

데이터 분석 프로젝트 참여한 예비 교사의 통계적 지식에 대한 변화와 데이터 기반 의사 결정의 경험

서희주 (성균관대학교, 초빙교수)

한선영 (성균관대학교, 부교수)[†]

미래 사회는 데이터를 다룰 수 있는 역량이 특히 중요해질 것이라 예측되며, 따라서 통계적 지식과 더불어 통계적 사고력을 갖춘 교사 교육이 필요한 시대가 되었다. 이에 따라 본 연구는 연구자들이 개발한 데이터 분석 프로젝트를 예비 교사들에게 적용해본 뒤 이들의 통계적 지식의 변화를 살펴보고 통계적 사고력을 활용한 데이터 기반 의사 결정 경험의 내용을 살펴보았다. 해당 프로젝트를 통해 예비 교사들은 실제 데이터를 공학적 도구를 통해 분석하는 기회를 가질 수 있었다. 연구를 위해 혼합연구 모형을 적용하여 예비 교사들의 통계적 지식의 변화를 양적으로 분석하였고 데이터 기반 의사 결정의 경험을 질적으로 살펴보았다. 그 결과 예비 교사들은 모평균과 표본평균의 관계, 그리고 모평균 추정 및 해석에 관한 통계적 지식이 부족한 것으로 드러났다. 데이터 기반 의사 결정에 관해서는 데이터와 분석 방법 및 분석 결과에 대한 이해의 깊이에 차이를 보였으며 이러한 차이는 예비 교사들이 한 모둠에서 같이 활동한 경우에도 발생하였다. 이와 같은 결과를 바탕으로 통계 교육의 질 제고를 위한 제안점을 논하였다.

I. 서론

최근 다양한 분야의 전문가들이 앞으로 다가올 미래 사회에 대해 다양한 예측을 하고 있다. 예를 들어, World Economic Forum (WEF, 2016)은 미래 사회의 기술 발전으로 생길 다양한 직업군과 그 직업군에 종사하는 데 필요한 여러 역량에 대해 언급하고 있다. Organisation for Economic Co-operation and Development(OECD, 2018)도 미래 사회는 다양하고 복잡한 문제가 발생할 수 있으며 그 해결을 위해 인적 자원 관리의 중요성을 역설한다. 이러한 논의 중 일부는 사회, 경제, 문화적으로 다칠 급격한 변화에 대한 예상과 더불어 그 사회를 살아갈 미래 구성원들을 어떻게 교육할 것인가에 주목한다. 이들은 미래 사회를 살아가기 위해서는 다양한 역량이 요구될 것으로 예상하는데, 분석적 사고(critical thinking), 체계적 사고(systems thinking), 문제해결력(problem solving competence), 의사소통역량(communication skill), 정보문해처리능력(data literacy)이 바로 그러한 역량의 예시들이다(OECD, 2018; UNESCO, 2017).

이러한 미래 역량이 요구되는 이유 중 하나는 바로 미래 사회의 기술 발전이 일으키는 불확실성에 있다. 미래에는 현재보다 더 빠르게 그리고 급격히 사회가 변화할 것으로 예상할 수 있다. 특히 기계적인 업무는 상당 부분 자동화된 인공지능 시스템이 수행할 것이며, 따라서 인간은 예측할 수 없는 상황에서 비정형화된 문제를 해결하고 최종적인 의사 결정을 내리는 주체의 역할을 수행해야 할 필요성이 높아질 전망이다(Bonciu, 2017). 현재의 교육은 이러한 미래 사회 변화에 대비하여 지금부터 학생들의 미래 역량을 키워주기 위해 준비해야 한다.

* 접수일(2021년 5월 10일), 심사(수정)일(2021년 6월 1일), 게재확정일(2021년 6월 14일)

* MSC2000분류 : 97D99

* 주제어 : 통계, 예비 교사, 교사 교육, 데이터 분석, 혼합연구

[†] 교신저자 : sy.han@skku.edu

* 이 논문은 성균관대학교의 2020학년도 성균학술연구비에 의하여 연구되었음.

구체적으로, 학생들이 비정형화된 문제 상황을 맞닥뜨렸을 때 분석적으로 사고하여 합리적인 의사 결정을 내릴 수 있도록 관련 역량들을 함양시켜주어야 한다. 그러기 위해서는 학생들에게 적절한 역량 교수를 할 수 있는 교사의 양성이 필수적이다.

이러한 관점에서 보았을 때, 예비 수학교사들을 대상으로 그들의 데이터 기반 의사 결정 능력을 함양시켜주는 방안의 탐구는 매우 중요하다. 데이터 기반 의사 결정 능력의 함양을 통해 예비 수학교사들이 미래 현장에서 학생들을 합리적인 의사 결정을 내릴 수 있는 시민이 되도록 지도할 수 있을 것이기 때문이다. 다시 말해서, 현재의 예비 수학교사들은 미래 사회에서 미래 구성원들의 교육을 담당할 중요한 역할을 할 인재들이다. 그러므로 당연히 이들은 스스로 데이터에 기반한 의사 결정을 할 수 있어야 한다. 여기서 더 나아가 자신의 학생들에게 데이터 기반 의사 결정을 할 수 있는 능력을 가르칠 수 있어야 한다.

이러한 중요성과 시급성에도 불구하고 예비 수학교사들의 데이터 분석 능력에 관한 연구는 매우 제한적이다. 그동안의 선행 연구들을 살펴보면 예비 수학교사들 연구의 대상으로 삼은 연구 자체가 매우 제한적이었다. 뿐만 아니라, 예비 수학교사들을 연구 대상으로 하였다 하더라도 대부분의 연구가 그들의 통계적 지식에 초점을 맞추고 있다(e.g., 김도은, 강병련, 이민희, 2019; 신보미, 2008; 탁병주, 구나영, 강현영, 이경화, 2017). 물론 통계적 지식이 무용한 것은 절대 아니다. 당연히게도, 미래 사회에서 필요로 하는 데이터 기반의 의사 결정 능력은 통계적 지식에 기반하고 있다. 하지만 통계적 지식을 갖추었다고 해서 저절로 합리적인 데이터 기반의 의사 결정을 할 수 있게 되는 것은 아니다. 따라서 예비 수학교사들의 데이터 기반 의사 결정 능력에 관해 탐구하고자 한다면, 연구에서 탐구하는 대상은 통계적 지식에만 머물러서는 안 되며 이를 넘어 통계적 사고와 통계를 활용한 문제해결에도 초점을 맞추어야 한다.

본 연구는 예비 수학교사들을 대상으로 그들의 데이터 분석에 기반한 의사 결정 역량을 함양시켜주기 위해 시도한 교육적인 접근에 대해 논한다. 관련 선행 연구는 앞서 언급한 바와 같이 예비 교사들이 갖추고 있는 통계적 지식의 정도를 평가하는 것에 초점을 맞추고 있을 뿐, 데이터 기반 의사 결정 능력이라는 큰 틀에서의 통계적 지식을 탐구하거나 데이터 기반 의사 결정 능력 자체를 살펴보는 경우는 드물었다. 예비 수학교사들의 데이터 기반 의사 결정 능력을 향상해 주기 위해서는 그들의 통계적 지식에 대한 평가가 기본이 되어야겠지만, 이제는 평가 이후의 교육적 접근에 대한 논의를 시작할 때이다. 그렇기에 다양한 교육적 접근을 시도한 연구가 필요하며, 이러한 연구 결과들의 축적을 통해 예비 수학교사들의 데이터 기반 의사 결정 능력을 향상하는 데에 어떠한 교육적 접근이 효율적인 것인지에 대한 논의가 이루어질 수 있을 것이다.

구체적으로, 본 연구는 예비 수학교사들의 통계적 지식을 포함한 데이터 분석 기반의 의사 결정 능력을 함양을 위한 데이터 분석 프로젝트형 수업을 개발하고 그것을 적용하여 그 효과를 여러모로 분석하고자 하였다. 특히 이 연구에서는 그 프로젝트의 수행에 따른 효과로써 예비 수학교사들의 통계 지식 향상 정도와 데이터 기반의 의사 결정 과정에 대해 살펴보려고 하였다. 이를 살펴보기 위한 구체적인 연구 질문은 다음과 같다.

연구문제 1. 예비 수학교사들의 통계적 지식(모집단과 표본의 뜻, 표본 추출의 원리, 모평균과 표본평균의 관계, 모평균 추정 및 해석)은 데이터 분석 프로젝트의 전과 후에 각각 어떠한가?

연구문제 2. 본 연구를 통하여 개발한 데이터 분석 프로젝트를 통하여 예비 수학교사들이 경험한 데이터 기반 의사 결정의 내용은 어떠한가?

II. 연구의 배경

1. 통계적 지식과 데이터 기반 의사 결정

통계 교육은 단순히 통계적 지식을 암기하거나 계산을 통해 답을 도출하는 것에 그치지보다는 그 이상을 추구해야 한다(e.g., Ben-Zvi & Garfield, 2004; Franklin et al., 2007). Ben-Zvi와 Garfield(2004)에 의하면 통계의 학습은 학생의 통계적 문해(statistical literacy), 통계적 추론(statistical reasoning), 통계적 사고(statistical thinking)의 증진이 두루 이루어질 때 효과적이다.

이 중 특히 통계적 사고에 주목할 필요가 있다. 왜냐하면, 통계적 사고는 주어진 통계적 정보를 이해하는 것을 넘어 특정한 통계적 조사가 어떤 방식으로 이루어졌는지, 그리고 왜 그러한 방식으로 이루어졌는지에 대한 고려까지 포함하기 때문이다. 그렇기에, 통계적 사고를 하는 사람은 통계의 소비자에 더하여 생산자의 역할까지도 한다(Ben-Zvi & Garfield, 2004). 이처럼 주어진 통계를 해석 및 활용할 뿐 아니라 직접 통계적 분석을 수행해 의사 결정을 내리는 역량의 중요성은 GAISE 보고서도 강조하고 있다(Franklin et al., 2007).

GAISE에 의하면 이러한 역량의 함양은 질문 생성, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석이라는 네 단계의 통계적 활동을 모두 거침으로써 가능하며 특정 영역에만 통달해서는 도달할 수 없다. 다시 말해서, 통계 지식을 갖추는 것은 물론 중요하지만, 지식을 갖추는 데서 한발 더 나아가 그 지식을 활용해 통계적 조사의 전 과정을 수행해 보는 경험을 해야 학습자들은 통계에 대한 깊이 있는 이해에 도달하고 그 적용력을 높일 수 있다. 본 연구에서 주목하고 있는 데이터 기반의 의사 결정 역량은 바로 이러한 통계적 사고를 일컫는다. 따라서 데이터 기반의 합리적인 의사 결정을 하기 위해서는 기본적인 통계적 지식을 갖추고 있을 뿐만 아니라, 통계적 사고가 이루어지는 전 과정에 걸친 역량이 함양되어야 할 것이다.

이에 본 연구는 예비 수학교사들의 통계적 지식뿐만 아니라 통계적 사고까지도 함양시켜주기 위한 교육적 접근의 필요성에 근거하여 통계 분석 프로젝트를 개발하였다. 이 프로젝트를 통해 예비 교사들이 네 가지 통계적 활동(i.e., 질문 생성, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석)을 경험할 기회를 최대한 제공하고자 하였다.

2. 예비 수학교사의 통계적 사고에 관한 선행 연구

기존의 예비 수학교사들의 통계에 관한 선행 연구들을 살펴보면 그들의 통계 지식 수준을 평가한 연구들이(김도은, 강병련, 이민희, 2019; 탁병주 외, 2017) 대부분이다. 선행 연구들은 비록 통계적 사고라는 개념을 적용하지는 않았지만, 그들의 연구 결과에 비추어볼 때, 예비 수학교사들은 어느 정도의 간단한 통계 지식은 갖추고 있었지만, 통계적 사고를 하기에는 충분하지 않았던 것으로 평가된다. 예를 들어, 예비 수학교사들은 기술통계(descriptive statistics)를 구하는 절차에는 능숙한 모습을 보였으나(Makar & Confrey, 2004), 통계적 추론(statistical inference)이나 통계적 조사(statistical investigation)와 같이 단순한 통계 지식을 넘어선 개념은 충분히 갖추고 있지 못한 모습을 보였다(Casey & Wasserman, 2015; Burgess, 2002; Heaton & Mickelson, 2002). 또, 대부분의 예비 수학교사들이 통계값을 구하기 위한 공식을 기억하거나 그것에 의존하여 통계값을 구하는 것은 어느 정도 수행 가능하였으나, 그 통계값을 해석하고 개념적으로 활용하는 문제에 대해서는 부족함을 보였다(신보미, 2008). 통계적 사고가 지식을 알 뿐만 아니라 이를 활용하여 직접 통계적 분석을 수행하고 그 결과를 통해 합리적인 의사 결정을 내리는 것이라 한다면, 예비 수학교사들의 통계 지식에 대한 이런 평가는 예비 수학교사들이 통계적 사고를 자유롭게 하는 수준까지는 발전하지 못했다는 의미로 읽을 수 있다.

특히, 본 연구에서 주목하고 있는 모평균 추정이란 개념은 예비 수학교사들이 가장 어려워하는 개념 중 하나로 언급되고 있다(김원경, 문소영, 변지영, 2006; 최민정, 이종학, 김원경, 2016; 한가희, 전영주, 2018). 모평균 추정에 대한 선행 연구를 살펴보면, 예비 수학교사들은 학교 수학에서 배웠던 통계 지식 수준을 크게 벗어나고 있지 못함을 알 수 있다(최민정 외, 2016). 모평균을 추정하기 위한 하나의 방법으로 구간 추정의 방법이 있는데, 신뢰구간은 바로 이와 직결되는 개념이다. 그런데, 예비 수학교사들은 통계적 추정에서 신뢰도에 대해 정확히 이해하지 못하는 모습을 보였을 뿐만 아니라, 현직 수학교사들의 신뢰도에 대한 이해 또한 고등학교 교육과정 수

준을 벗어나고 있지 못함을 보였다(최민정 외, 2016). 신뢰구간의 의미를 통계적 확률로써 정확히 파악하고 있는 교사가 매우 적었으며, 표본을 임의추출하여 신뢰구간을 구하기까지 통계적 추정 영역 내용을 전체적으로 연결하는 지식이 부족하였다(최민정 외, 2016).

모평균 추정은 단순한 통계적 지식 수준을 넘어서 통계적 사고가 요구되는 개념으로 볼 수 있다. 단순히 구간 추정의 공식을 암기함으로써 모평균 추정에 대한 답을 구해낼 수는 있지만, 실제 데이터를 분석하고 그것의 모평균을 추정하고자 할 때는 단순 암기된 공식에 의존해서는 가능하지 않기 때문이다. 모평균 추정은 데이터를 수집하고, 그것에 관한 가설을 세우고, 그것을 검증하는 모든 과정을 거쳐 구간 혹은 점을 추정하는 일련의 과정으로 볼 수 있으며, 이것은 바로 통계적 사고가 발휘되는 과정인 것이다. 더욱이 모평균 추정은 어느 집단들 간의 평균값을 비교하거나 어느 집단의 평균값을 추측하는 등 사회과학에서 일반적으로 사용되는 통계 방법으로써 교사들이 학교 현장에서 가질 수 있는 질문에 대한 답을 제공할 수 있는 통계적 접근이기도 하다. 그런데, 예비 수학교사들이 모평균 추정 및 신뢰구간에 대해 충분한 지식을 바탕으로 깊이 있는 통계적 사고를 할 수 없다는 것은 그들이 데이터 분석을 통한 합리적 의사 결정을 내리는 데 어려움이 있을 수 있다는 의미이며, 또한 그들의 학생들에게 통계적 추론에 대해 정확하고 의미 있게 가르쳐줄 수 없다는 것을 의미하기도 한다. 이에 본 연구는 모평균 추정에 방점을 둔 데이터 분석 프로젝트를 개발하였으며, 이를 적용하여 예비 수학교사들이 통계적 사고를 경험할 수 있도록 하였다. 이를 통하여 본 연구자들은 예비 수학교사들의 실질적으로 모평균 추정을 수행할 수 있으며, 이와 관련한 문항에 대한 정답률이 상승할 것을 기대하였다.

3. 통계적 활동을 위한 공학적 도구의 활용

데이터 기반 의사 결정력의 함양은 실제 데이터를 활용할 때 특히 효과적인데, 공학적 도구의 발달은 이를 가능하게 한다(Ben-Zvi, Gravemeijer, & Ainley, 2018). 일례로, 인터넷을 통해 데이터를 내려받는 경우를 생각해볼 수 있다(Biehler, Ben-Zvi, Bakker, & Makar, 2012; Gould, 2010; Hall, 2011; Schafer & Ramsey, 2003). 물론 조사 수행 주체가 직접 데이터를 수집하는 데에서 오는 교육적 이점이 분명히 있지만, 교실 환경상으로부터 기인한 제약으로 인해 학생들이 효과적으로 데이터를 수집하기 어려울 수 있다. 혹은 수업에서 활용하고자 하는 통계적 분석 기법이 큰 데이터를 요구할 수 있다. 이때 인터넷으로 통계청, 갤럽, OECD 등의 데이터베이스를 방문해 데이터를 내려받아 분석에 활용한다면 데이터 직접 수집의 어려움이나 데이터의 크기 등에서 오는 제약을 극복할 수 있다.

데이터 수집 과정 외에 데이터 분석 과정에서도 공학적 도구를 활용할 수 있다(e.g., Heiberger & Neuwirth, 2009; Lee, Kersaint, Harper et al., 2014; Lee, Park, Choi, & Kim, 2016). 통계 분석 및 통계 교육을 위해 개발한 프로그램의 활용을 통해 학생들은 큰 수의 법칙, 중심 극한 정리, 이항분포와 정규분포의 관계, 통계적 추정 등 다양한 통계 개념을 실제 맥락 아래에서 실험해보고 경험해볼 수 있다(Lee et al., 2016). 더불어, 공학적 도구를 활용하여 데이터 분석을 진행할 경우, 학생들은 시간적 소모를 줄일 수 있으며 보다 통계적 개념이 집중하여 학습을 진행할 수 있다(Heiberger & Neuwirth, 2009). 최근 2015 개정 수학과 교육과정 또한 이러한 맥락에서 확률과 통계 영역의 공학적 도구 활용을 권장하고 있다(교육부, 2015)

마지막으로, 통계적 조사 활동 전반에 걸친 의사소통의 촉진을 위해 공학적 도구를 활용할 수 있다(Lipson & Kokonis, 2005; MacGillivray & Pereira-Mendoza, 2011; Ben-Zvi, 2007; Nolan & Temple Lang, 2007). 모두가 문서를 열람하고 수정할 수 있는 기능을 제공하는 위키 페이지의 활용이 그 예시이다. 실세계 기반의 협력적 통계 조사 과제를 수행할 때 위키 페이지를 활용한다면, 이를 통해 교사는 과제 수행에 필요한 정보 등을 학생들에게 제공하고, 수시로 접속해 과제 진행 상황을 살펴볼 수 있다. 학생들은 함께 과제를 수행하며 필요한 내용을 정리하고 소통하는 공간을 갖게 되며 협력적 글쓰기를 경험할 수 있다(Ben-Zvi, 2007). 이에 따라 본 연구는 예

비 교사들이 공학적 도구를 통해 데이터 수집 및 분석을 하고 그 결과를 슬라이드를 활용해 발표하며 발표에 대한 피드백을 온라인 링크를 통해 공유하게 함으로써 데이터 기반 의사 결정력의 함양을 꾀하였다.

4. 데이터 기반 의사 결정 함양을 위한 교육적 접근: 실제 데이터 기반 협력적 통계 프로젝트 수업

실세계에서 통계적 조사를 시행하는 목적은 통계적 개념의 활용 자체를 넘어 어떠한 현상을 진단하고 이를 바탕으로 문제를 해결하는 것에 있다고 볼 수 있다. 그러므로 통계적 기법을 통해 결과를 얻어내는 데에서 만족해서는 안 되며, 그 결과의 의미를 적절히 해석하여 의사 결정을 내릴 수 있어야 한다. 하지만, 교사들은 데이터 기반 의사 결정 수행에 많은 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다(Datnow & Hubbard, 2015; Dunn, Airola, Lo, & Garrison, 2012; Lovett, 2018).

그 원인으로서는 교사가 가진 부정적인 믿음을 꼽을 수 있다. 즉, 교사는 자신이 자료를 이해할 만큼 충분한 지식을 갖추지 못했다고 믿으며 자료로부터 얻은 통찰을 자신의 문제해결에 활용하기에는 역량이 부족하다고 여기고 있다(Dunn et al. 2012).

우리나라에서 시행된 연구를 보아도 현직 및 예비 교사들은 학생들에게 통계적 지식 및 사고를 효과적으로 교육하기 위해 더 많은 준비가 필요함을 알 수 있다. 일부 교사들은 통계 개념에 대해 불충분한 이해를 갖고 있었으며, 통계적 추론 시 표본에 대한 제한된 이해만을 갖고 있었다(고은성, 이경화, 2011; 신보미, 2008). 또, 예비 교사뿐 아니라 통계적 추정을 가르친 경험이 있는 현직 교사도 오직 극소수만이 신뢰구간 및 신뢰도에 대한 명확한 이해를 보여주었다(최민정 외, 2016; 한가희 외, 2018). 실제로, 현장에서는 아직도 많은 경우 공식 암기를 통한 기계적 계산의 방식으로 통계를 가르치고 있다(김지혜, 2012; 김정란, 김응환, 2017; Ben-Zvi & Maker, 2016; Chance, Delmas, & Garfield, 2004; Lovett & Lee, 2018).

따라서, 통계 교육의 질 제고를 위해 예비 교사들에게 실제 자료를 활용한 협력적 통계 프로젝트 수업의 기회를 제공하는 방안을 고려할 수 있다. 이러한 기회를 통해 교사들은 통계적 지식을 넘어 통계적 사고까지 습득할 가능성이 있기 때문이다(Datnow & Hubbard, 2015; Datnow, Park, & Kennedy Lewis, Park, & Kennedy-Lewis, 2013; Green, Smith, Kerby, Blankenship, Schmid, & Carlson, 2018; Groth, 2017). 이에 본 연구는 연구 참여자들이 예비 교사라는 점에 착안하여 향후 그들이 교사로서 맞닥뜨릴 수 있는 상황을 프로젝트의 맥락으로 가져와 그 안에서 협력적으로 프로젝트를 진행할 수 있게끔 구성하였다.

III. 연구 방법

1. 연구 참여자 및 프로젝트

본 연구는 서울에 있는 한 대학의 사범대학에서 진행되었다. 수학교육을 (복수)전공하는 총 28명의 예비 수학 교사들이 연구에 참여하였다. 남학생의 비율이 71.4%(20명)이며, 여학생은 28.6%(8명)이었다. 28명의 참여자 중 3명을 제외한 모든 참가자는 1학년 학생이었으며, 5학년, 4학년, 2학년에 재학 중인 학생들은 각각 1명씩이었다. 모든 참여자는中等 교육과정에서 제시된 통계 내용을 학습한 경력이 있었다. 학생들은 3-4명이 한 모둠을 이루어 총 8개의 모둠으로 활동하였다.

본 데이터 분석 프로젝트는 총 6차시 동안 실시하였다(Suh et al., 2020). 이 프로젝트의 목표는 예비 교사들의 통계적 지식을 포함한 통계적 사고를 증진하는 데에 있다. 첫 차시에는 본 연구와 프로젝트에 대한 설명, 후술된 평가지를 통한 사전 통계 지식 평가, 확률과 통계의 복습이 이루어졌다. 두 번째 차시에는 확률과 통계의

복습을 이어서 하였다. 세 번째 차시에 참여자들은 모둠별로 모여 우리나라 사교육 실태에 대한 데이터를 살펴 보고 이 데이터를 활용해 응답할 수 있는 연구 질문을 제시하였다. 그리고 제시한 연구 질문의 응답에 필요한 자료만을 추출하였다. 네 번째 차시에 R 프로그램을 활용해 모둠별로 필요한 모평균을 추정하는 활동을 하였고 이를 위해 해당 차시 초반에 R 프로그램 활용에 대해 익히는 시간을 가졌다. 다섯 번째 차시는 모둠별로 설정한 연구 질문 및 모평균 추정을 통해 얻은 연구 질문에 대한 답과 통찰을 슬라이드에 담아 발표할 준비를 하는 한편, 첫 차시 때 풀었던 평가지를 다시 풀어 사후 평가를 하는 시간을 가졌다. 마지막 차시는 모둠별 발표를 시행하였다. 이때 다른 모둠의 발표를 듣는 참여자들은 온라인 공간에 동시적으로 의견 및 질문을 남겼고 발표자는 발표를 마친 후 온라인 공간을 프로젝트에 띄워 응답하였다. 이후 참여자들은 개별 최종 보고서를 작성해 제출하였다.

2. 자료 수집

본 연구자들은 예비 수학 교사들에게 모평균 추정과 관련한 프로젝트를 제공하여 그들이 데이터 기반 의사 결정을 경험할 수 있도록 기회를 제공하고자 하였다. 이와 더불어, 본 연구에서 제공되는 프로젝트의 전, 후로 예비 수학교사들의 모평균 추정과 관련한 통계 지식 정도가 어떻게 변화하는지 살펴보고자 하였다.

이러한 연구 목적을 달성하기 위해서는 예비 수학교사들의 모평균 추정과 관련한 통계적 지식을 측정하는 것이 필요했고, 따라서 평가 문항지를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 통계 지식 평가 문항지는 총 27개의 문항으로 이루어져 있으며, 중등 교육과정에 따라 총 4개의 주제(모집단과 표본의 뜻[6문항], 표본 추출의 원리[5문항], 모평균과 표본평균의 관계[6문항], 모평균 추정 및 해석[10문항])로 나누어 측정하였다. 이 4개의 주제는 첫 번째 연구문제에서 살펴보고자 한 통계적 지식을 반영하고 있다. 연구 대상자들은 프로젝트 전과 후에 각각 통계 지식 평가 문항지를 통해 검사를 시행하였다. 반복된 검사지에 의한 학습 효과를 최대한 배제하기 위해서 사전 검사와 사후 검사 사이에 3주간의 기간을 두었으며, 사전 검사 직후에 검사 문항에 대한 답안은 따로 제공하지 않았다.

통계 지식 평가 문항들을 개발하기 위해서 우선 6개 고등학교 확률과 통계 교과서를 검토하였고, 모집단과 표본의 뜻, 표본 추출의 원리, 모평균과 표본평균의 관계, 모평균 추정 및 해석에 관한 문항을 검토하였다. 결과적으로 27개의 문항은 각각 Locus(n.d.), 최민정 외(2016), 한가희 외(2018)와 두 출판사의 고등학교 교과서에서 추출 및 수정하여 적용하였다. Locus에서 추출된 문항들은 한국어로 번역하였으며, 일부 문항은 그 맥락을 한국의 상황을 반영하도록 수정하였다. 예비 수학교사들은 문항의 답을 선택하거나 주관식 답을 제시한 뒤 그러한 답을 제시한 이유를 각각 적시하였다.

평가 문항의 신뢰도 확보를 위하여 항목 간 신뢰도 검사를 시행하였다. 평가 문항에 대한 데이터는 학생들의 응답이 맞는 응답인지, 틀린 응답인지에 따라 각각 1, 0으로 코딩되었으므로 이항확률변수에 적용 가능한 KR-20으로 항목 내 일관성 정도를 판단하였다. Kuder-Richardson Formular 20(KR-20)의 값(=0.707)을 구한 결과 0.6보다 크므로 허용 가능한 수준의 신뢰도를 확보하였다고 평가하였다(Huck, Comier, & Bounds, 1974). 평가 도구의 타당성을 검증하기 위해 내용 타당성 검사를 하였는데, 결과적으로 논란이 될 수 있는 문항 1개를 제외한 26개의 항목에 대한 학생들의 점수를 분석에 사용하였다.

이에 더하여, 예비 교사들에게 개별적으로 최종 보고서를 작성해 제출하도록 요청하였다. 본 연구에서는 최종 보고서의 내용 중 데이터 기반 의사 결정과 밀접한 관련이 있는 두 항목에 대한 응답을 중점적으로 살펴보았다. 첫 번째 항목은 예비 교사들이 모둠으로 실시했던 데이터 분석을 통해 알게 된 내용을 바탕으로 교사로서 내릴 수 있는 의사 결정에 관해 서술하도록 요청하고 있으며, 두 번째 항목은 데이터 분석 전에 예상했던 상황을 바탕으로 내렸던 의사 결정과 데이터 분석 후 그 결과를 고려해 내린 의사 결정을 비교하게 하고 있다.

3. 자료 분석

본 연구는 혼합 분석 방식을 활용하였다. 혼합 분석 방식이란 하나의 연구에서 양적 자료와 질적 자료를 체계적으로 혼합하여 분석하는 방식을 일컫는다(Creswell, Plano Clark, Gutmann, Hanson, 2003). 혼합 분석 방식은 양적 혹은 질적의 단편적인 분석 방식보다 더 풍성한 연구 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 혼합 분석 방식은 데이터의 종류, 분석 접근 및 방식, 그리고 표본 추출 방식 등에 따라 여러 유형으로 나뉘는데, 본 연구는 순차적 탐구 방식(sequential explanatory design)을 따르고 있다. 연구문제 1은 양적과 질적 분석을 포함하며, 연구문제 2는 질적 분석을 주로 활용하였다.

연구문제 1과 연구문제 2에 대한 자료 분석은 각각 다음과 같이 진행되었다. 연구문제 1은 본 연구를 통해 개발된 데이터 분석 관련 프로젝트가 예비 수학교사들의 통계적 추정에 관한 통계적 지식의 향상에 얼마큼 이바지하였는가를 살펴보고자 하였다. 특히, 연구문제 2에서는 각각의 예비 교사들 모두가 어떠한 데이터 기반 분석을 하였는지 살펴보았는데, 연구문제 1의 연구 결과는 연구문제 2를 분석하면서 예비 수학교사들에 대한 특정 정보를 제공하도록 전체적인 연구가 혼합 분석 방식을 활용하여 설계되었다. 즉, 예비 수학교사들의 통계적 추론에 관한 통계 지식이 그들의 데이터 기반 의사 결정에 어떻게 반영되는지, 그리고 어떠한 역할을 하였는지에 대한 정보를 제공하고자 연구문제 1을 연구문제 2의 분석에 앞서 수행하였다.

연구문제 1에 대한 연구 결과를 얻기 위하여 예비 수학교사들의 사전 및 사후에 통계적 추정에 관한 27개 문항에 대해 제시한 답을 양적으로 분석하였다. 본 연구에 참여한 예비 수학교사들은 총 28명으로, 양적 분석에서는 일부 결측치가 존재하여 분석 과정에서 제외되었다. 예를 들어, t-검정에서는 일부 문항에 대해 응답을 하지 않은 예비 수학교사들의 자료는 분석별 결측값 제외 방식으로 분석에서 제외하였다. 결과적으로 23명의 점수만 분석에 포함하였다. 각각의 문항에 대한 예비 수학교사들의 답은 정답(=1)과 오답(=0)으로 코딩되어 양적인 데이터로 처리하였으며, 이는 다음에 기초통계량(빈도수, 평균, 분산) 및 t-검정(일부 비모수 검정)에서 활용하였다.

연구문제 1을 위한 분석의 순서는 다음과 같다. 첫째, 데이터를 활용할 수 있는 23명의 사전 및 사후 검사에 대한 정답과 오답에 대한 코딩을 자료로 하여, t-검정(일부 비모수 검정)을 실시하였다. t-검정을 실시하기 전에 각각의 주제별 자료에 대해 정규성 검정(Shapiro-Wilk)을 실시하였다. 결과, 모집단의 뜻, 표본 추출의 원리, 모평균과 표본평균의 관계에 해당하는 자료는 정규성 확보가 되지 않는 것으로 나타나 비모수 검정을 실시하였으며, 모평균 추정 및 해석에 해당하는 자료는 정규성이 확보되는 것으로 나타나 t-검정을 실시하였다. 이를 통하여 주제별로 예비 수학교사들의 점수가 사전보다 사후에 향상되었는지 확인할 수 있었다. 둘째, 앞서 수행된 t-검정(일부 비모수 검정)의 결과를 토대로 사전과 사후의 점수에서 차이가 있는 주제를 선별하였다. 사전보다 사후의 점수가 향상된 주제에 대해 예비 수학교사들을 집단으로써가 아닌 개별적으로 답의 변화를 살펴보았다. 특히 신뢰구간의 의미를 묻는 12-(1)번 문항과 12-(2)번 문항에 대한 예비 수학교사들의 답변을 정답과 오답으로 구분하였다.

연구문제 2에 답하기 위해서는, 예비 교사들로부터 수집한 최종 보고서에 주목하였다. 총 28명의 예비 교사 중 모둠 활동에 참여하지 않은 1명과 최종 보고서를 제출하지 않은 5명을 제외하여 22개의 최종 보고서를 활용하였다. 분석을 위해 데이터 기반 의사 결정 경험에 방점을 둔 주제 분석(thematic analysis; Braun & Clarke, 2006; 2014; Kuckartz, 2019)을 실시하였다. 먼저, 본 연구진은 앞서 선정한 두 문항에 대한 예비 교사의 응답을 살펴보고 주제 분류의 초안을 마련하였다(Kuckartz, 2019). 이 분류 초안을 바탕으로 재분석을 실시하면서 분류 방식을 가다듬었다. 이때, 분류 방식이 예비 교사들의 다양한 응답을 효과적으로 보여주면서도 연구 질문에 답할 수 있는지를 고려하였다. 그런 다음, 예비 교사 모둠별로 자료를 정리하였다. 모둠별로 정리한 이유는 일반적으로 한 모둠에서 활동하면 유사한 학습 경험을 가질 것이라는 기대가 있는데 이러한 기대가 실제로 실현되었는지 확인하기 위함이다. 모둠 내부에서 데이터 기반 의사 결정 경험에 차이가 있는 모둠은 최종 보고서를 자세히

살펴보아 그 차이의 양상을 구체적으로 탐구하였다.

IV. 결과

1. 통계적 지식

우선, 예비 수학교사들의 통계적 추정에 대한 지식이 프로젝트 전과 후에 어떤 변화를 보였는지 확인하기 위하여 t-검정을 실시하였다. 그 결과는 다음 [표 IV-1]과 같다.

사전-사후 점수 차이에 대한 검정 결과에 따르면, 본 연구에서 목표로 했던 네 가지 주제 중에서 네 번째 주제에 대해서만 예비 수학교사들의 점수가 향상된 것을 확인할 수 있었다. 네 번째 주제(모평균 추정 및 해석)의 사전, 사후 점수는 각각 6.17, 7.35였으며 t-값은 2.526으로 p-값(=0.019)이 0.05보다 작아 통계적으로 유의하였다.

[표 IV-1] t-검정 결과

	주제 1	주제 2	주제 3	주제 4
사전 검사 평균 (표준편차)	4.87 (0.76)	4.35 (0.98)	2.91 (0.22)	6.17 (0.58)
사전 검사 변환 평균 (표준편차)	4.87 (0.76)	5.22 (0.98)	3.49 (0.22)	3.70 (0.58)
사후 검사 평균 (표준편차)	5.22 (0.67)	4.57 (0.14)	3.04 (0.19)	7.35 (0.41)
사후 검사 변환 평균 (표준편차)	5.22 (0.67)	5.48 (0.14)	3.65 (0.19)	4.41 (0.41)
t-값	-	-	-	2.526
p-값	0.78	0.236	0.614	0.033*

참조. 주제 1: 모집단과 표본평균의 뜻, 주제 2: 표본 추출의 원리, 주제 3: 모평균과 표본평균의 관계, 주제 4: 모평균 추정 및 해석. 변환 평균: 최댓값을 6으로 변환하여 산출한 평균.

사전-사후 점수 차이에 대한 검정은 본 연구에 참여한 전체 예비 수학교사들을 하나의 집단으로 분석이 진행된 것으로, 사전-사후 점수 차이에 대한 검정으로부터 얻은 연구 결과는 이러한 전체 집단의 특성을 나타내고 있으며, 그 전체 집단에 속한 개개인의 특성은 나타나지 못하고 있다. 따라서 t-검정에 이어 개개인의 예비 수학교사들이 사전과 사후 검사에서 영역별로 점수가 어떻게 변화되었는지를 살펴보았다.

개인별 각각의 주제에 해당하는 점수는 [표 IV-2]에 정리하였다. [표 IV-2]의 결과는 각 셀에 세 가지 단계의 음영을 하여 구분하였는데, 가장 진한 음영은 점수가 향상한 경우를 나타내며, 음영이 없는 경우는 점수가 하락한 경우를 나타낸다. 그 밖은 점수가 그대로인 경우이다.

[표 IV-2]에 따르면, 대체로 예비 수학교사들의 주제별 점수가 이전보다 향상했거나 이전과 같음을 알 수 있다. 즉, 예비 수학교사의 주제별 점수가 하락한 경우는 총 92개 경우 중 17개(18.5%) 경우임을 알 수 있다. 네 개 주제 모두에서 점수가 이전과 같거나 향상된 예비 수학교사들은 11명(48%)이었다. 한 개의 주제에서 점수의 하락을 보이고, 나머지 세 개 주제에서 점수가 그대로이거나 향상된 예비 수학교사들은 모두 8명이었다. 두 개의 주제에서 점수 하락을 보인 예비 수학교사들은 모두 3명 있었고, 세 개의 주제에서 점수 하락을 보인 예비 수학교사는 1명이었다.

[표 IV-2] t-검정(개인) 결과

모둠	개인 #	주제1 사전/사후 점수	주제2 사전/사후 점수	주제3 사전/사후 점수	주제4 사전/사후 점수
A	2	4 / 5	2 / 5	2 / 3	8 / 8
	9	5 / 6	5 / 5	3 / 3	7 / 5
	14	5 / 5	4 / 5	1 / 4	9 / 9
B	17	5 / 6	5 / 5	2 / 2	7 / 9
	22	6 / 5	5 / 5	3 / 2	5 / 4
	29	4 / 4	4 / 4	2 / 2	9 / 8
C	6	4 / 6	5 / 4	4 / 4	9 / 8
	23	6 / 6	5 / 5	5 / 4	7 / 8
	25	3 / 5	5 / 5	2 / 2	6 / 9
D	13	5 / 5	5 / 5	3 / 2	3 / 7
	18	6 / 5	3 / 5	4 / 4	7 / 8
	24	5 / 5	4 / 4	2 / 2	4 / 7
E	3	5 / 5	5 / 5	4 / 4	7 / 8
	16	5 / 6	5 / 5	1 / 2	0 / 1
	27	5 / 6	4 / 4	4 / 4	8 / 6
F	1	6 / 5	5 / 5	2 / 3	2 / 8
	5	4 / 4	2 / 3	3 / 4	8 / 9
	11	5 / 5	5 / 5	3 / 4	0 / 6
G	4	4 / 6	5 / 5	3 / 2	4 / 7
	26	5 / 4	5 / 4	3 / 3	9 / 9
	28	5 / 5	3 / 3	4 / 2	8 / 7
H	7	5 / 5	4 / 4	4 / 4	8 / 9
	19	5 / 6	5 / 5	3 / 4	7 / 9

참조. 가장 어두운 칸은 점수 상승, 중간 음영의 칸은 점수 변화 없음, 음영 없는 칸은 점수 하락.

특히, 사전-사후 점수의 차이를 검정한 결과 유의한 차이를 보였던 네 번째 주제에 대해서 6명의 학생만이 점수 하락을 보였으며 나머지 17명의 학생은 점수가 그대로이거나 향상되었다. 네 번째 주제는 모평균 추정 및 해석으로 총 10문항이 이 주제에 해당한다. 그 문항 중 모평균 추정의 대표적인 문항은 12-(1)과 12-(2)이다([그림 IV-1] 참조).

12. 다음은 신뢰구간에 관한 문항입니다.

어느 공장에서 생산되는 과자의 무게가 표준편차 10g인 정규 분포를 따른다고 할 때, 이 중에서 100개를 임의추출하여 무게의 평균을 구했더니 100g이었다.

1) 이 공장에서 만든 과자 전체의 평균 무게에 대한 신뢰도 95%의 신뢰구간을 구하시오. (첨부된 정규분포표 참고)

2) 1)에서 구한 신뢰구간의 의미를 해석한 것으로 옳은 것을 모두 고르시오.

- ① 추출된 표본 값 100개 중 95%를 포함하는 구간이다.
- ② 표본을 반복추출 했을 때의 표본평균 값들 중 95%를 포함하는 구간이다.
- ③ 95% 신뢰도로 모평균을 추정하는 구간이다.
- ④ 95% 신뢰도로 표본평균을 추정하는 구간이다.
- ⑤ 신뢰구간이 모평균을 포함할 확률이 0.95이다.
- ⑥ 표본을 n 번 추출하여 신뢰구간을 만들면 이들 중 95%가 모평균을 포함한다.

[그림 IV-1] 문항 12-(1)과 12-(2)

문항 12-(1)은 직접 신뢰구간을 구하는 문제였으며, 12-(2)는 12-(1)에서 구한 신뢰구간의 올바른 의미를 찾는 문제였다. 이 문항들에 대한 예비 수학교사들의 사전, 사후 응답은 [표 IV-3]과 같았다. 문항 12-(1)은 신뢰구간을 구하는 공식을 기억하여 풀 수 있는 문제였으며, 12-(2)번 문항은 어떤 공식을 이용해서 풀 수 있는 문제라기보다는 모평균을 추정함에 있어서 점추정이 아닌 구간추정의 의미를 이해하고 있는지를 평가하는 문항이다.

12-(1)번 문항에 대해 예비 수학교사들의 응답은 사전과 사후에 모두 정답을 제시한 경우(9명), 사전에는 오답을 제시하였지만 사후에 정답을 제시한 경우(7명), 사전에는 정답을 제시하였지만 사후에 오답을 제시한 경우(2명), 사전과 사후 모두에서 오답을 제시한 경우(5명)로 나누어 볼 수 있었다. 종합적으로 사후 검사에서 정답을 제시한 예비 수학교사들은 모두 16명이었으며, 오답을 제시한 예비 수학교사들은 모두 7명이었다. 12-(1)번 문항에 대해 사전 검사에서는 옳은 답을 제시했지만, 사후 검사에서는 오답을 낸 예비 수학교사들이 두 명 있었다. 한 예비 수학교사의 경우는 올바른 식을 작성했지만, 계산상의 오류를 범하였고, 다른 한 예비 수학교사는 올바른 식을 적지 못하였다.

반면, 문항 12-(2)에 대해 대부분의 예비 수학교사들(21명)은 사전 및 사후 검사에서 오답을 제시했다. 그 외 두 명 중 한 명은 사전 및 사후에서 모두 정답을 제시했으며, 다른 한 명은 사전에는 오답, 그리고 사후에는 정답을 제시하였다.

[표 IV-3] 문항 12-(1)와 12-(2) 개인별 정오

모둠	개인 #	12-(1)		12-(2)	
		사전 검사	사후 검사	사전 검사	사후 검사
A	2	정답	오답	오답	오답
	9	오답	오답	오답	오답
	14	정답	정답	오답	오답
B	17	오답	정답	오답	오답
	22	오답	정답	오답	오답
	29	오답	정답	정답	정답
C	6	정답	오답	오답	오답
	23	정답	정답	오답	오답
	25	오답	정답	오답	오답
D	13	정답	정답	오답	오답
	18	정답	정답	오답	오답
	24	정답	정답	오답	오답
E	3	정답	정답	오답	오답
	16	오답	오답	오답	오답
	27	오답	오답	오답	정답
F	1	오답	정답	오답	오답
	5	정답	정답	오답	오답
	11	오답	오답	오답	오답
G	4	오답	정답	오답	오답
	26	정답	정답	오답	오답
	28	오답	오답	오답	오답
H	7	정답	정답	오답	오답
	19	오답	정답	오답	오답

2. 데이터 기반 의사 결정의 경험

예비 수학교사들의 데이터 기반 의사 결정 경험은 크게 데이터 분석 전과 후의 의사 결정에 변화가 있는 경우와 그렇지 않은 경우의 두 가지로 나누어 볼 수 있었다. 의사 결정에 변화를 보인 예비 교사들은 다시 두 가지 양상을 보였는데, 데이터 분석을 통해 알게 된 바를 바탕으로 기존의 의사 결정을 수정 및 개선하거나(1-1유형), 기존 의사 결정을 수정 및 개선하는 한편 자신의 수행한 데이터 분석이 가지고 있는 한계에 대해 논하였다(1-2유형). 의사 결정에 변화를 보이지 않은 예비 교사 중 일부는 데이터 분석 전에 예상했던 상황이 실제 데이터 분석을 통해 뒷받침되기 때문에 굳이 바꿀 필요성을 느끼지 못했고(2-1유형), 또 다른 일부는 데이터 분석을 통해 예상이 틀렸음이 밝혀졌지만 그럼에도 불구하고 의사 결정을 수정하지 않았다(2-2유형). 기타로는, 데이터

분석 전에 따로 예상했던 바가 없어 모르겠다고 응답한 경우가 있었다(3유형).

예비 교사의 분포를 살펴보면, 2-1유형이 9명으로 가장 많았고 그다음이 7명인 1-1유형, 4명인 1-2유형 순이었으며 2-2 및 3유형은 한 명씩 있었다. 모듈별로 보았을 때 한 모듈 안에서 유형이 같은 경우도 있었고 다른 경우도 있었으며 그 내용은 [표 IV-4]와 같다.

[표 IV-4] 데이터 기반 의사 결정 경험의 종류

모듈	유형(개인#)	유형(개인#)	유형(개인#)	유형(개인#)
A	2-1(2)	2-1(9)	1-1(14)	-
B	2-1(17)	2-1(22)	미제출(29)	-
C	2-1(6)	2-1(23)	2-1(25)	미제출(10)
D	1-2(13)	1-2(24)	미제출(18)	-
E	1-1(3)	1-2(16)	1-2(27)	미제출(21)
F	1-1(1)	1-1(5)	3(11)	미제출(15)
G	2-2(4)	2-1(26)	2-1(28)	-
H	1-1(7)	1-1(12)	1-1(19)	-

위 표의 모듈별 유형 분포를 살펴보면, 예비 교사들이 같은 모듈에서 활동하였다는 점이 이들의 데이터 기반 의사 결정 경험의 동질성을 보장하지는 않음을 알 수 있다. 이하에서는 모듈 내 데이터 기반 의사 결정 양상의 차이를 보인 A, E, G 모듈을 중심으로 한 모듈에서 활동했음에도 불구하고 차이가 발생한 양상을 자세히 살펴본다. 구체적으로, 세 모듈을 통해 일반적인 패턴 2-1유형과 기타인 3유형을 제외한 나머지만 1-1, 1-2, 2-2유형에 대해 논한다.

가. 1-1유형: 예상치와 분석 결과 간의 미세한 차이

A 모듈은 성적이 낮은 학생들의 특성을 이해함으로써 이 학생들이 학습에 흥미를 느끼도록 이끌 방안을 탐구하고자 하였다. 이를 위해 학생의 성적, 사교육비 지출량, 방과후 학교 참여율에 대한 자료에 주목하였다. 분석에 들어가기 전 모듈원은 학생의 성적이 낮을수록 사교육비 지출량이 적고 방과후 학교 참여율 또한 저조할 것으로 예측하였다. 이러한 예측은 데이터 분석을 통해 참인 것으로 드러났다. 데이터 분석 전 개인적인 혹은 모듈원과의 논의를 통해 예상한 바를 바탕으로 도출한 대응책과 데이터 분석 내용을 기반으로 도출한 대응책 간의 차이 유무와 그 이유에 관해 묻는 문항에 예비 교사 2는 이에 대해 다음과 같이 설명하였다.

예상했던 연구 결과에 부합하게 조사 결과가 산출되었으므로, [분석 전후 대응책의] 차이는 나지 않았다. 그 이유는 성적이 낮은 재정적인 지원과 학습을 향한 열정 중 적어도 하나의 결핍이 있으리라 예측한 논리구조를 구성하는 인과관계에 합당한 연결고리가 있었기 때문이라고 생각한다.

예비 교사 9도 “연구를 시작하기 전, 성적이 낮은 학생일수록 사교육비 지출도 적고 방과후 학교 참여시간도 적을 것이라” 예상했기에 전후 대응책 간의 차이가 없다고 답하였다. 반면에, 예비 교사 14는 아래와 같이 응답하였다.

결과가 나오기 전 단순히 성적이 하위권으로 내려갈수록 방과후 학교 참여시간도 [떨어질] 것이라 예상하였습니다.

하지만 최하위권의 학생들은 중하위권 학생들과는 다르게 방과 후 참여시간이 대폭 상승하였습니다. 이 같은 결과를 보기 전에는 단순히 방과 후 참여를 많이 참여시켜야겠다고 생각했지만 이를 본 후 하위권 학생들에게 맞춤형 방과 후 학교 프로그램을 만들어야겠다고 생각이 들었습니다.

위에서 볼 수 있듯이, 예비 교사 14는 분석 결과를 예상했던 바와 꼼꼼하게 비교하면서 예상과 달랐던 부분에 주목해 의사 결정의 내용을 수정하였다. 실제로 이 모둠은 데이터 분석을 위해 학생을 상위권, 중상위권, 중위권, 중하위권, 하위권으로 나눈 뒤 각각의 사교육비 지출과 방과후 학교 참여시간을 살펴보았다. 그런데도 예비 교사 2와 9는 대략적인 추세에 주목해 의사 결정을 내렸지만, 예비 교사 14는 다른 두 모둠원보다 분석 결과를 세밀하게 살펴보면서 의사 결정을 내렸다.

나. 1-2유형: 분석 결과의 한계에 대한 인식

E 모둠은 학생들이 사교육에 투자하는 목적 중 가장 두드러지는 것을 찾고자 하였다. 모둠원은 보충 수업, 진학 준비, 선행 학습, 교우 관계, 불안 심리, 보육 순으로 응답이 많을 것이라 예상하였으나 분석 결과 진학 준비, 선행 학습, 보충 수업, 불안 심리, 보육, 교우 관계의 순서인 것으로 드러났다. E 모둠은 네 명이 함께 활동하였으나 한 모둠원이 최종 보고서를 제출하지 않았다. 최종 보고서를 제출한 세 명의 모둠원을 살펴보면, 예비 교사 3은 1-1유형으로, 분석 결과를 통해 의사 결정을 수정하였다. 예비 교사 16과 27은 여기서 한 단계 더 나아가 자신들이 수행한 데이터 분석의 한계까지 논하였다. 구체적으로, 예비 교사 27은 사교육 비용이 수업 보충 및 심화일 때 가장 클 것으로 예상했으나 분석 결과 진학 준비가 높게 나왔음을 언급하면서 아마도 자기소개서 컨설팅, 면접 학원 등 단기간의 서비스를 이용하기 위해 큰 비용을 치르는 경우를 고려하지 않았기 때문으로 추측하였다. 예비 교사 16 역시 사교육 목적에 따른 시간을 확인하지 못했음이 차이를 가져왔을 것이라 언급하면서 아래와 같이 분석상의 아쉬운 점도 함께 논하였다.

이번 연구에 있어 아쉬운 점을 덧붙여 서술하자면, 개인적으로 학교급에 따른 사교육 비용을 고려하지 못한 점도 아쉬웠다. 초등학교의 경우 보육을 위해 사교육을 하고, 중, 고등학교의 경우 수업 보충과 선행 학습을 목적으로 사교육을 하는 등 학교급에 따라 사교육 목적이 달라지리라 생각되었다. 다만 이 경우 범주형의 자료 2가지를 사용하는 것이기에 이번 연구에서 주제로 선정하기에는 부적절했다. 하지만 이러한 요소를 고려했다면 학교급에 따른 사교육의 수효를 더 정확하게 파악할 수 있고, 이에 따른 교사의 처치 또한 더욱 구체적으로 고안할 수 있었을 것이라 생각이 든다.

예비 교사 16은 더 세부적인 분석을 하고 싶은 열의는 있었으나 분석 방법, 분석 프로그램에 대한 친숙도, 제한된 시간 등 환경적인 요인들로 인해 깊이 있는 분석을 할 수 없었음에 대한 아쉬움을 드러내었다. 예비 교사 27 역시 학교급을 구분하지 않고 조사를 진행한 점에 대해 아쉬움을 표하면서 “학교급을 구분했다면 초등학교 같은 경우는 교우관계, 보육 등의 목적 비율이 더 높았을 것으로 예상하고 이는 우리 연구 한계 중 하나”라고 덧붙였다. 예비 교사 16과 27은 통계적 분석을 통해 결과를 도출했다는 자체에 만족하지 않고, 분석을 더욱 정교화할 방안까지도 고려함으로써 자신이 내린 데이터 기반 의사 결정이 데이터 분석 없이 내렸던 의사 결정보다 뛰어난지 하지만, 그래도 여전히 한계점을 가지고 있음을 인지하고 있었다.

다. 2-2유형: 의사 결정의 방향 유지

G 모둠은 월평균 가구 소득과 사교육 참여시간 및 EBS 교재비의 관련성을 탐구하고자 하였다. EBS 교재는 가계 소득에 따른 교육 격차를 줄이기 위한 정책이라는 인식에 따라, 월평균 가구 소득이 낮을수록 EBS 교재비

지출이 많고 소득이 높을수록 사교육 참여시간이 많은지 조사하였다. 그 결과 중간층은 사교육과 EBS를 모두 활용하며 저소득층은 EBS에 주로 의존함을 밝혔다. 예비 교사 26과 28은 데이터 분석 전 도출한 대응책과 분석 후 도출한 대응책 간에 큰 차이가 없다고 말하며 “이 결과는 누구나 납득”할만한 결과라고 하였고(예비 교사 26) “저소득층 학생들은 고소득층 학생들보다 사교육의 기회가 훨씬 적은 것이 현실이기 때문에 예측하는 것이 크게 어렵지는 않”았다고 덧붙였다(예비 교사 28). 반면에 예비 교사 4는 연구 결과를 깊이 있게 살펴보며 다음과 같이 응답하였다.

연구 결과가 나오기 전에는 EBS 교재비 비용 평균이 저<중<고 순으로 나올 것이라 예상하였다. 하지만 실제 결과에서는 중<저<고 순으로 나왔고 우리 조는 이가 중소득층의 경우 사교육과 EBS 모두 투자를 하여 이러한 결과가 나왔다고 예상하였다. 따라서 EBS에만 접근성이 있는 저소득층에 대한 지원을 강화해야 한다는 원래 예상하였던 교사의 처치에는 변함이 없었다.

예비 교사4는 비록 의사 결정의 내용은 데이터 분석 전과 후가 변함이 없지만 분석 전 예측했던 것과는 차이가 있었던 현상에 대해 언급하며 데이터 분석을 통해 새로이 갖게 된 현실 상황에 대한 이해를 명확하게 서술하였다.

지금까지 질적 분석을 통해 살펴본 바를 요약하면 다음과 같다. A 모둠은 분석 전 예상했던 결과와 분석 결과가 크게 다르지 않아 일부 모둠원은 데이터 분석 전 내렸던 의사 결정을 그대로 가져가기로 하였다. 그러나 한 모둠원은 분석 결과가 보여주는 미세한 차이에 집중하여 의사 결정을 수정하는 모습을 보였다. E 모둠은 예상했던 결과와 분석 결과가 달라 데이터 분석 전후로 의사 결정을 수정하였다. 이 과정에서 두 모둠원은 의사 결정의 수정에 그치지 않고 자신들이 수행한 데이터 분석의 한계를 언급하며 더 세밀한 분석의 필요성에 대해 언급하였다. G 모둠은 데이터 분석 전과 후의 의사 결정에 변화가 없었고, 실제로 두 모둠원은 데이터 분석 전 예측한 바가 상식적이기에 당연한 결과를 얻었다는 관점을 취하였다. 그러나 한 모둠원은 데이터 분석 전 예상했던 현상과 데이터 분석을 통해 드러난 현상 간에 다소간의 차이가 있음을 짚어내었다. 그런데도, 기존에 내렸던 의사 결정이 데이터 분석을 통해 드러난 현실에도 여전히 유효하므로 분석 전과 후의 의사 결정을 같게 유지하였다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 현재와 미래 사회가 당면한 변화에 대응하기 위한 역량으로써 데이터에 기반한 의사 결정능력에 주목하였다. 구체적으로, 미래를 살아갈 주체자로서 예비 수학교사들의 데이터에 기반한 의사 결정능력을 함양시켜주고자 교육적 접근을 시도해보았다. 더욱이 예비 수학교사들은 미래 학생들의 교육을 책임질 사회구성원으로써 그들 스스로 데이터에 기반한 의사 결정능력을 발휘할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 그들의 미래 학생들에게도 그러한 능력을 함양시켜줄 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서 시도한 예비 수학교사들을 대상으로 한 데이터 분석 및 의사 결정에 관한 프로젝트는 그 교육적 함의가 상당하다고 할 수 있다.

본 연구 결과에 따르면, 예비 수학교사들은 합리적 의사 결정을 위한 데이터 분석과 관련하여, 세부 내용에 따라 다양한 지식수준을 나타내고 있었다. 본 연구에서는 특히 모평균 추정을 활용한 의사 결정을 다뤘었는데, 모평균 추정을 하기 위해서는 기초적으로 갖춰야 할 통계 지식이 있다고 가정하였다. 모평균 추정을 통한 의사 결정을 위해서는 1) 모집단과 표본의 뜻, 2) 표본 추출의 원리, 3) 모평균과 표본평균의 관계, 4) 모평균 추정 및 해석 등 네 가지 주제에서 통계적 지식을 갖춰야 한다고 가정하였으며, 이 중에서 예비 수학교사들은 3) 모평균과 표본평균의 관계와 4) 모평균 추정 및 해석에서 상대적으로 낮은 점수를 나타내었다. 데이터 분석을 통한 의

사 결정을 다루었던 프로젝트를 경험하기 전과 후에 시행되었던 두 검사에서 모두 세 번째 주제와 네 번째 주제의 점수가 다른 두 주제에 비해 낮았다. 이러한 연구 결과가 나타났던 이유는 첫 번째 주제와 두 번째 주제가 다소 단순 암기로 문제 해결이 가능하였던 반면, 세 번째 주제와 네 번째 주제는 개념에 대한 이해가 바탕이 되어야 했기 때문으로 해석된다. 김도은 외(2019)와 탁병주 외(2017) 등이 선행 연구에서 주장했던 바와 마찬가지로, 예비 수학교사들은 통계 지식을 간단히 활용하는 수준에서는 높은 지식수준을 나타내고 있었지만, 통계 지식을 활용하여 직접 분석을 수행하고 그것을 해석해야 하는 수준에서는 더욱 낮은 수준을 나타낸 것으로 보인다..

하지만, 예비 수학교사들의 사전 및 사후 검사 결과에서 그 차이를 분석한 t-검사의 결과를 보면, 예비 수학교사들의 사후 검사 점수가 네 번째 주제에서 유일하게 통계적으로 유의미한 상승을 나타낸 것을 알 수 있다. 즉, 예비 수학교사들은 본 연구에서 실시한 통계 기본 교육과 데이터 분석 관련 프로젝트를 경험한 후, 네 번째 주제에서 가장 높은 점수 상승을 보인 것이다. 네 번째 주제는 모평균 추정 및 해석에 관한 것으로 본 연구에서 실시했던 프로젝트의 핵심 주제와 일치한다는 점에서 주목할 필요가 있다. 네 번째 주제에 관한 연구 결과를 종합해보면, 예비 수학교사들은 사전 검사에서 첫 번째 주제와 두 번째 주제에 비해 낮은 점수를 나타내었지만, 사전에서 사후로 향상된 점수는 네 주제 중 유일하게 통계적으로 유의미하였다. 통계적으로 유의미한 점수 차이가 본 연구에서 실시된 통계 지식 교육과 프로젝트 때문이었다고 주장하는 것은 본 연구의 범위를 넘어서는 것이라고 판단되지만, 예비 수학교사들의 점수가 프로젝트의 주제와 일치하는 주제에 대해서만 유독 통계적으로 유의미한 상승을 나타내었다는 점은 상당히 고무적이다. 더욱이 앞으로 예비 수학교사들의 데이터 분석 및 합리적인 의사 결정을 위한 교육적 접근을 개발함에서도 염두해두어야 할 것이다.

네 번째 주제에 대해 예비 수학교사들의 점수가 높아진 이유로 본 연구에서 개발된 프로젝트의 성격을 생각해볼 수 있다. 본 연구에서 개발된 프로젝트는 선행 연구(Casey & Wasserman, 2015; Burgess, 2002)에서 지적하고 있는 통계적 사고과정 전반을 다루고 있으며, 따라서 이러한 통계적 사고를 경험한 예비 수학교사들이 통계적 개념 및 분석 과정에 대한 해석을 필요로 하는 네 번째 주제에서 효과적으로 답을 할 수 있었을 것으로 충분히 예상할 수 있다. 김원경 외(2006), 최민정 외(2016), 한가희 외(2018) 등이 지적했듯이, 모평균 추정은 단순히 통계적 지식을 활용하는 수준을 넘어서 통계적 사고가 요구되는 개념으로 볼 수 있으며, 통계적 사고과정을 경험하게 기회를 제공하였던 프로젝트가 예비 수학교사들의 네 번째 주제에 대한 점수를 상승시켰을 수 있다는 해석을 할 수 있다. 다만, 본 연구에서 실시한 통계 지식 교육과 프로젝트가 어떠한 경로로 네 번째 주제에 해당하는 점수를 통계적으로 유의미하게 상승시켰는지에 대해서는 추후 연구를 통해서 심층적으로 분석되어야 할 것이다. 또한, 네 번째 주제에서의 점수 향상이 그들의 의사 결정에 어떠한 영향을 미쳤는지도 예비 수학교사들의 인터뷰 등을 통한 자료 보강을 토대로 심도 있게 다뤄질 필요가 있다.

예비 수학교사의 모평균 추정에 대한 점수의 향상에도 불구하고, 문항 12-(1)과 문항 12-(2)에 대한 답을 분석한 결과는 또 다른 면을 나타내고 있다. 즉, 네 번째 주제에 대한 통합적인 점수는 통계적으로 유의미하게 상승하였지만, 그 중 대표적인 문항인 12-(2)에 대한 예비 수학교사들의 사전, 사후 답변은 두 명을 제외하고 사전과 사후에 모두 오답을 한 것으로 나타났다. 주제별 사전-사후 점수의 차이를 검증하는 과정에서는 드러나지 않았던 것으로, 예비 수학교사들을 교육하는 지도자들은 주의해야 살펴봐야 할 부분일 것이다. 12-(2)번 문항은 신뢰구간의 의미를 올바르게 해석한 것을 고르는 객관식 문제였음에도 불구하고 두 명을 제외한 모든 예비 수학교사들은 사전과 사후에서 모두 오답을 제시하고 있었다. 최민정 외(2016)는 교사들의 신뢰구간에 대한 이해가 고등학교 교육과정 수준을 벗어나고 있지 못하다고 하면서 그들의 제한된 이해수준을 지적하고 있는데, 본 연구의 결과 또한 이를 뒷받침하고 있다. 본 연구에서 실시한 프로젝트에서도 구간 추정을 이용하여 의사 결정을 하도록 하였는데, 이 과정의 경험도 예비 수학교사들에게 큰 도움이 되지 못한 것으로 보인다. 따라서 추후 다른 교육적 프로그램을 개발하거나 연구를 진행할 때에는 이 부분을 염두에 둘 필요가 있을 것이다.

협력적 프로젝트 활동을 통한 예비 교사 대상 통계 교육의 중요성은 잘 연구되어 있지만(e.g., Datnow &

Hubbard, 2015; Green et al., 2018; Groth, 2017) 협력하는 과정에서 개개인의 학습 내용 및 정도에 차이가 있을 수 있음을 본 연구를 통해 확인할 수 있었다. 질적 연구 방법으로 살펴본 바에 의하면, 예비 교사들은 다양한 방식으로 데이터 기반 의사 결정 과정에 참여하였다. 이러한 다양성은 예비 교사들이 한 모듈에서 같은 주제를 가지고 공동으로 데이터 분석을 진행한 때도 발생하였다. A와 G 모듈에서 데이터 기반 의사 결정 유형의 모듈 내 차이가 발생한 원인은 주로 분석 결과를 세심하게 살펴본 정도와 관련이 있는 것으로 보인다. E 모듈 내에서의 차이는 현실 맥락 및 분석 기법에 대한 고려에서 발생한 것으로 이해할 수 있다. 이는 학습자의 데이터 기반 의사 결정력의 향상을 위해서 지금까지 알려진 요소들, 이를테면 실제 데이터의 활용 및 유의미한 현실 맥락의 도입, 기본적인 통계적 지식 및 통계 분석 도구 활용 능력(e.g., Ben-Zvi, 2007; Ben-Zvi et al., 2018; Franklin et al., 2007) 외에도 추가로 고려해줘야 할 요소가 있음을 시사한다. 학습자의 데이터 기반 의사 결정력의 향상을 위해 교육자는 학습자들이 통계적 지식과 통계 분석 도구를 활용해 얻은 결과를 세밀하게 들여다보고 충분히 숙고하여 현실 맥락에서 그 결과가 의미하는 바가 무엇인지 여러모로 들여다볼 수 있는 기회를 마련해 주어야 한다. 그리고 그 결과의 의미에 대해 학습자 자신이 가지고 있는 이해가 의사 결정에 변화를 가져오는지도 시간을 들여 고민해보도록 이끌어주어야 한다. 또, 데이터 분석 과정 및 현실 맥락을 다시 살펴봄으로써 학습자들이 자신이 수행한 분석의 장점과 한계점에 대해 생각해볼게 유도해야 한다. 이러한 과정들은 초기 환경이 잘 조성되었다고 해서 저절로 따라오는 것이 아니기에 학습자들이 적절히 이 과정들을 수행할 수 있도록 활동 전 과정에 걸쳐 교육자가 관심을 기울이고 지도할 필요가 있다.

미래 사회가 필요로 하는 인재를 육성하는 것이 교육의 역할이라고 한다면, 교사교육자와 교사 양성 기관은 마땅히 예비 교사가 그러한 역할을 수행할 수 있도록 이끌어주어야 한다. 미래 사회에서 통계가 가진 중요성을 생각한다면 예비 교사가 통계적 지식과 통계적 사고를 고루 갖추 수 있게 지원해야 함은 당연하다. 그렇기 때문에 예비 교사의 통계적 지식, 특히 모평균에 관한 지식 습득에 더하여 데이터 기반 의사 결정력 증진을 위한 방안에 관한 깊이 있는 연구가 시급히 행해질 필요가 있다. 이에 더하여, 통계 과목을 담당하는 교사교육자들은 예비 교사를 위한 프로젝트 개발 및 발굴에 그치지 않고 모든 예비 교사들이 효과적인 데이터 기반 의사 결정의 경험을 할 방안 또한 강구해야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 고은성·이경화 (2011). 예비교사들의 통계적 표집에 대한 이해. *수학교육학연구*, **21(1)**, 17-32.
- Ko, E. S., Lee, K. H. (2011). Pre-service Teachers' understanding of statistical sampling. *Journal of Educational Research in Mathematics*, **21(1)**, 17-32.
- 교육부 (2015). 수학과 교육과정. 교육부 고시 제2015-74호[별책8].
- Ministry of Education (2015). Mathematics Curriculum, Ministry of Education Notice No. 2015-74 [Supplementary volume 8], Retrieved from <https://www.moe.go.kr/boardCnts/view.do?boardID=141&boardSeq=60747&lev=0&searchType=null&statusYN=W&page=20&s=moe&m=040401&opType=N>.
- 김도은·강병련·이민희 (2019). 수업설계안에 나타난 예비 중등수학교사의 통계적 소양 수준 분석연구. *EastAsian Mathematical Journal*, **35(4)**, 429-449.
- Kim, D. E., Kang, P. L., & Lee, M. H. (2019). Analysis on pre-service mathematics teachers' statistical literacy in lesson plan. *East Asian mathematical journal*, **35(4)**, 429-449.
- 김원경·문소영·변지영 (2006). 수학교사의 확률과 통계에 대한 지식과 신념. *수학교육*, **45(4)**, 381-406.
- Kim, W. K., Moon, S. Y., & Byun, J.Y. (2006). Mathematics teachers' knowledge and belief on the high school probability and statistics. *Mathematical Education*, **45(4)**, 381-406.

- 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. *Korean School Mathematics Society*, **20(2)**, 163-186.
- 김지혜 (2012). '통계적 추정' 단원에서 학생들이 범하는 오류분석과 그 원인 연구. 서울시립대학교 석사학위논문.
- Kim, J. H. (2012). *An Analysis of Misconception and Their Causes by Students in the 'Statistical Estimation'*. Seoul National University Graduate School of Education, Seoul.
- 신보미 (2008). 확률에 대한 교사의 교수학적 내용 지식 분석. 학교수학, **10(3)**, 463-487.
- Shin, B. M. (2008). An analysis of teachers' Pedagogical Content Knowledge on probability. *School Mathematics*, **10(3)**, 463-487.
- 최민정 · 이종학 · 김원경 (2016). 통계적 추정을 가르치기 위한 수학적 지식(MKT)의 분석. 수학교육, **55(3)**, 317-334.
- Choi, M. J., Lee, J. H., & Kim, W. K. (2016). An analysis of Mathematical Knowledge for Teaching of statistical estimation. *The Mathematical Education*, **55(3)**, 317-334.
- 탁병주 · 구나영 · 강현영 · 이경화 (2017). 중등수학 예비교사들의 통계적 소양: 표본 개념에 대한 이해를 중심으로. 수학교육, **56(1)**, 19-39.
- Tak, B. J., Ku, N.Y., Kang, H. Y., & Lee, K. H. (2017). Preservice secondary mathematics teachers' statistical literacy in understanding of sample. *The Mathematical Education*, **56(1)**, 19-39.
- 한가희 · 전영주 (2018). 통계적 추정에 관한 예비 수학교사들과 고등학생들의 오개념 비교 분석, 한국학교수학회 논문집, **21(3)**, 247-266.
- Han, G. H. & Jeon, Y. J. (2018). A Comparative study on misconception about statistical estimation that future math teachers and high school students have. *Journal of the Korean School Mathematics Society*, **21(3)**, 247-266.
- Ben-Zvi, D. (2007). Using wiki to promote collaborative learning in statistics education. *Technology Innovations in Statistics Education*, **1(4)**. Online: repositories.cdlib.org/uclastat/cts/tise/
- Ben-Zvi, D., & Garfield, J. (2004). *Statistical Literacy, Reasoning, and Thinking: Goals, Definitions, and Challenges*. In Ben-Zvi, D. & Garfield, J. (Eds.) *The Challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Ben-Zvi, D., Gravemeijer, K., & Ainley, J.(2018). Design of statistics learning environments. In D. Ben-Zvi, K. Makar, & J. Garfield (eds.), *International handbook of research in statistics education* (pp. 473-502). Cham: Springer.
- Ben-Zvi, D., & Makar, K. (2016). International perspectives on the teaching and learning of statistics In D. Ben-Zvi & K. Makar (Eds.). *The teaching and learning of statistics* (pp. 1-10). Cham: Springer International Publishing
- Biehler, R., Ben-Zvi, D., Bakker, A., & Makar, K. (2012). Technology for Enhancing Statistical Reasoning at the School Level. In *Third International Handbook of Mathematics Education* (2nd ed., Vol. 13, pp. 643 - 689). New York, NY: Springer.
- Bonciu, F. (2017). Evaluation of the impact of the 4th industrial revolution on the labor market. *Romanian Economic and Business Review*, **12(2)**, 7-16.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, **3(2)**, 77 - 101.

- Braun, V., & Clarke, V. (2014). Thematic analysis. In H. Cooper, M. Camic, L. Long, T. Panter, D. Rindskopf, & J. Sher (Eds.), *APA handbook of research methods in psychology, Vol 2: Research designs: Quantitative, qualitative, neuropsychological, and biological* (pp. 57 - 71). Washington: American Psychological Association.
- Burgess, T. (2002). Investigating the 'Data Sense' of Preservice Teachers, Paper presented at the Sixth International Conference on Teaching of Statistics, Cape Town.
- Casey, S. A., & Wasserman, N. H. (2015). Teachers' knowledge about informal line of best fit, *Statistics Education Research Journal*, **14(1)**, 8-35.
- Chance, B., Delmas, R., Garfield, J. (2004). Reasoning about sampling distributions. In Ben-Zvi, D. & Garfield, J. (Eds.) *The Challenge of developing statistical literacy, reasoning and thinking*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Creswell, J. W., Plano Clark, V. L., Gutmann, M. L., & Hanson, W. E. (2003). An expanded typology for classifying mixed methods research into designs. A. Tashakkori & C. Teddlie (Eds.), *Handbook of mixed methods in social and behavioral research* (pp. 209 - 240). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Datnow, A., & Hubbard, L. (2015). Teacher capacity for and beliefs about data-driven decision making: A literature review of international research. *Journal of Educational Change*, **17(1)**, 7 - 28.
- Datnow, A., Park, V., & Kennedy Lewis, B. (2013). Affordances and constraints in the context of teacher collaboration for the purpose of data use. *Journal of Educational Administration*, **51(3)**, 341 - 362.
- Dunn, K. E., Airola, D. T., Lo, W., & Garrison, M. (2012). What teachers think about what they can do with data: Development and validation of the data-driven decision making efficacy and anxiety inventory. *Contemporary Educational Psychology*, **38**, 87 - 98.
- 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: a Pre-K - 12 curriculum framework. Alexandria, VA: American Statistical Association. Retrieved from <http://www.amstat.org/education/gaise/>
- Gould, R. (2010). Statistics and the modern student. *International Statistical Review*, **78(2)**, 297 - 315.
- Green, J., Smith, W., Kerby, A., Blankenship, E., Schmid, K., & Carlson, M. (2018). Introductory statistics: Preparing in-service middle-level mathematics teachers for classroom research. *Statistics Education Research Journal*, **17(2)**, 216 - 238.
- Groth, R. E. (2017). Developing statistical knowledge for teaching during design-based research. *Statistics Education Research Journal*, **16(2)**, 376-396.
- Hall, J. (2011). Using Census At School and Tinkerplots to support Ontario elementary teachers' statistics teaching and learning. In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, & A. Rossman (Eds.), *Teaching Statistics in School Mathematics—Challenges for Teaching and Teacher Education* (pp. 335-346). Springer Science & Business Media.
- Heaton, R. (2000). *Teaching Mathematics to the new standards: Relearning the dance*. New York: Teachers College Press.
- Heiberger, R. M., & Neuwirth, E. (2009). *R through Excel: A spreadsheet interface for statistics, data analysis, and graphics*. New York, NY: Springer.

- Huck, S. W., Cormier, W. H., & Bounds, W. G. (1974). Reading statistics and research (pp. 74-102). New York: Harper & Row.
- Kuckartz, U. (2019). Qualitative text analysis: A systematic approach. In G. Kaiser & N. Presmeg (Eds.), *Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education* (pp. 181 - 197). Springer.
- Lipson, K., & Kokonis, S. (2005). The implications of introducing report writing into an introductory statistics subject. In L. Weldon & B. Phillips (Eds.), *Proceedings of the ISI/IASE Satellite on Statistics Education and the Communication of Statistics*. Voorburg, The Netherlands: International Statistical Institute. Online: www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications
- Lee, S.-B., Park, J., Choi, S.H., & Kim, D.-J. (2016). Re-exploring teaching and learning of probability and statistics using Excel. *Journal of Korea Society of Computer and Information*, **21**, 85 - 92.
- LOCUS Project (n.d.). Available online: <https://locus.statisticseducation.org> (accessed on 12 Jan 2021).
- Lovett, J. N. (2018). The preparedness of preservice secondary mathematics teachers to teach statistics: A cross-institutional mixed methods study (Unpublished doctoral dissertation), North Carolina State University, Raleigh. Available at:<https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.16.11008>.
- MacGillivray, H. & Pereira-Mendoza, L. (2011). Teaching statistical thinking through investigative projects. In Batanero, C., Burrill, G., & Reading, C. (Eds.), *Teaching statistics in school mathematics: Challenges for teaching and teacher education*(pp. 109-120). Springer Science & Business Media.
- Makar, J., & Confrey, J. (2005). "Variation-Talk": Articulating meaning in statistics. *Statistics Education Research Journal*, **4(1)**, 27-54.
- Nolan, D., & Temple Lang, D. (2007). Dynamic, interactive documents for teaching statistical practice. *International Statistical Review*, **75(3)**, 295 - 321.
- OECD (2018). The future of education and skills: Education 2030. Position paper.
- Schafer, D. W., & Ramsey, F. L. (2003). Teaching the craft of data analysis. *Journal of Statistics Education*, 11(1). Retrieved from <http://www.amstat.org/publications/jse/v11n1/schafer.html>.
- Suh, H., Kim, S., Hwang, S., & Han, S. (2020). Enhancing preservice teachers' key competencies for promoting sustainability in a university statistics course. *Sustainability*, **12(21)**, 9051 - 21.
- UNESCO (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. Paris, France: UNESCO.
- World Economic Forum. (2016, January). The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. In *Global Challenge Insight Report*, World Economic Forum, Geneva.

Changes in Statistical Knowledge and Experience of Data-driven Decision-making of Pre-service Teachers who Participated in Data Analysis Projects

Suh, Heejoo

Sungkyunkwan University
E-mail : suhj@skku.edu

Han, Sunyoung[†]

Sungkyunkwan University
E-mail : sy.han@skku.edu

Various competencies such as critical thinking, systems thinking, problem solving competence, communication skill, and data literacy are likely to be required in the 4th industrial revolution. The competency regarding data literacy is one of those competencies. To nurture citizens who will live in the future, it is timely to consider research on teacher education for supporting teachers' development of statistical thinking as well as statistical knowledge. Therefore, in this study we developed and implemented a data analysis project for pre-service teachers to understand their changes in statistical knowledge in addition to their experiences of data-driven decision making process that required them utilizing their statistical thinking. We used a mixed method (i.e., sequential explanatory design) research to analyze the quantitative and qualitative data collected. The findings indicated that pre-service teachers have low knowledge level of their understanding on the relationship between population means and sample means, and estimation of the population mean and its interpretation. When it comes to the data-driven decision making process, we found that the pre-service teachers' experiences varied even when they worked as a small group for the project. We end this paper by presenting implications of the study for the fields of teacher education and statistics education.

* 2000 Mathematics Subject Classification : 97D99

* Key words : statistics, pre-service teacher, teacher education, data analysis, mixed methods

[†] corresponding author