)를 알 수 있다.’, ‘증가, 감소를 알아보기 쉽다.’와 같이 수학적 용어를 사용하는 학생도 있었다.

3) 자료의 그래프 표현

자료의 그래프 표현 단계에서 통계적 사고의 구성요소에 대한 점수 분포는 다음의 [Table 13]과 같다.

[Table 13] Scores and distribution of students' statistical thinking in each component(n=57)

Components of statistical thinking	The number of students(%)			
	0 point	1 point	2 points	3 points
Appropriate graph representations	15 (26%)	7 (12%)	8 (14%)	27 (48%)
Integration of numerical and graphical methods	28 (49%)	5 (9%)	18 (32%)	6 (10%)
Consideration of variability	4 (7%)	14 (25%)	27 (47%)	12 (21%)

본 수업에서는 두 번의 그래프 그리기 활동을 진행하였다. 첫 번째는 주어진 주장을 뒷받침하기 위하여 표에서 자료를 찾고 이를 그래프를 나타내는 활동을, 두 번째는 종교유무에 따른 1인 가구의 수와 비율에 대한 표로부터 학생들이 스스로 알 수 있는 사실을 찾고 이를 그래프로 나타내는 활동을 진행하였다. 단, 첫 번째 활동을 진행하지 못한 학급이 있어 두 번째 활동을 기준으로 학생들의 통계적 사고를 분석하였고, 변이성의 고려 요소에서는 첫 번째 활동의 결과를 바탕으로 추가 분석하였다.

이때 나타난 학생들의 통계적 사고를 구성 요소별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 그래프 표현의 적절성(appropriate graph representations)

표에서 자료의 분포를 인식하고, 이를 그래프로 나타내는 활동에서는 먼저 각 항목별로 제시된 도수와 상대도수로부터 ‘어떤’ 자료를 ‘어떻게’ 나타낼 것인지를 결정해야 하는데, 15명(26%)의 학생들은 1인 가구의 수에 대한 분포를 인식하였으나 정작 그래프로 나타낼 때에는 비율

을 사용하는 등 도수와 상대도수를 구분하지 못하는 모습을 보였다. 반면 7명(12%)의 학생들은 도수와 상대도수의 의미를 알고 근거가 되는 적절한 자료를 선택하였으나 그래프의 가로축과 세로축을 잘못 선택하고 내용과 전혀 상관없는 그래프로 나타내는 등 그래프 표현 과정에서 오류를 보였다. 또한 자료를 적절한 그래프로 표현하였으나 축 항목, 범례 등 그래프의 요소를 불완전하게 나타낸 학생은 총 8명(14%)으로 주로 꺾은선그래프와 막대그래프를 이용하였고, 그래프의 요소를 완전하게 나타낸 학생은 총 27명(48%)으로 주로 원그래프를 이용하였다.

(2) 수치적 표현과 시각적 표현 통합(integration of numerical and graphical methods)

교사가 먼저 수치를 함께 나타낸 그래프를 보여주었음에도 불구하고 28명(49%)의 학생들이 그래프의 시각적 표현에만 집중하였고, 수치를 나타낼 때 도수와 상대도수를 혼용하는 등 적절하지 않은 표현을 사용한 학생도 5명(9%)이나 있었다. 반면 18명(32%)의 학생들은 그래프를 표현할 때 수치는 표시하였으나 자료의 크기가 천 단위임에도 ‘차이가 크지 않다’고 주장을 하는 등 단위를 고려하지 않는 모습을 보였다. 단위를 고려하여 수치적 표현과 시각적 표현을 통합한 6명(10%)의 학생들은 모두 원그래프를 이용하였는데, 이로부터 학생들이 원그래프의 표현에는 익숙하지만 막대그래프나 꺾은선그래프의 표현에서는 단위를 고려하지 못하고 있다는 사실을 알 수 있었다.

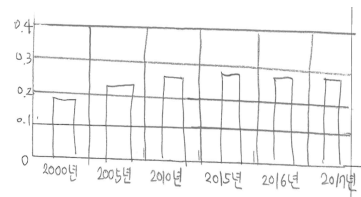
(3) 변이성의 고려(consideration of variability)

자료를 그래프로 나타낼 때에는 어떤 색상을 이용하는지, 얼마의 크기로 나타내는지, 또는 어떤 부분을 강조하는지에 따라 전혀 다른 결과를 보여줄 수 있다. 특히 막대그래프나 꺾은선그래프의 경우 축의 크기를 조절하여 자료를 왜곡시켜 보여줄 수 있기 때문에 그래프로 표현하기에 앞서 자료의 특성을 고려해야 한다. 그러나 많은 학생들이 자료 값에 따라 세로축의 범위를 임의로 설정하였으나 세로축의 최댓값보다 자료 값이 더 커 영역을 벗어나는 그래프를 그리거나, 최솟값 이하의 부분이 임의로 생략하여 원 자료의 경향성을 파악하기 어렵게 표현

하였고, 생략된 부분에 물결선을 사용하여 자료가 의미하는 바를 명확하게 표현한 학생은 12명(21%)에 불과했다.

반면 원그래프로 나타낸 학생들은 항목의 크기를 전혀 고려하지 않거나, 그 크기를 주관적으로 나타냈다. 원그래프는 눈금을 사용하지 않고 대략적으로 나타내는 경우가 많은데, 이 경우 결과 해석에서 오류를 유발할 수 있기 때문에 2015 개정 교육과정에서는 원그래프나 띠그래프와 같이 비율을 나타내는 그래프를 표현할 때 눈금을 사용하도록 지도할 것을 당부하고 있다(Ministry of Education, 2017).

세 반에서의 첫 번째 활동을 추가 분석한 결과 2000년, 2005년, 2010년, 2015년, 2016년, 2017년의 자료가 주어졌음에도 모든 학생들이 [Fig. 4]와 같이 가로축의 항목을 모두 동일한 간격으로 나타낸 것으로부터 가로축의 항목은 전혀 고려하지 않는다는 것을 알 수 있었다.



[Fig. 4] An example of a student's answer

4) 자료의 해석

자료의 해석 단계에서 통계적 사고의 구성 요소에 대한 점수 분포를 나타내면 다음의 [Table 14]와 같다.

[Table 14] Scores and distribution of students' statistical thinking in each component(*n*=57)

Component of statistical thinking	The number of students(%)			
	0 point	1 point	2 points	3 points
Interpretation of the results based on the data	4 (7%)	13 (23%)	1 (2%)	39 (68%)
Interaction with questions and the context	4 (7%)	5 (9%)	26 (45%)	22 (39%)
Consideration of variability	8 (14%)	39 (68%)	1 (2%)	9 (16%)

자료의 해석 단계에서는 1인 가구가 사용하는 방의 개수별 분포를 나타낸 누적막대그래프와 비율을 나타낸 꺾은선그래프를 제시하고, 이를 해석해보도록 하였다.

이때 나타난 학생들의 통계적 사고를 구성 요소별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 자료에 기초한 결과 해석(interpretation of the results based on the data)

13명(23%)의 학생들이 그래프에 나타난 자료를 해석함에 있어 비약이 있었다. 이들은 주로 “1인 가구가 돈을 많이 벌어서 수가 많아지고 있다.”고 해석하였는데, 이는 학생들이 낮은 수준의 통계적 사고를 보인다기보다 수업 시간에 있던 교사의 발언이 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 반면 이를 제외한 대부분의 학생, 즉 39명(68%)의 학생들은 자료에 기초하여 비약 없이 해석하는 모습을 보였다.

(2) 문제 및 맥락과의 상호작용(interaction with questions and the context)

5명(9%)의 학생들은 단순히 그래프의 모양만을 언급하는 등 문제 상황과 관련지어 자료를 해석하지 못한 반면 48명(84%)의 학생들은 나름의 방식으로 해석하는 모습을 보였다. 그중 26명(45%)의 학생들은 문제 상황과 관련지어 그래프를 해석하였지만 각 항목 사이에 숨겨진 맥락을 파악하지는 못하였고, 전체 맥락을 고려하여 자료를 해석한 학생은 22명(39%)에 불과했다.

(3) 변이성의 고려(consideration of variability)

자료의 해석 단계에서 변이성을 고려하지 못한 학생은 총 8명으로 전체의 14%를 차지했는데, 이들은 대개 자료를 해석할 때 ‘뒤죽박죽이다.’와 같이 그래프의 모양을 기술하는 것에 그쳤다. 또한 39명(68%)의 학생들은 그래프의 모양을 가지고 증가폭이 ‘크다.’, ‘작다.’와 같은 주관적인 용어를 사용하여 값의 변화에 대해 기술하였는데, 이들은 모두 이와 같은 진술 방식이 자료 해석에 있어 변이성을 유발할 수 있다는 사실을 인식하지 못하였다고 볼 수 있다. 반면 10명(18%)의 학생들은 ‘7배 이상 증가’, ‘2배 이상 증가’ 등 정확한 수치를 사용하여 자료를 해석하였고 그 정확성에 따라 2점, 3점을 받았으나 3점을 받은 학생들 역시 일부 문제에서 애매한 진술을 하는 경향

이 있었기 때문에 자료 해석에서의 변이성을 정확히 인식하고 있다고 보기에는 무리가 있었다.

2. 수업의 형태별 통계적 사고 분석

연구문제 2의 수업의 형태별 통계적 사고를 비교하기 위해 시행한 두 집단의 통계적 사고의 구성 요소별 평균 점수에 대한 동질성 검정 Mann-Whitney U test 결과는 다음의 [Table 15]와 같이 나타났다.

[Table 15] Means by statistical process of the two groups ($n_T=24$, $n_S=33$, full points=3)

Process	Components of statistical thinking	Mean		p
		Group T	Group S	
Collection	Appropriate sampling	0.83	2.27	.000***
	Appropriate data collection	0.79	2.27	.000***
	Recognition of sample sizes	0.67	1.67	.000***
	Appropriate examples in multiple choices	2.00	2.59	.012*
	Interaction with questions	1.83	2.64	.010*
	Consideration of variability	2.33	2.76	.006**
Organization and description	Categorization of data	1.50	1.88	.020*
	Data summary and recognition of distribution	0.83	1.82	.001**
	Relationships between data and representations	1.67	2.64	.001**
Representations	Appropriate graph representations	1.21	2.27	.000***
	Integration of numerical and graphical methods	1.13	0.97	.617
	Consideration of variability	1.54	2.03	.055
Interpretation	Interpretation of the results based on data	2.13	2.45	.285
	Interaction with questions and the context	1.88	2.36	.059
	Consideration of variability	1.13	1.24	.187

Note: * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

두 집단의 통계적 사고는 적절한 표집 선정 (appropriate sampling), 적절한 자료 수집 (appropriate data collection), 표본 크기 인식 (recognition of sample sizes), 자료 수집에서의 변이성의 고려 (consideration of variability), 자료 요약과 자료 분포 인식 (data summary and recognition of distribution), 자료와 표현 도구의 관계성 (relationships between data and representations), 그래프 표현의 적절성 (appropriate graph representations) 요소에 대하여 유의수준 .01에서 통계적으로 유의미한 차이가 있었다.

또한 통계적 과정이 점점 진행될수록 두 집단의 통계적 사고에 유의미한 차이가 나타나지 않았는데, 그 이유는 다음과 같은 세 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 토론식 수업이 점차 원활하지 않게 진행되었기 때문에 학생들의 통계적 사고가 낮게 나타났다. S집단의 학생들은 수업이 진행되는 동안 점점 수업에 집중하지 못하고 사담을 나누기도 했는데, 이로 인해 온전한 토론식 수업의 효과가 나타나지 않았을 수 있다.

둘째, 자료의 수집과 자료의 정리 및 기술 단계보다 자료의 그래프 표현과 해석 단계가 더 익숙하기 때문에 통계적 과정이 진행됨에 따라 점차 두 집단의 통계적 사고가 비슷한 수준을 보였다. 학생들은 상대적으로 자료를 수집하고 정리, 요약하는 것보다 기존 교육과정에서 주로 다루었던 자료를 그래프로 표현하거나 그래프로 나타내어진 자료를 해석하는 것에 더 익숙하기 때문에 수업의 형태와 관계없이 비슷한 통계적 사고를 보였을 수 있다.

셋째, 자료의 수집, 정리 및 기술, 그리고 그래프 표현 단계는 토론식 수업이 효과적이지만 자료의 해석 단계의 학습은 수업의 형태와 관계가 없다. 오히려 토론식 수업의 학생들이 본인의 통계적 사고 능력에 비해 높은 점수를 받는 경향이 있다면, 강의식 수업이 토론식 수업에 비해 자료의 해석 단계의 학습에 더 효과적이라 볼 수도 있다.

반면 유의수준 .01에서 두 집단 사이에 유의미한 차이가 나타난 구성 요소에 대해 학생들의 통계적 사고를 담화 분석을 통한 사례로 살펴보면 다음과 같다.

1) 자료의 수집

(1) 적절한 표집 선정 (appropriate sampling)

T집단의 학생들은 대부분 자료 수집 대상을 특정 짓지 못하고 단순히 변경해야 한다거나, J 여자 중학교 1학년 학생이 아닌 교사를 대상으로 자료를 수집하겠다고 응답하는 등 0점 또는 1점에 해당하는 통계적 사고를 보였다. 반면 S집단의 학생들은 [사례 1]과 같이 전체 집단의 특성을 고려하여 대상을 선정하는 모습을 보였고, 대부분 2점 또는 3점을 받았다.

[사례 1] S집단 D02조의 토론

학생 A: 어른들로 해야 되지 않을까?
 학생 B: 어른들?
 학생 A: 걸어가는 사람들이나 회사원들.
 학생 B: 근데 그러면 범위가 너무 넓어지는데?
 학생 A: 넓어야지. 전체잖아. 걸어가는 사람들, 어른들한테 하자.

(2) 적절한 자료 수집 (appropriate data collection)

T집단의 학생들은 자료 수집 계획을 세울 때 자료 수집 대상, 기간, 장소, 방법 등 각각의 항목을 별도의 항목으로 생각하였고 대체로 0점 또는 1점을 받았다. 반면 S집단의 학생들은 [사례 2]에서와 같이 각각의 항목에 대해 종합적으로 고려하며 자료 수집 계획을 세우는 모습을 볼 수 있었다.

[사례 2] S집단 C01조의 토론

학생 D: 인터넷 커뮤니티. 트○○(SNS)라든지 그런? 사람들이 투표하게 만드는 거야. 투표용지 만들어서. 거기에서 혼자 사는지 아니면 다른 사람처럼 사는지 그런 거?
 학생 A: 인터넷으로 그런 거 하면 좀 위험할 텐데.
 학생 C: 익명이니까?
 학생 A: 응. 그리고 인터넷상에서는 그런 건 좀 예민하잖아.
 학생 B: 아니면 차라리 그냥 아파트 사는 사람들 해.
 학생 D: 그러면 거기에 있는 사람들은 그냥 다 일일이 어떻게 물어봐?
 학생 B: 그거 그냥 우편함에 집어넣으면 돼.
 학생 A: 아니면 그거 아파트에 붙여놓은 다음에 혼자 사는가 아닌가 스티커 붙이게 하면?

특히 자료 수집 방법과 관련하여서는 T집단의 모든 학생들이 자료 수집 대상과 장소, 기간에만 초점을 맞춘 나머지 다른 방법은 생각하지 않고 보기에서 제시된 대로 설문지를 이용하는 모습을 보였는데, S집단의 몇몇 조에서는 설문 조사를 위한 수단으로 전화, SNS, 스티커

붙이기 등 다양한 방법을 이용하겠다고 응답하기도 했다.

른 방법을 이용한 학생은 없었다.

(3) 표본 크기 인식(recognition of sample sizes)

T집단의 학생들은 모두 0점 또는 1점으로 표본의 크기를 전혀 인식하지 못한 반면 S집단의 몇몇 조에서는 자료 수집 대상을 선정하면서 표본의 크기에 대해 언급하였다. 특히 3점을 받은 5명의 학생들은 모두 같은 조로, [사례 3]과 같이 표본의 크기를 고려하는 모습을 보였다.

[사례 3] S집단 C02조의 토론
 학생 A: 일단 나이대가 다양해야 돼.
 학생 C: 나이대가 다양한 사람들을 어디에서 찾아?
 학생 D: 길거리?
 학생 B: 근데 길거리에서는 하루 종일 해도 몇 개 안 모일걸?
 학생 D: 며칠 하면 되잖아.
 학생 B: 아니. 근데 이게 전체를 봐야 되잖아. 그니까 내 생각에는 그냥 무작위로 전화하면?
 학생 A: 웬 전화?
 학생 B: 아니. 우리 다섯 명이니까 동시에 전화하면 그래도 많이 모이지 않을까?
 학생 E: 아, 최대한 많이 모으려고?
 학생 B: 그래야 좀 모일 듯? 뭐가 결과도 나오고?

(4) 변이성의 고려(consideration of variability)

변이성의 고려 요소에서는 두 집단의 학생들 모두 대체로 높은 점수를 받았으며, S집단이 T집단에 비해 높았다. 그러나 이는 S집단의 학생들이 T집단의 학생들에 비해 작성한 설문 문항의 수가 적고, 대부분의 학생들이 직업, 거주지와 같이 질문의 형태에 따라 응답이 달라질 수 있는 항목이 아닌 가구원수, 성별, 나이 등의 항목만을 선택하여 설문 문항을 작성하였기 때문에 상대적으로 그 수준이 높게 측정된 것으로 볼 수도 있다.

2) 자료의 정리 및 기술

(1) 자료 요약과 자료 분포 인식(data summary and recognition of distribution)

T집단의 대부분의 학생들(58%)은 결과를 범주화하여 정리한 자료를 요약 및 기술하는 문제를 해결하지 못하였으며, S집단의 대부분의 학생들(73%)은 ‘남자가 여자보다 2명 더 많다.’ 등과 같이 미흡한 형태로 자료를 요약하였다. 이들 중 S집단의 한 조에서만 자료 요약하고 분포를 나타내는 방법으로 비율을 이용하였고, 이외에 다

(2) 자료와 표현 도구의 관계성(relationships between data and representations)

T집단은 83%에 해당하는 학생들이 글, 표, 그래프의 형태로 나타낸 같은 자료를 인식하고 각각의 도구의 특징을 기술하였는데, 대개 ‘읽기가 어지럽다.’, ‘한 눈에 보기 쉽다.’와 같이 주관적인 용어를 사용하였다. 반면 S집단의 학생들은 토론을 통해 ‘정확한 수치를 알 수 있다.’, ‘증가와 감소를 알아볼 수 있다.’와 같은 수학적 표현을 사용하여 각각의 도구의 특징을 정리하는 모습을 보였다.

3) 자료의 그래프 표현

(1) 그래프 표현의 적절성(appropriate graph representations)

T집단과 S집단 모두 0점을 받은 학생들이 일부(각 29%, 24%) 존재했는데, S집단은 0점인 학생을 제외한 모든 학생이 도수와 상대도수의 의미를 인식하고 이를 적절한 그래프로 표현할 수 있었다. 즉, S집단의 학생들은 [사례 4]와 같이 필요한 자료를 선택하고, 이를 어떤 그래프를 사용하여 어떻게 나타낼 것인지를 의논하는 과정에서 통계적 사고를 하였다고 볼 수 있는 것이다.

[사례 4] S집단 D04조의 토론
 학생 A: 선생님, 이거 1인 가구 증가량이라 해야 돼요? 증가 비율이라 해야 돼요?
 교사: 보고 싶은 게 어떤 거야? 얼마나 많은 수가 늘어났는지? 아니면 전체 중에 얼마나 차지하는지?
 학생 C: 아, 그럼 증가량이다.
 학생 A: 그럼 이거 뭐로 정리해?
 학생 D: 원?
 학생 C: 2005년하고 2015년?
 학생 B: 꺼은선으로 해.
 학생 A: 꺼은선으로 할 수 있어?
 학생 B: 그냥 이렇게 하면 되지. 시간이 지난 거니까.

또한 T집단과 S집단을 비교했을 때 그래프의 요소 측면에서 완성도는 S집단이 T집단에 비하여 높게 나타났다. 특히 T집단의 대부분의 학생들이 세로축이나 범례 등을 생략하고 나타낸 것에 비해 S집단은 축 항목을 표현하지 않은 학생이 단 한 명도 없었다.

통계적 사고 능력 점수를 측정하지 않은 첫 번째 활동에서도 T집단과 S집단의 차이가 있었다. T집단의 경우

어떤 그래프를 사용하여 나타낼 것인지 묻는 질문에 대한 첫 응답이 A반에서는 막대그래프, B반에서는 꺾은선 그래프가 나왔다. 그 결과 A반은 12명 중 12명 전원이 막대그래프를, B반은 12명 중 8명이 꺾은선그래프를 이용하여 자료를 표현하였는데, 이를 통해 강의식 수업에서의 학생들은 교사와 그 수업을 주도하는 몇 학생들의 영향을 많이 받고 있다는 것을 알 수 있었다.

또한 연구문제 2에서는 종합 평가를 통해 통계적 과정의 경험이 학생들의 통계적 사고에 어떠한 영향을 미쳤는지를 확인하였다. 사고 요소별 응답자 수와 비율을 수업의 형태에 따라 정리한 것을 바탕으로 두 집단을 비교하기 위해 Fisher's exact test를 이용한 동질성 검정을 시행하였고, 다음의 [Table 16]과 같은 결과를 얻었다.

[Table 16] Scores and distribution by summative assessment of the two groups($n_T=24$, $n_S=33$)

Process	Components of statistical thinking	The number of students(%)		p
		Group T	Group S	
Collection	Appropriate sampling	22 (92%)	24 (73%)	.097
	Appropriate data collection	0 (0%)	0 (0%)	-
	Recognition of sample sizes	3 (13%)	2 (6%)	.640
	Appropriate examples in multiple choices	0 (0%)	3 (9%)	.256
	Interaction with questions	3 (13%)	19 (58%)	.001**
	Consideration of variability	4 (16%)	4 (12%)	.709
Organization	Categorization of data	2 (8%)	3 (9%)	1.000
Representations	Appropriate graph representations	4 (17%)	10 (30%)	.352
	Integration of numerical and graphical methods	10 (42%)	2 (6%)	.002**
	Consideration of variability	8 (33%)	3 (9%)	.039*
Interpretation	Interpretation of the results based on the data	13 (54%)	16 (48%)	.790
	Interaction with questions and the context	1 (4%)	6 (18%)	.220
	Consideration of variability	5 (21%)	2 (6%)	.119

Note: * $p < .05$, ** $p < .01$

통계적 사고가 나타난 학생의 비율을 수업의 형태에 따라 비교한 결과 문제와의 상호작용(interaction with questions), 수치적 표현과 시각적 표현 통합(integration of numerical and graphical methods) 요소에 대하여 유의수준 .01에서 유의미한 차이가 있었다. 문제와의 상호작용 요소에서 통계적 사고가 나타난 학생의 비율은 T집단(13%)에 비해 S집단(58%)이 높았으며, 반대로 수치적 표현과 시각적 표현 통합 요소에서 통계적 사고가 나타난 학생의 비율은 S집단(6%)에 비해 T집단(42%)이 높게 나타났다.

문제와의 상호작용은 자료의 수집 과정에서 나타나는 사고 요소로 설문 문항을 작성할 때 주제와의 관련성을 고려하는지에 대한 사고이다. 1차시 자료의 수집에서 강의식 수업의 학생들은 교사가 정해주는 항목을 이용하여 설문 문항을 작성하였으며, 토론식 수업의 학생들은 조원들과의 토론을 통해 질문에 넣을 항목을 선택하였다. 그 과정에서 토론식 수업을 들은 학생들은 각 항목의 타당성에 대하여 자신의 의견을 충분한 근거로 설명하고, 다른 학생의 의견을 나눔으로써 문제와 관련된 항목을 선택하는 통계적 사고력이 향상된 것으로 볼 수 있다.

수치적 표현과 시각적 표현 통합은 자료를 그래프로 나타낼 때 수치와 함께 표시하여 정확성을 높이는지에 대한 사고 요소이다. 3차시에서 강의식 수업의 학생들은 교사가 제시하는 그래프를 그대로 따라 그렸기 때문에 그래프에 수치를 함께 표시하였으나, 토론식 수업의 학생들은 스스로 그래프를 그리면서 그래프에 수치를 함께 나타내지 않는 모습을 보였다. 당시 교사는 발문을 통해 토론식 수업의 학생들에게도 수치적 표현을 통합하도록 지도하였으나 종합 평가에서 이를 고려하지 못하는 모습을 보아 사고의 내재화가 이루어지지 않았다고 볼 수 있다.

유의수준 .05에서 유의미한 차이를 보인 변이성의 고려는 그래프의 축 등을 조절하여 보기 편하게 나타내는지에 대한 사고 요소로 3차시 정규수업에서는 모든 학생에게 잘 나타나지 않았음에도 불구하고 종합 평가에서는 수업의 형태에 따른 차이가 나타났다. 토론식 수업에서의 학생들은 그래프를 어떻게 표현해야 자료의 특성을 보여 줄 수 있을지 고민하고 토론하는 모습을 보였지만, 막상 표현된 그래프에서는 자료의 변이성을 고려하지 못하는

모습을 보였다. 그러나 두 집단의 학생들 모두 다른 단계에서는 번이성을 고려하지 못하는 모습을 보였다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 실생활 자료를 바탕으로 통계적 과정을 경험하는 중학교 1학년 대상의 교수·학습 자료를 개발하고, 이를 직접 수업 현장에 적용하였을 때 나타나는 학생들의 통계적 사고를 분석하였다.

학생들의 통계적 사고를 단계별로 분석한 결과 자료의 해석(1.89점), 자료의 정리 및 기술(1.71점) 단계에 비해 자료의 수집(1.52점)과 자료의 그래프 표현(1.56점) 단계에서 상대적으로 점수가 낮게 나타났다. 이때 통계적 사고 능력의 점수는 3점 만점을 기준으로 0에 가까울수록 통계적 사고가 나타나지 않은 것을, 3에 가까울수록 적절한 통계적 사고가 나타난 것을 의미하기 때문에 대체로 학생들이 자료의 수집과 자료의 그래프 표현 단계에서 어려움을 겪고 있다고 볼 수 있다. 이는 학생들이 통계적 과정을 경험할 때 자료 수집 방법을 이해하지 못하고 방법 선정에 대한 타당한 근거를 제시하지 못하였다는 앞서 제시한 선행연구의 연구결과와도 일치한다(Jeon, 2016).

또한 우리나라의 통계 교과서에 대한 선행연구에 따르면 그 내용이 자료 분석 단계, 즉 본 연구에서 자료의 정리 및 기술과 자료의 그래프 표현 단계에 해당하는 부분에 치중되어 있음에도(Bae & Lee, 2016; Go et al., 2017; Jang, 2016) 학생들이 자료의 그래프 표현에 어려움을 겪었다는 것도 주목할 만하다. 이는 곧 그간의 학교 수업에서 자료 분석을 위한 그래프 표현이 주로 이미 정해진 종류의 그래프에 대해 축, 항목, 범례 등을 제시해주고 그래프의 모양만을 표시하는 활동이 대부분이었기 때문에 학생들은 자료의 그래프 표현 단계의 교수·학습에서 수치적 표현과 시각적 표현을 통합하지 못하였으며, 축의 크기를 조절하거나 눈금을 그려 넣는 등 그래프를 표현할 때 자료의 특성을 고려하지 못하는 모습을 보였다.

이러한 결과들은 통계교육에 있어 학생들이 문제를 설정하는 과정부터 자료수집의 필요성을 인식하고 그에 맞는 자료를 적절한 방법으로 수집하여 분석하는 일련의 과정을 경험하게 하는 것이 필요하다는 것을 보여주고

있다. 그래프 표현 역시 이러한 맥락 속에서 해결할 문제에 대한 인식과 자료가 가지고 있는 고유의 특성을 모두 고려하여 이에 맞는 적절한 그래프를 선택하고 그래프에 필요한 요소들을 이해하고 표현할 수 있는 경험을 제공해야 할 것이다.

그렇다면 이러한 통계 과정의 경험을 어떻게 제공해야 할 것인가라는 질문이 따라오게 되는데 이에 대해 본 연구의 결과가 시사하는 바가 크다. 3차시의 정규수업과 종합 평가의 결과에서 나타난 학생들의 통계적 사고를 수업의 형태에 따라 분석한 연구문제 2의 결과로 자료의 수집 단계의 문제와의 상호작용 요소에서는 토론식 수업을 들은 학생들이, 자료의 그래프 표현 단계의 수치적 표현과 시각적 표현 통합 요소에서는 강의식 수업을 들은 학생들이 더 많은 오류를 찾아내는, 즉 더 높은 수준의 통계적 사고를 보이는 것을 확인할 수 있었다. 이는 곧 설문지에 넣을 항목을 선정하며 문제와의 관련성을 고려하는 등 타당성이나 정당성에 대한 판단을 요하는 과정에서는 토론식 수업이, 그래프의 정확한 표현을 인식하고, 수치와 그래프를 연결 짓는 것과 같이 정확성을 요하는 과정에서는 강의식 수업이 효과적일 수 있다는 것을 의미한다.

결과적으로 통계교육에 있어 통계적 과정의 각 단계에 필요한 요소가 무엇인지, 학생들의 통계적 사고를 발달시키기 위해서는 어떠한 교수학습 자료와 전략이 어떻게 적용되어야 할 것인지에 대한 면밀한 분석과 연구가 필요한 것으로 보인다. 교수학습 자료를 개발하고 적용할 때에도 통계적 과정에서 각각의 구성 요소와 내용을 고려하여 여러 가지 형태의 수업 방식을 종합적으로 활용할 필요가 있다. 예를 들면, 통계적 과정의 경험을 제공하고 이를 통해 통계적 사고를 발달시킬 수 있는 방법으로 최근 2015 개정 교육과정 시행 이후 통계 프로젝트 일환으로 많이 활용하고 있는 통계보고서를 생각해 볼 수 있다. 통계 보고서를 작성하기에 앞서 통계적 과정을 경험할 수 있도록 구성된 교수·학습 자료를 활용한 프로젝트 수업을 진행하는 것이 학생들의 통계적 사고 함양에 도움이 될 수 있을 것이다. 또한 통계 보고서를 작성한 이후에는 완성된 형태의 보고서를 비판적으로 평가하는 과정은 학생들로 하여금 통계적 과정을 이해하고, 각 단계에서 적절한 수준의 통계적 사고를 함양할 수 있게 도울

수도 있을 것이다.

본 연구는 교수·학습 자료의 개발 및 적용에 있어 대상의 수가 적고, 시간이 짧다는 점에서 연구결과를 일반화하기 어렵다는 제한점을 갖고 있지만 실제 수업 환경에서 자료의 수집부터 결과 해석까지 이어지는 통계적 과정을 경험하게 함으로써 학생들에게 나타나는 통계적 사고를 관찰하여 분석하였다는 점에서 의의가 있다. 특히 교사 중심의 강의식 수업과 학생 중심의 토론식 수업의 두 집단으로 나누어 수업을 진행하고, 통계적 사고와 수업의 형태 사이의 연관성을 고려하였다는 점에서 기존 선행연구와의 차별점이 있다.

본 연구의 제한점과 의의로부터 다음과 같이 제언하고자 한다. 먼저 본 연구는 중학교 1학년 학생들만을 대상으로 진행되었기 때문에 향후 다양한 학교 급, 학년 급에서 활용 가능한 교수·학습 자료를 개발하는 것이 요구된다. 특히 통계적 사고는 통계와 관련된 경험으로부터 발달할 수 있기 때문에 이를 적용한 수업에서 학생들의 발달 단계에 따라 통계적 사고가 어떻게 나타나는지에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 뿐만 아니라 본 연구는 통계적 과정을 경험하는 것이 1회에 그치기 때문에 학생들의 통계적 사고의 발달 과정을 살펴보기에는 무리가 있으므로 통계적 과정이 여러 차례 반복될 때 나타나는 학생들의 통계적 사고의 발달에 대해 분석할 필요가 있다.

또한 교수·학습 자료는 자료 수집 계획에 따라 학생들이 직접 실생활로부터 자료를 수집할 수 있도록 구성할 필요가 있다. 또한 실생활의 여러 소재를 이용한 실제 수업에서 얻어지는 데이터를 확보하여 각각의 사례에서 나타나는 특징을 분석함으로써 보다 효과적인 교수·학습 자료 모델을 개발해야 한다. 학교 현장에서 주로 사용하는 교수·학습 자료인 교과서와 교사용 지도서 역시 학생들이 직접 문제 설정부터 결론까지 구성하고 체험하도록 구성함으로써 통계적 사고를 발달시킬 수 있는 학습 기회를 제공해야 할 것이다. 또한 아무리 좋은 교수·학습 자료가 있다 하더라도 이를 어떻게 적재적소에 활용하는가에 따라 교육의 효과는 달라질 수 있으므로 학생들의 통계적 사고에 대한 깊이 있는 연구를 기반으로 교수·학습 전략과 지도법에 대한 연구도 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, NY: Addison Wesley Longman.
- 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.
- Bae, I. S. (2004). *The effect of cooperative learning on academic achievement and internal motivation* (Master's thesis). Ajou University. Gyeonggi.
- Baek, S. S., & Kim, W. K. (1999). The analysis of the effects of the problem centered instruction and explanatory instruction. *Communications of Mathematical Education*, 8, 107-119.
- Bakker, A. (2004). *Design Research in Statistics Education: On Symbolizing and Computer Tools*. Utrecht, the Netherlands: CD Beta Press.
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. (2004). *The Challenge of Developing Statistical Literacy, Reasoning and Thinking*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. (2008). Introducing the emerging discipline of statistics education. *School Science and Mathematics*, 108(8), 355-361. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/61874708?accountid=10785>
- Biggs, J., & Collis, K. F. (1991). Multimodal learning and the quality of intelligent behavior. In H. A. H. Rowe (Eds.), *Intelligence: Reconceptualisation and Measurement* (pp. 57-76). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Chae, M. R. (2007). *The effects of project-based statistics learning on elementary school students' statistical thinking* (Master's thesis). Seoul National University of Education. Seoul.
- Chall, J. S. (2002). *The Academic Achievement Challenge: What really Works in the Classroom?* New York, NY: Guilford.
- Cho, G. E., & Cho, M. S. (2009). A study on the statistical thinking levels of middle school students based on the data-handling process. *Korean Journal of Teacher Education*, 23(1), 205-225.

- Cho, Y. N. (2008). Comparative research on the instructional design model of constructivism and objectivism. *Secondary Education Research*, 56(3), 67-92.
- Choi, B. H. (2014). *An effect of digital storytelling on mathematical disposition, attitude, and achievement in mathematics instruction for sixth graders* (Doctoral dissertation). Korea National University of Education, Chungcheong.
- Cobb, G. W., & Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *The American Mathematical Monthly*, 104(9), 801-823.
- Fleiss, J. L. (1971). Measuring normal scale agreement among many raters. *Psychological Bulletin*, 76(5), 378-382.
- 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., & Garfield, J. B. (1997). Curricular goals and assessment challenges in statistics education. In I. Gal & J. B. Garfield (Eds.), *The Assessment Challenge in Statistical Education* (pp. 1-15). Amsterdam, The Netherlands: IOS Press.
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2009). Helping students develop statistical reasoning: Implementing a statistical reasoning learning environment. *Teaching Statistics*, 31, 72-77.
- Gelman, A., & Nolan, D. (2002). *Teaching Statistics: A Bag of Tricks*. New York, NY: Oxford University Press.
- Go, E. S., & Lee, K. H. (2011). Study on levels of thinking of elementary and middle school students on the task of explaining and dealing with variability. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 21(2), 201-220.
- 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.
- Jang, A. R. (2016). *A comparative analysis on statistical reasoning questions in textbooks* (Master's thesis). Chonnam National University, Kwangju.
- Jeon, H. J. (2016). *An analysis of features of statistical thinking on storytelling-based mathematical institution of the 3rd grade* (Master's thesis). Seoul National University of Education. Seoul.
- Jeong, M. H. (2014). *Influence of the problem-posing activity on the 7th grade students' mathematical achievement and learning attitude* (Master's thesis). Korea National University of Education, Chungcheong.
- Jones, G. A., Thornton, C. A., Langrall, C. W., Mooney, E. S., Perry, B., & Putt, I. J. (2000). A framework for characterizing children's statistical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 2(4), 269-307.
- Jung, H. S., & Kim, J. H. (2013). Effects of mathematical instructions based on constructivism on learners' reasoning ability - with focus on the area of multiplication for 2nd graders. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 16(1), 31-61.
- Kang, H. Y. (2012). Study of the educational meaning of statistical literacy. *Journal for History of Mathematics*, 25(4), 121-137.
- Kim, J. H. (2007). 1st graders' achievements who have experienced learning and teaching practices in learner-centered classroom during first school year. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 11(1), 23-42.
- Kim, J. H., Lee, S. M., & Kim, S. L. (2010). Achievement of students who have learner-centered instruction for multiplication units. *Journal of Elementary Mathematics Education in Korea*, 14(1), 136-151.
- Kim, K. B. (2017). *A study on collaborative learning methods for the cultivation of statistical thinking in elementary mathematics* (Master's thesis). Korea National University of Education, Chungcheong.
- Kim, M. K., & Kim, H. W. (2011). A study on children's statistical thinking based on survey activities. *School Mathematics* 13(1), 207-227.
- Kim, S. H. & Lee, B. J. (2016). The effects of teaching based on a learning-communities approach to mathematics in middle school. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 19(4), 417-439.
- Kim, S. L. (2009). A study on statistical thinking and developing statistical thoughts. *Education of Primary School Mathematics*, 12(1), 31-38.
- Kim, T. H., & Kim, J. H. (2010). Effects of math lessons based on constructivism ideas on learners' achievements - with focus on the area of fractions for 4th graders. *Education of Primary School Mathematics*, 13(2), 67-84.
- Kwon, N. W. (2001). Characteristics and theory of learner-centered education. *Journal of Learner-Centered curriculum and Instruction*, 1(1), 29-40.

- Lee, E. S., & Kim, J. H. (2016). Effect of mathematics instruction based on constructivism on learners' knowledge generation level and reasoning ability - focusing on 4th grade fraction. *Education of Primary School Mathematics*, 19(1), 79-112.
- Lee, H. J., & Ko, H. K. (2015). The effect of cooperative learning and peer tutoring program on cognitive domain and affective domain: a meta-analysis. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 23(1), 113-137.
- Lee, J. H., & Kim, W. K. (2011). Effects of spreadsheet-used instruction on statistical thinking and attitude. *The Mathematical Education*, 50(2), 185-212.
- Lee, S. D., & Kwean, H. J. (2007). The development of teaching-learning materials based on real life and the investigation of students's cognition change about mathematics class using developed materials *Journal of the Korean School Mathematics Society*, 10(1), 45-69.
- 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, Chungcheong.
- Lee, Y. K. (2013). *The effects of small group cooperative learning and peer mentoring learning on academic achievement and self-efficacy in mathematics* (Master's thesis). Sogang University, Seoul.
- Mascolo, M. F. (2009). Beyond student-centered and teacher-centered pedagogy: Teaching and learning as guided participation. *Pedagogy and the Human Sciences*, 1(1), 3-27.
- Ministry of Education (2017). *Mathematics curriculum* (Ministry of Education No. 2015-74). Sejong, Korea: Author.
- Mok, Y. H. (2003). Constructivism and the 7th national curriculum. *The Korean Journal of Philosophy of Education*, 29, 27-43.
- Mooney, E. S. (2002). A framework for characterizing middle school students' statistical thinking. *Mathematical Thinking and Learning*, 4(1), 23-63. doi: 10.1207/S15327833MTL0401_2
- Mvududu, N. (2005). Constructivism in the statistics classroom: from theory to practice. *Teaching Statistics*, 27(2), 49-54.
- Na, M. Y., Lee, C. S., Lee, J. Y., Yoon, S. J., Oh, Y. R., & Kwon, O. N. (2015). Comparison of achievement standards of Korea 2009 revised curriculum and US CCSSM. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(11), 327-347.
- Oh, Y. Y., & Lee, M. Y. (2008). Exploring directions for improving elementary statistics education. *The Journal of Korea Elementary Education*, 19(1), 1-13.
- Paek, S. Y. (2015). *Development and application of statistics project based learning resources for free semester system* (Master's thesis). Korea National University of Education, Chungcheong.
- Park, K. M., Lee, H. C., Park, S. H., Kwon, J. R., Yun, S. H., Kang, H. Y., ..., Jeon, I. T. (2015). *A study on 2015 revised mathematics curriculum development*. Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity.
- Park, S. H. (2015). *The effects of storytelling instruction on mathematics concept formation and learning attitude* (Master's thesis). Kangwon National University, Kangwon.
- Roseth, C., Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2008). Collaboration in learning and teaching statistics. *Journal of Statistics Education*, 16(1). doi: 10.1080/10691898.2008.11889557
- Slavin, R. E. (1989). Research on cooperative learning: an international perspective. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 33(4), 231-243.
- Tak, B. J., & Lee, K. H. (2017). An analysis of research trends on statistics education in Korea from 2000 to 2016. *Journal of Educational Research in Mathematics*, 27(2), 269-289.
- Watson, J. (1997). Assessing statistical thinking using the media. In I. gal & J. B. Garfield (Eds.), *The Assessment Challenge in Statistical Education* (pp. 107-121). Amsterdam, The Netherlands: IOS Press.
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248.
- Woo, J. H. (2000). An exploration of the reform direction of teaching statistics. *School Mathematics*, 2(1), 1-27.
- Yang, J. I. (2017). *A development of the project learning materials for improving statistical thinking* (Master's thesis). Gyeongin National University of Education, Gyeonggi.