

표본 개념에 대한 고찰: 역사적 분석을 중심으로

탁 병 주* · 구 나 영** · 강 현 영*** · 이 경 회****

표본(sample)과 표집(sampling)은 통계적 사고의 핵심이며 통계적 소양의 기초로서 통계교육에서 매우 강조되어야 하는 개념이다. 그러나 표본에 관한 선행연구에서는 대개 교과서 분석과 학생의 반응 분석 등에 그치고 있다. 이에 본고에서는 표본 개념에 대한 교수학적 분석의 한 측면으로서 역사적 분석을 시행하였다. 특히, 통계적 소양의 관점에서 이루어진 선행연구를 토대로, 표본 개념을 이해하기 위한 두 핵심요소인 표본대표성과 표집변이성에 기반을 두고 표본 개념의 역사적 발달을 분석하였다. 연구 결과, 표본 개념의 역사적 발달 과정은 표본대표성(sample representativeness)의 이해, 표본 변이(sample variance)의 등장, 표집변이성(sampling variability)의 인식으로 분류할 수 있으며, 특히 표집변이성을 인식하고 이를 제어하는 과정의 중요성을 확인할 수 있었다. 그러나 표본 개념의 이해 수준에 대한 기존의 선행연구에는 표집변이성 개념이 잘 반영되지 않고 있다. 이를 토대로, 표본 개념의 교수학습에서 표집변이성을 강조해야 하며, 통계적 소양의 함양을 위해 표집변이성의 인식과 해결의 과정을 포함해야 한다는 시사점을 도출하였다.

1. 도입

남궁평, 박종선, 허문열(2005)은 통계학이 오늘날의 지식사회를 현명하게 대처해 나가는 데 가장 핵심적인 도구로서의 역할을 한다고 강조하였다. 구체적으로 통계학은 현대 사회에서 일상생활의 각종 불확실한 현상에 대해 합리적인 판단 도구로서 광범위하게 사용될 수 있다(우정호, 2007, p.481). 통계적 추론을 기반으로 한 의사결정은 자료의 수집과 해석에 기인하는데, 특히 Garfield & Ben-Zvi(2008)에 의하면, 통계적으로 올바르고 합리적인 의사결정을 하기 위해서 표본 그리고 표집의 다양한 방식에 대한 이해가

필요하다(p. 9). 이로부터 통계적 사고의 핵심에는 표본 개념이 있음을 알 수 있다.

통계는 보통 표본 자료에 기초하며, 표집 방법은 수집된 자료의 결과 모집단에 대한 추론에 영향을 미친다(Watson & Moritz, 2000a). 이는 통계적 탐구에서 표집의 중요성을 간과하면 나머지 절차가 완전히 쓸모없는 것이 될 수도 있기 때문이다(Watson, 2006). 따라서 표본에 대한 올바른 이해는 통계적 소양의 기초라 할 수 있다.

통계학에서 표본 개념의 등장 배경은 사회적 요구와 미지 세계의 추측에 대한 갈망 모두에서 찾을 수 있다. 시간, 경제성, 정확성, 조사관리 등 여러 측면에서 모집단을 전수 조사하는 것은 막대한 사회적 비용이 소요되므로 한정된 자원

* 서울대학교 대학원, tbj87@snu.ac.kr (제1 저자)

** 안양고등학교, noz39@snu.ac.kr

*** 목원대학교, hykang@mokwon.ac.kr (교신저자)

**** 서울대학교, khmath@snu.ac.kr

으로 정확한 정보를 얻고자 하는 사회적 요구가 있었다. 또한, 선거 여론조사나 출구조사와 같이 미지의 세계를 미리 예측하고자 하는 대중의 갈망 또한 추측통계학의 한 개념으로서 표본을 등장하게 한 중요한 요소이다.

최근 학생들이 표본을 어떻게 추론하는지에 대한 여러 연구들이 소개되고 있다. Meletiou-Mavrotheris & Papanastasiou(2014)와 Pfannkuch et al.(2014)는 표본 개념에 대한 학생의 비형식적인 통계적 추론의 발달 양상을 확인하고 있으며, Garfield et al.(2014)은 표본 개념에 대한 추론이 전문적인 통계적 사고의 기초가 됨을 언급하였다. 또한 Watson(2006)은 표집과 관련된 아이디어와 학생들의 표본 개념의 발달 단계를 제시하고 있다. 이러한 연구들은 교수실험을 통해 표본 개념과 관련된 학생들의 발달이나 이해 상태 등을 제시하고 있다. 그러나 표본 개념이 통계학에서 어떠한 지위를 차지하고 있으며, 어떠한 의미를 지니고 있는지에 대한 설명이 다소 미흡하다. 특정한 내용에 대한 학문적 본질의 파악이 수업을 준비하는 교사에게 필수적인 과정임을 감안할 때(이경화, 지은정, 2005, p. 180), 학생들의 인식과 반응을 조사하기에 앞서 통계학에서 표본 개념과 관련된 의미를 고찰할 필요가 있다.

표본 개념에 대한 교수학적 분석이 시도된 바 있으나(이경화, 지은정, 2004; 2005, 이영하, 신수영, 2011) 대체로 교과서 분석과 학생의 인식 조사를 기반으로 이루어졌다. 교수학적 분석이 수학적, 인식론적, 역사발생적, 심리학적, 언어학적, 실용적, 교육학적 분석을 모두 포함하는 개념이라는 점을 감안할 때(우정호, 2011, p. 521), 올바른 통계 교육을 위해 다양한 측면으로 표본 개념에 대한 고찰이 필요하다.

이에 따라 본 논문에서는 표본 개념에 대한 역사적 분석으로부터 표본 개념과 관련된 선행

연구를 고찰하여 교육적 시사점을 얻고자 한다. 지식을 역사 문화적 발달 과정상의 결과물로 보는 관점에 따르면, 특정한 수학적 개념을 완전히 이해하기 위해서는 그 개념의 역사적 발달을 반드시 고려해야 한다(이중희, 2002, p. 23-24). 따라서 표본 개념의 교수학습에 대한 시사점을 얻기 위해 선행연구에서 강조하는 표본 개념의 요소들을 중심으로 역사적 분석을 계통발생적으로 정리할 것이다.

본 논문에서는 통계학에서 표본이 지니는 의미를 확인하고, 표본 개념의 역사적 발달 과정을 분석하여 표본 개념의 의미와 요소를 확인하고자 한다. 또한 표본 개념에 대한 학생들의 이해 수준을 다룬 선행연구들을 역사적 분석에 비추어 고찰함으로써 교수학적 논의를 도출할 것이다. 이후 표본 개념의 교수학습에서 강조되어야 하는 점을 확인하고, 이를 발전시켜 나갈 후속 연구들을 제안하고자 한다.

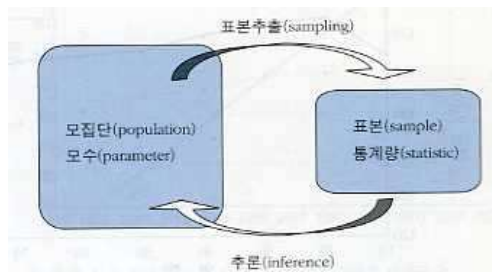
II. 통계학에서 표본의 의미

이 장에서는 표본과 표집이 통계학에서 어떠한 의미를 지니는지를 검토한다. 그리고 통계학에서 올바른 표집으로 인정받는 확률표집의 개념과 방법에 대해 고찰한다.

1. 표본과 표집

통계적 자료를 수집하는 방법에는 조사와 실험이 있다. 조사가 연구대상인 변수에 영향을 미치는 인자들을 대상으로 어떠한 인자에도 통제를 가하지 않고 있는 상태 그대로 자료를 수집하는 방법인 반면, 실험은 하나 이상의 인자에 통제를 가한 후에 자료를 수집하는 방법이다(김성철, 2013, p. 3).

표본은 조사연구, 특히 관찰연구에서의 주요 연구 대상이다(Moore, 2003). 표본이란 우리가 정보를 알고 싶어 하는 대상 전체(모집단)에서 선택된 일부분을 의미하며, 이러한 선택과정을 표집이라 한다. 모집단과 표본의 관계는 표집, 추론 개념에 의해 연결되어 [그림 II-1]과 같이 도식화할 수 있는데(류근관, 2013, p. 5), 이는 표본을 추출하는 궁극적인 목적이 표본이 아닌, 모집단의 특성을 알아내기 위한 것임을 뜻한다.



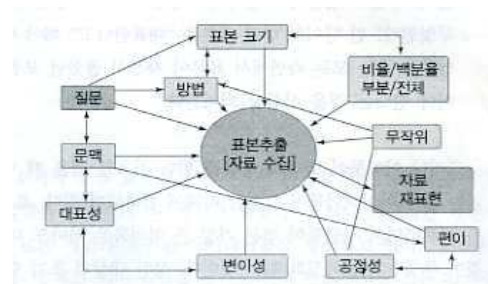
[그림 II-1] 모집단과 표본의 관계

표집을 통해 얻은 통계량을 기반으로 모집단에 대한 정보를 알아내기 위해서는 통계적 추론의 과정이 필수적이다(이경화, 지은정, 2004). 통계적 추론 과정에서 유의해야 할 점은 바로 표본 속성의 변이성을 이해하는 것인데, 이러한 관점에서 이영하와 신수영(2011)은 표본 개념을 충실히 갖추기 위해 요구되는 선행 하위개념을 다음과 같이 제시하였다.

- 우연과 필연
- 무작위성과 대표성
- 부분과 전체
- 귀납과 연역
- 가능성의 원리
- 통계량의 변이성
- 통계적 모형

2. 확률표집

표본조사로 얻은 결과가 통계적으로 유의미하기 위해서, 표집이 지녀야 하는 세 가지의 중요한 조건으로는 정확성, 균일성, 그리고 신뢰성이 있다(유동선, 2009, p. 176). 또한, Watson(2013)은 표집과 관련된 아이디어들과 통계적 요소 간의 관계를 [그림 II-2]와 같이 도식화하여(p. 42) 표집의 공정성을 강조하였다.



[그림 II-2] 표집의 관련 아이디어와 통계적 요소 사이의 연결

위와 같은 조건은 모집단의 원소가 표본에 포함될 확률에 근거하여 표집 방법을 설계함으로써 만족할 수 있는데, 이를 확률표집이라 한다. 확률표집은 표본의 대표성과 연구방법의 객관성에서 강점이 있다(남궁평 외, 2005). 또한, 확률표집은 비확률표집과 달리 오차의 한계와 편이(bias)를 파악할 수 있어 추정의 정확도를 계산할 수 있다(김성철, 2013, p. 159). 통계학에서 주로 사용되는 확률표집의 종류는 다음과 같다(김성철, 2013; 남궁평 외, 2005; 유동선, 2009).

- 단순임의표집: 모집단을 구성하는 모든 표본 단위가 같은 확률로 추출된다고 가정하여, 모집단에서 표본을 무작위로 추출하는 방식
- 층화표집: 모집단을 특정한 성질에 따라 몇 개의 집단(층)으로 분류하여 각 집단별로 단

순임의표집을 하는 방식

- 군집표집: 모집단을 몇 개의 집단(군집)으로 분류하여 각 집단을 대상으로 단순임의표집을 하는 방식
- 계통표집: 모집단 내 표본단위 전체에 번호를 매겨서 일정 간격으로 추출하는 방식

이와 같이 통계학에서 표본은 통계적 추론을 통해 모집단에 대한 정보를 얻고자 하는 연구 대상이자 동시에 연구 방법이라고 볼 수 있으며(이경화, 지은정, 2004, p. 176), 통계적 추론 과정의 출발점이라는 데에 중요한 의의가 있다. 또한, 확률표집만이 올바른 표집이라는 Moore(2003)의 주장에서 엿볼 수 있듯이, 올바른 표집은 올바른 통계적 추론을 위한 필요조건이며 이를 위해서는 반드시 충족해야 하는 관련 요소와 조건들이 존재한다. 이는 통계학의 내용 영역을 고려할 때, 학교수학에서 표본 개념을 지도하는 데 강조해야 하는 것이 무엇인지를 시사한다는 점에서 의미가 있다.

III. 표본 개념의 역사적 분석

수학자와 수학교육학자들이 수학사에 주목해 온 것과 달리, 통계학 개념의 역사에 대한 통계학자들의 관심은 상대적으로 부족했던 것이 사실이다(Owen, 1976, p. iii). 그러나 통계학 개념은 역사적 사건과 경험들이 요구하는 실용적인 필요에 의해 발달해왔기 때문에, 표본의 의미를 분석, 고찰하기 위해서는 표본 개념의 역사적 발달 경로를 되짚어 볼 필요가 있다. 이에 이 장에

서는 표본 개념이 역사적으로 어떠한 과정을 거쳐 구성되고 발달해 왔는지를, 표본과 관련된 주요 개념들과 관련지어 주요 인물과 사건을 중심으로 검토한다.

1. 표집의 등장

가. 대표기법(representative method)

19세기 이전에도 표본조사가 시행되는 경우는 있었으나 이는 어디까지나 예외적으로 받아들여졌을 뿐, 19세기까지 통계학에서 일반적으로 받아들여지는 조사는 전부조사(complete enumeration)¹⁾였다(Hansen, 1987; Bellhouse, 1988). 통계학에서 표본 개념은 19세기가 끝날 무렵이 되어서야 노르웨이의 통계학자 A. N. Kiaer에 의해 공식적으로 논의되기 시작하였고, 이로 인해 통계학에서 전부조사는 그 비용 대비 효율성의 측면과 맞물려 독점적 지위를 위협받게 되었다.

Kiaer는 1895년 스위스 베른에서 개최된 국제통계협회(International Statistical Institute) 회의에 참가하여 “대표기법”이라 불리는 자신의 아이디어를 제안하였다. 이는 오늘날의 층화다단계표집(stratified multi-stage sampling)²⁾과 같은 기법인데, 이에 따라 설계를 함으로써 시행된 부분조사(partial enumeration)를 통해 표본이 모집단에 대한 대표성을 띌 수 있게 된다는 것이 그의 주장이다(Kiaer, 1897). 이렇게 선택된 표본을 모집단에 근사하도록 만듦으로써, 부분조사는 전부조사를 통해 얻은 결과와 일치하는 부분이 늘어남에 따라 그 신뢰도를 높일 수 있다.

Kiaer의 노력은 1903년에 독일 베를린에서 개

1) 한국통계학회 용어집에 따르면 사용 맥락으로 전부조사(complete enumeration)와 전수조사(census)를 구별할 수 있다. 두 용어는 모두 모집단 전체를 조사한다는 의미를 내포한다는 점에서 동일하나, 전수조사는 표본조사와 대비되는 방법론적 측면에서 주로 사용되고, 전수조사는 인구조사와 같은 실제적 측면에서 주로 사용된다.

2) 표집을 하는 데 모집단을 몇 개의 층으로 분류한 후, 각 층을 다시 몇 개의 층으로 구분하여 이와 같이 계속하는 방법(Moore, 2003)

최된 국제통계협회 회의에서 대표기법의 사용을 지지하는 결의안이 채택되면서 결실을 맺었다(O'Muircheartaigh, 2005). 이는 통계학에서 표본 조사를 통계조사로서 공식적으로 인정, 도입함을 의미하는 중요한 사건이었다. 나아가, 1924년에 국제통계협회 내 대표기법 분과가 신설되면서, 표본조사는 통계학에서 핵심적인 지위를 차지하게 되었다(Hansen, 1987).

Kiær(1897)는 부분조사가 대표성을 지니도록 하는 방법을 명확히 하기 위해, 실제 실험뿐만 아니라 이론 연구 또한 중요함을 역설하였다(p.55). Kiær가 제안한 대표기법은 표본을 사용하는 부분조사의 원리에 대한 정교한 논의를 제시하였다는 점에서 의의가 있다(Hansen, 1987). 아울러, 대표기법은 오늘날 표집의 시초이며 표본 개념이 이론적 지지를 갖출 수 있게 한 시작점으로 평가받는다.

나. 임의화(randomization)

영국 로담스테드 시험장(Rothamsted Experimental Station)의 소장이었던 R. A. Fisher(1925)는 실험 설계에서 임의화를 특히 강조하였다(Hansen, 1987에서 재인용). 임의화란 연구의 객관성을 위해 실험 개체의 처리 배치에 연구자가 철저히 관여하지 않는 것을 의미하며, 이는 비교 실험에서 가장 기본이 되는 요건이다(허명희, 2006, p. 54). Kiær(1897)는 대표기법의 원칙 중 하나로, 연구자의 주관적 판단이 표본 선택에 영향을 미쳐서는 안 된다고 주장하였는데, Fisher는 그 방법으로 임의화를 주장한 것이다.

로담스테드 시험장은 Fisher 등에 의해 통계적 추론과 실험 설계 등과 관련하여 표본조사 방법론에 중대한 진보를 이루었으나 1930년대 중반까지는 외부에서 이루어지는 표본 연구에 거의 영향을 주지 못하였다(Hansen & Madow, 1976).

그러나 이후 1934년 Neyman에 의해 임의화를 기반으로 한 확률표집의 연구방법론이 정립된 후, 1930년대 로담스테드 시험장에서 이루어진 연구들은 모두 표본 설계 단계에서 반복과 함께 임의화를 고려함으로써 표집의 이론과 실제에 중요한 공헌을 하였다(e.g., Cochran, 1939, 1940). Fisher는 그 이전까지 아이디어 수준에 머물러 있던 대표기법을, 적절한 연구방법론으로서 논의가 이루어질 수 있게 하는 계기를 만들었다는 점에서 역사적으로 중요한 역할을 하였다.

2. 표집의 발전

가. 임의표집과 목적표집

1924년에 국제통계협회 내 신설된 대표기법 분과에서는 1926년 보고서에서 표본 선택 방법으로 임의표집(무작위추출)과 목적표집(유의추출)을 결의하였다. 부분조사의 결과가 일반화될 수 있도록 표본이 대표성을 충분히 지니려면, 임의 표집 혹은 목적표집 방식으로 표본이 선택되어야 한다는 것이다(Jensen, 1926a). 특히 A. Jensen은 임의표집과 목적표집을 통한 대표기법의 실제 사용을 논문에서 자세히 기술하였다(Jensen, 1926b를 보라).

1903년 국제통계협회 회의에서 Kiær의 대표기법 사용을 지지하는 결의안을 통과시켰던 A. L. Bowley는 자신의 논문에서 임의표집과 목적표집에 대해 알려진 결과들을 요약하였다. Bowley(1926)는 비례할당이 이루어지는 층화표집을 통해 임의표집 설계에서 모든 개체의 선택 확률을 동일하게 유지하려 하는 한편, 제어변수와 관심변수의 상관관계를 통해 목적표집 설계 하의 추정값이 지니는 정확성을 설명하려 하였다(Bellhouse, 1988에서 재인용).

Kiær가 대표기법을 제시하였던 1897년 국제통

계협회 회의에서의 주요 논의가 “대표기법을 사용할 것인지”였던 데 반해, Jensen과 Bowley가 주도했던 1925년 국제통계협회 회의에서의 주요 논의는 “대표기법을 어떻게 사용할 것인지”로 옮겨갔다(Kruskal & Mosteller, 1980). 비록 확률 표집의 개념이 공식적으로 등장하지는 않았으나, 층화표집이나 군집표집의 이론이 제시되는 등, 확률표집의 아이디어는 이 당시에 이미 태동하고 있었다(Kruskal & Mosteller, 1980; Hansen, 1987). 따라서 1920년대는 표본의 대표성 즉, 표본이 모집단의 성질을 대표하여 표본조사의 결과에 신뢰도를 부여하는 방법에 대한 구체적인 논의가 이루어졌던 시기로 의미를 부여할 있다.

나. 확률표집

확률표집의 개념이 처음으로 정립된 것은 J. Neyman이 1934년에 런던 왕립통계협회 회의에서 발표한 한 논문에 의해서였다. 그의 논문은 확률표집에 대한 이론 연구, 연구방법론의 발달, 그리고 실제 적용을 모두 촉진하는 데 가장 큰 역할을 하였다는 평을 받는다(Bellhouse, 1988, p. 7). 이를 두고 Kruskal & Mosteller(1980)는 “Neyman 분수령(watershed)”이라는 표현을 사용하였다.

Neyman(1934)은 자신의 논문에서 Bowley가 제시한 임의표집과 목적표집을 비교, 평가하였다. 그는 Bowley가 제시한 목적표집이 실제로 따르기에는 어렵다고 주장하면서(Neyman, 1934, p. 573), 임의표집이 목적표집보다 더 합리적인 방식이라는 점을 이론적, 실제적으로 설명하였다(Bellhouse, 1988). Neyman의 논문은 확률표집에 도입된 임의화를 기반으로, 유한모집단에서 선택된 표본으로부터 이끌어낸 추론에 대해 포괄적으로 다룬 첫 논문이라는 점에서 통계학의 고전

으로 평가를 받고 있다(Hansen, 1987).

비록, 일부 통계학자들은 임의화가 필수적이지 않은 모형의존적 표집의 사용을 주장하기도 하지만(Hansen, 1987), 확률표집은 표본조사의 결과를 객관적으로 평가하고 표본조사의 오차한계와 편의를 파악하기 위해 필수적인 것으로 여겨진다(김성철, 2013). 이는 그의 연구가 수많은 통계학자들에게 하나의 패러다임으로서 인식되는 이유이기도 하다(Bellhouse, 1988). 이로부터, 비록 표집의 기본 아이디어는 Kær의 대표기법에서 비롯되었지만, 오늘날 보편적으로 사용되는 통계학 연구방법론으로서의 표집 개념은 Neyman에 의해 정립된 것이라고 할 수 있다.

다. 표본오차 제어

통계학에서 표집을 사용할 수 있는 이유는, 표본이 모집단의 성질을 대표한다는 믿음이 있기 때문이다. 대표기법을 처음으로 제시한 Kær(1897)는 표본조사의 신뢰도를 높이기 위해서는 표본조사와 전수조사의 결과가 더 많이 일치해야 한다고 주장하였다(p. 56). 따라서 표본오차(표집오차)³⁾는 표본조사의 중요한 문제로 대두되었다.

이에 Fisher(1925)는 표본오차를 줄이는 방안으로 국소제어(층화)를 강조하였으나 표본오차를 완전히 제거할 수는 없기 때문에, 표본오차를 제어하기 위한 다양한 기법들의 필요성이 제기되었다(Hansen, 1987). 영국 로담스테드 시험장에서 분산 추정값과 오차성분 추정값을 산출하는 분산분석을 제안하는 한편, 인도에서도 이와 독립적으로 표본오차를 제어할 수 있는 방법을 연구하고 있었다. 인도통계원(Indian Statistical Institute)의 설립자인 P. C. Mahalanobis가 총조사 오차에

3) 모집단이 아닌, 표본을 사용하여 모집단의 특정값을 추정하기 때문에 발생하는 필연적인 오차(남궁영외, 2005)

영향을 미치는 요소를 평가, 제어하기 위해 상호 관입표본⁴⁾을 추출하는 아이디어를 제시한 것이 대표적인 사례이다(Hansen, 1987, p. 182).

임의표본을 사용하여 편의가 제거되고 변이(variance)가 조절된다고 하여 이러한 확률표집을 기반으로 한 표본조사가 항상 믿을만한 것은 아니다(Moore, 2003, p. 70). 따라서 표본조사의 정확성을 평가할 수 있는 표본오차의 제어는, 표본 개념의 역사적 발달 과정에서 중요하게 다루어야 할 부분이라고 할 수 있다. 또한 위와 같은 역사적 사건들은 통계학에서 검정 개념과 관련 하여서도 중요한 의의를 지닌다.

라. 미국 통계국의 표본조사

미국 Literary Digest지는 1916년 이후 대선 여론조사를 통해 당선자를 정확히 예측해왔고, 이는 미국에서 표집이 대중적으로 받아들여지는데 매우 큰 영향을 주었다(Hansen, 1987). 그러나 Literary Digest지는 1936년 미국 대통령선거에서 실제 결과와는 정반대로 공화당의 A. M. Landon 후보가 당선될 것이라 예측하였다. 이로 인해 미국에서는 표집의 유의성에 대해 회의적인 시각이 고개를 들기 시작하였고, 이는 오늘날까지도 통계학에서 중요한 역사적 사건으로 기록되어 있다.

이듬해인 1937년, 대공황으로 실업자가 양산되던 미국에서는 실업률을 측정하기 위해 실업자들이 자발적으로 실업자 등록을 하도록 함과 동시에, 이를 확인하기 위해 확률표집과 비추정을 기반으로 실시 확인조사(enumerative check census)를 실시하였다. 통계국 고위 직원들 중 일부가 Literary Digest지의 예측실패로 부분조사에 대한 의구심을 가지고 있었지만, 결과적으로 실시 확

인조사는 성공적으로 이뤄져 미국 통계국에서 표집을 보편적으로 받아들여지게 된 계기가 되었다(Hansen, 1987). 편의표집(convenience sampling)을 기반으로 한 Literary Digest지의 여론조사와 달리, 실시 확인조사는 확률표집을 기반으로 이루어졌기에 직관뿐만 아니라 이론에 의해서도 뒷받침될 수 있었기 때문이었다(Hansen, 1987).

이를 계기로 미국 통계국에서는 1940년 인구주택총조사(1940 Census)에서부터 전수조사로 얻지 못하는 정보를 얻기 위해 표본조사 도입을 고려하였다. 비록 인구조사는 성공적으로 이루어졌으나, 조사원이 조사 순서를 결정하는 것까지 통제하지는 못하면서 편의가 발생하였다는 점이 향후에 개선해야 할 과제로 떠올랐다. 이에 제2차 세계대전 이후 미국에서 이루어진 노동력조사(Labor Force Survey)에서부터는 완전 확률표집이 이루어질 수 있도록 조사를 설계하는 데 목표를 두기 시작하였고, 1954년 인구조사(Current Population Survey)에서는 동일한 모집단에서 동일한 크기로 추출된 표집의 변이성을 제어하기 위해 다양한 기법이 동원되었다. 이후에도 미국 통계국은 다른 영역으로 표본조사를 확장하거나 인구주택총조사를 재설계하는 등, 확률표집을 기반으로 하는 표본조사 연구방법론의 이론과 실제에서 커다란 진전을 이룩해왔다(Hansen, 1987).

이와 같이 통계학 개념인 표본은 역사적 사건, 실용적인 필요, 미지 세계에 대한 인간의 갈망이라는 심리적인 욕구에 의해 발달해왔다. 그 과정에서 표본 개념은 적절한 표집을 통해 표본조사의 정확성을 높여 올바른 통계적 추론이 이루어질 수 있는 방향으로 발달해왔다는 점이 역사적 분석에 의해 확인되었다. 이는 비록, 표본 개념이 모집단의 대표성이라는 기본 아이디어로부터 발생하였지만, 표본에 내포된 대표성이 곧 정확

4) 농촌진흥청이 발간한 농업용어사전에 따르면, 상호관입표본은 동일모집단으로부터 추출된 두 개 이상의 독립표본을 말한다.

성을 의미하지는 않는다는 중요한 시사점을 제공한다.

- 1수준: 용어에 대한 기초적 이해
- 2수준: 맥락에서 용어와 개념의 이해
- 3수준: 비판적 의문 제기

IV. 표본 개념의 교육적 분석

이 장에서는 통계교육에서 표본 개념에 대한 다양한 선행연구들(e.g., Pfannkuch, 2008; Rubin, Bruce, & Tenney, 1990; Saldanha & Thompson, 2002; Watson, 2013)을 검토하여, 표본 개념이 교육적으로 어떠한 의의를 지니고 있는지를 확인한다. 더불어, 표본 개념의 교수학습에서 고려해야 할 요소들이 무엇인지를 탐색한다.

1. 통계적 소양으로서의 표본 개념

현대 정보 사회에서는 각 분야에서 일어나는 각종 불확실한 현상에 대한 합리적인 판단 도구로서 통계적 방법이 놀라울 정도로 광범위하게 사용되고 있다. 어떻게 정보가 처리되며 유용한 지식으로 전이되는가에 대한 이해가 필수적이다. 통계 자료, 통계적 요약, 통계에 대한 추론은 다른 형태의 수학적 분석보다도 일상생활에서 빈번하게 나타난다. 따라서 올바른 예상과 의사 결정을 위해 자료 분석에 사용되는 개념과 그 과정을 이해하는 등의 통계적 소양이 현대 사회 생활을 영위하는데 필수적으로 요구되고 있다.

Watson(1997)은 통계적 소양을 정보가 속하는 어떤 주제와 관련된 맥락에서 통계적 정보의 의미와 함의점 그리고 텍스트를 이해하는 것이라고 하였다. 그리고 사회에서 대중매체나 보고서의 형식으로 소개되는 통계적 정보를 해석하는데 요구되는 능력, 즉, 통계적 소양을 평가하는 이론적 틀로서의 3수준 위계체계(3-tiered framework)를 다음과 같이 제시하였다.

통계학은 공통적으로 표본 자료를 기반으로 하며, 표본을 어떻게 추출하느냐에 따라서 자료의 질과 통계적 추론에 막대한 영향을 주기 때문에, 표본과 표집에 대한 이해는 통계적 소양의 매우 기초적인 요소이다(Watson & Moritz, 2000b, p. 109). 이에 Watson & Moritz(2000a)는 통계적 소양의 각 수준에 해당하는 설문 과제를 개발하여 3, 6, 9학년 학생들의 반응을 분석하고 추가로 이루어진 면담 결과와 종합하여 표집 개념의 발달을 6개로 범주화하였다. 이 집단들은 표본의 크기, 선택(표집), 대표성의 측면에서 순서대로 점차 정교해지는 양상을 보이기 때문에, 표집 개념의 발달 과정을 나타내는 모형으로서의 기능을 한다(p. 63). 이러한 범주들은 통계적 소양의 각 수준에 다음과 같이 대응할 수 있다(Watson, 2010, p. 335; Watson & Maritz, 2000a, p. 64).

- 1수준: 용어 ‘표본’의 정의
 - 범주1: 표집 없이 작은 표본을 선정하는 학생
 - 범주2: 기초적인 임의표집으로 작은 표본을 선정하는 학생
- 2수준: 맥락에서 표집의 적용
 - 범주3: 예측 결과를 고려하여 작은 표본을 선정하는 학생
 - 범주4: 불분명한 방법으로 표본을 선정하는 학생
 - 범주5: 임의표집, 혹은 분포를 고려한 추출을 통해 큰 표본을 선정하는 학생
- 3수준: 표본에 대한 주장에 의문 제기
 - 범주6: 편의에 민감한 큰 표본을 선정하는 학생

위의 범주화를 토대로 Watson(2010)에 의하면, 학생의 표본 개념 이해가 1수준에서 2수준으로 이행할 때는 표본의 대표성을, 2수준에서 3수준으로 이행할 때는 표집의 편의에 대해 인식하도록 강조하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 1수준의 학생들에게 표본의 개념을 도입하는 것이 선행되어야 한다는 결론을 도출하였다(p. 349). 이때의 표본 개념이 어떠한 특징을 내포하고 있어야 하는지에 대한 교육적 논의는 다음 절에서 언급될 것이다.

2. 통계적 추론의 중심으로서의 표본 개념

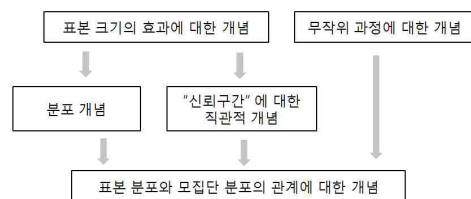
통계적 추론의 중심적인 아이디어는 표본이 모집단에 대한 일부의 정보를 제공한다는 것이며, 이때의 일부는 전부도 아니며 전무도 아닌 (neither everything nor nothing) 것을 의미한다 (Rubin et al., 1990, p. 314). 역사적 사례에서도 확인했듯이, 표본 개념의 발생은 모집단을 나타내는 대표성(representativeness)에 기인하지만 표본이 모집단의 성질을 정확히 알려줄 것이라고 기대할 수는 없다. 실제로 임의표집, 층화표집 등 다양한 확률표집 기법이 등장하게 된 배경은, 역설적이게도 표집 과정에서 나타날 수 있는 편의로 인해 표본이 모집단을 온전히 대표하지 못하기에 그 괴리에서 발생하는 오차를 줄이기 위한 노력에서 비롯된 것이다.

그러나 Rubin et al.(1990)의 교수실험을 통한 학생들의 반응 분석에 따르면, 정답을 강조하는 수업 분위기로 인해 학생들은 표본대표성을 결과의 정확성으로 인식하곤 한다. 이는 표본 분포나 그 외의 통계적 추론 맥락에서도 표본 개념에 대한 학생들의 이해를 “정확한 표본”으로 후퇴시킨다. 따라서 그들은 표본 개념이 내포한 대표성의 불완전함을 보완할 수 있는 개념으로서 표집변이성을 언급하였다. 즉, 표본대표성과 함

께 그에 대비되는 표집변이성의 개념을 정확히 이해해야 올바른 통계적 추론이 가능하다고 주장한 것이다(p. 314).

변이성이란 자료의 관찰을 통해 획득한 각각의 개체는 변화 가능하며 동일한 개체를 반복적으로 측정해도 변화 가능한 결과를 얻게 되는 성질을 나타낸다(김남희 외, 2011, p. 334). 표집변이성은 표집에 의해 표본이 가지게 되는 변화 가능성을 뜻하며, 이는 동일한 크기의 표본을 여러 번 추출하더라도 이전과 완전히 일치하는 표본이 나올 수 없음을 함축한다(Franklin, Kader, Mewborn, Moreno, Peck, Perry, & Scheaffer, 2007, p. 6).

그러나 Pfankuch(2008)에 따르면 표본에 대한 학생들의 개념적 성장은 표집변이성에 대한 이해가 제한되면서 어려움을 겪고 있다. 표본과 모집단 사이의 관계를 이해하여 올바른 통계적 추론을 하기 위해서는 표본대표성과 함께 표집변이성과 표집분포와 같은 여러 개념들의 스키마를 형성하는 것이 중요하다(p. 1-3). 그는 통계적 추론을 위한 표본 및 표집의 개념적 발달을 연구하는 데 표집변이성의 인지를 중요한 요소로 꼽아, [그림 IV-2]와 같이 표집변이성과 관련된 이미지들을 도식화하였다(p. 4).



[그림 IV-2] 표집변이성에 대한 사고 방식의 틀

교수학적 측면에서 표본 개념을 연구한 Saldanha & Thompson(2002)은 고등학교 통계 수업에서 수행된 교수실험을 토대로 표본 개념에 대한 두 가지 관점을 제시였다. 하나는 표본을

모집단의 부분집합으로 보는 관점인데, 이 관점에서는 표집의 반복성과 표집변이성을 다루지 않는다. 따라서 표집의 반복성과 나아가 표집변이성을 다루는 두 번째 관점 즉, 모집단의 준비례적 축소판(quasi-proportional and small-scale version)으로 표본을 간주하는 것이 교수학적으로 더욱 의미가 있다고 주장하였다. 이러한 관점은 학생들이 개인적 표본을 표집분포와 관련시켜 이해하게 하고, 표집을 통해 얻은 결과의 상대적 예외성을 고려하게 하는 등, 통계적 추론의 교수 학습 상황에서 더욱 강력한 역할을 한다.

이와 같이 올바른 통계적 추론을 위해 필요한 표본 개념의 이해는 표본대표성뿐만 아니라 표집변이성의 인식을 포함하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 표본 개념의 교수학습에 대한 선행 연구들을 통해, 학교수학에서의 표본 개념은 표집변이성에 대한 고려가 미흡함을 확인할 수 있었다. 변이성 개념이 수학과 통계학을 구분짓는, 통계학의 핵심적인 개념이라는 점을 고려할 때 (Franklin et al., 2007, p. 6), 이는 수학 수업에서 통계 단원을 어떻게 다른 단원과 차별화하여 다루어야 하는지에 대해 중요한 교육적 시사점을 부여한다.

V. 논의 및 결론

지금까지 본 논문에서는 통계학 문헌을 통해 표본 개념이 통계학에서 지니는 의미, 선행연구들을 통해 표본 개념에 내포된 수학적 요소들과 그 관계를 확인하였다. 아울러, 표본 개념에 대한 역사적 발달 과정을 확인하였고 표본 개념에 대한 선행 연구에서 교육적 논의들을 살펴보았다. 이 장에서는 통계적 추론을 이해하는 데 중심이 개념으로서 표본 개념이 내포한 두 가지 요소 - 표본대표성과 표집변이성 - 가 표본 개념의

역사적 발달 과정에서는 언제 등장하는지, 그리고 통계적 소양으로서의 표본 개념 발달 단계에서는 어떻게 반영되었는지를 고찰한다.

1. 표본대표성의 이해

표본대표성은 모집단에서 추출된 표본이 모집단과 비슷한 특성을 가질 것이라는 아이디어다 (Rubin et al., 1990, p. 314). 이러한 대표성으로 인해 표본을 이용하는 아이디어는 인류의 역사만큼이나 오래되었으며, 인류는 일상생활에서 표집을 비형식적이고 직관적으로 사용해왔다 (Kruskal & Mosteller, 1980). 그러나 이러한 대표성은 표본 개념에 선천적으로 내재되어 있는 것이 아니라 표집에 의존하며, 이도 절대적인 것이 아닌 가능성일 뿐이다. 즉, 표집 과정이 적절한 방식으로 행해져야 표본이 모집단을 대표할 가능성이 커진다는 것이다. 이러한 가능성을 높이기 위한 노력의 산물로 등장한 것이 임의표집과 층화표집 등 다양한 표집 방법이며, 이러한 양상은 표본 개념의 역사적 발달 과정에서도 쉽게 찾아볼 수 있다.

17세기에 들어서면서 규모가 큰 근대 국가가 등장하자, 필요한 통계를 구하기 위해 자연스럽게 표본 개념을 활용한 추측통계학이 발생하게 되었다(이정진, 2011, p. 7-8). 이때까지는 표본대표성이 직관적으로 받아들여졌을 뿐이었다. 그러나 19세기 말, 표본대표성을 이론적으로 설명하려는 Kier의 시도에 의해 막연히 표본에 존재하는 것으로만 인식되었던 표본대표성이, 실은 적절한 표집 방법을 통해 확보해야 하는 대상임이 드러났다.

실제로 Kier의 접근 방식에는 표본대표성과 관련된 중요한 원리로서 대표성의 절대적 중요성, 표집 과정의 객관성, 그리고 표본조사 결과에 대한 검증이 내재되어 있다(O'Muirheartaigh,

2005, p. 2). Kiaer의 대표기법이 단순한 임의표집이 아니라 층화표집이었다는 사실은, 모집단의 구조에 대한 정보를 표집 설계에 반영함으로써 표본이 의도적으로 모집단을 대표하게끔 하려는 노력이었다. 또한 표집 과정이 객관적으로 이루어져야 하고 표본조사 결과는 모두 신뢰도를 평가받아야 한다는 Kiaer의 주장은 표본대표성이 연구자의 주관, 표집 방법과 같은 외부 요인에 의해 저해될 수 있음을 의미한다. 이에 Fisher는 연구자의 주관을 배제하는 방법으로서 임의화를 강조하였고, 나아가 Neyman은 표본대표성을 확보할 수 있는 가장 적합한 표집 방법으로서 확률표집의 개념을 정립하였다.

Watson이 제시한 통계적 소양의 위계체계에서 1수준의 범주에 속하는 학생들은 표본의 크기에 대한 고려를 하지 않으며 표집방법에 대한 비판적인 고찰이 없다. 표집방법을 아예 제시하지 않거나 주관적인 방법을 제안하며(범주1), 간혹 임의표집을 제안하기는 하나 그에 대한 설명이 없는 경우(범주2)가 1수준에 해당한다(Watson & Moritz, 2000a, p. 54). 이는 역사적 발달 과정에서 볼 때, Kiaer의 시도 이전과 대응된다. 즉, 표집 과정과 관계없이 표본 개념에는 모집단을 대표하는 속성이 당연히 내포되었을 것이라는 막연한 추측이 작용한 것이다.

2수준의 범주에 속하는 학생들은 표본을 선택하는 과정에서 표집 방법에 대해 고려하고 있다는 점이 1수준과의 차이점이다. 표본을 선정하는데 예측 결과를 고려한다는 것(범주3)은 표본대표성이 표본의 본래 속성이 아니라 표집 방법에 의존하는 것임을 인식했다는 의미이다. 표본대표성을 확보하기 위한 표집 방법을 탐구하는 과정에서 부적절한 측면에 집중하기도 하지만(범주4), 종래에는 임의표집과 층화표집 등 적절한 표집 방법을 통해 표본대표성을 완전히 이해할 수 있게 된다(범주5). 이는 표본대표성에 대한 세

가지 원리를 제시한 Kiaer 이후, 표본대표성을 높이기 위한 다양한 표집 방법을 탐구해온, 그리고 결국 확률표집의 개념으로 수렴하게 된 역사적 과정과 닮아있다.

2. 표본 변이의 등장

역사적으로 표본의 편이 문제가 전면에 등장하게 된 가장 영향력 있는 사건은 바로 미국 *Literary Digest*지의 1936년 대선 여론조사 실패이다. 이로 인해 미국에서 표본조사의 유의성에 대한 의문이 제기되면서 표본 개념은 통계학에서 가지고 있는 지위를 상실하게 될 뻔했다. 그러나 이를 극복하고 표본조사가 통계학에서 굳건하게 자리매김할 수 있었던 이유는, 미국 통계국에서 확률표집을 기반으로 한 표본조사를 받아들이고 완전 확률표집이 이루어질 수 있도록 편의를 최소화한 표본조사를 설계하려 노력했기 때문이다. 이는 미국 통계국이 *Literary Digest*지의 사례에서 표본의 편이를 인식하고 이를 해결하는 과정으로서 확률표집의 수용과 발전을 이루어왔기 때문이다.

이는 통계적 소양의 가장 높은 수준인 3수준에 다다른 학생들이 제기할 수 있는 문제이다. 3수준의 학생들은 신문 기사 등의 매체에서 편의가 있는 표본을 식별해내며 이를 피하기 위한 표집 방법을 논의하는 등(Watson & Moritz, 2000a, p. 54) 추출된 표본을 있는 그대로 받아들이는 대신, 표본이 지닌 대표성에 대한 비판적인 의문을 제기한다. 즉, 표집의 편이에 의해 발생하는 표본의 편이로 표본대표성이 위협받을 수 있음을 인지하고 이를 조절하기 위한 적절한 표집 방법에 관심을 기울이는 모습을 보인다. 이러한 모습은 미국 통계국이 *Literary Digest*지의 여론조사로 인해 촉발된 편의의 문제를 해결하고자 이를 최소화할 수 있는 표본조사를 설계해온 역사에서도 엿볼 수 있다.

3. 표집변이성의 인식

표집변이성은 단일모집단으로부터 추출된 표본들이 항상 같을 수 없으며 따라서 모집단과 모두 일치할 수는 없다는 아이디어다(Rubin et al., 1990, p. 314). 이는 표본대표성과 정확히 상반되는 아이디어이며, 흔히 ‘정확성’으로 오인하기 쉬운 표본대표성 개념에 대한 인식적 전환을 요구한다.

표집변이성은 우연성에 의해 표본 자체에 내재되어 있는 개념이다.

역사에서 표집변이성이 언제부터 등장하게 되었는지는 정확하지 않지만, 미국 통계국이 1954년에 실시한 인구조사 개정에서 표집변이성을 제어하기 위한 노력이 이루어졌음을 통해 그 당시에 이미 표집변이성을 인지하고 있었음을 확인할 수 있었다.

1954년에 미국 통계국은, 약 25,000가구로 구성된 동일한 크기의 표본을 (최초 68개부터 230개까지) 많이 펼쳐놓음으로써, 오늘날 인구조사(Current Population Survey)라 알려져 있는 노동력 조사의 표본 설계 개선을 시행하였다(Hansen, Hurwitz, Nisselson, & Steinberg, 1955). 이러한 변화는 1954년에 이루어졌고, 그 당시 새로 추출한 표본과 이전 표본 사이의 실업률 추정량 차이가 표집변이성으로 설명할 수 있는 것보다 더 컸다(Hansen, 1987, p. 185).

이에 미국 통계국에서는 표본의 질적 민감성을 강조하여 공정관리를 도입하고 표본순환(sample rotation) 체계를 도입하는 등의 노력을 통해 표집변이성을 제어하고자 하였다. 이와 같이 표본 개념의 역사적 발달 과정에는 표집변이성의 인식과 해결의 과정이 포함되어 있다.

그러나 Saldanha & Thompson(2002)은 표본 개념의 발달 과정을 범주화하고 이를 통계적 소양의 각 수준에 연결하고자 했던 Watson & Moritz(2000a)의 연구가 표집과정의 반복가능성 이미지

도, 표본 결과 사이에서 기대할 수 있는 표집변이성의 이미지도 수반하지 않았다고 지적한다(p. 258). 이는 가장 높은 통계적 소양에 해당하는 Watson & Moritz(2000a)의 교수실험 과제 [그림 V-1]을, 학생들이 표집변이성을 인식할 수 있도록 통계교육에서 표본 개념을 다루는 것이 교수학적으로 더욱 의미가 있다고 주장한 Saldanha & Thompson(2002)의 과제 [그림 V-2]와 비교해보면 명확히 드러난다.

마약 사용을 허용하자: 여론조사

청소년을 대상으로 하는 라디오 방송 Triple J의 전화참가자 중 약 96%가 호주에서 마약의 사용을 허용해야 한다고 주장하였다. 어제 마감된 청취자 전화 여론조사 결과에 따르면 1만여 명이 넘는 참여자 중 9,924명이 마약 사용을 허용하자는 주장에 찬성했다고 라디오 방송국은 전하였다. 단지 389명만 마약 소지를 여전히 범죄로 보아야 한다고 생각하였다. 많은 여론조사 참여자들이 자신들은 마약을 하지 않는다는 것을 강조했지만 마약을 사용하는 것은 죄가 되지 않는 것으로 믿고 있다고 라디오 방송국은 전하였다.

- (a) 이 기사에서 다룬 표본의 크기는 얼마인가?
- (b) 마약 사용의 허용과 관련하여 국민의 여론을 조사하는 데 위의 표본을 사용하는 것은 적절한가? 그 이유는 무엇인가?

[그림 V-1] Watson & Moritz(2000a)의 표집 설문조사 과제(p. 54)

A콜라를 선호하는 비율이 0.3인 모집단으로부터 임의로 300명을 추출하였다. 이 과정을 4500회 반복하였다. 4500회 중 314회의 경우, A콜라를 선호하는 사

람의 수가 35명 이상이였다.

위에서의 결과를 해석하라.

시뮬레이션의 결과와 너의 예측은 어떻게 비교 되는가?

(a) 차이가 유의미한가?

(b) 차이가 매우 큰가?

(c) 차이가 설명할 수 있는 정도인가?

이와 같은 결과를 전체 횟수 중 얼마만큼 기대했 는가?

[그림 V-2] Saldanha & Thompson(2002)의 표집 교수실험 과제(p. 260)

동일한 표집 과정의 수차례 반복을 요구하여 표본변이성을 등장시킨 [그림 V-2]와 달리, [그림 V-1]에서 다루는 변이성은 오로지 단일 표본의 경우로 제한되어 있다. 게다가 학생들은 추측통 계학의 맥락에서 개별적 표본과 통계적 요약에 집중하는 경향이 있다. 이를 종합해볼 때, Watson & Moritz(2000a)가 제시한 분석 틀에는 표집변이성의 개념이 반영되지 않은 것으로 보 인다.

Watson & Moritz(2000a)은 SOLO 모형으로 학 생들의 반응을 분석하여 표집 개념의 발달 과정 을 범주화하였다. 이들이 제시한 범주화는 표본 개념의 역사적 발달 흐름과 순서에 잘 대응되고 있다는 점에서도 그 의의를 찾을 수 있다. 다만, 표본 개념에 대한 역사적 분석과 교육적 분석에 서는 표집변이성이 매우 강조되고 있으나, Watson & Moritz(2000a)가 제시한 분석 틀에는 표본대표성을 위협하는 표본 변이에 대한 비판 적 사고가 통계적 소양의 가장 높은 수준으로 제시되어 있다. 즉, 이들의 표집 개념 발달 범주 화에는 표집변이성에 대한 고려가 잘 이루어지 고 있지 않다.

이와 같이 표본 개념의 통계적 의미와 역사적 분석, 그리고 교수학습에 대한 선행연구 고찰로

부터 하나의 교육적 시사점을 도출할 수 있다. 그것은 바로 표집변이성의 인식과 해결의 과정 을 통계적 소양을 위한 통계교육에 포함해야 한 다는 점이다. 미국 통계국에서 1954년에 시행한 인구조사에서도 미루어 볼 수 있듯이, 표본 개념 의 역사에는 표집변이성을 드러내고 이를 제어 하는 과정이 반영되어 있다. 또한, Saldanha & Thompson(2002)에 의하면, 표집변이성을 반영한 표본 개념 지도가 학생들에게 풍부한 이미지의 연결 고리를 제공하여, 통계적 추론을 깊이 이해 하는 데 도움을 준다고 주장한다(p. 268). 그러나 Watson & Moritz(2000a)의 연구에서도 알 수 있 듯이, 표본 개념에 대한 교육적 연구에서는 표집 변이성에 대한 교수실험을 다소 간과하는 부분 이 없지 않다.

Pfankuch(2008)에서 확인할 수 있듯이, 표본변 이성에 대한 인식 과정은 표본의 크기 개념과 함께 분포 개념에 대한 사고를 통해 확인할 수 있다. 실제로 고은성(2012)의 연구에서 표집변이 성을 인식하는 4수준의 학생들이 보여준 전형적 인 특징은, 표집분포의 중심이 모집단 분포의 중 심과 일치한다는 사실을 먼저 인식한 것이었다 (p. 523). 따라서 본 연구의 결과를 통해, 표집분 포의 이해를 도울 수 있는 학습 경로를 제안하 고 이를 교육과정에 반영할 수 있도록 하는 후 속 연구의 필요성이 제기된다. 특히, 고등학교 수학의 통계적 추정 단원에서 표본 개념의 형식 화가 동시에 이루어지는 현행 교육과정을 개선 하여, 통계적 추론을 학습하기 이전에 표본평균 및 표본비율의 분포를 이해, 활용하는 과정을 포 함해야 한다는 신보미(2014)의 주장을 고려할 만 하다.

고은성(2012)은 표집변이성에 대한 모델링과 표집 분포 이해 능력을 중심으로 통계적 사고 수준을 제시하였다. 그러나 그 대상이 영재학생 이라는 점을 고려할 때, 일반 학생을 대상으로

하는 후속 연구가 이루어질 필요가 있다. 최근, 표집변이성을 통계적 사고와 연결짓고(e.g., Garfield et al., 2014), 표집변이성을 교수학습에 적용하여 학생들의 추론 수준을 확인하는 연구(e.g., Pfannkuch et al., 2014)들이 제시되고 있으나, Watson & Moritz(2000a)의 분석 틀에 표집변이성을 고려하여 통계적 소양의 수준을 재분류하는 연구가 이루어질 필요가 있다. 이로부터 학생들이 표집변이성을 고려하여 모집단을 추론하는 과정, 그리고 표집 분포에 대한 이해를 확인하는 연구로 그 범위를 확장시켜 나갈 수 있다.

참고문헌

- 고은성 (2012). 수학생재학급 학생들과 일반학급 학생들의 통계적 사고 수준 비교 연구: 변이성 모델링과 표집분포 이해 능력 중심으로. **영재교육연구**, 22(3), 503-525.
- 고은성, 이경화 (2011). 일반학급 학생들과의 비교를 통한 수학생재학급 학생들의 표본 개념 이해 수준 연구. **영재교육연구**, 21(2), 287-307.
- 김규영 (2011). 정확한 조사를 위한 필수과정, 표본 설계. 이동명(편.). **손 안의 통계** (pp. 64-92). 성남: 한국통계진흥원.
- 김남희, 나귀수, 박경미, 이경화, 정영욱, 홍진곤 (2011). **예비교사와 현직교사를 위한 수학교육과정과 교재연구**. 서울: 경문사.
- 김성철 (2013). **개념을 이해하는 기초통계학**. 서울: 시그마프레스.
- 남궁평, 박종선, 허문열 (2005). **통계적 사고**. 서울: 박영사.
- 류근관 (2013). **통계학**. 파주: 범문사.
- 신보미 (2014). 고등학교 통계교육과정. **수학교육학논총**, 46, 215-231.
- 우정호 (2011). **수학 학습-지도 원리와 방법**. 서울: 서울대학교출판문화원.
- 유동선 (2009). **통계학의 이해와 요점**. 서울: 흥릉과학출판사.
- 이경화, 신보미 (2005). 표본표준편차의 교수학적 분석. **수학교육학연구**, 15(4), 445-459.
- 이경화, 지은정 (2004). 표본 개념의 교육적 의의와 교수학적 변환. **수학교육학논총**, 26, 173-192.
- 이경화, 지은정 (2005). 표본 개념의 교육적 의의와 인식 특성 연구. **수학교육학연구**, 15(2), 177-196.
- 이영하, 신수영 (2011). 초·중·고등학교 확률과 통계 단원에 나타난 표본개념에 대한 분석. **수학교육학연구**, 21(4), 327-344.
- 이정진 (2011). 통계 개념 체크하기. 이동명(편.). **손 안의 통계** (pp. 6-40). 성남: 한국통계진흥원.
- 이종희 (2002). 수학적 개념의 역사적 발달과 인식론적 장애. **교과교육학연구**, 6(2), 23-36.
- 허명희 (2006). **통계적 사고**. 서울: 교우사.
- Bellhouse, D. R. (1988). A brief history of random sampling method. In P. R. Krishnaiah & C. R. Rao (Eds.). *Handbook of Statistics, Vol. 6* (pp. 1-14). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Ben-Zvi, D. & Garfield, J. (2010). 통계적 소양, 추론, 사고: 목표, 정의, 난제. In D. Ben-Zvi & J. Garfield(Eds.). **통계적 사고의 의미와 교육** (pp. 3-17). 서울: 경문사. (영어 원작은 2004년 출판).
- Cochran, W. G. (1939). The use of the analysis of variance in enumeration by sampling. *Journal of the American Statistical Association*, 34(207), 492-510.
- Cochran, W. G. (1940). The estimation of the yields of cereal experiments by sampling for the ratio of grain to total produce. *The Journal of Agricultural Science*, 30(02), 262-275.
- Fisher, R. A. (1925). *Statistical Methods for Research Workers*. New York: Hafner Publishing

- Company.
- 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*. Alexandria: American Statistical Association.
- Gal, I. (2010). 통계적 소양: 의미, 요소, 전망. In D. Ben-Zvi & J. Garfield(Eds.). **통계적 사고의 의미와 교육** (pp. 55-93). 서울: 경문사. (영어 원작은 2004년 출판).
- Garfield, J. & Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. New York: Springer.
- Garfield, J., Le, L., Zieffler, A., & Ben-Zvi, D. (2014). Developing students' reasoning about samples and sampling variability as a path to expert statistical thinking. *Educational Studies in Mathematics*, doi: 10.1007/s10649-014-9541-7.
- Hansen, M. H. (1987). Some history and reminiscences on survey sampling. *Statistical Science*, 2(2), 180-190.
- Hansen, M. H., & Madow, W. G. (1976). Some important events in the historical development of sample surveys. In D. B. Owen (Ed.). *On the History of Statistics and Probability* (pp. 75-102). New York: Dekker.
- Jensen, A. (1926a). Report on the representative method in statistical surveys and the representative method in practice. *Proceedings of the International Statistical Institute*, 22, 357-380.
- Jensen, A. (1926b). Report on the representative method in practice. *Proceedings of the International Statistical Institute*, 22, 381-439.
- Kier, A. N. (1897). The representative method of statistical surveys. *Norwegian Academy of Science and Letters, II The Historical, philosophical Section*, 4, 37-56.
- Meletiou-Mavrotheris, M., & Paparistodemou, E. (2014). Developing students' reasoning about samples and sampling in the context of informal inferences. *Educational Studies in Mathematics*, doi: 10.1007/s10649-014-9551-5.
- Moore, D. S. (2003). **통계학: 개념과 논쟁거리. 제5판**. 서울: 홍릉과학출판사. (영어 원작은 2001년 출판).
- Neyman, J. (1934). On the two different aspects of the representative method: the method of stratified sampling and the method of purposive selection. *Journal of the Royal Statistical Society*, 97, 558-625.
- O'Muircheartaigh, C. (2005). Balancing statistical theory, sampling concepts, and practicality in the teaching of survey sampling. *Proceedings of the International Statistical Institute, 55th Session*.
- Owen, D. B. (1976). *On the History of Statistics and Probability*. New York: Dekker.
- Pfannkuch, M. (2008). Building sampling concepts for statistical inference: A case study. *ICME-11 Proceedings, Monterrey, Mexico*, July 2008.
- Pfannkuch, M., Arnold, P., & Wild, C. J. (2014). What I see is not quite the way it really is: students' emergent reasoning about sampling variability. *Educational Studies in Mathematics*, doi: 10.1007/s10649-014-9539-1.
- Rubin, A., Bruce, B., & Tenney, Y. (1990). Learning about sampling: Trouble at the core of statistics. In D. Vere-Jones(Eds.). *Proceedings*

- of the third international conference on teaching statistics.* (Vol. 1, pp. 314-319). Voorburg: International Statistical Institute.
- Saldanha, L. & Thompson, P. (2002). Conceptions of sample and their relationship to statistical inference. *Educational Studies in Mathematics, 51*, 257-270.
- Watson, J. M. (1997). Assessing Statistical Thinking Using the Media. In I. Gal & J. B. Garfield (Eds.). *The Assessment Challenge in Statistics Education* (pp. 107-121). Amsterdam: IOS Press.
- Watson, J. M. (2010). 표본에 대한 추론. In D. Ben-Zvi & J. Garfield(Eds.). **통계적 사고의 의미와 교육** (pp. 329-351). 서울: 경문사. (영어 원작은 2004년 출판).
- Watson, J. M. (2013). **학교에서 어떤 통계를 배워야 하지? 통계적 소양의 성장과 목표.** 서울: 경문사. (영어 원작은 2006년 출판).
- Watson, J. M. & Callingham, R. (2003). Statistical literacy: A complex hierarchical construct. *Statistics Education Research Journal, 2*(2), 3-46.
- Watson, J. M. & Moritz, J. B. (2000a). Developing concepts of sampling. *Journal for Research in Mathematics Education, 31*, 44-70.
- Watson, J. M. & Moritz, J. B. (2000b). Development of understanding of sampling for statistical literacy. *Journal of Mathematical Behavior, 19*, 109-136.

A Study on the Concept of Sample by a Historical Analysis

Tak, Byungjoo (Graduate School, Seoul National University)

Ku, Na Young (Anyang High School)

Kang, Hyun-Young (Mokwon University)

Lee, Kyeong-Hwa (Seoul National University)

The concepts of sample and sampling are central to the statistical thinking and foundations of the statistical literacy, so we need to be emphasized their importance in the statistics education. However, many researches which dealt with samples only analyze textbooks or students' responses. In this study, the concept of sample is addressed by a historical consideration which is one aspect of the didactical analysis. Moreover, developing concept of sample is analyzed from the preceding studies about the statistical literacy, considering the sample representativeness and the

sampling variability. The results say that the historical process of developing the concept of sample can be divided into three step: understanding the sample representativeness; appearing the sample variance; recognizing the sampling variability. Above all, it is important to aware and control the sampling variability, but many related researches might not consider sample variability. Therefore, it implies that the awareness and control of sampling variability are needed to reflect to the teaching-learning of sample for developing the students' statistical literacy.

* Key Words : sample(표본), sampling(표집), sample representativeness(표본대표성), sampling variability (표집변이성), historical analysis(역사적 분석)

논문접수 : 2014. 11. 5

논문수정 : 2014. 12. 13

심사완료 : 2014. 12. 18