

교육학박사학위논문

통계적 소양 교육을 위한  
예비교사의 통계 교수 지식 연구  
- 표본 개념 지도에서의 활용을 중심으로 -

2017년 8월

서울대학교 대학원

수학교육과

탁 병 주



통계적 소양 교육을 위한  
예비교사의 통계 교수 지식 연구

- 표본 개념 지도에서의 활용을 중심으로 -

지도교수 이 경 화

이 논문을 교육학박사학위논문으로 제출함

2017년 4월

서울대학교 대학원

수학교육과

탁 병 주

탁병주의 박사학위논문을 인준함

2017년 6월

위원장 유 연 주 (인)  
부위원장 장 경 은 (인)  
위원 강 현 명 (인)  
위원 고 은 성 (인)  
위원 이 경 화 (인)



## 국문초록

통계적 소양은 현대 사회를 살아가는 모든 시민들이 통계 정보의 소비자로서 지녀야 하는 기본 역량으로 인식되면서 오늘날 통계교육의 목적으로 자리매김하게 되었다. 따라서 통계적 소양 함양을 위한 교수·학습이 무엇인지를 확인하는 일은 통계교육의 개선을 위해 매우 중요하다. 그러나 통계적 소양에 대한 정의가 학자들마다 다양한 데다, 통계적 소양 교육의 이론과 실제에 대한 명확한 논의가 축적되지 않은 상태이다. 본 연구는 통계적 소양을 위한 교육이 어떻게 이루어져야 하고 어떻게 준비되어야 하는지에 대한 실질적인 방안과 이론적인 관점을 마련하는 데 기여하고자 하는 목적으로 수행되었다.

본 연구에서는 통계적 소양의 교육이 이루어지기 위해 필요한 이론적 근거를 탐색하고자 통계교육 연구의 역사와 국내 통계교육 연구의 실태와 동향을 분석하였다. 이를 통해, 통계적 소양의 실제 교수·학습을 실천하기 위해서는 교사에 대한 논의가 반드시 포함되어야 함을 확인하였다. 그리고 통계적 소양의 교육적 가치를 탐색하기 위해 통계적 소양의 의미를 다양한 측면에서 분석함으로써, 통계적 소양 교육의 학습 요소이자 방법으로서 통계적 문제해결을 제시하고 통계 교수·학습에 대한 시사점을 도출하였다. 나아가 교사가 수업에서 실제 사용하는 교수 지식을 통계적 소양 관점에서 고찰하여 그 의의를 밝히고, 선행연구 분석을 통해 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 교수 지식을 확인하였다.

본 연구에서는 통계적 문제해결 중 자료 수집의 중요성에 비추어 표본 개념에 대한 교수학적 분석을 시도하였다. 통계적 소양으로서 표본 개념이 지니는 의의에 비추어 표집변이성과 표본대표성을

분석 틀로 선정하였으며, 표본의 이 두 속성을 기준으로 역사발생적 분석과 교육과정 분석을 시도하였고 예비교사의 이해 수준을 확인하였다. 분석 결과, 표본을 지도할 때 통계적 소양 교육을 위해 필요한 교수 지식을 도출할 수 있었다.

본 연구에서는 통계 교수 지식의 변형적 관점에 따라 예비교사가 수업을 설계, 실행, 반성하는 과정에서 통계 교수 지식을 어떻게 변형하여 활용하는지 관찰하였다. 통계 교수 지식이 잘 갖추어져 있는 예비교사는 과제의 핵심 아이디어를 인식하고 과제의 맥락을 변형하여 학생들의 통계적 소양 수준이 신장될 수 있도록 통계 교수 지식을 활용하였다. 학생들이 통계적 소양을 학습할 수 있도록 적절한 질문을 제기하거나 통계 영역의 특성을 고려하는 교수 전략을 취하는 데에도 통계 교수 지식이 교수학적인 형태로 변형되어 활용되었다. 또한, 통계 교수 지식을 활용하여 학생의 반응을 되돌아보고 평가하는 과정을 통해 예비교사는 과제에 대한 학생의 반응을 예상해내는 교수학적 내용 지식 학습의 가능성을 보여주었다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 통계적 소양 교육을 위해 예비교사가 통계 교수 지식을 활용하는 양상을 모델로서 도식화하여 제시하였다.

본 연구의 결과를 통해 통계적 소양 교육을 위해 필요한 교사의 수업 전문성을 지식의 관점에서 확인할 수 있었다. 또한, 본 연구에서 도출한 통계 교수 지식은 수업에서 교수학적으로 변환하여 활용되는 바탕이 됨을 알 수 있었다. 이를 통해, 예비교사를 대상으로 이루어지는 통계교육에 대한 개선점을 제언하였다.

**주요어** : 통계교육, 통계적 소양, 통계 교수 지식(SKT), 통계적 문제해결, 표본, 예비교사

**학 번** : 2013-30446

# 목 차

I. 서론 .....	1
II. 통계교육 연구의 역사와 국내 연구 동향 .....	8
1. 통계교육 연구의 역사 .....	8
1.1. 통계교육 연구의 태동기 .....	9
1.2. 통계교육 연구의 성장기 .....	10
1.3. 통계교육 연구의 발전기 .....	11
2. 국내 통계교육 연구의 실태와 동향 .....	12
2.1. 국내 통계교육 연구의 실태 .....	13
2.2. 국내 통계교육 연구의 동향 .....	15
3. 논의 .....	19
III. 통계적 소양의 교육적 의의 .....	22
1. 통계적 소양의 배경 .....	22
1.1. 수학과 통계학의 차이 .....	23
1.2. 통계적 사고, 추론, 소양 .....	25
2. 통계적 소양의 의미와 수준 .....	29
2.1. 통계적 소양의 의미 .....	29
2.2. 통계적 소양의 수준 .....	38
3. 논의 .....	42
IV. 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식 .....	46
1. 통계교육을 위한 교수 지식 .....	47
1.1. 통계교육에서 교수 지식의 중요성 .....	47

1.2. 수학 교수 지식과 통계 교수 지식 .....	48
<b>2. 통계적 소양과 통계 교수 지식 .....</b>	<b>53</b>
2.1. 통계적 소양과 통계 교수 지식의 관계 .....	53
2.2. 변형적 관점에서의 통계 교수 지식 .....	57
<b>3. 논의 .....</b>	<b>61</b>
<b>V. 표본 지도를 위한 통계 교수 지식 .....</b>	<b>65</b>
<b>1. 통계적 소양 교육에서 표본 개념의 의의 .....</b>	<b>66</b>
1.1. 통계적 문제해결에서의 표본 개념 .....	66
1.2. 표집변이성과 표본대표성 .....	69
<b>2. 표본 개념에 대한 역사발생적 분석 .....</b>	<b>79</b>
2.1. 전 표본 단계 .....	80
2.2. 대표표본 단계 .....	81
2.3. 확률표본 단계 .....	82
2.4. 비편향 표본 단계 .....	84
2.5. 통계적 표본 단계 .....	85
<b>3. 표본 개념에 대한 교육과정 분석 .....</b>	<b>88</b>
3.1. 우리나라, 싱가포르, 일본의 수학과 교육과정 분석 .....	89
3.2. 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드의 수학과 교육과정 분석 .....	94
<b>4. 표본 개념에 대한 예비교사의 이해 분석 .....</b>	<b>103</b>
4.1. 표집변이성에 대한 예비교사의 이해 .....	103
4.2. 표본대표성에 대한 예비교사의 이해 .....	106
<b>5. 논의 .....</b>	<b>110</b>
<b>VI. 통계적 소양 교육을 위한 표본 지도의 실제 .....</b>	<b>115</b>
<b>1. 과제 설계 .....</b>	<b>115</b>
1.1. 통계적 소양 교육을 위한 교수·학습 자료 .....	116
1.2. 통계적 소양 교육을 위한 자료 수집 관련 과제 .....	117

<b>2. 연구 방법</b> .....	<b>120</b>
2.1. 연구 참여자 .....	120
2.2. 연구 절차 .....	122
2.3. 자료 수집 및 분석 .....	124
<b>3. 연구 결과</b> .....	<b>126</b>
3.1. 예비교사의 사전 SKT-s .....	126
3.2. 과제 변형에서의 활용 .....	135
3.3. 교수 전략 결정에서의 활용 .....	146
3.4. 학생 반응 예상에서의 활용 .....	156
<b>4. 논의</b> .....	<b>162</b>
<b>VII. 요약 및 결론</b> .....	<b>172</b>
1. 요약 .....	172
2. 결론 및 제언 .....	178
<b>참고문헌</b> .....	<b>185</b>
<b>부록</b> .....	<b>203</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>209</b>

## 표 목 차

<표 III-1> 통계적 문제해결 과정 .....	32
<표 III-2> Watson(1997)의 통계적 소양 수준 체계 .....	39
<표 III-3> Watson & Callingham(2003)의 통계적 소양 수준 체계 ..	41
<표 IV-1> SPCK의 구성 요소 .....	49
<표 V-1> 공법 관련 여론조사의 찬성과 반대 분석 .....	80
<표 V-2> 표본 개념의 역사적 발달 단계 .....	87
<표 V-3> 싱가포르 H1, H2의 표본 개념 성취 기준 .....	91
<표 V-4> 호주의 7, 8학년 통계 교육과정의 성취 기준 .....	98
<표 V-5> 뉴질랜드 교육과정의 통계 영역 성취 기준 .....	100
<표 V-6> 표집변이성에 대한 예비교사의 이해 수준 .....	105
<표 V-7> 표집변이성의 이해에 대한 예비교사의 분포 .....	106
<표 V-8> 표본대표성에 대한 예비교사의 이해 수준 .....	108
<표 V-9> 표본대표성의 이해에 대한 예비교사의 분포 .....	109
<표 VI-1> 활동지 내 SKT-s 관련 문항 .....	119
<표 VI-2> 연구 참여자의 수업 대상 학생 .....	121
<표 VI-3> 연구 참여자의 참여 일정 .....	122
<표 VI-4> 연구 절차 단계별 수집 자료 유형 .....	125
<표 VI-5> SPCK 범주별 코드 .....	126
<표 VI-6> 예비교사 K와 L의 사전 SKT-s .....	135
<표 VI-7> 예비교사 K와 L의 SKT-s 활용(수업 설계) .....	145
<표 VI-8> 예비교사 K와 L의 SKT-s 활용(수업 실행) .....	155
<표 VI-9> 예비교사 K와 L의 SKT-s 활용(수업 반성) .....	161

## 그림 목 차

[그림 II-1] 연도에 따른 국내 통계교육 연구논문 편수 분포 .....	15
[그림 III-1] 통계적 소양의 위계적 관점과 포괄적 관점 모델 .....	29
[그림 III-2] 맥락적 영역과 통계적 영역 간의 상호 관계 .....	35
[그림 III-3] 통계적 소양의 요소 간 연결 .....	37
[그림 IV-1] MKT의 구조 .....	50
[그림 IV-2] Groth(2007)의 SKT 구조 .....	51
[그림 IV-3] Burgess(2007)의 SKT 구조 .....	52
[그림 IV-4] Noll(2007)의 SKT 구조 .....	55
[그림 IV-5] 통계적 소양의 구성 요소 .....	56
[그림 IV-6] 변형적 관점에서의 MKT 발달 과정 .....	59
[그림 IV-7] Groth(2013)의 SKT 구조 .....	60
[그림 V-1] 표본 관련 아이디어 및 통계 요소들과의 연결 .....	68
[그림 V-2] 변이성의 근원에 따른 분류 .....	70
[그림 V-3] 표집변이성에 대한 사고 방식의 틀 .....	72
[그림 V-4] 과녁에서의 편향과 변이성 .....	73
[그림 V-5] 임의표집을 개념적으로 전제하는 교과서 과제 .....	76
[그림 V-6] 통계적 문제해결 과정의 네 가지 요소 .....	77
[그림 V-7] 고등학교 ‘확률과 통계’ 교과서의 표본 과제 .....	90
[그림 V-8] 일본 중학교 3학년 교과서의 임의표집 지도 사례 ....	93
[그림 V-9] 미국 7학년 CMP3 교과서의 표본조사 관련 과제 .....	96
[그림 V-10] 영국 7학년 교과서의 통계적 문제해결 관련 과제 ..	97
[그림 V-11] 호주 8학년 교과서의 표집변이성 관련 과제 .....	99
[그림 V-12] 표집변이성에 대한 예비교사의 이해 검사지 .....	104
[그림 V-13] 표본대표성에 대한 예비교사의 이해 검사지 .....	107
[그림 V-14] 전수조사를 주장하는 예비교사의 반응 .....	110

[그림 VI-1] 《통계적 소양 교육을 위한 교수 학습자료》의 개발 과정 .....	116
[그림 VI-2] 연구 참여자에게 제공된 수업 설계 양식 .....	123
[그림 VI-3] 연구 참여자에게 제공된 수업 반성 양식 .....	124
[그림 VI-4] 편향에 대한 예비교사 K의 응답 사례 .....	127
[그림 VI-5] 예비교사 K가 제시한 표집 .....	129
[그림 VI-6] 표집 정보가 없는 설문조사에 대한 예비교사 K의 비판 .....	130
[그림 VI-7] 편향에 대한 예비교사 L의 응답 사례 .....	131
[그림 VI-8] 예비교사 L이 제시한 표집 1 .....	132
[그림 VI-9] 표집 정보가 없는 설문조사에 대한 예비교사 L의 비판 .....	133
[그림 VI-10] 예비교사 L이 제시한 표집 2 .....	134
[그림 VI-11] 원본 과제와 예비교사 K가 변형한 과제 .....	136
[그림 VI-12] Watson(2006/2013)의 표집 관련 과제 .....	137
[그림 VI-13] 예비교사 K의 과제 변형 사례와 의도 .....	140
[그림 VI-14] 예비교사 L의 과제 변형 사례와 의도 .....	142
[그림 VI-15] Watson(2006/2013)의 편향 관련 과제 .....	147
[그림 VI-16] 통계적 소양 교육을 위한 SKT 활용 도식 .....	163
[그림 VI-17] 예비교사 K의 SKT-s 활용 도식 .....	165
[그림 VI-18] 예비교사 L의 SKT-s 활용 도식 .....	167
[그림 VII-1] 본 논문의 구조 .....	177

# I. 서론

Euclid에 의해 이루어진 기하의 공리화보다 훨씬 이후에서야 수를 공리적으로 다루게 됨에 따라, 확률 개념은 다른 수학적 개념과 비교했을 때 그 역사가 상대적으로 매우 짧다(Borovcnik & Kapadia, 2014, p. 7). 짧은 역사를 지닌 확률 개념에 의존하여 근대에 태동한 경험과학 방법론이 통계학이라는 이름으로 독립된 학문 분야로서 인정받게 된 것은 20세기에 들어서야 가능했다. 국제통계기구(International Statistical Institute, 이하 ISI)에서 국제통계교육협회(International Association for Statistical Education, 이하 IASE)를 창설한 시점은 1948년, 통계교육 연구를 전문적으로 다루는 최초의 학술지인 《Teaching Statistics(이하 TS)》의 창간 시점은 1979년, IASE의 주최로 제1회 국제통계교육학회(International Conference on Teaching Statistics, 이하 ICOTS)가 개최된 시점은 1982년이다. 제4차 산업혁명이라 불리는 과학기술의 발전과 산업 구조의 다변화 속에서 통계학은 빅데이터라는 용어와 맞물려 그 위상이 매우 높아지고 있으나, 통계교육 연구는 짧은 역사로 인해 그 저변이 매우 취약하다.

짧은 통계교육 연구의 역사에도 불구하고 통계<sup>1)</sup>는 우리나라 현대 학교 교육의 시초라 할 수 있는 교수요목기부터 지금까지 수학과 교육과정의 한 영역을 구성하고 있었다. 교수요목기에 사용했던 수학 교과서 《중등수학 1》에서는 통계 단원에 대해 다음과 같이 설명하면서 도입을 하고 있다. 교수요목기의 수학과 교육과정에서부터 통계의 교육적 가치를 실용의 관점에서 탐색하고 있었던 것이다.

통계는 아주 중요한 것이다. 국가가 일을 계획하는 데라든지 또는 개인이 일을 경영하는 데라든지 또는 학술을 연구하는 데에 필요한 때가 많은 것이다(정순택, 1950, p. 27).

---

1) 본 논문에서는 statistics의 번역어로, 학문으로서의 의미를 강조할 경우에는 “통계학”을, 일상적 의미나 교과 영역으로서의 의미를 강조할 경우에는 “통계”를 사용한다.

통계는 “자료로부터 정보를 얻으려는 사회적 요구와 우연사건에 대한 수학적 연구에 의하여 발달한 실질과학으로서 불확실성이 내재된 현상을 해석하고 합리적인 의사결정을 할 수 있는 방법을 찾기 위한 인간의 노력이 수학적 논리와 결합한 것”으로 요약할 수 있다(이수정, 2000, p. 1). 이러한 정의에 따르면 통계를 이용하는 것은 개인의 생활, 소비자, 시민, 전문가로서의 삶에서 매우 중요하다(Franklin et al., 2007, p. 3). 우리나라 뿐만 아니라 주요 국가들이 학교수학에서 통계를 다루고 있는 것은, 이러한 시대적 필요성과 무관하지 않다.

그러나 그동안 통계의 학문적 정체성을 수학과 분리하여 논의할 수는 없다는 이유만으로 통계를 수학의 한 분야로 인식해 온 경향이 있다. 그 결과 전통적인 통계교육이 지나치게 많은 통계적 기법들을 피상적으로 가르치고 기계적으로 적용하게 하는 결과를 초래했다는 비판을 받고 있다(Freudenthal, 1973). 수학적 알고리즘의 형태로 공식화된 절차적 지식 전달 중심의 통계교육에서 탈피해야 한다는 문제의식은 국내에서도 다음과 같이 지속적으로 제기되어 왔다.

실세계의 이해와 예측을 위한 자료 분석 도구로서 통계의 실재를 가르치기 보다는 지적 도전이 없는 인위적인 예를 통한 자료정리 기법과 통계치의 계산 및 확률분포 이론이라는 수학을 가르치는 데에 주력하고 있다(우정호, 2000, p. 8).

그 후로 국내에서도 1990년대에 주로 이루어진 통계적 추론, 사고, 소양의 특징을 확인하는 연구(예를 들어, Britz, Emerling, Hare, Hoerl, & Shade, 1997; Cobb, 1992; Moore, 1990; Wild & Pfannkuch, 1999)가 소개되면서, 그간 전통적인 통계교육에 대한 대안으로 학습자의 통계 활용 역량에 중점을 둔 통계교육의 필요성을 뒷받침하는 데 활용되었다. 그 중에서도 오늘날 특히 주목받고 있는 개념은 ‘통계적 소양(statistical literacy)’이다. 통계적 소양은 이미 많은 통계교육 연구자들의 노력에 의해, 통계교육의 일반적인 목적이라는 선언적인 의미를 넘어 학교 교육에서 교육과정을 통해 추구해야 하는 실질적인 목표로 자리매김하고 있

다. 이미 미국통계협회(American Statistical Association, 이하 ASA)에서 발행한 《통계교육 평가·지도 지침(Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education, 이하 GAISE) 보고서》에서도 서문을 통해 통계적 소양이 학교 통계교육의 궁극적 목표임을 밝히고 있고(Franklin et al., 2007, p. 1), 호주, 중국을 비롯한 여러 나라에서는 이미 학생들의 통계적 소양 함양을 통계교육의 목표로 교육과정 내에 명문화하였다(강현영 외, 2014). 우리나라 역시 2015 개정 수학과 교육과정에서 다음과 같이 통계적 소양을 언급하고 있다.

사건이 일어날 가능성을 수치화한 확률, 그리고 자료를 수집, 정리, 해석하는 통계는 현대 정보화 사회의 불확실성을 이해하는 중요한 도구이다. 다양한 자료를 수집, 정리, 해석하고, 확률을 이해함으로써, 미래를 예측하고 합리적인 의사 결정을 하는 민주 시민으로서의 기본 소양을 기를 수 있다(교육부, 2015, p. 35).

통계학은 비결정론적인 세계관을 채택하여 우연을 그대로 인정하고 불확실성을 내재한 귀납과 가추를 사용함으로써 한정적인 자료로부터 개연 추론을 통해 다양한 현상에 대해 예측하는 데 활용된다. 이 과정에서 발생하는 비약의 문제를 설명하고 제어하기 위해 등장한 개념이 변이성(variability)<sup>2)</sup>이다. 오늘날 통계학에서는 분포 개념을 이용하여 우연에 의해 나타나는 변이성을 일정 범위 내로 제어하고 설명하는 것이 가능해졌다.

그러나 변이성을 설명하고 제어하게 되었음에도 통계에 대한 일반인의 신뢰는 높지 않다. 이러한 불신은 다소 그 출처가 불분명한 대로 다음과 같은 관용 어구에 여실히 드러난다(김진호, 2008).

---

2) 통계학에서 variability는 “변이성(變異性)”으로 번역되기도 하며, “변산도(變散度)”로 번역되기도 한다. 그러나 후자의 경우는, 분산이나 표준편차와 같이 집단 내 자료의 변이(variance)를 ‘수량화한 척도’의 의미로 사용되며 대개 산포도(散布度)와 같은 의미로 사용된다. 본 연구에서 variability는 통계적 불확실성에 의해 나타나는 ‘성질’의 의미로 사용되므로 전자와 같이 “변이성”으로 번역하여 사용한다.

거짓말에는 세 가지 종류가 있다. 거짓말, 새빨간 거짓말, 그리고 통계.

이와 같이 통계에 대한 세간의 부정적인 시각이 통용되는 이유는 바로 맥락적 영역과 통계적 영역을 넘나들면서 발생하는 각종 편향(bias)<sup>3)</sup>의 문제가 존재하기 때문이다. 실제로 대중매체 등을 통해 보도되는 각종 통계 정보들의 신뢰성에 의구심을 가지며 비판하는 이들은, 공통적으로 편향의 문제를 지적하고 있다. 많은 대중매체에서 대표성이 없는 표본을 사용하여 여론조사 결과를 발표하거나, 혹은 표본대표성을 판단할 수 없게끔 자료 수집 절차에 대한 정보를 은폐하기도 한다(예를 들어, Best, 2001/2003; Bosbach & Korff, 2011/2012; Hooke, 1983/1995; Huff, 1954/2004).

의학, 경제, 교육, 정치 등 인간의 삶 곳곳에서 자료가 활용되는 오늘날, 통계적 소양은 사회적 의사결정에서 반드시 필요한 비판적인 시각과 태도로서 정의되고 있다. 즉, 통계적 소양은 현대 사회에서 민주 시민이 되기 위한 비판적 소양(critical literacy)으로 그 의미가 형성되어 가고 있는 것이다(Weiland, 2017). 이러한 관점에서 표본대표성은 통계적 소양을 교육하는 데 필수적으로 다루어야 하는 요소이다. 그러나 우리나라 수학과 교육과정에서는 표본대표성과 편향을 내용 요소로 다루고 있지 않으며, 일부 교과서에서 단위 마무리 활동이나 탐구활동 등을 통해 언급만 되어 있는 수준이다(이영하, 김지윤, 2016).

통계적 소양 교육이라는 방향을 추구하기 위한 내용과 방법에 대한 연구는 매우 취약한 실정이다. 통계적 소양을 강조하는 교육이 실제 수업에서 구현되기 위해서는 교사가 통계적 소양을 강조하는 수업을 추구할 때 필요한 전문성으로서의 지식은 무엇인지, 그리고 교사의 지식이 실제

---

3) 편향(偏向)의 영문 명칭인 “bias”는 “한 쪽으로 치우쳤다”는 일상적 의미의 명사나 동사로 많이 사용된다. 편파나 오류로도 많이 번역되지만 인지심리학에서는 bias를 부정적으로 인식하는 이성적 사고 체계 외에 Kahneman, Slovic, & Tversky(1982/2010)가 주장한 직관의 중요성을 강조하기 위해, 부정적인 의미가 다소 덜한 “편향”으로 번역한다(이남석, 2013, p. 11). 통계학에서는 편향과 함께 “편의(偏倚)”로도 번역하여 사용하지만, 본 연구에서는 “편의(便宜, convenience)”와의 혼동을 피하기 위해 bias의 번역어로 “편향”을 사용한다.

수업에 어떤 영향을 주는지에 대한 논의가 필요하다. 통계교육의 문제에서 가장 심각하게 거론되는 것은 교사의 인식과 역량이기 때문이다(이경화, 2016, p. 54). 그러나 통계적 소양의 관점에서 통계적 개념에 대한 교사의 이해와 지식을 확인하는 연구는 활발히 이루어지지 않고 있다. 이은희와 김원경(2015)은 국내의 통계교육 연구 중 교사교육 연구가 국외에 비해 현저히 부족하다고 지적하였고, 실제로 국내 통계교육 연구논문 중 예비교사와 현직교사를 대상으로 이루어진 연구는 2010년 이후에야 조금씩 등장하기 시작하였다(탁병주, 이경화, 2017). 특히, 현직교사의 전문성은 대부분 예비교사 시기에 형성되기 때문에(Hoaglund, Birkenfeld, & Box, 2014) 예비교사의 실천에 주목함으로써 통계적 소양과 현장적합성을 포괄하는 교사 전문성에 대한 시사점 도출이 가능하다.

본 연구에서는 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 교수 지식<sup>4)</sup>을 분석하였고, 표본에 대한 이해를 바탕으로 예비교사들이 지닌 통계교수 지식을 확인하였다. 그리고 통계적 문제해결 중 자료 수집 단계에 대한 교수·학습 자료가 주어졌을 때, 예비교사가 자신의 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 과정에 주목하였다. 이를 통해 예비교사의 통계교수 지식이 수업이라는 실천적 과정에서 나타나는 양상을 확인하고, 통계적 소양을 강조하는 수업을 위해 예비교사가 갖추어야 하는 전문성이 무엇인지를 확인할 수 있을 것으로 기대된다. 예비교사의 수업 활동 중 특히 수업의 설계, 실행, 반성 과정을 나누어 분석한 이유는 다음과 같다.

첫째, 예비교사의 수업 설계에 주목한 이유는 수업의 설계가 실제 수업 실행에서 나타나는 교수·학습에 결정적인 역할을 하는 사전 행위로서 교사의 전문적인 활동이라 할 수 있기 때문이다(Young, Reiser, & Dick, 1998). 또한, 교사에게 수업 설계는 수업을 변화, 개선, 발전, 창조하기 위한 의도적이고 목적지향적인 행위이기도 하다(박기용, 배영직, 강이철, 2009, p. 170). 즉, 교사 전문성은 수업 설계와 분리하여 보기 어려

---

4) 교수자(일반적으로 교사)가 교수 활동을 위해 갖추어야 하는 지식(knowledge for teaching)의 의미로 사용한다.

은 개념인 것이다. 본 연구에서는 예비교사의 통계적 소양과 수업 설계 전문성 사이의 관계를 확인하고자, 연구 참여자의 통계적 소양이 수업 설계 과정에서 나타나는 양상을 분석한다.

둘째, 교사는 수학 과제와 그에 대한 교육적 제언의 형태로 이루어진 교육과정의 추상을 교실 내에서 수업의 실제로 변환시키는 데 중심적인 역할을 한다(Lloyd, Remillard, & Herbel-Eisenmann, 2009). 이 관점에 따르면 교사는 교육과정 개발자의 의도를 그대로 구현하는 전달자가 아니라 의도된 교육과정과 실행된 교육과정 사이의 매개자이며, 동일한 수학 과제와 교육과정이 주어지더라도 다양한 맥락적 요인들에 의해 실제 수업 실행은 크게 달라진다(McClain, Zhao, Visnovska, & Bowen, 2009). 예비교사가 지니고 있는 통계 교수 지식 역시 이와 같은 맥락적 요인 중 하나라는 관점에서, 본 연구에서는 연구 참여자의 수업 실행 역시 관찰하였다.

셋째, 교사는 수업에 대한 반성을 통해 성장한다고 알려져 있다. 수업에 대한 반성은 수업의 설계와 실행으로 환류되어 수업 전문성이 순환적으로 성장하는 결정적인 요인이 될 수 있기 때문이다(Korthagen & Kessels, 1999; McDuffie, 2004). 그러나 반성적 사고를 비롯한 수업 전문성이 예비교사 시기에 형성된 기초적인 것들로 시작한다는 점을 고려할 필요가 있다(Hoaglund et al., 2014). 즉, 예비교사들이 지니고 있는 통계 교수 지식이 자신의 통계 수업을 반성하는 데 미치는 영향을 확인함으로써 수업 실천적 측면에서의 통계 교사 전문성을 확인할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 목적은 통계적 소양의 의미와 교육적 가치를 통해 통계 교수·학습에 대한 시사점을 확인하고, 통계 교수 지식에 대한 논의를 바탕으로 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 교수 지식을 분석하는 것이다. 표본의 교수·학습이 이루어지는 수업에서 예비교사가 지니고 있는 교수 지식이 활용되는 실재를 확인하는 것 또한 본 연구의 중요한 목적 중 하나이다. 이에 다음과 같은 연구 문제에 답을 하는 것으로 본 연구의 목적을 달성하고자 한다.

1. 통계적 소양의 의미와 교육적 가치는 무엇인가?
2. 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 통계 교수 지식은 무엇인가? 특히, 표본 개념을 지도할 때 필요한 통계 교수 지식은 무엇인가?
3. 표본 개념 지도를 위한 예비교사의 통계 교수 지식은 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 데 어떻게 활용되는가?

II장에서는 통계교육 연구의 역사를 개괄하고 국내 통계교육 연구의 실태와 동향을 확인하여 연구의 관점에서 시사점을 확인한다. III장에서는 통계적 소양이 통계교육에서 주목받게 된 배경을 확인한 후, 통계적 소양에 대한 다양한 정의와 체계를 검토하고 분류하여 통계적 소양이 가지는 교육적 의의를 분명히 하고 통계 교수·학습에 대한 시사점을 도출한다. IV장에서는 통계 영역의 교사교육 연구, 그 중에서도 통계 교수 지식에 대한 선행연구를 통해 통계적 소양이 교사교육 연구에서 가지는 의미를 확인하여, 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 교수 지식이 무엇인지 분석한다. V장에서는 통계적 소양 교육에서 표본 개념이 가지는 의미를 살펴본 후, 교수학적 분석을 통해 IV장에서 확인한 통계 교수 지식을 표본의 관점에서 구체화한다. 통계적 문제해결 중 자료 수집 단계에서 가장 중요한 통계적 소양으로서 표집변이성과 표본대표성을 도출하고, 이를 바탕으로 표본 지도를 위한 통계 교수 지식이 무엇인지를 분석한다. VI장에서는 연구에 참여하는 예비교사의 통계 교수 지식을 확인한 후, 실제로 표본 개념을 지도하기 위해 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 과정을 분석한다. 교사의 전문성이 발현되는 수업 중심의 실천적 행동에 주목함으로써, 예비교사의 통계 교수 지식이 수업을 설계, 실행, 반성하는 데 어떤 역할을 하는지 확인할 수 있다. 이를 통해 통계적 소양 함양을 목표로 하는 통계교육을 실천하기 위한 예비교사교육의 개선 방향을 모색할 수 있다. 마지막 VII장에서는 통계적 소양을 주제로 한 이상의 논의를 요약하고, 본 연구의 결과를 통해 도출한 결론 및 후속 연구를 위한 제언을 남긴다.

## II. 통계교육 연구의 역사와 국내 연구 동향

수학교육 연구의 목적에는 수학교육 현상의 기술, 예측, 설명과 함께 개선도 포함된다(우정호 외, 2006, p. 3). 그러나 기술과 예측, 설명을 통한 이해와 지식 추구의 대상은 수학교육이라는 목표지향적 현상이다. 따라서 수학교육의 개선은 단순히 교육적 처치의 효과와 관련된 협의의 개선만을 뜻하는 것이 아니라, 수학교육 연구가 지니는 종래의 목적이 될 수 있음을 알 수 있다. 마찬가지로 통계교육의 개선을 위해서는 먼저 통계교육의 실재를 이루는 여러 요소에 대한 체계적이고 실증적인 연구가 필요하다(이경화, 2015). 그리고 이에 앞서, 국내에서 수행된 통계교육 연구를 메타적으로 분석해보는 것 또한 통계교육과 통계교육 연구의 발전을 위해 매우 중요하다. 한 학문이 독자적인 연구 영역과 이론을 형성하고 발전해 가면서 일정 기간까지 수행된 학문 활동의 현황을 파악하는 것은 현재의 학문적 위상과 앞으로의 학문 발전 방향을 미리 예측해볼 수 있는 중요한 방법이기 때문이다(박선영, 김원경, 2011, p. 285).

이 장에서는 통계교육 연구의 역사를 개괄한 후 국내 통계교육 연구의 동향을 분석함으로써 통계교육과 통계교육 연구의 과제 및 발전 방향에 대한 시사점을 확인한다. 첫 번째 절에서는 국내외 통계교육 연구의 역사를 확인하고, 두 번째 절에서는 국내 통계교육 연구의 실태와 동향을 분석하며, 세 번째 절에서 이를 종합한 논의를 제시한다.

### 1. 통계교육 연구의 역사

통계교육 연구가 하나의 학문 분야로서 정립하고 틀을 갖추어 나가는 데 ISI와 IASE의 역할은 역사에서 매우 큰 비중을 차지한다. 이 절에서는 이 두 기관의 활동을 중심으로 통계교육 연구의 역사를 태동기, 성장기, 발전기로 분류하여 개괄한다.

## 1.1. 통계교육 연구의 태동기

통계교육 연구의 역사는 국제적으로도 그 유서가 그리 깊지 않다. ISI에서 IASE를 창설한 시점이 1948년이라는 사실에 비추어보았을 때, 통계교육을 연구의 대상으로서 본격적으로 다루기 시작한 시점은 그보다도 더 늦었다고 추측해볼 수 있다. 물론 ISI가 창립한 1885년 이후부터 통계교육에 대한 학문적 관심이 없었던 것은 아니나, 실제로 통계교육 연구의 태동기에 대한 학자들의 서술은 IASE가 창설된 1948년부터 시작한다(예를 들어, Jolliffe, 1998; Ottaviani, 1998; Vere-Jones, 1995).

제2차 세계대전 이후, UN과 ISI의 공통된 관심사는 개발도상국의 지원과 발전을 위해 필요한 각종 통계 정보였다(Vere-Jones, 1995, p. 6). 그러나 이러한 정보를 얻는 데 조사원의 자료 수집 및 분석 역량 부족이 가장 큰 장애가 되었으며, 이에 따라 IASE의 초기 관심사는 각종 통계 자료를 정확하게 수집하고 분석하는 인재의 양성에 있었다. 이후 1970년대에 접어들면서 ISI는 UNESCO의 지원을 받아 인도와 레바논에 국제통계교육센터(International Statistical Education Center)를 설립하고 개발도상국에서 활동할 통계조사원 양성에 노력하였다.

이 시기에 통계교육에 대한 수요는 대학교육을 중심으로 시작되었다. 1968년에 네덜란드 헤이그에서 처음으로 개최된 IASE 원탁회의(Round Table Meeting)의 주제가 “개발도상국의 대학 통계교육”이었다는 사실로부터도 이를 짐작할 수 있다. IASE 원탁회의에서 선정된 주제는 그 시대 통계교육의 국제적 화두가 무엇인지를 보여주는 역할을 하는데, 이 회의의 첫 번째 주제가 바로 전문가 양성을 위한 대학 수준의 통계교육이었던 것이다.

IASE가 창립한 1948년도부터 통계 전문가 양성과 대학교육 개선에 주목했던 1970년대까지를 통계교육 연구의 태동기로 분류할 수 있다. 그리고 통계교육 연구의 태동은 개발도상국 지원을 위한 시대적, 사회적 요구에 의해 이루어졌음을 확인할 수 있었다. 그리고 이 시기에 통계교육의 목적은 통계 전문가의 양성에 있었다.

## 1.2. 통계교육 연구의 성장기

1970년대에는 IASE 원탁회의에서 학교 수준<sup>5)</sup>의 통계교육이 주제로 선정되고 ISI 내에서 학교 수준의 통계교육을 위한 TF팀이 구성되는 등, 통계교육 연구 역사의 전환점으로 인식될 만한 변화들이 포착되었다. 그리고 1980년대에는 UNESCO의 “모두를 위한 수학(Math for All)”이라는 기조 하에 “기본으로 돌아가기(Back-to-Basic) 운동”이 전개되었고, 이는 학교수학에도 통계교육에 대한 개선의 목소리가 등장하게 되었다 (Vere-Jones, 1995).

ISI 산하 TF팀의 노력에 의해 1979년에는, 통계교육 연구를 전문적으로 다루는 최초의 학술지 TS가 창간되어 실제 학교 수준을 대상으로 실시된 통계교육 프로젝트의 결과물이 논문의 형태로 게재되었다(예를 들어, Kapadia, 1979; Page, 1979). 그리고 몇 년 뒤인 1982년부터는 IASE의 주최로 ICOTS가 제1회 연구대회를 시작으로 매 4년마다 개최되면서 통계교육의 교수·학습에 대한 다양한 연구가 연구자들 사이에서 공유되기 시작하였다(Jolliffe, 1998). 학술지가 해당 분야에 대한 문제의식과 개념을 공유하는 사람들이 지적으로 교류하는 장이라면, 학회는 각 분과 학문의 독립적 존재성을 부각시켜주는 제도적 장치에 해당한다(박경미, 2013, p. 423). 따라서 초·중·고 통계교육이 연구 대상으로서 논점화되고, 통계교육 연구에서 ‘실세계를 이해하고 예측하는 데에 필요한 자료를 수집하고 분석하는 방법’에 대한 논의가 다각도로 이루어지기 시작한 시점은 40년이 채 되지 않았다고 볼 수 있다(Jolliffe, 1998, p. 802).

통계교육 연구의 학문적 성장은 학술지, 학술대회와 같은 제도적 장치, 그리고 전문가 양성을 위한 통계교육에서 모두를 위한 통계교육으로의 기조 변화에 의해 이루어졌다. 따라서 이러한 내·외형적 성장이 이루어진 1970년대부터 1980년대까지는 통계교육 연구의 성장기로 분류할 수

---

5) 본 논문에서 “학교 수준(school level)”은 초등학교, 중학교, 고등학교 수준을 통칭하는 의미로 사용한다. 대학교 수준은 포함되지 않는다. 비슷한 표현으로 “학교수학(school mathematics)”은 초등학교, 중학교, 고등학교에서 다루는 수학을 의미하며 대학교 수준의 수학은 포함되지 않는다.

있다. 이 시기부터 수학교육 연구자들이 통계교육에 대한 논의에 참여하기 시작하였고, 통계교육 연구에서 학생의 사고, 추론과 같은 인지적 측면에 주목하기 시작하였다.

### 1.3. 통계교육 연구의 발전기

1990년대부터 통계적 사고와 추론의 특징을 확인하는 연구가 집중적으로 이루어졌다(예를 들어, Moore, 1990; Cobb, 1992; Britz et al., 1997; Wild & Pfannkuch, 1999). 이는 통계교육 연구를 통해 학습자의 인식과 역량에 주목하기 시작했다는 점에서 의의가 있다. 특히, 1999년에 통계적 추론, 사고, 소양 연구를 위한 국제 모임(International Collaboration for Research on Statistical Reasoning, Thinking, and Literacy, 이하 SRTL)이 결성되면서, 정기적으로 포럼을 개최하고 2002년에는 통계교육 전문학술지 《Statistical Research Education Journal(이하 SERJ)》를 발행하는 등, 학교 수준에서 통계교육의 목표를 구체적으로 탐색하는 학문적 노력이 이루어졌다. ASA에서도 1993년에 《Journal of Statistics Education(이하 JSE)》을 창간하여 통계교육 연구논문이 지금까지 꾸준히 게재되고 있다.

본 연구의 주제인 ‘통계적 소양’은 남아프리카공화국에서 개최된 제6회 ICOTS를 통해 학술적인 정의가 시도되었다(Phillips, 2002). 통계적 소양이라는 표현은 통계 정보의 해석보다 통계치의 계산이 강조되는 전통적인 통계교육에 대한 문제를 제기하면서 등장하였으나(Haack, 1979) 학자들 사이에 단일한 정의가 되어있지 않았다. 이후, 후술할 III장에서 확인할 수 있듯이 많은 통계교육 연구자들의 노력에 의해 통계적 소양은 학문적으로 개념화되기 시작하였고, 사회 구조의 변화와 통계학의 역할 변화는 통계적 소양의 의미를 한층 더 복합적인 것으로 만들었다. 오늘날 많은 통계교육 연구자들이 통계적 소양 교육을 강조하고 있으나, 통계교육 연구에서 통계적 소양의 실질적인 등장은 21세기에 접어들면서였던 것이다.

1990년대부터 2000년대에 이르기까지 통계교육 연구는 발전기로 분류

될 수 있을 만큼 양적 성장 외에도 질적인 발전을 거듭해왔다. 특히, 본 연구의 주제이자 오늘날 통계교육의 핵심 목표로서 강조되고 있는 통계적 소양이 통계교육 연구에 등장한 시기라는 점에서 더욱 의미가 있다. 통계적 소양 교육을 위한 실천적 방안의 모색을 목적으로 하는 본 연구에서 이 시기의 통계교육 연구들은 논의의 이론적 바탕이 된다.

요컨대, 통계교육 연구의 역사는 태동기, 성장기, 발전기로 범주화할 수 있고, 이는 각각 전문가 양성, 학교 교육의 개선, 그리고 통계적 추론, 사고, 소양의 등장이라는 IASE의 기조에 따라 분류된 것이다. 역사적 흐름에 따라 통계교육을 학교 교육으로서 바라보는 관점이 형성되고 통계적 소양의 함양이 통계교육의 목적으로서 강조되면서, 통계교육의 개선 방향은 점차적으로 합의되어 나가기 시작하였다. 그리고 IASE는 통계교육에서 이다음의 이슈로 통계적 소양 교육을 위한 실천적 방안으로서 교사교육에 주목하였다.

IASE에서는 2008년에 “학교수학에서의 통계교육: 교사교육의 난제”를 주제로 국제수학수업위원회(International Commission on Mathematical Instruction, ICMI)와의 공동 연구를 수행하고 연합학술대회를 개최한 후 그 결과를 단행본으로 제시하였다(Batanero, Burrill, & Reading, 2011). 비슷한 시기에 ASA에서는 GAISE 보고서(Franklin et al., 2007)를 발행하였고, 비교적 최근인 2015년에는 《통계 교사교육(The Statistical Education of Teachers, 이하 SET) 보고서(Franklin et al., 2015)》를 발행하였다. 이는 그동안 통계교육 연구에서 주변적 관심에 머물렀던 교사에게, 통계교육 개선을 위한 실천가의 지위를 요구하였다는 점에서 의의가 있다. 즉, 통계교육 연구의 역사에서 현재는 통계적 소양 함양을 위한 교사교육이 모색되는 시기라 할 수 있다.

## 2. 국내 통계교육 연구의 실태와 동향

이 절에서는 2000년 이후 발행된 국내 통계교육 연구의 실태와 동향을

분석한다. 이는 통계교육 연구의 통시적 동향을 확인하는 기초적인 자료로 활용되며, 국내 통계교육 연구의 향후 과제를 탐색하는 데 기여할 것으로 기대된다.

## 2.1. 국내 통계교육 연구의 실태

IASE를 중심으로 통계교육 연구의 저변이 한층 성장하기 시작한 20세기 후반은 우리나라 수학교육학 연구의 태동기에 해당된다. 따라서 이 시기에 국내에서 통계교육은 부수적인 관심 대상 또는 간과되는 내용에 불과했다(이경화, 2016, p. 48). 이영하와 심효정(2003)의 분석에 따르면, 국내에서 가장 오래된 수학교육 학술지로 알려져 있는 한국수학교육학회 시리즈A 《수학교육》에 1963년부터 2002년까지 40년간 게재된 816편의 논문 중 확률·통계를 내용 영역으로 다룬 논문은 총 74편이다. 그러나 대부분이 확률론이나 수리통계학에 대한 자연과학적 접근을 취한 내용학 논문이었으며 실제 통계교육 연구논문은 12편(1.5%)에 불과했다. 이미 이 시기에 학생의 추론, 오개념과 같은 교실 내 상황에 주목했던 국외 수학교육 학술지의 통계교육 연구논문과 비교했을 때 양적으로도, 그리고 질적으로도 국내 통계교육 연구의 성장이 시급하다는 것이 이영하와 심효정(2003)의 결론이었다.

2000년대 이후 수학교육 학술지가 다양해지고 해외 연구의 수용과 보급이 활발해지면서 2000년대 이전에 비해서는 통계교육 연구가 비교적 많이 이루어지고 있다. 그러나 통계적 사고, 소양, 추론 등의 의미에 대한 이론적이고 근본적인 논의가 생략된 채 해외 연구를 지엽적으로 모방하여 그 효과를 파악하는 수준에만 주목하는 현실은, 우리나라의 통계교육 연구가 독립성과 현실적합성을 확보하지 못하였다는 주장과 함께 한계로 지적되고 있다(이경화, 2016, p. 53). 이은희와 김원경(2015)은 2009년부터 2013년까지 5년간 국내외 통계교육 관련 논문 180편을 대상으로 비교 분석하였는데, 20세기에 비하면 최근 국내 통계교육 연구논문은 분명 양적, 질적 성장을 이루기는 하였다. 그러나 내용과 방법, 대상 측면

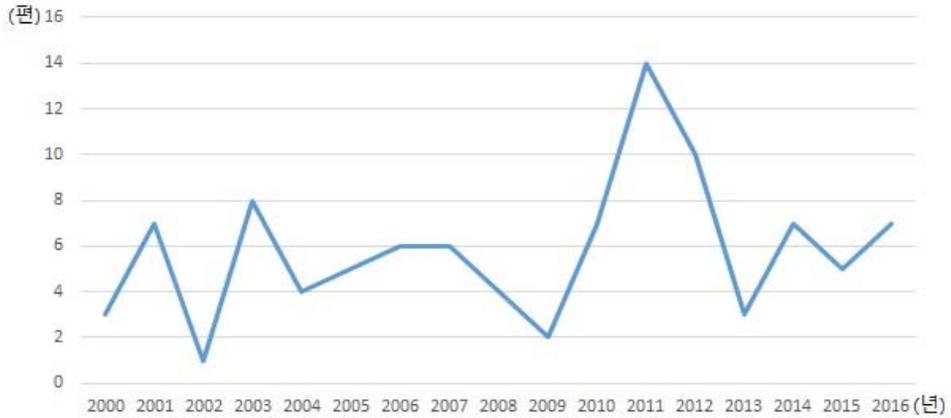
에서 여전히 국제적인 통계교육 연구의 흐름을 따라가지 못한다는 점은 주요한 결론으로 언급되었다. 구체적으로, 내용 측면에서는 정의적 영역에 대한 연구와 공학도구 활용에 대한 연구가, 연구 방법 측면에서는 질적 연구의 약점을 극복하기 위한 혼합 연구가, 그리고 연구 대상 측면에서는 대학생과 교사 대상의 연구가 더 많이 수행되어야 한다는 결론을 도출하였다.

통계교육 개선의 중요성을 상기하고 그 방향을 개괄적으로 제시한 우정호(2000)의 연구 이후로, 2000년대부터는 국내에서 통계교육 연구가 조금씩 이루어지기 시작하였으나 논문의 절대적인 편수는 여전히 매우 적다. [그림 II-1]은 2000년부터 2016년까지 국내 주요 수학교육 학술지 및 기타 학술지<sup>6)</sup>에 게재된 통계교육 연구논문의 편수를 연도별로 정리한 것이다(탁병주, 이경화, 2017). 2000년부터 2016년까지 국내 주요 수학교육 학술지 7종에 게재된 논문의 총 편수가 3,258편이라는 점을 고려해볼 때, 국내 통계교육 연구논문의 편수는 양적으로 매우 부족한 실정이라는 사실을 알 수 있다. 더욱이, 연도별 편차는 존재하긴 하지만 전체적인 증감의 경향성이 뚜렷이 보이지 않는다. 이는 국내 통계교육 연구의 저변이 여전히 취약한 수준임을 드러낸다고 볼 수 있다.

2011년과 2012년은 국내 통계교육 연구논문의 편수가 다른 해에 비해 비약적으로 많았다. 그러나 이는 국내 수학교육계가 통계교육에 관심을 두고 그 저변이 넓어졌음을 의미한다기보다는, 특정 연구자의 논문이 해당 시기에 많이 게재되었기 때문에 발생한 것으로 보인다. 이 점은 이미 이은희와 김원경(2015)도 국내 통계교육 연구논문의 편수가 일부 통계교육 연구자에 의해 크게 영향을 받는다고 언급한 바 있다(p. 248). 다만, 2010년을 전후로 통계교육 분야의 박사학위논문(이윤경, 2016; 이종학,

---

6) 본 연구에서는 수학교육 관련 연구논문이 게재되는 학술지 중 2016년 기준 한국연구재단(KCI) 등재지 및 등재후보지를 대상으로, 발행기관의 홈페이지에서 게재된 통계교육 연구논문을 조사하였다. 이에 따라 조사 대상에 포함된 학술지는 《수학교육학연구》, 《학교수학》, 《수학교육》, 《초등수학교육》, 《수학교육논문집》, 《한국학교수학회논문집》, 《한국초등수학교육학회지》, 《교과교육학연구》, 《영재교육연구》, 《한국수학사학회지》까지 총 10종이었다.



[그림 II-1] 연도에 따른 국내 통계교육 연구논문 편수 분포

2011; 지은정, 2011; Ko, 2012; Park, 2015)과 함께 통계교육을 주된 연구 분야로 하는 연구자들이 국내에 등장하였다는 점, 그리고 실제 이 연구자들이 2010년 이후 통계교육 연구논문을 국내 학술지에 많이 게재하였다는 점은, 향후 국내 통계교육 연구가 전문 연구자들에 의해 전문성을 띠면서 질적으로 성장하는 계기가 될 것이라 기대할 수 있다.

## 2.2. 국내 통계교육 연구의 동향<sup>7)</sup>

연구의 동향을 확인하기 위한 분석 범주로서 연구 대상, 연구 방법, 연구 주제가 주로 활용된다(예를 들어, 최병훈, 방정숙, 2012). 연구 대상별 분석은 국내 통계교육 연구자들이 지향하는 통계교육의 문제의식을 확인하는 데 유용하다. 연구 방법별 분석은 국내 통계교육 연구자들이 연구의 신뢰도와 타당도를 설명하는 방식을 확인하기 위해 필요하다. 그리고 연구 주제별 분석은 국내 통계교육 연구가 실제 학교수학에서 이루어지는 통계교육의 어느 부분을 개선하는 데 기여해왔는지를 확인할 수 있는 중요한 범주이다. 이 절에서는 이 세 가지 범주를 분석 기준으로 삼아 국내 통계교육 연구의 동향을 분석한다.

7) 이 절의 내용은 탁병주와 이경화(2017)를 요약, 정리한 것이다.

### 2.2.1. 연구 대상별 동향

99편의 국내 통계교육 연구논문 중 인간 대상의 연구가 수행된 논문이 총 49편(49.5%), 인간 비대상 연구논문이 총 50편(50.5%)으로 거의 비슷한 비중을 차지하고 있다. 전자의 49편 중 연구 대상이 초·중·고등학생인 논문은 37편, 대학생인 논문은 1편, 예비교사 및 현직교사인 논문은 8편, 학생과 교사를 모두 연구한 논문은 3편이었다. 지난 17년간 국내에서 게재된 통계교육 연구논문 중 인간 대상 연구를 바탕으로 작성된 것이 절반이 채 되지 않으며, 그 중에서도 연구 대상이 교사인 논문은 학생인 논문에 비해 그 편수가 매우 적다.

통계교육의 목표, 내용, 방법에 대한 이해와 실천이 제대로 이루어지는 교사가 매우 부족하다는 Groth(2008)의 언급에서도 알 수 있듯이, 통계교육의 개선을 위해서는 교사의 인식 개선과 역량 개발이 무엇보다도 중요하다라는 주장이 꾸준히 제기되고 있다(이경화, 2016, p. 54). 이러한 관점에서 그동안 이루어진 다수의 연구는, 주로 내용 지식을 교수학적으로 분석하거나 교육과정, 교과서를 분석 대상으로 하는 인간 비대상 연구들이었다. 그러나 교육과정의 내용을 개발자의 의도대로 충실히 전달하는 매신저의 역할에서, 복잡한 지적 활동을 통해 교육과정과 수업을 매개하는 실천가의 역할로 교사의 정체성에 대한 관점이 변화하고 있다(Lloyd et al., 2009). 이는 통계 수업의 변화를 모색하기 위해 교사를 대상으로 한 연구가 필요함을 역설하는 근거가 된다.

### 2.2.2. 연구 방법별 동향

99편의 국내 통계교육 연구논문 중 실험 연구가 54편(54.5%), 비실험 연구가 45편(45.5%)으로, 실험연구의 수가 다소 많았다. 실험연구 중에서 양적 연구와 질적 연구의 비중은 지난 17년간 거의 비슷했으나, 연도별로는 양적 연구가 조금씩 감소한 데 비해 질적 연구는 2010년을 기준으로 비약적으로 증가하였다. 동시에 2000년대 초반에는 꾸준히 이루어져

온 비실험 개발 연구가 2010년 이후로는 거의 이루어지지 않았다.

과거에는 주로 통계학을 전공한 연구자들이 통계 수업 프로그램이나 모형, 혹은 사례를 개발하여 제시하였다. 통계교육에 대한 수학교육 연구자들의 관심이 다소 부족하던 시기에 이루어진 통계학자들의 연구는 내용학적 측면에서 통계교육 연구의 중요한 초석이자 발판이 되었다. 국외에서는 이와 같은 연구가 대개 프로젝트 형식으로 이루어지면서 학교 현장에 적용되는 실험 연구로까지 이어지는 경우가 많았다(예를 들어, Garfield, delMas, & Zieffler, 2012; Page 1979). 반면, 국내에서는 수학교육 연구자들의 참여도 적고 실제 적용을 할 수 있는 환경적 여건이 갖추어져 있지 않아, 개발한 수업의 효과성에 대한 이론적, 실험적 근거가 엄밀하고 정교한 연구 방법에 의해 뒷받침되기 어려웠다. 우정호 외(2006)에 따르면, 개발 연구와 단순한 개발은 구분되어야 하며 개발 결과를 보급하는 데만 급급하여 연구와 개발이 서로 분리된 채 진행되는 연구 방법을 경계해야 한다(p. 70).

2010년을 전후로 국내 통계교육 연구에서 질적 연구와 혼합 연구의 비중이 증가하면서, 비실험 개발 연구가 점차 감소하고 문헌을 통해 이론적으로 입증되거나 실험을 통해 실증적으로 입증된 개발 연구가 증가하기 시작하였다. 다만, 대다수의 실험 연구가 교실에서 이루어지는 담화를 분석하기보다 설문지나 면담을 활용하는 데 그치고 있다는 점이 한계로 지적된다. 교육의 실질적인 개선과 관련된 제언을 도출하기 위해서는 수업을 관찰하고 이를 질적으로 분석하는 접근이 필요하다는 제언(조영달, 1998)은, 무엇보다도 통계교육 개선의 목소리가 큰 현실에서 실제 통계 수업의 관찰을 기반으로 수행되는 통계교육 연구의 필요성을 뒷받침한다.

### 2.2.3. 연구 주제별 동향

2002년부터 2009년까지 SERJ에 게재된 64편의 통계교육 연구논문 중에서는 추론 및 이해 관련 논문이 26편(40.6%)으로 가장 많았고, 교수·

학습 관련 논문이 8편(12.5%)으로 그 다음을 차지하고 있었다(Zieffler et al., 2011). 반면, 99편의 국내 통계교육 연구논문 중 교수·학습 관련 논문이 58편(58.6%)으로 가장 많았고, 추론 및 이해 관련 논문이 26편(26.3%)으로 그 다음을 차지하였다.

그러나 국내에서 이루어진 추론 및 이해 관련 통계교육 연구의 70% 이상이 2010년 이후에 게재되었다는 점에 주목할 필요가 있다. 이는 인간 대상의 연구의 약 60%가 2010년 이후에 게재되었다는 점과도 맞물린다. 통계적 추론, 소양과 같은 사고 요소의 중요성이 2010년을 전후로 국내 통계교육 연구자들에 의해 제기되었다는 점을 고려할 때(예를 들어, 강현영, 2012; Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010), 이 시기부터 학생과 교사를 대상으로 특정 통계적 개념의 추론과 이해에 대한 기초 연구가 이루어지기 시작하였다고 짐작해볼 수 있다.

통계교육에서 추론 및 이해에 대한 연구가 중요한 이유는, 통계에서 사용하는 추론이 그동안 수학교육에서 연구가 이루어져 온 수학적 추론과 다르기 때문이다. 결정론적 세계관을 취하여 우연(chance)을 무지의 산물로 인식하는 수학과 달리 통계에서는 경험론적 인식론을 바탕으로 우연 현상에 대한 총체적인 이해를 추구하는 학문이다(이영하, 2014). 따라서 통계에서 사용하는 추론은 귀납과 가추라는 확장적이면서도 불확실한 사고 요소로부터 정의된다(Park, 2015). 구체적으로, 통계적 추론을 자료와 맥락에 의존하기 때문에 수학과는 상이한 추론 오류를 발생하게 하고(delMas, 2004/2010), 이는 통계교육에서 수학과 대비되어 다루어져야 하는 새로운 교육학적 이슈를 제기한다. 즉, 통계교육에서 추론 및 이해에 대한 연구는 수학적 추론과 이해 연구가 대체할 수 없는 특수한 영역이므로, 학생과 교사의 인지적 구조와 정신적 과정에 대한 기초 연구가 매우 중요하다.

또한, 수학과 대비되는 통계의 이러한 독자적인 성격은 수학이라는 명칭의 교과 내에서 교수·학습에 참여해 온 교사와 학생들에게 각각 수학과 통계에 대한 지식과 신념 등에 차이를 유발할 것이라고 예상해볼 수 있다. 확률·통계에 대한 교사의 지식, 신념을 조사한 김원경, 문소영, 변

지영(2006)에 따르면 통계에 대한 국내 수학교사의 지식과 신념은 실용 학문으로서의 통계, 수학의 한 분야로서의 통계, 통계 교수·학습에서 공학도구의 필요성으로 요약할 수 있다. 그러나 교사의 이해, 추론, 그리고 정의적 영역과 교수·학습 간의 연계성 있는 후속 연구가 수행되지 않고 있다는 점은 국내 통계교육 연구자들이 주목할 만한 부분이다.

그동안 통계교육 연구는 수학자와 통계학자, 그리고 수학교육자의 부수적인 관심 대상이었다. 또한, 통계교육의 실제 현황에 대한 파악이 이루어지지 않았기 때문에 이를 위해 교사나 학생 대상의 간단한 설문조사가 간헐적으로 이루어지는 수준이었다. 그러나 2010년 이후로는 통계학에 대한 교수학적 지식, 그리고 교육연구에 대한 방법적 이해를 바탕으로 수행된 통계교육 연구가 논문으로 게재되면서 통계교육의 질적 성장이 이루어지기 시작하였다. 인간 대상의 다양한 실험 및 관찰을 통해 추론 및 이해와 같은 사고 요소에 대한 기초 연구가 수행되기 시작한 것이다. 다만, 여전히 교사 대상의 연구, 수업의 실재를 관찰하고 분석하는 연구, 그리고 추론 및 이해와 교수·학습의 상호 연계에 주목하는 연구가 부족하다는 사실은, 국내 통계교육 연구의 향후 과제를 보다 구체적으로 드러내준다.

### 3. 논의

본 연구는 우리나라 통계교육의 목적으로서 최근 강조되고 있는 통계적 소양의 교육적 의의를 확인하고, 이를 교수 지식에 대한 논의와 연결하여 예비교사의 통계적 소양 수업 사례를 분석하는 데 목표가 있다. 그러나 통계교육에 대한 논의와 연구가 낮은 국내 환경에서 본 연구가 기여할 수 있는 바를 확인하고자, 통계교육 연구의 역사를 간략히 개관하고 학술지 게재 논문을 중심으로 국내 통계교육 연구의 실태와 동향을 분석하였다. 이를 위해 국내에서 발행되는 수학교육 학술지를 중심으로 2000년부터 2016년까지 게재된 통계교육 연구논문을 수집하여 그 편수

를 확인하였다. 그리고 이를 연구 대상별, 연구 방법별, 연구 주제별로 범주화하고 동향을 분석함으로써 21세기 이후 우리나라 통계교육 연구의 동향을 분석하였다. 통계교육 연구의 역사와 국내 연구의 동향을 탐색함으로써 확인할 수 있는 국내 통계교육 연구의 향후 과제는 다음과 같다.

첫째, 통계적 소양의 함양이라는 목표 설정에 맞는 교수·학습 연구가 필요하다. 통계 교수·학습에서 매개되는 형식화된 내용 지식에 주목했던 이전에 비하면, 2010년 이후 학생과 교사의 추론, 이해와 같은 인지적 측면에 주목하는 연구의 증가는 분명 괄목할 만한 발전이다. 그러나 소양이 인지적 영역과 정의적 영역의 상호작용으로 발현되는 실천의 의미를 지니고 있다는 점(Pe'er, Goldman, & Yavetz, 2007)을 고려한다면, 추론과 이해에 주목한 연구의 결과들은 다시 앎(knowing)이 아닌 행동(acting)에 주목하는 교수·학습 연구로 환원될 필요가 있다.

둘째, 통계적 소양의 관점에서 교육과정과 교과서를 분석하는 연구 외에도 교사를 대상으로 하는 연구가 더욱 필요하다. 전술된 바와 같이 교사는 교육과정의 의도를 전달하는 메신저가 아니라 실행을 통해 매개하는 실천가이므로, 2015 개정 수학과 교육과정의 목표가 의미충실하게 달성되려면 교사에 대한 연구가 필수적이다. 국외에서는 GAISE 보고서(Franklin et al., 2007) 외에도 SET 보고서(Franklin et al., 2015)가 발행되어 그동안 수행된 각종 통계교육 관련 교사교육 연구를 지침서의 형태로 종합하는 작업이 이루어지고 있다. 통계교육의 최전선에 있는 교사들의 전문성을 지속적으로 지원하기 위해서는 교사를 대상으로 하는 통계교육 연구가 그만큼 충분히 이루어져야 한다(이경화, 2015).

셋째, 교사교육 연구를 포함하여 현재 실험 연구와 비실험 연구의 성과가 연계되지 않고 산발적으로 나열되는 국내 통계교육 연구의 종합이 이루어져야 한다. 이는 통계적 소양에 대한 이론적 논의와 실제 교수·학습이 연계될 수 있는 가능성과 함께 이를 위한 시사점을 제공해줄 것으로 기대할 수 있기 때문이다. 해외 학술지 중에는 1979년에 창간된 TS를 비롯하여 SERJ와 JSE 등 통계교육 연구논문만을 전문적으로 발행하는 학술지가 여럿 존재하며, 이러한 학술지들을 중심으로 SRTL과 같은

통계교육 연구공동체가 형성되어 있다. 국내에 이러한 교류의 장이 없다는 사실은, 앞서 언급한 교실 수업 관찰 등의 실행 연구를 더욱 어렵게 만든다.

본 연구에서는 이 장에서 도출된 시사점을 이후의 장에서 최대한 반영하고자 시도하였다. III장에서는 통계적 소양의 의의를 확인하였고, IV장에서는 통계적 소양에 대한 논의를 교사의 지식과 연결지으려 노력하였으며, V장에서 확인한 표집 개념의 통계적 소양 요소를 바탕으로 VI장에서는 교수·학습의 실재를 확인하였다. 이 장에서의 논의는 통계적 소양과 교수 지식을 주제로 교사의 수업 관련 활동을 관찰한 본 연구의 위치를 확인하는 데 이바지한다.

### Ⅲ. 통계적 소양의 교육적 의의

통계학은 한편으로 실용성과 실생활의 도구로서 사용되며 다른 한편으로 창의성과 탐구정신을 함양할 수 있어, 합리적인 의사결정을 하는 민주주의의 시민으로서 역할을 하기 위해서는 통계학에 대한 적절한 소양이 요구된다(김응환, 이석훈, 2015, p. 2). GAISE 보고서에서도 통계적 소양은 개인의 생활, 소비자, 시민, 전문가로서의 삶에서 매우 중요하다고 강조하고 있다(Franklin et al., 2007, p. 3). 국내에서도 2015 개정 수학과 교육과정을 통해, 자료를 수집, 정리, 해석하는 과정에서 필요한 통계적 소양은 현대 정보화 사회의 불확실성을 이해함으로써 미래를 예측하고 합리적인 의사 결정을 하는 민주 시민으로서의 기본 소양이라 명시하고 있다(교육부, 2015, p. 35).

이 장에서는 이와 같이 통계교육의 목적으로서 조명받고 있는 통계적 소양 개념을 고찰한다. 첫 번째 절에서는 수학과 통계학의 학문적 차이로부터 통계적 사고, 추론 개념에 이르기까지 통계적 소양 개념의 등장을 앞두고 이루어진 통계교육 개선에 대한 논의를 간략히 소개한다. 두 번째 절에서는 통계적 소양의 의미를 명확히 하기 위해 선행연구들을 정리하고 범주화하는 데 중점을 두었다. 이상의 논의를 종합하여 세 번째 절에서는 통계적 소양이 통계 교수·학습에 제공하는 시사점을 확인한다.

#### 1. 통계적 소양의 배경

전통적인 통계교육에 대한 반성적 논의는 수학과 통계학의 학문적 차이로 말미암아 통계적 사고, 추론과 함께 소양을 통계교육의 개선 방향으로 제시하였다. 이 절에서는 통계적 소양 개념이 통계교육의 목적으로서 등장하게 된 배경에 대해 살펴본다.

## 1.1. 수학과 통계학의 차이

통계학의 학문적 정체성을 수학과 분리하여 논의할 수는 없다. 그러나 전통적인 통계교육에서는 통계학을 수학의 한 분야로 인식해왔을 뿐, 수학과 통계학의 차이에 주목하는 경우는 드물었다. 그 결과 전통적인 통계교육은 Freudenthal(1973)이 언급한대로 지나치게 많은 통계적 기법들을 피상적으로 가르치고 기계적으로 적용하게 하는 결과를 초래하였다. 이후로도 여러 학자들이 수학적 알고리즘의 형태로 공식화된 절차적 지식 전달 중심의 통계교육에서 탈피해야 한다고 주장해왔다.

통계학과 수학의 관계는 대개 ‘결혼’에 비유되는 경우가 많은데(예를 들어, Iversen, 1992; Scheaffer, 2006), 이는 크게 두 가지 측면에서 통계학의 학문적 특성을 드러낸다. 첫째, 통계학이 연구 방법의 약점을 극복하고 학문으로서의 지위를 인정받는 데 수학의 역할은 필수적이라는 사실이다. 통계학은 수학과 달리 귀납추론을 연구 방법으로 채택함으로써 결론의 확실성을 보증하지 못한다(Salmon, 1967/1994). 그러나 통계학에서의 방법론은 확률을 기반으로 하는 연역적 연단을 거침으로 인해 “과학적 귀납”이라는 표현을 성립케 한다(전영삼, 2013). 둘째, 그럼에도 연구 방법의 측면에서 통계학의 학문적 정체성은 수학에 의해 종속되지 않는다는 사실이다. 통계적 현상에 대한 확률적 설명의 메커니즘이 비록 연역적 모형의 형태를 취하고는 있으나(Railton, 1978), 설명항과 피설명항의 관계는 여전히 귀납적 구조를 지니고 있다(Hempel, 1966/2010). 통계적 관점에서 자연에 관한 수학적 법칙은 자연의 행동 방식 가운데 개연성이 높은 것을 기술할 뿐이다(Kline, 1980/2007, p. 602).

이와 같이 통계학은 수학과 불가분의 관계를 구성하지만 그럼에도 통계학은 수학과는 구별되는 독립 학문으로서의 위치를 지닌다. Moore(1992)는 통계학의 독립적인 학문적 지위를 역설하기 위해, 통계학의 성격은 수학이 아니라 경험과학에서 비롯된 수리과학으로 규정하였고, 그 근거로 다음을 제시하였다(pp. 15-16).

- 통계학은 수학과 다른 독자적인 주제를 다루고 있다.
- 역사적으로 통계학은 수학과 별개의 학문으로 발생하였다.
- 통계학의 실체는 수학적이지 않다.
- 통계학은 학문적 정체성을 다루는 철학적 이슈가 다르다.
- 통계학은 수학적 아이디어를 사용하나, 수학은 통계적 아이디어를 수용하지 않는다.

하나의 학문이 독립학문으로 인정받기 위해서는 고유한 연구 대상, 독자적인 연구 내용, 그리고 타당한 연구 방법을 갖추어야 한다(이영하, 태성이, 2009, p. 495). 통계학은 이 세 가지 측면에서 모두 수학과는 분명히 구별된다. 통계학은 ‘불확실성을 내포한 경험적 자료’라는 고유한 연구 대상이 존재하며, 통계학의 연구 내용은 맥락에 의존하는 경험과학의 성격을 분명히 가진다. 반면, 수학은 수학 그 자체가 연구 대상이면서 동시에 연구 방법으로서 형식과학으로 분류된다. 통계학의 연구 방법을 구성하기 위해서는 반드시 연역으로 분류되는 수학적 사고를 필요로 하지만, 통계적 연구 방법의 본질은 귀납에 있다는 점에서 통계학은 연구 방법도 수학과 분명히 대비된다(이영하, 2014).

이렇게 연구 대상, 연구 내용, 연구 방법에서 나타나는 통계학과 수학의 학문적 차이는 우연과 경험에 대한 두 학문의 인식론적 입장이 가지는 간극에서 비롯된 것으로 볼 수 있다. 그리고 이는 두 학문이 교수학적 변환을 거쳐 교과 영역으로서 교수·학습이 이루어질 때, 사고나 추론과 같은 학습자의 인지적 측면에 주목해야 함을 시사한다. 실제로 Ko(2012)는 통계학과 수학의 차이를 사고의 측면에서 살펴볼 필요가 있다고 주장하면서, 비결정론적 사고, 맥락의존적 사고, 자료기반적 사고가 통계적 사고의 대표적인 특징임을 밝혀내었다.

비결정론적 사고는 통계학이 불확정적인 지식을 포용하기 위한 비결정론적 인식론을 학문적 세계관으로 채택함에 따라 나타나는 통계적 사고이다. 결정론적 인식론을 기초로 하는 수학적 체계에서는 필연성이나 완전성을 중요시하지만, 통계학에서는 경험으로부터 얻는 지식의 유용성을 잃지 않기 위해 합리성을 최대한 잃지 않는 선에서 우연에 의한 불완전

성을 인정한다(남주현, 2007). 맥락의존적 사고는 통계학의 정체성이 수학의 공리체계처럼 그 자체의 완결성에 있지 않고 방법론에 있기 때문에 나타나는 통계적 사고이다. 통계학을 하나의 연구방법론으로서 적용하게 될 경우, Wild & Pfannkuch(1999)의 언급대로 통계적 지식과 맥락적 지식의 통합이 통계학에서의 근원적인 사고 유형으로서 자리매김하게 된다. 마지막으로 자료기반적 사고는 통계학이 자료를 고유의 연구 대상으로 채택함에 따라 얻게 된 통계적 사고이다. 한정된 자료를 바탕으로 비결정론적 인식론을 받아들임으로써 통계학은 귀납과 가추라는 개연추론의 연단을 거쳐 경험적 지식의 유용성을 극대화한다(Park, 2015).

요컨대, 이론과 계산 중심의 통계교육은 통계학을 수학의 하위 범주로 분류함으로 인한 것이며, 전통적 통계교육에 대한 반성은 통계학과 수학의 차이를 조명하게 하였다. 수학과는 독립된 학문으로 통계학의 정체성을 확립하기 위해 많은 연구자들이 연구 대상, 연구 내용, 연구 방법에 주목하였고, 이는 통계학과 수학의 인식론적 전제가 상이함을 드러내었다. 인식론적 전제의 차이는 수학과 통계학을 다루는 인간의 인지 활동 역시 다를 수밖에 없음을 정당화하며, 나아가 인간의 복합적 인지 활동인 교수·학습의 차이 역시 필연적임을 뒷받침한다. 1990년대부터 이러한 인식이 통계교육 연구에 본격적으로 반영되기 시작하면서, 학습자의 인지와 역량을 드러내는 통계적 사고, 추론, 소양이 통계교육에서 추구해야 하는 목표로 주목받게 되었다.

## 1.2. 통계적 사고, 추론, 소양

기술 습득에 중점을 둔 전통적 통계 교수법에 대한 반성은 통계교육 연구에서 통계적 사고 개념이 본격적으로 주목받는 계기가 되었다(Pfannkuch & Wild, 2000). 통계학은 수학이 아니라 경험과학에서 비롯된 수리과학이라는 Moore(1992)의 주장을 출발점으로, 수학적 알고리즘 형태로 공식화된 통계적 도구 대신 사고에 주목하게 된 것이다(Gigerenzer, 1998). 이에 1990년대부터는 통계적 사고의 특징을 확인하는 연구(예를

들어, Moore, 1990; Cobb, 1992; Britz et al., 1997; Wild & Pfannkuch, 1999)가 이루어지기 시작하였고, 그간 전통적인 통계교육에 대한 대안으로 통계적 사고에 중점을 둔 통계교육의 필요성을 뒷받침하는 데 이러한 연구들이 활용되었다.

통계적 추론 개념은 통계적 사고와 명확히 구별하여 정의되기도 하고 혼용하여 사용되는 경우도 있으나, 대체적으로는 같은 능력을 지칭하는 용어라는 점에서 이견이 없다(Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010). 또한, 학자들마다 통계적 사고와 추론에 대한 이해가 다르고 서로 다른 정의를 사용한다는 점이 1998년도 제5회 ICOTS에서 확인되었다. 이러한 문제의식을 바탕으로 SRTL 포럼을 통해 통계적 추론과 사고에 대한 기초적인 정의가 아래와 같이 제시되었다(Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010).

통계적 추론은 통계적 아이디어를 통해 추론하고 통계 정보를 이해하는 방식으로 정의될 수 있다. 이는 자료의 집합, 자료의 표현, 자료의 통계적 요약에 기초하여 해석하는 것을 포함한다. 통계적 추론은 하나의 개념을 다른 개념과 연결시키는 것(예를 들어, 중심과 퍼짐), 자료와 가능성에 대한 아이디어를 결합시키는 것을 포함하기도 한다. 통계적 추론은 통계적 과정을 이해하고 설명할 수 있으며, 통계적 결과를 완전하게 해석할 수 있는 것을 의미한다(Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010, pp. 7-8).

통계적 사고는 통계적 탐색이 진행된 이유와 방법, 통계적 탐색의 근거가 되는 “포괄적인 아이디어”에 대한 이해를 포함한다. 포괄적인 아이디어에는 변이의 편재를 인식하는 것, 자료를 수치적으로 요약하거나 시각적으로 표현하는 자료 분석의 시기와 방법을 적절히 선택하는 것 등이 포함된다. 표집의 본질, 표본을 통해 모집단에 대해 추정하는 방법, 인과 관계를 설명하기 위해 실험 설계가 필요한 이유 등을 이해하는 것도 의미한다. 무작위 현상에 대한 시뮬레이션을 진행하기 위해 모델을 이용하는 방법, 확률을 추정하기 위해 자료를 조작하는 방법, 조사 연구를 위해 추정 도구를 사용하는 방법, 시기, 이유 등을 이해하는 것 역시 포함된다. 또한 통계적 사고에는 조사 연구를 구성하고 그 결론을 유도할 때, 문제 상황을 이해하고 이용하는 능력, 전체적인 절차(자료수집에서 문제를 제기하고 가정을 검증하여 해석에 이르는 과정 등)를 파악하는 능력이 포함된다. 마지막으로, 통계적으로

사고하는 사람은 해결된 문제나 통계적인 연구 결과를 비판적으로 평가할 수 있다(Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010, p. 8).

Chance(2002)는 통계적 사고가 교수·학습 상황을 벗어나 특정 맥락에서 자료를 탐구하고 통계적으로 문제를 제기하는 능력인 데 반해, 통계적 추론은 교수·학습 상황에서 학습한 기술과 개념을 이용한 통계적 실천에 필요한 것으로 정의하였다. 이와 비슷하게 Ben-Zvi & Garfield(2004/2010) 역시 통계적 사고는 통계적 탐색이 진행된 이유와 방법, 그리고 통계적 탐색의 근거가 되는 포괄적 아이디어에 대한 이해를 포함하는 광의의 개념인 데 반해, 통계적 추론은 통계적 아이디어를 통한 추론과 통계 정보의 이해 방식으로서의 협의의 개념으로 정의하고 있다. 이러한 차이는 논리학적 관점에서 사고와 추론을 구분한 이성범(2001)의 정의를 통해서도 설명할 수 있다. 그는 논리학적 관점에 따라 사고(thinking)를 “머리에 어떤 상념을 떠올리는 정신 작용 일반의 통칭”으로, 추론(reasoning)을 “근거를 찾고 사고에 체계적인 틀이 부여된 것”으로 정의하였다. 이 관점을 따르면 통계적 사고는 “통계학자의 정신 작용 일반의 통칭”으로, 통계적 추론은 “통계 학습을 위해 통계적 사고에 체계적인 틀이 부여된 것”으로 Chance(2002)와 Ben-Zvi & Garfield(2004/2010)의 설명을 부연할 수 있다.

한편, 영문에서 소양(literacy)은 “무언가를 읽고 쓰는 능력”을 뜻하며, 언어교육에서는 대개 ‘문식성(文識性)’으로 번역하여 사용된다. 통계학이 ‘자료과학’의 다른 이름으로 인식되고 있는 오늘날의 관점에서, 통계적 소양은 자료의 수집, 분석, 표현과 같이 “자료를 읽고 쓰는 데 필요한 능력”을 일컫는 용어로 이해할 수 있다. 통계적 소양 역시 통계적 사고, 추론과 함께 통계교육 연구에서 주로 학습자의 인지적 측면에 주목함에 따라 부각되기 시작하였다.

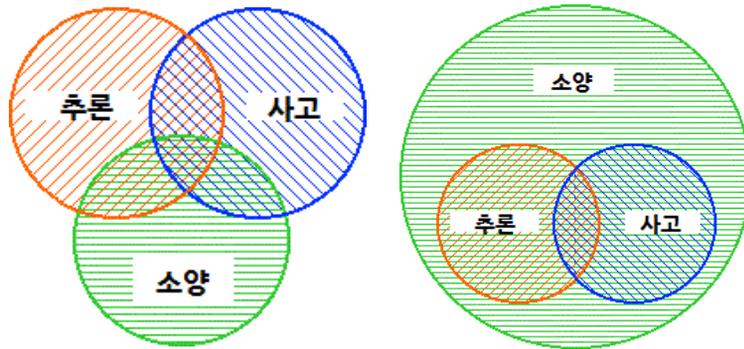
통계적 사고와 추론이 그러했듯, 통계적 소양 역시 통계교육의 개선을 위한 제언과 연구를 통해 그 필요성이 강력하게 제기되었으나 학자들의 정의가 일관되지 않은 형태로 사용되었다(Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010). 이에 이 분야에 속한 연구자들이 SRTL 포럼에서 통계적 소양에 대한 공

통의 정의와 목표에 대해 합의하고자 노력해왔으며, 이를 바탕으로 통계적 소양에 대한 일반적인 견해는 다음과 같이 요약할 수 있다.

통계적 소양은 통계 정보나 연구 결과를 이해하는데 이용되는 기본적이고 중요한 기능을 의미한다. 이러한 기능에는 자료를 조직하고, 표를 작성하여 제시하고, 자료를 다양한 표현으로 나타낼 수 있는 것 등이 있다. 또한 통계적 소양에는 개념, 용어, 기호를 이해하고 확률을 불확실성의 측도로 간주하는 것이 포함된다(Ben-Zvi & Garfield, 2004/2010, p. 7).

이러한 관점에 따르면 통계적 소양보다 더 심도 있는 수준의 개념 이해를 수반하는 것이 통계적 추론이며, 통계적 추론보다 더 높은 수준의 사고를 수반하는 것이 통계적 사고이다. 따라서 통계적 소양, 추론, 사고는 통계교육의 목표로서 [그림 III-1]의 왼쪽과 같이 각기 별개의 개념으로서 하나의 위계를 형성하게 된다(delMas, 2002). 소양과 추론, 사고의 위계 관계에 대해서는 학자들마다 이견이 존재하나, “읽고 쓰는 능력”이 대개 모든 성인들에게 요구된다는 점에서 통계적 소양은 통계교육에서 가장 기본적인 수준의 목표로서 다루어진다. Noll(2007)과 González(2014)는 교수활동 이외의 상황에서도 사용되는 일반적인 지식으로 통계적 소양을, 교사가 전문가로서 갖추고 있는 지식을 통계적 사고로 정의하였다.

그러나 이는 통계적 소양을 사고와 추론에 필요한 지식과 기술이라는 측면에서만 바라본 전통적인 관점에 기인한 것이다(delMas, 2002). 교수학적인 관점에서 통계적 소양과 사고, 추론 사이의 구분은 명확하지 않고 각 영역이 다른 영역과 독립적으로 개발되는 것도 아니다(고은성, 2015, p. 85). 2절에서 후술되는 바와 같이 오늘날 통계적 소양은 민주사회의 시민에게 필요한 통계교육의 목적으로서 다루어지고 있기 때문에, 통계적 소양은 [그림 III-1]의 오른쪽과 같이 포괄적인 개념으로 인식된다(Gal, 2002). 이때의 통계적 추론과 통계적 사고는 각각 통계 비전문가, 그리고 전문가로서 통계적으로 유능한 시민의 육성을 목표로 하는 통계교육의 세부 목표이다(고은성, 2015, p. 85).



[그림 III-1] 통계적 소양의 위계적 관점(왼쪽)과 포괄적 관점(오른쪽) 모델(delMas, 2002)

이와 같이 전통적 통계 교수법에서 탈피하고 통계교육의 개선을 이루어내기 위한 움직임으로서 통계적 사고, 추론, 소양 개념이 등장하였으나, 그 중 오늘날 통계교육의 목적으로서 통계적 소양이 나머지 두 개념을 포괄하면서 사용되고 있다. 이는 통계교육 개선의 방향을 탐색하기 위해 통계적 소양 개념이 어떻게 형성되어 왔고, 교육적으로 어떠한 의의를 지니는지를 고찰할 필요성을 역설한다.

## 2. 통계적 소양의 의미와 수준

이 절에서는 통계교육 연구자들의 선행연구를 통해 통계적 소양의 의미를 개인적 측면, 사회적 측면, 그리고 교육에서의 논의를 바탕으로 고찰하고, 학교 교육과정 수준에서 통계적 소양의 적절한 평가 기준을 마련하기 위한 통계적 소양의 수준 체계를 살펴본다.

### 2.1. 통계적 소양의 의미

통계교육의 필요성이나 통계교육의 목적이라는 측면에서 통계적 소양이 주목을 받고 있음에도 이에 대한 합의된 정의가 없어 그 의미는 매우

모호하고 다양하다(강현영, 2012, p. 122). 한편으로는 양적 소양(qualitative literacy)과 혼용되기도 하고, 다른 한편으로는 통계적 사고, 추론과의 관계가 학자들마다 다르게 규정되기도 한다. 다만, 여러 학자들이 통계적 소양을 정의할 때 특히 주목하는 부분을 확인할 필요가 있다. 이는 통계 교육에서 통계적 소양을 강조한다는 것이 의미하는 바를 명확히 해줄 수 있을 것으로 기대된다.

통계적 소양이 통계교육의 목적으로서 대두하게 된 계기는 1992년도 ASA의 회장이었던 Katherine K. Wallman의 연설인 것으로 보인다.

‘통계적 소양’은 일상생활 곳곳에 스며들어 있는 통계적 결과들을 이해하고 비판적으로 평가하는 능력을 말한다. 이는 공적 혹은 사적인 의견 결정, 전문적 혹은 개인적인 의사결정이 이루어지는 과정에서 통계적 사고가 기여하는 바를 인식하는 능력과도 결부된다(Wallman, 1993, p.1).

통계적 소양에 대한 Wallman의 정의는 크게 두 가지 측면에서 의미가 있다. 첫째, Wallman이 통계적 소양을 정의하면서 언급한 공적 차원과 사적 차원은, 각각 통계적 소양의 중요성을 사회적 측면과 개인적 측면에서 설명할 수 있음을 드러내었다. 이는 학습에 동기를 부여한다는 점에서 통계교육의 목적이라는 하나의 선언적 개념으로 자리매김하게 한다(강현영, 2012). 둘째, Watson(2006/2013)에 따르면 통계적 소양에 대한 Wallman의 정의는 통계 정보의 생산자보다는 소비자로서 학교 교육과정에서 개발되어야 하는 통계적 이해와 적용에 초점을 두었다고 볼 수 있다. 이러한 통계적 소양의 교육적 측면은 모든 학생들이 배워야 하는 공통적인 기반의 수학을 추구하는 현대 수학교육의 방향 하에서 포섭될 수 있다(NCTM, 2000).

위와 같은 논의를 바탕으로 통계적 소양은 다음과 같이 사회적 측면, 개인적 측면, 그리고 교육적 측면에서 의미를 탐색해볼 수 있다. 이 세 측면에서 탐색되는 의미는 서로 다른 내용을 담고 있는 것이 아니라, 통계적 소양의 교육적 가치를 다양한 각도에서 조명하기 위한 시선의 차이에서 비롯된 것이다.

### 2.1.1. 통계적 소양의 사회적 의미

통계적 소양의 포괄적 관점은 통계적 소양이 통계교육의 목적으로서 지니는 의의에 주목케 한다. 또한, Wallman은 소양이라는 용어를 “목표 지향적 행동에 필요한 능력으로서 인지적, 정의적 측면을 모두 포괄하는 광범위한 집합체”의 의미로 사용하였다. 통계적 소양에 대한 Gal(2002)의 정의는 바로 이러한 두 측면을 모두 고려한 것으로 볼 수 있다. 그는 통계적 소양이 한편으로 통계교육의 목적으로 인식된다는 점과 다른 한편으로 소양이라는 용어를 폭넓은 의미로 활용한다는 점을 모두 고려하여, 산업 사회에 살고 있는 성인들이 갖추어야 하는 통계적 소양을 다음과 같이 정의하였다.

통계적 소양과 서로 관련되어 있는 두 가지 요소가 있다. 그 중 하나는 다양한 맥락에서 접하는 통계 정보나 자료와 관련된 주장, 또는 확률 통계적 현상들을 해석하고 비판적으로 평가하는 능력이다. 다른 하나는 통계 정보에 대해 토론하고 의사소통하는 것인데, 예를 들면 정보의 의미를 이해하거나 정보가 함축하고 있는 것에 대해 의견을 제시하거나 또는 제시된 결론을 수용하는 것에 관심을 보이는 것 등이 이에 해당된다(Gal, 2002, pp. 2-3).

Gal(2002)의 관점에 따르면, 통계적 소양은 의사소통 능력과 비판적 평가 능력으로 구성된다. 이는 많은 통계교육 연구자들이 공통적으로 강조하는 핵심 역량이며(Rumsey, 2002; Watson 1997), ‘소양’이라는 단어에 비판적인 시민을 양성하는 현대 공교육의 시작점이라는 의미가 담김으로써 비롯된 것이라 볼 수 있다(Weiland, 2017). 오늘날 교육에서 소양은 단순히 읽고 쓰는 데 필요한 기술이라는 사전적 정의를 넘어서, “개인과 사회의 변혁을 위한 기반으로 사회적 인식과 비판적인 반성에 필요한 역량”이라는 사회적 의미를 포괄하게 되었다(UNESCO, 2005, p. 147).

Schild(1999) 역시 통계에 대해 비판적으로 사고하는 능력이 통계적 소양의 핵심 역량임을 강조하였다. 그러나 그가 비판해야 한다고 주장하

는 대상은 통계 그 자체로서, 귀납 추론을 방법론으로 채택하여 우연을 인정하는 통계의 불확실성에 대해 고려해야 함을 뜻한다. Gal(2002), Watson(1997) 등 많은 통계교육 연구자들이 통계적 소양에서 강조하는 비판의 대상은 다양한 대중매체나 뉴스, 여론조사 등에서 제시하는 정보이다. 시민에게 제공되는 정보와 자료들은 대개 정보 생산자인 저널리스트나 정치가, 광고주 등의 필요와 목표에 따라 선별적으로 혹은 왜곡된 형태로 제공되기 때문이다.

이와 같은 점에 비추어볼 때, 사회적 목표로서 지향되는 통계적 소양의 의미는 통계교육에서 통계적 문제해결의 중요성을 강조한다는 데 교육적 의의가 있다. 통계적 문제해결 과정은 대개 <표 III-1>과 같이 문제 제기, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석의 4단계로 구분되는데(Franklin et al., 2007), 비판적 평가의 대상이자 의사소통의 기반이 되는 통계 정보는 바로 이러한 단계를 거쳐 도출되기 때문이다.

<표 III-1> 통계적 문제해결 과정(Franklin et al., 2007, p. 11)

단계	설명
문제 제기	해결해야 하는 문제를 명확하게 하기 자료를 이용하여 답할 수 있는 몇 가지 질문으로 구성하기
자료 수집	적절한 자료를 수집할 계획을 설계하기 계획에 따라 자료를 수집하기
자료 분석	적절한 그래프나 수치적 방법을 선택하기 자료를 분석하기 위해 선택한 방법을 사용하기
결과 해석	분석한 것을 해석하기 본래 문제와 해석을 관련짓기

통계적 소양은 기존의 통계적 사고나 추론보다도 훨씬 더 넓은 범위에서 자료의 수집과 표현을 비롯한 모든 자료 중심 행위와 관련 개념, 요소들을 통합하는 포괄적인 개념으로 자리잡게 되었다. 그 결과 통계적 소양은 민주사회의 시민에게 필요한 통계교육의 목적으로서 다루어지고 있다. 구체적으로는 사회에서 뉴스, 대중매체나 투표 결과, 보고서의 형

식으로 소개되는 통계 정보를 읽고 이해하는 능력이 학교 교육에서 추구해야 하는 통계적 소양으로서 인식되고 있다(Watson, 1997; Garfield & Gal, 1999). 이때, 통계 정보의 이해는 이를 도출하기까지 이루어진 통계적 문제해결 과정의 이해를 뜻한다. 예를 들어, 언론을 통해 보도되는 여론조사 결과를 올바르게 이해하고 해석하기 위해서는 조사 기관이 어떤 방식으로 문제를 제기하여 조사 목적을 수립하였는지, 자료 수집은 어떤 절차를 거쳐 이루어졌고 분석은 어떤 방식으로 수행하였는지, 그 결과를 어떤 형식으로 표현했는지를 총체적으로 이해해야 한다.

그러나 수학·과학 성취도 국제 비교연구(The Trends in International Mathematics and Science Study, TIMSS)에서도 통계 영역에서 비판적인 능력을 평가하지 않는 등(Watson, 2002, p. 28), 통계 정보 사슬의 중요한 구성원인 학생들에게 통계적 소양은 충분히 강조되고 있지 않은 것으로 보인다. 이는 학교 교육과정에서 통계학의 역사가 상대적으로 짧아 학교 수준에서 통계적 소양에 대한 관심이 그리 오래되지 않았기 때문이다(Watson, 2006/2013, p. 21). 따라서 통계교육의 목적으로서 통계적 소양이 지니는 사회적 의미가 개인의 인지와 역량의 차원으로 어떻게 변환되는지에 대한 고찰이 필요하다.

### 2.1.2 통계적 소양의 개인적 의미

통계교육의 목적이라는 관점에서 통계적 소양의 사회적 의미가 총론이라면 개인적 의미는 각론에 해당한다. 즉, 통계 정보에 기초한 의사소통 능력과 비판적 평가 능력을 갖춘 민주 시민이 되기 위해 학생들이 갖추어야 하는 세부적인 역량을 확인해야 한다. 따라서 통계적 소양을 지닌다는 것이 개인에게는 어떠한 의미를 지니는지 살펴봄으로써 통계 교수·학습에 시사점을 얻을 수 있다.

Ben-Zvi & Garfield(2004/2010)는 통계적 소양을 통계적 사고, 추론과 대비하여 정의함으로써 학습자 개인의 역량에 주목한 바 있다. 이에 따르면 통계적 소양은 통계 정보와 연구 결과를 이해하는데 이용되는 기본

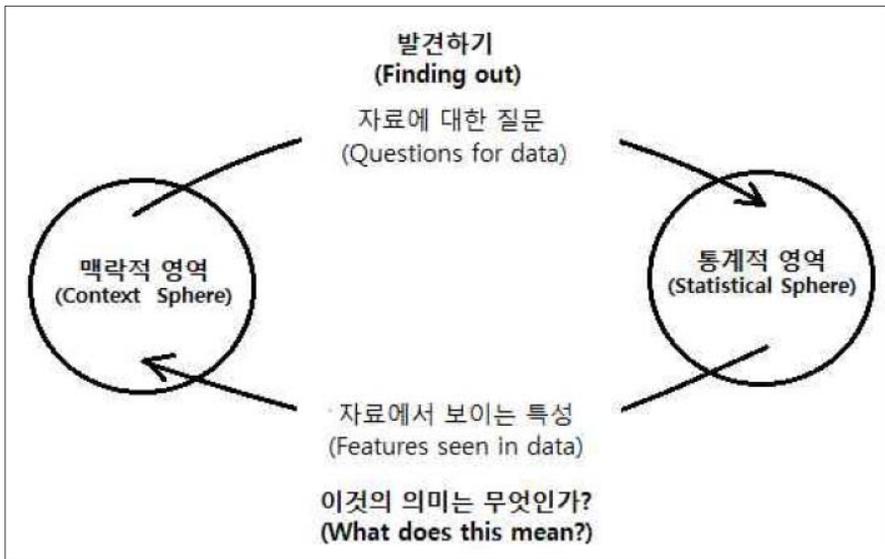
적이고 중요한 ‘기능’으로서 정의된다. 이러한 관점은 개념과 용어, 기호를 이해하는 인지적 측면, 그리고 자료를 조직하고 표를 작성하고 자료를 표현하는 실천적 측면을 동시에 내포하고 있다. 어느 쪽이든 개인의 역량에 주목한 정의라는 점에서 이를 통계적 소양의 개인적 측면을 강조한 것이라 할 수 있다.

윤현진, 박선용, 김서령, 이영하(2009) 역시 학교 교육에서 추구해야 하는 통계적 소양에 대해 다음과 같이 언급한 바 있다. 이는 학교 통계교육의 목적에 비추어 조금 더 포괄적인 관점에서 학습자들에게 기대하는 통계적 역량들을 종합하여 통계적 소양을 정의한 것으로 볼 수 있다.

적절하고 충분한 통계적 방법과 알고리즘적 지식을 갖고, 상황에 따라 사용하려는 통계적 방법의 타당성, 자료의 적절성을 평가할 수 있으며, 사용하는 통계적 방법을 바르게 이해하여 이를 적절한 논리로 정당화할 수 있는 통계적 사고 능력을 갖고, 정신도야와 지식의 습득 과정에서 자료와 경험을 소중히 여기는 태도와 가치관을 형성하는 것, 그리고 바른 자료 수집 방법의 지식과 통계 윤리의식에 따라 필요한 통계적 방법을 정확하게 사용하는 능력이다(윤현진 외, 2009, p. 81).

통계적 소양의 개인적 측면에 주목한 학자들은 통계적 문제해결 과정에서 필요한 능력이 궁극적으로 ‘자료’를 다루는 능력임을 구체화하여 제시한다. 다만, Ben-Zvi & Garfield(2004/2010)는 자료의 조직과 표현이라는 실제 맥락에서의 활동에 조금 더 주목한 반면, 윤현진 외(2009)는 통계적 방법이라는 이론적 모형의 실제 구현에 초점을 두었다는 점이 다르다. 이는 자료를 중심으로 이루어지는 통계적 문제해결 과정이 [그림 III-2]와 같이 맥락적 영역과 통계적 영역 간의 상호 관계 속에서 이루어지기 때문이다(Wild & Pfannkuch, 1999). 구체적으로, 맥락적 영역으로부터 제기되는 문제를 해결하고자 통계적 영역에서 자료 분석 활동이 수행되고, 그 결과의 의미를 이해하기 위해 다시 맥락적 영역으로 돌아가 결과를 문제, 자료의 맥락과 연결하여 해석하는 활동이 수행된다(윤형주, 고은성, 유연주, 2012, p. 139). 맥락적 영역과 통계적 영역 중 더 주목하는

바에 따라 통계적 소양을 정의하는 방식이 다를 수 있지만, 이를 통해 통계 교수·학습에 제공하는 시사점으로 맥락적 영역과 통계적 영역 간의 상호작용 강조를 도출할 수 있다.



[그림 III-2] 맥락적 영역과 통계적 영역 간의 상호 관계  
(Wild & Pfannkuch, 1999, p. 228)

통계적 소양의 개인적 측면과 사회적 측면은 관점에 따른 차이일 뿐, 서로 유리되어 있는 것이 아니다. 이영하(2014)는 “통계적 소양이 부족한 사람들에 의해 사용되는 잘못된 통계가 오히려 사회를 혼탁하게 만드는 이유가 되기도 한다”는 경고와 함께 통계적 소양의 개인적 측면이 결코 사회적 측면과 무관할 수 없음을 시사하였다(p. 38). 통계적 소양의 사회적 측면과 개인적 측면은 학교에서 추구하는 통계교육의 목표로서 통계적 소양의 교육적 가치를 설명해준다. 또한 통계적 소양이 학생 개개인의 역량으로 학습되기 위해서는, 통계적 소양이 교육적 측면에서 지니는 의미를 고찰할 필요가 있다.

### 2.1.3. 통계적 소양의 교육적 의미

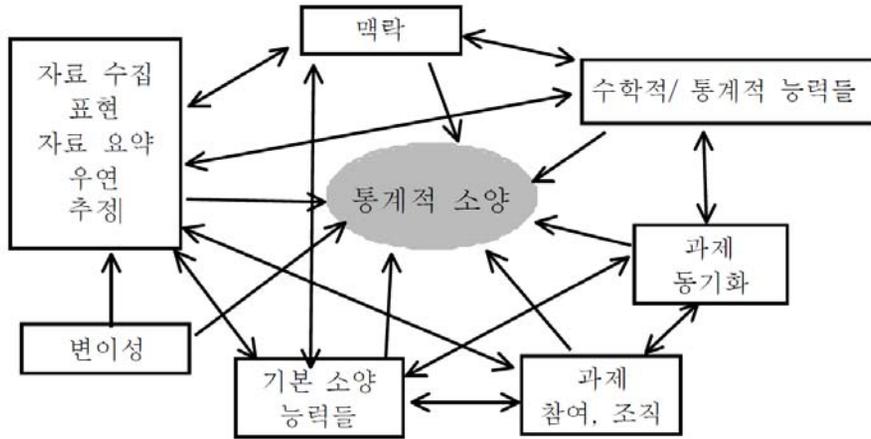
GAISE 보고서에 따르면, 통계교육을 통해 최종적으로 지향하는 바는 시민으로서, 개인의 선택 과정에서, 직장에서, 그리고 과학에서 필요한 통계적 소양을 함양하는 것이다(Franklin et al., 2007). GAISE 보고서에서 지향하는 통계교육의 목표는 다음과 같이 서문에 잘 드러나 있다. 이와 같은 통계교육의 방향성은 통계적 소양의 개인적, 사회적 의미를 모두 아우르는 보편적 의미를 지닌다고 볼 수 있다.

모든 사람들은 고등학교를 졸업하고 나면 타당한 통계적 추론을 이용하여 시민, 직장인, 그리고 가족의 일원으로서 필요한 것들에 지적으로 대응할 수 있어야 하며, 건강하고 행복하고 생산적인 삶을 영위하기 위해 준비할 수 있어야 한다(p. 1). ... 이 보고서에서 제시한 체계대로 통계교육이 이루어진다면, 학교를 졸업한 사람들이 현대 사회에서 살아남는 데 반드시 필요한 역량을 신장할 수 있다(p. 4).

Gal(2002)은 통계적 소양에서 무엇보다도 다양성을 인정해야 한다고 밝히고 있다. 이는 대상과 맥락에 따라 기대되는 통계적 소양이 동일할 수 없음을 뜻한다. 초등학생, 중학생, 고등학생, 대학생에게 기대되는 통계적 소양 수준이 같을 수 없고, 뉴스를 읽을 때, 광고를 읽을 때, 직장에서 통계를 이용할 때 기대되는 통계적 소양 수준이 같을 수 없다(고은성, 2015, p. 85). 마찬가지로, 학교 현장에서 실제로 학생들에게 기대되고 다루어지는 통계적 소양의 의미에 대해 고려할 필요가 있다.

학교수학에서 다루어야 하는 통계적 소양에 대해 Watson(2006/2013)은 다음과 같이 기술한 바 있다. 나아가, 학교 교육과정과 교차하는 통계적 소양의 요소 간 연결을 [그림 III-3]과 같이 모델로서 제시하였다.

통계적 소양은 자료와 가능성을 다루는 교육과정과 일상 세계의 교차점이다. 교차점은 미리 연습할 수 없는 맥락과 자동적으로 발생하는 의사결정과 관련이 있는데, 이는 모두 통계적 도구, 일반적인 맥락적 지식, 비판적 소양 기술을 적용하는 능력에 기반을 둔다(Watson, 2006/2013, p. 22)



[그림 III-3] 통계적 소양의 요소 간 연결(Watson, 2006/2013, p. 297)

이와 같이 통계적 소양의 교육적 측면에 주목했던 Watson의 시도는 몇 가지 중요한 의미를 가진다. 첫째, 통계적 소양은 적어도 학교 교육과정을 넘어가지 않는 수준에서 다루어질 수 있다는 사실이다. 실제로 Watson & Callingham(2003)은 학생들의 통계적 소양 수준을 확인할 수 있는 다양한 과제들을 개발, 선정하여 활용하였다. 이 과제를 수행하기 위해 필요한 수학적 기술들은 비례, 비율, 백분율, 부분과 전체 관계에 대한 이유 정도이고, 통계적 기술 역시 대푯값, 확률의 이해 및 계산 정도로 중학교 교육과정의 수준을 넘어가지 않는다(Watson, 2006/2013). 둘째, 학생들의 통계적 소양 발달을 단계별로 제시할 수 있다. 교육과정과의 교차점으로서 통계적 소양은, [그림 III-3]에 해당하는 각각의 요소들과 관련된 과제를 학생들이 어느 정도로 수행하느냐에 따라 수준을 구별하는 것이 정당화된다. 교육과정을 통해 단계적으로 구현할 수 있는 통계적 소양의 수준이 존재한다면, 통계적 소양 함양을 위한 교육은 곧 통계적 소양의 수준 상승을 모색하는 교육으로 조작적인 정의가 가능하다. 따라서 통계적 소양의 교육적 의미가 통계 교수·학습에 제공하는 시사점을 확인하기 위해서는, 통계적 소양의 수준 체계에서 대한 선행연구 결과들을 분석해 볼 필요가 있다.

## 2.2. 통계적 소양의 수준

교육 목표의 달성은 평가로 확인하며, 평가 결과는 새로운 교육 목표를 선정한다는 점에서, 평가의 관점은 교육 목표와 일치한다(이경화 외, 2016). 통계교육의 목적으로서 통계적 소양이 온전히 자리잡기 위해서는, 통계적 소양을 이루는 요소별 세부 목표가 선정되고 이를 평가할 수 있는 기준이 마련되어야 한다. 이는 오늘날의 ‘학습으로서의 평가’ 개념에 비추어보았을 때 더욱 중요한 이슈로 인식된다(Swaffield, 2011). 최근에는 학습자들이 학습에서 위치하는 바, 나아가야 하는 바를 판단하기 위해 증거를 찾아 해석하는 과정으로서 평가의 의미를 규정하고 있다.

통계적 소양의 평가 기준을 마련하고자 했던 여러 시도들은 대부분 호주의 통계교육 연구자인 Jane M. Watson을 중심으로 이루어져왔다. Watson은 교육과정 내에서 통계적 소양의 교육적 의미와 요소를 끊임없이 연구해왔고, 통계적 소양의 평가 가능성을 꾸준히 모색해왔다. 그는 정치, 건강, 도시계획, 환경, 실업률, 스포츠, 과학, 문화 등 다양한 주제를 다룬 자료들이 범람하는 대중매체에서 사회적 의사결정을 할 때 반드시 필요한 통계적 사고로서 통계적 소양을 정의하였다(Watson, 1997, p. 107). 그리고 간단한 과제를 토대로 <표 III-2>8)와 같이 통계적 소양의 수준을 제시하여 통계적 소양을 평가하기 위한 기준 마련의 토대를 닦고자 하였다.

통계적 소양의 사회적, 개인적 측면을 기준으로 수준 체계를 제시한 Watson(1997)의 시도는 다양한 통계적 개념에 대한 학생들의 이해 정도를 판단하고 범주화할 수 있는 기준을 마련해주었다는 점에서 의의가 있다. 학생들은 통계적으로 핵심적인 아이디어들에 대해 이해하는 양상을 다양하게 보여준다. 예를 들어, 학생들이 선택하는 표본의 크기도 다양하

---

8) 본 논문에서는 통계적 소양 수준 체계로서 Watson(1997)의 체계와 Watson & Callingham(2003)의 체계를 제시한다. 각 체계에서 지칭하는 수준 범주를 구분하기 위해 전자는 수준 앞에 W를, 후자는 WC를 임의로 표기한다. 예를 들어, W2 수준은 Watson(1997)의 통계적 소양 2수준을, WC4 수준은 Watson & Callingham(2003)의 통계적 소양 4수준을 의미한다.

<표 III-2> Watson(1997)의 통계적 소양 수준 체계

수준	개요
W1 수준	확률·통계에서 사용하는 용어를 기초적으로 이해하는 수준
W2 수준	맥락 내에서 확률·통계적 언어와 개념을 이해하는 수준
W3 수준	적절한 정당화가 없이 제기된 주장에 대해 비판적인 의문을 제기하는 수준

고, 학생들이 선택하는 표집 방식도 다양하며, 학생들이 표집 과정에서 고려하는 요소 역시 다양하다(Watson & Moritz, 2000a, 2000b). 그러나 Watson(1997)이 제시한 체계는 표본에 대한 학생들의 이해 양상을 범주화할 수 있는 기준을 제공해줄 뿐만 아니라, 이를 바탕으로 학생들의 발달 과정을 선형적으로 확인할 수 있게 해준다는 점에서 교육적으로 유의미하게 활용될 수 있다.

Watson(1997)의 체계에서 수준을 결정짓는 가장 결정적인 요소는 바로 맥락이다. W2 수준은 W1 수준과 달리 맥락이 부여하는 의미와 더불어 통계적 용어를 이해해야 하며, W3 수준은 통계적인 주장이 도출된 통계적 문제해결의 맥락을 총체적으로 이해해야 다다를 수 있는 수준이다. 즉, 통계적 소양의 수준은 통계적 소양에 대한 Watson(2006/2013)의 정의에서처럼 “미리 연습할 수 없는 맥락”을 얼마나 이해하고 활용하는지에 따라 결정된다.

그러나 Watson(1997)의 수준 체계는 구체적으로 학생들이 각 수준에서 통계적 문제해결 중 맥락을 어떻게 이해하고 활용하는지에 대한 명확한 설명이 되어 있지 않다. Watson & Callingham(2003)은 Watson(1997)이 제시한 기존의 틀 외에 새로운 틀이 필요한 이유에 대해 다음과 같이 언급하였다.

통계적 소양에 대한 Gal(2002)의 정의를 보면서, 자료와 가능성 교육과정과 관련된 개념을 이해하는 능력, 변이를 고려하는 능력, 그리고 제시된 맥락과 상호작용하는 능력이 통계적 소양을 구성하는 데 매우 유의미한 요소임을 깨달았다. 여기에는 과제를 수행하는 데 필수적인 수학 용어와 적절한

통계적 기술이 포함된다(Watson & Callingham, 2003, p. 8).

이에 Watson & Callingham(2003)은 1993년부터 2000년까지 장기간에 걸친 3~9학년 학생 3,852명을 대상으로 지필 검사를 통해 학생들의 반응을 코딩하여 분류하고, 이를 바탕으로 통계적 소양의 수준을 나타내는 새로운 틀을 <표 III-3>과 같이 제시하였다. 이는 한편으로 통계적 소양의 위계가 실제로 존재한다고 볼 수 있음을 실증적으로 뒷받침하였다는 점에서, 다른 한편으로 통계적 소양의 복잡한 특성을 이전보다 더 잘 반영하였다는 점에서 의의가 있다. 이들의 연구 결과에 따르면 학생들의 통계적 소양은 위계를 갖는 여섯 가지 범주가 존재한다.

Watson & Callingham(2003)이 제시한 통계적 소양의 여섯 수준은 연구자의 사고 실험이나 문헌 분석을 통해 개발된 것이 아니라, 학생들의 과제 수행 결과를 토대로 분류된 것이다. 따라서 이 수준 체계는 통계적 소양을 학교 교육에서 평가하는 기초적인 잣대를 마련해주었다는 점에서, 통계적 소양의 의미와 요소를 탐구했던 이전의 선행연구보다 진일보한 것임에 분명하다. 이후로 학교 교육의 맥락에서 통계적 소양의 교수·학습과 평가가 통계교육의 새로운 이슈로 대두하게 되었다. 즉, 통계적 소양을 수준별로 범주화하는 시도는 통계 교수·학습과 평가에 분명한 시사점을 제공하고 있는 것이다.

<표 III-3>에서도 확인할 수 있듯이, 통계적 소양의 각 수준은 학생들이 맥락을 활용하는 양상을 묘사하는 형용사로 명명되었다. Watson(1997)이 통계적 소양 수준을 결정짓는 요소가 맥락임을 환기했다면, Watson & Callingham(2003)은 각 수준별 맥락에 대한 학생들의 인식을 분명하게 드러낸 것이다. 통계적 소양 함양을 학생의 통계적 소양 수준 상승이라고 조작적으로 정의한다면, 맥락에 대한 학생들의 인식을 변화시키기 위한 교사의 역할이 실제 통계 교수·학습 개선의 핵심이 될 것으로 기대할 수 있다. 학생들이 통계적 문제해결에서 맥락을 이해하고 활용하는 양상의 변화를 이끄는 것, 이를 위한 교사의 역할을 탐색할 필요가 있다는 것이 통계적 소양의 교육적 의미와 수준 체계가 통계 교수·학습에 제공하는 중요한 시사점이다.

<표 III-3> Watson & Callingham(2003)의 통계적 소양 수준 체계(p. 14)

수준	개요
WC1 수준	<p><b>부적절한(idiosyncratic) 수준</b></p> <p>맥락을 부적절한 방식으로 활용하거나 용어를 모호하게 사용하며, 표를 읽거나 개수를 하나하나 세는 기초적인 수학적 기술에 의존하는 경향이 있다.</p>
WC2 수준	<p><b>비형식적인(informal) 수준</b></p> <p>직관적이고 비통계적인 믿음을 통해 맥락을 구어적이고 비형식적인 방식으로 활용하며, 복잡한 개념과 상황에서 특정 요소 한 가지에 주목하는 경향이 있다.</p>
WC3 수준	<p><b>비일관적인(inconsistent) 수준</b></p> <p>맥락은 선택적으로 그저 보조를 맞추는 형식으로 활용되며, 결론에 대한 적절한 정당화가 제대로 이루어지지 않는 모습을 확인할 수 있다.</p>
WC4 수준	<p><b>일관적이거나 무비판적인(consistent and non-critical) 수준</b></p> <p>맥락을 적절히 활용하지만, 맥락을 비판적인 시각에서 바라보지는 않는다. 그래도 통계적 개념의 다양한 측면을 고려하여 용어를 사용하며, 명확한 우연 상황에서는 변이를 인식한다. 또한, 평균과 확률을 계산하고 그래프를 제대로 그리는 정도의 통계 기술을 보여준다.</p>
WC5 수준	<p><b>비판적인(critical) 수준</b></p> <p>여러 맥락에서 비판적인 의문을 제기하며, 용어의 사용도 적절히 이루어지고 변이도 정확히 인식하는 등 매우 높은 수준의 과제 수행 결과를 보여준다. 다만, 비판적인 의문을 제기하는 과정에서 비례추론과 같은 수학적 기술을 보여주지는 못한다.</p>
WC6 수준	<p><b>비판적이고 수학적(critical and mathematical) 수준</b></p> <p>대중매체나 우연 맥락 내에서 특정한 비례추론을 적절히 활용하는 능력을 보여준다.</p>

### 3. 논의

이 장에서는 그동안 여러 학자들에 의해 사용되어 왔고 통계교육의 목적으로서도 강조되고 있으나 그 의미가 모호했던 통계적 소양의 개념에 대해 세부적인 고찰을 시도하였다. 통계적 소양이 통계교육의 목적으로 대두하게 된 배경을 수학과 통계학의 차이에서부터 확인하였고, 통계적 사고, 추론과는 어떤 관계로서 정의되어왔는지를 살펴보았다. 그리고 통계적 소양의 교육적 의의를 확인하고자 통계적 소양의 의미를 사회적 측면, 개인적 측면, 교육적 측면으로 나누어 분석하였다. 통계적 소양은 대중매체에서 언론 등에 의해 선택적으로 제공되는 통계 정보를 비판적으로 평가하고 이를 바탕으로 의사소통하는, 민주 시민의 기본 소양이라는 의미로서 통계교육의 목적이 된다. 이를 위해 통계적 소양은 통계 정보를 개인이 이해하는데 필요한 기능적 측면으로서 통계적 문제해결과 밀접한 관련이 있다. 또한 통계적 소양은 학교수학이라는 틀 안에서 여러 요소와 연결이 되고 수준 체계를 이루어 평가의 대상으로서 다루어질 수도 있음을 확인하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 통계적 소양의 배경과 의미를 통해 확인할 수 있는 교육적 의의를, 통계 교수·학습에 대한 시사점<sup>9)</sup>의 형태로 세 가지를 도출하였다.

**시사점 1.** 통계학을 수학의 한 하위 영역으로 다루었던 전통적 관점에서 탈피하여, 통계학과 수학의 학문적 차이를 통계 수업에서 분명하게 드러내어 지도해야 한다.

통계적 소양이 통계교육의 목적으로 등장하게 된 배경에는, 통계학을 더 이상 수학의 관점에서 바라보지 않고 독자적인 대상과 내용, 방법을 갖춘 독립 학문으로 바라보겠다는 인식의 전환이 있었기 때문이다. 특히, 통계적 소양은 사고, 추론과 함께 정의되면서 자료의 조직, 표현과 같은

---

9) 이 절에서 명제로 제시하는 ‘통계적 소양이 통계 교수·학습에 제공하는 시사점’을 이후 본 논문에서 지칭할 때는 시사점 1과 같이 글씨체를 달리 표기한다.

실천적 기능의 측면이 강조되었다. 그리고 이러한 통계적 소양이 통계교육의 목적으로서 자리매김함에 따라, 교육 목적이 상이한 수학적 관점을 통계교육에 적용하는 것이 더욱 어려워졌다. 여러 학자들이 이야기하는 통계적 소양 교육은 자료과학으로서 통계학의 정체성 기반 위에서 이루어질 수 있다.

**시사점 2.** 통계 수업을 통해 학습자에게 통계적 문제해결 경험을 제공하고 이를 비판하거나 정당화할 기회를 부여해야 한다.

통계적 소양의 사회적 측면에 주목하는 학자들은 민주 시민으로서의 의사소통 능력과 비판적 평가 능력을 강조함으로써 학교에서 통계를 가르쳐야 하는 이유를 설명하고 있다. 이때, 통계 정보를 비판적으로 평가하고 이를 바탕으로 의사소통을 한다는 의미는, 통계의 오용과 오류에 의한 인지적 함정에 빠지지 않는다는 의미 또한 내포한다. 이영하(2014)는 통계적 무지(illiteracy)가 윤리적 문제로부터 자유로워질 수 없기 때문에 통계적 소양의 문제는 통계 윤리 문제와 직결된다고 주장하였다(p. 257). 통계 정보를 비판적으로 평가할 때 단순히 통계적 추론의 근원적 불확실성에만 의존해서는 안 된다. 맥락적 영역에서 사용자의 통계적 문제해결 과정이 정말 ‘통계적’인 것으로서 정당화할 수 있는지에 대해 평가할 수 있어야 통계적 소양을 갖추었다고 할 수 있다.

통계의 윤리성 문제를 논의하기 위해서는 통계를 하는 행위를 윤리적 관점에서 분석해 보아야 하고, 따라서 ‘통계를 한다’는 행위는 어떤 것인지를 먼저 살펴보아야 한다. 통계적 행위는 자신의 주장에 대해 자료 등의 경험적 근거를 토대로 그 정당성을 확보하려는 일련의 행위를 말한다. 자신의 주장의 정당성 확보를 목적으로 하는 행위이며, 이 행위가 윤리적으로 타당한가의 문제가 통계의 목적론적 윤리성 문제라고 할 수 있다. 즉, 정당성 확보의 과정에서 속임수와 같은, 윤리적으로 정당성이 없는 방법에 의한 것이 있다면 목적론적으로 문제가 있는 것이다. 예를 들면, 상관관계가 없어 보이는데 그래프를 묘하게 그려서 상관관계가 있는 것과 같은 느낌이 들도

록 한다면, 이는 윤리적으로 정당성이 없는 비윤리적 행위이다. 그리고 통계 윤리라고 하면 대개 이 윤리성 문제를 생각한다(이영하, 2014, p. 255).

**시사점 3.** 통계적 문제해결 과정에서 끊임없이 이루어지는 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용을 이해하도록 지도해야 한다.

언어교육에서 문식성 개념은 읽기와 쓰기 등 분절되어 다루어졌던 언어 행위를 통합적인 시각에서 다루었다는 데 의의가 있다고 알려져 있다(노명완, 2010, p. 10). 통계적 소양 역시 자료 수집, 해석, 표현 등의 통계적 절차들이 통계적 아이디어에 따라 어떠한 계열성도 없이 분절되어 다루어졌던 전통적인 통계교육 대신, 통계적 문제해결 과정을 학습 요소이자 방법으로 주목받게 하였다(고은성, 2015; Franklin et al., 2007). 그리고 이러한 통계적 문제해결 과정은 통계적 영역 내에서 전문가적인 사고로만 이루어지는 것이 아니라 맥락적 영역과 끊임없이 상호작용을 해야 한다. 통계적 영역과 맥락적 영역 사이에서 통계적 아이디어들이 상호 전환될 때 나타나는 여러 가지 현상들은 통계학자들의 수학적이고 이론적 논의만으로 설명할 수 없다. 이는 전통적 통계교육에 대한 반성에 반영되어 오늘날 통계적 소양 개념이 통계교육의 목적으로서 등장하게 된 계기가 되었다.

**시사점 4.** 학생들의 통계적 소양 수준이 상승할 수 있도록 과제를 통해 적절한 맥락을 제공해야 한다.

평가 결과는 학습의 증거를 찾아 교수 방향을 판단한다는 점에서, 평가가 교수·학습의 위치를 선점해야 한다는 관점이 강조되고 있다(이경화 외, 2016). ‘학습으로서의 평가’ 관점을 통계적 소양의 수준 체계에 적용한다면, 통계적 소양을 평가하기 위해 개발된 수준 체계에서 통계 교수·학습이란 곧 학생의 수준 전이를 지향하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 통계적 소양의 수준 체계는 통계적 소양의 교육적 의미와 더불어 맥락을 중심으로 한 교사의 역할을 부여한다. 예를 들어, Watson(1997)의

수준 체계에서, W1 수준에서 W2 수준으로 전이되기 위해서는 용어가 맥락에서 해석될 수 있어야 한다. 그러나 교사가 통계적 용어의 형식적 정의를 그대로 전달하는 것으로 학생들이 그 용어를 맥락에서 적절히 적용하리라 기대하기는 어렵다. 또한, Watson & Callingham(2003)의 수준 체계에서, 학생들이 WC3, 4수준에서 WC5, 6수준으로 상승한다는 것은 맥락에서 비판적인 의문을 제기할 수 있게 됨을 의미한다. 이는 맥락에 대한 이해가 선행되지 않으면 기대할 수 없다. 그래서 Watson(2006/2013)은 [그림 III-3]에서처럼 통계적 소양에 관련된 요소로서 과제의 형식과 동기 부여를 언급하였다. 교사는 수업 중에 활동지의 형태로든 발문의 형태로든 과제를 제시하는데, 이때의 과제는 학생들이 수행하면서 이해를 동반한 학습을 이끌어내는 데 기여해야 한다(Harlen & James, 1997).

지금까지의 논의를 종합하자면, 통계적 소양은 실제 맥락에서 통계적 문제해결 과정을 통해 학습될 수 있으며 통계학의 이론적 내용뿐만 아니라 윤리적 문제까지도 포함하는 포괄적인 개념으로서 학교수학에서 다루어져야 하는 역량이다. 그리고 교수·학습과 평가의 환류 관계에 비추어 보았을 때, 평가를 위한 기준으로 제시된 통계적 소양 수준 체계는 과제를 매개로 하여 수준의 상승이 이루어진다. 이때, 과제를 개발하고 변형하는 교사의 역할이 매우 중요한데, 정작 교사들의 지식은 과제에 주어진 맥락과 유리되어 적절한 통계적 소양 교육을 실천하기 어려운 경우가 많다. 이는 다음 IV장에서 이루어질 ‘통계적 소양 교육을 위한 교수 지식’에 대한 논의의 필요성을 뒷받침한다.

## IV. 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식

통계적 소양은 학교수학을 통해 장차 성인이 될 학생들이 함양해야 하는 통계교육의 목적이다. 교사는 이러한 목적을 실천하기 위한 주체이지만, 많은 예비교사 및 현직교사들이 적절한 통계적 소양을 갖추고 있지는 못하고 있다(탁병주, 구나영, 강현영, 이경화, 2017). 따라서 교사교육 체계의 개선을 통해 통계적 소양 교육의 의미와 전략에 대해 다각도로 이해하고 판단할 수 있는 기회를 제공해야 한다. 또한, 통계적 소양을 지도하기 위해 교사들에게 필요한 전문성이 무엇인지에 대한 논의가 필요하다. 교사들이 통계적 소양의 중요성을 인식하더라도, 실제로 통계적 소양을 강조하는 교육을 경험해보지 않고 수업에서 이를 실천하는 것은 거의 불가능에 가깝기 때문이다(이경화, 2015, p. 40).

이 장은 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 지식이 무엇인지를 확인하기 위한 목적으로 기술되었다. 첫 번째 절에서는 Shulman(1986)이 제시한 교수학적 내용 지식(pedagogical content knowledge, 이하 PCK), Ball, Hill, & Bass(2005)가 제시한 수학 교수 지식(mathematical knowledge for teaching, 이하 MKT)에 비추어 통계교육을 위한 교사의 지식으로서 통계 교수 지식(statistical knowledge for teaching, 이하 SKT<sup>10)</sup>을 개념화한 선행연구들을 살펴본다. 두 번째 절에서는 SKT에 대한 선행연구에서 통계적 소양을 어떻게 다루고 있는지 확인한 후, 교수 지식에 대한 Silverman & Thompson(2008)의 변형적 관점을 바탕으로 SKT와 통계적 소양의 관계를 재정립한다. 이를 종합하여 통계적 소양 교육을 실천하기 위해 교사가 갖추어야 하는 교수 지식을 세 번째 절에서 기술한다.

---

10) 이후 본 논문의 핵심어인 통계 교수 지식은 SKT로 표기한다. 단, 장과 절의 제목에서는 “통계 교수 지식” 표현을 그대로 유지한다.

## 1. 통계교육을 위한 교수 지식

이 절에서는 통계교육에서 교수 지식을 연구한다는 것의 의미를 간략히 확인하고, SKT의 구성 요소를 밝히고자 한 선행연구들을 개관한다.

### 1.1. 통계교육에서 교수 지식의 중요성

통계적 소양을 위한 통계교육을 실천하기 위해서는 통계를 가르치는 교사 역시 통계적 소양을 갖추어야 한다. 그러나 통계적 소양은 모든 성인에게 추구되어야 하는 기본 소양이며 교사만의 전문성에 해당하는 독자적인 영역에 포섭될 수 없다. 그래서 통계교육 영역에서 교사교육에 대한 많은 선행연구들이 교사의 역량을 소양 대신 ‘지식’의 관점에서 다루어왔다.

지식은 단순히 인식에 의하여 얻어진 성과의 일체를 지칭하는 것이 아니라, 타당성을 요구할 수 있는 판단의 체계로서 기능할 수 있는 것이다. 또한, 지식은 객관적 이데아로서든 상호주관적인 합의에 의해서든, 어떤 정보나 이해 등과 같은 단어로 대상화할 수 있으며 사고나 추론에 비해 명제의 형태로 진술하기 유리하다. 이러한 지식의 특성으로 인해 수업 개선을 위한 교사교육 연구에서는 특히 지식에 주목해왔다. 교사에게 필요한 지식을 탐색하고 교사의 지식과 다른 지식을 비교하며 교사의 지식을 측정하는 연구는 그만큼 조작적으로 명확해진다.

수학교육을 비롯하여 교육 문제에 대해 이야기할 때 “수업의 질은 교사의 질을 넘지 못한다”는 문장이 관용된다. 많은 통계교육 연구자들이 통계교육의 목적으로서 통계적 소양의 의미를 탐구하였고, 이를 학교 수준에서 평가할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 그러나 통계교육에서 추구하는 목표와 내용, 방법을 충분히 이해하고 교수·학습과 평가를 시행하는 교사는 매우 부족한 실정이다(Groth, 2008). 일례로, Leavy(2010)는 예비교사들이 초등학교에서 비형식적 추리를 지도하기 위해 진행하는 수업을 관찰하면서 수업을 준비하는 데 겪는 어려움을 확인한 바 있다. 이

에 따르면, 예비교사들은 비형식적 추리를 위한 핵심 요소에 대해 본인 스스로가 추론을 하는 데는 익숙하였다. 그러나 통계 수업에서 지나치게 절차에만 주목하고 통계 정보의 정당화나 근거 기반 해석에서 부족한 점을 드러냄으로써 학생들의 추론 발달을 위한 교수학적 맥락 구성에 어려움을 겪었다.

이러한 관점에 힘입어, 통계교육 연구자들은 기존의 수학교육에서 이루어져 온 PCK, MKT의 틀을 바탕으로 교사에게 필요한 통계 지식을 개념화하고자 시도하였다. MKT는 수학적 지식과의 비교를 통해서 개념화할 수 있었지만, SKT는 통계적 지식뿐만 아니라 MKT와도 비교가 이루어져야 유의미한 시사점을 도출할 수 있다. III장에서 언급한 바와 같이 통계적 소양이라는 통계교육의 목적은 수학과 통계학의 학문적 차이로부터 비롯된 것이기 때문이다.

## 1.2. 수학 교수 지식과 통계 교수 지식

선행연구에서 SKT 개념화에 가장 많이 사용된 틀은 Shulman(1986)의 PCK와 이를 기반으로 정교화한 Ball et al.(2005)의 MKT이다. 이 중 PCK는 “무엇이 특정 주제의 학습 난도를 결정하는지 이해하는 것까지 포함하며, 여러 연령대의 학생들이 가지고 있는 개념과 오개념, 그리고 가르치는 주제와 관련하여 학생들이 가지고 있는 배경지식에 대해 하는 것도 포함하는(Shulman, 1986, p. 9)” 범주의 지식으로서, 내용 지식 및 교육학 지식과 구별되는 제3의 지식이다. 무엇보다도, 내용(content)과 교육(pedagogy)이라는 측면이 동시에 강조되기 때문에 교사 전문성으로서의 지식을 설명하기에 매우 명확한 측면을 가지고 있다.

통계교육에서도 Watson, Callingham & Donne(2008)가 교사들의 과제 수행 결과를 통해 ‘통계 수업을 위해 교사에게 필요한 PCK(statistical pedagogical content knowledge, 이하 SPCK)’를 탐구하였다. Watson, Callingham, & Nathan(2009)은 이 SPCK의 요소들을 구체적으로 확인하고자 교사들을 대상으로 면담을 실시한 후 이를 <표 IV-1>과 같이 범주화하였다.

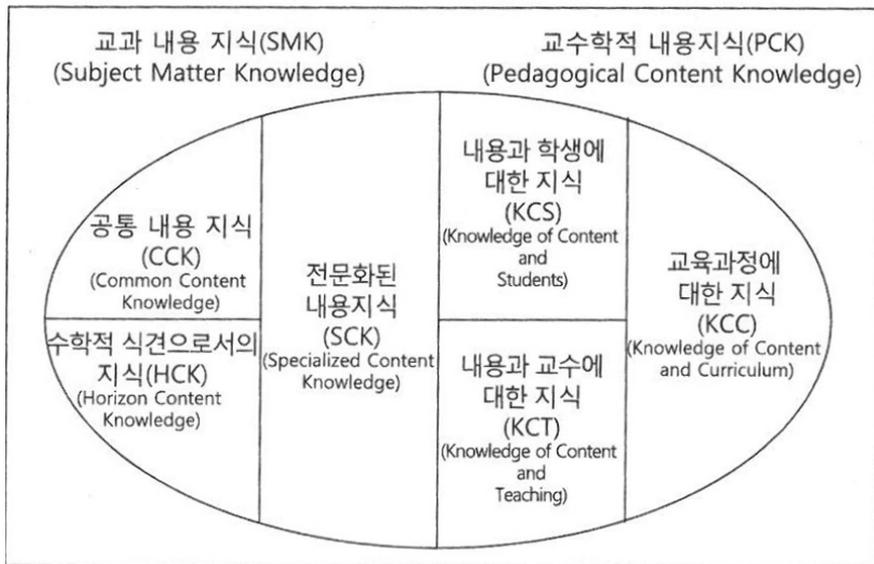
<표 IV-1> SPCK의 구성 요소(Watson et al., 2009, p. 567)

<p><b>핵심 아이디어의 인식</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 관련 개념을 연결지음</li><li>- 문제에 대한 특정 반응을 통해 의미를 추론</li></ul> <p><b>학생의 반응 예상</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 학생의 반응을 폭넓은 범위에서 예상</li><li>- 적절한 반응과 부적절한 반응을 명확히 구별</li><li>- 학생의 추론에 대한 이해를 보여줌</li></ul> <p><b>영역 특수적 전략의 활용</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 학생이 자신의 답을 설명하도록 질문을 구성</li><li>- 유사한 자료를 부여하거나 시나리오를 바꾸어 대안을 제시</li><li>- 개별적인 이해를 자원으로 활용하여 질문을 구성</li><li>- 특정 해석과 관련된 논의를 형성</li></ul> <p><b>일반화로 나아가기 위한 이동을 구성</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 통계적 모델로서의 그림과 실제 자료를 표현하는 매개의 차이를 드러냄</li><li>- 관련 통계적 아이디어들을 연결</li><li>- 다수(majority) 개념을 탐구</li><li>- 자료의 한계를 노출</li><li>- 대안적인 자료 표현을 통한 실험</li><li>- 언어 인지 도입</li></ul>
--

<표 IV-1>의 SPCK 요소 중 ‘핵심 아이디어의 인식’과 ‘학생의 반응 예상’은 각각 내용 지식과 학생에 대한 지식에 대응된다. 그리고 ‘영역 특수적 전략의 활용’과 ‘일반화로 나아가기 위한 이동 구성’은 학생의 예상 반응뿐만 아니라 이에 대한 교사의 교수학적 대처를 요구한다(Watson et al., p. 569). 이를 종합하면, 교사는 ‘핵심 아이디어를 인식’하는 내용 지식을 바탕으로 학생의 반응을 예상하고, 마찬가지로 내용 지식을 고려하여 질문과 과제 등을 통해 수업을 이끌어 나가야 한다. 또한, 수업에서

다루어진 경험적 지식을 일반화하기 위한 전략 역시 교사가 고려해야 할 몫이다.

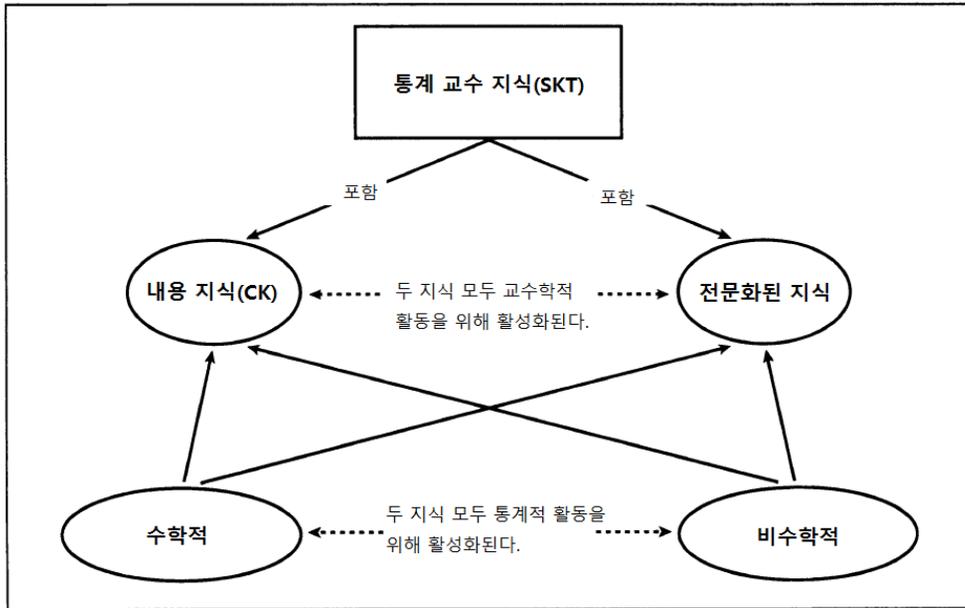
그러나 Ball, Thamea, & Phelps(2008)는 PCK 개념의 본질이 단순히 교수 지식에 대한 일반적 주장을 펼치는 데 있는 게 아니라, 교수 활동에 필요한 특수한 내용 지식의 필요성을 역설하는 데 있음을 주장하였다(p. 394). 즉, 교수 활동을 수행하기 위해 필요한 모든 종류의 수학 지식을 총체적으로 확인하기 위한 발견술로서 MKT의 개념이 등장한 것이다. MKT는 [그림 IV-1]과 같이 PCK에 비해 개념의 구조 및 하위 요소들이 잘 구성되어 있다는 점에서 많은 연구자들이 교사교육 연구의 중요한 발판으로 활용해왔다.



[그림 IV-1] MKT의 구조(Ball, Thames, & Phelps, 2008, p. 403)

통계교육 연구자들은 MKT를 바탕으로 SKT를 개념화하고자 노력하였다. 그러나 한편으로는 통계학을 수학의 하위 범주로 간주한 전통적 통계교육에서 벗어나 통계적 사고, 추론, 소양 교육을 위한 SKT를 탐색하기 위해 MKT와의 차별화 역시 중요하게 고려하였다. 이에 대한 고민이

가장 두드러지게 나타난 선행연구로는 내용 지식을 수학적 지식과 비수학적 지식으로 분류한 Groth(2007)가 있다. 그는 SKT를 [그림 IV-2]와 같이 수학적 지식과 비수학적 지식을 바탕으로 개념화된다고 설명하였으며, 특히 비수학적 지식의 탐구가 SKT 개념화의 핵심이라고 언급하였다.



[그림 IV-2] Groth(2007)의 SKT 구조(p. 429)

Wild & Pfannkuch(1999)는 통계적 문제해결 과정에서 통계학자들의 통계적 사고를 보여주는 틀을 4개의 차원(사고 유형, 조사 주기, 탐구 주기, 성향)으로 분류하여 제시한 바 있다. 이는 비록, 통계학자나 학생들의 사고를 대상으로 한 것이지만 Burgess(2007)는 교사 전문성 개발 프로그램에서 예비교사의 사고 조사나 교수 활동을 통한 학습자의 통계적 사고 촉진 등 다양한 연구에서도 사용될 수 있음을 시사하였다. 특히, 교수 지식이 영역 특수적인 방식으로 조직된다는 점을 고려하면, 수학과 통계학의 학문적 차이는 MKT와 다른 SKT의 틀을 만들 필요성을 뒷받침한다. 이러한 관점에서 Burgess(2007)는 SKT의 틀을 구축하는데 Wild & Pfannkuch(1999)의 통계적 사고 모델을 적용하였고, 교수 지식의 범주는

MKT의 연구를 반영하여 [그림 IV-3]과 같이 SKT의 개념화를 시도하였다. Burgess(2007)는 통계적 사고에 기반을 두고 통계적 문제해결 과정을 통해 통계를 가르치는 활동에서 교사에게 필요한 내용 지식을 탐색하기 위한 것으로 SKT를 정의함으로써, 교사 지식의 발견술로 출발한 MKT의 본질을 그대로 SKT에 구현한 것이다.

		통계 교수 지식(SKT)			
		내용 지식(CK)		교수학적 내용 지식(PCK)	
		공통 내용 지식(CCK)	전문화된 내용 지식(SCK)	내용과 학생에 대한 지식(KCS)	내용과 교수에 대한 지식(KCT)
통계적 사고	자료의 필요성 인식				
	통계적 변형				
	변이의 고려				
	통계적 모델을 이용한 추론				
	통계와 맥락의 통합				
	조사 주기				
	탐구 주기				
	성향				

[그림 IV-3] Burgess(2007)의 SKT 구조(p. 34)

지금까지 통계교사의 지식으로서 PCK, MKT의 틀을 주로 활용한 SKT의 구조를 다룬 연구를 확인하였다. 교사의 지식은 교수 행동에 직접적인 영향을 미치며 질 높은 수업의 필수조건이라는 관점에서(김성경, 2016), 통계 수업의 질적 제고를 위해 통계교육 연구자들은 교사에게 필요한 지식의 구성 요소에 주목하였다. 그러나 이러한 접근에서 대개 주목받는 요소는 학생에 대한 지식(knowledge of content and students, 이하 KCS), 교수법에 대한 지식(knowledge of content and teaching, 이하 KCT), 그리고 전문화된 내용 지식(specialized content knowledge, 이하 SCK)이다. 공통 내용 지식(common content knowledge, 이하 CCK)은 교수 활동 이외의 상황에서도 사용되는 지식이기 때문에 상대적으로 주목하지 않는다.

그러나 전통적인 통계교육과 통계적 소양 교육은 단순히 교수법의 차

이가 아니라 가르치는 내용부터 큰 차이가 있다. 예를 들어, III장의 논의에서 언급한 바와 같이 통계 윤리 문제는 전통적 통계교육에서 CCK에 해당하지 않으나 통계적 소양 교육에서는 CCK에 해당한다. Watson et al.(2009)은 비록 ‘핵심 아이디어의 인식’을 KCS로 분류하기는 하였으나, CCK와 같은 내용 지식이 전제되어야 신장할 수 있는 SPCK로 설명하였다. 따라서 통계교육의 목적으로서 지향되는 통계적 소양의 관점에서 필요한 SKT는 무엇인지를 총체적으로 확인해 볼 필요가 있다.

## 2. 통계적 소양과 통계 교수 지식

이 절에서는 SKT에 대한 기존의 선행연구에서 통계적 소양을 어떻게 다루어왔는지를 확인하고, 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식을 탐색하는데 교사 지식에 대한 변형적 관점을 대안으로 제시한다.

### 2.1. 통계적 소양과 통계 교수 지식의 관계

통계적 소양은 대개 SKT의 하위 범주로 분류되어 왔다(Noll, 2007; González, 2014). 선행연구자들이 이와 같은 관점을 취한 이유는, 표집 개념에 대한 과제 수행 결과를 바탕으로 대학원 수업조교의 SKT 분석을 시도한 Noll(2007)의 언급에서 확인할 수 있다. 교사에게만 요구되는 것이 아니라 모든 성인에게 요구되는 능력이라는 공통점에 착안하여 통계적 소양을 CCK로 분류한 것이다.

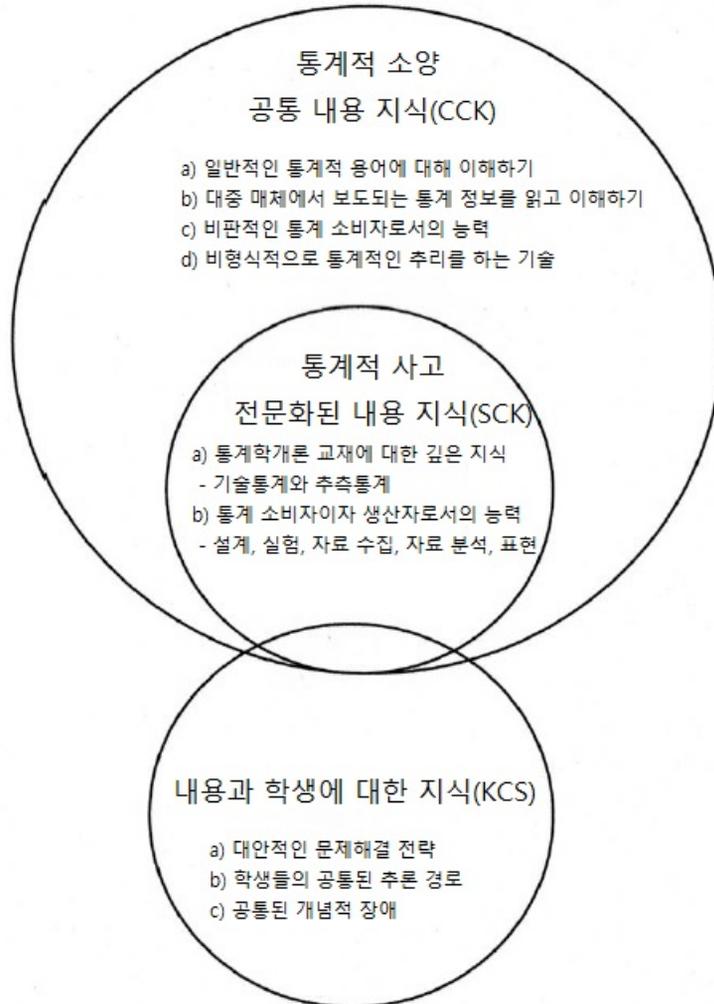
Ball(2005)은 “학교 교육을 이수한 성인 누구에게나 기대되는 수학 지식과 기술”로서 CCK를 정의하였다(p. 13). Ball과 Michigan 연구팀의 관심은 초등학교 수학에 있었고, 따라서 이들에게 CCK는 사칙연산과 같은 능력을 일컫는 것이었다. 통계교육 연구에서 통계적 소양은 CCK의 실제적인 예에 해당한다. 문헌 분석에서도 확인하였다시피 통계적 소양은 통계 정보의 소비자가 되는 능력으로서 정의된다(Gal, 2004/2010). 즉, 우리 사회에서 정규 교육

을 받은 모든 성인들은 대중매체, 인터넷 사이트, 신문, 잡지에 제시된 통계 정보들을 읽고, 조직하고, 해석하고, 비판적으로 평가할 수 있어야 한다 (Noll, 2007, p. 261).

그러나 통계적 소양을 SKT 모형에 CCK의 형태로 포섭하게 될 경우, 크게 두 가지 측면에서 문제가 발생하게 된다. 첫째, 통계적 소양을 SKT의 하위 범주로 바라보는 관점의 타당성이다. 통계적 소양은 단순히 통계학 내용 일반을 일컫는 단어가 아니라 이미 통계교육의 목표이자 방향이라는 사회적, 교육적 의미가 부여되어 있다. 통계치의 계산과 확률분포 이론과 같이 전통적인 이론 중심의 통계교육도, 통계적 문제해결 과정에서 자료를 읽고 쓰고 다루는 능력을 강조하는 소양 중심의 통계교육도, 모두 통계라는 동일한 교과를 다루고 있다. 그러나 전자와 후자는 내용과 교육적 측면에서 모두 교사에게 다른 SKT를 요구한다. 즉, CCK 개념은 통계적 소양이 지니고 있는 통계교육의 지향을 온전히 담아내지 못한다는 점에서 한계가 있다.

CCK와 PCK를 독립 요소로서 SKT를 구조화했던 다른 연구자들과 달리, Noll(2007)은 CCK로서의 통계적 소양이 반드시 PCK와 독립적으로 구별되는 것이 아니라고 주장하였다. 예를 들어, 교사가 교육과정에 대한 깊이 있는 이해를 추구하고자 다양한 통계적 아이디어들을 연결해나간다면, 이는 한편으로 대중매체에 제시된 통계 정보들을 올바르게 이해하는 통계적 소양도 향상시킬 수 있고, 다른 한편으로 통계적 문제해결 과정에서 학생들이 보여줄 수 있는 다양한 해결 전략들도 이해할 수 있게 된다(p. 267). 이렇게 CCK로서의 통계적 소양과 PCK 등 다른 지식 요소와의 관계는 [그림 IV-4]와 같이 도식화될 수 있다. 통계적 소양은 CCK로서 다루어지면서도 PCK와는 독립적이기 어려운 독특한 지위를 차지하고 있다.

둘째, 통계적 소양은 지식 요소 외에 성향 요소가 존재한다는 사실이다. 지식은 대상에 대해 인간이 가진 정보와 이해를 인식적 측면에서 지칭하는 것인 반면, 소양은 무언가를 읽고 쓰는 능력이다. 과학교사교육에서 환경적 소양의 구성 요소를 탐구했던 Pe'er et al.(2007)에 따르면, 소



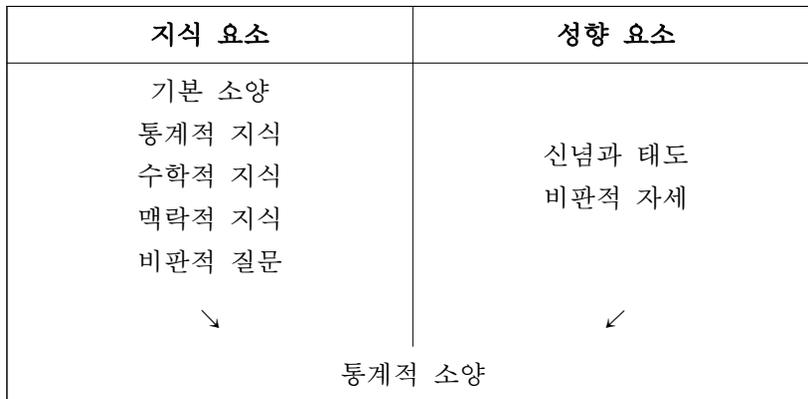
[그림 IV-4] Noll(2007)의 SKT 구조(p. 266)

양은 행동에 반영되며 행동은 인지적 요소와 정의적 요소 간의 상호작용에 의해 학습된다. 즉, 지식이 소양을 이루는 매우 중요한 구성 요소이지만 지식만이 소양으로 인해 파생된 능력을 온전히 설명할 수는 없음을 강조한 것이다. 그래서 Burgess(2007)는 [그림 IV-2]에서처럼 SKT를 개념화하면서도 동시에 성향 요소를 다른 차원으로 포함하여 논의하였다.

Gal(2002)이 제시한 통계적 소양의 구성 요소에서도 이와 같은 관점을

볼 수 있다. 그는 [그림 IV-5]와 같이 통계적 소양을 구성하는 여러 요소들이 크게 지식 요소와 성향 요소로 분류될 수 있다고 주장하였다. 통계적 소양에서 성향 요소가 지식 요소와 어떻게 구별될 수 있는지는 다음 인용문을 통해 확인할 수 있다.

통계적 소양에 관한 여러 개념에서 강조하고 있는 ‘비판적 평가’ 개념은 어떤 상황에서 유용한 통계 정보나 확률적 정보에 대한 단지 수동적인 해석이나 이해가 아니라 하나의 행동 양식이다. 만약 어떤 사람이 앞서 제시한 기초 지식을 사용하려는 성향 또는 자신의 의견, 판단, 대안적인 해석을 다른 사람과 공유하려는 성향을 보이지 않는다면 완벽한 통계적 소양을 지녔다고 말하기 어렵다(Gal, 2004/2010, p. 79).



[그림 IV-5] 통계적 소양의 구성 요소(Gal, 2002, p. 4)

통계적 소양의 관점에서는 통계교육을 통해 학생들이 정당화되지 않은 주장에 대해 비판적인 의문을 제기하는 능력을 갖출 수 있어야 한다(Watson, 1997). 학교수학에서 통계의 가치는 현대 사회에서 시민으로서 갖추어야 하는 비판적 평가 능력에 무게가 실리고 있기 때문이다(Weiland, 2017). [그림 IV-5]에서도 알 수 있듯이, 통계적 소양은 지식 요소 외에도 자료에 대해 의문을 가지는 자세와 태도, 그리고 이러한 행동이 정당하다는 신념을 모두 포괄하는 개념이다.

이상의 두 가지 문제는 통계적 소양을 단순히 SKT 내 요소인 CCK로

만 분류하는 것이 타당한 것인지에 대한 의문을 제기한다. 통계적 소양의 교육적 의의는 단순히 학교수학에서의 통계 교수·학습을 내용 측면 뿐만 아니라 방법 측면에서도 변화를 촉구하기 때문이다. 즉, 통계적 소양은 교과 내용 지식(subject matter knowledge, 이하 SMK)뿐만 아니라 PCK에도 영향을 미치며, 지식 외의 성향 요소가 존재하기 때문에 SKT의 구성 요소로 포섭된다고 보기도 어렵다. 따라서 교사의 잠재적 역량과 수업의 실제에 필요한 지식이 통계적 소양에 의해 구성되는 과정을 분석하는 일은, 특히 통계적 소양을 강조하는 수업의 방향 제고라는 측면에서 교사교육에 대한 다른 제공할 것으로 기대해볼 수 있다. 교사가 적절한 수학 지식을 갖추고 있어도 수업 과정에서 지식은 재구성되거나 증진되기도 하며 교사의 신념이 지식의 실행 과정에 영향을 미치기도 하기 때문이다(방정숙, 정유경, 2013).

## 2.2. 변형적 관점에서의 통계 교수 지식

그동안 여러 수학교육 연구자들은 MKT의 하위 요소들이 개별적으로 발전한다고 인식해왔다. 이수진과 신재홍(2015)은 이를 MKT의 통합적 관점이라 명명한 바 있다. 그러나 Ball et al.(2008)에 따르면 CCK, PCK 등의 개념은 MKT를 확인하는 유용한 발견술일 뿐이다. 따라서 CCK로서의 통계적 소양이 반드시 PCK와 독립적으로 구별되지는 않는다는 Noll(2007)의 언급은 통계적 소양이 반드시 수업 실천적 지식과 독립적이라고 볼 수 없음을 의미한다. 이에 기존의 통합적 관점의 대안으로서 교수 지식을 설명하는 새로운 모델이 등장하기 시작하였다.

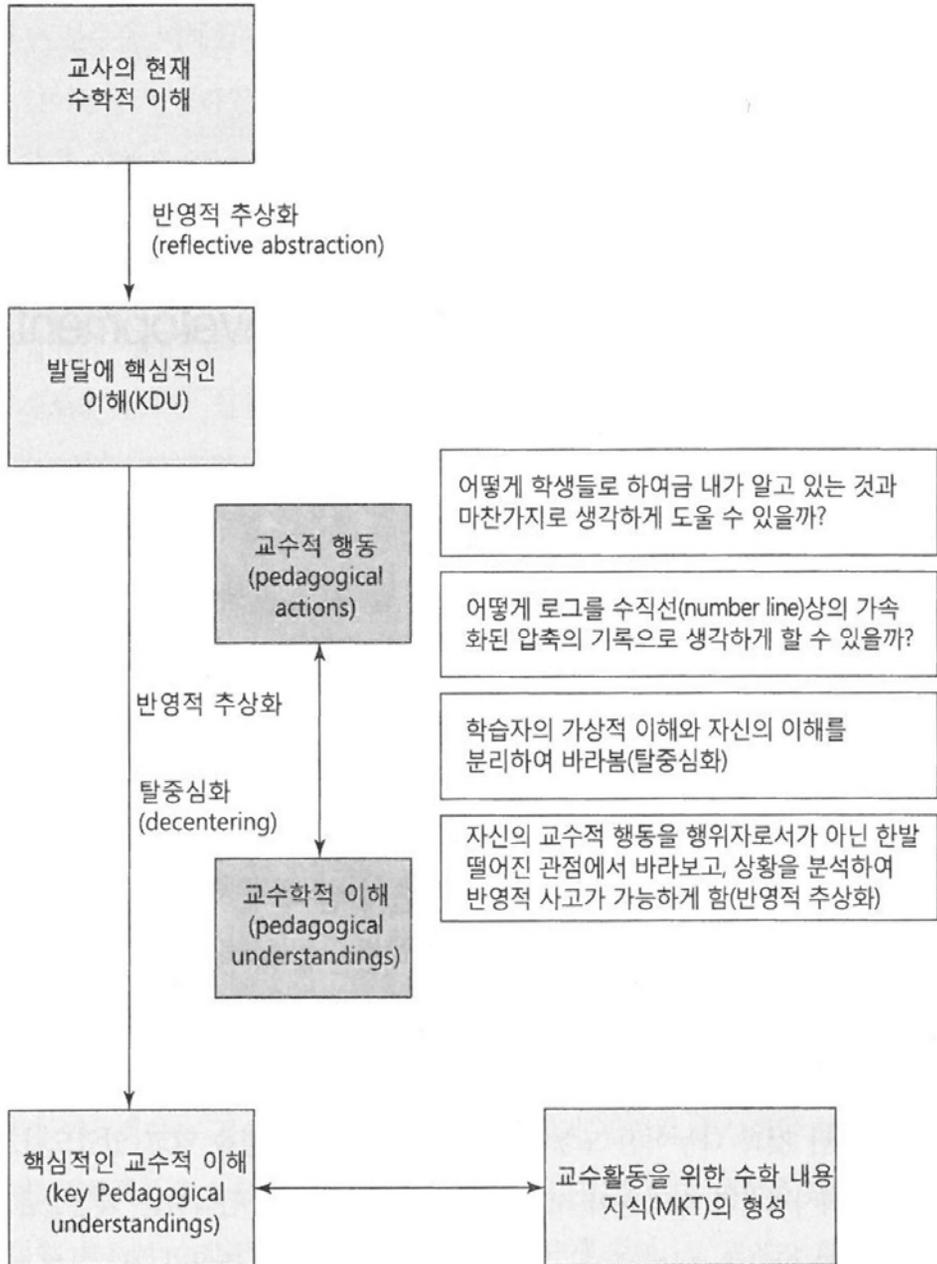
일례로, Rowland, Huckstep, & Thwaites(2003)의 지식 사중주(knowledge quartet, 이하 KQ)는 수업 맥락에서 여러 요소의 영향을 받아 지식 간의 상호작용을 통해 구성되는 유기체로서 교수 지식을 바라보는 관점이 반영된 개념이다. KQ는 지식을 토대, 변환, 연결, 우발의 4개 차원으로 바라보면서 수학을 가르치는 과정에서 지식이 발현되는 양상을 분석하는데 초점을 둔 모델이다. 이러한 실천적 관점은 교사가 사전에 갖추어야

하는 대상화된 지식에 주목했던 MKT와 달리 수업이라는 실천 과정에서 발견되는 지식에 주목했다는 점에서 수학 교수 지식에 대한 새로운 시각을 제시한다는 의의가 있다(정유경, 방정숙, 2015).

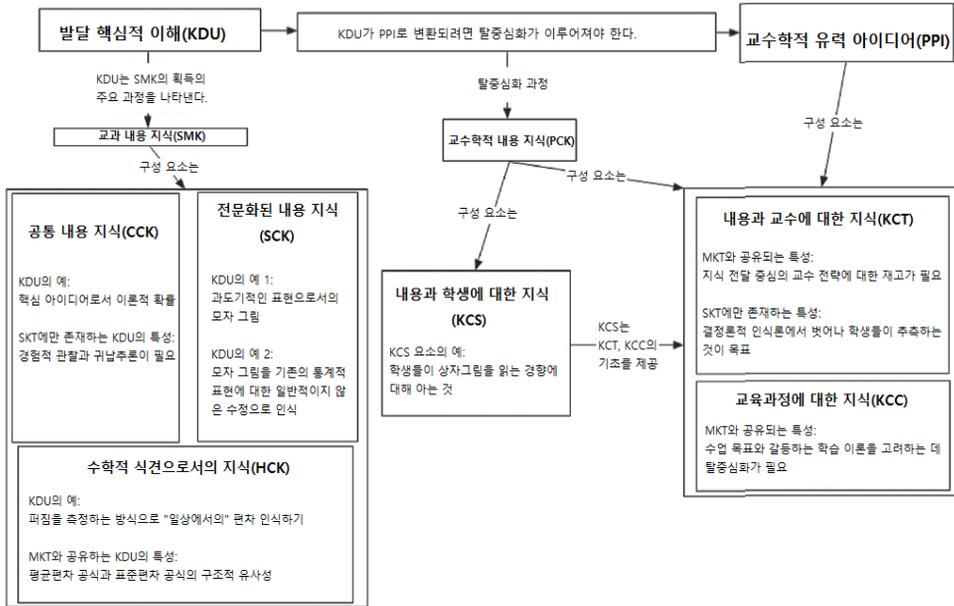
한편, Silverman & Thompson(2008)은 Simon(2006)의 발달 핵심적 이해(key developmental understanding, 이하 KDU) 개념을 활용하여 MKT 모델을 그대로 유지한 채로, SMK가 PCK로 변환된다는 관점을 제시하였다. KDU는 Piaget의 반영적 추상화를 통한 학습자의 수학적 발달을 설명하기 위해 도입된 개념으로서, 이해의 측면에서 학생의 개념 학습을 위해 수업에서 무엇을 강조해야 하는지를 드러낸다는 점에서 의의가 있다(Simon, 2006). Silverman & Thompson(2008)은 [그림 IV-6]과 같이 수학적 개념에 대한 교사의 강력한 이해로서 KDU가 학생의 관점을 고려한 교수학적 행동을 통해 교수학적으로 잠재력이 있는 수학적 지식으로 변형되며, 이 과정을 반복함으로써 실제 교수학적으로 유력한 형태의 MKT를 형성하게 된다는 관점을 제시하였다. 즉, KDU를 기반으로 이루어지는 교수학적 행동과 이해에 비추어볼 때, 교사의 KDU는 SMK 획득의 상징이자 동시에 PCK 구성의 근본이라는 점에서 교수 지식으로서 의미가 있다. 이수진과 신재홍(2015)은 이를 MKT의 변형적 관점이라 명명하였다.

Groth(2013)는 MKT의 변형적 관점을 반영하여 SKT의 구조를 [그림 IV-7]과 같이 요약하였다. 이에 따르면 교사의 SMK를 구성하는 요소의 본질은 모두 KDU이다. 또한, 교사가 학생의 관점에서 바라보는 탈중심화(decentering)를 거쳐 KDU를 교수학적 유력 아이디어로 변형할 수 있는데, 이는 PCK를 구성한다는 점에서 KDU가 가지는 교수학적 의의를 드러낸다.

SKT에 대한 변형적 관점은 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식을 탐색하는 데 다음과 같은 의의를 지닌다. 첫째, 통계적 소양의 성향 요소가 SKT에서 배제되지 않도록 한다. 통계적 소양을 CCK로 바라보았던 기존의 관점에서는 통계적 소양을 지식으로만 간주하는 듯한 오해를 불러일으켰다. 그러나 SKT의 변형적 관점은 통계적 소양의 성향 요소가 특정 개념의 KDU를 결정하고 이를 PCK로 변형해나가는 과정에 영향을 미칠



[그림 IV-6] 변형적 관점에서의 MKT 발달 과정(이수진, 신재홍, 2015, p. 197)



[그림 IV-7] Groth(2013)의 SKT 구조(p. 143)

것이라는 설명이 가능하다. 예를 들어, [그림 IV-5]에서 제시된 통계적 소양의 구성 요소 중 비판적 자세, 그리고 이를 정당하다고 믿는 신념과 태도는, 통계 정보에 대한 비판적 평가 능력에 주목하는 통계적 소양 수준을 ‘발달’로 인식하는 KDU 즉, SMK를 구성한다.

둘째, 통계교육의 목적으로서 통계적 소양이 한편으로는 SMK를 구성함과 동시에, 다른 한편으로는 PCK 구성에 영향을 미친다는 관점을 취할 수 있다. 통계적 소양을 CCK로서 다루었던 기존의 SKT에서는 III장에서 확인한 통계적 소양의 교육적 의의를 반영하기가 어려웠다. 그래서 Noll(2007)은 CCK로서의 통계적 소양이 PCK와 독립적이지 않을 수 있다는 부연을 덧붙였으나, SKT에 대한 변형적 관점은 SKT에서 통계적 소양의 위치와 역할을 더욱 분명하게 설명하는 틀을 제공한다.

### 3. 논의

이 장에서는 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식을 탐색하기 위해 SKT과 통계적 소양을 연결지었던 선행연구를 확인하였다. 학교수학에서 통계적 소양 교육이 이루어지기 위해서 교사의 통계적 소양이 강조되어야 함은 주지의 사실이다. 그러나 통계적 소양은 학교수학을 통해 모든 학생들이 갖추도록 추구되어야 하는 역량이다. 즉, 대중매체에서 보도되는 각종 여론조사 등을 보고 조사기관과 언론의 자료 수집과 표현에 대해 비판할 수 있는 능력의 주체는, 궁극적으로 교사가 아니라 학생이어야 한다는 것이다.

따라서 Shulman(1986)의 PCK 개념 도입 이후 수학교사의 수업 전문성을 설명하기 위한 목적으로 그동안 꾸준히 연구되어 온 MKT의 관점에서 통계를 가르치는 교사에게 필요한 SKT가 논의되었다. 그러나 [그림 IV-2]에서 확인할 수 있듯이, SKT는 수학적 지식 외에 비수학적 지식을 포함하고 있다는 점에서 MKT와 다르다. 이때의 비수학적 지식은 통계학과 수학의 학문적 차이에 의해 파생된 것이다.

통계적 소양 함양을 위해서는 수업을 통해 통계학과 수학의 학문적 차이를 수업에서 분명히 드러낼 필요가 있다(시사점 1). 이는 통계학과 수학에서 각각 학습자에게 요구하는 사고 양식의 차이에서 비롯되었으며, 통계적 소양 역시 그 등장 기원은 이 차이에 바탕을 두고 있기 때문이다. 따라서 이를 토대로 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식<sup>11)</sup>을 다음과 같이 구체화할 수 있다.

**SKT 1.** 교사는 지도하려는 통계적 개념의 학습에서 필요한 비결정론적, 맥락의존적, 자료기반적인 사고를 이해해야 한다.

---

11) 본 연구에서는 SKT에 대한 Silverman & Thompson(2008)의 변형적 관점에 따라 SMK와 PCK 모두 본질은 KDU 혹은 KDU에서 변형된 것이라는 입장을 취한다. 그러나 KDU로 표기하기보다는 SKT로 표기하는 것이 교사가 갖추어야 하는 교수 지식을 지칭하기에 적합하다고 판단하였다.

교사의 통계적 소양을 조사한 선행연구에서는 통계적 소양을 CCK로 간주하여 SKT의 하위 범주로 다루고 있었다(Noll, 2007; González, 2014). 그러나 통계적 소양은 내용에 국한된 지식이 아니라 통계적 문제해결 과정에서 사용되는 실천적 역량이기도 하다. 또한, 통계적 문제해결 과정은 통계적 영역 내에서만 이루어지는 것이 아니라 맥락적 영역과 통계적 영역 간의 상호 관계 속에서 이루어진다. 즉, 통계적 소양의 지식 요소는 통계적 지식과 맥락적 지식으로 나누어 볼 필요가 있는 것이다.

예를 들어, 자료 수집에서 표본을 선택하기 위한 알고리즘을 구성하고 정확한 통계량을 측정하는 것이 통계적 지식이라면, 현실 맥락을 고려하여 설문조사의 질문을 구성하고 표집 방법을 설계하는 것이 맥락적 지식이다. 통계적 소양에서 맥락은 의미의 근원이 되며 얻은 결과에 대한 해석에 토대가 되어야 하기에, 통계 정보가 다루어지는 맥락에 대한 지식은 반드시 필요하다(Gal, 2004/2010, p. 75). 통계적 소양을 구성하는 통계적 지식과 맥락적 지식의 중요성은, 시사점 3을 다음과 같은 교수 지식으로 더욱 구체화한다.

**SKT 2.** 교사는 맥락적 지식과 통계적 지식을 바탕으로 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용을 이해해야 한다.

앞서, Watson(2006/2013)에 따르면 학교수학에서 통계적 소양이란 통계적 도구, 일반적인 맥락적 지식과 더불어, 통계 정보를 비판적으로 평가하는 능력에 기반을 둔다고 언급한 바 있다(p. 22). 이 비판적 평가 능력은 통계적 소양 요소의 연결성을 보여준 [그림 III-3]에서도 수학적/통계적 기술, 맥락과는 별개의 요소로 다루어졌다. 따라서 통계적 소양 교육을 위해서는 교사가 학생들의 비판적 평가 능력을 함양하기 위한 지식이 특히 필요하다. Watson(1997)에서도 알 수 있듯이, 통계적 지식과 맥락적 지식을 갖추어 용어를 적절히 이해하고 사용한다 하더라도, 정당화 없이 제기된 주장에 대해 비판적인 의문을 제기하는 능력을 지녀야만 높은 수준의 통계적 소양을 갖추었다고 할 수 있기 때문이다.

시사점 2에서는 통계적 문제해결 경험 제공의 중요성을 강조한다. 이는 대중매체에서 비판적으로 평가해야 하는 통계 정보들이 모두 통계적 문제해결 과정을 거쳐 형성되기 때문이다. 또한, 통계 정보에 대한 비판적인 평가가 ‘통계적’이기 위해서는 반드시 통계적 지식을 활용한 합리적인 판단이 필요하다. 통계학은 불확실성을 다루는 학문이기 때문에 가깝게는 임의표집에 대한 것부터 멀리는 통계적 검정에 이르기까지 통계 정보들을 통계적으로 비판하기 위한 명확한 근거들을 마련해 놓고 있다. 따라서 이를 바탕으로 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식을 다음과 같이 도출할 수 있다.

**SKT 3.** 교사는 통계학에서 통계적 문제해결의 타당성을 판단하는 방식을 이해해야 한다.

통계 정보에 대한 비판적 평가 능력은 통계적 영역과 맥락적 영역의 상호작용에서 의문을 제기하는 능력이라고 할 수 있다. 일반적으로 통계 정보들은 맥락적 영역에서 정치적이거나 상업적인 목적을 가지고 형성된다. 따라서 이를 자연스럽게 비판적으로 평가할 자세를 갖추고 있어야 하며, 이는 통계에 대한 신념과 태도에서 비롯된다(Gal, 2000). 즉, 학생들의 비판적 평가 능력 함양은 통계 정보에 대한 비판적 자세와 신념의 형성과 같은 성향 요소를 포함한다.

통계 정보를 ‘이해’하고 ‘해석’할 수 있기 위해서는 통계 지식뿐만 아니라 기본 소양, 수학적 지식, 맥락적 지식과 같은 다른 기초 지식도 함께 사용할 수 있어야 한다. 그러나 통계 정보를 이해하고 해석한 후에 이루어지는 ‘비판적 평가’는, 비판적인 질문을 제기하고 비판적인 자세를 취하는 능력과 같은 추가적인 요소를 필요로 하며 확고한 신념과 태도에 의해 유지되고 뒷받침된다(Gal, 2004/2010, p. 59).

시사점 2에서는 통계적 문제해결의 경험뿐만 아니라 이를 비판하거나 정당화하는 기회 또한 강조하고 있다. 통계적 문제해결 과정이 비판의

대상 혹은 정당화의 대상으로 인식되는 기저에는, 통계적 사고의 비결정론적, 맥락의존적, 자료기반적인 특성으로 비롯되는 유용성과 한계가 존재한다. 통계 정보를 비판적으로 평가한다는 것은 다른 시각에서 볼 때, 경험적 지식이 합리성의 연단을 거치는 것이라 할 수 있다(이영하, 2014). 따라서 통계 정보의 비판적 평가는 경험적 지식의 유용성을 얻기 위해 우연 속성을 인정함으로써 지니게 되는 한계를 극복하기 위한 시도인 것이다. 이를 바탕으로 얻을 수 있는, 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식은 다음과 같다.

**SKT 4.** 학습자가 통계 정보에 대한 합리적인 비판적 자세와 신념을 형성할 수 있도록, 교사는 통계학의 유용성과 한계를 명확히 인식하고 있어야 한다.

지금까지 III장의 논의에서 통계적 소양의 교육적 의의를 통해 확인한 교수·학습 상의 시사점과 SKT에 대한 선행연구들을 바탕으로, 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 교수 지식을 네 개의 명제로 도출하였다. 그러나 구체적인 통계적 개념이 아닌, 통계적 소양이라는 포괄적 목적을 토대로 도출한 것이기에 다소 추상적인 형태를 지닌다. 이 절에서 논의한 네 개의 SKT는 단지 통계적 소양의 관점에서 통계적 개념에 대한 SKT가 지닐 것으로 예상되는 특징들을 포괄적으로 서술한 것이다. 즉, 교수학적으로 실제 영향력을 가지고 있는 지식을 형성하기 위한 SKT는 각각의 통계적 개념별로 구체적인 탐구가 이루어질 필요가 있는 것이다. 다음 V장에서는 이 절에서의 논의를 바탕으로 여러 통계적 개념 중 특히 ‘표본’을 지도하기 위해 필요한 교수 지식을 확인한다.

## V. 표본 지도를 위한 통계 교수 지식

통계적으로 올바르게 합리적인 의사결정을 위해서는 표본, 그리고 그 표본이 선택되는 다양한 표집 기법을 이해할 필요가 있다(Garfield & Ben-Zvi, 2008, p. 9). 통계는 표본 자료로부터 출발하며 표집 방법은 모집단을 추정하는 데 영향을 미치기 때문이다. 또한, 통계적 문제해결의 관점에서 표본은 자료 수집 단계를 통계적으로 정당화해주는 개념이기도 하다. 통계적 소양이 실제 통계적 문제해결 과정을 통해 학습되어야 한다는 점, 그리고 통계적으로 올바른 자료 수집이 통계적 문제해결의 “좋은 출발”이라는 점(Watson, 2006/2013, p. 39)은, 표본 개념이 통계적 소양 교육에서 반드시 핵심적으로 다루어져야 함을 뒷받침한다. 특히, 표본에 대한 이해는 통계적 문제해결 중 자료 수집을 지도하기 위해 교사들이 갖추어야 하는 SKT의 바탕이기도 하다.

이 장에서는 표본 지도를 위해 필요한 SKT를 확인하며, 이를 탐색하는 전략으로서 표본 개념에 대한 교수학적 분석을 시도한다. 교수학적 분석은 한편으로 지식이 수업을 위한 변환을 거칠 때 파손되어서는 안 되는 본질을 찾아내고, 다른 한편으로는 교사의 능력을 이루는 실질적인 내용을 찾아낸다는 점에서 의의가 있다(우정호 외, 2006, p. 41). 즉, 교사에게 필요한 교과 지식을 도출했던 Even(1990)의 전략으로서, 지식을 둘러싼 폭넓은 수학적 관점을 통해 교수 지식을 확인할 수 있는 것이다(이동환, 2010, p. 26).

첫 번째 절에서는 통계적 소양 교육에서 강조되고 있는 통계적 문제해결 중 자료 수집 단계의 중요성에 비추어 표본 개념의 의의를 살펴본다. 이를 통해 자료 수집에 대한 통계적 소양으로서 표본 개념의 대표적인 두 속성, 표집변이성과 표본대표성을 핵심적인 요소로 제시한다. 두 번째 절에서는 표집변이성과 표본대표성을 중심으로 표본 개념의 역사적 발달 과정을 살펴보면서 두 요소의 등장과 관계를 조명한다. 세 번째 절에서는 표집변이성과 표본대표성을 중심으로 국내외 교육과정에서 표본 개념이 어떻게 다루어지고 있는지를 분석한다. 네 번째 절에서는 이 두 요소

를 바탕으로 예비교사의 이해 수준을 조사한 결과를 소개한다. 각 절에서 확인할 수 있었던, 표본 지도를 위한 SKT는 마지막 절에서 종합하여 제시한다.

## 1. 통계적 소양 교육에서 표본 개념의 의의

이 절은 통계적 문제해결의 과정 내에서 표본이 지니는 의의를 확인함으로써, 통계적 소양의 관점에서 표본 개념에 대한 교수학적 분석을 시도한다. 특히, 통계적 문제해결 과정 중 자료 수집에서 필요한 통계적 소양으로서 표집변이성과 표본대표성을 제시한다.

### 1.1. 통계적 문제해결에서의 표본 개념

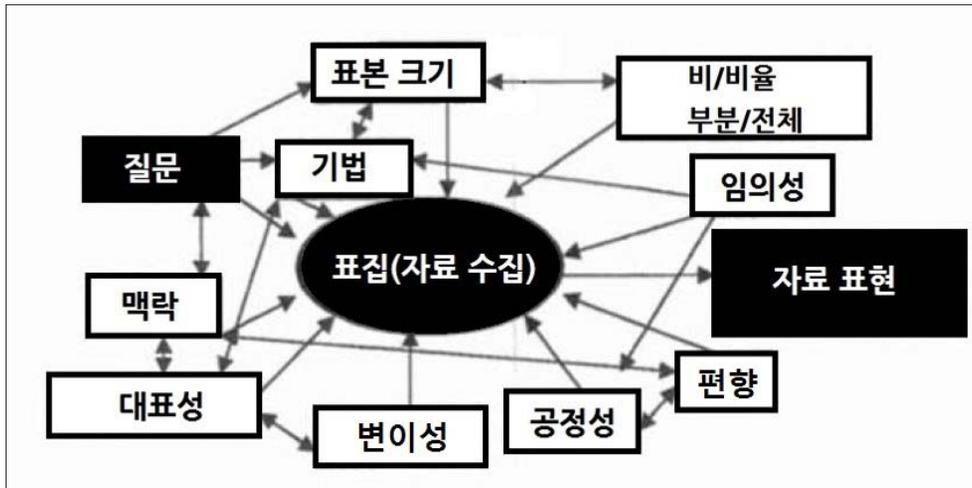
통계학에서 표본 개념은 그 자체가 모집단을 요약해내기 위한 연구 대상이면서, 동시에 모집단 추정의 유효성을 확인하기 위한 연구 방법이다 (이경화, 지은정, 2004, p. 176). 연구 대상과 방법이 학문적 정체성을 규정한다는 사실에 비추어보았을 때, 표본은 통계학이 독립 학문으로서 존재할 수 있게끔 만드는 핵심적인 개념이다.

과거에는 국가나 조직의 단위가 작아 자료의 특성을 파악하는 데 대푯값과 산포도 등 간단한 측도로 요약하는 것만으로도 충분하였다. 그러나 국가를 비롯한 사회의 팽창으로 인해 과거와 같이 전수조사를 통해 필요한 통계를 구하는 것은 시간, 경제성, 정확성, 조사관리 등 여러 측면에서 막대한 사회적 비용이 소모된다. 일부를 조사하여 전체의 특성을 추정하는 추측통계학(stochastics)의 발전은 이처럼 외재적인 목표로부터 시작되었다. 그러나 조사 대상이 되는 그 일부(표본)와 이를 선택하는 방법(표집)에 대한 논의를 통계학이라는 학문적 영역 내로 포섭함에 따라, 우연 현상을 다루면서 한정된 자료에 기반을 두고 개연추론을 사용하는 통계학의 정체성이 더욱 확고해졌다. 즉, 경험적 지식을 과학적으로 정당화함에 따라 그 유용성을 더욱 인정받게 된 것이다.

경험과학 연구에서 연구자의 관심은 표본 그 자체가 아니라 모집단에 있다. 이때, 모집단에 대한 추정은 표본의 질에 의해 영향을 받으며 (Watson & Moritz, 2000a), 모집단을 올바르게 추정할 수 있는 질 좋은 표본을 확보하기 위해 필요한 단계가 바로 자료 수집이다. 이러한 학문적 의의에 기반을 둔 표본 개념에 대한 이해는 통계적 문제해결 과정의 핵심적인 전제이자 통계적 소양의 기초이다.

통계적 소양은 앞에서 서술한 바와 같이 실생활 맥락에서 이루어지는 통계적 문제해결 과정을 통해 학습될 수 있는 역량이다. <표 III-1>에 제시된 것처럼 통계적 문제해결 과정은 문제 제기과 자료 수집, 자료 분석과 결과 해석이라는 일련의 단계를 거쳐 이루어진다. 이 중 자료 수집의 통계적 아이디어인 표본의 역할을 알지 못하면 나머지 절차는 완전히 쓸모없는 것이 되어버리기 때문에 가장 민감한 통계적 소양이라 할 수 있다(Watson, 2006/2013, p. 40). 자료 분석과 해석 단계에서는 오류가 발생하더라도 사후 처리를 통해 해결할 수 있으나, 자료 수집 단계에서 표본을 추출하는 데 오류가 발생한다면 대개 처음부터 자료를 새로 수집해야 한다(이영하, 김지윤, 2016).

일상 맥락에서 문제해결을 위해 자료를 수집하는 일은 매우 빈번하고 단순해 보인다. 그러나 통계학에서 표본 개념은 반복가능성, 대표성, 임의성, 변이성, 분포 등 매우 다양한 통계적 개념들이 상호 관련되어 하나의 스키마를 형성하고 있다(Pfannkuch, 2008; Saldanha & Thompson, 2002). 이는 통계적 소양의 관점에서 표본과 관련된 아이디어 및 통계 요소 간의 연결성을 보여주는 [그림 V-1]에서도 확인할 수 있다(Watson, 2006/2013). 그리고 이러한 개념의 복잡성으로 인해, 학생뿐만 아니라 교사들 또한 표본 개념에 대한 종합적인 이해 없이 통계적 추론 과정에서 부정확한 직관에 의존하곤 한다. 예를 들어, Watson(2006/2013)은 공식이나 절차를 내포하지 않고 대상의 특성을 기술하는 표본 개념의 표현적 특성이 일부 수학교사들에게는 어렵게 느껴지기 때문에, 그래프 그리기나 평균 계산과 같은 기술과 알고리즘을 필요로 하는 절차적 지식에 더 주목한다고 언급하였다(p. 40).



[그림 V-1] 표본 관련 아이디어 및 통계 요소들과의 연결(Watson, 2006/2013, p. 42)

오늘날 통계교육에서는 통계 정보를 비판적으로 평가하는 능력이 매우 강조되고 있다. 그 이유는 수학과 대비되는 통계학 고유의 특성과도 관련이 있다. 첫째, 통계학은 경험론적 인식론을 바탕으로 한 인간의 판단에서 가장 큰 장애물이라 할 수 있는 ‘우연’을 인정한다(이영하, 2014). 우연 현상에 대한 총체적인 이해를 지향하는 학문으로서의 통계학이 불확실성을 내포한 개연추론을 연구 방법으로 채택하는 것은 자연스러운 일이다. 둘째, 통계학은 맥락에 의존하는 성격을 띠고 있으며 끊임없이 맥락과 상호작용하면서 비약이 존재하게 된다. 즉, 통계적 아이디어가 그에 대응되는 맥락적 대상을 “대표하느냐”는 문제는, 통계적 문제해결의 중요한 요소이다.

표집변이성과 표본대표성은 바로 위에서 언급한 전자와 후자에 각각 대응하는 표본의 속성이다. Moore & Notz(2006/2009)에 따르면 표본조사에서 발생하는 오차의 통계적 요인은 변이성과, 맥락적 요인은 편향과 관련이 있으며(p. 37), 이는 각각 표집변이성, 표본대표성의 핵심 이슈이다. 표본이 대표성을 얻기 위해서는 비수학적인 외부 요인(표집자의 의도나 목적, 비확률표집 등)에 의해 한 방향으로 일관되게 벗어나는 편향을 제어해야 한다. 그리고 표집변이성은 표본의 크기를 통해 분포의 중

심경향성을 이론적으로 뒷받침하는 형식적인 통계적 추리의 근거이다.

[그림 V-1]에서도 확인할 수 있듯이, 대표성과 편향, 임의성과 공정성, 그리고 변이성과 표본 크기는 모두 자료 수집이라는 통계적 문제해결 단계로서 표본 개념과 직접적으로 연결되어 있는 통계적 소양의 요소이다. 특히, 이 개념들을 중심으로 설명되는 표집변이성과 표본대표성은 표집 과정에서 필요한 비판적 평가 능력의 핵심이다. 따라서 본 연구에서는 통계적 소양으로서 표본 개념에 대한 이해를 다룰 때, 이 두 속성을 중심으로 분석한다.

## 1.2. 표집변이성과 표본대표성

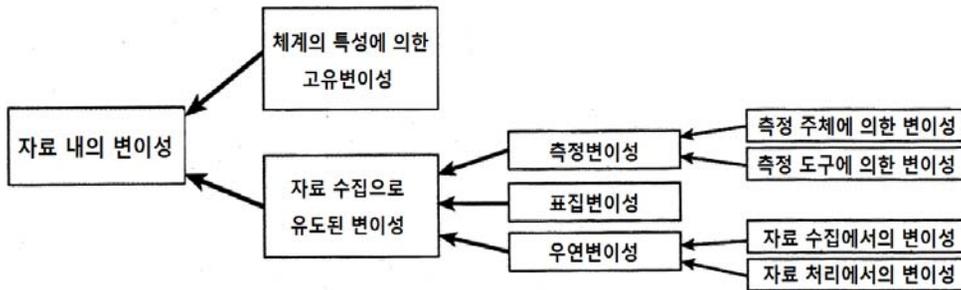
수학에서는 일반적으로 연구 대상에 대해 대표성을 고려할 필요가 없다. 수학은 설명항이 피설명항을 완전히 함축하고 있는 연역법을 학문적 방법론으로 채택하고 있기 때문이다. 그러나 통계에서 연구 대상이 지니는 대표성은 매우 중요한 요소인데, 이는 통계적 방법론이 ‘일부’에 불과한 경험적 사실을 토대로 ‘전체’에 대한 일반적인 법칙이나 이론을 세우는 귀납법을 채택하고 있기 때문이다(Salmon, 1967/1994). 통계학에서 ‘일부’는 표본을 의미하고 ‘전체’는 모집단을 의미한다. 이처럼 일부를 토대로 전체를 추측하는 귀납법으로서의 통계적 방법에 대해 학문적으로 반성과 극복이 이루어지면서, 그 결과 표본대표성의 이해와 확보를 위한 표집 이론의 발전이 이루어졌다(정한영, 1995).

그러나 다양한 확률표집 기법에도 불구하고 표본대표성만으로 표본 개념을 설명할 수 없다. 이는 표집 방법의 적절성과 관계없이 단일모집단으로부터 추출된 표본들이 항상 같을 수 없기 때문이다. 따라서 표본대표성과 상반되는 속성이 표본 개념의 형성에 영향을 주고 있음을 알 수 있는데, 이를 표집변이성이라 한다. 변이성이란 자료의 관찰을 통해 획득한 각각의 개체가 가진 변화가능성을 뜻하며, 따라서 표집변이성은 표집에 의해 표본이 가지게 되는 변화가능성을 뜻한다. 이에 Rubin, Bruce, & Tenney(1990)는 표집변이성과 표본대표성의 상호 대비되면서도 보완적인

관계를 이해하는 것이 표본 개념을 이해하는 핵심이라고 주장한 바 있다.

### 1.2.1. 표집변이성

Moore(1990)는 통계적 사고의 핵심적 요소로 변이성의 편재, 자료의 필요성, 변이성을 염두에 둔 자료 산출 설계, 변이성의 양화(quantification), 변이성의 설명을 언급하였다. Britz et al.(1997)은 통계적 과정 내 변이성의 편재가 통계적 사고의 근본적 원리임을 밝혔다(p. 67). Wild & Pfannkuch(1999)는 통계적 사고의 유형 중 하나로 ‘변이에 대한 고려’를 언급하며, 자료 내 변이성의 근원에 따라 [그림 V-2]와 같이 분류하였다. 그 외에도 Cobb(1992), Snee(1990) 등 통계적 사고의 정의를 시도했던 많은 연구들이 공통적으로 변이성을 핵심적인 개념으로 제시하고 있다. GAISE 보고서에서도 수학과 통계학의 차이는 자료의 변이성에 있다고 강조하였다(Franklin et al., 2007, p. 7). 그리고 Watson(2006/2013) 역시 변이성이 통계학의 존재 이유를 설명하는 기초라 주장한다(p. 262).

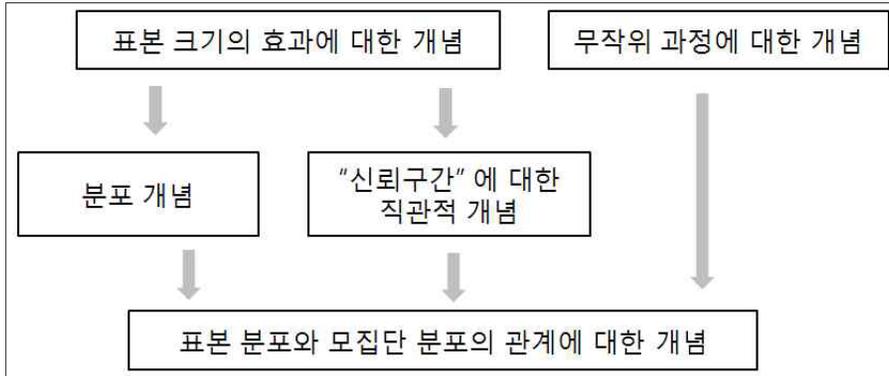


[그림 V-2] 변이성의 근원에 따른 분류(Wild & Pfannkuch, 1999, p. 235)

표본 개념과 관련된 변이성에는 자료변이성 중 하나인 표집변이성과 임의변이성이라고도 불리는 우연변이성이 있다(Franklin et al., 2007). 표집변이성은 단일 모집단에서 추출된 다수의 표본이 항상 같을 수 없으며, 따라서 모집단과도 온전히 일치할 수 없다는 아이디어이다(Rubin et

al., 1990, p. 314). 즉, 표집의 반복에 의해 나타나는 변이를 설명하는 성질인데, 표집 기법이나 표본의 크기 등으로 제어가 가능하다. 실제로 표집변이성은 후술할 표본대표성과 상보적 관계에 있으며(Rubin et al., 1990), 표본 개념은 “표집변이성의 인식과 제어를 통한 표본대표성 확보를 위해 다양한 표집기법을 개발해 온” 역사적 발달 과정을 가지고 있다(탁병주, 구나영, 강현영, 이경화, 2014). 반면, 우연변이성은 동전이나 주사위를 던지는 등의 우연 현상 내에서 이루어지는 행위이기에 나타나는 변이를 설명한다. 이는 표본조사가 비결정론적 세계관을 전제하여 이루어지기 때문에 발생하는 성질로서, 임의성(randomness)이라는 이름으로 통계적 추리를 위한 표본조사의 등확률 모델링을 가능케 하는 요소이다. 우연변이성에 대한 이해는 확률 및 표집에 대한 이해가 선행되었을 때에야 발달할 수 있다고 알려져 있다(지은정, 2011, p. 14). 그래서 GAISE 보고서에는 통계적 문제해결 과정에서 이루어질 수 있는 활동을 3개의 수준으로 나누어 2수준에서 표집변이성을, 3수준에서 우연변이성을 제시하고 있다(Franklin et al., 2007).

표집변이성은 우연 현상에 내재된 자연스러운 현상이다. 따라서 통계학에서는 이를 오류로 인식하거나 한계로만 받아들이는 대신, 임의표집을 반복하여 변이의 예측가능한 패턴을 설명한다. 이때, 임의표집의 반복은 우연의 불확실성에 대한 대응 방식으로서 표집분포라는 렌즈를 필요하게 만들었고(Wild, 2006), 나아가 확률분포 등의 수학적 개념을 활용하는 형식적인 통계적 추리가 발전하는 데 기여하였다. 표집변이성에 대한 추론은 이러한 형식적이고 전문적인 통계적 사고로 나아가는 경로로서의 역할을 한다(Garfield, Le, Zieffler, & Ben-Zvi, 2015). 구체적으로, 표본 개념의 핵심 속성으로서의 표집변이성에 대한 이해는 [그림 V-3]과 같이 표집분포 등 표본과 관련된 다양한 분포 개념과의 스키마를 형성함으로써 표본과 모집단 사이의 관계를 이해하여 올바른 통계적 추론을 가능하게 한다.



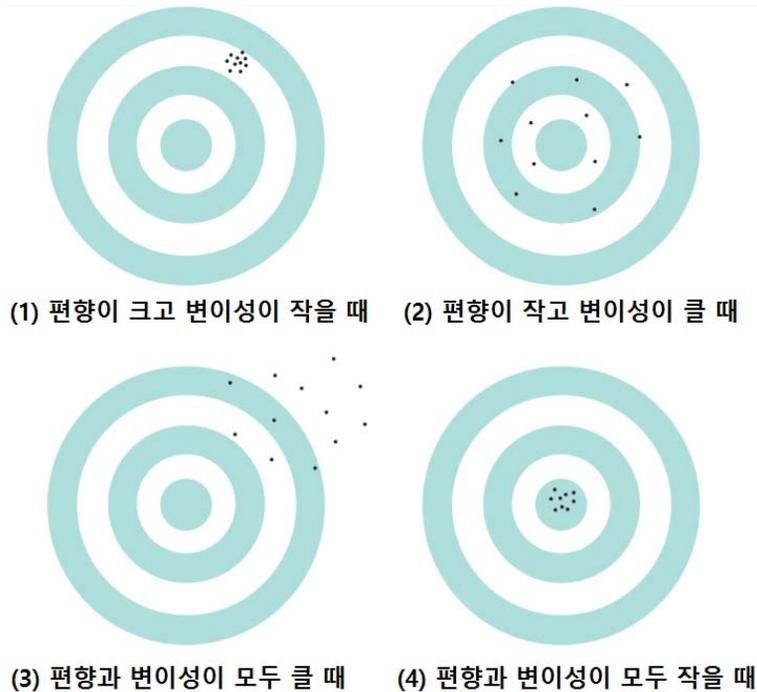
[그림 V-3] 표집변이성에 대한 사고 방식의 틀(Pfannkuch, 2008, p. 4)

### 1.2.2. 표본대표성

표본대표성은 모집단에서 추출된 표본이 모집단과 비슷한 특성을 가질 것이라는 아이디어이며(Rubin et al., 1990, p. 314), 통계를 단순한 기술이 아닌 과학의 범주에 포함되도록 하는 근거가 된다. 그러나 표본대표성은 표본 개념이 아니라 표집 개념에 내포된 것이므로, 표본대표성에 대한 설명은 자료를 수집하는 맥락적 영역에서 이루어져야 한다. 즉, 표본대표성을 이해하는 데 가장 핵심적인 이슈는 맥락에서 발생하는 편향의 제어이다.

통계학에서 편향은 대개 “표본을 여러 번 선택할 때 모수에서 한 방향으로 일관되고 반복적으로 벗어나는 통계량의 편차”로 정의된다(Moore & Notz, 2006/2009, p. 37). 이와 같은 편향의 정의는 두 가지 특징을 지니고 있다. 첫째, 통계학에서는 그 치우치는 경향이 일회적인 것이 아니라 일관되고 반복적으로 특정한 방향성을 가져야 편향으로 다룬다. 즉, 통계학에서 편향은 단순히 우연이나 불확실성에 의해 발생하는 것이 아니라, [그림 V-4]의 (1), (3)과 같이 방향성을 갖는 하나의 체계적인 “오차”이다(류근관, 2013, p. 65). 이러한 체계적인 오차는 측정을 반복하여 기댓값을 구하더라도 상쇄되어 없어지지 않는다. 둘째, 편향 개념을 위와 같은 의미로 한정할 때, 편향의 주체는 통계량이며 이는 대체로 통계적 추정을 통해 얻어지는 추정량이다. 모수를 추정하기 위해 통계적 과정을

거쳐 산출된 추정량이 모수와 완벽하게 일치하는 경우는 거의 없다. 그러나 그 편차가 반복적으로 일관되게 한 방향을 유지한 채 남아있게 된다면, 통계 정보의 소비자는 결과를 해석하는 단계에서 편향된 통계적 의사결정을 내리게 된다. 그래서 좋은 추정량이 되기 위한 조건으로 대개 효율성, 일관성과 함께 비편향성이 중요하게 언급된다(Weiers, 2006/2006, p. 307).



[그림 V-4] 과녁에서의 편향과 변이성

(Moore & Notz, 2006/2009, p. 38)

통계학에서는 수학을 이용하여 다양한 통계적 아이디어들을 수식이나 수치로 모델링한다. 편향 역시 마찬가지로, 추정량의 비편향성을 연역적으로 설명하기 위해 통계학자들에 의해 수학적으로 수량화되어 사용되고 있다. 이는 통계적 영역 내에서 편향을 제어하고 최대한 비편향성을 지닌 추정량을 얻기 위해 어떠한 조치를 취해야 하는지를 개념적으로 이해

하는 데 중요한 단서를 제공한다. 그러나 편향을 제어하는 조치는 통제된 자연과학 실험실에서만 이루어지는 것이 아니다. 결과에 영향을 미치는 다양한 요인이 존재하는 사회과학 연구의 맥락에서는 편향을 제어하는 일이 훨씬 어렵고 복잡하다. 그래서 많은 학생들이 수학적 의미의 편향을 이해하더라도 이를 실세계 맥락에 전이하기는 매우 어려워한다 (Watson, 2006/2013, p. 58). 따라서 일상 맥락이 특히 강조된 통계적 소양 교육에서 편향은 수학적 의미 외에도 맥락적 의미 역시 다루어져야만 한다.

수리통계학에서는 추정량의 비편향성을 판단하기 위해 편향 개념을 다음과 같이 수량화하여 사용한다.

모수  $\theta$ 에 대한 점추정량  $\hat{\theta} = \theta(X_1, \dots, X_n)$ 의 기댓값  $E(\hat{\theta})$ 가  $\theta$ 와 일치할 때,  $\hat{\theta}$ 를 모수  $\theta$ 에 대한 불편추정량이라 하며, 편향은  $E(\hat{\theta}) - \theta$ 로 정의된다.

모평균이  $\mu$ 이고 크기가  $N$ 인 모집단의 모든 원소가  $x_1, x_2, \dots, x_m$  중 하나의 값을 가진다면, 크기가  $n$ 인 표본의 원소  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 은 각각 표본공간  $S = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ 에서 정의된 확률변수라 할 수 있다.<sup>12)</sup> 이때, 확률변수  $X_i$ 의 확률분포를 나타내는 확률질량함수를  $P(X_i = x_j)$ 라 하면,  $i = 1, 2, \dots, n$ 에 대하여 확률변수  $X_i$ 의 기댓값은  $E(X_i)$

$= \sum_{j=1}^m x_j P(X_i = x_j)$ 이다. 표본평균  $\bar{X}$ 에 대하여  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ 이 성립하므로,

표본평균의 기댓값은  $E(\bar{X}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E(X_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_j P(X_i = x_j)$ 이다.<sup>13)</sup>

12) 이 모델링은 모집단이 유한한 조사 맥락에서 사용된다. 비편향추정량에 대한 수학적 모델은 모집단이 무한한 실험 맥락에서도 연속확률분포의 모델을 통해 동일하게 적용된다.

13) 일반적으로 결합분포를 갖는 이산확률변수  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 에 대하여, 선형 결합함수  $Y = a + \sum_{i=1}^n b_i X_i$ 의 기댓값은  $E(Y) = a + \sum_{i=1}^n b_i E(X_i)$ 이 성립한다(Rice, 2007, p. 125).

이때, 만약 모집단의 모든 원소가 표본으로 추출될 동일한 가능성을 지니고 있다고 가정한다면,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ 에 대하여  $P(X_i = x_j) = \frac{n_j}{N}$ 이 성립한다(이때,  $n_j$ 는 모집단 내에 변량이  $x_j$ 인 원소의

$$\text{개수이다). 즉, } E(\bar{X}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_j P(X_i = x_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{N} \sum_{j=1}^m x_j n_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu = \mu$$

으로서 표본평균  $\bar{X}$ 는 모평균  $\mu$ 의 비편향추정량이 되는 것이다.<sup>14)</sup>

통계학에서는 모집단의 원소가 표본에 포함될 확률이 동일하게 되도록 표본을 추출하는 방법을 단순임의표집(simple random sampling)이라 하며, 우리나라의 수학 교과서에서는 이를 임의표집(임의표본추출)으로 통칭한다(류희찬 외, 2014, p. 159). 통계학에서는 이와 같은 표집의 임의화를 통해 자료 수집 단계에서 표본에 발생하는 편향의 제어가 가능함을 수학적으로 증명할 수 있다. 그래서 통계학에서는 편향과 같은 오류를 줄이기 위한 방법으로서 임의표집이라는 개념적 조치를 명확하고 간단하게 설명한다.

편향을 줄이기 위해 임의표본을 사용하라. 모집단의 목록으로부터 단순임의추출하면 불편추정량을 얻게 된다. 단순임의표본으로부터 계산된 통계량의 값은 모수의 값을 일관되게 과대, 혹은 과소 추정하지 않는다(Moore & Notz, 2006/2009, p. 37).

통계학자들은 통계학에서의 문제들을 해결하기 위해 대개 임의표집을 전제한다.<sup>15)</sup> [그림 V-5]와 같이 우리나라 수학 교과서에서도 수집된 자

14) 표본평균이 모평균의 비편향추정량을 증명한 위 수식은 Rice(2007)의 pp. 205-206을 참고하여 서술한 것이다.

15) 유한모집단 대상의 조사 맥락에서 이루어지는 표집은 대개 비복원추출이며, 따라서 전술된 수식에서의 확률변수  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 은 서로 독립이 성립하지 않는다. 그러나 일반적으로 임의표집을 전제한 모델링에서는  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 을 서로 분포가 같고 독립인 확률변수로 가정한다. 즉, 원활한 통계적 문제해결을 위해 명백한 비복원추출인 상황임에도 복원추출이 가정된 모델을 채택하는 것이다.

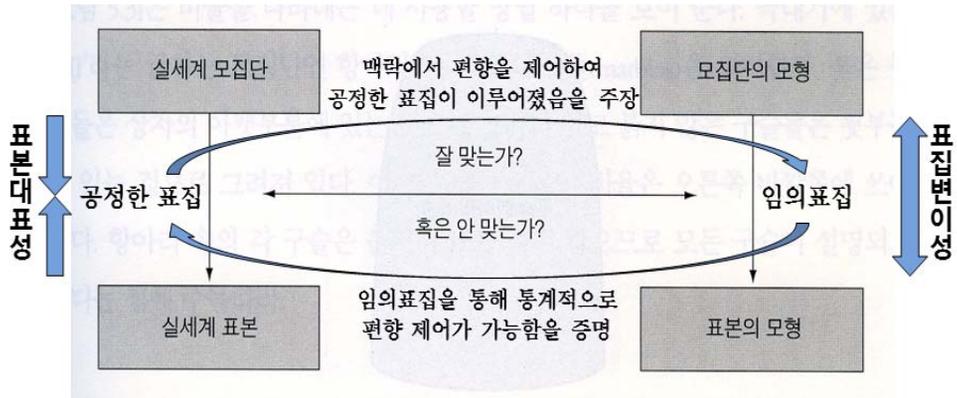
료를 바탕으로 이루어지는 추측통계학 과정은 모두 임의표집을 기본 가정으로 다루고 있다. 그러나 통계적 소양 교육은 통계적 영역뿐만 아니라 맥락적 영역에서 이루어지는 모든 통계적 활동을 포괄하는 문제해결의 과정이다. 따라서 실제 표집이 이루어지는 과정에서 임의표집을 개념적으로 전제하기 위해서는 고려해야 할 맥락 요소들이 존재한다. 즉, 편향에 대한 수학적 개념화가 실생활에서 이루어지는 통계적 문제해결 과정에서 지니는 의미를 생각할 때, 표집의 완전한 임의화가 가능한지에 대해 고려할 필요가 있다.

<p><b>문제 2</b> 자동차의 연비란 1L의 연료로 달리는 거리를 말한다.</p>	<p>어느 회사에서 생산되는 A 자동차의 연비는 표준편차가 1 km/L인 정규분포를 따른다고 한다. 이 회사에서 생산된 A 자동차 25대를 임의추출하여 연비를 조사하였더니, 평균이 14 km/L이었다. A 자동차의 평균 연비 <math>\mu</math>의 신뢰도 95 %인 신뢰구간을 구하여라.</p>	
--	---	--

[그림 V-5] 임의표집을 개념적으로 전제하는 교과서 과제(류희찬 외, 2014, p. 165)

통계적 문제해결 과정은 인간의 정신작용 속에서 이루어지는 개념적 과정이 아니라 실생활 맥락에서 이루어지는 물리적 과정이다. 다만, 이러한 물리적 과정의 과학적 정당성을 확보하기 위한 도구로서 임의화와 같은 개념적 과정의 통계를 모형(model)으로 사용하고 있는 것이다(Giere, Bickle, & Mauldin, 2006/2008). 통계적 문제해결 과정은 모집단과 표본의 두 가지 요소로 구성되어 있는데, 모집단과 표본은 각기 실세계에 존재하는 대상과 통계적 모형으로 나뉘어 실제로는 [그림 V-6]과 같이 네 가지 요소로 바라보아야 한다.

통계학에서 표본의 임의화를 통해 편향을 제어한 것은 바로 [그림 V-6] 중 오른쪽인, 모델링된 통계적 영역에서 이루어지는 개념적 조치이다. 그러나 통계적 문제해결 과정에서 실제 자료를 수집하는 통계적 행위는 [그림 V-6] 중 왼쪽의 맥락적 영역에서 이루어진다. 즉, 모집단의 모형으로부터 표본의 모형으로 향하는 오른쪽 화살표에서 임의화라는 개



[그림 V-6] 통계적 문제해결 과정의 네 가지 요소(Giere et al., 2006/2008, p. 213)

념적 과정을 거쳐 편향을 제어했다 하더라도, 실세계 모집단으로부터 실세계 표본으로 향하는 왼쪽 화살표의 물리적 과정이 오른쪽의 통계적 모형과 잘 들어맞는지를 확인해야 하는 것이다. 따라서 통계를 이용하는 사람들은 통계적 모형 내에서 수량화된 형태로만 편향을 인식해서는 안 되며, 편향을 제어하기 위한 임의화 과정이 맥락적 영역으로 전환되었는지를 비판적으로 평가할 수 있어야 한다.

그러나 주사위 한 개를 던져 1이 나올 확률이 정확히 1/6임을 연역적으로 증명할 수 없듯이, 표본조사를 위해 실제 맥락에서 이루어진 표집이 임의표집임을 증명하는 것 역시 불가능하다. 따라서 임의화 과정이 맥락적 영역으로 전환되었는지를 판단할 수 있는 기준이 명확하지 않다. Kahneman & Tversky(1972)에 따르면, 표본의 불규칙성과 국소적 대표성이라는 외형적 임의성을 바탕으로 사람들이 표집의 임의화가 잘 이루어졌다고 판단하는 경우가 많은데, 이는 말 그대로 대표성 추단(heuristic)<sup>16)</sup>으로서 오히려 인간의 인지적 편향을 야기한다.

Watson(2006/2013)에 의하면 실제 표본을 선택하는 과정을 비판하거나

16) heuristic은 대개 “발견술”이나 “전략”으로 번역되는 경우가 많다. 그러나 본 연구에서는 Kahneman et al.(1982/2010)을 참고하여, “heuristic”의 번역어로 “추단(推斷)”을 사용한다. 추단은 ‘한정된 원리나 성질을 근거로 미루어 판단하는 것’을 의미하며, 판단에 내포된 인지적 편향의 가능성을 강조하는데 더 적절한 번역어로 사용된다.

지지하기 위해 학생들이 사용한 아이디어는 ‘공정성(fairness)’이었다(p. 57). 표본이 공정하게 선택되었는지에 대한 여부가 맥락적 영역에서 표집의 임의화가 잘 구현되고 있는지를 판단하는 기준이 되는 것이다. 학생들에게 나타나는 공정성의 통계적 아이디어는 모든 사람들에게 동일한 기회가 주어지는 것을 의미하는데, 이는 바로 편향을 유발하는 맥락 요소들을 확인하여 판단할 수 있다는 것이다. 통계적 모형에서는 편향을 제어하기 위해 임의표집 아이디어를 채택하였고, 실세계에서는 표본에서 편향을 유발하는 맥락 요소들을 제어함으로써 임의표집으로 정당화한다.

요약하면, 통계에서 편향은 수학적 의미와 맥락적 의미를 모두 지니고 있는데, 통계적 문제해결 과정에서 편향의 의미가 발현되는 양상은 서로 다르다. 먼저 실세계에서의 자료 수집이 통계적 모형에서의 임의표집으로 전환되는 데에는 공정성의 아이디어에서 비롯된 맥락적 의미의 편향이 제어됨에 따라 가능한 것이다. 반대로, 통계적 모형에서의 임의표집이 실세계에서의 자료 수집으로 전환되는 과정에서는 수학적 의미로 편향이 제어되어 비편향추정량을 얻을 수 있음을 설명한다.

표집변이성과 표본대표성은 통계학을 기술이 아닌 과학에 편입하는 데 공헌하면서, 수학과는 분명히 구분되면서도 한편으로는 수학을 활용하게 만드는 독특한 수리과학으로서의 정체성을 형성케 하였다. 통계학이 귀납추론으로 이루어진 방법론을 구성하고 그 연역적 근거를 찾아나가는 독특한 사고 체계를 갖추었다는 점(이영하, 2014)에 비추어볼 때, 표집변이성과 표본대표성은 표본 개념을 이해하고 나아가 통계적 소양을 학습하는 데 핵심이 되는 속성이라 할 수 있다(Rubin et al., 1990). Ben-Zvi, Bakker, & Makar(2015)와 Shaughnessy(2007)도 표집변이성과 표본대표성은 통계적 추리를 이해하기 위해 균형있게 이해되어야 하는 속성이라 밝히고 있다.

표집변이성과 표본대표성은 표본 개념을 통해 통계학과 수학의 학문적 차이를 드러내는 속성이라는 점에서 시사점 1을 만족한다. 또한, 표집변이성과 표본대표성은 통계적 문제해결을 통한 표본 지도를 위해 필요하

다는 점에서 시사점 2를 만족하며, 모집단과 표본의 관계를 설명하면서 실세계와 모형 사이를 설명하는 표집과 편향 이슈를 포함한다는 점에서 시사점 3을 만족한다. 즉, 이와 같은 이유로 표집변이성과 표본대표성은 통계적 소양의 관점에서 표본을 지도하기 위한 교수 지식을 논의하는 데 중심으로 고려할 만한 속성이라 할 수 있다.

이 중에서도 특히 편향은 전통적인 통계교육에서 간과되기 쉬웠던 요소이다. 전통적인 통계교육에서는 [그림 V-5]에서처럼 임의표집을 통한 편향의 제어를 개념적으로 전제하기 때문이다. 그러나 Watson(2006/2013)은 표본에서 편향 문제가 통계 정보에 대한 비판적 평가 능력의 함양이라는 측면에서 통계적 소양의 주요 요소로서 다루어져야 하는 필수적인 주제라고 언급한 바 있다(p. 58). 편향은 임의성의 맥락적 표현인 공정성과 연결되어 있으며, 표집의 공정성을 비판적으로 평가하기 위한 핵심적인 통계적 소양의 요소이다. 그리고 이 공정성이라는 통계적 아이디어가 바로 등확률성으로 설명되는 임의표집이다. 따라서 통계적 문제해결을 통해 표본을 지도하기 위해서는 모집단과 표본에 대한 실세계 자료와 통계적 모형 사이의 관계 속에서 상호작용하는 표집과 편향의 관계를 이해해야 한다.

## 2. 표본 개념에 대한 역사발생적 분석

수학자와 수학교육 연구자들이 수학사에 주목해온 것과 달리, 통계학의 역사에 대한 통계학자들의 관심은 상대적으로 부족했던 것이 사실이다(Owen, 1976, p. iii). 그러나 통계학에서의 여러 개념은 역사적 사건과 경험들이 요구하는 실용적인 필요에 의해 발달해왔기 때문에(탁병주 외, 2014, p. 730), 통계학에서 표본의 교육적 의의를 분석, 고찰하기 위해서는 역사적 발달 경로를 되짚어 볼 필요가 있다. 이 절에서는 통계학에서 표본이 개념화되는 역사적 과정을 범주화하여 단계별로 서술하였다.

## 2.1. 전 표본 단계

대표성으로 인해 표본을 이용하는 아이디어는 인류의 역사만큼이나 오래되었고 여러 상황에서 광범위하게 나타났다(Tversky & Kahneman, 1971). 그리고 인류는 일상생활에서 표본을 비형식적이고 직관적으로 활용해왔다(Kruskal & Mosteller, 1980).

우리나라 역사에서도 이미 오래 전에 표본 아이디어를 직관적으로 활용하여 문제해결을 시도한 일화가 있다. 1430년 조선에서는 세종대왕의 명을 받은 호조에서 실시한 공법 관련 여론조사(<표 V-1> 참고)를 실시한 바 있다. 이때, 조사 대상은 대신에서부터 촌민에 이르기까지 매우 다양했다는 점에서 이미 표본대표성을 고민하여 자료 수집이 이루어졌음을 확인할 수 있다. 또한, 조사 대상이 된 백성이 실제 비율처럼 대신이나 관리보다 많다는 점에 비추어볼 때, 확률표집의 의미를 일부 담고 있다고 볼 수 있다(이경화, 2016, p. 42).

<표 V-1> 공법 관련 여론조사의 찬성과 반대 분석(《세종실록》, 12년(1430) 8월 10일; 오기수, 2011, p. 380에서 재인용)

	대신·관찰사·도사 등				수령				품관·촌민				합계			
	찬성		반대		찬성 <sup>23)</sup>		반대		찬성		반대		찬성		반대	
	인수	%	인수	%	인수	%	인수	%	인수	%	인수	%	인수	%	인수	%
대신 등	21	9.8	194	90.2									21	9.8	194	90.2
3품 이하	현직	259	39.7	393	60.3								259	39.7	393	60.3
	전직	443	79.1	117	20.9								443	79.1	117	20.9
유후사									1,123	94.1	71	5.9	1,123	94.1	71	5.9
경기도					29	85.3	5	14.7	17,076	98.6	236	1.4	17,105	98.6	241	1.4
평안도			1		6	14.6	35	85.4	1,326	4.4	28,474	95.6	1,332	4.5	28,510	95.5
황해도					17	50.0	17	50.0	4,454	22.2	15,601	77.8	4,471	22.3	15,618	77.7
충청도			2		35	57.4	26	42.6	6,982	33.3	14,013	66.7	7,017	33.3	14,041	66.7
강원도					5	33.3	10	66.7	939	12.0	6,888	88.0	944	12.0	6,898	88.0
함길도			1		3	17.6	14	82.4	75	1.0	7,387	99.0	78	1.0	7,402	99.0
경상도					55	77.5	16	22.5	36,262	99.0	377	1.0	36,317	98.9	393	1.1
전라도			2		42	77.8	12	22.2	29,505	99.1	257	0.9	29,547	99.1	271	0.9
	723	50.5	710	49.5	192	58.7	135	41.3	97,742	57.1	73,304	42.9	98,657	57.1	74,149	42.9

유럽에서도 이미 오래 전부터 표본 아이디어를 활용하여 현상을 추론하는 역사적 일화들이 기록되어 있다(이경화, 2016). 17세기 영국의 사회통계학자인 John Graunt는 흑사병 사망자 수에 대한 통계 자료를 바탕으로 흑사병의 전염 양상을 타당하게 추론한 것으로 알려져 있다. 이 통계 자료 중 일부는 수집한 것이 아니라 구성한 것으로 알려져 있는데(Bellhouse, 1998, p. 208), 이러한 자료를 바탕으로 이루어진 추론이 합리적이고 타당했다는 사실은 표본 아이디어의 유용성을 매우 강하게 뒷받침한다.

당시 자료 수집 기관의 담당자 중 한 사람인 John Bell은 자료를 제대로 수집하지 않았거나 자료를 만들어내는 경우를 경계해야 한다고 주장하였으나, 이러한 주장은 19세기 후에야 통계학자들의 주목을 끌었다고 알려져 있다(Bellhouse, 1998, p. 210; 이경화, 2016에서 재인용, p. 44). 이는 19세기까지 표본 개념은 전체를 추측할 수 있는 아이디어 이상의 통계적 의미를 지니지 못한 상태였음을 짐작케 한다. 즉, 모집단의 부분집합 정도로만 인식되어 표집 기법에 크게 주목하지 않았던 이 시기를 본 연구에서는 “전 표본 단계”로 명명한다.<sup>17)</sup>

## 2.2. 대표표본 단계

표본대표성은 표본 개념에 선천적으로 내재되어 있는 것이 아니다. Kahneman & Tversky(1972)는 표본이 모집단을 대표할 가능성을 바탕으로 추단할 때 의존하는 한 가지 기준이 “표본의 기본 특성이 모집단과 비슷한 정도”임을 언급한 바 있다(p. 430). 역사에서도 모집단에 대한 표본의 유사비례성(quasi-proportionality)을 확보하기 위한 자료 수집이 시도된 사례를 찾아볼 수 있다.

통계학에서 모집단을 대표하는 표본 개념이 학문적으로 다루어지게 된

---

17) 표본의 역사적 발달 단계를 시기별로 명명하는 데, 김남희, 나귀수, 박경미, 이경화, 정영욱(2017)이 전 함수 단계, 기하적 함수 단계, 대수적 함수 단계, 논리적 함수 단계, 집합적 함수 단계로 표현한 함수의 역사적 발달 단계를 참고하였다.

계기는 1895년 스위스 베른에서 개최된 ISI 회의였다. 이때, 노르웨이의 통계학자 Anders N. Kiaer가 ‘대표기법(representative method)’이라 불리는 자신의 아이디어를 제안함으로써, 표본이 모집단에 대한 대표성을 떨 수 있도록 하는 부분조사에 대한 논의가 시작되었다(Kiaer, 1897). 이 대표기법은 오늘날의 층화표집과 같은 기법이다. 그리고 이는 표본을 모집단과 유사비례적인 것으로 만듦으로써, 부분조사는 전수조사를 통해 얻은 결과와 일치하는 부분이 늘어남에 따라 그 신뢰도를 높일 수 있었다. 이후, 1903년 독일 베를린에서 개최된 ISI 회의에서 대표기법의 사용을 지지하는 결의안이 채택되면서 통계학에서 표본조사는 통계조사로서 공식적으로 인정, 도입되었다(O’Muircheartaigh, 2005). 그리고 1924년에는 ISI 내 대표기법 분과가 신설되어 표본조사가 통계학에서 핵심적인 지위를 차지하게 되었다(Hansen, 1987).

전체를 파악하기 위해 일부를 조사하는 아이디어는 인간이 대표성을 활용하는 전형적인 추단이며, 불확실성을 지닌 맥락에서 주관적 확률에 의지하게 됨으로써 인지적인 편향을 유발한다(Tversky & Kahneman, 1974). Kiaer(1897)는 부분조사가 대표성을 지니도록 하는 방법을 명확히 하기 위해 실제 실험뿐만 아니라 이론 연구 또한 중요함을 역설하였고(p. 55), 이는 표본의 대표성을 고려하는 부분조사의 원리에 대한 학문적 논의를 제시하였다는 점에서 의의가 있다(Hansen, 1987). 즉, 오늘날 표집의 시초이자 표본 개념이 이론적 지지를 갖출 수 있게 한 시작점으로서, 대표기법의 등장은 표본대표성의 인식과 함께 통계학에서 편향 개념의 맹아가 싹트는 계기가 되었다고 볼 수 있다.

### 2.3. 확률표본 단계

Kahneman & Tversky(1972)에 따르면, 사람들은 표본이 모집단을 대표할 가능성을 바탕으로 추단할 때 “표본의 기본 특성이 모집단과 비슷한 정도” 외에 또 다른 기준에 의존한다. 이는 바로 “표본이 생성되는 과정의 두드러진 특징을 반영하는 정도”이다(p. 430). 표본이 대표성을 지니

기 위해서는 단순히 모집단과 비슷한 것만으로 충분하지 않다. 표본이나 모집단의 특성을 알 수 없을 때는 모집단과의 유사성만으로 대표성을 논할 수 없으며, 이때는 부득이 표본이 추출된 절차를 참고해야 한다 (Bar-Hillel, 1982/2010).

대표기법을 제안한 Kier(1897)는 연구자의 주관적 판단이 표본 선택에 영향을 미쳐서는 안 된다고 주장하였는데, 이는 대개 일상적 의미에서의 임의화를 가리킨다. 즉, 연구의 객관성을 위해 실험 개체의 처리 배치에 연구자가 철저히 관여하지 않는 것으로서 임의화를 바라보는데(허명희, 2006, p. 54), 이러한 임의화는 인간의 직관 내에서 불규칙성과 국소적 대표성으로 인식되어 대표성 추단을 이끈다고 알려져 있다(Kahneman & Tversky, 1972). 그리고 표본조사가 통계학에서 학문적 연구 대상으로 포함됨에 따라, 표본대표성의 2차적 의미인 임의화도 통계학에서 다루어지기 시작하였다.

영국 로담스테드 농업시험장(Rothamsted Experimental Station)의 소장이었던 Ronald A. Fisher는 실험 설계에서 임의화를 강조하였다(Hansen, 1987). 임의화를 비롯하여 로담스테드 농업시험장은 통계적 추론, 실험 설계 등과 관련하여 표본조사 방법론에 중대한 진보를 이루었다. 그러나 1930년대 중반까지는 이러한 성과가 외부에서 이루어지는 표본 연구에 거의 영향을 주지 못하였다(Hansen & Madow, 1976). 실제로 1926년에는 ISI 내 대표기법 분과에서 표본 선택 방법으로 임의표집과 목적표집이 함께 결의되어 두 표집기법의 실제 사용 결과가 논의되었다(Bellhouse, 1988).

통계학에서 임의표집이 공인된 계기는 폴란드의 통계학자 Jerzy Neyman이 1934년에 런던 왕립통계협회(The Royal Statistical Society) 회의에서 확률표집에 대한 논문을 발표하면서였다. 임의표집과 목적표집을 비교, 평가한 결과, 목적표집은 실제로 따르기 어렵다고 주장하면서 임의표집이 목적표집보다 더 합리적인 방식이라는 점을 이론적, 실제적으로 설명한 것이다(Neyman, 1934). Neyman의 논문은 확률표집에 도입된 임의화를 기반으로, 유한모집단에서 선택된 표본으로부터 이끌어낸 추론에 대해 포괄적으로 다룬 첫 논문으로서 수많은 통계학자들에게는 하나의 패러다

임으로 인식되었다(Bellhouse, 1988). Kruskal & Mosteller(1980)는 이를 두고 “Neyman 분수령(watershed)”이라는 표현을 사용하였다.

Kiær가 대표기법을 제시하였던 1897년 ISI 회의에서의 주요 논의가 “대표기법을 사용할 것인지”인데 반해, 이후 1925년 ISI 회의에서의 주요 논의는 “대표기법을 어떻게 사용할 것인지”로 옮겨갔다(Kruskal & Mosteller, 1980). 그리고 1930년대에 접어들면서 층화표집과 군집표집 등 통계적 추리의 정확도를 제고하기 위한 다양한 확률표집 아이디어가 Neyman에 의해 수리통계적 관점에서 정립되었다. 임의확률 중심으로 형성된 표본대표성의 2차적 의미는 이 시기를, 편향을 제어하기 위한 구체적인 논의가 이루어지는 시기로 특징지을 수 있게 하였다. 즉, 모집단과의 유사비례성으로 정의된 표본대표성의 1차적 의미가 불확실성을 내포한 맥락에 의해 유용성을 상실함에 따라, 통계학에서는 확률을 이용하여 임의성이라는 표본대표성의 2차적 의미를 부여하고 나아가 편향을 제어할 수 있는 통계적 도구까지 찾아낸 것이다.

## 2.4. 비편향 표본 단계

많은 사람들은 크기가 큰 표본이 작은 표본에 비해 모집단을 더 잘 대표한다고 추단한다. Bar-Hillel(1982/2010)은 72명을 대상으로 다음 문제를 풀게 하였고 이 중 80% 이상이 표본 크기가 더 큰 회사 B를 신뢰하였다는 연구 결과를 보고한 바 있다.

두 명의 조사 연구자가 어떤 국민투표에서 <예>에 투표하려는 사람들의 비율을 추정하려고 여론조사를 실시하였다. 회사 A는 400명의 표본을 대상으로 한다. 회사 B는 1,000명을 대상으로 한다. 당신은 어느 추정치를 더 신뢰할 만한 것으로 받아들이겠는가? (Bar-Hillel, 1982/2010, p. 105).

통계학자들은 확률 개념을 이용한 수리통계학적 접근을 통해 임의표집과 같이 편향을 제어하고 대표성을 확보하는 표집 기법을 제안해왔다. 그러나 20세기 초반까지 실제 통계 조사에서의 자료 수집은 이론적인 표

본과 유리된 채 이루어졌다. 통계학자들의 논의와는 별개로, 잡지사 등 실제 여론조사를 시행했던 기관에서는 표집 기법보다 표본 크기에 주목하는 대표성 추단이 만연해 있었다(강준만, 2016, p. 53). 이러한 대표성 추단에 대한 반성의 계기가 된 사건은 바로 미국 Literary Digest지의 1936년 대선 여론조사였다(Hansen, 1987). 200만 명이 넘는 크기의 표본을 추출한 Literary Digest지의 여론조사 결과는 실제 결과와 정반대로 당선자를 예측하였고, 오히려 단 15,000명만을 조사했던 여론조사 연구자 George H. Gallup은 당선자를 정확히 예측하였다. 이로 인해 미국에서는 표본조사의 유의성에 대해 회의적인 시각이 고개를 들기 시작하였고, 이는 오늘날까지도 통계학에서 중요한 역사적 사건으로 기록되어 있다.

표본조사의 신뢰도를 높이기 위해서는 표본조사와 전수조사의 결과가 더 많이 일치해야 하지만, 불확실성을 지닌 맥락에서 일부만을 조사할 때 필연적으로 발생하는 오차가 편재하게 되어 있다. 역사적으로 영국 로담스테드 농업시험장의 Fisher뿐만 아니라 인도통계원(Indian Statistical Institute)의 설립자인 Prasanta C. Mahalanobis도 이 오차를 제어하기 위한 다양한 표집 아이디어를 제시하였다(Hansen, 1987). 그러나 크기가 큰 표본으로부터 이루어진 예측 결과가 실제 결과와 반대로 도출될 만큼 오차가 커지게 되면서, 기존의 오차를 단지 우연으로만 정당화하기 어려운 상황이 되었다. 이 시기에 비로소 여론조사 등 실생활에서 이루어지는 표본조사에 편향이 존재함을 인식하게 되었으며, 비편향 표본을 추출하는 방안을 모색하는 것이 표본조사에서 최대의 과제가 되었다.

## 2.5. 통계적 표본 단계

표본대표성은 표집변이성과 편향에 의해 영향을 받으며 이 두 개념은 발생의 근원이 전혀 다르다(Moore & Notz, 2006/2009, p. 37). 전자는 우연을 인정함에 따라 나타나는 내재된 변화가능성이며, 맥락에서의 변이성을 다루기 위한 통계적 렌즈는 바로 자료의 분포이다(Wild, 2006). 자료의 분포는 표본의 크기가 커질수록 표본표준편차가 작아지면서 중심경

향성이 강해지기 때문에(이경화, 신보미, 2005), 결과적으로 변이성은 표본의 크기를 통해 줄일 수 있다. 반면, 후자는 우연 이외에 비수학적 외부 요인에 의해 한 방향으로 일관되게 벗어나는 경향을 뜻하기에, 적절한 표집 기법을 통해 제어되어야 하는 대상이다. 구체적으로, 통계학에서 개념화된 임의표집이 실제 맥락적 영역에서도 거의 구현될 수 있도록 노력해야 비로소 편향을 일정 수준 이하로 낮출 수 있다. 그래서 표본조사를 비롯한 통계적 추정이 얼마나 제대로 된 것인지를 평가하기 위한 잣대로 정확도(accuracy)와 정밀도(precision)가 구분되어 등장한 것이다. 정확도는 편향과, 정밀도는 변이성과 관련이 있다(Stigler, 1986/2005, p. 102).

1937년, 대공황으로 실업자가 양산되던 미국에서는 실업률을 측정하기 위해 실업자들이 자발적으로 실업자 등록을 하도록 함과 동시에, 이를 확인하기 위해 확률표집과 비 추정을 기반으로 한 실사 확인조사를 실시하였다. 미국 통계국(Census Bureau)의 고위 직원들 중 일부는 Literary Digest지의 예측 실패로 표본조사에 대한 의구심을 가지고 있었지만, 결과적으로 실사 확인조사는 성공적으로 이루어지면서 미국 통계국에서 표집을 보편적으로 받아들여지게 된 계기가 되었다. 편의표집(convenience sampling)을 기반으로 한 Literary Digest지의 여론조사와 달리, 실사 확인조사는 실제 맥락에서 최대한 확률표집이 구현될 수 있도록 자료 수집 과정을 거쳤기 때문이었다(Hansen, 1987). 실제로 Literary Digest지의 여론조사는 잡지 구독명부, 자동차 등록명부, 전화번호부 등 고소득자에 편향된 조사모집단에서 자료를 수집하였고, 통계학에서 강조했던 임의표집을 실제 조사 맥락에서 구현하기 위한 어떠한 노력도 이루어지지 않았다.

표본조사의 정확성에 영향을 주는 요인이 편향과 변이성으로 명확히 구분되기 시작하면서, 미국에서 이루어진 통계조사의 역사는 편향의 발견과 제어를 거듭하며 발전하게 된다. 미국 통계국에서는 1940년 인구주택 총조사(1940 Census)에서부터 전수조사로 얻지 못하는 정보를 얻기 위해 표본조사를 도입하였는데, 조사원이 조사 순서를 결정하는 데서 발생한 예기치 못한 편향이 향후의 개선 과제로 떠올랐다. 이에 제2차 세계대전 이후 미국에서 이루어진 노동력조사(Labor Force Survey)에서부터

는 완전확률표집이 이루어질 수 있도록 조사를 설계하는데 목표를 두기 시작하였다. 그리고 1954년 인구조사(Current Population Survey)에서는 동일한 모집단에서 동일한 크기로 추출된 표본들 사이의 차이가 변이성으로 설명할 수 있는 것보다 더 큰 경우를 고려해나가기 시작하였다. 이와 같이 미국 통계국에서는 확률표집을 기반으로 편향을 제어해나가는 표본 조사 연구방법론의 이론과 실제에서 커다란 진전을 이룩해왔다(Hansen, 1987). 그리고 이 시기를 거쳐 표본 개념은 통계학의 핵심 아이디어로 자리잡게 된다.

지금까지 확인한 표본 개념의 역사적 발달 과정은 <표 V-2>와 같이 요약할 수 있다. 1900년대부터 표집의 임의화와 확률표집 아이디어를 통해 표본의 대표성을 높이고 통계 조사의 정확성을 기하기 위한 여러 시도가 통계학에서 이루어져 왔다. 그러나 정작 표본의 대표성에 영향을 주는 근본적인 요인에 대한 분석은 상대적으로 뒤늦게야 이루어졌다. 즉, 통계학에서 편향과 표집변이성이 개념화되기 이전에 일단 오차 제어를 위한 기법이 먼저 발전한 것이다.

<표 V-2> 표본 개념의 역사적 발달 단계

표본의 역사적 발달	계기	특징
전 표본 단계	과거부터 비형식적 활용	표본 개념의 직관적 수용
대표표본 단계	Kiær의 대표기법	표본대표성의 인식
확률표본 단계	Neyman의 확률표집	표본대표성의 확보
비편향 표본 단계	Literary Digest지 사건	표본대표성에 대한 의심
통계적 표본 단계	미국 통계국의 인구 조사	표집변이성과 편향의 구분

표본 개념의 역사적 발달 과정에서 표집변이성과 표본대표성은 통계적 문제해결 과정을 통해 도출한 결과가 필연적으로 포함하고 있는 오차를 설명한다. 그러나 오차를 줄이기 위한 노력에 비해 오차의 질적 문제에 대한 논의는 상대적으로 늦게 이루어졌음을, 표본 개념의 역사적 발달 과정에서 확인할 수 있었다. 따라서 위와 같은 역사발생적 순서는 표본

조사에서 오차의 질적 문제가 통계 교수·학습에서 상대적으로 다루기 어려운 부분일 수 있다는 점을 시사한다.

표본조사에서 필연적으로 발생하는 오차는 한편으로 맥락적 요소에 의해 표집 과정에서 발생하는 편향에서 비롯되기도 하며, 다른 한편으로 표집변이성에 의해 필연적으로 발생하는 것이기도 하다. 어느 쪽이든 맥락의존적이고 비결정론적인 통계학의 특성에 의해 나타나는 것으로서 수학과 대비된다는 점에서 시사점 1을 만족한다. 또한, 통계 정보를 비판하고 정당화하는 데에는 통계학에서 편향과 변이성을 제어하여 오차를 줄이기 위한 여러 시도들을 통계적 문제해결 과정 내에서 이해해야 하며, 이는 시사점 2에 대응된다. 특히, 오차의 질과 근원을 논의하기 위해서는 반드시 통계적 영역과 맥락적 영역 사이의 대응과 상호작용을 확인해야 하는데, 이는 시사점 3과 관련이 있다. 이를 종합하면, 표본을 지도하는 교사들은 모집단에 대한 표본의 대표성을 설명하기 위해 편향과 표집변이성을 모두 고려해야 함을 주장할 수 있다.

### 3. 표본 개념에 대한 교육과정 분석

2절에서 확인했듯이, 표본 개념의 역사적 발달 과정에서도 표집변이성과 표본대표성은 표집 기법의 역사적 전회를 야기한 핵심적인 성질이다(탁병주 외, 2014). 따라서 표집변이성과 표본대표성은 표본 개념을 지도하는 데 교수학적인 측면에서 매우 중요한 속성이라고 할 수 있다. 이는 이 두 속성이 교육과정과 교과서에서 표본을 어떻게 다루는지를 고찰하는 데 중심으로 고려할 만한 것임을 뒷받침한다.

교육과정은 대개 사회의 요구에 따라 수립되고 개정되는 사회적 종속변수의 역할이 부여된다. 따라서 국가별 교육과정 비교 분석은 한편으로 형식과 내용을 분명히 드러내고, 다른 한편으로 우리나라 교육과정에서 강화할 내용과 약화할 내용에 대한 정보를 얻는 데 도움이 된다(장경윤, 홍진곤, 이화영, 탁병주, 2015, p. 50). 이 절에서는 표본 개념과 관련하여 우리나라의 수학과 교육과정을 확인한 후, 동아시아 국가와 영미권 국가

의 수학과 교육과정을 분석한다. 특히, 각국의 통계 교육과정에서 표집변이성과 표본대표성을 중심으로 표본 지도가 어떻게 이루어지는지를 살펴본다.

### 3.1. 우리나라, 싱가포르, 일본의 수학과 교육과정 분석

이 절에서는 동아시아 국가인 우리나라, 싱가포르, 일본의 수학과 교육과정을 분석하여, 내용 체계와 성취 기준을 바탕으로 표본 개념이 교육과정에서 어떻게 다루어지고 있는지를 확인한다.

#### 3.1.1. 우리나라의 수학과 교육과정

2009 개정 수학과 교육과정에서는 표본 지도에 대한 교수·학습 상의 유의점으로 “모집단과 표본은 실제적인 예를 통하여 이해하게 한다(교육과학기술부, 2011, p. 70)”고 기술하였다. 표본 개념에서 실생활 맥락의 중요성을 선언적으로만 밝히고 있을 뿐, 통계적 소양의 관점에서 표집변이성, 표본대표성이 고려되지 않고 있다. 강현영 외(2014)는 우리나라의 2009 개정 수학과 교육과정에서 확인할 수 있는 통계 교육과정의 문제점을 다음과 같이 언급하였다(pp. 85-86).

- 확률 단원의 교육과정 구성 방식이 조합론 위주로 되어 있고, 수학적 확률과 통계적 확률과의 연결성이 명시적으로 드러나 있지 않다.
- 통계 단원은 경험, 자료와 개연추론 중심으로 진술되어야 함에도 수학과과의 다른 단원과 마찬가지로 이성과 논리 중심으로 진술되어 있다.
- 실생활 자료를 외형적으로만 이용할 뿐, 실제적 함목적적 사용 환경이나 목적에 대한 언급이 없다.
- 통계적 방법에 대해 개념적으로 설명하지 않고 단편적인 계산 위주로 구성되어 있어 내용 간의 연계가 강하지 않다.
- 이론에 실습과 수행을 병행해야 하는 통계의 실용적 성격을 교육과정에서 반영하고 있지 못하다.

[그림 V-7]은 현행 확률과 통계 교과서의 ‘모집단과 표본’ 단원에서 제시된 과제이다. 이 과제에서는 모집단에 대한 표본의 대표성이나 불확실성으로 인해 파생된 표집변이성에 주목하지 않고 있다. 그보다는 모집단의 부분집합으로서만 표본을 설명한 후, 표본을 추출하는 경우의 수를 단순 계산하는 조합론적 접근을 취하고 있다.

예제 1

주머니에 1부터 5까지의 자연수가 하나씩 적힌 5개의 공이 들어 있다. 이 주머니에서 한 개씩 두 개의 공을 다음과 같은 방법으로 추출하는 방법의 수를 구하여라.

(1) 복원추출	(2) 비복원추출
----------	-----------

**풀이** (1) 첫 번째에 한 개의 공을 꺼내는 방법의 수는 5, 두 번째에 한 개의 공을 꺼내는 방법의 수도 5이므로 구하는 방법의 수는

$$5 \times 5 = 25(\text{가지})$$


---

(2) 첫 번째에 한 개의 공을 꺼내는 방법의 수는 5, 두 번째에 한 개의 공을 꺼내는 방법의 수는 4이므로 구하는 방법의 수는

$$5 \times 4 = 20(\text{가지})$$

답 (1) 25 (2) 20

[그림 V-7] 고등학교 ‘확률과 통계’ 교과서의 표본 과제(류희찬 외, 2014, p. 159)

2015 개정 수학과 교육과정에는 표본 지도에 대한 교수·학습 상의 유의점이 “실제적인 예를 통하여 표본조사의 필요성을 알게 하고, 올바른 표본추출이 모집단의 성질을 예측하는 기본조건임을 이해하게 한다(교육부, 2015, p. 99)”고 서술되어 있다. 이는 통계학에서 표본 개념의 역할을 비교적 분명히 명시했다는 점에서, 2009 개정 수학과 교육과정에 비해 진일보한 제언이다. 그러나 여전히 표본 개념은 고등학교 선택 과목인 ‘확률과 통계’에서 처음 등장하고, 곧바로 형식적인 통계적 추정을 학습하도록 되어 있다.

통계적 문제해결이 통계적 소양의 학습 요소라는 점을 고려할 때, 자료 수집 단계의 통계적 의미로서 표본 개념의 지도 시기를 앞당길 필요

가 있다. 중학교 수준에서 표본 개념에 대한 사전 학습이나 인지 없이 통계적 문제해결을 경험한다는 것은, 유의미한 통계적 소양 교육을 학교 현장에서 실천하는 데 한계로 작용할 수 있기 때문이다. 그리고 이러한 문제는 후술할 싱가포르의 교육과정 분석에서도 유사하게 확인할 수 있다.

### 3.1.2. 싱가포르의 수학과 교육과정<sup>18)</sup>

싱가포르 역시 우리나라와 마찬가지로 표본 개념을 고등학교에서 다루고 있다. 표본 개념은 평가 요목 중 인문계열 학생들이 대입 시험에서 주로 선택하는 H1과 자연계열 학생들이 주로 선택하는 H2에 모두 포함이 되어 있다. <표 V-3>은 H1, H2의 성취 기준 중 표본 개념에 대한 내용을 발췌한 것인데, 전반적으로 우리나라보다 훨씬 더 많은 내용을 다루고 있다.

<표 V-3> 싱가포르 H1, H2의 표본 개념 성취 기준(장경윤 외, 2016, pp. 118-119)

교과목	성취 기준
H1, H2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 모집단과 표본 개념</li> <li>- 임의표본, 층화표본, 대칭표본, 할당표본</li> <li>- 다양한 표집 방법의 장점과 단점</li> <li>- 정규모집단에서 표본평균의 분포</li> <li>- 표본 크기가 충분히 클 때 중심극한정리를 이용하여 정규분포에 따르는 표본평균 다루기</li> <li>- 한 표본에서 모평균과 모분산의 불편추정치 계산</li> <li>- 표본분포와 관련된 문제 해결하기</li> </ul>

18) 싱가포르는 초등학교와 중등학교의 경우 2013년에 싱가포르 교육부의 교육과정 담당 부서(Curriculum Planning and Development Division)에서 발표한 국가 수준의 교육과정이 존재한다. 그러나 고등학교의 경우, 싱가포르 교육평가원(Singapore Examinations and Assessment Board)에서 발행하는 평가요목이 국가 교육과정을 대신한다. 고등학교 수학 교과목에 해당하는 Mathematics H1, H2, H3에 대한 평가요목이 존재하며, 이는 모두 싱가포르의 대학입학시험에 해당하는 GCE A-level 시험의 범위를 안내하는 문서이다(장경윤 외, 2016, p. 69).

싱가포르의 교육과정에서는 표본 개념 중에서도 특히 다양한 표집 방법에 주목하고 장단점을 논의하는 등, 모집단과 표본의 관계 속에서 표본 개념을 매우 상세히 다루고 있다. 또한, 모평균의 추정뿐만 아니라 가설 검정을 다루어 통계적 추리의 신뢰도와 타당도를 판단하는 데 수리통계학적인 방식에 의존하고 있다. 다만, 통계적 소양 교육의 실천을 위해 표본 개념을 중학교 수준에서부터 지도한다면, 우리나라나 싱가포르와 같은 수리통계적 접근 방식에만 의지하기는 어렵다. 따라서 동일한 동아시아 국가 중 상대적으로 표본 개념을 이른 시기에 도입하는 일본의 교육과정을 확인해 볼 필요가 있다.

### 3.1.3. 일본의 수학과 교육과정<sup>19)</sup>

일본의 수학과 교육과정 중 중학교 수학 내용 체계는 수와 식, 도형, 함수, 자료의 활용으로 구성되어 있는데, 이 중 자료의 활용 영역은 1, 2학년 내용이 우리나라와 거의 유사하다. 그러나 우리나라에서는 고등학교 ‘확률과 통계’에서 다루는 표본 개념이 일본에서는 중학교 3학년에서 다루어진다(장경윤 외, 2016, p. 178).

우리나라에서는 중학교 3학년에서 경우의 수, 분산과 표준편차, 자료의 상관관계 등을 다루므로써, 중학교 수준에서까지는 통계치의 계산과 기술통계학에 주목하고 추측통계학을 가르치지 않는다. 그러나 일본에서는 이를 모두 고등학교에서 지도하는 대신, 중학교 3학년에서는 전수조사와 표본조사의 뜻, 모집단, 표본, 표집, 표본조사의 활용 등을 다루고 있다(장경윤 외, 2016, p. 178). 특히, 일본의 수학과 교육과정에서는 모집단에서 표본을 추출하고 표본의 경향을 조사하는 활동에서 컴퓨터의 활용을 명시하고 있다. [그림 V-8]에서처럼, 일본의 중학교 3학년 수학 교과서에

19) 일본의 학제는 초등학교(정식 명칭은 소학교) 6년, 중학교 3년, 고등학교 3년으로 구성되어 있어 우리나라와 일치하며, 우리나라와 마찬가지로 국가 수준의 교육과정을 운영하고 있다. 현재 일본의 교육과정은, 초등학교와 중학교는 2008년에, 고등학교는 2009년에 개정, 고시된 것으로서 PISA 등의 국내외 학업성취도평가에서 제기된 문제를 해결하기 위해 개정되었다고 알려져 있다(장경윤 외, 2016, p. 165).

서는 컴퓨터 프로그램을 이용하여 임의표집을 시도할 수 있도록 안내하고 있다. 공학도구를 활용한 표집은 반복이 가능하기 때문에 표집변이성을 인식하는 데 매우 유용하다. 또한, 공학도구를 활용하면 표본의 경향을 확인하는 과정을 통해 표본대표성을 지도할 수 있다. 이를 통해 일본의 수학과 교육과정에 따른 표본 개념 지도는 우리나라, 싱가포르에 비해 통계적 소양의 관점에서 더 강화되어 있음을 알 수 있다.

**コンピュータを使う方法**  
 コンピュータの表計算ソフトなどで、次のような手順で行う。

- 1つのセルに  
 $= \text{INT}(\text{RAND}() * 500 + 1)$   
 と入力する。
- Enter** キーを押すと、そのセルに1以上500以下の数が表示される。
- 数が表示されたセルの右下のかどをクリックし、適当なセルまでドラッグしてボタンをはなすと、その間のすべてのセルに1以上500以下の数が表示される。  
ドラッグとは、マウスのボタンを押したまま、マウスを移動させることである。
- 各セルに表示された数のうち、同じ数を除いて上から必要な個数を標本とする。

**例 1** ①~④のいずれかの方法で25個の数を並び、195ページの手順で標本調査をやってみなさい。  
 なお、乱数表は202ページにあります。

1	2
$=\text{INT}(\text{RAND}()*500+1)$	
329	
464	
282	
152	
420	
266	
159	
155	
12	
262	
21	
335	
176	
483	
394	
97	
344	
438	
24	
364	

**数学のまど 表計算ソフトで使われる関数**

**RAND()** .....0以上1未満の乱数を発生させる。

**INT(数値)** .....かっこの中の数の小数点以下を切り捨てて整数にする。

**INT(RAND()\*500+1)**  
 .....0以上1未満の乱数を500倍して1を加え、小数点以下を切り捨てて整数にする。

random と integer を詳書で調べてみよう。

[그림 V-8] 일본 중학교 3학년 교과서의 임의표집 지도 사례(藤井齊亮 外, 2015, p. 197)

지금까지 동아시아 국가인 우리나라, 싱가포르, 일본의 수학과 교육과정을 통해 표본의 지도 방식을 비교하였다. 싱가포르는 우리나라보다 훨씬 더 높은 수준에서 표본 개념을 지도하고 있었고, 일본은 우리나라보다 표본 개념을 지도하는 시기가 더 빠르다. 특히, 일본의 수학 교과서에서는 공학도구를 통해 표본 개념을 실제적으로 학습하도록 안내하고 있어, 통계적 소양 교육의 관점에서는 통계교육이 우리나라보다 더욱 강화

되어 있다고 볼 수 있다.

그러나 세 나라 모두 교육과정에 통계적 문제해결을 통한 통계 교수·학습이 명시되어 있지 않고 교과서의 사례에서도 실제 구현이 제한적으로만 이루어져 있다. 표집변이성과 표본대표성이 표본 개념에서 핵심적인 속성으로서 고려되어야 하는 이유는, 이 두 속성이 통계적 문제해결 과정 전반에 미치는 영향이 매우 크기 때문이다. 따라서 통계적 소양 교육을 위한 표본 지도의 구체적 시사점을 얻기 위해서는, 통계적 문제해결 경험이 강조되는 다른 나라의 교육과정을 분석해볼 필요가 있다.

### 3.2. 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드의 수학과 교육과정 분석

미국과 영국은 주로 우리나라 교육과정의 시안 개발에 분석 대상이 되는 국가이며, 호주와 뉴질랜드는 통계교육 개선을 위한 선행연구에서 자주 인용되고 있다(강현영 외, 2014, p. 66). 이 절에서는 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드의 수학과 교육과정을 분석하여, 내용 체계와 성취 기준을 바탕으로 표본 개념이 교육과정에서 어떻게 다루어지고 있는지 확인한다.

#### 3.2.1. 미국의 CCSSM<sup>20)</sup>

CCSSM의 중학교 수학 내용 체계는 수 체계, 문자와 식, 비와 비례(합수), 기하, 그리고 통계와 확률로 구성되어 있다. 이 중 통계와 확률 영

---

20) 연방 국가로서 주별 지방자치가 확립된 미국은 주 단위로 서로 다른 수학과 교육과정을 운영하고 있다. 《수학과 공통 핵심 학력기준(Common Core State Standards for Mathematics, 이하 CCSSM)》은 지역별로 상이한 교육과정을 채택함에 따라 발생하는 다양한 문제점들을 해결하기 위해 연방 정부 차원에서 개발이 이루어진 교육과정이다. CCSSM은 미국의 공통 핵심 학력 기준 기구(Common Core State Standards Initiative, 이하 CCSSI)에서 2010년에 발표한 교육과정으로서, 현재는 미국 42개 주에서 CCSSM을 반영한 수학과 교과서를 사용하고 있다(장경운 외, 2016, pp. 11-12). CCSSM은 기존에 적용되었던 NCTM(1989, 2000)의 규준과 달리, 학년별 구성 방식을 취하고 수학 내용 기준으로만 구성되며 학교급에 따라 내용 영역을 구분한다는 특징이 있다(박경미, 2010).

역의 성취 기준에 따르면 “통계적 변이성에 대한 이해의 발달”이 6학년의 학습 내용으로 제시되어 있다. 또한, “모집단에 대한 추론을 이끌어내기 위해 임의표집을 사용한다”는 7학년의 성취 기준이다(장경윤 외, 2016, p. 22).

고등학교 교육과정에서 표본 개념이 처음으로 등장하는 우리나라와 달리 미국 CCSSM에서는 표본 개념이 7학년의 성취기준으로 제시되어 있다. 또한 모집단을 추정하기 위해 임의표집을 사용해야 함을 명시하고 있으며, 이에 대한 구체적인 내용 서술은 아래와 같다(CCSSI, 2010; 구나영, 탁병주, 강현영, 이경화, 2015, p. 521에서 재인용).

- 표본을 조사함으로써 모집단에 대한 정보를 얻기 위해 통계가 사용될 수 있다는 것을 이해한다; 주어진 표본으로부터 모집단에 관해 일반화하는 것은 표본이 모집단을 대표할 때에만 유의미하다는 것을 이해한다.
- 임의표집된 자료를 모집단에 관해 알려지지 않은 특징을 추론하는데 사용한다. 추정 또는 예측의 변이를 통제하기 위해 동일한 크기의 표본을 여러 번 표집한다.

미국 CCSSM에서 표본 개념 지도를 다루는 방식에 대한 구체적인 예로, 《Connected Mathematics Project 3(이하 CMP3)》 7학년 교과서에 [그림 V-9]와 같이 제시된 과제를 확인해볼 수 있다. CMP3은 NCTM(1989, 2000)의 기준을 구현할 수 있는 개혁 지향 교과서이면서도 CCSSM에 따라 만들어진 교과서로 알려져 있다. 모집단과 표본에 대한 피상적인 설명에 그치는 우리나라와 달리 CMP3 교과서에서는 통계학에서 자주 사용되는 다양한 표집 기법을 소개하면서 표본대표성을 바탕으로 각각의 표집 기법의 타당성에 대해 논의하도록 안내하고 있다.

요약하자면, CCSSM의 통계 교육과정에서는 자료와 표현과 해석으로부터 통계적 질문에 답을 하기 위해 변이성을 이해하고 모집단을 추정하는데 초점을 맞추고 있다. 또한 7학년에서부터 표본에 관한 학습이 본격적으로 이루어지는데, 임의표집된 자료로부터 모집단을 추정하기 위해서는 표본대표성을 이해할 필요가 있음을 강조하고 있다. 미국 CCSSM에서는

6~7학년에 걸쳐 표집변이성과 표본대표성을 다루어 학생들이 표본으로부터 비형식적인 추리를 할 수 있도록 발판을 마련해주고 있는 것이다.

◆ Ruiz의 학급은 학생들의 수면 시간과 영화 관람 시간을 설문조사하기로 하였다. 학급의 학생들은 네 조로 나뉘어 각 조는 다음과 같이 전교생 모집단에서 표본을 추출할 계획을 세웠다.

- 1조: 학교버스에 탑승한 학생들을 대상으로 조사
- 2조: 점심식사 줄에서 매 네 번째 학생들을 조사
- 3조: 설문조사에 응할 학생들을 자원받아 조사
- 4조: 주사위를 굴려서 나오는 학번을 가진 학생들을 조사

1. 각 표집 계획의 장단점은 무엇인가?
2. 전교생을 대표할 수 있는 가장 정확한 자료 수집 방법은 무엇이라고 생각하는가? 설명해보자.
3. 위 네 가지 표집 계획은 일반적으로 사용되는 표집 기법의 예이다.
  - 3-1. 1조는 편의표집의 사례이다. 편의표집에 대해 어떻게 생각하는가? 편의 표집을 이용한 다른 표집 계획을 세워보자.
  - 3-2. 2조는 계통표집의 사례이다. 계통표집에 대해 어떻게 생각하는가? 계통 표집을 이용한 다른 표집 계획을 세워보자.
  - 3-3. 3조는 자발적 응답 표집의 사례이다. 자발적 응답 표집에 대해 어떻게 생각하는가? 자발적 응답 표집을 이용한 다른 표집 계획을 세워보자.
  - 3-4. 4조는 임의표집의 사례이다. 임의표집에 대해 어떻게 생각하는가? 임의 표집을 이용한 다른 표집 계획을 세워보자.
4. 다음 물음에 답하여라.
  - 4-1. Jahmal은 1, 2, 3조의 표집 계획이 모집단을 대표하는 표본을 추출하지 못한다고 생각한다. 이에 동의하는가? 설명해보자.
  - 4-2. Jahmal은 새로운 표집 계획을 세웠다. 그는 각 교사들이 남학생과 여학생을 각각 1명씩 선정하여 설문조사할 것을 제안하였다. 6~8학년이 재학 중인 이 학교에는 학년당 4명의 교사가 있어 24명의 표본을 추출하게 되었다.
    - 4-2-1. 이는 어떤 유형의 표집인가?
    - 4-2-2. 이 표본은 모집단을 대표하는가?
  - 4-3. Jahmal의 계획이 좋다고 생각하는가? 설명해보자. 만약 Jahmal의 계획이 좋지 않다고 생각한다면 어떻게 바꿀 수 있을까?

[그림 V-9] 미국 7학년 CMP3 교과서의 표본조사 관련 과제  
(Lappan, Phillips, Fey, & Friel, 2014, p. 38-39)

### 3.2.2. 영국의 수학과 교육과정<sup>21)</sup>

영국의 수학과 교육과정에서 표본 개념은 10~11학년을 대상으로 하는 핵심 단계 4에서 다루어지기 때문에 표본에 관한 학습이 우리나라와 비슷한 시기에 이루어지는 것으로 이해하기 쉽다. 그러나 [그림 V-10]에서 알 수 있듯이, 영국의 중학교 수학 교과서에서는 이미 통계적 문제해결을 구체적으로 다루면서 모집단, 표본과 표집 개념, 결과의 해석 활동을 제시하고 있었다(장경운 외, 2016, p. 134). 표본 개념이 중학교 교육과정에서 명시적으로 다루어지고 있지는 않았으나, 실제 통계적 문제해결을 경험함으로써 비형식적인 형태로 모집단과 표본 개념을 인식할 수 있도록 안내하고 있는 것이다.

◆ 다음 질문을 위해 필요하다면 운동의 종류를 바꿀 수 있다.

- 남학생 30명으로 구성된 표본을 대상으로 “방과 후에 어떤 운동을 하는지” 질문해보자. 조사 결과를 아래 표에 기록하라.

운동	집계	도수
축구		
크리켓		
테니스		
배드민턴		
기타		

- 여학생 30명으로 구성된 표본을 대상으로 동일한 질문을 해보자. 조사 결과를 다른 표에 기록하라.
- 각 자료에 적합한 차트를 만들어보자.
- 남학생과 여학생의 결과를 비교해보자.

[그림 V-10] 영국 7학년 교과서의 통계적 문제해결 관련 과제  
(Evans, Gordon, Senior, Speed, & Pearce, 2013, pp. 294-295)

21) 영국의 교육과정은 1988년부터 국가 수준의 교육과정이 도입된 이후 지금까지 약 4년에 한 번씩 개정이 이루어졌다. 또한 영국의 교육과정은 학년별로 세분화되어 제시되는 다른 나라와 달리, 핵심 단계(key stage)라는 개념을 사용하여 몇 개의 학년이나 연령을 묶어 총 4개의 단계로 제시한다는 점이 특징적이다(장경운 외, 2016, p. 125). 한때, 영국의 수학과 교육과정에서 통계 영역은 중학교 수준에서 다루지 않기도 하였으나(강현영 외, 2014), 2013년 9월에 개정된 핵심 단계 3 교육과정을 기준으로 통계 영역은 중학교에서도 다루어지고 있다.

또한, 영국의 고등학교 수학과 교육과정 중, 하나의 표본으로 모집단을 추론하는 경험으로부터 표집의 한계를 인식한다는 내용이 성취 기준으로 포함되어 있다는 점은 주목할 만한 부분이다(장경윤 외, 2016, p. 152). 이에 따르면 학생들은 다양한 크기의 표본을 추출하면서 표집변이성을 경험할 수 있다. 또한, 통계치를 사용하여 모집단을 추론하도록 한다는 점에서 표본대표성 역시 교육과정에서 고려하고 있음을 알 수 있다. 영국의 중학교 교육과정을 통해 통계적 문제해결을 경험한 학생들은 모집단과 표본에 대한 비형식적인 아이디어를 갖추게 됨에 따라, 표집변이성과 표본대표성을 매우 자연스럽게 받아들일 것으로 기대된다.

### 3.2.3. 호주의 수학과 교육과정<sup>22)</sup>

호주의 중학교 교육과정은 수와 대수, 측정 및 기하, 통계와 확률의 세 영역으로 이루어져 있으며, 통계와 확률 영역은 다시 가능성, 자료 표현과 해석 영역으로 나뉜다(장경윤 외, 2016, pp. 215-216). 표본 개념에 대한 본격적인 지도는 <표 V-4>와 같이 호주의 수학과 교육과정 중 8학년

<표 V-4> 호주의 7, 8학년 통계 교육과정의 성취 기준(장경윤 외, 2016, p. 229)

학년	성취 기준
7학년	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기본 및 보조 집단에서 수학적 자료를 수집하기</li> <li>- 줄기와 잎, 점그래프 등을 그리고 자료를 비교하기</li> <li>- 자료의 평균, 중앙값, 형태, 범위를 계산하고 통계적으로 해석하기</li> <li>- 중앙값, 평균, 범위를 사용하여 자료를 해석하기</li> </ul>
8학년	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 다양한 조사과정을 통해 표집한 자료의 신뢰도와 의미 알아보기</li> <li>- 특이값을 포함한 평균과 중앙값에서 개별 자릿값의 효과에 대해 알아보기</li> <li>- 모집단과 표본집단</li> <li>- 인구조사, 표집, 관찰 등의 자료 조사</li> </ul>

22) 호주도 우리나라처럼 공식적인 국가 수준의 교육과정을 채택하고 있다. 호주의 국가 교육과정은 2009년 연방정부에 의해 설립된 호주교육과정평가원(Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority)의 주도 하에 개발되었다.

에서 다루어지지만, 그 전에 7학년 수준에서 이미 수학적 자료를 직접 수집해보는 경험이 성취 기준에 포함되어 있다는 점 역시 주목할 만한 부분이다.

호주의 수학과 교육과정은 8학년 학생들이 전수조사가 필요한 상황과 표본조사가 필요한 상황을 실제 문제해결 상황에서 확인하도록 하고, 임의표집에 대한 표본대표성을 맥락에서 확인할 수 있도록 안내하고 있다. 또한, 호주의 8학년 수학 교과서에서는 동일 모집단에서 추출된 임의표본들이 모두 같을 수는 없다는 표집변이성을 학생들이 인식할 수 있도록 [그림 V-11]과 같이 과제를 제시하고 있었다. 호주의 교육과정은 미국 CCSSM과 더불어 표본 개념을 중학교 수준에서 통계적 문제해결과 함께 명시적으로 다루는 교육과정의 사례로 알려져 있다(구나영 외, 2015).

◆ 아래 제시된 표는 주사위를 60번 던지는 시행을 다섯 차례 반복한 결과를 기록한 것이다.

결과	1세트	2세트	3세트	4세트	5세트
1	10	10	11	11	7
2	14	7	8	11	9
3	13	12	7	10	11
4	6	11	17	9	11
5	12	10	7	11	9
6	5	10	10	8	13

- (a) 각 세트 결과를 이용해 주사위가 공정한지 설명하여라.  
 (b) (a)에서 각 세트에 따라 내린 결론을 이용하여 주사위의 공정성에 관한 전반적인 결론을 내려라.  
 (c) 결과들을 모두 통합하고 이를 바탕으로 주사위의 공정성을 판단하고 그 이유를 설명하여라.

[그림 V-11] 호주 8학년 교과서의 표집변이성 관련 과제(Coffey, 2013, p. 511)

### 3.2.4. 뉴질랜드의 수학과 교육과정<sup>23)</sup>

뉴질랜드의 수학과 교육과정은 오래 전부터 통계적 소양 교육을 교육과정에서 구현하려 노력해왔다고 알려져 있다. 예를 들어, 이미 1991년도

<표 V-5> 뉴질랜드 교육과정의 통계 영역 성취 기준(강현영 외, 2014, p. 70-71)

수준	성취 기준
1수준 (1~3학년)	범주형 자료의 수집, 표현, 해석
2수준 (2~5학년)	범주형 자료의 수집, 표현, 해석, 공통점과 차이점 분석
3수준 (4~7학년)	통계적 조사 과정을 통한 문제해결 - 범주형 자료와 간단한 범자연수 자료의 수집, 표현 - 맥락 속에서의 표현 해석
4수준 (7~10학년)	통계적 조사 과정을 통한 문제해결 - 범주형 자료와 간단한 범자연수 자료의 수집, 표현 - 맥락 속에서의 표현 해석
5수준 (8~12학년)	통계적 조사 과정에서 요약, 비교를 통한 문제해결 - 범주형 자료와 간단한 범자연수 자료의 수집, 표현 - 맥락 속에서의 결과 해석
6수준 (10~13학년)	통계적 조사 과정에서 요약, 비교를 통한 문제해결 - 다변수 범주형 자료와 수치형 자료 수집 - 자료를 범주, 구간으로 분류, 표현, 패턴 찾기 - 표본의 다양성 인식, 맥락에 비추어 결과 해석
7수준 (11~13학년)	통계적 조사 과정에서 요약, 비교, 관계를 통한 문제해결 - 다변수 범주형 자료와 측정을 통한 자료 수집 - 패턴과 변이의 인식, 자료의 분류와 표현 - 표본의 다양성과 독립성 인식, 맥락에 비추어 결과 해석
8수준 (12~13학년)	통계적 조사 과정에서 요약, 비교, 관계를 통한 문제해결 - 다변수 범주형 자료, 측정을 통한 자료, 시계열 자료 수집 - 패턴, 변이, 관계, 경향성, 중앙값, 퍼짐으로 자료 분류, 표현 - 불확실성의 원인 고려, 맥락에 비추어 결과 해석

23) 뉴질랜드는 학제가 초등학교 6년, 중학교 2년, 고등학교 5년으로 구성된 13학년제를 운영하고 있으며, 국가 수준의 교육과정을 채택하고 있다. 그러나 학교의 형태와 명칭이 지역별로 상이하고 학년간 통합 수업을 운영하는 경우가 많아, 학년별 교육과정 대신 8단계의 수준별 교육과정을 운영하고 있다(홍원표, 이근호, 이은영, 2010).

부터 수학과 교육과정에 “대중매체에서 통계 정보가 제시된 방식을 조사하고 잘못된 그래프와 그에 대한 설명 내에 존재하는 속임수를 인식하고 찾아내는 것”과 같은 실생활에서의 비판적 평가 능력을 통계 영역의 중요한 성취 기준으로 제시하고 있었다(Watson, 2006/2013, p. 20). 현재 뉴질랜드의 수학과 교육과정은 수와 대수, 기하와 측정, 통계의 세 내용 영역으로 구분되는데, 이 중 표본 개념에 대한 직접적인 지도는 <표 V-5><sup>24)</sup>와 같이 고등학교 수준에서 이루어진다.

그러나 뉴질랜드 교육과정의 통계 지도는 전 학년에 걸쳐 자료를 수집하고 이를 분석하여 문제를 해결하는 과정을 중시한다. 이미 초등학교부터 학생들은 자료 수집을 경험함으로써 표본 개념에 대한 간접적인 경험을 할 수 있도록 교육과정에서 안내하고 있는 것이다. 뉴질랜드 교육과정은 학생들이 표본에 대한 비형식적인 아이디어를 형성한 상태에서 표본의 다양성과 독립성, 그리고 맥락의존성으로 표현된 표집변이성과 표본대표성을 자연스럽게 학습할 수 있도록 구성되어 있다.

지금까지 동아시아 국가들에 비해 비교적 통계교육이 통계적 소양의 관점에서 이루어진다고 알려져 있는 영미권 국가들의 수학과 교육과정을 확인하였다. 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드의 수학과 교육과정에서 확인할 수 있었던 표본 지도에 대한 특징은 크게 두 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 표본 개념에 대한 지도가 동아시아 국가들에 비해 훨씬 낮은 학년에서부터 비형식적인 접근 방식을 통해 이루어지고 있었다. 9학년에서 표본을 지도하는 일본을 제외하고는 우리나라와 싱가포르 모두 고등학교에서 형식적인 정의를 바탕으로 표본 개념이 처음 지도된다. 반면, 미국과 호주는 교육과정상 모두 우리나라의 중학교 수준에서 표본 개념이 처음 도입되고 있다. 둘째, 통계적 개념 단위로 분절되어 지도되는 동아시아 국가들과 달리 실제 통계적 문제해결의 경험 속에서 비형식적인 접근을 통해 표본 개념이 지도되고 있었다. 고등학교에서 표본 개념의 형식적인

---

24) 뉴질랜드 교육과정의 통계 영역 성취 기준은 통계적 문제해결에 대한 서술, 우연과 가능성에 대한 서술로 나뉜다. <표 V-5>에서는 전자만 수록하였다.

정의를 처음 제시하는 영국과 뉴질랜드의 교육과정에서도 실제 자료 수집 경험을 통한 표본 개념의 비형식적 지도는 중학교에서부터 이루어진다. 미국, 호주 역시 통계적 문제해결을 위한 자료 수집 경험을 제공함으로써 표집변이성과 표본대표성에 대한 직관적 인식을 바탕으로 학생들이 표본 개념을 이해하도록 교육과정에서 안내하고 있다.

이상의 특징에 주목해볼 때, 통계적 소양 교육을 위한 표본 개념의 지도는 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석이라는 통계적 문제해결의 경험과 함께 지도되어야 하며, 지도 시기 역시 현재보다 앞당기는 것을 고려할 필요가 있다. 우리나라와 달리 국외 교육과정에서는 학생들이 직접 표본을 추출하고 수집한 자료를 다양한 형태의 그래프로 표현할 수 있도록 명시되어 있다. 표집변이성과 표본대표성 역시 형식적이고 선언적인 기술이 아니라, 학생들이 스스로 자료를 다루면서 자연스럽게 이해할 수 있도록 기회를 제공하게끔 교육과정에서 권장하고 있는 것이다.

대중매체 등 일상에서 접하는 대부분의 통계 정보는 표본으로부터 얻은 것이다. 따라서 이를 비판적으로 평가하기 위해서는 반드시 표본조사가 무엇인지 알아야 하며, 표본 개념에 대한 이해는 통계적 소양의 기초가 된다. 이러한 중요성 때문에 외국의 교육과정에서는 초등학교나 중학교 시기부터 표본 개념과 관련된 내용을 점진적으로 다루도록 안내하고 있다. 그러나 우리나라의 경우, 표본과 모집단에 대한 내용이 고등학교에서 처음으로 간단히 다루어지고 바로 형식적인 통계적 추정을 다루기 때문에(교육부, 2015) 학생들은 표본 개념에 대한 경험적 이해가 갖추어지기 전에 통계적 추정 단원에서 다루어지는 공식을 적용해야 한다.

표본 개념은 고등학교 수준의 형식화된 통계적 추정 이전에 비형식적 통계적 추리의 핵심적인 개념 요소로서, 표본 개념 지도부터 통계적 추정에 이르기까지의 교육과정 구성은 점진적일 필요가 있다. 즉, 표본이 어떻게 모집단을 대표하는지, 이를 위해서는 어떻게 자료를 수집해야 하는지, 임의표집과 표본의 크기는 왜 중요한지에 대한 이해는 통계적 소양 교육을 위해 비교적 이른 시기에 지도되어야 한다.

## 4. 표본 개념에 대한 예비교사의 이해 분석<sup>25)</sup>

표본 개념에 대한 예비교사의 이해를 조사한 연구는 국외에서 일부 이루어진 바 있다. 예를 들어 Groth & Bergner(2005)는 초등 예비교사들이 표본 개념에 대해 연상하는 은유를 분석하여 이를 통계적 소양 수준에 따라 분류하였고, Noll(2011)은 대학원 수업 조교들이 지니고 있는 지식을 확인하기 위하여 지필검사를 활용하였다.

국내에서도 고은성과 이경화(2011)가 지필검사를 통해 표본에 대해 예비교사들이 어떻게 이해하고 있는지를 조사한 바 있다. 그러나 통계적 소양의 관점이 명시적으로 드러나 있지 않고, 적은 수의 예비교사를 대상으로 선다형 과제를 활용한 조사였기에 논의점을 도출하는 데 한계가 있었다. 이 절에서는 열린 형태의 과제를 활용하여 질적 분석을 통해 교수·학습의 맥락에서 예비교사가 표본 개념을 어느 정도 이해하고 있는지를 조사한 결과를 제시한다. 구체적으로 표집변이성과 표본대표성의 주요 이슈들을 포함하여 과제를 설계하였고, 이 과제에 대한 예비교사 39명의 반응을 토대로 이해 수준을 범주화하였다.

### 4.1. 표집변이성에 대한 예비교사의 이해

표집변이성에 대한 예비교사의 이해를 확인하기 위해 [그림 V-12]와 같이 두 개의 과제를 설계하여 활용하였다. 하나는 예비교사가 “표집 기법과는 별개로 단일 모집단에서 서로 다른 다양한 표본이 추출될 수 있음”을 이해하고 있는지를, 다른 하나는 “통계적 추정에서 표집변이성의 제어에 필요한 표본의 크기는 모집단의 크기와 무관함”을 이해하고 있는지를 확인하기 위한 것이었다.

---

25) 이 절의 내용은 탁병주 외(2017)를 요약, 정리한 것이다. 연구 대상, 자료 수집, 분석 방법 등 구체적인 연구 방법에 대한 내용은 해당 논문에 서술되어 있다.

1. 아래의 과제는 외국의 수학 교과서에 등장하는 문제입니다. 이 과제로 학생들에게 무엇을 가르칠 수 있을까요? 최대한 자세히 서술해주세요.

◆ 아래 제시된 표는 주사위를 60번 던지는 시행을 다섯 차례 반복한 결과를 기록한 것이다.

결과	1세트	2세트	3세트	4세트	5세트
1	10	10	11	11	7
2	14	7	8	11	9
3	13	12	7	10	11
4	6	11	17	9	11
5	12	10	7	11	9
6	5	10	10	8	13

- (a) 각 세트 결과를 이용해 주사위가 공정한지 설명하여라.  
 (b) (a)에서 각 세트에 따라 내린 결론을 이용하여 주사위의 공정성에 관한 전반적인 결론을 내려라.  
 (c) 결과들을 모두 통합하고 이를 바탕으로 주사위의 공정성을 판단하고 그 이유를 설명하여라.

2. 아래의 사례에서 밑줄 친 영희의 주장에는 어떤 문제가 있으며, 영희가 표본 개념에 대해 가지고 있는 오개념은 무엇일까요? 최대한 자세히 서술해주세요.

대통령 선거에서 인구가 많은 대도시 A와 인구가 적은 소도시 B에서 각각 1000명, 100명을 대상으로 출구조사를 실시하였다. 어느 도시의 출구조사가 잘못된 예측을 내놓았을 가능성이 높을까? 이 문제를 접한 영희는 다음과 같이 생각했다고 한다.  
“당연히 인구가 많을수록 예측하기 어렵지 않겠어요?”

[그림 V-12] 표집변이성에 대한 예비교사의 이해 검사지(탁병주 외, 2017, p. 39)

이를 바탕으로 연구 참여자들의 반응에 드러나는 특징들을 나열한 후, 표집변이성에 대한 예비교사의 인식이라는 관점에서 범주화한 결과, <표 V-6>과 같은 범주를 확인할 수 있었다. 표집변이성이 표집의 공정성을 방해한다고 인식하는 등 표집변이성의 편재에 대한 인식이 매우 약한 예비교사들은, 가장 낮은 수준의 이해를 보인다고 판단하여 범주 V1로 분

류하였다. 범주 V2로 분류된 예비교사들은 표집변이성의 편재를 인정한다는 점에서 범주 V1보다는 나은 정도의 이해를 보였으나, 통계적 추리라는 사고 과정 내에서 표집변이성을 인식하는 것이 아니라 변이 현상 자체만을 지엽적으로 바라본다는 점에서 여전히 낮은 이해 수준에 머물러있다고 할 수 있다. 범주 V3으로 분류된 예비교사들은 표본 크기와의 관계를 고려하는 과정에서 강한 비례적 사고를 드러낸다는 점에서 상대적으로 높은 수준의 이해를 지녔다고 할 수 있다. 그리고 범주 V4로 분류된 예비교사들은 분포 개념을 통해 군집 내 변이성에 대한 일관되면서도 형식적인 이해를 갖추었다는 점에서 표집변이성에 대한 가장 안정적인 이해를 보여준다.

<표 V-6> 표집변이성에 대한 예비교사의 이해 수준(탁병주 외, 2017, p. 27)

<p><b>범주 V1. 표집변이성을 문제로 인식</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 변이성이 표집의 공정성을 방해한다고 인식한다.</li> <li>- 표본의 크기가 아니라 모집단의 크기를 고려한다.</li> <li>- 표집 과제에서 통계와 관련이 없는 개념을 언급하기도 한다.</li> </ul>
<p><b>범주 V2. 통계적 추리를 고려하지 않고 표집변이성을 인식</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 변이성이 표집에 편재함을 언급한다.</li> <li>- 확률은 절대로 변하지 않는 것이라 주장하기도 한다.</li> </ul>
<p><b>범주 V3. 표본 크기와의 관계를 고려하면서 표집변이성을 인식</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 통계적 추리에서 표본의 크기가 중요하다고 주장한다.</li> <li>- 큰 수의 법칙을 언급하기도 한다.</li> </ul>
<p><b>범주 V4. 통계적 추리를 위한 분포 개념을 고려하면서 표집변이성을 인식</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표집변이성, 표집분포, 신뢰구간의 관계를 이해한다.</li> </ul>

<표 V-7>은 각 범주별 예비교사의 분포를 나타낸 것이다. 이때, 예비교사 중 3학년 학생들은 소속 학과의 전공과목인 ‘확률 및 통계 입문’을 모두 수강한 반면, 2학년 학생들은 해당 과목을 수강하지 않은 상태였다. 이 결과에 따르면 39명의 예비교사 중 약 36%가 범주 V1로 분류되어 표집변이성의 존재를 자연스러운 것으로 받아들이지 못하고 있었다. 나

머지 64% 중에서도 범주 V4로 분류된 단 한 명을 제외하고는 표집분포와 연결되는 표집변이성의 통계적 의미를 이해하지 못하고 편재성 정도만 인식하는 것으로 확인되었다. 게다가 조사에 참여한 2학년과 3학년 참여자의 분포가 범주별로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 예비교사 대상의 통계 과목 수강 여부가 표집변이성에 대한 이해에 유의미한 변수로 작용하지 않았다는 점을 의미한다. 기존의 선행연구들이 통계교육에서 표집변이성의 중요성을 강조하고 있으나(예를 들어, 고은성, 2012; 구나영 외, 2015; Pfannkuch, 2008; Pfannkuch, Arnold & Wild, 2015 등), 대학에서 이루어지고 있는 예비교사 대상 통계교육 체계에서는 이러한 연구 결과들이 잘 반영되지 않는 것으로 보인다.

<표 V-7> 표집변이성의 이해에 대한 예비교사의 분포(탁병주 외, 2017, p. 28)

범주	2학년	3학년	전체
V1. 표집변이성을 문제로 인식	6	8	14
V2. 통계적 추리를 고려하지 않고 표집변이성을 인식	8	6	14
V3. 표본 크기와와의 관계를 고려하면서 표집변이성을 인식	5	5	10
V4. 분포 개념을 고려하면서 표집변이성을 인식	0	1	1
합계	19	20	39

#### 4.2. 표본대표성에 대한 예비교사의 이해

표본대표성에 대한 예비교사의 이해를 확인하기 위해 [그림 V-13]과 같이 두 개의 과제를 설계하여 활용하였다. 하나는 예비교사가 “표본이 모집단을 대표하기 위해서는 임의표집과 같은 적절한 표집 기법을 통해 표본에서 편향을 제어해야 한다는 사실”을 이해하고 있는지를, 다른 하나는 “표본은 모집단의 단순한 부분집합이 아니라 유사비례적 축소 모형임(Saldanha & Thompson, 2002)”을 이해하고 있는지를 확인하기 위한 것이었다.

1. 아래의 과제는 외국의 수학 교과서에 등장하는 문제입니다. 이 과제로 학생들에게 무엇을 가르칠 수 있을까요? 최대한 자세히 서술해주세요.

◆ 당신이 좋아하는 음악은?

철수와 영희는 학교 점심시간에 식당에서 음악을 틀어 주어야 한다고 생각합니다. 교장 선생님도 이들의 의견에 찬성하여 학생들이 어떤 음악을 좋아하는지 알아보라고 하셨습니다. 둘은 옆 반 학생들과 복도에서 만난 학생들을 대상으로 설문 조사를 하였습니다. 또, 철수는 음악반, 영희는 컴퓨터반에서도 조사를 하였습니다. 그리고 그 결과를 교장 선생님께 보고했습니다.

교장 선생님은 철수와 영희의 조사 결과를 보고 식당에서 어떤 음악을 틀어 주어야 할지 종류를 결정하지 못하였습니다. 왜 그랬을까요? 설명해 보세요.

2. 아래의 사례에서 밑줄 친 철수의 주장에는 어떤 문제가 있으며, 철수가 표본 개념에 대해 가지고 있는 오개념은 무엇일까요? 최대한 자세히 서술해주세요.

주머니에 색깔에 따라 크기가 다른 흰 구슬과 검정 구슬이 모두 100개가 들어 있다(단, 흰 구슬과 검정 구슬의 개수는 알지 못한다). 철수는 주머니에 흰 구슬과 검정 구슬이 몇 개씩 들어있는지 조사하기 위해 20개의 구슬을 손으로 직접 꺼내기 시작하였다. 그리고 그 구슬이 표본에 해당하느냐는 질문에 다음과 같이 답하였다.

“네. 교과서에는 모집단에서 뽑은 자료의 일부를 표본이라고 한다는데, 그렇다면 모집단의 부분집합이기만 하면 다 표본이 될 수 있는 거잖아요.”

[그림 V-13] 표본대표성에 대한 예비교사의 이해 검사지(탁병주 외, 2017, p. 39)

이를 바탕으로 연구 참여자들의 반응에 드러나는 특징들을 나열한 후, 표본대표성에 대한 예비교사의 인식이라는 관점에서 범주화한 결과, <표 V-8>과 같은 범주를 확인할 수 있었다. 표본대표성 자체를 인식하고 있지 않아 적절한 표집 과정에 대한 고려를 하지 않은 예비교사들은, 표본대표성에 대해 가장 낮은 수준의 이해를 지녔다고 판단하여 범주 R1로 분류하였다. 범주 R2로 분류된 예비교사들은 표본대표성을 인식하고 있다는 점에서 범주 R1보다는 나은 수준으로 분류되지만, 표본대표성과 임의표집을 언급하면서 어떠한 설명도 없이 기억에만 의존하여 답을 하였다는 점에서 여전히 낮은 수준의 이해를 지녔다고 할 수 있다. 범주 R3으로 분류된 예비교사들은 표집자의 주관에 의한 편향을 고려하고 있다

는 점에서 상대적으로 나은 수준의 이해를 보인다고 할 수 있다. 범주 R4로 분류된 예비교사들은 표집에 대한 고려를 하고는 있으나 대체로 “표본조사 대신 전수조사를 실시해야 한다”고 반응함으로써 표본대표성에 대한 제한적인 이해를 보이고 있다. 범주 R5로 분류된 예비교사들은 표본대표성을 확보하기 위해 표집 방법에 주목하는 정도의 이해를 지녔고, 나아가 표본에 존재하는 편향에 대해 적절한 비판적 의문을 제기하는 예비교사들은 표본대표성에 대해 가장 높은 수준의 이해를 지녔다고 판단하여 범주 R6으로 분류되었다.

<표 V-8> 표본대표성에 대한 예비교사의 이해 수준(탁병주 외, 2017, p. 24)

<p><b>범주 R1. 표본의 대표성을 인지하지 않음</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대표성에 대한 고려 없이 표본과 표집을 언급한다.</li> <li>- 표집 과제에서 통계와 관련이 없는 개념을 언급하기도 한다.</li> </ul>
<p><b>범주 R2. 설명 없이 표본대표성을 언급</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 설명이나 정당화를 하지 않고 표본대표성이나 임의표집을 언급한다.</li> </ul>
<p><b>범주 R3. 표집에서 발생하는 편향을 예측</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표집자의 주관에 의한 표집에 대해 우려한다.</li> </ul>
<p><b>범주 R4. 표본에 대한 불완전한 관점</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표본조사 대신 전수조사를 해야 한다고 주장한다.</li> </ul>
<p><b>범주 R5. 표본이 대표성을 가지도록 표집을 고려</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 표본대표성을 위한 임의표집을 언급한다.</li> <li>- 표본의 크기를 고려하기도 한다.</li> </ul>
<p><b>범주 R6. 표본의 편향을 비판하고 임의표집을 제시</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주어진 맥락 내에서 표본의 편향을 비판하고 임의표집을 언급한다.</li> </ul>

<표 V-9>는 각 범주별 예비교사의 분포를 나타낸 것이다. 이 결과에 따르면 39명의 예비교사 중 약 60%가 범주 R1, R2로 분류되어 표본대표성을 아예 인지하지 않거나 인지하더라도 이를 설명하려 들지 않았다. 표본대표성의 핵심 이슈인 편향을 적절히 비판하는 능력이 통계교육에서 필요하다고 인식한 예비교사는 범주 R4로 분류된 단 한 명뿐이었다. 또

한, 조사에 참여한 2학년 학생들보다 오히려 3학년 학생들이 범주 R1, R2로 분류되는 경우가 더 많았다. 이는 확률 및 통계를 비롯한 전공과목에서 학습한 형식적인 개념을 활용하는 과정에서 과제에 주어진 맥락과 유리되었기 때문으로 추측해 볼 수 있다.

<표 V-9> 표본대표성의 이해에 대한 예비교사의 분포(탁병주 외, 2017, p. 26)

범주	2학년	3학년	전체
R1. 표본의 대표성을 인지하지 않음	5	6	11
R2. 설명 없이 표본대표성을 언급	5	7	12
R3. 표집에서 발생하는 편향을 예측	1	2	3
R4. 표본에 대한 불완전한 관점	5	2	7
R5. 표본이 대표성을 가지도록 표집을 고려	3	2	5
R6. 표본의 편향을 비판하고 임의표집을 제시	0	1	1
합계	19	20	39

표본 개념에 대한 예비교사들의 이해를 확인하는 연구는 단순히 예비교사들이 특정 지식을 갖추고 있는지에 대한 실태를 조사하는 데에만 의의가 있는 것이 아니다. 그보다는 교수학적 분석에서 미처 발견하지 못한 교수 지식을 발견하거나 구체화하는 등의 역할을 기대할 수 있다. 특히, 예비교사들의 반응에서 저조한 부분이나 특징적인 부분을 확인할 수 있다면, 우리나라 교사들에게 특히 필요한 교수 지식을 처방적으로 도출하는 것도 가능하다.

표집변이성과 표본대표성에 대한 낮은 수준의 이해는 통계적 문제해결 과정에 대한 불신으로 귀결되기도 한다. 예를 들어, 편향이 존재하는 표집의 맥락이 주어진 과제의 활용에 대한 예비교사의 이해를 묻는 문항([그림 V-13]의 1번 문항)에서, 한 예비교사는 [그림 V-14]와 같이 응답하였다. 그리고 39명의 예비교사 중 7명이 이와 거의 유사한 반응을 보임으로써 표본조사 대신 전수조사를 가르쳐야 한다고 주장하였다. 즉, 많은 예비교사들이 표본에 대한 기본적인 개념을 알고 있음에도 표본에 존재하는 편향을 비판하는 대신 모집단 전체를 대상으로 조사해야 한다고

주장하고 있었다. 이를 통해, 편향과 표집변이성을 이해하고 표본조사에서 발생하는 오차가 맥락적 요인에 의한 것인지 통계적 불확실성의 산물인지를 판단하는 것이 예비교사의 중요한 역량임을 확인할 수 있었다. 표집변이성과 표본대표성의 이해는 독립적인 것이 아니라 오차의 질에 대한 판단을 매개로 얽혀있는 것이다.

모든 학생의 의견이 아닌 일부 학생들을 대상으로 조사를 했기 때문에 오차 발생원인에서 결정하기 못했다고 생각한다. 따라서 이 강제를 통해 학생들에게 통계를 내는 때, 모든 경우에 대해 조사해야 한다고 가르칠 수 있다.

[그림 V-14] 전수조사를 주장하는 예비교사의 반응(탁병주 외, 2017, p. 25)

표본 개념은 일부를 토대로 전체를 추리해야 한다는 점에서 통계적 불확실성을 필연적으로 내포한다. 그러나 이것이 통계에 대한 불신이나 무용론으로 귀결되는 것은 선부르다고 할 수 있다. 적절한 표집으로 불확실성을 제어하고 설명하는 과정을 통해 통계적 문제해결의 타당성을 뒷받침할 수 있기 때문이다. 즉, [그림 V-14]에서처럼 오차의 존재 자체만을 근거로 표본조사를 비판하고 전수조사를 주장하는 태도는, 표집변이성과 표본대표성에 대한 제한적인 이해로 인해 통계적 불확실성에 대해 과장된 신념을 갖춤으로써 나타난 것으로 보인다. 이러한 반응은 문제해결의 타당성을 확보하기 위한 그 나름의 방법을 구축해놓은 통계를 지도하는 데 적절하지 못하다. 따라서 표본 개념에 대한 예비교사들의 이해를 토대로, 통계적 문제해결 과정에서 표본 개념이 내포한 통계적 불확실성과 표집을 통한 타당성 확보를 더불어 이해하는 것이 표본 지도를 위한 교수 지식으로서 중요함을 주장할 수 있다.

## 5. 논의

통계적 소양 교육을 위한 통계적 문제해결 단계 중 자료 수집은 현재 우리나라 수학과 교육과정에서 의미있게 다루어지지 않는다고 비판을

받는 부분이다(강현영 외, 2016). 이 장에서는 이전 장에서 다루었던 통계적 소양의 논의들을 바탕으로, 자료 수집의 핵심적인 통계적 의미인 표본 개념에 대해 다양한 방식으로 분석을 시도하였다. 통계적 소양 교육에서 표본 개념의 의의를 살펴보는 과정을 통해 표집변이성과 표본대표성이 통계적 소양을 갖추기 위해 핵심적으로 이해해야 하는 요소임을 확인하였고, 이 두 요소를 바탕으로 2절과 3절에서 표본 개념의 역사와 국내외 교육과정을 분석하였다. 4절에서는 표집변이성과 표본대표성에 대한 예비교사들의 이해를 조사하여 범주화하였는데, 단순히 예비교사들의 이해 수준이 낮은 것뿐만 아니라 예비교사를 대상으로 사범대학에서 제공하는 통계교육이 표본 개념에 대한 예비교사의 이해에 유의미한 영향을 주지 못하는 것으로 보인다. 또한, 예비교사들의 반응을 통해 표집변이성 및 표본대표성을 이해하는 데 특징적인 부분을 확인할 수 있었다. 이러한 논의를 바탕으로 이 절에서는 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식을 표본 지도의 관점에서 구체화한다.

SKT 1에 따르면, 교사는 수업에서 다루고자 하는 통계적 개념에 대해 학생들에게 요구되는 사고가 수학적 사고와는 다른 성격을 지닌다는 사실을 이해해야 한다. 표본 개념은 반복가능성, 대표성, 임의성, 변이성, 분포 등 매우 다양한 통계적 아이디어들이 상호 관련하여 하나의 스키마를 형성하고 있는 개념이며(Pfannkuch, 2008; Saldanha & Thompson, 2002), 비결정론적이고 맥락의존적이며 자료기반적인 성격을 모두 지니고 있다. 그리고 이러한 통계적 사고의 특성은 국내외 교육과정 분석을 통해 확인한 바와 같이, 통계적 문제해결 내에서 표집변이성과 표본대표성을 중심으로 더욱 강조된다. 따라서 SKT 1을 바탕으로 표본 지도를 위한 SKT26)를 다음과 같이 도출할 수 있다.;

**SKT-s 1.** 표집변이성과 표본대표성에 대한 인식은 통계적 문제해결에서 비결정론적, 맥락의존적, 자료기반적인 통계적 사고의 기반이 됨을 이해

---

26) 앞으로 표본 지도를 위해 필요한 교수 지식을 SKT-s(statistical knowledge for teaching sample)로 표기한다.

한다.

맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용에 대한 이해는 SKT 2를 통해 강조된 바 있다. 특히, 표본을 기반으로 이루어지는 통계적 문제해결 과정은 [그림 V-6]에서처럼 실세계와 통계적 모형 사이의 관계를 이해하는 것이 매우 중요한데, 이때 실세계와 통계적 모형은 각각 맥락적 영역과 통계적 영역에 대응한다. 그리고 모집단과 표본의 관계를 설명하는 표집 변이성과 표본대표성을 중심으로 통계적 문제해결에서 표본 개념의 의의를 분석한 결과, 실세계와 통계적 모형 사이의 관계는 표집과 편향 이슈를 통해 설명할 수 있다. 따라서 SKT 2는 아래와 같이 표집과 편향에 대한 이해, 그리고 실세계와 통계적 모형 사이의 관계에 대한 이해로 구체화된다.

**SKT-s 2.** 모집단과 표본에 대한 실세계 자료와 통계적 모형 사이의 관계 속에서 상호작용하는 표집과 편향의 관계를 이해한다.

오늘날 통계적 소양에서 특히 강조되고 있는, 통계 정보를 비판적으로 평가하는 능력을 지도하기 위해서는 통계적 문제해결 과정에서 이루어지는 정당화 과정의 이해가 특히 중요하다는 것이 SKT 3의 내용이었다. 2절에서 확인할 수 있었듯이, 표본 개념의 역사적 발달 과정은 통계적 문제해결을 정당화하기 위한 연구자들의 끊임없는 노력으로 이루어져 있었다. 그리고 그 과정은 표본조사에서 오차의 근원에 대한 논의가 편향과 표집변이성으로 이원화하여 설명할 수 있으며, 이 두 부류의 오차는 통계학에서의 본질도 다르고 제어 방법도 다르다. 그러나 표본대표성을 인식하고 이해하고 의심하는 역사 내에서 편향과 표집변이성의 구분은 상대적으로 늦게 이루어졌기에 통계 교수·학습에서 다루기 어려운 부분일 수 있다는 짐작을 해볼 수 있다. 역사발생적 분석으로부터 이루어진 이러한 논의를 바탕으로 SKT 3은 다음과 같이 표본 지도를 위한 교수 지

식으로 구체화할 수 있다.

**SKT-s 3.** 모집단에 대한 표본의 대표성을 뒷받침하기 위해 편향과 표집 변이성을 모두 설명해야 함을 이해한다.

수학 학습에서는 요구되지 않지만 통계 학습에서는 요구되는 비판적 자세와 신념이 통계적 소양의 성향 요소로서 강조되고 있다. SKT 4를 통해, 학생들이 통계 정보를 자연스럽게 비판의 대상으로 인식하고 이를 옳다고 여기는 신념을 형성하기 위해서는 이를 지도하는 교사가 통계학의 유용성과 한계를 인식하고 있어야 함을 주장한 바 있다. 그러나 표본에 대한 예비교사의 이해를 확인해 본 결과, 많은 예비교사들이 표본조사의 불확실성을 근거로 전수조사를 지도해야 한다고 주장하고 있었다. 이는 표집변이성과 표본대표성에 대한 예비교사들의 이해 수준이 저조함에 따라, 표본조사의 유용성과 한계를 균형있게 인식하지 못함으로 인해 발생한 것이라 볼 수 있다. 따라서 표본 지도를 위한 교수 지식으로서 SKT 4는 아래와 같이 표본의 관점에서 서술할 수 있다.

**SKT-s 4.** 표본 개념은 통계적 불확실성을 내포하지만, 동시에 적절한 표집을 통해 이를 제어함으로써 통계적 문제해결의 타당성을 뒷받침함을 이해한다.

이 절에서 확인할 수 있었던 SKT-s는 교사에게 필요한 내용 지식을 구성하고 있는 요소들이다. 그러나 일상 생활을 영유하는 시민에게 기대되는 통계적 소양과 교사에게 기대되는 통계적 소양이 일치한다고 이야기할 수는 없다. 이는 단순히 교사가 일반 성인보다 교과 내용을 더 많이 알아야 함을 의미하는 것이 아니다. 교사의 지식이 교수 활동이라는 실천의 맥락 속에서 학생의 학습을 돕는다는 고유의 목적에 맞게 변형된 형태로 활용될 것이라 기대하고 있기 때문에, 교사 고유의 전문화된 지식이 존재함을 인정하고 있는 것이다. 예를 들어, 고은성과 이경화(2011)

역시 국내 예비교사들을 대상으로 표본 개념에 대한 이해 수준을 확인한 바 있으나, 4절에서 확인된 예비교사들의 이해 수준이 훨씬 낮았다. 이는 과제의 발문 방식과 관련이 있는 것으로 추측된다. 4절의 연구(탁병주 외, 2017)에서는 과제를 수행해야 하는 주체가 예비교사인 점을 고려하여 교수·학습 상의 맥락에서 과제에 대한 교수학적인 이해가 이루어지도록 발문을 수정하여 문항을 구성하였다. 교실 맥락에 대한 이해를 바탕으로 교사는 과제 사용 방식을 통해 교수자로서의 전문화된 지식을 드러낸다고 보았기 때문이다(Sullivan, Clarke, & Clarke, 2013/2016).

현재 우리나라 교사들의 낮은 통계적 소양 수준은 위와 같이 통계교육의 목표로서 통계적 소양을 강조하는 수업이 이루어지기 어렵게 만드는 장애로 작용하고 있다. 교사들이 통계적 소양의 교육적 의의를 깨닫고 표본 개념을 비롯한 다양한 통계적 아이디어들을 통계적 소양에 비추어 이해할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 예비교사교육 체계의 개선과 이를 뒷받침할 수 있는 교사교육 연구가 시급하다(탁병주 외, 2017, p. 34). 후속 연구를 통해 통계적 소양 교육을 위해 교사들에게 필요한 지식이 무엇인지에 대한 논의부터 분명하게 이루어져야 하며, 이 장에서는 그 중 표본 지도를 위한 SKT를 확인하였다. 그러나 본 연구에서는 SKT에 대한 변형적 관점을 채택하였다. 즉, 이 장에서 확인한 SKT-s는 실제 수업 맥락에서 다른 형태로 변형될 것이라는 관점을 취하고 있다. 이에 따라 VI장에서는 지금까지의 논의를 바탕으로 예비교사들의 SKT-s를 살펴보고, 수업 전 검사를 통해 확인된 SKT-s가 수업에서 어떻게 변형되어 활용되는지 확인한다.

## Ⅵ. 통계적 소양 교육을 위한 표본 지도의 실제<sup>27)</sup>

통계적 소양의 관점에서 표본 개념에 대한 우리나라 예비교사들의 이해 수준은 학과에서 개설되는 통계 과목 수강에 의한 영향을 거의 받지 않는 것으로 보인다(탁병주 외, 2017). 이는 이미 교사교육에서 통계적 소양의 중요성을 강조했던 Ridgway, Nicholson, & McCusker(2011)의 문제 제기에서도 확인할 수 있다.

전공수학과 일반교육학, 그리고 제한적인 실습 기회로 이루어진 예비교사교육 체계는 통계적 소양과 관련된 적절한 내용 지식과 교수학적 지식을 발달시키는 데 한계가 있다(Ridgway et al., 2011, p. 317).

그러나 과제를 해결하도록 문항이 구성된 검사지(고은성, 이경화, 2011)에 비해 과제의 활용 방식 및 학생의 오개념을 묻는 검사지(탁병주 외, 2017)를 사용했을 때, 통계적 소양의 관점에서 표본 개념에 대한 예비교사의 이해 수준이 더 낮게 확인되었다. 이는 예비교사의 SKT가 교수·학습이라는 맥락에서 사용될 때 원형 그대로 유지되지 않고 변형되었기 때문이라고 해석할 수 있다. 따라서 이 장에서는 예비교사가 중학생을 대상으로 자료 수집 활동을 통해 표본 개념을 지도한 수업의 실재를 분석한다. SKT-s가 예비교사에 의해 수업이라는 실천적 행위 내에서 활용되는 양상을 확인함으로써 통계적 소양의 교수·학습을 위해 예비교사를 대상으로 한 통계교육에 대한 시사점을 제공하고자 한다.

### 1. 과제 설계

이 절에서는 본 연구에서 활용한 과제의 개발 과정을 확인하여 연구의 타당성을 뒷받침한다. 또한, 각 과제별로 확인할 수 있는 예비교사의

---

27) 이 장의 연구는 서울대학교 생명윤리위원회의 승인을 받고 진행하였다(승인 번호 IRB No. 1612/002-003).

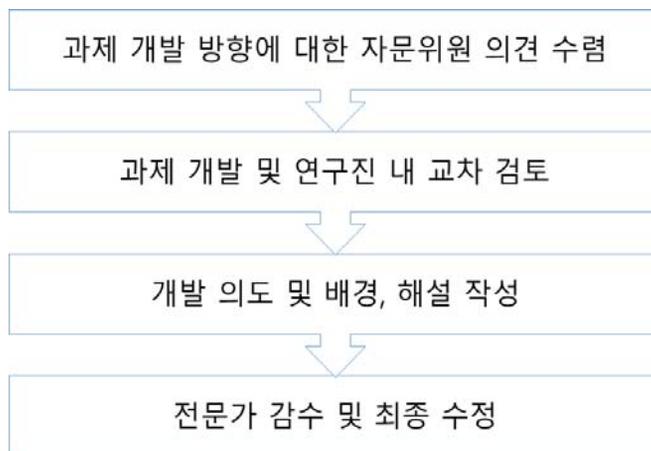
SKT-s가 무엇인지를 살펴본다.

### 1.1. 통계적 소양 교육을 위한 교수·학습 자료

본 연구에서 활용한 과제의 출처는 2016년 12월에 통계교육원에서 발행한 《통계적 소양을 위한 교수 학습자료(강현영 외, 2016)》이며, 연구자는 이 자료의 개발진으로 참여했었다. 이 자료의 도입부에서는 개발 과정에서 통계적 소양의 핵심 측면으로서 통계 정보에 기초한 의사소통 능력과 함께, 아래와 같이 통계적 현상들을 비판적으로 평가하는 능력을 고려하였다고 밝히고 있다.

통계 정보 사슬의 중요한 구성원으로서 학생들은 통계적 탐구로부터 해석한 결과에 포함되는 것을 배우고, 대중매체나 교실 동료들로부터의 보고서 등에서 자료와 요약된 통계를 참조하는 논쟁에 관하여 비판적이고 반성적인 질문을 해야 할 필요가 있다(강현영 외, 2016, p. 4).

이 자료는 연구자 외에도 3명의 대학 전임교원, 4명의 초·중등 교원으로 구성된 연구진과 함께 개발한 것이다. 개발 과정에서 여러 전문가



[그림 VI-1] 《통계적 소양 교육을 위한 교수 학습자료》의 개발 과정

및 교사들의 자문을 받았으며, 정식 발행을 앞두고 통계학자와 수학교육자로 구성된 3명의 전문가 집단으로부터 감수를 받았다. 구체적인 과제 개발 과정은 [그림 VI-1]과 같다.

## 1.2. 통계적 소양 교육을 위한 자료 수집 관련 과제

본 연구에서 활용된 활동지는 이 자료에 수록된 과제 중 자료 수집을 다루는 2장의 일부를 발췌하여 구성한 것이다. 활동지는 한편으로 연구 참여자의 SKT-s를 확인하는 검사지로 사용되었고, 다른 한편으로 연구 참여자가 설계, 실행, 반성해야 하는 수업의 내용 영역과 교육적 제언을 담은 교육과정 문서의 역할도 수행하였다. 활동지는 [부록]에 수록하였으며 과제의 구체적인 활용 방식은 2.2절에서 제시한다.

### 1.2.1. <활동지 1>의 개발 의도

[부록]에 제시된 <활동지 1>은 동일한 목적으로 설문조사를 시행하는 맥락에서 복수의 조사자가 각기 다른 표집 방법을 시도하여 서로 다른 결과를 도출하는 맥락으로 구성되어 있다. <활동지 1>의 개발 의도는 다음과 같다.

<활동지 1> ‘자료는 어떻게 수집해야 할까?’는 통계적 문제해결 과정 중 ‘자료 수집’ 단계에 주목할 수 있도록 개발되었다. 자료 수집 단계에서 목표모집단과 조사모집단의 불일치로 인해 편향된 표본이 추출될 경우, 이를 기반으로 도출된 통계적 결론은 실제와 매우 동떨어진 것이 되어버린다. 이러한 통계 왜곡 현상을 일으키는 요소에 주목하고, 통계적으로 올바른 자료 수집 방법에 대한 이해를 돕기 위한 의도로 활동지의 각 문항들이 개발되었다. 특히, 통계 정보 소비자로서의 비판적 자세와 통계적 지식, 그리고 통계 정보 생산자로서의 역량을 아우르는, 자료 수집과 관련된 통계적 소양을 지도하는 것이 본 활동지의 목적이다(강현영 외, 2016, p. 9).

1-1번 문항의 과제는 동일한 문제의식으로 시작한 두 설문조사의 상이

한 결과를 제시하는 것으로 시작되어 있다. 오차의 근원에 대한 질문을 통해 표집변이성, 표본대표성과 관련된 열린 논의를 제공하기 위한 의도로 선정되었으며 이는 SKT-s 3과 관련이 있다. 1-2번 문항의 과제는 학생들이 자료 수집의 ‘방법’에 주목하여 표본에 대한 자신의 이해를 최대한 드러낼 수 있도록 설계되었다. 구체적으로 자료를 어떻게 수집하느냐에 따라 결과가 한쪽으로 치우치게 될 가능성이 있음을 예비교사들이 인지하고 있는지를 확인하는 것이 1-2번 문항의 설계 목적이다. 특히, 이는 실제 조사가 이루어지는 맥락에 의해 통계적 추론이 영향을 받는다는 점에 비추어볼 때 예비교사의 SKT-s 1, 2를 확인할 수 있는 문항이기도 하다. 1-3번 문항의 과제는 맥락에서 임의화된 표집 상황을 제시하여 임의 표집에 대한 예비교사들의 이해를 조금 더 구체적으로 확인할 수 있다는 점에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 임의표집이 실세계와 통계적 모형 사이의 관계에 미치는 영향, 그리고 임의표집의 통계적 의미를 내포하고 있기 때문에 SKT-s 2, 4와 관련이 있다. 마지막으로 통계적으로 적절한 표본에 대한 이해를 어떻게 지도할 수 있는지 확인하기 위해서, 1-4번 문항에서는 적절한 표본 선택 방법을 직접 생각해보도록 설계되었다. 1-4번 문항을 통해 대표성을 지닌 표본을 정당화하는 방식을 확인할 수 있기 때문에 예비교사의 SKT-s 3, 4를 확인할 수 있다.

### 1.2.2. <활동지 2>의 개발 의도

[부록]에 제시된 <활동지 2>는 대중매체에서 접할 수 있는 통계 정보가 표본에 대한 구체적인 정보를 제공하고 있지 않을 때, 편향이 존재할 가능성을 파악하고 비판적인 자세로 통계 정보를 평가할 수 있는지를 확인하기 위한 의도로 개발되었다. 구체적인 개발 의도는 다음과 같다.

<활동지 2> ‘설문조사를 믿는 방법’은 대중매체 등에서 익숙하게 찾아볼 수 있는 설문조사 결과를 해석하는 데 필요한 통계적 소양을 중심으로 개발되었다. 구체적으로, 통계 결과를 해석하는 과정에서 결과를 도출하기까지의 통계적 과정, 특히 ‘자료 수집’ 단계에 주목하게 함으로써, 자료 수집에 대

한 비판적 의문을 가지고 평가하는 능력을 개발하기 위한 의도로 활동지의 각 문항들이 설계되었다(강현영 외, 2016, p. 10).

2-1번 문항의 과제는 설문조사 결과만을 제시한 채로 자료 수집 과정을 추측하게 하는 질문을 제기하는 것으로 시작한다. 대중매체를 통해 보도되는 많은 설문조사들은 조사 방법에 대한 충분한 설명 없이 결과만을 보도하는 경우가 많다. 따라서 도입 문항의 발문을 통해 통계 조사 결과들을 해석할 때는 조사 과정, 특히 표본을 선택하는 과정에 대해 고려할 필요가 있음을 인식케 할 수 있을 것이라 기대하였고, 이는 SKT-s 1과 관련이 있다. 2-2번 문항의 과제는 설문조사 결과를 해석할 때 예비교사들이 수집된 자료의 특성에 주목할 수 있는지를 확인하기 위해 선택되었다. 표본의 편향을 판단하기 위해 수집된 자료에 주목할 수 있는지를 확인하는 과제이므로 통계적 문제해결에서 필요한 자료기반적 사고를 확인할 수 있다는 점에서 SKT-s 1과 관련이 있다. 2-3번 문항의 과제는 표본조사에서 편향을 판단하는 맥락적 요소에 대한 질문을 통해, 설문조사 결과를 표본의 관점에서 비판적으로 평가하는 예비교사의 소양을 조금 더 구체적으로 확인해보고자 선정되었다. 예비교사의 맥락의존적 사고, 그리고 편향을 비판하는 능력을 확인한다는 점에서 예비교사의 SKT-s 1, 2를 확인할 수 있다. 2-4번 문항은 1-4번 문항과 마찬가지로 적절한 표본을 추출하는 방법에 대한 예비교사의 논의를 확인하기 위해 선택된 과제로서 SKT-s 3, 4를 확인하는 데 활용될 수 있다.

활동지의 각 문항에서 확인할 수 있는 예비교사의 SKT-s는 <표 VI-1>과 같다.

<표 VI-1> 활동지 내 SKT-s 관련 문항

SKT-s	활동지 내 주된 관련 문항 <sup>28)</sup>
SKT-s 1	1-2, 2-1, 2-2, 2-3
SKT-s 2	1-2, 1-3, 2-3
SKT-s 3	1-1, 1-4, 2-4
SKT-s 4	1-3, 1-4, 2-4

## 2. 연구 방법

본 연구는 한 광역시 소재의 사립 종합대학인 A대학교 수학교육과와 동일 도시 소재의 공립중학교인 B중학교의 협력 체제 하에 수행되었다. 두 명의 연구 참여자를 포함하여 A대학교에 재학 중인 다섯 명의 예비 수학교사가 B중학교에 재직 중인 현직 수학교사 S의 도움을 받아 B중학교의 정규 수학수업 각 2차시 수업을 실행하였다. 지도교사의 관리와 감독 하에 학교 교육과정에 따라 정해진 내용을 지도해야 하는 정규 교생 실습과 달리, 본 수업 실습에 참여한 예비교사들은 연구자가 제공한 활동지를 기반으로 직접 과제를 변형하고 수업을 설계하였다. 그리고 실제 수업 실행 과정에서도 현직 수학교사가 수업에 참여하지 않음으로써 예비교사는 해당 수업에 대해 온전한 책임을 지게 되었다.<sup>29)</sup> 이와 같은 배경 하에 이 장에서 이루어지는 실행 연구는 질적 연구 방법, 그 중에서도 상황과 연구 문제가 서로 부합할 때 수행될 수 있는 연구 방법을 채택하여, 연구 참여자 각각의 개별 사례에 주목하였다(Platt, 1992, p. 46).

### 2.1. 연구 참여자

NCTM(1991)에서 제안한 바와 같이, 사범대학은 현장적합성을 갖춘 예비교사를 양성하기 위해 현장학교 및 현직교사와 협력 체계를 구축할 필요가 있다. 사범대학과 현장학교 간의 협력 체계는 현직교사와 예비교사, 그리고 전문가가 함께 하는 수업 연구 공동체를 형성하는 데 필수적인 전제 조건이다. 이러한 전문가-현직교사-예비교사 공동체는 특히 예비교사에게 학생 사고의 다양성 인식, 수학 수업 실제에 대한 이해, 수학교육

---

28) 과제가 열린 형태로 주어진데다 후속 면담을 통해 연구에 참여한 예비교사들이 자유롭게 응답할 수 있도록 하였기 때문에, 각 문항에서 <표 VI-1>에 대응되지 않는 SKT-s가 확인되는 경우도 있었다. <표 VI-1>은 각 SKT-s를 확인할 수 있는 주요 문항을 대응한 것이다.

29) 이는 예비교사의 수업실습이 이루어진 시기가 학사일정상 현장학교의 수업 취약 시기인 2월 중에 이루어졌기 때문에 가능하였다.

이론의 재음미, 교사로서의 정체성 확립, 연구자로서의 교사 이미지 형성이라는 측면에서 예비교사를 위한 교육의 장을 제공한다고 알려져 있다 (강현영, 탁병주, 고은성, 2016).

예비교사 K, L은 A대학교 수학교육과 학부생으로서, 연구 당시 3학년 과정을 마치고 곧 4학년으로 진급하게 될 학생들이었다. 연구 참여자들이 재학 중인 학과에서는 예비교사를 위한 통계 과목으로서 3학년을 대상으로 하는 3학점 전공필수 과목 ‘확률과 통계’가 유일하게 개설된다. 수학교육학 관련 과목으로는 ‘학교수학수업의 이해’, ‘수학교과교육론’, ‘수학학습심리학’, ‘수학교육과정 및 평가’, ‘수학교과교재 연구법’ 등이 1학년 2학기부터 3학년 2학기에 걸쳐 개설된다. 연구 참여자들은 위에서 언급한 통계 과목과 수학교육학 과목을 모두 수강하였다. 즉, 연구 참여자들은 재학 중인 대학에서 수학교육과 학생들을 대상으로 제공하는 통계교육 과정을 충실히 이수한 예비 수학교사이다.

피험자는 아니지만 본 연구가 이루어질 수 있도록 환경을 제공한 현직 교사 S는 연구 시점 당시 교직 경력이 7년이었고 대학원에서 수학을 전공한 이학석사로서 교사연구회와 수학체험전 등 활발한 연구 및 대외 활동을 수행해 온 경력교사이다. 예비교사 K, L은 모두 교사 S의 정규수업을 2차시씩 맡아 실행하였는데, 이 과정에서 교사 S는 예비교사의 수업 학급을 <표 VI-2>와 같이 배정하도록 연구자에게 조언하였다. 교사와 학생을 이성(異姓)으로 배정한 이유는, 수업의 분위기와 교수·학습의 집중도를 고려한 교사 S의 조언이 있었기 때문이었다.

<표 VI-2> 연구 참여자의 수업 대상 학생

연구 참여자		학급	
이름(약자)	성별	학년	성별
K	여	3학년	남
L	남	3학년	여

## 2.2. 연구 절차

본 연구의 참여자들은 약 1개월 간 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 일련의 과정에 참여하였다. 연구 참여자들의 대략적인 연구 참여 과정은 <표 VI-3>과 같다.

<표 VI-3> 연구 참여자의 참여 일정

날짜	참여 내용
2017. 01. 23.	SKT-s 검사
2017. 01. 23. ~ 2017. 01. 26.	수업 설계
2017. 01. 31. ~ 2017. 02. 03.	수업 실행
2017. 02. 03. ~ 2017. 02. 28.	수업 반성

본 연구는 예비교사들의 SKT-s가 실제로 통계 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 일련의 과정에 미치는 영향과 활용 양상을 확인하는 데 목적이 있다. 따라서 자료의 수집과 표현에서 발생하는 편향 개념에 대한 이해를 중심으로, 연구 참여자들의 SKT-s를 확인하는 과정이 반드시 선행되어야 한다. 이를 위해 연구 참여자들을 대상으로 [부록]의 두 활동지를 활용하여 지필검사를 실시하고, 각 문항별 반응에 연구 참여자의 의도가 충분히 드러나지 않을 경우를 대비하여 반구조화된 면담을 실시하였다.

수업 설계 단계에서, 연구 참여자들은 [부록]을 바탕으로 각자 배정된 주제에 대한 총 2차시의 수업을 설계하여 연구자가 제공한 양식을 작성하였다([그림 VI-2] 참고). 수학교사들은 의도적으로든 비의도적으로든 평소 수업에서 교과서의 과제를 변형하므로(Son & Kim, 2015), 수업 설계 양식에서는 수업 과정안뿐만 아니라 과제 변형 활동 또한 포함하여 SKT-s의 활용 양상을 확인하고자 한다.

또한, 연구 참여자들에게 [부록]에 있는 과제의 출처인 《통계적 소양을 위한 교수 학습자료(강현영 외, 2016)》 원본을 제공하였다. 이 자료

에는 [부록]에 있는 과제의 개발 의도, 지도를 위한 배경, 자료에 대한 해설이 포함되어 있다. 연구 참여자들은 이를 바탕으로 수업 설계 양식을 작성한 후 직접 자신의 모의수업을 진행하였다.

<b>I. 과제의 설계: 과제 변형 활동</b>			
<b>1. 수업에서 활용할 과제</b>			
(활동지의 과제를 자신의 수업에 맞게 변형하여 스스로 구성한 활동지를 첨부합니다.)			
<b>2. 과제 선정의 이유</b>			
(과제를 선정한 이유, 과제를 변형한 의도, 과제 변형으로 기대되는 효과를 기술합니다.)			
<b>II. 수업 과정안: 수업 시나리오 설계</b>			
주제		차시	
수업의 목표			
수업 흐름도	(수업의 구조가 드러나도록 자세히 작성)		
교사의 발문 계획과 학생의 예상 반응	(위 수업흐름도 중 어느 시점에 이루어질 것인지도 같이 작성)		
과제에서 예상되는 학생의 오류 및 대처 방안	(위 수업흐름도 중 어느 시점에 이루어질 것인지도 같이 작성)		

[그림 VI-2] 연구 참여자에게 제공된 수업 설계 양식

수업 실행 단계에 앞서, 연구 참여자들은 B중학교의 실습 기간에 먼저 각자 배정된 학급에서 이루어지는 교사 S의 수업에 참여하였다. 이때, 교사 S는 성냥개비를 활용한 퍼즐을 주제로 수업을 진행하였으며 수업 중 일부를 연구 참여자들이 이끌게 함으로써 학생들과의 정서적 관계 형성을 유도하였다. 이후 연구 참여자들은 각자 배정된 학급에서 자신이

설계한 내용을 바탕으로 2차시의 수업을 실행하였고, 수업을 설계할 당시의 계획이 실행 과정에서 변경된 부분을 중심으로 후속 면담을 진행하였다. 이때, 교사 S는 연구 참여자들의 수업에 배석하지 않았으며 같은 주제를 다루는 연구 참여자들끼리도 서로의 수업을 관찰하지 않았다. 이는 연구 참여자의 SKT-s에 주목하여 수업 실행을 분석하는 과정에서, 다른 연구 참여자의 SKT-s가 변수로서 개입하게 되는 상황을 방지하고자 의도한 것이다.

수업 실습 기간이 끝난 직후, 연구 참여자들은 총 2차시에 걸쳐 촬영된 자신의 수업 동영상을 시청하면서 수업 반성 양식([그림 VI-3] 참고)을 작성하였다. 수업 반성 양식의 세부적인 내용에 대한 작성 의도는 개별 면담을 통해 확인하였다.

1. 자신의 수업 중 통계적 소양의 교수·학습(teacher's teaching and students' learning)과 관련하여 가장 좋았던 (혹은 만족스러웠던) 부분은 어디였는지, 그 이유와 함께 있는 대로 모두 작성해주세요. (동영상의 해당 시간도 같이 기술)
2. 자신의 수업 중 통계적 소양의 교수·학습(teacher's teaching and students' learning)과 관련하여 가장 아쉬웠던 (혹은 만족스럽지 못했던) 부분은 어디였는지, 그 이유와 함께 있는 대로 모두 작성해주세요. (동영상의 해당 시간도 같이 기술)
3. 만약 본인이 다시 수업한다면 2에서 아쉬웠던 부분은 어떻게 개선할 것인지 작성해주세요.

[그림 VI-3] 연구 참여자에게 제공된 수업 반성 양식

### 2.3. 자료 수집 및 분석

통계학이라는 수리과학의 기준에 기대어 연구 결과를 믿을 수 있는 것으로 정당화하는 양적 연구에 비해, 질적 연구는 내적 타당도와 신뢰도를 높이기 위한 특별한 전략을 필요로 한다. 본 연구에서는 연구 참여자들의 통계적 소양과 이를 활용한 수업 실천 과정을 더 잘 이해하기 위해

삼각검증법을 채택하였다(Merriam, 1998/2005). 이에 따라 <표 VI-4>와 같이 각 연구 절차 단계별로 수집 자료의 형태를 다원화하였다. 연구 참여자의 모의수업 실연과 실제 수업 실행은 모두 동영상으로 촬영하였다. 각 단계별로 모두 포함되어 있는 면담은 대개 사례연구에서 근거를 수집하기 위한 가장 중요한 자료원인데(Yin, 2014/2016), 본 연구에서는 주로 문서 자료에서 확인하지 못한 연구 참여자의 반응 의도를 확인하기 위해 반구조화된 면담을 실시하였다. 이렇게 확보한 수업 동영상과 면담 녹음 자료는 모두 전사하여 문서화된 형태로 분석하였다.

<표 VI-4> 연구 절차 단계별 수집 자료 유형

연구 절차	자료 유형
SKT-s 검사	문서 자료(사전검사지), 면담
수업 설계	문서 자료(수업 설계 양식), 동영상(모의수업), 면담
수업 실행	영상 자료(수업 실행), 녹음 자료(수업 실행), 면담
수업 반성	문서 자료(수업 반성 양식), 면담

본 연구는 수업 설계, 수업 실행, 그리고 수업 반성에서 예비교사의 SKT-s가 어떻게 변형되는지를 분석하고, 그 변형된 지식이 무엇을 매개로 활용되는지 탐구하기 위해 설계되었다. 이를 위해 먼저, 자료의 내용 분석을 통해 연구 참여자의 SKT-s를 판단할 수 있는 근거들을 탐색하고, 각 단계별 나타나는 SKT-s의 변형된 형태를 확인하였다. 본 연구에서는 IV장에서 확인한 바와 같이 교사가 지닌 KDU가 수업 맥락에서 탈중심화를 거쳐 PCK로 변형된다는 관점을 취하고 있다. 따라서 예비교사의 수업 중 SKT-s 활용을, 수업 맥락에서 SPCK로의 변형으로 해석한다. 본 연구에서는 <표 IV-1>에서 제시된 바 있는 Watson et al.(2009)의 SPCK 범주에 코드를 부여하여 SKT-s의 활용을 분류하였다(<표 VI-5> 참고).

<표 VI-5> SPCK 범주별 코드

코드	특징	관련 PCK
SKCS 1	핵심 아이디어의 인식	KCS
SKCS 2	학생의 반응 예상	KCS
SKCT 1	영역 특수적 전략의 활용	KCT
SKCT 2	일반화로 나아가기 위한 이동 구성	KCT

단계별로 확인되는 SKT-s의 활용 양상을 결정하기 위해 분석적 귀납법(analytic induction)을 주로 활용하였다. 분석적 귀납법이란 연구자가 추론한 전제나 이론에 의해 유추된 가설로부터 시작하여 질적 자료에 기초해 전제를 검증하는 절차를 의미한다(Patton, 2015/2017, p. 826). 본 연구에서는 검사지를 활용하여 연구 참여자의 SKT-s를 1차적으로 확인한 후, 수업 설계, 수업 실행, 수업 반성 단계에서 나타나는 SPCK 코딩 결과를 토대로 연구 참여자의 SKT-s가 실제 교수 지식으로서 활용될 수 있도록 갖추고 있는지를 검증한다.

### 3. 연구 결과

이 절에서는 연구 참여자인 두 명의 예비교사 K와 L이 지니고 있는 SKT-s를 확인하고, 수업 설계, 수업 실행, 수업 반성 단계에서 각 SKT-s가 어떻게 활용되는지 확인한다.

#### 3.1. 예비교사의 사전 SKT-s

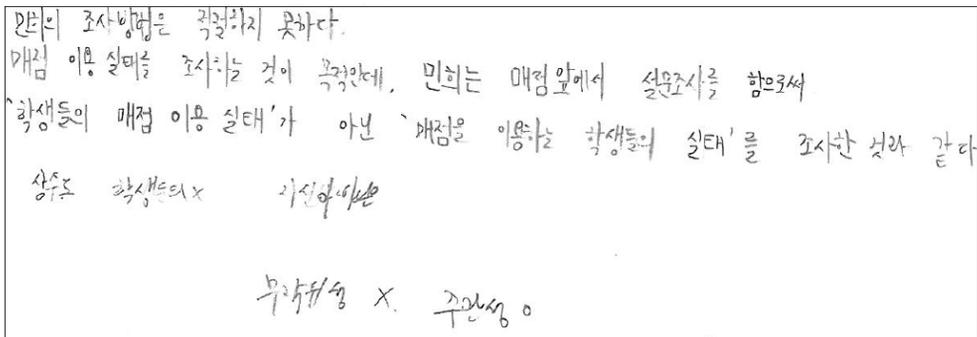
1.2절에서 서술한 바와 같이 활동지를 이용하여 수업 전 사전 지식으로 갖추어져 있는 예비교사의 SKT-s를 확인할 수 있다. 예비교사의 사전 지식은 수업이라는 교수학적인 실천 과정에 맞게 변형되기 때문에, 1차적으로는 교사교육을 통해 갖추어져야 한다. 이 절에서는 예비교사 K와

L이 지닌 SKT-s를 분석하고 그 근거를 기술한다.

### 3.1.1. 예비교사 K의 SKT-s

예비교사 K는 활동지의 과제를 해결하면서 표본조사에서 발생하는 편향을 찾아 표본이 대표성을 지니지 못함을 비판하고, 그 대안으로 임의 표본을 제시하였다. 구체적으로, K는 표본조사에 대한 자료와 맥락에 따라 추론이 달라질 수 있음을 인지하고 있었고(SKT-s 1), 표집자의 주관에 의해 표본이 대표성을 지니지 못할 수 있음을 이해하고 있었다(SKT-s 2). 직접 표본조사를 계획할 때 임의표집과 표본 크기를 고려함으로써 편향과 표집변이성을 모두 제어하고자 하였고(SKT-s 3), 이를 바탕으로 표본조사의 타당성을 설명할 수 있다고 인식하였다(SKT-s 4).

K가 지닌 SKT-s 2는 1-2번 문항에 대한 응답을 통해서 일부 확인할 수 있었다. 동일한 조사 질문에 대한 각기 다른 표집 방법의 적절성을 묻는 과제에서 K는 [그림 VI-4]와 같이 답하였다. K는 표집에 대해 비판적인 의문을 제기하고 맥락 속에 있는 편향을 예측할 수 있었다.



[그림 VI-4] 편향에 대한 예비교사 K의 응답 사례([부록]의 1-2번 문항)

[그림 VI-4]에서 K는 조사 질문의 목표모집단이 '학생'인데 반해, 조사 부스를 매점 앞으로 선정하여 실제 조사모집단은 사실상 '매점을 이용하는 학생'으로 축소된 것에 대해 적절하게 의문을 제기하였다. 또한, 휴대

전화 주소록에서 표집이 이루어진 경우 역시 목표모집단과 조사모집단의 불일치를 근거로 적절한 표집이 이루어지지 않음을 설명하였다. K는 표본에 대해 조사 질문과 관련된 맥락을 찾아내어 비판하는 능력을 갖추고 있었다.

특히, K는 표본을 설명하는 데 임의성(무작위성)과 주관성이라는 단어를 사용하였다. 연구자와의 추가 면담에서 K는 표집자의 주관에 의해 조사 대상에 조건을 부여하면 조사모집단이 목표모집단에 비해 범위가 줄어들기 때문에 편향이 발생한다고 주장하였다. 그리고 이러한 조건이 없이 목표모집단에서 최대한 공정하게 표본을 추출하는 것이 임의표집이라고 설명하였다. 표집자의 주관에 의한 실세계에서의 편향, 그리고 이를 방지하기 위한 통계적 모형에서의 임의표집을 이해하고 있다는 사실은 K가 가지고 있는 SKT-s 2를 드러내준다.

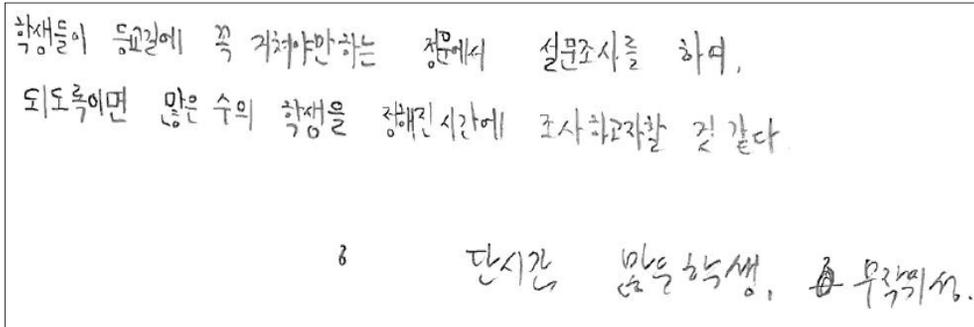
K: 무작위로 사람을 뽑는다... 임의추출? 어떤 조건도 들어가지 않았어야 한다고 생각해요.

연구자: 어떤 조건이 들어가지 않았어야? 거기서 말하는 조건이 뭘 말하는 거죠?

K: 예를 들면 학생이면 전체적인 학생을 (조사)해야 하는데 여기는 이렇게 뭔가 매점에 오는 학생, 핸드폰에 있는 학생 이렇게 조건이 들어갔다 생각했어요.

K는 1-3번 문항에 제시된 제비뽑기 방식이 임의화를 통해 표본조사의 타당성을 뒷받침한다고 설명하였다. 1-4번 문항에 대한 반응을 통해서, 목표모집단과 조사모집단을 최대한 일치시킬 수 있는 방안을 맥락 속에서 모색하였다. [그림 VI-5]에서 K는 등하교와 같은 특정 시간에 모든 학생들이 지나갈 수밖에 없는 곳을 설문조사 장소로 선정함으로써 모든 사람에게 공정하게 조사 기회를 주어 선택된 표본이 임의성을 높인다고 주장하였다. 게다가, K는 연구자와의 면담에서 임의표집에 대해 “특정 의도나 특정한 장소가 개입되지 않고 모두가 똑같은 확률을 가지고 있을 때”라고 설명함으로써, 임의표집의 수학적 의미 역시 정확히 알고 있었

다. 임의표집에 대한 K의 인식과 이해에 비추어볼 때, K는 통계적 소양의 관점에서 적절한 SKT-s 2, 3을 갖추고 있다. 또한, “단시간”과 “많은 학생”은 K가 표본조사에서 경제적 효율성, 그리고 표본 크기를 고려하고 있음을 보여준다.



[그림 VI-5] 예비교사 K가 제시한 표집([부록]의 1-4번 문항)

활동지 2를 통해서는 표집 정보가 주어지지 않은 설문조사에 대한 K의 비판적인 자세를 확인할 수 있었다. 2-1번 문항에서 K는 전화 면접, 인터넷 설문, 길거리 투표 등 표본조사의 다양한 맥락을 유추해낼 수 있었고, 이는 표본에 대한 K의 맥락의존적 사고를 드러내어 SKT-s 1과 관련된 K의 이해를 보여준다. 2-2번 문항에서 K는 [그림 VI-6]과 같이 특정 연령대로 편향된 표본이 통계 소비자의 결과 해석에 영향을 미칠 것이라 응답함으로써 맥락과 자료에 의존하는 통계적 사고의 특성에 대한 인식을 더 명확히 드러내었다. K의 반응은 표본을 바탕으로 이루어지는 통계적 추론이 주어진 자료와 조사 맥락에 따라 달라질 수 있다는 사실을 이해한 데서 비롯된 것으로 보인다. 그래서 맥락 요소에 의해 편향이 존재할 가능성을 여러 가지로 판단하고 비판적으로 평가하는 모습을 보이고 있었다. 이와 마찬가지로, 2-3번 문항에서 K는 설문 대상의 직업이 한 쪽으로 치우쳐 있을 경우에도 여름 휴가지 선호도에 대한 표본조사의 결과가 가지는 의미는 완전히 달라질 것이라고 답하였다. 통계적 문제해결에서 표본대표성이 자료와 맥락에 의존적일 수밖에 없다는 인식은 K

가 가지고 있는 SKT-s 1을 보여준다.

만약, 30대 이상의 사람들을 대상으로한 설문조사라면  
그래프를 본 10대가 이를 도대로 약항을 갖을때 만족스럽지못한 결과를 얻을 수 있다.  
이와같이, 설문자의 대상자가 누구에 따라 설문조사의 결과가 갖  
의미가 달라진다.

[그림 VI-6] 표집 정보가 없는 설문조사에 대한 예비교사 K의 비판  
([부록]의 2-2번 문항)

### 3.1.2. 예비교사 L의 SKT-s

예비교사 L은 활동지의 과제를 해결하면서 표본조사에서 발생하는 편향을 찾아 표본이 대표성을 지니지 못함을 비판할 수 있었다. 그러나 K와 달리 임의표본을 명확히 제시하기보다는 표집자의 주관에 배제하고 맥락에서 편향을 제어하는 정도의 낮은 단계에서 표본대표성을 확보하려 노력하였다. 구체적으로, L은 표본조사에 대한 자료와 맥락에 따라 추론이 달라질 수 있음을 인지하고 있었고(SK-T-s 1), 표집자의 주관에 의해 표본이 대표성을 지니지 못할 수 있음을 이해하고 있었다(SK-T-s 2). 직접 표본조사를 계획할 때는 주로 표집자의 주관에 배제하여 맥락에서 발생하는 편향을 제어하고자 하였고(SK-T-s 3), 표본조사의 타당성은 주로 실생활에서의 유용성에서 찾을 수 있다고 인식하였다(SK-T-s 4).

L이 지닌 SK-T-s 2는 1-2번 문항에 대한 응답을 통해서 일부 확인할 수 있었다. L은 임의성(무작위성)과 주관성이라는 단어를 활용하여 주어진 맥락에서 편향을 찾아 [그림 VI-7]과 같이 설문조사를 비판하였다. 1-2번 문항에 대해 지필로 보인 반응만으로는 K와 L 사이에 두드러지는 차이가 보이지 않았다.

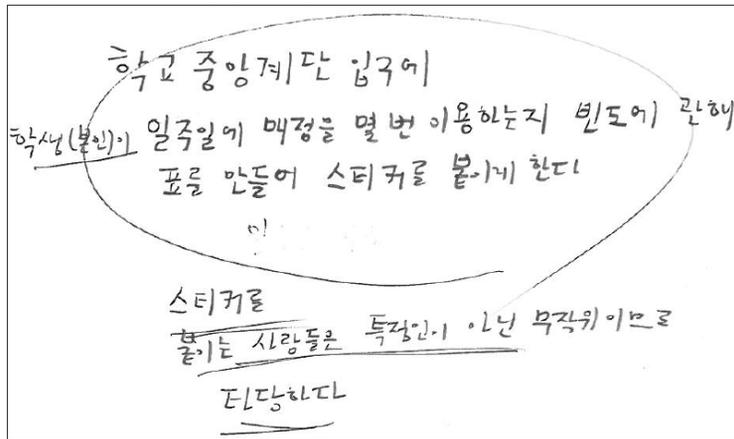
적절하지 않다. 모집단에서 표본을 추출할 때는 임의 추출을  
 해야 한다. (특정인)  
 상수는 자신의 극소류에 있는 약 30명을  
 민회는 천교생 중 → (해잡 많이 선택한 30명)  
 이므로 임의 추출이 아니다. (특정인)  
 조사방법이 극관성이 들어가서  
 객관성이 떨어진다 무작위성!

[그림 VI-7] 편향에 대한 예비교사 L의 응답 사례([부록]의 1-2번 문항)

그러나 추가 면담을 통해 확인한 결과 L은 임의표집에 대한 이해가 다소 불완전하였다. 임의표집에 대한 이해는 K와 매우 달랐다. K는 목표 모집단과 조사모집단의 일치를 통한 공정성 아이디어의 구현으로서 임의 표집을 설명했기 때문에 비교적 명확한 수준의 SKT-s 2를 갖추었다고 할 수 있었다. 그러나 L은 자신이 임의표집에 대해 잘 알고 있지 못하다고 답하였다. 자료를 수집할 때 표집자의 주관이 배제되어야 한다는 점, 그리고 임의표집이라 불리는 표집 방법이 자료 수집의 원칙이라는 선언적인 사실만 알고 있다는 것이다. K는 임의표집에 대한 이해를 바탕으로 표집과 편향의 관계를 실세계와 통계적 모형 사이에서 인식하고 있었다. 반면, L은 표집과 편향의 관계를 실세계 내에서만 맥락에 비추어 이해하고 있었다는 점에서 K에 비해 다소 불완전한 SKT-s 2를 지녔다고 해석할 수 있다.

L: 이 집단을 대표하는 걸 뽑는 건데 그 대표가 전체 모집단에 기대되는 약간 모비율, 표본비율에서 기대되는 부분만큼 해당하는 무작위성을 대표성 전략 중에서 무작위성에 기대하는 전략으로 통계에서 배운 부분에서... 그 집단을 대표할 수 있는데 어느 주관성이 들어가 지 않은 객관성 해가지고 뽑히는 약간 그런 ... 네, 좀 애매한 것 같아요. 그게 원칙이라고 원래 뽑을 때, 임의추출이 원칙이다 이렇게 강조되는 부분만 했고.

일상에서 이루어지는 많은 표본조사는 통계적 타당성과 별개로 맥락에서의 효율성이 매우 중요한 기준이다. 그래서 조사 질문에 아주 직접적인 관련이 없는 기준에 의한 편향은 표본대표성에 결정적인 영향을 주지 않을 것이라는 믿음 하에, 일상에서는 편의표집이나 자발적 표집(voluntary sampling)이 통용되고 있다. L은 1-3번 문항에서 제비뽑기를 통한 표집이 적절한 이유를 “표집자의 주관이 배제되어 있기 때문”이라 응답하였고, 1-4번 문항에서는 [그림 VI-8]과 같이 자발적 표집을 제시하였다. 그러나 Watson(2006/2013)에 따르면, 자발적 표집을 선호하는 경향은 대개 공정성의 의미를 수학 수업에서 적용되는 것과 학교 밖에서 적용되는 것을 중첩하여 사용할 때 나타난다(p. 57). 따라서 L은 공정성의 통계적 의미인 임의성에 대한 이해가 명확하지 않다는 해석이 가능하며, 이는 L의 SKT-s 3, 4가 다소 불완전하게 갖추어져 있음을 의미한다.



[그림 VI-8] 예비교사 L이 제시한 표집 1  
([부록]의 1-4번 문항)

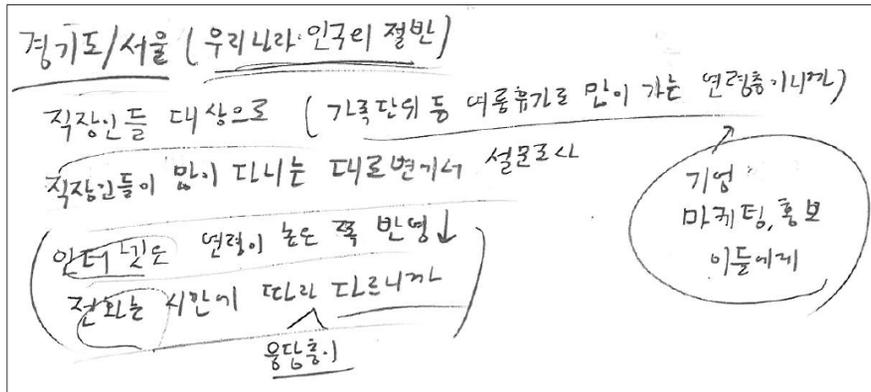
L은 활동지 2를 통해 표집 정보가 주어지지 않은 설문조사에 대한 비판적인 자세를 보여주었다. 2-1번 문항에서 L은 K와 마찬가지로 전화 면접, 인터넷 설문, 길거리 투표 등 일상에서 흔히 접할 수 있는 표본조사 맥락을 유추해냈다. 그리고 특정 연령대나 지역으로 편향된 표본이 결과

에 어떠한 영향을 미칠 것인지에 대해 2-2번 문항에서 [그림 VI-9]와 같이 답함으로써, 단순히 편향을 식별하는 수준이 아니라 편향이 표본조사의 결과를 어떤 방식으로 바꿀 수 있는지를 이해하고 있었다. 2-3번 문항에서도 L은 설문 대상의 직업이나 가족의 숫자가 한 쪽으로 치우쳐 있을 경우에도 여름 휴가지 선호도에 대한 표본조사의 결과가 가지는 의미는 완전히 달라질 것이라고 답하였다. 이 역시 자료와 맥락에 의존하는 표본대표성의 성질을 이해하고 있다는 점에서 K와 거의 동일한 SKT-s 1을 갖추고 있음을 보여준다.

설문에 참여한 사람들의 연령대, 성비, 거주 지역에 따라  
 전혀 다르게 해석할 수 있다  
 예) (연령비에 따라 특정 연령대가 여름휴가지로 선택하는 장소)  
 거주 지역에 따라 경기도면 경기도 아닌곳 등  
 남자와 여자가 가고 싶은 여름휴가지

[그림 VI-9] 표집 정보가 없는 설문조사에 대한 예비교사 L의 비판  
 ([부록]의 2-2번 문항)

여행지 선호도 설문조사 계획을 직접 설계하도록 한 2-4번 문항에서 L은 [그림 VI-10]과 같이 인터넷 투표가 고령층의 의견을 반영하지 못하고, 전화 면접이 특정 시간대에 따라 응답 연령층이 다르다는 점을 들어 부적절함을 언급하였다. 그럼에도 기업의 마케팅 홍보라는 관점에서 도움이 될 수 있도록 여행의 소비주도층인 직장인이 최대한 참여할 수 있는 표본조사가 필요하다고 주장하였다. L은 편향에 의한 표본조사의 한계를 고려하면서도, 다른 한편으로는 표본조사의 유용성에 주목하고 있었으며, 이는 L이 지닌 불완전한 SKT-s 4를 보여준다. 또한, 표본조사의 유용성과 한계에 대한 논의가 모두 맥락적 영역 내에 치중되어 있다는 점에서 L의 불완전한 SKT-s 2 역시 확인할 수 있다.



[그림 VI-10] 예비교사 L이 제시한 표집 2([부록]의 2-4번 문항)

요컨대, 예비교사 K와 L은 모두 표본조사에서 필요한 사고가 맥락에 크게 의존하고 자료를 기반으로 한다는 사실을 알고 있었다. 수학 교수·학습에서는 찾아보기 힘든 이러한 사고가 표본 개념을 지도하는 통계 수업에서 필요하다는 사실을 이해함으로써 두 예비교사 모두 적절한 SKT-s 1을 갖추고 있다고 볼 수 있다. 그러나 표집과 편향의 상호 관계에 대해 K는 임의표집의 통계적 의미를 바탕으로 실세계와 통계적 모형 사이에서 이해하고 있는 반면, L은 실세계 내에서만 제한적으로 이해하고 있어 두 예비교사의 SKT-s 2에는 분명한 차이가 존재하고 있었다. 임의표집에 대한 K와 L의 이해 정도는 SKT-s 3에도 영향을 주어, K는 임의표집과 표본 크기를 바탕으로 표본대표성을 적절히 설명할 수 있었으나, L은 표집자의 주관을 배제하고 맥락에서 편향을 일으키는 요소를 제어하는 데 주목하였다. SKT-s 4도 마찬가지로, K는 임의표집을 이용한 통계적 타당성 확보를 인식하고 있었던 반면, L은 통계적 조치를 통한 타당성보다도 실세계에서의 유용성을 바탕으로 통계학의 가치를 설명하려 하였다. 결과적으로 L이 K와 달리 불완전한 SKT-s 2, 3, 4를 지니고 있는 주된 이유는, 바로 임의표집의 통계적 의미와 그 의의를 온전히 이해하고 있지 못하기 때문이라고 볼 수 있다.

활동지를 통해 확인할 수 있었던 K와 L의 SKT-s는, 두 예비교사가 같은 사범대학에서 동일한 통계교육을 이수하였음에도 <표 VI-6>과 같이

미묘하게 다른 형태로 갖추고 있었다. 비록 한정된 사례이기는 하지만 예비교사를 대상으로 하는 통계교육이 본 연구에서 다루었던 통계적 소양과 이를 바탕으로 한 교수 지식을 일관성있게 다루지 못하고 있다는 문제를 제기할 수 있을 것으로 보인다. 본 연구에서는 해당 SKT-s들이 실제 수업 활동에서 어떤 역할을 하는지를 이후의 절에서 확인하여, 예비교사교육을 통해 본 연구에서 제시한 SKT-s들이 일관되게 다루어져야 함을 주장한다.

<표 VI-6> 예비교사 K와 L의 사전 SKT-s

SKT-s	예비교사 K	예비교사 L
SKT-s 1	표본에 대한 사고가 자료기반적, 맥락의존적임을 이해	표본에 대한 사고가 자료기반적, 맥락의존적임을 이해
SKT-s 2	표집과 편향의 관계를 실세계와 통계적 모형 사이에서 이해	표집과 편향의 관계를 실세계 내에서만 맥락에 비추어 이해
SKT-s 3	임의표집과 표본 크기의 중요성을 이해	표집자의 주관 배제와 맥락에서의 편향 제어에 주목
SKT-s 4	표본의 불확실성과 임의표집을 통한 통계적 조치들을 이해	표본의 불확실성과 실세계에서의 유용성을 이해

### 3.2. 과제 변형에서의 활용

예비교사들은 과제를 변형할 때 과제의 여러 측면을 고려하면서 여러 범주의 교사 지식을 사용한다고 알려져 있다(Lee, Lee, & Park, 2016). 따라서 예비교사가 수업을 설계할 때 시도하는 과제 변형 활동을 통해서 SKT-s의 활용 양상을 확인할 수 있다. 이 절에서는 SKT-s가 과제를 변형할 때 어떤 형태의 SPCK로서 발견되는지에 대해 분석한다. 이는 한편으로 사전 지식으로서 SKT의 필요성을 뒷받침하고, 다른 한편으로 통계적 소양에서 과제와 맥락의 중요성을 강조한 시사점 4를 구체화한다.

### 3.2.1. 예비교사 K의 수업 설계

수업 설계 양식과 활동지, 모의수업 실연 동영상과 면담을 통해, 예비교사 K는 자신의 SKT-s를 적극 활용하여 과제를 변형하였다. 그러나 임의표집에 대한 K의 이해가, 실제 수업을 설계하는 과정에서 SPCK로서 활용되는 데 다소의 부족함이 확인되었다. K는 과제를 변형하는 데 주로 학생의 수준, 그리고 통계의 실제 사용을 고려하였는데, 이 과정에서 K가 지니고 있는 SKT-s는 주로 과제의 맥락을 변형하는 형태로서 SPCK로의 변형이 확인된다.

K는 <활동지 1>에 있는 1-4번 문항의 과제를 [그림 VI-11]과 같이 변형하였다. 통계 정보의 소비자로서 표본을 비판하는 수동적인 통계적 소양을 넘어서, 표본이 모집단을 대표하기 위한 요소를 직접 고려해보는 능동적인 통계적 소양을 묻는 것이 1-4번 문항의 개발 의도이다(강현영 외, 2016, p. 10). K는 <활동지 1>의 모든 문항에 적용되는 맥락 대신

1-4. 만약 본인이 직접 조사를 한다면 어떻게 할 것인지 생각해보고 자신의 조사가 왜 타당한지 이야기해봅시다.
1-4. 다음 <보기> 중 한 가지를 선택하여 그 주장에 관한 글을 작성하고자 합니다. 그 주장을 뒷받침할 수 있는 자료를 수집하기 위해 본인이 직접 설문조사를 한다면 어떤 주제로, 어떤 방법으로 설문조사를 할 것인지 생각해봅시다.
<p>&lt;보기&gt;</p> <p>㉠ 학교에는 매점이 있어야 한다.</p> <p>㉡ 우리는 환경을 보호해야 한다.</p> <p>㉢ 월드컵 경기를 하는 날에는 학교를 쉬어야 한다.</p> <p>㉣ ‘오버워치’는 스트레스 해소에 도움을 준다.</p>
<p>예) 주장: ㉠</p> <p>설문조사 주제: 늦잠을 자서 아침밥을 먹지 못하고 등교하는 학생의 수</p> <p>설문조사 방법: 학년마다 20명씩 조사(전교생을 조사하기에는 시간이 너무 많이 걸리므로)</p>

[그림 VI-11] 원본 과제(위, [부록]의 1-4번 문항)와 예비교사 K가 변형한 과제(아래)

1-4번 문항에서 새로운 맥락을 다양하게 제시하였고, 학생들이 맥락을 직접 선택할 수 있도록 기회를 제공하였다.

K는 1-4번 문항의 과제를 변형하면서 맥락뿐만 아니라 질문도 바꾸었다. 기존의 1-4번 문항에서는 “자신의 조사가 왜 타당한지”를 이야기함으로써 통계적 소양 중 비판적 평가 능력을 학생들에게 요구하였다. 그러나 K는 “어떤 방법으로 설문조사를 할 것인지”를 생각해보는 것으로 1-4번 문항의 질문을 바꾸었다. 학생들에게 비판적인 관점에서 다루어졌던 맥락에 집중하여 적절한 표본의 대안을 제시하도록 요구하는 것이 아니라, 이전에 다루지 않았던 새로운 맥락에서 표본을 다시 고려하는 상황이 주어진 것이다.

특히, 하단에 제시된 표본 선택의 예시 “학년마다 20명씩 조사”는 표집에 대한 K의 SKT-s 4가 온전히 활용되지 않은 사례이다. 이미 Watson & Callingham(2003)이 [그림 VI-12]의 과제에서 “각 학년에서 10명을 선택한다”와 같이 대표성을 고려하지만 임의표집은 아닌 표집을 이야기한 학생을 ‘일관되지만 비판적이지 않은’ WC4 수준으로 분류하였기 때문이다. K는 편향의 맥락적 의미에 의한 임의표집의 정당화, 그리고 임의표집에 의한 수학적 의미로서의 편향 제어를 이미 충분히 이해하고 있어 SKT-s 4를 갖추었음을 확인하였다. 그러나 K가 과제에서 학생들에게 제시한 예시는 임의표집의 아이디어가 포함되지 않은 것이었다.

한 학급이 Gold Coast의 Movieworld로 수학여행을 가기 위한 비용을 모으려 한다. 그들은 닌텐도 게임기를 경품으로 하는 응모권을 판매하여 그 비용을 조성하려는데, 그 전에 전교생 중 몇 명이 이 응모권을 구입할 것인지를 추정해보기로 하였다. 이 학교에는 1학년부터 6학년까지 각 학년에 100명의 학생들이 있어서 전교생은 총 600명이다. 몇 명의 학생을 대상으로 조사를 할 것이며, 이 학생들을 어떻게 선택할 것인가? 그 이유는?

[그림 VI-12] Watson(2006/2013)의 표집 관련 과제(p. 51)

연구자와의 면담에서 확인한 바에 따르면, K는 별도의 언급이 없더라도 임의표집은 전제되는 것이라 생각했다. 이는 K의 SKT-s 4가 SKCS 1

로 변형되지 못한 것으로 해석할 수 있다. 임의표집의 의의에 주목하지 않고 표집 자체에 이미 임의성이 전제되었다고 인식하였기 때문에 수업에서 드러내어 강조할 필요가 없다고 판단한 것이다. 이는 K가 수업을 설계하는 과정에서 임의표집을 핵심 아이디어로 인식하지 않았던 것으로 볼 수 있다. 임의표집은 수학적 모델링이라는 연역적 연단을 통해 통계적 불확실성에도 불구하고 통계적 문제해결에 타당성을 부여하는 중요한 의의를 지니고 있다. 수업 중에 임의표집을 핵심 아이디어로 주목하지 않음으로 인해 발생하는 교육적 문제들은 3.3절에서 후술할 K의 수업 실행에서 확인할 수 있다.

K: 그냥 그 각 학년별로 20명씩 뽑아서라고... (중략) 뽑는다는 무작위라는 의미가 들어가 있다고 생각을 했던 것 같아요.

이와 같이 1-4번 문항의 변형 과정에서 K는 표본의 정당화, 임의표집에 주목하지 않았다. 연구자와의 면담에서 확인한 결과, K는 학생들이 표본조사에서 다양한 맥락에 대한 경험이 필요하다고 생각하였고, 표본 조사를 비롯한 통계가 실생활의 다양한 맥락에서 조사자의 주장을 뒷받침하기 위해 사용되어야 한다고 생각하였다. 실제로 우리나라 교과서에 제시되어 있는 통계 과제는 외형적으로만 실생활 자료를 인용할 뿐, 통계학에서 강조하는 맥락으로서의 역할을 수행하고 있지 못하다(강현영 외, 2014, pp. 85-86). 따라서 통계 영역에서의 과제 변형에서 예비교사들이 맥락에 반드시 주목할 필요가 있음은 주지의 사실이다. 다만, 그 맥락은 통계의 실제 사용 환경뿐만 아니라 과제의 핵심 아이디어 인식을 바탕으로 한 합목적적 변형이 이루어져야 한다. 시사점 4에서 언급된 바와 같이, 통계적 소양 교육에서 과제의 맥락은 통계적 소양 수준 상승의 발판으로서 역할을 해야 하기 때문이다.

K: 한 가지 주제로 1-4번까지 이어가기보다는, 원래는 주제도 자신이 정하고 설문조사 방법 주제까지도 정했으면 좋겠다고 생각했는데,

시간이 넉넉하지가 않을 것 같아서 제가 보기를 주고 다양한 상황을, 시간이 된다면 하나가 아니고 뭐 다른 상황을 줘서 2개 이렇게도 해보고 싶었는데, 그래야 상황에 따라서 적절한 다른 방법이 있구나를 느낄 것 같았는데, 시간상 그런 게 안 될 것 같아서 이제 주어진 상황보다는 다양한 상황에서 해봤으면 좋겠다. 왜냐하면 첫 번째 주어진 상황에 대해서는 설문조사 방법이 그래도 적절한 적절한 하지 않은 세 가지가 나왔잖아요. 그래서 이제 다른 상황에서 생각했으면 좋겠다고 보기 외에도 다른 주제를 원하는 학생이 있다면 자기가 주장하고 싶은 것에 대해서 하도록 했으면 좋겠다고 생각했어요.

표본을 기반으로 이루어지는 자료 기반의 실제 통계적 문제해결 과정은 맥락에 의존하는 특성이 강하다. 따라서 맥락의 구체화와 다양화로써 이루어진 K의 과제 변형 전략은 표본 개념의 맥락의존적 특성을 강조한 SKT-s 1로부터 비롯된 것으로 보인다. 즉, K가 가지고 있던 SKT-s 1은 통계 고유의 영역 특수적인 전략으로 발현되었다는 점에서 SKCT 1의 형태로 변형되었다고 볼 수 있다.

K는 또한 <활동지 2>에 있는 2-4번 문항을 삭제하고 [그림 VI-13]과 같이 새로운 2-3번 문항을 삽입하였다. 기존 과제에 제시되어 있지 않은 편향의 구체적인 사례를 새로운 맥락으로 제시한 것이 가장 두드러진 특징이다. K가 작성한 과제 변형 의도에 따르면 K는 중학교 3학년 학생들이 비판적인 자세를 가지고 통계 정보들을 해석하기 위해서 편향에 대해 실제로 경험하는 것이 필요하다고 판단하였다. 학생의 수준을 고려할 때 처음부터 비판적이고 수학적인 WC6 수준의 통계적 소양을 기대하기는 어려울 것이라 생각하여, 학생들이 조금 더 익숙한 맥락에서 편향된 표본의 구체적인 사례로부터 도움을 받아 표본에 대해 비판적인 사고를 하고 편향을 이해할 수 있도록 안내한 것이다.

연구자와의 면담에서 K는 중학교 3학년 학생들에게 대중매체에서 표본에 대한 정보 없이 보도되는 통계 정보 맥락이 익숙하지 않아 추상적인 질문으로는 과제의 의미를 깨닫기 어려울 것이라 판단하였다고 답하였다. 그래서 동일한 맥락에서 명시적인 사례를 질문 형태로 제공한 것

2-3. 위 설문조사 결과와 관련된 정보가 주어졌다면, 설문조사 결과를 어떻게 해석할 수 있는지 생각해봅시다.

(1) 만약 위의 설문조사가 10대를 대상으로 실시한 설문조사라면, 선호도 1위인 강원도는 어떤 지역일지 예상해봅시다.

(2) 조사 참여자의 성비가 여성이 90%이고 남성이 10%라면, 본인은 위의 설문조사 결과를 토대로 여행지를 선택할 것인지 생각해봅시다.

2-4. 이 조사가 적절하게 이루어졌다고 확인하기 위해서는 어떤 정보가 더 필요한지 이야기해 봅시다.

## 2. 과제 선정의 이유

(과제를 선정한 이유, 과제를 변형한 의도, 과제 변형으로 기대되는 효과를 기술합니다.)

Activity 2의 문항 (2),(3) 번을 추가

⇒ 변형 전, 기존의 질문이 학생들에게 묻고자 했던 것은 ‘설문조사의 대상자가 누구냐에 따라, 설문조사의 결과가 갖는 의미가 달라진다.’ 였다고 생각한다. 그런데 중학교 3학년 아이들이 일반적인 질문을 통해 그 의미를 깨닫는 것이 어려울 것이라고 판단했다. 그래서 기존의 문항보다 더 구체적인 예를 통해 결과가 갖는 의미가 달라짐을 느끼도록 하고 나서 일반적인 질문을 하는 방향으로 과제를 변형하였다.

[그림 VI-13] 예비교사 K의 과제 변형 사례(위)와 의도(아래)

이었다. K는 사회적 맥락 속에서 비판적 질문하기로의 전이를 유도하여, 추가 질문의 도움으로 표본의 비대표성을 인식하게 하는(Watson, 2006/2013) 과제 변형을 시도하였다. 이러한 과제 변형에서 K는 학생들의 현재 통계적 소양 수준을 고려하여 적절한 발판을 마련한 것으로 보인다.

이를 위해 K는 자신이 가지고 있는 SKT-s를 활용하여 과제를 변형하였다. K는 표본 개념을 지도하면서 표본대표성에 대한 학습이 구체적으로 이루어져야 한다고 생각하였다. 표본대표성에 영향을 미치는 편향을 교수 대상으로 인식하여 과제의 변형을 시도한 것이다. 이러한 과제 변형에서는 표본 지도에서 K가 편향을 핵심 아이디어로서 인식하고 있음이 드러났기 때문에 SKT-s 3이 SKCS 1의 형태로 변형되었다는 해석이 가능하다. 특히, 핵심 아이디어로서의 편향이 학생들에게 조금 더 구체적으로 드러날 수 있도록 단계별로 맥락을 제시하여 표본의 대표성이 맥락

에서 유지되는지를 판단할 수 있게 하였다. 이는 학생들이 편향이라는 통계적 개념을 특정 맥락에서 일반적인 아이디어로 나아가게 하는 발판을 구성했다는 점에서 SKCS 1이 SKCT 2를 형성하는 데 영향을 준 것이라 볼 수 있다.

학생의 수준을 고려하고자 했던 K의 시도는 과제의 맥락을 구체화하는 방식으로 구현되었는데, 이는 과제에 주어진 표본조사를 학생 개인의 실생활 맥락으로 체화하여 생각할 수 있도록 기회를 제공한 것이다. 교사가 학생의 수준을 고려하는 데 필요한 지식에는 통계의 맥락의존적 성격이 반영된다. 그리고 이를 반영하여 수업에 활용할 과제를 변형하고 선정하는 것 역시 맥락의 변형이라는 형태로 나타났다. 이는 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 SKT-s가 대체로 맥락을 매개로 하여 SPCK의 형태로 구성될 것이라는 추측을 가능케 한다.

### 3.2.2. 예비교사 L의 수업 설계

수업 설계 양식과 활동지, 모의수업 실연 동영상과 면담을 통해 확인한 결과, 예비교사 L은 주로 맥락을 변형하는 형태로 과제를 변형하고자 하였다. 그러나 전반적으로는 활동지를 통해 확인하였던 L의 SKT-s가 실제 수업을 설계하는 과정에서 적절한 SPCK로 변형되지 못하였다. L은 과제 변형에서 주로 학생의 흥미를 끌 수 있는 소재를 찾는 데 주목하였고, 그 과정에서 과제의 맥락을 적절하게 선정하는 데 SKT-s를 충분히 활용하지 못하였다.

<활동지 2>는 대중매체에서 익숙하게 찾아볼 수 있는 설문조사 결과를 해석하는 맥락으로 구성되어 있다. 통계적 문제해결 과정 중 자료 수집 단계에 주목하게 함으로써, 표본에 대한 비판적 의문을 가지고 평가하는 능력을 신장하기 위한 의도로 개발된 것이다(강현영 외, 2016, p. 10). L은 기존의 여름 휴가지 선호도 설문조사가 주어졌던 기존 <활동지 2>의 맥락을 인기 드라마의 시청률 조사로 바꾸고 문항도 수정하면서 [그림 VI-14]와 같이 과제를 변형하였다.

현재 TV 시청률 조사(피플 미터기 방법으로)는 우리나라에서 대표적인 두 외국 기업에서 실시합니다. 성, 연령 등을 고려해서 패널을 선정하고 피플 미터기로 가족 구성원이 보는 번호를 수동 입력하여 데이터를 산출하는 방법을 피플 미터기 방법이라고 합니다.

2-1. 피플 미터기 방법으로 TV 시청률을 조사할 때 고려해야 할 요소들을 이야기 해 봅시다.

2-2. 피플 미터기 방법은 TV 시청률을 조사하는 적절한 방법일까요? 적절하다면 적절한 이유를 적절하지 않다면 적절하지 않은 이유를 이야기 해 봅시다.

2-3. 현재 TV 시청률 조사방법으로 실시되고 있는 피플 미터기 방법보다 더 적절한 방법이 있다면 방법을 이야기 해 봅시다.

**변형의도**

원래 설문 조사하기 활동지를 TV시청률 조사하기로 변형한 의도는 학생들이 설문조사를 직접 하거나 원래 활동지 문항에 있었던 기업에서 여름휴가를 어디서 보내는지에 대한 조사는 기업에서 상품 개발과 마케팅 전략을 세우는 데 활용되는 내용 등은 학생들이 직접 접하는 실생활과는 거리가 있어 학생들이 자주 접하는 인기 TV 드라마의 시청률 집계방식에 대하여 생각해보고 피플 미터기를 이용한 시청률 조사 집계 결과를 도출하기까지의 통계적 과정, 특히 '자료 수집' 단계에 주목하게 함으로써, 자료 수집에 대한 비판적 의문을 가지고 평가하는 능력을 개발하기 위한 의도로 활동지의 각 문항들이 설계되었다.

[그림 VI-14] 예비교사 L의 과제 변형 사례(위)와 의도(아래)

K와 마찬가지로 L 역시 활동지의 과제를 변형하는 데 가장 주요하게 고려했던 것이 맥락의 변형이었다. K는 학생들에게 표본조사를 수행하는 다양한 맥락의 경험이 중요하다고 판단하여 과제를 변형하였고, 이는 SKT-s 1을 SKCT 1로서 활용한 것으로 해석한 바 있다. 그러나 L은 과제의 맥락을 변형하는 과정에서 SKT-s를 활용하기보다는 학생의 흥미를 더 고려한 것으로 보인다. [그림 VI-14]에서 확인할 수 있듯이, L은 기업의 입장에서 일반인을 상대로 여름 휴가지 선호도를 조사하는 것이 학생들에게 익숙하지 않다는 데 주목하였다. 즉, L은 중학교 3학년 여학생들에게 인기 있는 소재를 최대한 맥락에 반영하여 학생들이 수업에 주목하도록 유도하기 위한 의도로 과제를 변형하였다. 그리고 표본조사를 비롯

한 통계가 실생활에서 학생들에게도 결코 무관하지 않게 사용된다는 실용적 측면을 강조하기 위해 맥락을 수정한 것이다.

그러나 L의 과제 변형에서는 SKT-s의 활용 측면에서 몇 가지 한계점을 지니고 있다. 첫째, L은 과제의 의도를 잘못 파악하고 있었다. <활동지 2>의 2-3번 문항은 조사 결과를 신뢰하기 위해 필요한 정보를 묻는 과제이다. 통계 정보의 소비자가 표집에 편향이 존재하는지 여부를 판단하고 표본대표성이 설명될 수 있는지를 확인하기 위해서는, 설문조사에 표본에 대한 정보가 주어져야 한다. 2-3번 문항은 이 사실을 학생들이 이해할 수 있도록 의도하여 설계된 과제이다. 그러나 L은 임의표집과 신뢰구간 개념을 이해해야만 이 과제를 해결할 수 있을 것이라 답하였다.

L은 표집과 편향의 관계를 실세계와 통계적 모형 사이의 상호작용으로 이해하지 못하고 실세계 맥락에만 주목하고 있었다. L의 불완전한 SKT-s 2는 2-3번 문항에 대한 개발 의도를 정확히 이해하지 못하게 된 원인 중 하나로 보인다. 활동지를 통해 확인한 바와 같이, L은 임의표집이나 표집변이성의 통계적 의미를 정확히 이해하지 못하고 있었다. 특히, 표본을 지도할 때의 핵심 아이디어를 도출하는 데 맥락적 지식에만 의존함으로써 표본조사의 통계적 타당성에 대한 <활동지 2>의 핵심 아이디어를 정확히 이해하지 못한 것이다. 그 결과 신뢰도와 신뢰구간과 같은 형식적인 통계적 추리가 필요하다고 판단하여 과제를 모두 삭제하였고, 이는 L의 SKT-s 2가 가진 한계로 인해 핵심 아이디어를 인식하는 SKCS 1로 온전히 변형해내지 못한 것으로 보인다.

둘째, L은 편향과 표집변이성을 명확히 구분하지 못하였다. L이 <활동지 2>를 변형하면서 새로 제시한 맥락에 대한 구체적인 내용을 다음과 같이 L의 모의수업 실연에서 확인할 수 있었다. 주어진 시청률 조사 맥락에서 두 기관의 표본 선택 방법에는 그 차이가 명시되어 있지 않다. 즉, 표본오차의 근원이 편향에 의한 것인지 표집변이성에 의한 것인지 명확하지 않은 맥락을 제시한 것이다. 편향은 통계적 영역과 맥락적 영역의 상호 관계에서 비롯되는 오류인 데 반해, 변이성은 통계적 영역 내에서 우연과 불확실성을 다루면서 비롯된 한계이다. 표집의 공정성은 편

향의 존재 여부를 통해 판단해야 하는 것이지만, L은 편향과 표집변이성을 구분하지 못함으로 인해 변형된 과제의 맥락에서는 오히려 표집변이성이 표집의 공정성을 방해한다는 인식이 드러나는 것처럼 보인다. L은 표본대표성을 설명하기 위해 표집자의 주관 배제를 통한 편향 제어만을 인식하고 있었고, 이러한 L의 제한적인 SKT-s 3은 편향이라는 핵심 아이디어를 인식하는 SKCS 1로의 변형을 어렵게 만든 것이다.

L: 어떤 드라마들을 보면 어떤 드라마는 정말 많이 주변에서 보는데 시청률은 그거만큼 나오지 않는 드라마가 있고 어떤 드라마 같은 경우에는 이걸 그렇게 많이 안 보는데 주변에 물어보면 별로 안 보는데 시청률은 높게 나오는 게 있고. ... (중략) ... 보시면 닐슨코리아에서는 20.5%라고 해서 20%를 넘겼는데 TNMS로 보면 또 19.6%라서 이걸로 조사를 했다고 치면 만약에 결과가 이게 나왔을 때에는 20%를 넘지 못한 거잖아요. 그래서 이렇게 각각 시청률이 다른 회사들이 제공하는 시청률 자체도 다 다르잖아요. 다른데 과연 어떻게 집계되는 것일까? 한 번쯤은 의문을 가지게 될 것 같아요.

K는 자신이 지니고 있는 SKT-s를 최대한 활용하여 과제를 변형함으로써 수업을 설계하였다. 과제 변형은 주로 과제의 맥락을 다양화하거나 구체화하는 형태로 이루어졌으며, 이 과정에서 K는 통계의 실제 사용 환경을 고려하거나 과제의 핵심 아이디어 인식을 바탕으로 학생의 통계적 소양 수준을 고려하였다. 반면, L은 과제의 맥락을 변형하는 데 SKT-s의 활용보다는 오히려 통계 외적인 측면에 집중하였다. L의 과제 변형에서는 학생들이 수업에 집중할 수 있도록 소재를 바꾸는 정도로 맥락의 수정이 이루어졌다.

그리고 이 과정에서 불완전한 SKT-s로 인해 L은 과제의 핵심 아이디어를 인식하지 못하여 과제 변형의 적절성에 의문이 제기되었다. 구체적으로, L은 임의표집을 이해하지 못하고 표집변이성과 표본대표성의 이수를 명확히 구별하지 못함에 따라, 과제의 핵심 아이디어를 인식하는 데 자신의 SKT-s를 적절히 활용하지 못하였다. K와 마찬가지로 수업이라는

상황을 고려하여 과제에 주어진 맥락의 변형을 시도하였지만, L의 과제 변형은 SKT-s를 교수학적으로 적절히 변형한 결과가 아니라 표집변이성, 표본대표성과 관련된 주요 이슈에 대한 이해의 부재가 야기한 일종의 오류라 보는 것이 타당할 것이다. L의 수업 설계는 통계적 소양의 관점에서 과제의 핵심 아이디어를 인식하는 데 SKT-s의 중요성을 뒷받침한다.

앞서 III장에서 확인했던 시사점 4는 통계적 소양 함양을 위한 통계 교수·학습에서 과제에 주어진 맥락의 중요성을 강조하고 있었다. 그리고 이는 통계적 소양 교육을 위한 교사의 역할을 설명해준다는 점에서 의의가 있음을 확인하였다. 예비교사 K, L의 SKT-s는 실제 수업을 설계하는 과정에서 과제를 변형할 때 <표 VI-7>과 같이 눈에 띄는 차이를 보였다. 특히 두 예비교사의 SKT-s 차이는 수업 설계 단계에서 과제의 핵심 아이디어를 인식(SKCS 1)하는 데 더욱 극명하게 두드러졌다. 교사가 수업을 설계할 때 과제를 선정하고 변형하는 과정에서 SKT-s는 과제의 핵심 아이디어를 인식하고 이를 교수 대상으로 반영하기 위한 필수적인 지식으로서, 과제의 맥락을 적절히 변형해내는 교수 지식으로 활용된다.

<표 VI-7> 예비교사 K와 L의 SKT-s 활용(수업 설계)

SKT-s	예비교사 K	예비교사 L
SKT-s 1	표본의 맥락의존적 특성을 강조하고자 과제의 맥락을 다양화 (SKCT 1)	
SKT-s 2		표집과 편향의 관계에서 비롯된 과제의 핵심 아이디어를 인식하지 못하고(SKCS 1) 과제를 삭제 (SKCT 2)
SKT-s 3	편향을 핵심 아이디어로 인식 (SKCS 1)하고 이를 바탕으로 과제의 맥락을 구체화하여 통계적 소양 수준 상승을 위한 발판을 구성(SKCT 2)	편향과 표집변이성을 구별하지 못한 채(SKCS 1) 과제 맥락을 부적절하게 변형(SKCT 2)
SKT-s 4	임의표집을 과제의 핵심 아이디어로 인식하지 못함(SKCS 1)	

### 3.3. 교수 전략 결정에서의 활용

수업 실행 중 이루어지는 교사의 판단은 모두 목표지향적인 의사결정이라 할 수 있으며, 교사가 지닌 교수 지식과 신념은 각각 자원과 지향으로서 수업 중에 결정되는 교수 전략에 영향을 준다(Schoenfeld, 2010/2013). 이는 예비교사가 통계적 소양이라는 목표를 지향하면서 선택하는 교수 전략과 발문은 SKT-s의 활용이 필수적임을 뒷받침한다. 따라서 SKT-s가 활용되면서 어떤 방식으로 교수 전략을 결정하는지에 대한 논의는, 예비교사에게 필요한 SKT-s의 측면을 특히 부각시켜 줄 것으로 기대할 수 있다.

#### 3.3.1. 예비교사 K의 수업 실행

수업 실행에서 예비교사 K의 SKT-s 활용은 주로 발문을 통해 확인할 수 있었다. K는 학생들이 표집변이성과 표본대표성을 인식하고 이로 인한 결과를 예상해볼 수 있도록 안내하기 위한 의도로서 자신의 발문을 활용하였다. K는 학생들이 적어도 편향을 인식하고 표본을 비판할 수 있는 통계적 소양 수준에 도달하기를 희망하였고, 이는 학생들이 맥락에 대한 이해를 바탕으로 일반화로 나아갈 수 있게끔 적절한 이동을 구성하는 SKCT 2의 활용으로 나타났다. 또한, 수학과 통계학의 차이를 바탕으로 자신의 SKT-s 1을 SKCT 1로 변형함으로써, SKT-s를 자신의 교수 전략 결정에 활용하였다.

학생의 수준을 고려하여 과제의 맥락을 단계적인 형태로 변형한 K의 SKT-s 활용은 학생의 반응에 대한 K의 질문에서도 확인할 수 있었다. 1-2번 문항에서 학내 매점 이용 실태를 조사하는 데 많은 학생들이 개인의 휴대전화 주소록에서 표집을 한 상수의 설문조사 방법이 적절하다고 답을 하자, K는 다음과 같이 질문을 하였다.

K: ... 상수와 민희가 전교생 300명 중에 30명을 조사했는데 그 30명이, 매점에 온 30명과 상수의 전화 주소록에 있는 30명이 같았을까요?

학생: 달라요.

K: 그렇죠. 그렇게 다르다고 생각할 수도 있고, 그 조사에 응한 30명이 달라서 다르다고 생각할 수도 있어요. 그러면 친구는 친구들 중에 여자가 많아요, 남자가 많아요?

학생: 남자요.

휴대전화 주소록에서 표집이 이루어지는 경우에 발생할 수 있는 편향을 학생들이 인식할 수 있도록, K는 한 학생에게 휴대전화 주소록에 있는 친구들의 성비를 질문하였다. 이는 휴대전화 주소록에서 추출된 표본에 편향이 있을 수 있음을 학생들이 이해하도록 성비라는 구체적인 기준을 제시한 것이다. Watson & Callingham(2003)에 따르면 ‘비판적인’ WC5 수준의 학생들은 [그림 VI-15]의 과제에서 설문조사 지역에 대한 교사의 질문을 바탕으로 주어진 표본이 모집단을 대표하지 못한다는 사실을 확인할 수 있다. 이와 동일하게 K는 학생들이 표본의 비대표적 특징을 찾을 수 있도록 성비에 대한 질문을 제시함으로써, 학생들이 WC5 수준에 도달할 수 있도록 자신의 SKT-s 2를 적절히 활용하였다. SKT-s 2의 이러한 활용은 이미 수업을 설계하는 단계에서 K가 과제의 핵심 아이디어를 정확히 인식하였기에 가능했던 것이다. 즉, 수업 설계 단계에서 과제를 매개로 활용된 SKCS 1이 수업 실행에서 SKCT 2 활용의 바탕이 된다.

설문조사에 따르면 미국 고등학생 10명 중 6명이 권총을 구할 수 있다고 응답하였고, 그 중 1/3은 1시간 내에 구할 수 있다고 한다. 시카고의 중고등학교 학생 2,508명을 대상으로 한 조사에서도 15%가 최근 30일 중 권총을 소지한 경험이 있었다고 응답하였고, 4%는 학교에서 권총을 소지한 채로 있었다고 응답하였다.

[그림 VI-15] Watson(2006/2013)의 편향 관련 과제(p. 58)

그러나 한편으로, 임의표집이 실제 수업을 실행하는 과정에서도 마찬가지로 핵심 아이디어의 역할을 하지 못했다는 점에서 SKCS 1의 공백이

드러난다. 1-3번 문항에서 제비뽑기 즉, 맥락에서 임의표집으로 표본을 선정한 민식이의 방법에 대해 K는 학생들의 여러 의견을 확인한 후, 다음과 같이 마무리하였다.

K: 지금 첫 번째 친구가 말한 것처럼, 이 방법은 모두에게 똑같은 기회를 줄 수 있다는 점에서는 적절하다고 할 수도 있고, 또 부적절하다고 생각을 하면 민희나 상수나 민식지도 다 모든 사람을 대상으로 하지 않았기 때문에 부적절하다고 생각할 수도 있고 다양한 생각을 할 수도 있어요. ...

K는 학생들이 자신의 의견을 이야기하는 데 소극적인 태도를 보이자 위와 같이 임의표집이 적절하다는 주장과 부적절하다는 주장을 모두 제시하였다. 임의표집이 모든 사람에게 공정한 기회를 주기 때문에 표본이 모집단을 대표할 수 있게 한다는 통계적 지식을 갖추고 있음에도, “모든 사람을 대상으로 하지 않았기 때문에 부적절하다고 생각할 수도 있다”는 설명을 덧붙였다. 그러나 앞에서 확인한 [그림 VI-12]의 과제에서 전교생을 대상으로 제비뽑기를 실시하여 60명을 선택하는 조사에 대한 생각을 묻는 추가 질문에 “더 많은 사람이 필요하다”고 응답한 학생은 ‘비일관적인’ WC3 수준으로 분류되었다(Watson & Callingham, 2003). 또한, 표본조사 대신 전수조사를 주장하는 경우는 Watson(1997)의 통계적 소양 수준 체계에서 높은 수준으로 분류되지 못하였다(탁병주 외, 2017).

임의표집이 부적절할 수도 있다는 발문의 의도에 대한 연구자의 물음에 K는 면담을 통해 다음과 같이 답하였다. K는 통계에서는 수학과 달리 절대적으로 옳고 그름을 따져서는 안 된다는 신념을 가지고 있었다. 이는 통계라는 학문이 태생적으로 가지고 있는 불확실성에 의한 것인데 K는 이 부분을 강조했던 것이다. 다만, 표본조사에서 임의표집이 편향을 제어하고 표본대표성을 설명한다는 사실을 수업에서 다루지 않았던 것은 K의 본래 의도가 아니었음을 면담에서 확인할 수 있었다. 이는 수업 설계 단계에서 임의표집에 주목하지 않았기 때문에 본인의 의도와는 다른 방향으로 수업이 전개된 것이라 볼 수 있다. 즉, 교사가 수업을 설계할

때 과제의 핵심 아이디어를 인식하는 SKCS 1이 수업 실행에서 적절한 SKCT 1, 2를 활용하는 바탕이 된다.

K: 그래도 이거는 어떻게 생각하느냐에 따라 다른 거라서, 맞다 아니다를 말해주는 것은 안 좋다고 생각해서. 그래서 모든 사람을 대상으로 해야 한다고 생각하는 사람에게는 부적절하겠지만 그래도 상황이 안 되니까 이런 차선책으로 하는 거라는 걸 말해주고 싶었어요.

연구자: 그렇게 말해주고 싶었는데, 수업 시간에 그 이야기까지는 안 나온 것 같더라고요. 못한 이유가 있을까요?

K: 정신이 없었던 것 같아요.

통계에서 옳고 그름을 판단해서는 안 된다는 K의 신념은 학생이 어떤 수준의 통계적 소양을 보이더라도 즉각적인 피드백 대신, 학생들이 최대한 자신의 이야기를 발표할 수 있도록 분위기를 조성하는 것으로 활용되었다. 예를 들어, 다음과 같이 1-4번 문항에서 자발적 표본을 선정하거나 구체적인 표집 방법에 주목하지 않는 수준의 통계적 소양은 대개 WC3 수준으로 분류될 수 있다(Watson, 2006/2013). 그러나 이에 대해 K는 “어떻게 말하든 틀린 것이 없다”고 답하였다.

학생: 제가 주장하고 싶은 건, 질문은 월드컵을 시청할 생각이 있는가이고, 조사방법은 관심을 끌 수 있는 문구를 부스에 설치해서 한 100명 정도 조사합니다.

K: 그런 식으로 자기생각을 그냥 말하면 돼요. 어떻게 말하든 틀린 게 없어요. ...

연구자와의 면담에서 K는 이러한 신념을 보다 분명히 드러내었다. 요컨대, 통계에서 옳고 그름을 판단할 수 없다는 K의 신념은 수업에서 학생들이 최대한 다양한 답을 할 수 있도록 분위기를 조성하는 교수법의 형태로 구현되었다. 즉, 영역 특수적인 교수 전략으로서 SKCT 1이 활용된 것이다.

K: 제가 수업 시간에 계속 어떤 말을 해도 틀린 게 없어요는 그 한 대답에서 말한 게 아니고, 자기 생각을 편하게 말했으면 좋겠다고 생각해서 그렇게 말했던 것 같거든요. 제 생각에는 이렇게 말하면 틀릴 것 같다는 생각에 말을 안 하는 거라고 생각을 해서 보통 발표를 안 하는 게, 그런데 항상 수학에는 답이 정해져 있다 이렇게만 생각을 해서 더 말을 못하는 것 같아서

K는 통계학 특유의 불확실성과 비결정론적 사고에 대한 이해를 갖추고 있었다. K의 SKT-s 1은 자료와 맥락에 의존하는 통계적 문제해결의 특성에 대한 이해를 바탕으로 형성된 것이다. 한편, K는 통계적 불확실성과 함께 임의표집의 통계적 의의를 인식하고 있었으나(SKT-s 4), 과제 설계 단계에서 임의표집을 핵심 아이디어로 인식하지 못하면서 상대적으로 통계적 문제해결의 한계에 더욱 주목하게 된 것으로 보인다. 그래서 통계에서 옳고 그름을 판단할 수 없다는 신념에 따라 발문을 하였는데, 이는 수학을 가르칠 때 나타나지 않는 독특한 교수 전략이라는 점에서 영역 특수성이 강조된 SKCT 1이 발현된 것이라 볼 수 있다. 즉, 통계학과 수학의 학문적 차이로부터 비롯된 SKT-s 1은 SKCT 1의 형태로 변형되어 교수 전략을 결정하는 데 영향을 주며, 이는 통계학에 대한 교사의 신념과도 밀접한 관련이 있다.

### 3.3.2. 예비교사 L의 수업 실행

수업 실행에서 예비교사 L의 SKT-s 활용 역시 주로 발문을 통해 확인할 수 있었다. 그러나 K는 학생들이 표집변이성과 표본대표성을 인식하고 결과를 예상해볼 수 있도록 안내하기 위한 교수학적 목적으로 질문을 활용한 반면, L은 대체로 과제에 대한 자신의 답을 이야기하면서 정리하는 형태로 발문을 활용하였다. L이 직접 SKT-s 검사에서 각 문항에 응답했던 내용을 수업 시간에 거의 그대로 설명하다 보니 전반적으로는 K와 달리 수업 중에 SPCK로의 변형을 확인하기가 어려웠다. 다만, 통계에 대

한 신념에 의해 일부 발문에서는 SKCT 1의 활용이 확인되기도 하였다.

활동지의 2-1번 문항을 다루면서 L은 학생들에게 “이유까지 말하지 않아도 된다”고 말하였다. 연구자와의 면담에서 L은 첫 과제부터 학생들이 발표하는 데 부담을 느끼지 않도록 하기 위한 의도였다고 답하였는데, 그래서 학생들이 표본조사의 결과에 영향을 미치는 편향의 판단 기준을 단답형으로 대답할 때마다 그 이유를 L이 대신 설명하였다.

L: 여기서 시청률을 고려할 때 연령 같은 것도 고려를 해야 한다고 넣었는데 이것처럼 혹시 시청률을 조사할 때 또 고려해야 할 사항들이 무엇이 있는지 한 번 생각해볼까요? 성이나 연령, 또 뭐가 있을까요? 어떤 방법이 있을까요? 이거는 그 이유까지는 말 안하셔도 돼요. 이거일 것 같다고 말씀만 해주셔도 됩니다. 왜 그럴까요? 성, 연령 말고. 남녀, 10대, 20대 말고.

학생: 직업

L: 직업이 있겠죠. 왜냐하면 직업 같은 경우에는 그러면 왜 직업이 있을까 한 번 생각해보면 원래 간호사나 이런 사람들은 의학드라마를 안 본대요. 자기 일 나오는 걸 싫어한다고. 그런 것도 있고. 지난번에 그때 혹시 여러분 봤어요? 이세돌이 알파고 이겼다는 거 얘기 들어봤어요? 그 때 이세돌이 뉴스에 나와가지고 인터뷰를 했는데 자기는 바둑 두는 걸 안 본대요. 자기 일이랑 관련되어가지고.

수업 실행 중 자신의 SKT-s를 활용하는 방식에서 K와 L은 매우 큰 차이를 보이고 있다. K는 SKCT 2를 이용하여 통계의 사용 맥락을 구체화하고 다양화하는 방식을 통해 학생들에게 원하는 답을 이끌어내고자 노력하였다. 즉, K는 학생들이 통계적 소양 수준을 상승할 수 있는 발판으로서 맥락의 변형을 통해 일반화로 나아가기 위한 이동을 구성한 것이다. 그러나 K가 맥락의 변형과 적절한 발문 등 교수학적 조치를 취한 반면, L은 학생들의 통계적 소양 수준 상승을 위한 교수학적 발판 마련 대신 자신이 과제의 답을 직접적으로 설명해주는 경우가 많았다.

수업에서 자신의 통계적 소양 수준을 최대한 유지하고 교수학적인 고

려가 이루어지지 않아 발생한 일화가 있다. 2-2번 문항에서 한 학생이 다음과 같이 전수조사의 한계를 근거로 표본을 활용한 시청률 조사가 적절하다고 주장했는데, L은 이 학생의 반응을 전혀 예상하지 못했던 것이다. L은 표본조사에서 임의표집과 표본 크기를 이용한 통계적 타당성 아이디어를 가지고 있지 못했고, 표본의 한계에도 불구하고 일상에서 활용하는 이유를 유용성에서 찾고 있었다. 그러나 L은 편향에 주목하여 수업을 준비함에 따라 표본의 유용성에 기반을 둔 학생의 답에 어떠한 피드백도 제공하지 못하였다. 오히려 활동지에 있는 문항 중 하나를 이 학생이 수행해야 할 과제에서 제외하는 등, 학습을 지원하거나 강화, 확장할 수 있는 어떠한 후속 과제도 제시하지 않았다. L이 지닌 SKT-s 4가 SKCS 2를 구성하는 데 활용되지 못하였고, 따라서 교수 전략을 결정하기 위한 SKCT 2로도 변형되지 못한 것이다. 후술할 수업 반성 단계에서 L은 이 일화가 자신의 수업에서 가장 아쉬웠던 부분이라고 회고하였다.

학생: 적절하다고 생각해요.

L: 왜 적절하다고 생각해요?

학생: 왜냐하면 모든 TV에 피플미터기를 달 수가 없잖아요.

L: 그러니까 전부 다 시청률을 조사할 수는 없으니까 선정을 해가지고 조사를 하는 건 적절하다? ... 또 누구였죠? 저는 진짜 주변에 없어요. 그러면 이제 2-3번의 문항을 같이 생각해보면서 써보실래요? 그러면 적절하다고 생각하는 분은 이걸 못 쓰겠네요? 적절한 거니까. 근데 적절하지 않다고 생각하는 분은 이거에 대한 이유를 다셔야겠죠?

해당 과제는 시청률을 조사하는 구체적인 맥락에서 이루어진 표본조사의 적절성에 대해 탐구하는 것이었는데, 이 학생은 맥락과 관계없이 전수조사가 불가능함을 이유로 표본조사를 옹호하는 주장을 펼치고 있었다. 이와 같이 맥락에 맞지 않는 부적절한 요소에 주목하는 학생은 Watson & Callingham(2003)의 연구에서 WC3 수준으로 분류되는데, 이 상황에서 L은 적절한 교수학적 조치를 취하지 못했다. 대신, L은 수업

말미에 다음과 같이 시청률 조사가 부적절한 이유를 직접 이야기하였다.

L: 제가 그래서 얘기는 여기까지만 하고 제가 아까 2-2번을 얘기 못해서 그러는데 저는 2-2번을 적절하지 않다고 생각했어요. 왜냐하면 요즘에는 TV를 보는 것 말고도 TV 다시보기 서비스, VOD 같은 거 그런 걸 많이 보는 경우도 있잖아요. 그러니까 시간이 지나서 드라마를 한꺼번에 몰아본다는 식으로 그런 것도 있을 거고, 그 다음에 흔히 인터넷 짤 방송이라 해가지고 클립방송 있잖아요. 클립으로 몇 분짜리 잘려 있는 것. 그걸로 해가지고 많이 골라 보잖아요. 다 안 보고 중요한 재밌는 것만 해가지고. 그러면 피플미터기 방법은 TV로 조사하는 건데 그런 인터넷 짤 클립방송이나 아니면 VOD 서비스 같은 거의 이용 재생 건수 같은 것은 거기에 반영되지 않는 거잖아요.

면담 결과, L 역시 K와 마찬가지로 통계에서 옳고 그름을 판단해서는 안 된다는 신념을 지니고 있었다. “적절한 방법이 답으로 정해져 있는 것이 아니”라는 언급이 그 근거에 해당한다. 그래서 L은 수업에서 학생들이 최대한 자신의 이야기를 발표할 수 있도록 분위기를 조성하고자 노력하였다. 즉, 수학과 대비되는 통계적 사고의 특징을 바탕으로 SKT-s 1을 활용하여 교수 전략을 결정한 것이며 SKCT 1로 변형된 것이라 해석할 수 있다. 다만, 학생들의 발표에 피드백을 제공하는 대신 L이 과제에서 학생들에게 기대했던 대답을 직접 이야기하는 방식으로 수업이 마무리되었다.

L: 여러분 생각 쓰시면 돼요. 이걸 방정식 같이 막 답을 찾는 게 아니니까. 여러분이 쓰는 생각 하시면 됩니다. 써 보셨나요? 이거는 적절한 방법이라는 게 답이 정해져 있는 게 아니니까 만약에 적절한 방법이 있으면 딱 정해져 있으면 그 방법으로 하겠죠? 지금 이 조사. 근데 그 방법이 없으니까 지금 이렇게 하는 거겠죠? 더 나은 방법이 정해진 건 없으니까 이걸 진짜 여러분의 생각을 말씀해주시면 되는 거예요.

K는 임의표집에 대한 이해를 갖추고 있음에도 이를 과제의 핵심 아이디어로 인식하지 못하고 통계적 불확실성에 주목하여 발문을 하는 모습을 보였다. 그러나 L은 이미 SKT-s 검사에서부터 임의표집의 통계적 의미를 알지 못하고 있었기 때문에 통계적 추리의 불확실성에만 주목하는 모습이 한층 더 강하게 나타났다. 1-3번 문항에서 임의표집이 적절하다는 주장과 부적절하다는 주장을 모두 언급하고 어느 쪽으로도 이를 종합하지 않음으로써, 임의표집을 핵심 아이디어로 인식하지 못하는 모습을 보였다.

L: ... 3번 같은 경우에 적절하다고 생각하는 분들의 의견에도 저도 임의적으로 30명을 뽑으니까 객관적으로 생각할 수 있는데 적절하지 않다는 의견도 있어서 적절하지 않다는 의견에 대해서는 300명을 조사한 게 아니니까 30명을 조사할 거니까 어떻게 전교생 300명의 의견을 말할 수 있냐는 의견이 있어서 그런 의견이 나왔고.

요약하자면, 예비교사 K와 L 모두 자신이 가지고 있는 SKT-s를 SPCK로서 활용하여 교수 전략을 결정하였다. K는 자신이 가지고 있는 통계적 소양보다 더 낮은 수준을 반영하여 SKCT 2로써 과제를 변형하고 학생들에게 질문을 제기하였다. 그러나 L은 활동지에 대한 자신의 답을 학생들에게 그대로 설명함으로써 SKCT 2를 통한 교수 전략을 마련하지 못하였다. 이러한 경향은 L의 교수학적 지식이 부족하여 발생한 일로 설명할 수도 있겠으나, L 스스로가 갖추고 있는 SKT-s가 K에 비해 완전하지 못하여 비롯된 것으로 설명할 수도 있다. L은 수업에서 학생들에게 자신이 알고 있는 내용을 그대로 전달하기를 바랐지만, 다소 제한적이고 부분적으로만 지니고 있는 SKT-s가 과제 변형에 반영되고 수업에서의 발문에 반영됨에 따라 결과적으로 수업에 적절한 SPCK로 변형하지 못하였다.

수업을 실행할 때 예비교사 K와 L의 SKT-s는 수업에서 활용할 교수 전략을 결정하는 데 영향을 미쳤다. 즉, 수업에서 활용할 SKCT가 SKT-s

를 바탕으로 형성된 것이라 볼 수 있다. 특히 <표 VI-8>에서 확인할 수 있듯이, 통계학에 대한 예비교사의 신념은 SKT-s 1이 SKCT 1의 형태로 활용될 때 수학과는 전혀 다른 교수 전략을 사용하게 이끌기도 한다. 그러나 통계적 모형의 정당화에서 수학의 역할을 고려할 때, SKT-s 4가 적절히 갖추어져 있지 않으면 오히려 통계적 불확실성에만 지나치게 집중하여 학생들이 통계적 문제해결의 타당성을 이해하지 못하는 결과를 초래할 수 있다.

K는 자신의 SKT-s 3을 바탕으로 수업 실행에서 SKCT 2를 활용한 질문을 학생들에게 제기하였다. 이는 학생들의 통계적 소양 수준의 상승을 위한 발판을 마련한다는 점에서 적절한 교수 전략을 선정하게 된 것으로 보인다. 반면, L은 불완전한 SKT-s로 인해 자신의 교수 지식을 SKCT 2로 변형하지 못하였다. 그 결과, L은 교사의 생각을 전달하는 수업 방식을 채택하게 되었고 이는 통계를 지도하기 위한 적절한 교수 전략이라 할 수 없다(Groth, 2013). 이를 바탕으로, 교사가 수업을 실행할 때 SKT-s는 수학과 대비되는 영역 특수적인 전략을 활용하고 학생들의 통계적 소양 수준 상승을 위한 이동을 구성하는 교수 지식으로서 활용될 수 있음을 알 수 있다.

<표 VI-8> 예비교사 K와 L의 SKT-s 활용(수업 실행)

SKT-s	예비교사 K	예비교사 L
SKT-s 1	불확실성을 근거로 학생들의 생각을 자유롭게 말하도록 함 (SKCT 1)	불확실성을 근거로 학생들의 생각을 자유롭게 말하도록 함 (SKCT 1)
SKT-s 2		표본의 유용성에 주목한 학생의 반응을 예상하지 못함(SKCS 2)
SKT-s 3	편향을 인식하고 표본대표성을 설명하도록 학생들에게 구체적인 맥락을 제시하며 질문(SKCT 2)	
SKT-s 4	임의표집에 주목하지 않아 수업에서 통계적 문제해결의 불확실성을 강조(SKCT 1)	임의표집에 주목하지 않아 수업에서 통계적 문제해결의 불확실성을 강조(SKCT 1)

### 3.4. 학생 반응 예상에서의 활용

자신의 수업을 반성하는 활동은 수업 전문성의 측면에서 교사를 성장시킨다고 알려져 있다. 그러나 반성적 사고를 비롯한 수업 전문성은 예비교사가 사전에 갖추고 있는 기초적인 지식으로부터 시작한다(Hoaglund et al., 2014). 따라서 예비교사의 수업 반성 활동 분석을 통해 예비교사가 사전에 갖추고 있는 SKT-s가 어떻게 활용되는지를 관찰할 수 있다. 특히, 학생에 대한 지식은 실제 수업 경험을 통해 형성된다고 알려져 있으므로, 수업 반성 활동의 분석을 통해 예비교사가 어떻게 이와 같은 KCS를 학습할 수 있는지에 대한 시사점을 확인한다.

#### 3.4.1. 예비교사 K의 수업 반성

예비교사 K는 자신의 SKT-s 1, 2를 활용하여 수업 중에 있었던 학생들의 반응을 평가하고, 이를 바탕으로 자신의 수업을 반성하였다. 즉, 수업 반성을 위해 학생의 학습에 주목하였고 이를 판단하기 위해 SKT-s를 활용한 것이다. 실제로 K는 높은 수준의 통계적 소양이 일부 학생의 반응에서 확인할 수 있었다는 점을 긍정적으로 평가하였고, 학생들이 조금 더 다양한 경험을 할 수 있도록 적절한 맥락을 제공하지 못한 데 대해서는 부정적으로 평가하였다. 반성의 내용이 다소 제한적이지만, 이 과정에서 K가 가지고 있는 SKT-s는 향후 학생의 반응을 예상할 수 있는 SKCS 2로의 변형이 가능하게 된 것으로 볼 수 있다.

자신의 수업에서 만족스러웠던 것을 묻는 질문에 대해 K는 학생들이 과제에 대해 모범적인 답안을 제시한 경우를 토대로 통계적 소양의 교수·학습이 적절히 이루어졌다고 설명하였으며, 이를 판단하는 데 자신의 SKT-s를 활용하였다. K는 수업 중 한 학생이 1-3번 문항에 대해서는 “모두에게 똑같은 기회가 주어지기 때문에 적절하다”, 2-2번 문항에 대해서는 “정보가 더 주어짐에 따라 결과를 이해할 수 있는 정도가 다르다”고 언급했던 사례를 들어 학생들이 자신의 기대만큼 높은 수준의 통계적

소양을 보여주었다고 이야기하였다. 전자는 임의표집의 통계적 의미로서 편향을 제어하고 표본대표성을 확보하는 데 매우 핵심적인 통계적 지식이며, 후자는 자료와 맥락에 기반을 둔 통계적 사고의 특징이 반영되어 있다. K는 SKT-s 1, 2를 이용하여 임의표집과 편향의 상호작용에 대한 학생의 반응에서 핵심 아이디어를 인식하고 이를 토대로 자신의 수업을 반성하였다. 이는 이후 수업에서 학생들의 반응을 예상하기 위한 중요한 경험이자 동시에 SKT-s를 SKCS 2로 변형하여 활용할 수 있는 토대가 된다.

한편, 자신의 수업 중 아쉬웠던 부분에 대한 질문에서, K는 “다양하게 해석할 기회를 주는 것이 어려웠고, 다양한 사례를 준비하지 못한 부분이 아쉬웠다”고 기술하였다. 실제로 수업 중에서도 K는 “더 다양한 정보가 있었으면 좋겠다”는 발문을 통해 아쉬움을 드러낸 바 있다.

K 여러분, 2-4번 발표할게요. 1조?

학생 1: 설문조사가 너무 완벽해서 필요가 없을 것 같아요.

K: 설문조사가 너무 완벽해서 더 정보가 없어도 선택할 수 있을 것 같아요? 그럼 2조?

학생 2: 어, 저는 연령대에 따른 여행지 조사 결과를 알고 싶어요.

K: 연령대에 따른, 설문조사 관련된 정보 중에 연령이 있었으면 좋겠다고 생각했네요. 3조?

학생 3: 대상이 밝혀지지 않아야 적절한 판단을 할 수 있을 것 같아요.

K: 대상이 어떤 어떤 성향인지에 대해서 알고 싶다는 거예요? 4조?

학생 4: 여행지에 대한 만족도와 나이 대에 따른 선호도 여행지를... (후략)

K: 다양한, 더 다양한 정보가 있었으면 좋겠다고 생각했는데...

K는 특정 연령, 성에 편향된 표본은 조사 결과에 어떤 영향을 미칠 것인지에 대해 SKT-s 2를 활용하여 과제를 통해 구체적인 사례를 제시하였다. 그러나 K는 연구자와의 면담에서 편향에 대한 다양한 사례를 제시하고 학생들이 이를 해석하도록 기회를 제공하지 못한 데 대해 아쉬움이 있었다고 밝혔다. 이러한 반성은 바로 표본조사에 다양한 편향이 존재할

수 있음을 알고 이를 적절히 비판하며, 또한 표본조사에서 편향의 존재 가능성을 염두에 두고 비판적인 자세를 취하는 K의 통계적 소양에서 비롯되었다고도 할 수 있다.

그러나 동시에 학생들에게 다양한 사례를 제시해야 한다는 K의 신념 또한 영향을 미쳤음을 확인할 수 있었다. 향후 다시 수업을 할 경우 어떤 점을 개선할 것인지에 대한 물음에 K는 “학생의 수준과 흥미를 고려한 다양한 소재의 맥락을 찾겠다”고 이야기하였는데, 그 근거는 통계에 답이 정해져있지 않다는 신념이었다. 수업 실행에서 확인할 수 있었듯이 이러한 신념은 비결정론적 사고를 포함하는 SKT-s 1을 바탕으로 형성된 것이다.

이와 같이 K는 자신의 수업 반성에서 SKT-s를 SPCK의 형태로 변형하여 활용한다. 수학과 다른 통계학의 특징에 비추어 자신의 수업이 이를 반영하지 못했다는 반성은 SKCT 1로 코딩될 수 있다. 그러나 수업 반성 단계에서 가장 두드러지는 특징은 수업의 설계와 실행에서 확인하기 어려웠던 SKCS 2의 등장이다. 예비교사들이 자신의 SKT-s를 바탕으로 학생들의 반응을 예상하는 것은 결국 다양한 수업 실행 경험을 가지고 이를 반성하는 활동을 통해서만 가능하다고 볼 수 있기 때문이다. [그림 IV-7]에서처럼 교사가 자신의 SKT-s를 SKCS 2로 변형하기 위해서는 학생의 입장에서 생각해보는 탈중심화 과정이 필요한데, 이러한 탈중심화 과정은 결국 수업의 실행과 반성이라는 실천적 경험을 통해서 가능하다는 결론을 얻을 수 있다.

### 3.4.2. 예비교사 L의 수업 반성

예비교사 L은 자신의 SKT-s가 수업 중 발문에 반영이 되었는지를 평가함으로써 수업을 반성하였다. 수업 반성을 위해 학생의 학습에 주목한 K와 달리, L은 자신의 발문을 판단하기 위해 SKT-s를 활용한 것이다. 다만, L은 일부 과제에 대한 학생의 반응을 예상하지 못하였고, 이에 대한 어떠한 교수학적 대비도 이루어지지 않았다는 점에 대해 아쉬움을 표하

였다.

자신의 수업에 대한 반성의 기준을 학생의 반응에 두었던 K와 달리, L은 수업 시간에 이루어진 자신의 발문을 기준으로 수업을 평가하였다. 표본에서 편향의 존재를 판단하기 위한 맥락 요소에 대해 L은 이미 SKT-s 검사 단계에서 <활동지 2>의 2-3번 문항에 대한 답으로 성, 연령, 직업 등을 언급한 바 있다. L은 자신이 지니고 있는 지식을 수업에서 그대로 전달하고자 노력하였고, 그러한 관점에서 자신의 발문에 대해 만족하고 있었다.

한편, 자신의 수업 중 아쉬웠던 부분에 대한 질문에서, L은 학생의 반응을 예상치 못하여 어려움을 겪었던 일화를 언급하였다. SKT-s의 적절한 변형 없이 지식 전달 형태의 교수 전략을 취함으로써 인해 발생한 일화에 대해, L은 학생의 예상 반응에 대한 교수학적 대처를 생각하지 못한 데 대해 반성하고 있었다. 특히, “2-2번 문항에서 적절하다고 답한 학생은 2-3번 문항에서 답을 할 필요가 없다”<sup>30)</sup>고 발언한 것이 가장 아쉽다고 답하였다.

연구자와의 후속 면담에서 L은 이와 같은 일화가 발생한 원인에 대해, 학생의 수준이나 수업의 맥락을 전혀 고려하지 않고 표본조사를 비판하는 능력에만 주목했기 때문이라 밝혔다. 학생의 반응을 제대로 예상하지 못하고 적절한 교수학적 대처를 하지 못한 자신의 수업을 반성한 것이다. 다만, 통계적 불확실성을 근거로 전수조사가 최선일 수 있다는 언급은 맥락에서 편향을 제어하는 수준으로 임의표집을 제한적으로 이해하고 있던 L의 SKT-s 4가 여전히 불완전한 형태로 유지되고 있음을 보여준다.

연구자: 음... 부적절하다에 좀 더 포커스를 맞췄던 거네요? 일단.

L: 네, 그랬던 거 같아요. 좀 약간 어떻게 자료 수집할까? 자체가 약간 통계 자료 분석을 비판적으로 보는 입장이잖아요? 비판적으로 보는 입장에서 좀 더 부적절에 좀 더 초점을 맞췄던 거 같아요. 애초에 수업 처음 전개할 때 학교 수업에서는 무조건 통계 자료에 대해서 그냥 아무 비판 없이 그냥 통계표를 분석해 가지고 만들잖아요. 꼭

---

30) 본 논문의 152쪽에 제시된 일화 중 밑줄 친 부분이다.

그렇게 하지만은 알아야 된다는 쪽을 강조하는 입장에서 제가 수업을 했던 주된 내용이었기에 좀 더 약간 부정적인 입장, 비판적인 입장에서 약간 부적절한 이유가 왜 그런지에 대한 약간 발문을 어떻게 할까? 고민했던 거 같아요. 애들한테 그런 측면도 있다. 무조건적으로 받아들이지 마라. 저도 약간 그런 쪽으로... (중략) 아까도 말씀드렸는데 전수조사가 최선이고 자료 선정에서 하는 거나 아니면 임의추출이나 다 차선이기 때문에 그래서 차선적인 방법으로 하는 거니까 찬성 반대가 나올 수 있다고 생각해요.

그래서 L은 향후 다시 수업을 할 경우 어떤 점을 보완할 것인지에 대한 물음에 “수업 영상을 분석하면서 사고실험을 할 때 학생들의 사고 흐름을 생각해보겠다”고 응답하였다. 학생들의 예상 반응과 사고의 흐름을 파악하려면 학생들의 통계적 소양 수준을 고려함과 동시에 조금 더 분명한 SKT-s를 갖추어야 한다. K에 비해 다소 불완전한 SKT-s를 지니고 있는 L은 수업 반성을 통해 학생의 반응을 예상하는 것이 중요하다고 인식하기는 하였으나 이 과정에서 온전한 SKCS 2를 구성해내지는 못한 것으로 보인다.

L은 자신의 지식을 그대로 수업에서 전달한 것에 대해 긍정적으로 평가했지만, 동시에 학생의 통계적 소양 수준을 고려하지 못한 것을 부정적으로 평가하였다. 그래서 K에 비해 L의 수업은 교실 내에서 이루어지는 발문의 거의 대부분이 교사에게서 나온 것이었다. 그러나 교수학적 변환이 이루어지지 않는 지식의 단순 전달은 SPCK의 간과를 초래하게 된다. 맥락에 대한 학생의 이해를 발판삼아 통계적 소양 수준이 상승할 수 있도록 교사가 적절한 과제를 제공해야 한다는 시사점 4에 비추어보았을 때, 교사가 자신의 지식을 그대로 수업에서 전달하는 교수 전략을 사용하는 것은 적절하지 못하다.

이상의 논의를 종합하여 예비교사 K와 L이 수업 반성에서 활용한 SKT-s를 확인하면 <표 VII-9>와 같다. 학생의 반응을 예상하는 지식은 실제 학생의 사고를 이해할 수 있는 실천적 경험이 없이 기대하기 어려운 것으로 알려져 있다. K는 학생들의 통계적 소양 수준을 고려하였으나,

수업 실행에서 과제에 대한 학생들의 구체적인 반응을 예상해내는 SKCS 2로서의 SKT-s 활용을 확인할 수 없었다. 그러나 학생의 반응이 자신의 수업을 반성하기 위해 돌아켜보는 주된 요소가 되면서 K는 L과 달리 SKT-s를 SKCS 2로 변형하여 활용할 수 있는 기회를 얻게 되었다. 즉, 예비교사가 학생의 반응을 예상하는 적절한 SKCS 2를 형성하기 위해서는 실습을 통해 실제 수업을 실행해보고 학생의 반응을 토대로 자신의 수업을 반성하는 경험이 중요하다.

L은 실제 수업에서 학생의 예상치 못한 반응에 당황했던 일화로부터 SKCS 2의 필요성을 인식했을 뿐, 학생의 반응보다는 주로 자신의 발문을 바탕으로 수업을 반성하였기 때문에 학생의 반응을 예상하는 지식을 형성해내지 못하였다. 이는 L이 K에 비해 상대적으로 SKT-s가 불완전한 형태로 갖추어져 있기 때문인 것으로 보인다. 이 불완전한 SKT-s는 수업 설계 단계에서 과제의 핵심 아이디어를 인식하는 데 한계를 보였고, 수업 실행 단계에서 적절한 교수 전략을 구사하는 데 어려움을 겪게 만들었다. 따라서 SKT-s는 비록 당장에 수업 실행에서 SKCS 2로 변형되지 못한다 하더라도, 수업 반성을 통해 학생의 반응을 예상하는 능력을 신장하기 위해 갖추어야 하는 교수 지식임을 확인할 수 있다.

<표 VI-9> 예비교사 K와 L의 SKT-s 활용(수업 반성)

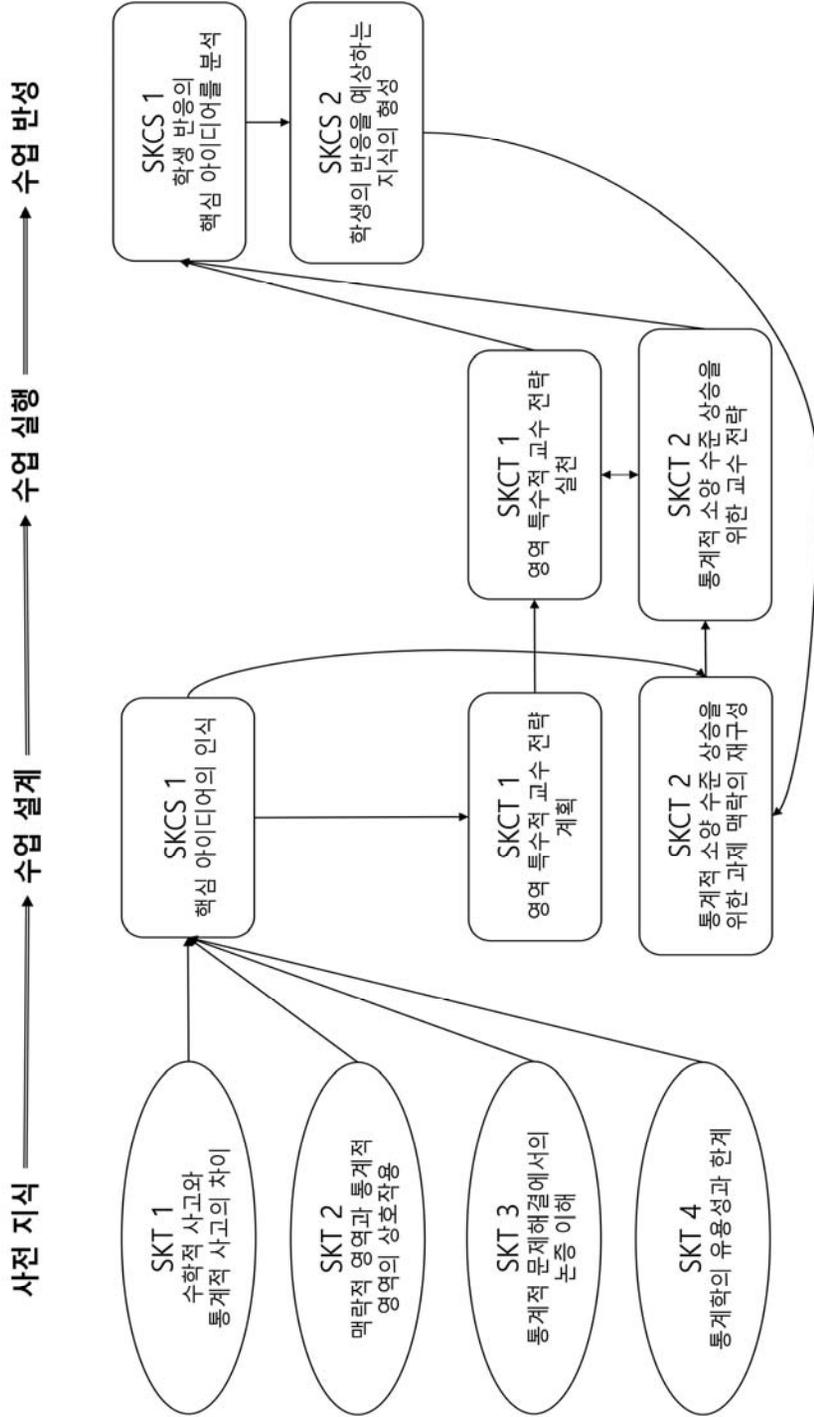
SKT-s	예비교사 K	예비교사 L
SKT-s 1	통계적 문제해결에서 해석 결과의 다양성을 토대로 수업 반성(SKCS 2)	
SKT-s 2	학생의 반응에서 맥락에 대한 인식, 임의표집과 편향에 대한 이해를 추론(SKCS 2)	편향에 대한 학생들의 사고 흐름을 이해해야 할 필요성을 인식하는 데 그침(SKCS 2)
SKT-s 3		
SKT-s 4		

## 4. 논의

이 장에서는 예비교사가 통계적 소양 교육을 목표로 표본 개념을 지도하는 수업의 실재를 분석하였다. 활동지를 통해 예비교사가 갖춘 SKT-s를 먼저 확인하였고, 해당 활동지의 과제를 변형하면서 수업을 설계하는 단계에서의 SKT-s 활용, 계획대로 수업을 실제 실행하는 단계에서 나타나는 SKT-s 활용, 그리고 실행한 수업 동영상을 시청한 후 자신의 수업을 반성하는 단계에서 나타나는 SKT-s 활용을 분석하였다. 각각의 단계에서 활용되는 SKT-s의 변형 양상을 설명하기 위해 수집한 자료들에 대해 <표 VI-5>를 바탕으로 코딩을 실시하였고, 각 단계별로 활용된 SKT-s의 특징들을 확인하고 패턴화하고자 하였다.

예비교사는 자신이 지닌 SKT-s를 수업에서 SPCK로 변형하여 활용한다. 이러한 교수학적 변환 과정에서 예비교사가 가지고 있던 SKT-s는 온전히 발현되지 못하기도 한다. 그러나 이는 자연스러운 현상이라고 볼 수 있는데, SKT-s 중 일부는 학생의 수준을 고려하거나 통계의 실제 사용을 고려하는 등의 사고 실험을 통해 배제되기 때문이다. 오히려 학생의 수준이나 맥락, 교수법 등을 고려하지 않고 SKT-s를 원형 그대로 활용하는 것은 교수 지식으로 보기 어렵다. 학문적 지식은 교육 내용으로 선정되는 순간 재구성되어야 수업 내에서 학생들의 학습된 지식으로 구성될 수 있기 때문이다(이경화, 1996).

이를 종합하여 통계적 소양 함양을 위한 통계 교수·학습에서의 SKT 활용 양상을 모델의 형태로 나타내면 [그림 VI-16]과 같은 도식으로 표현할 수 있다. 교사는 자신의 SKT를 활용하여 학생들에게 ‘다가가기’를 시도해야 한다. 이 시도는 우선 과제의 핵심 아이디어를 인식하는 SKCS 1로의 변형이 선행되어야 하며, 이를 바탕으로 통계적 문제해결 과정의 맥락을 학생의 통계적 소양 수준에 맞게 변형함으로써 SKCT 1, 2를 활용해야 한다. 교사에 의해 재구성된 과제의 맥락을 통해 학생들은 문제해결 과정에서 통계적 규칙을 찾고 통계적 소양 수준 상승의 발판을 마련할 수 있을 것이라 기대된다. 이와 같은 통계 교수·학습은 통계학이

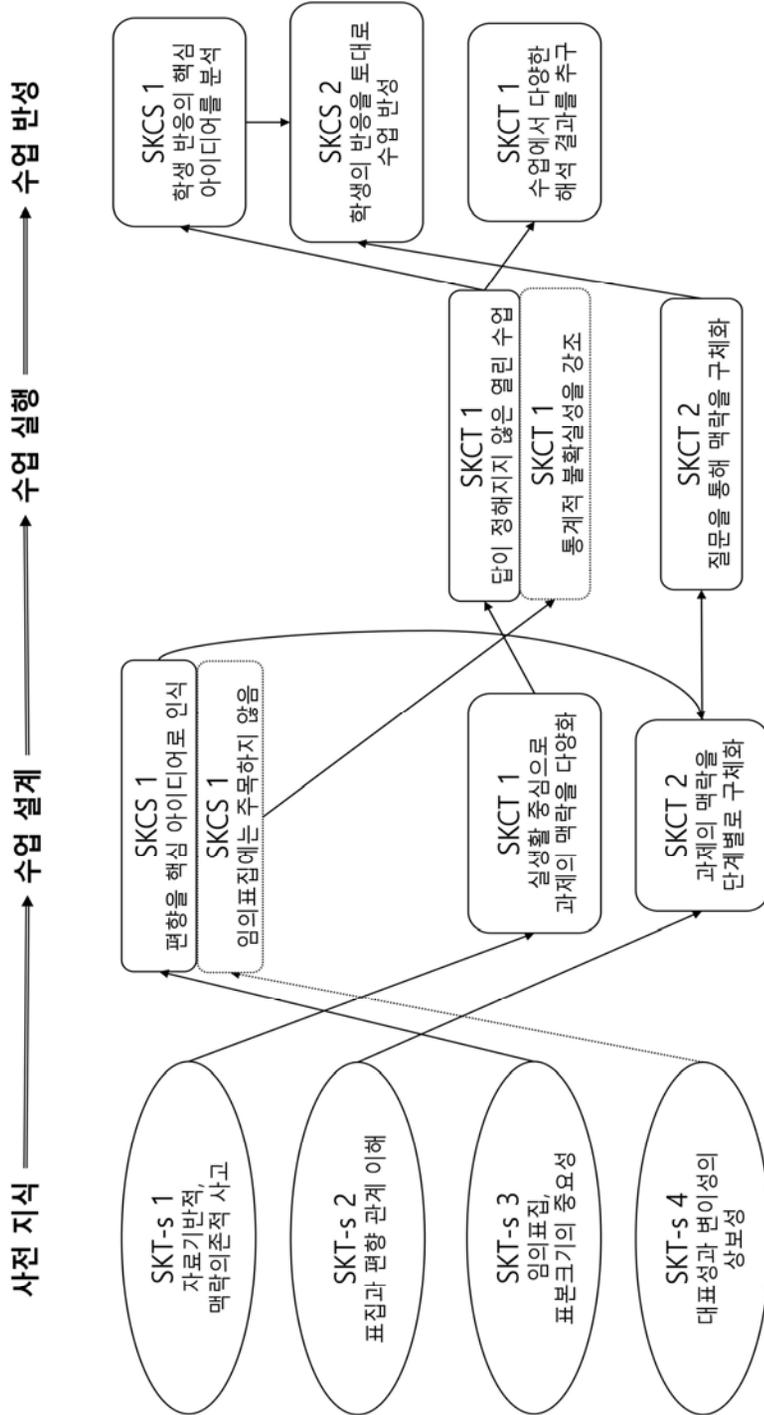


[그림 VI-16] 통계적 소양 교육을 위한 SKT 활용 도식

라는 학문의 성격에 대한 교사의 올바른 이해와 신념을 바탕으로 한 SKT가 갖춰졌을 때 비로소 SKCT 1, 2로서 교수 전략을 통해 가능해진다. 한편, 교사가 자신의 수업을 반성할 때 학생의 반응을 되돌아보고 평가함으로써 SKCS 2를 갖추게 될 수 있을 것이라 예상된다. 이는 이후의 수업을 설계하고 실행할 때 과제의 맥락을 재구성하는 과정에서 유용하게 활용될 수 있다.

비교적 완성도가 높은 SKT-s를 지니고 있던 예비교사 K는 학생의 수준과 통계의 실생활 활용을 고려하여 과제 변형 때 맥락을 구체화하거나 다양화했는데, 이때 다양한 SPCK가 코딩되었다. 특히, 학생의 수준을 고려할 때는 학생이 조금 더 익숙한 맥락에서 과제를 체화할 수 있도록 구체적인 상황 조건을 제시하는 등의 형태로 과제 변형이 이루어졌다. 통계가 실제 사용되는 상황을 고려할 때는 이를 학생들이 경험할 수 있도록 조금 더 다양한 맥락을 제공하는 식으로 과제 변형이 이루어졌다. 통계는 수학과 달리 맥락이 의미를 부여하며, III장에서도 확인할 수 있듯이 통계적 소양은 전통적 통계교육에 대한 대안으로 맥락을 강조하는 시사점 4를 제안한다. 즉, SKT-s가 SPCK로 변형될 때는 통계의 맥락의존적 성격이 고려되며 과제 맥락의 변화로 나타난다. K는 표집과 편향에 대한 자신의 이해(SKCT-s 2)를 바탕으로 과제의 맥락을 단계별로 구체화하는 전략(SKCT 1)을 사용하였으며, 통계학에서 맥락의 역할(SKCT-s 1)에 주목하여 일상에서 접할 수 있는 다양한 맥락을 제공(SKCT 1)하도록 과제를 변형하였다.

그러나 임의표집, 편향과 같은 통계적 개념에 대한 이해(SKCT-s 3, 4)를 갖추고 있었음에도 과제의 모든 핵심 아이디어를 인식(SKCS 1)하지는 못하였다. 이는 수업 실행에서 통계적 타당성에 대한 논의를 배제한 채 통계적 불확실성에만 주목하는 양상으로 수업이 진행되었다. 다만, 통계의 이러한 특수성에 주목함으로써 학생의 어떠한 발표도 수용하는 열린 형태의 수업(SKCT 1)이 진행되었다. 그리고 이때 나온 학생들의 반응을 바탕으로 자신의 수업을 반성(SKCS 2)함에 따라, K의 향후 수업에서는 학생의 통계적 소양 수준이 더 충실하게 반영될 수 있을 것으로 예상된다.



[그림 VI-17] 예비교사 K의 SKT-s 활용 도식

다. 지금까지의 논의를 바탕으로 표본 지도를 위한 수업 관련 활동에서 K가 지니고 있던 SKT-s의 활용을 도식화하면 [그림 VI-17]<sup>31)</sup>과 같다.

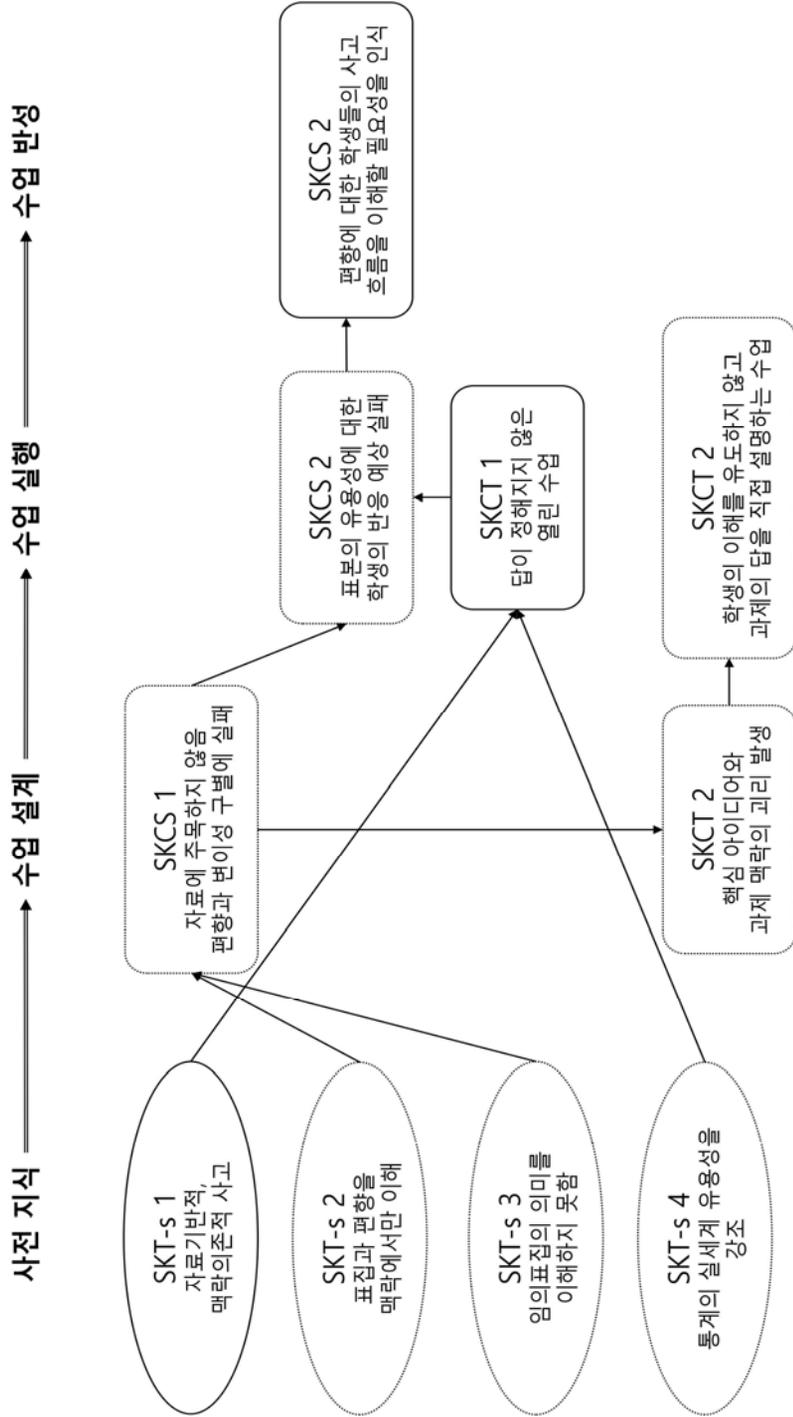
K에 비해 다소 불완전한 SKT-s를 지니고 있던 예비교사 L은 수업 설계 단계에서 과제의 핵심 아이디어를 인식하지 못한 채로 과제 변형을 시도하였다. 임의표집의 통계적 의의를 이해하지 못하고 맥락적 영역에만 주목(SKTS 2, 3)함에 따라 L은 자료에 주목하지 않고 편향과 변이성을 구별하지 못한 채 과제를 변형(SKCS 1)하였고, 이때, 핵심 아이디어와 맥락의 괴리가 발생(SKCT 2)하게 되었다. 이로써 L은 불완전한 SKT-s로 인해 적절한 SPCK를 활용하지 못한 채 과제의 답을 직접 전달하는 방식으로 수업이 이루어졌다. L은 불확실성을 다루는 통계학의 특징(SKTS 1), 그리고 실생활에서 통계의 유용성(SKTS 4)을 바탕으로 K와 마찬가지로 열린 형태의 수업을 진행하였다. 다만, 이때 학생의 예상 반응에 대처하지 못하는(SKCS 2) 등의 문제점을 노출하였으며, L은 이를 반성하면서 학생의 사고 흐름을 이해할 필요성을 인식한다. 이와 같은 논의를 바탕으로 표본 지도를 위한 수업 관련 활동에서 L이 지니고 있던 SKT-s의 활용을 도식으로 표현하면 [그림 VI-18]과 같다.

이 장은 사례연구의 방법에 따라 수행된 연구로서 결과를 온전히 일반화하여 제시하기에는 한계가 있다. 그러나 SKT가 지닌 교수 지식으로서의 가능성을 실증하기 위해 두 명의 예비교사가 표본 지도를 수업하면서 SKT-s를 활용하는 구체적인 사례를 세부적으로 분석해보고자 하였다. 그 결과가 지금까지 요약한 예비교사 K와 L의 특징이었는데, 이 두 명의 사례를 비교하여 다음과 같은 시사점을 도출할 수 있었다.

첫째, 수업 설계 단계에서 교사는 과제의 핵심 아이디어를 인식하고 학생들이 이 핵심 아이디어를 학습할 수 있도록 과제의 맥락을 변형하여 통계적 소양 수준 함양을 위한 경로를 제시하는 것이 필요하다. 이를 가능하게 하려면 통계적 소양의 관점에서 SKT를 충실히 갖추는 한편, 이를 활용하여 과제의 맥락을 다양하게 변형하고 사고 실험을 경험하는 예

---

31) 점선으로 표시된 사각형은 불완전한 형태의 지식을 의미하며, 점선으로 표시된 화살표는 지식의 변형이 적절히 이루어지지 않았음을 의미한다.



[그림 VI-18] 예비교사 L의 SKT-s 활용 도식

비교사교육이 이루어져야 한다.

예비교사 K는 통계적 소양의 관점에서 SKT-s를 비교적 잘 갖추고 있어, 학생들이 비판적인 사고를 할 수 있도록 익숙한 소재를 활용하거나 구체적인 수치를 제시하는 등, 과제의 맥락을 통계적 소양 수준 상승의 발판으로 활용하였다. 반면, 예비교사 L은 불완전한 SKT-s로 인해 과제의 핵심 아이디어를 인식하지 못하고 과제의 외형적 소재만 바꾸는 데 그쳤다. 풍부한 맥락의 제공은 수학의 교수학적 원리를 구현하기 위한 것이기도 하지만(Freudenthal, 1991/2008), 통계교육에서는 맥락 그 자체가 통계적 아이디어에 의미를 부여하기 때문에 SKT-s의 활용은 맥락을 중심으로 이루어진다고 할 수 있다. 즉, 맥락은 통계교육에서 교사의 SKT를 SPCK로 변형하는 매개이자 통로이다.

Watson(2006/2013)에 따르면 통계교육에서 사용되는 과제에는 대체로 세 가지 유형이 있다. 수학적이면서도 고립된 맥락, 학생들의 경험으로부터 나온 친숙한 맥락, 학교 밖의 소재로서 잠재적으로 학생들에게 익숙하지 않은 맥락이 이에 해당한다(p. 298). 통계적 소양의 수준이 상승한다는 것은 수학처럼 맥락의 제거가 아니라 맥락의 복잡화와 더 관련이 있다. 따라서 교사는 통계 수업을 설계할 때 학생들이 맥락 속의 규칙을 이해할 수 있게끔 과제를 설계해야 한다. 본 연구는 통계 교수·학습에서 과제와 맥락의 중요성을 강조한 시사점 4에서 나아가, 예비교사 단계에서 SKT를 충실히 갖추고 이를 활용하여 기존의 과제를 직접 변형하고 수업을 설계하는 사고 실험이 이루어질 수 있도록 하는 예비교사교육의 개선 방향을 제안한다.

둘째, 수업 실행 단계에서 교사는 학생이 과제의 핵심 아이디어에 대한 통계적 소양 수준을 신장할 수 있도록 맥락에 대한 추가적인 정보를 제공하거나 질문 등을 활용하는 교수 전략을 취할 수 있어야 한다. 이때, 교수 전략은 통계학에 대한 교사의 신념에 의해 영향을 받기 때문에 예비교사들이 통계학의 유용성과 한계를 바탕으로 그 가치를 이해할 수 있도록 예비교사교육이 이루어져야 한다.

예비교사 K는 과제의 핵심 아이디어에 대한 인식을 바탕으로 과제를

수행하는 데 어려움을 겪는 학생에게, 질문을 통해 편향이 더 분명하게 드러나는 구체적인 맥락을 제공하는 등 적절한 교수 전략을 활용하였다. 반면, 예비교사 L은 과제의 답을 직접 전달하는 설명 방식의 교수 전략을 선택하였고, 학생들의 예상치 못한 질문에 적절한 피드백을 제공하지 못하였다. 교사의 수학적 이해는 Piaget의 반영적 추상화와 탈중심화를 거쳐 잠재적인 교수학적 이해로 변환되는데(Silverman & Thompson, 2008), K와 달리 L은 수업 설계 단계에서 적절한 SPCK를 구성하지 못하여 통계적 소양 교육을 위한 교수 전략을 활용하지 못하였다.

교사들이 SKT를 활용하여 통계적 소양 교육을 위한 교수 전략을 적절히 선택하도록 예비교사교육에서 특히 주목해 볼 요소는 통계에 대한 신념이다. K와 L은 모두 통계 과제를 열린 과제(open-ended task)로 인식하여 학생들의 모든 의견을 다 용인함에 따라 학습 내용이 수업 목표로 수렴하지 못하는 결과를 초래하였다. 이는 K와 L이 통계학에는 답이 정해져 있지 않다는 강한 신념을 갖추고 있었기 때문이었다.

SKT 4에서도 확인할 수 있듯이 통계학에서 사용되는 개연추론이 불확실성을 내포하고 있다는 점을 아는 것은 통계를 가르치는 교사에게 매우 중요한 지식이다. 그러나 변이성을 제어하는 다양한 기법을 개발하면서 발전해 온 통계학의 학문적 특성을 이해하지 못할 경우, 수업에서 통계학의 한계가 강조되어 자칫 통계학을 신뢰할 수 없는 것으로 인식하게 될 수도 있다. 통계적 소양 교육에서 비판적 소양을 강조하는 이유는 문제해결을 위해 통계를 합리적으로 사용하는 데 있으며 통계를 신뢰할 수 없는 것으로 인식하는 데 있지 않다. 통계적 불확실성을 지나치게 강조할 경우, 통계학이 불확실성을 인정하는 대신 연계 되는 경험적 지식의 유용성에 주목하지 않고, 사고의 엄밀성이 보장되지 않는다는 이유로 그 가치가 수학에 비해 폄하되는 일이 발생할 수도 있다. 수학적 엄밀성의 눈으로 통계학의 가치를 평가절하하지 않고 통계를 지도하기 위해서는, 우선 교사가 통계적 불확실성을 설명하는 변이성이 통계학의 학문적 정체성을 나타내는 핵심 개념임을 인식해야 한다. 그리고 분포를 이용하여 우연과 불확실성을 합리적으로 다루는 방법의 기반이라는 점을 이해하고

있어야 한다. 이러한 인식이 전제되어야 통계적 소양이라는 수업의 목표를 명확히 지향할 수 있는 신념을 바탕으로 그에 기반을 둔 교수 전략을 취할 수 있다.

셋째, 교사는 자신의 SKT를 활용하여 수업 중 학생의 반응을 평가하고 이를 바탕으로 자신의 수업을 반성함으로써 학생에 대한 적절한 지식(KCS)을 얻을 수 있다. 따라서 예비교사들이 실제 통계 수업을 계획, 실행하고 반성할 수 있도록 다양한 실습 기회가 제공되어야 한다.

예비교사 K는 수업 중에 확인했던 학생의 반응을 토대로 자신의 수업을 반성한 반면, 예비교사 L은 전반적으로 자신의 발문을 중심으로 수업에 대한 반성이 이루어졌다. 두 경우 모두 SMK가 활용된다는 점(Hill, Ball, & Schilling, 2008)에서 SKT의 활용 양상은 유사하다. 그러나 실제 수업을 통해 많은 학생들의 반응을 경험하고 SKT를 활용하여 이를 평가함으로써, K는 다음과 같이 Hill et al.(2008)이 범주화한 KCS들을 갖추어나갈 수 있을 것으로 기대된다.

- 학생들에게서 나타나는 공통적인 오류
- 수학적 내용에 대한 학생들의 이해
- 특정 개념에 대한 학생들의 발달 순서
- 학생들이 공통적으로 사용하는 계산 전략

학생의 반응을 평가함으로써 자신의 수업을 반성하는 활동을 통해 예비교사가 학생의 반응을 예상하는 능력을 갖춘다는 것과 이 과정을 SKT에서 KCS로의 변형으로 설명하는 것은, 수업에 대한 반성이 수업의 설계와 실행으로 환류됨으로써 교사의 성장을 돕는다는 주장을 뒷받침할 수 있다(Korthagen & Kessels, 1999). 이근범(2017)에 따르면, 학생들이 흔히 접하는 오개념을 교정하기 위한 목적으로 예비교사와 현직교사가 시도한 과제 변형의 가장 큰 차이는 바로 KCS의 활용 여부에 있었다. 학생들이 과제를 수행하면서 보이는 반응, 그리고 과제의 실제 수행 여부를 예상해내는 KCS는 주로 현직교사들에 의해 과제 변형에 활용되었다.

반면, 예비교사들은 수학적 정당화에 초점을 두어 과제 변형을 하는 데 주로 SMK를 활용하였다. 대개 후자의 경우는 학생들이 과제를 의미있게 받아들이지 못하고 과제 수행에 어려움을 겪는 결과를 초래하곤 한다. 그러나 실제 수업을 실행하면서 접한 학생들의 반응을 바탕으로 수업을 반성하는 활동은 이후의 수업을 설계하고 실행하는 데 반영할 수 있는 KCS를 형성한다는 점에서 예비교사에게 중요한 전문성 신장의 기회가 된다.

통계적 소양 함양을 위한 통계 교수·학습에서 학생의 반응을 예상해 내는 KCS는 SKT에 기반을 두어 변형될 것으로 예상된다. 그 이유는 본 연구에서 제시한 SKT가 계산과 알고리즘, 그리고 수학적 이론 중심으로 지도되어 온 전통적 통계교육과 대비하여 도출된 지식이기 때문이다. 여전히 학교 교육에서 수학의 하위 영역으로서 다루어지는 통계는 학생들이 수학과 다른 학습 양상을 보이는 것이 쉽지 않다. 따라서 문제해결 과정에서 필요한 사고의 차이에 주목하지 않거나(SKT 1), 맥락이나 통계적 모형을 문제해결 과정에서 배제하거나(SKT 2), 실제 통계적 문제해결 과정에서 나타나는 정당화 과정을 수학적으로만 접근하거나(SKT 3), 수학에서는 다루지 않는 불확실성과 정당화를 고려하지 않음(SKT 4)으로 인해 발생하는 다양한 오류들이 존재할 것이다. 따라서 통계적 소양 함양을 추구하는 통계교육의 실천은, 교사들이 SKT를 바탕으로 다양한 학생들의 반응을 예상하고 경험함으로써 형성되는 KCS를 다시 수업에서 활용하는, 수업 설계, 실행, 반성의 환류를 통해 기대할 수 있다.

## VII. 요약 및 결론

본 연구는 우리나라 통계교육과 통계교육 연구의 현실에 대한 반성을 출발점으로 삼아 시작되었다. 특히, 우리나라를 비롯한 여러 나라의 수학과 교육과정에서 통계적 소양을 강조하고 있으나, 통계적 소양 교육의 의미와 방법에 대한 연구가 축적되지 않아 교사에게 통계교육 전문성 향상의 기회를 제공하지 못하고 있는 현실이다. 이에 본 연구에서는 통계교육의 목적으로서 통계적 소양이 지니는 의미와 교육적 가치를 확인하고, 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 통계 교수 지식을 분석하였으며, 표본 개념에 대한 예비교사의 이러한 교수 지식이 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 데 어떻게 활용되는지에 주목하였다.

### 1. 요약

II 장에서는 통계교육 연구의 역사와 국내 통계교육 연구 동향을 분석하였다. IASE 창설 초기에 통계교육의 관심은 개발도상국의 실태를 확인하기 위한 통계 조사자 양성이었다. 그러나 1980년대부터 “모두를 위한 교육”이 화두가 되면서 차츰 초·중·고등학교 학생 대상의 통계교육에도 관심을 가지며 관련 연구가 수행되기 시작하였다. 그리고 2000년대부터는 전문가가 아닌 일반 시민들이 갖추어야 하는 당위적인 것으로서 통계적 소양의 학문적 개념화가 이루어졌다.

그러나 국내 통계교육 연구는 상대적으로 늦은 수학교육 연구의 태동, 그리고 통계 영역에 대한 수학교육자들의 관심 부족 등으로 인해 양적으로 성장하지 못했다. 질적으로도, 2010년 이전까지는 연구 방법적 측면에서도 정교하게 이루어지지 못했고, 연구 대상 측면에서도 인간이 배제된 연구가 주로 진행되었으며, 연구 주제별 측면에서도 실제 교수·학습의 처방적인 방안을 제시하는 중심으로 이루어졌다. 비록 2015 개정 수학교육과정에서 통계적 소양을 통계 영역의 성취 기준으로서 제시하였으

나, 국내 통계교육 연구의 낮은 저변은 교육과정의 의도가 실제 수업에서 실행되기 어렵게 만들고 있다. 통계적 소양이 현장적합성을 갖추어 교과서에서, 수업에서 구현되기 위해서는 연구 관점에서 이론적으로 뒷받침이 이루어져야 하기 때문이다. 이러한 문제의식에서 통계교육 연구의 역사와 국내 연구 동향을 분석한 결과, 본 연구에서는 실험 연구와 비실험 연구의 연계 필요성, 통계교사교육 연구의 필요성, 그리고 통계적 소양의 관점에서 이루어지는 교수·학습 연구의 필요성을 시사점으로 도출할 수 있었다.

Ⅲ장에서는 통계교육의 목적으로서 통계적 소양이 지니는 의의를 확인하였다. 통계적 소양은 통계치를 계산하는 공식과 알고리즘에 치중했던 전통적인 통계교육에 대한 반성을 계기로, 수학과 통계학의 학문적 차이에 근거하여 통계적 사고의 특징에 대한 연구가 수행되어 왔다. 그리고 이 과정에서 많은 통계교육 연구자들이 통계적 사고, 추론, 소양을 통계교육의 개선 방향으로 제시하였다. 처음에는 위 세 용어가 혼용되었으나 이를 명확히 구분하려는 연구자들의 노력에 의해 통계적 소양이 개념화되기 시작하였다.

학자들마다 조금씩은 다르게 의미를 부여하는 통계적 소양에 대해 본 논문에서는 다음 세 가지 측면에서 의미를 지니고 있음을 밝혔다. 잘못된 통계 정보를 비판적으로 평가하는 능력을 강조한 사회적 의미는, 그 근원이 통계에서 비롯된 것이든 맥락에서 비롯된 것이든 통계적 문제해결 과정에서 오용과 오류의 문제를 통계교육에서 모두 포괄해야 한다는 주장을 뒷받침한다. 일상 생활에서 통계 정보를 이해하는 데 필요한 기능을 강조한 개인적 의미는, 통계적 소양이 일상에서의 통계적 문제해결을 통해 학습될 수 있으며 맥락의 필요성을 역설한다는 교육적 의미를 지닌다. 마지막으로 일상과 교육과정의 교차점으로서 통계적 소양의 교육적 의미는, 통계적 소양을 평가되어야 하는 역량으로 자리매김하게 만들어 통계적 소양 수준 체계 연구의 근거가 된다. 이때, 이 수준 체계는 학생의 능력을 판정하는 데 머무르지 않고 교수·학습으로의 환류를 통해 교사의 역할을 부여하는 데에도 활용될 수 있다. 이러한 논의를 바탕

으로 III장에서는 통계적 소양이 통계 교수·학습에 제공하는 시사점을 다음과 같이 정리하였다.

**시사점 1.** 통계학을 수학의 한 하위 영역으로 다루었던 전통적 관점에서 탈피하여, 통계학과 수학의 학문적 차이를 통계 수업에서 분명하게 드러내어 지도해야 한다.

**시사점 2.** 통계 수업을 통해 학습자에게 통계적 문제해결 경험을 제공하고 이를 비판하거나 정당화할 기회를 부여해야 한다.

**시사점 3.** 통계적 문제해결 과정에서 끊임없이 이루어지는 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용을 이해하도록 지도해야 한다.

**시사점 4.** 학생들의 통계적 소양 수준이 상승할 수 있도록 과제를 통해 적절한 맥락을 제공해야 한다.

IV장의 목적은 III장에서 정리한 시사점을 바탕으로 통계적 소양 교육을 위해 교사에게 필요한 전문성에 대해 논의하는 것이었다. 통계교사의 전문성에 대한 논의는 주로 지식이라는 틀 내에서 이루어져 왔다. 특히, 수학교육 연구에서 내용 지식과는 구별되는 교수 지식으로서 개념화된 PCK나 MKT를 바탕으로 SKT를 구조화하는 연구가 다수 수행되어 왔는데, 일부 연구에서 통계적 소양은 이 중 CCK로 분류되기도 하였다. 통계적 소양은 통계교육의 목적으로서 학교 교육을 마친 모든 성인들에게 기대되는 것으로 정의되어 있기 때문이다.

그러나 통계적 소양은 실생활에서 통계적 문제해결에 필요한 역량임을 고려할 때, 내용 지식 외에도 맥락 지식이 이 CCK에 반드시 포함되어 있어야 한다. 또한, 통계적 소양은 행동을 수반해야 하는 것이기 때문에 지식 요소 외에 성향 요소 또한 존재한다. 특히, 통계 정보를 비판적으로 평가하는 소양이 자연스럽게 사용되려면 비판적인 자세와 이를 뒷받침하는 신념, 태도 등의 정의적 요소가 갖추어져 있어야 한다. 통계적 소양을 CCK로 분류하더라도 이것이 꼭 PCK와 명확히 구분되는 것은 아니라는 선행연구의 제언은, 교사가 자신의 지식을 교수·학습 맥락에서 변형된

형태로 활용할 것이라는 예상과 더불어 SKT의 변형적 관점을 채택하는 근거가 되었다. 이에 따라 통계적 소양이 통계 교수·학습에 제공하는 시사점을 바탕으로 다음과 같이 통계적 소양 교육을 위해 교사가 갖추어야 하는 핵심적인 이해로서의 지식을 도출하였다.

**SKT 1.** 교사는 지도하려는 통계적 개념의 학습에서 필요한 비결정론적, 맥락의 존적, 자료기반적인 사고를 이해해야 한다.

**SKT 2.** 교사는 맥락적 지식과 통계적 지식을 바탕으로 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용을 이해해야 한다.

**SKT 3.** 교사는 통계학에서 통계적 문제해결의 타당성을 판단하는 방식을 이해해야 한다.

**SKT 4.** 학습자가 통계 정보에 대한 합리적인 비판적 자세와 신념을 형성할 수 있도록, 교사는 통계학의 유용성과 한계를 명확히 인식하고 있어야 한다.

V 장에서는 통계적 소양의 기초이자 통계적 문제해결의 첫 단계로서 자료 수집 단계를 설명하는 통계적 아이디어인 표본 개념에 주목하였다. 표본 개념이 통계적 소양 교육에서 어떠한 의의를 지니는지를 설명하기 위한 핵심 요소로 표집변이성과 표본대표성을 소개하였고, 이 두 요소를 바탕으로 표본 개념에 대한 역사적 분석, 교육과정 분석, 예비교사의 이해 분석을 시도하였다.

표본 개념은 표본대표성을 이해하고 설명하는 방향으로 역사적인 발달을 이루어 왔으나, 실제 편향과 표집변이성을 명확히 구분하기 시작한 계기는 그리 오래 되지 않았다. 이는 표본조사에서 오차의 질적 문제가 교수·학습에서 어려움으로 작용할 수도 있을 것이라는 가능성을 제기한다. 모집단의 부분집합 이상의 의미를 다루지 못하는 우리나라에 비해, 미국, 영국, 호주, 뉴질랜드의 교육과정에서는 자료 수집 단계에서 표본의 필요성과 한계를 표집변이성과 표본대표성으로 다루고 있었다. 특히, 표본 개념에 대한 지도가 중학교 수준에서부터 통계적 문제해결 과정 속에서 비형식적으로 이루어지고 있는 국가가 대부분이었다. 한편, 표집변

이성과 표본대표성에 대한 예비교사의 이해를 바탕으로 확인한 통계적 소양 수준은 매우 낮았으며 학과에서 개설된 통계 과목 수강 여부가 유의미한 변수로 작용하지도 않았다. 특히, 표본조사의 한계를 근거로 전수 조사를 주장하는 예비교사의 응답이 많았던 점을 통해 표집변이성과 표본대표성의 상보성에 대한 이해는 통계에 대한 신념과도 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 표본 개념에 대한 이와 같은 교수학적 분석은 IV장에서 확인한 SKT를 표본 지도의 관점에서 다음과 같이 구체화한다.

**SKT-s 1.** 표집변이성과 표본대표성에 대한 인식은 통계적 문제해결에서 비결정론적, 맥락의존적, 자료기반적인 통계적 사고의 기반이 됨을 이해한다.

**SKT-s 2.** 모집단과 표본에 대한 실세계 자료와 통계적 모형 사이의 관계 속에서 상호작용하는 표집과 편향의 관계를 이해한다.

**SKT-s 3.** 모집단에 대한 표본의 대표성을 뒷받침하기 위해 편향과 표집변이성을 모두 설명해야 함을 이해한다.

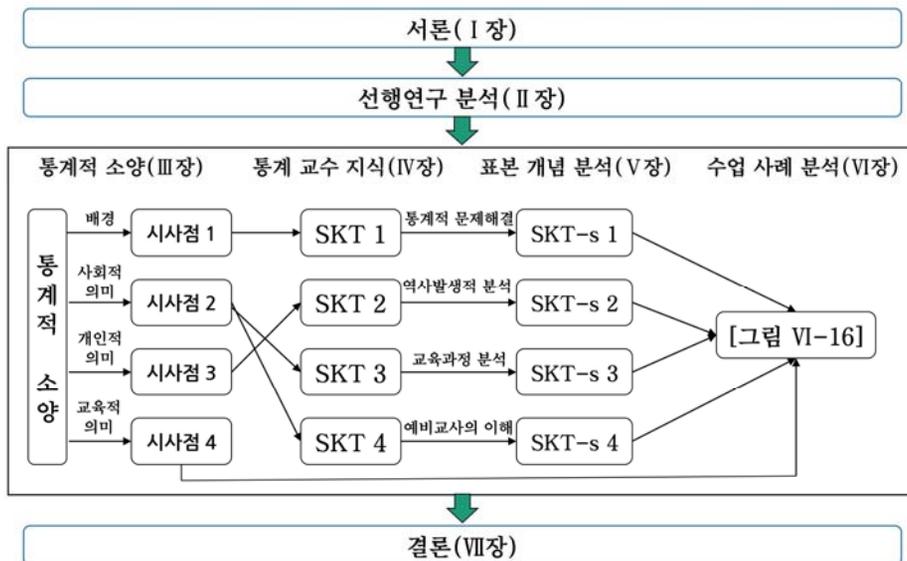
**SKT-s 4.** 표본 개념은 통계적 불확실성을 내포하지만, 동시에 적절한 표집을 통해 이를 제어함으로써 통계적 문제해결의 타당성을 뒷받침함을 이해한다.

VI장에서는 표본을 주제로 중학교에서 수업 실습을 하게 된 예비교사 두 명의 수업을 관찰하고 그 결과를 분석하였다. 먼저 [부록]의 과제를 검사지로 활용하여 예비교사 K와 L의 SKT-s를 확인하였고, 이후 이 [부록]을 바탕으로 자신의 수업을 설계하도록 안내하여 과제 변형 활동을 관찰하였다. 중학교 3학년 학생들을 대상으로 진행된 각 2차시의 수업을 관찰하면서 예비교사의 발문에 특히 주목하였고, 자신의 수업을 촬영한 동영상 시청 후 작성한 수업 반성 양식 역시 분석의 대상에 포함하였다. 각 단계에서 예비교사의 의도를 명확히 확인하기 위한 목적으로 반구조화된 면담 또한 실시하였다.

검사지를 통해 확인된 예비교사 K의 SKT-s는 비교적 완성된 형태로 갖추어져 있었다. 그러나 이 SKT-s를 그대로 사용하기보다는 과제의 핵심 아이디어를 먼저 인식한 뒤 학생의 수준과 실제 통계 사용을 고려하

여 SPCK의 형태로 적절히 변형하여 사용하였고, 이 지식을 활용하여 과제를 변형하고 학생들에게 질문을 제기하는 등의 다양한 교수학적인 활동을 실행하였다. 이러한 K의 SKT-s는 수업을 설계하고 실행하는 단계에서 학생들에게 구체적이고 익숙한 맥락을 제시하는 데 활용되는 것으로 확인되었다. 또한 K는 수업 반성을 통해 학생의 반응에 주목하면서 이후 수업을 설계하고 실행할 때 학생의 반응을 예상하는 능력을 발휘할 수 있을 것이라는 기대를 갖게 되었다. 반면, 예비교사 L은 불완전한 SKT-s를 갖춘 상태에서 임의표집과 같이 표본 지도에서의 핵심 아이디어를 인식하지 못하여 SKT-s를 적절한 SPCK로 변형하는 데 어려움을 겪었고, 학생들의 예상치 못한 질문에 당황하거나 과제 변형 과정에서 적절하지 못한 맥락을 활용하는 등 교수 전략에도 영향을 미치게 되었다. 이를 바탕으로 예비교사가 수업 활동을 통해 SKT를 활용하는 방식을 [그림 VI-16]과 같이 모델링하였고, 본 연구에서 도출한 SKT의 가치와 예비교사교육에 대한 시사점을 확인할 수 있었다.

본 논문의 각 장별 역할과 구조는 [그림 VII-1]과 같이 요약할 수 있다.



[그림 VII-1] 본 논문의 구조

## 2. 결론 및 제언

지금까지 각 장의 내용을 요약하고 장별 논의 결과를 간략하게 제시하였다. 이를 종합하여 통계적 소양을 교사의 통계 교수 지식과 연결지어 논의한 본 연구의 결과로부터 다음과 같이 몇 가지 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 통계교육의 목적으로서 통계적 소양은 단순한 선언적 의미에 국한되는 것이 아니라 통계적 문제해결이라는, 학교수학에서 통계 교수·학습의 방향까지도 제시하는 개념으로 발전해왔다. 단순히 자료를 읽고 쓸 줄 알아야 한다는 사전적인 의미에서 시작한 통계적 소양 개념이 이와 같은 교육적 가치를 지니게 된 이유는, 수많은 통계교육 연구자들이 이 개념을 정의하는 과정에서 개인의 역량뿐만 아니라 다양한 사회적 환경, 그리고 교육적 적용 가능성까지 모두 고려하였기 때문이다. 그 결과 통계적 소양은 이제 단순히 개인적이고 사회적인 의미를 넘어, 실제 학교 현장에서 추구되어야 하는 교육적 의미를 지니게 되었다.

통계적 소양 개념은 대개 “자료가 범람하는 현대 정보 사회에서 합리적인 의사결정, 원활한 의사소통, 그리고 민주 시민으로서의 비판적인 사고를 위해 추구해야 하는 통계교육의 목적”으로 서술된다. 이 의미가 함축하는 교육적 가치는 III장의 논의에서 네 개의 명제로 언급한 바 있다. 특히, 전통적인 통계교육에서 등한시되어 왔던 맥락의 의의와 역할을 강화하고 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용을 강조했다라는 점에 주목해 볼 필요가 있다. 통계적 소양은 ‘자료’를 중심으로 하는 역량이며, 자료는 통계적 영역에서 개념적으로 다루어짐과 동시에 현실에서 실제로 다루어진다. 자료가 통계적 영역과 맥락적 영역의 상호작용을 통해 다루어지면서 통계 정보를 비판적으로 평가하는 능력 역시 통계적 소양에서는 그 의미가 확장된다. “통계적으로 올바른지”뿐만 아니라 “적절한 맥락에서 이루어지고 있는지”도 판단해야 하기 때문이다.

이를 통해 통계적 소양은 통계적 문제해결이라는 실천적 과정을 통해 학습되어야 한다는 주장을 뒷받침할 수 있다. 통계적 문제해결 중심의

교수·학습은 그동안 전통적인 통계교육에서 등한시되어 왔던 맥락의 의의와 역할을 더욱 강화시켜줄 것이다. 또한, 실생활에서 통계 정보를 접할 때 필요한 통계적 소양을 함양할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적으로, 일상 생활에서 접하는 통계 정보를 비판적으로 평가하는 능력은 통계적 소양의 중요한 교육적 가치이므로, 문제를 제기하고 자료를 수집하고 분석한 후 결과를 해석하는 자료 중심의 과정에서 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용을 통해 학습될 수 있다. 그러나 앞서 II장에서 이론 연구와 실험 연구가 상호 환류하지 않는 국내 통계교육 연구의 실태를 확인하였고, 통계적 소양의 교수·학습이라는 관점에서 수행되는 연구의 필요성을 역설하였다. 현재 국내에서 통계적 소양을 강조하여 수행된 연구가 여전히 부족하지만, 교수·학습에 주목한 연구는 더욱 부족하다는 점에서 그 필요성이 강조된다.

둘째, 통계적 소양 교육을 위해 교사가 갖추어야 하는 SKT는 가르쳐야 하는 내용 지식임과 동시에 교수학적 맥락에서 변형될 수 있는 지식이다. 많은 선행연구에서 통계적 소양 그 자체를 내용 지식으로 분류하지만 이것이 교사의 전문적 지식이나 교수학적 지식과 반드시 독립적으로 구별된다고 볼 수는 없다고 인정하고 있다. 이는 각기 별개로 존재하는 내용 지식과 교수학적 지식의 통합으로서 교수 지식을 보는 관점 대신, 내용 지식의 근본적 변형과 생성을 통해 교수학적 지식이 구성되는 변형적 관점에 의해 뒷받침될 수 있다(이수진, 신재홍, 2015).

그래서 본 연구는 통계적 소양 교육을 위한 교수 지식으로서 네 개의 명제로 표현된 SKT를 제시하였다. 이는 통계 교수·학습에 대한 구체적인 지침으로서 드러나는 통계적 소양의 교육적 가치를 반영하여 도출한 것이다. 통계적 소양 교육의 중요성이 강조되고 있음에도 이를 위해 교사가 구체적으로 무엇을 알고 있어야 하는지에 대한 연구가 부족한 상황에서, 본 연구가 제시한 SKT는 소박하지만 통계적 소양의 핵심적인 교육적 의의를 반영한 것이다. 그리고 이 SKT는 단순히 내용 지식으로만 머물러 있는 것이 아니라 교수학적인 상황에서 변형된 형태로 활용될 수 있기 때문에 교사교육을 통해 이를 다룰 수 있는 구체적인 방안이 마련

될 필요가 있다.

특히, 본 연구는 통계적 소양 교육 중 특히 표본 개념에 주목하여 SKT를 SKT-s로 구체화하였다. 이는 통계적 문제해결 과정 중 자료 수집 단계가 매우 핵심적인 위치를 차지하기 때문이다. 연구 대상으로서 자료를 다루는 통계학의 성격에 비추어볼 때, 자료의 질은 곧 통계적 문제해결의 질을 의미한다. 또한, 자료의 분석과 표현은 통계적 영역 내에서 이루어지지만 자료의 수집은 맥락적 영역에서 이루어지기 때문에, 맥락을 특히 강조하는 통계적 소양 교육에서 자료 수집은 다른 단계보다도 핵심적인 지위를 차지한다고 볼 수 있다. 통계학의 관점에서 표본은 추측통계학의 시작이며 통계적 추리의 바탕이고 방법론으로서 통계학의 정체성을 결정짓는 핵심적인 개념이다. 즉, SKT-s는 통계적 문제해결과 비형식적인 통계적 추리를 강조하는 통계적 소양 교육의 실천을 위해 다른 개념에 대한 SKT보다도 특히 교사에게 요구되는 지식이라 할 수 있다.

셋째, 수업의 설계, 실행, 반성 활동은 예비교사가 자신의 SKT를 변형하여 통계 수업에 대한 전문성을 신장할 수 있는 기회를 제공한다. VI장에서 예비교사 K는 자신의 SKT-s를 활용하여, 표본 개념을 지도하는 수업에서 ‘표본조사에서 편향에 대해 비판하는 능력’을 수업의 목표로 설정하였다. 그리고 과제의 핵심 아이디어를 인식한 뒤 학생의 수준을 고려하여 자신의 SKT-s를 과제 변형과 질문에 활용함으로써 학생들이 표본조사에서 편향을 찾아내고 과제를 수행할 수 있도록 안내하였다. 수업에 대한 반성 역시 자신이 가지고 있는 SKT-s를 활용하여 학생의 반응을 평가하는 등, K의 SKT-s는 수업을 설계하고 실행하고 반성하는 과정에서 교수학적으로 활용되었다.

이러한 활동을 통해 예비교사 K가 SKT-s로부터 변형해낸 PCK는 학문적 지식과 교사의 지식을 구분하는 수업 전문성의 상징으로 알려져 있다. 과제의 핵심 아이디어를 인식하고 학생의 반응을 예상해내며 학생들의 통계적 소양 수준 상승을 위한 경로를 마련하고 통계적 소양이라는 목적에 충실하기 위한 특별한 교수 전략을 취하는 지식은, 이미 Watson, Callingham, & Nathan(2009)에 의해 통계교육에서 매우 강조되어 왔다. 예

비교사들이 갖추고 있는 SKT가 단순히 내용 지식에 머무르지 않고 통계를 가르치는 교사로서의 전문성으로 발현되기 위해서는 SPCK로 변형하여 활용할 수 있는 다양한 기회를 마련할 필요가 있다.

비록 소수의 사례에 주목하여 일반화할 수는 없으나, 다양한 유형의 자료를 바탕으로 해당 사례를 세밀히 관찰함으로써 과제의 변형과 적용 과정을 통해 교사의 전문성이 신장되는 경로를 모델링할 수 있었다는 데 본 연구의 의의가 있다. [그림 VI-16]과 같이 핵심 아이디어를 인식하는 SKCS 1과 학생들이 과제를 수행하면서 일반화해나갈 수 있도록 이동 경로를 구성하는 SKCT 2는 과제를 변형하는 활동을 통해, 통계 영역에 적합한 교수 전략을 선택하는 SKCT 1은 실제 수업의 실행을 통해, 그리고 과제에 대한 학생의 반응을 예상하는 SKCS 2는 학생을 중심으로 이루어진 수업 반성을 통해 갖추어나갈 수 있을 것으로 기대된다. 아직은 거친 수준의 모형이지만 후속 연구를 통해 수정하고 개선해 나간다면, 향후 교사의 SKT 활용 방식을 토대로 교사들에게 필요한 지식을 바탕으로 한 전문성 신장 프로그램을 제공하여 통계적 소양 함양을 위한 통계 교수·학습의 실천이 가능해질 것으로 보인다.

지금까지의 결론에 비추어볼 때, 통계적 소양 교육이 통계적 문제해결을 통해 이루어질 수 있도록 예비교사교육의 체계를 검토할 필요가 있다. 우리나라에서 교육대학 및 사범대학 교육과정은 예비교사의 거의 유일한 전문성 확보 과정으로서, 교사의 전문성 향상을 위한 교육적 노력이 집중적으로 투입되는 시기이다(장경윤 외, 2015, p. 18). 따라서 통계 교육에서 추구하는 목표와 내용, 방법을 충분히 이해하고 시행하는 교사가 부족하다는 현장의 문제는 반드시 예비교사교육의 질적 관리 문제와 연계하여 해결하도록 노력해야 한다. 이미 ASA에서는 다음과 같이 예비수학교사를 대상으로 하는 현행 통계교육의 문제를 언급한 적이 있다. 본 연구에서는 표본 개념을 중심으로 예비교사의 SKT 활용을 분석하였으나, 향후 후속 연구를 통해 통계의 핵심 아이디어별로 교사들에게 필요한 SKT를 구체화하고, 교사들이 이를 갖추어나갈 수 있는 교사교육

프로그램의 마련이 필요하다.

수학교사들은 전형적인 수학 전공자들이다. 그러나 수학 전공자들이 수강하는 이론통계학만으로는 교사들이 가르쳐야 할 여러 가지 통계 주제들을 가르치기에 충분하지 않다. 많은 대학에서 교사들은 증명 중심의 수리통계학만을 수강하고 자료 분석을 다루는 과목을 수강하지 않는다(Franklin et al., 2015, p. 5).

본 연구는 예비교사를 대상으로 수행된 연구로서 [그림 VI-16]에서 확인한 SKT 활용 방식 역시 예비교사의 수업을 관찰하여 도출한 모델이다. 그러나 이러한 모델이 통계적 소양 교육에서 SKT를 활용하는 이상적인 방식인지를 확인하기 위해서는, 현직교사 대상의 후속 연구가 수행될 필요가 있다. 예비교사에 비해 현직교사들은 KCS를 수업 설계 단계에서부터 적극적으로 활용하는 반면, SMK에 기반을 둔 아이디어를 활용하는 데 소극적이라고 알려져 있다(이근범, 2017). 본 연구에서는 예비교사교육의 방향으로서 수업 설계, 실행, 반성으로 구성된 실천 경험의 제공이 필요하다고 제안하였으나, 수업 경험이 풍부한 현직교사들을 관찰한다면 예비교사와는 다른 결론을 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 현직교사를 대상으로 한 연구 결과가 축적된다면, 연수 프로그램의 개선 등 현직교사교육의 변화를 모색할 수 있으며 예비교사-현직교사로 구성된 수업 공동체를 통한 상호 협력의 방향 또한 구체화될 수 있을 것이다(강현영, 탁병주, 고은성, 2016).

한편, 통계적 소양 교육은 교사의 지식뿐만 아니라 신념과도 관련이 있다. 수학교사의 전문성을 탐구하는 대다수의 연구가 교사의 지식과 같은 인지적 요소에 주목하고 있다. 그러나 수학과 통계학의 학문적 차이에 대한 메타적인 이해가 선행되지 않을 경우, 통계적 소양 교육을 실천하기 위해 교사에게 필요한 적절한 신념과 태도가 형성되기 어렵다. 예를 들어, 통계학을 수학의 한 하위 영역으로만 인식하는 교사의 통계 수업은 실생활에서의 통계적 문제해결을 강조하기보다는 수리통계학에서 다루어지는 통계적 아이디어의 연역적 정당화에 치중할 것이다. 즉, 교사

가 갖추어야 할 SKT는 단순히 통계학 내용 지식만을 가리키는 것이 아니다. 통계학이 사용되는 맥락에 대한 인식, 맥락과 통계의 상호작용에 대한 이해, 그리고 그 과정을 바라볼 때의 비판적인 자세와 이를 뒷받침하는 적절한 신념, 태도를 모두 갖추어야 비로소 통계적 소양 함양을 위한 통계 수업을 실천할 준비가 되어있다고 볼 수 있는 것이다.

예를 들어, VI장에서 예비교사 K와 L 모두 통계적 불확실성을 근거로 임의표집과 같이 통계적으로 ‘적절한’ 표본을 수업 목표로 지향하기보다는, 최대한 학생들이 자신의 의견을 모두 말할 수 있게 하면서도 올바른 표본 선택에 대한 피드백을 제공하지 않고 수업을 마무리하였다. VI장의 논의에서는 이를 SKT-s 4가 온전히 갖추어지지 않아 발생한 신념이라 설명하였다. 정확히는, 표집변이성을 표본에 편재하는 것으로만 인식할 뿐 통계학에서 이를 제어하는 다양한 방법들이 존재한다는 사실을 이해하지 못하여 발생한 신념이라 설명하였다. 통계학이 그저 불확실하기만한 학문이 아니라 합리적인 방법으로 우연과 불확실성을 제어하고 설명하는 학문임을 인지하지 못할 경우, 이는 통계학에 대한 교사의 신념에 영향을 주어 통계적 소양의 교수·학습에도 영향을 주게 된다. 본 연구에서는 통계적 소양 교육을 위한 교사의 전문성을 지식의 관점에서 확인하는 데 주로 주목하였으나, 향후 정의적 영역에 미치는 영향 또한 후속 연구로서 수행될 필요가 있다.



## 참 고 문 헌

- 강준만(2016). 왜 여론조사를 ‘현상 유지를 위한 매춘’이라고 하는가?: 조지 갤럽. **인물과 사상**, **220**, 45-76.
- 강현영(2012). 통계적 소양의 교육적 의미 고찰. **한국수학사학회지**, **25**(4), 121-137.
- 강현영, 고은성, 신보미, 정승호, 지영명, 류경민, 이자미, 탁병주(2016). **통계적 소양을 위한 교수 학습자료**. 대전: 통계교육원.
- 강현영, 신보미, 고은성, 이동환, 심송용, 김정자, 구나영, 정인수, 최경식, 홍지예, 이상배(2014). **통계 교육 활성화를 위한 수학 교육과정 개선 방안 연구**. 한국과학창의재단. 연구보고 2014A039.
- 강현영, 탁병주, 고은성(2016). 전문가-현장교사-예비교사 수학수업 연구 공동체의 가능성 탐색. **학교수학**, **18**(4), 857-880.
- 고은성(2012). 통계적 변이성 사고 요소 간의 관계 연구. **학교수학**, **14**(4), 495-516.
- 고은성(2015). 현 초중고 통계교육 연구 진행 현황 및 과제. 통계청(편.). **미래사회, 이제 통계적 소양이다**. (pp. 83-100). 대전: 한국통계진흥원.
- 고은성, 이경화(2011). 예비교사들의 통계적 표집에 대한 이해. **수학교육학연구**, **21**(1), 17-32.
- 교육과학기술부(2011). **수학과 교육과정**. 교육과학기술부 고시 제 2011-361호 [별책8].
- 교육부(2015). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책8].
- 구나영, 탁병주, 강현영, 이경화(2015). 표본 지도에 대한 고찰: 국외 교육과정 분석을 중심으로. **학교수학**, **17**(3), 515-530.
- 김남희, 나귀수, 박경미, 이경화, 정영옥(2017). **수학교육과정과 교재연구**. 서울: 경문사.
- 김성경(2016). MQI를 이용한 예비교사와 현직교사의 수학수업의 질 분석. **수학교육**, **55**(4), 397-416.

- 김원경, 문소영, 변지영(2006). 수학교사의 확률과 통계에 대한 지식과 신  
념. **수학교육**, 45(4), 381-406.
- 김응환, 이석훈(2015). **통계와 확률 교육**. 서울: 경문사.
- 김진호(2008). **괴짜 통계학**. 서울: 한국경제신문.
- 남주현(2007). **초·중등 통계교육을 위한 통계적 방법론에 대한 연구**. 이  
화여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 노명완(2010). 초등 저학년을 위한 문식성 교육. **한국초등국어교육**, 42,  
5-50.
- 류근관(2013). **통계학**. 과주: 법문사.
- 류희찬, 조완영, 이정례, 선우하식, 이진호, 손홍찬, 신보미, 조정묵, 이병  
만, 김용식, 임미선, 선미향, 유익승, 한명주, 박원균, 남선주, 김  
명수, 정성운(2014). **고등학교 확률과 통계**. 서울: 천재교과서.
- 박경미(2010). ‘학년군’과 ‘수학적 과정’을 중심으로 한 외국 수학과 교육  
과정의 최근 경향 비교·분석. **학교수학**, 12(4), 667-686.
- 박경미(2013). 수학교육학과 수학 연구자들의 학술지 선호 경향에 대한  
조사 연구. **수학교육학연구**, 23(4), 423-448.
- 박기용, 배영직, 강이철(2009). 교육실습에서 예비교사의 수업설계 과정에  
관한 사례연구. **한국교원교육연구**, 26(3), 169-197.
- 박선영, 김원경(2011). 국내외 수학교육 연구 동향 비교 분석. **수학교육**,  
50(3), 295-308.
- 방정숙, 정유경(2013). 수학수업에서 드러나는 교사 지식을 분석하기 위  
한 틀로서의 ‘교사 지식의 사중주’. **수학교육**, 52(4), 567-586.
- 오기수(2011). 세종대왕의 조세사상과 공법 연구. **세무학연구**, 28(1),  
369-405.
- 우정호(2000). 통계교육의 개선방향 탐색. **학교수학**, 2(1), 1-27.
- 우정호, 정영옥, 박경미, 이경화, 김남희, 나귀수, 임재훈(2006). **수학교육  
학 연구방법론**. 서울: 경문사.
- 윤현진, 박선용, 김서령, 이영하(2009). **수학과 교육 내용 개선 방안 연구:  
‘이산수학’, ‘확률과 통계’ 영역을 중심으로**. 한국교육과정평가원

연구보고 RRC 2009-3-3.

- 윤형주, 고은성, 유연주(2012). 중학생들의 자료와 그래프의 선택과 해석에서 측정과 척도에 근거한 비판적 사고 연구. **수학교육학연구**, 22(2), 137-162.
- 이경화(1996). 교수학적 변환론의 이해. **대한수학교육학회논문집**, 6(1), 203-213.
- 이경화(2015). 우리나라 초중고 통계교육의 실제와 방향. 통계청(편.). **미래사회, 이제 통계적 소양이다**. (pp. 27-43). 대전: 한국통계진흥원.
- 이경화(2016). 통계, 통계교육, 그리고 통계교육연구로의 시간여행. **수학교육학논총**, 49, 41-56.
- 이경화, 강현영, 고은성, 이동환, 신보미, 이환철, 김선희(2016). 과정 중심 평가의 실행을 위한 방향 탐색. **수학교육학연구**, 26(4), 819-834.
- 이경화, 신보미(2005). 표본표준편차의 교수학적 분석. **수학교육학연구**, 15(4), 445-459.
- 이경화, 지은정(2004). 표본 개념의 교육적 의의와 교수학적 변환. **수학교육학논총**, 26, 173-192.
- 이근범(2017). **수학 교사의 과제 변형 및 적용을 통한 조건부확률 오개념 교정**. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이남석(2013). **편향: 나도 모르게 빠지는 생각의 함정**. 고양: 옥당.
- 이동환(2010). **복소수 지도를 위한 수학지식 연구**. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- 이성범(2001). **추론의 화용론: 언어와 추론**. 서울: 한국문화사.
- 이수정(2000). **통계지도에 관한 고찰**. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 이수진, 신재홍(2015). 통합적·변형적 관점의 교사 지식에 대한 연구 김진호, 권나영(편.). **수학교사 지식**. (pp. 191-209). 서울: 경문사.
- 이영하(2014). **인문학으로 풀어 쓴 통계교육 원론**. 서울: 이화여자대학교 출판부.
- 이영하, 김지윤(2016). 통계 자료수집에서 윤리성 문제와 평가방법 연구:

- 중학교 1학년 통계 단원을 중심으로. **교과교육학연구**, 20(4), 357-370.
- 이영하, 심효정(2003). 확률·통계 연구에 대한 수학교육학적 고찰: <수학교육>에 게재된 논문을 중심으로. **수학교육**, 42(2), 203-218.
- 이영하, 태성이(2009). 수학과 수학교육학의 학문학적 비교연구: 연구 방법을 중심으로. **수학교육학연구**, 19(4), 493-511.
- 이윤경(2016). **고등학교 확률·통계 수업담화 분석: Mehan의 이론, Toulmin의 논증패턴, Peirce의 가추법을 중심으로**. 영남대학교 대학원 박사학위논문.
- 이은희, 김원경(2015). 국내외 통계교육 연구동향 비교 분석. **수학교육**, 54(3), 241-259.
- 이종학(2011). **스프레드시트를 활용한 수업이 통계적 사고 및 태도에 미치는 효과**. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 장경윤, 강현영, 고희경, 권나영, 김구연, 김진호, 남진영, 박경미, 박선화, 서동엽, 정영옥, 탁병주(2016). **수학과 중등교육과정 국제 비교 연구: 미국, 싱가포르, 영국, 일본, 호주**. 대한수학교육학회. 연구보고 2016.
- 장경윤, 홍진곤, 이화영, 탁병주(2015). **2014 수학교육 이슈리포트**. 한국과 학창의재단 연구보고 BD-1503-0003 [별책].
- 전영삼(2013). **귀납, 우리는 언제 비약할 수 있는가**. 서울: 아카넷.
- 정순택(1950). **중등수학 1**. 서울: 을유문화사.
- 정유경, 방정숙(2015). 수학을 가르치는데 발현되는 교사 지식에 관한 선행연구 고찰. **수학교육학연구**, 25(4), 617-630.
- 정한영(1995). **통계학사 개론**. 춘천: 한림대학교출판부.
- 조영달(1998). 교과 교실 수업 연구의 학문 동향과 학술 연구 발전 방향: 질적 연구를 중심으로. **교육인류학연구**, 1(1), 73-111.
- 지은정(2011). **자료의 분포와 표본추출 상황에서 변이성 개념 지도**. 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 최병훈, 방정숙(2012). 수학적 창의성 교육에 관한 연구 동향 분석. **영재**

- 교육연구, 22(1), 197-215.
- 탁병주, 구나영, 강현영, 이경화(2014). 표본 개념에 대한 고찰: 역사적 분석을 중심으로. **학교수학**, 16(4), 727-743.
- 탁병주, 구나영, 강현영, 이경화(2017). 중등수학 예비교사들의 통계적 소양: 표본 개념에 대한 이해를 중심으로. **수학교육**, 56(1), 19-39.
- 탁병주, 이경화(2017). 우리나라 통계교육 연구의 동향 분석: 2000년 이후 발행된 국내 통계교육 연구논문을 중심으로. **수학교육학연구**, 27(2), 269-289.
- 허명희(2006). **통계적 사고**. 서울: 교우사.
- 홍원표, 이근호, 이은영(2010). **외국의 역량기반 교육과정 현장적용 사례 연구: 호주와 뉴질랜드, 캐나다, 영국의 사례를 중심으로**. 한국교육과정평가원 연구보고 RRC 2010-2.
- 藤井齊亮 外 40名(2015). **新しい数学3**. 東京: 東京書籍.
- Ball, D. L., Hill, H. C., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, 29(1), 43-46.
- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- Bar-Hillel, M. (2010). 대표성 연구. In D. Kahneman, P. Slovic, & A. Tversky (Eds.). **불확실한 상황에서의 판단: 추단과 편향** (이영애 역) (pp. 93-112). 서울: 아카넷. (영어 원작은 1982년 출판).
- Batanero, C., Burrill, G., & Reading, C. (Eds.) (2011). *Teaching statistics in school mathematics — Chanllenges for teaching and teacher education*. Dordrecht: Springer.
- 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.
- Bellhouse, D. R. (1998). London plague statistics in 1665. *Journal of*

*Official Statistics*, 14(2), 207-234.

- Ben-Zvi, D., Bakker, A., & Makar, K. (2015). Learning to reason from samples. *Educational Studies in Mathematics*, 88(3), 291-303.
- Ben-Zvi, D. & Garfield, J. (2010). 통계적 소양, 추론, 사고: 목표, 정의, 난제. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.). **통계적 사고의 의미와 교육** (이경화, 지은정, 고은성, 강현영, 신보미, 이동환, 이은경, 이정연, 박민선, 박미미 역) (pp. 3-17). 서울: 경문사. (영어 원작은 2004년 출판).
- Best, J. (2003). **통계라는 이름의 거짓말** (노혜숙 역). 서울: 무수. (영어 원작은 2001년 출판)
- Borovcnik, M., & Kapadia, R. (2014). A historical and philosophical perspective on probability. In E. J. Chernoff, & B. Sriraman (Eds.). *Probabilistic thinking: Presenting plural perspectives*. (pp. 7-34). Dordrecht: Springer.
- Bosbach, G., & Korff, J. J. (2012). **통계의 거짓말: 정부, 기업, 정치가는 통계로 어떻게 우리를 속이고 있는가?** (강희진 역). 서울: 작은책방. (독어 원작은 2011년 출판).
- Britz, G., Emerling, D., Hare, L., Hoerl, R., & Shade, J. (1997). How to teach others to apply statistical thinking. *Quality Progress*, 30(6), 67-79.
- Burgess, T. A. (2007). *Investigating the nature of teacher knowledge needed and used in teaching statistics*. Ed.D. dissertation, Massey University.
- Chance, B. L. (2002). Components of Statistical Thinking and Implications for Instruction and Assessment. *Journal of Statistics Education*, 10(3). [Online]
- Cobb, G. (1992). Teaching statistics. In L. Steen (Ed.). *Heeding the call for change: Suggestions for curricular action*, 22, 3-43. Washington DC: Mathematical Association of America.

- Coffey D. (2013). *Pearson mathematics 8: Students book*. Frenchs Forest: Pearson Education Australia.
- delMas, R. C. (2002). Statistical literacy, reasoning, and learning: A commentary. *Journal of Statistics Education*, 10(3). [Online]
- delMas, R. C. (2010). 수학적 추론과 통계적 추론. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.). **통계적 사고의 의미와 교육** (이경화 외 9인 역) (pp. 95-114). 서울: 경문사. (영어 원작은 2004년 출판).
- Evans, K., Gordon, K., Senior, T., Speed, B., & Pearce, C. (2013). *Maths frameworking: Pupil book 1.2*. London: Collins.
- Even, R. (1990). Subject matter knowledge for teaching and the case of functions. *Educational Studies in Mathematics*, 21, 521-544.
- Franklin, C. A., Bargagliotti, A. E., Case, C. A., Kader, G. D., Scheaffer, R. L., & Spangler, D. A. (2015). *The statistical education of teachers*. Alexandria: American Statistical Association.
- Franklin, C. A., Kader, G. D., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., & Scheaffer, R. (2007). *Guidelines for assessment and instruction in statistics education report*. Alexandria: American Statistical Association.
- Freudenthal, H. (1973). *Mathematics as an educational task*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- Freudenthal, H. (2008). **프로이덴탈의 수학교육론** (우정호, 정은실, 박교식, 유현주, 정영옥, 이경화 역). 서울: 경문사. (영어 원작은 1991년 출판).
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-25.
- Gal, I. (2010). 통계적 소양: 의미, 요소, 전망. In D. Ben-Zvi & J. Garfield (Eds.). **통계적 사고의 의미와 교육** (이경화 외 9인 역) (pp. 55-93). 서울: 경문사. (영어 원작은 2004년 출판).
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2007). How students learn statistics revisited: A

- current review of research on teaching and learning statistics. *International Statistical Review*, 75(3), 372-396.
- Garfield, J., & Ben-Zvi, D. (2008). *Developing students' statistical reasoning: Connecting research and teaching practice*. New York: Springer.
- Garfield, J., delMas, R., & Zieffler, A. (2012). Developing statistical modelers and thinkers in an introductory, tertiary-level statistics course. *ZDM*, 44(7), 883-898.
- Garfield, J., & Gal, I. (1999). Teaching and assessing statistical reasoning. In L. V. Stiff (Ed.). *Developing mathematical reasoning in grades K-12*. (pp. 207-219). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Garfield, J., Le, L., Zieffler, A., & Ben-Zvi, D. (2015). Developing students' reasoning about samples and sampling variability as a path to expert statistical thinking. *Educational Studies in Mathematics*, 88(3), 327-342.
- Giere, R. N., Bickle, J., & Mauldin, R. F. (2008). 과학적 추론의 이해 (조인래, 이영의, 남현 역). 서울: 소화. (영어 원작은 2006년 출판).
- Gigerenzer, G. (1998). We need statistical thinking, not statistical rituals. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(2), 199-200.
- González, O. R. (2014). *Examining Venezuelan secondary school mathematics teachers' statistical knowledge for teaching: Focusing the instruction of variability-related concepts*. Ph.D. dissertation, Hiroshima University.
- Groth, R. E. (2007). Toward a conceptualization of statistical knowledge for teaching. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38(5), 427-437.
- Groth, R. E. (2008). Assessing teachers' discourse about the Pre-K-12 guidelines for assessment and instruction in statistics education.

- Statistics Education Research Journal*, 7(1), 16-39.
- Groth, R. E. (2013). Characterizing key developmental understandings and pedagogically powerful ideas within a statistical knowledge for teaching framework. *Mathematical Thinking and Learning*, 15(2), 121-145.
- Groth, R. E., & Bergner, J. A. (2005). Pre-service elementary school teachers' metaphors for the concept of statistical sample. *Statistical Education Research Journal*, 4(2), 27-42.
- Haack, D. G. (1979). Teaching statistical literacy. *Teaching Statistics*, 1(3), 74-76.
- 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.
- Harlen, W., & James, M. (1997). Assessment and learning: Differences and relationships between formative and summative assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 4(3), 365-380.
- Hempel, C. G. (2010). 자연 과학 철학 (곽강제 역). 파주: 서광사. (영어 원작은 1966년 출판)
- Hill, H. C., Ball, D. L., & Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372-400.
- Hoaglund, A., Birkenfeld, K., & Box, J. (2014). Professional learning communities: Creating a foundation for collaboration skills in pre-service teachers. *Education*, 134(4), 521-528.

- Hooke, R. (1995). *통계학자와 거짓말쟁이* (김동훈 역). 서울: 새날. (영어 원작은 1983년 출판).
- Huff, D. (2004). *새빨간 거짓말, 통계* (박영훈 역). 서울: 더불어책. (영어 원작은 1954년 출판).
- Iversen, G. R. (1992). Mathematics and statistics: An uneasy marriage. In F. Gordon & S. Gordon (Eds.). *Statistics for the twenty-first century*. (pp. 37-44). Washington, D.C.: Mathematical Association of America.
- Jolliffe, F. (1998). What is research in statistics education. In *Proceedings of the 5th International Conference on Teaching of Statistics*. (pp. 801-806). Singapore.
- Kahneman, D., Slovic, P., & Tversky, A. (Eds.) (2010). *불확실한 상황에서의 판단: 추단과 편향* (이영애 역). 서울: 아카넷. (영어 원작은 1982년 출판).
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1972). Subjective probability: A judgment of representativeness. *Cognitive Psychology*, 3(3), 430-454.
- Kapadia, R. (1979). Statistical education 11 to 16 — The Schools Council Project. *Teaching Statistics*, 1(1), 11-14.
- Kiær, A. N. (1897). The representative method of statistical surveys. *Norwegian Academy of Science and Letters. The Historical, Philosophical Section*, 4, 37-56.
- Kline, M. (2007). *수학의 확실성: 불확실성 시대의 수학* (심재관 역). 서울: 사이언스북스. (영어 원작은 1980년 출판).
- Ko, E. S. (2012). *A comparison of mathematically talented and non-talented students' levels of thinking with regard to statistical variability*. Ph.D. dissertation, Seoul National University.
- Korthagen, F. A., & Kessels, J. P. (1999). Linking theory and practice: Changing the pedagogy of teacher education. *Educational Researcher*, 28(4), 4-17.
- Kruskal, W., & Mosteller, F. (1980). Representative sampling, IV: The

- history of the concept in statistics, 1895-1939. *International Statistical Review*, 48(2), 169-195.
- Lappan, G., Phillips, E. D., Fey, J. T., & Friel, S. N. (2014). Samples and populations: Making comparisons and predictions. In *Connected mathematics project 3: Grade 7*. Boston: Pearson.
- Leavy, A. M. (2010). The challenge of preparing preservice teachers to teach informal inferential reasoning. *Statistics Education Research Journal*, 9(1), 46-67.
- Lee, K., Lee, E., & Park, M. (2016). Task modification and knowledge utilization by Korean prospective mathematics teachers. *Pedagogical Research*, 1(2), 54.
- Lloyd, G. M., Remillard, J. T., & Herbel-Eisenmann, B. A. (2009). Teachers' use of curriculum materials: An emerging field. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, & G. M. Lloyd (Eds.). *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction*. (pp. 3-14). New York: Routledge.
- McClain, K., Zhao, Q., Visnovska, J., & Bowen, E. (2009). Understanding the role of the institutional context in the relationship between teachers and text. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, & G. M. Lloyd (Eds.). *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction*. (pp. 56-69). New York: Routledge.
- McDuffie, A. R. (2004). Mathematics teaching as a deliberate practice: An investigation of elementary pre-service teachers' reflective thinking during student teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 7(1), 33-61.
- Merriam, S. B. (2005). *정성연구방법론과 사례연구* (강윤수, 고상숙, 권오남, 류희찬, 박만구, 방정숙, 이중권, 정인철, 황우형 역). 서울: 교우사. (영어 원작은 1998년 출판).

- Moore, D. S. (1990). Uncertainty. In L. S. Steen (Ed.). *On the shoulders of giants: New approaches to numeracy* (pp. 95-137). Washington, DC: National Academy Press.
- Moore, D. S. (1992). Teaching statistics as a respectable subject. In F. Gordon & S. Gordon (Eds.). *Statistics for the twenty-first century*. (pp. 14-25). Washington, D.C.: Mathematical Association of America.
- Moore, D. S., & Notz, W. I. (2009). *논쟁거리로 배우는 통계학* (심규박, 조태경, 신미영 역). 서울: 홍릉과학출판사. (영어 원작은 2006년 출판).
- National Council of Teachers of Mathematics. [NCTM] (1989). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics. [NCTM] (1991). *Professional standards for teaching mathematics*. Reston, VA: Author.
- National Council of Teachers of Mathematics. [NCTM] (2007). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- 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.
- Noll, J. A. (2007). *Graduate teaching assistants' statistical knowledge for teaching*. Ph.D. dissertation, Portland State University.
- Noll, J. A. (2011). Graduate teaching assistants' statistical content knowledge of sampling. *Statistics Education Research Journal*, 10(2), 48-74.
- O'Muircheartaigh, C. (2005). Balancing statistical theory, sampling concepts, and practicality in the teaching of survey sampling. *International Statistical Institute Bulletin*, 55. [Online]
- Ottaviani, M. G. (1998). Developments and perspectives in statistics education. In *Proceedings of IASS/IAOS Joint Conference, Statistics*

- for *Economic and Social Development*. Aguascalientes, Mexico.
- Owen, D. B. (Ed.) (1976). *On the History of Statistics and Probability*. New York: Dekker.
- Page, P. J. (1979). Do bristlebacks cluster?: A project for the middle secondary years. *Teaching Statistics*, 1(1), 8-11.
- Park, M. (2015). *Assessment of informal statistical inference*. Ph.D. dissertation, Seoul National University.
- Patton, M. Q. (2017). *질적연구 및 평가 방법론* (김진호, 나장함, 차동춘, 조대훈, 조윤경, 임정완, 임부연, 최윤정, 이연선, 최진혁, 박주영 역). 파주: 교육과학사. (영어 원작은 2015년 출판).
- Pe'er, S., Goldman, D., & Yavetz, B. (2007). Environmental literacy in teacher training: attitudes, knowledge, and environmental behavior of beginning students. *The Journal of Environmental Education*, 39(1), 45-59.
- Pfannkuch, M. (2008). Building sampling concepts for statistical inference: A case study. In *Proceeding of the 11th International Congress on Mathematical Education*. Monterrey, Mexico.
- Pfannkuch, M., Arnold, P., & Wild, C.J. (2015). What I see is not quite the way it really is: students' emergent reasoning about sampling variability. *Educational Studies in Mathematics*, 88(3), 343-360.
- Pfannkuch, M., & Wild, C. J. (2000). Statistical thinking and statistical practice: Themes gleaned from professional statisticians. *Statistical Science*, 15(2), 132-152.
- Phillips, B. (2002). The IASE — Background, activities and future. In *Proceedings of the 6th International Conference on Teaching of Statistics*. Cape Town, South Africa.
- Platt, J. (1992). "Case study" in American methodological thought. *Current Sociology*, 40(1), 17-48.
- Railton, P. (1978). A deductive-nomological model of probabilistic

- explanation. *Philosophy of Science*, 45(2), 206-226.
- Rice, J. A. (2007). *Mathematical statistics and data analysis*. Duxbury: Thompson.
- Ridgway, J., Nicholson, J., & McCusker, S. (2011). Developing statistical literacy in students and teachers. In C., Batanero, G. Burrill, & C. Reading (Eds.). *Teaching statistics in school mathematics: Challenges for teaching and teacher education*. New York: Springer.
- Rowland, T., Hucksteps, P., & Thwaites, A. (2003). The Knowledge Quartet. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 23(3), 97-102.
- Rubin, A., Bruce, B., & Tenney, Y. (1990). Learning about sampling: Trouble at the core of statistics. In D. Vere-Jones(Eds.). *Proceedings of the 3rd International Conference on Teaching of Statistics*. (Vol. 1, pp. 314-319). Dunedin, New Zealand.
- Rumsey, D. J. (2002). Statistical literacy as a goal for introductory statistics courses. *Journal of Statistics Education*, 10(3). [Online]
- Saldanha, L. & Thompson, P. (2002). Conceptions of sample and their relationship to statistical inference. *Educational Studies in Mathematics*, 51, 257-270.
- Salmon, W. (1994). *과학적 추론의 기초* (양승렬 역). 서울: 서광사. (영어 원작은 1967년 출판).
- Scheaffer, R. L. (2006). Statistics and mathematics: On making a happy marriage. In G. F. Burrill, & P. C. Elliott (Eds.). *Thinking and reasoning with data and chance*. (pp. 309-321). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Schild, M. (1999). Statistical literacy: Thinking critically about statistics. *Of Significance*, 1(1), 15-20.
- Schoenfeld, A. H. (2013). *수학수업, 설명을 만나다* (이경화 역). 서울: 경문사. (영어 원작은 2010년 출판).

- Shaughnessy, J. M. (2007). Research on statistics learning. In F. K. Lester (Ed.). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. (pp. 957-1009). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Silverman, J., & Thompson, P. W. (2008). Towards a framework for the development of mathematical knowledge for teaching. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 11(6), 499-511.
- Simon, M. (2006). Key developing understandings in mathematics: A direction for investigating and establishing learning goals. *Mathematical Thinking and Learning*, 8(4), 359-371.
- Snee, R. D. (1990). Statistical thinking and its contribution to total quality. *The American Statistician*, 44(2), 116-121.
- Son, J. W., & Kim, O. K. (2015). Teachers' selection and enactment of mathematical problems from textbooks. *Mathematics Education Research Journal*, 27(4), 491-518.
- Stigler, S. M. (2005). **통계학의 역사** (조재근 역). 파주: 한길사. (영어 원작은 1986년 출판).
- Sullivan, P., Clarke, D., & Clarke, B. (2016). **수학 수업 이야기: 수학, 과제, 학습의 삼중주** (이경화, 김동원 역). 서울: 경문사. (영어 원작은 2013년 출판).
- Swaffield, S. (2011). Getting to the heart of authentic assessment for Learning. *Assessment in Education: Principles, Policy and Practice*, 18(4), 433-449.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1971). Belief in the law of small numbers. *Psychological Bulletin*, 76(2), 105-110.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgement under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. [UNESCO] (2005). *Education for all: Literacy for life*. Paris: Author.
- Vere-Jones, D. (1995). The coming of age of statistical education. *International Statistical Review*, 63(1), 3-23.
- Wallman, K. K. (1993). Enhancing statistical literacy: Enriching our society. *Journal of the American Statistical Association*, 88, 1-8.
- Watson, J. M. (1997). Assessing statistical thinking using the media. In I. Gal & J. Garfield (Eds.). *The assessment challenge in statistics education*. (pp. 107-121). Amsterdam: IOS Press.
- Watson, J. M. (2002). Discussion: Statistical literacy before adulthood. *International Statistical Review*, 70(1), 26-30.
- Watson, J. M. (2013). **학교에서 어떤 통계를 배워야 하지? 통계적 소양의 성장과 목표** (박영희 역). 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., Callingham, R. A., & Donne, J. M. (2008). Establishing PCK for teaching statistics. In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading, & A. Rossman (Eds.). *Proceedings of the ICMI Study 18 and 2008 IASE Round Table Conference*. Mexico.
- Watson, J. M., Callingham, R., & Nathan, E. (2009). Probing teachers' pedagogical content knowledge in statistics: "How will Tom get to school tomorrow?" In R. Hunter, B. Bicknell, & T. Burgess (Eds.). *Crossing divides: Proceedings of the 32nd Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia*. (Vol. 2, pp. 563-570). Palmerston North, NZ: MERGA.
- 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.
- Weier, R. M. (2006). **통계학** (신준용, 송한식, 안성만 역). 파주: 학현사. (영어 원작은 2006년 출판)
- Weiland, T. (2017). Problematizing statistical literacy: An intersection of critical and statistical literacies. *Educational Studies in Mathematics*. doi: 10.1007/s10649-017-9764-5
- Wild, C. J. (2006). The concept of distribution. *Statistics Education Research Journal*, 5(2), 10-26.
- Wild, C. J., & Pfannkuch, M. (1999). Statistical thinking in empirical enquiry. *International Statistical Review*, 67(3), 223-248.
- Yin, R. K. (2016). **사례연구방법** (신경식, 서아영, 송민채 역). 서울: 한경사. (영어 원작은 2014년 출판).
- Young, A. C., Reiser, R. A., & Dick, W. (1998). Do superior teachers employ systematic instructional planning procedures? A descriptive study. *Educational Technology Research and Development*, 46(2), 65-78.
- Zieffler, A., Garfield, J., delmas, R. C., Le, L., Isaak, R., Bjornsdottir, A., & Park, J. (2011). Publishing in SERJ an analysis of papers from 2002-2009. *Statistics Education Research Journal*, 10(2), 5-26.



## [부록]

통계적 소양을 위한 교수 · 학습 활동지<sup>32)</sup>

- 자료 수집 -

---

32) 부록의 과제는 강현영 외(2016)의 pp. 77-80에 수록된 것이다.





## Activity 1 자료는 어떻게 수집해야 할까?

대전중학교 학생회장에 출마한 철구는 교내 매점에 대한 공약을 만들기 위해 학생들의 매점 이용 실태를 확인하고 싶어 합니다. 그래서 학생들이 매점을 하루에 몇 번 이용하는지 조사하기로 하였고, 친구인 상수와 민희에게 조사를 부탁하기로 하였습니다.

대전중학교에는 각 학급당 20명씩 학년당 5개 반이 있어, 전교생은 총 300명입니다. 상수와 민희는 모두 각각 30명의 학생을 대상으로 조사하기로 했습니다. 상수와 민희가 조사한 결과는 아래 표와 같습니다.

이용 횟수	0	1	2	3	4회 이상	합계
학생 수	6	11	7	4	2	30

[상수의 조사 결과]

이용 횟수	0	1	2	3	4회 이상	합계
학생 수	0	5	10	9	6	30

[민희의 조사 결과]

설문조사를 어떻게 했는지 묻는 질문에 상수와 민희는 다음과 같이 이야기했습니다.

- 상수 : 내 휴대전화 주소록에 있는 친구 30명을 대상으로 조사했어.
- 민희 : 교내 매점 앞에 조사 부스를 설치해서 선착순 30명을 대상으로 조사했어.

1-1. 상수와 민희의 조사 결과가 다른 이유는 무엇인지 이야기해 봅시다.

1-2. 상수와 민희의 조사 방법은 적절한 것일까요? 자신의 생각을 이야기해봅시다.

민식은 다음과 같이 새로운 설문조사 방법을 제안했습니다.

- 민식 : 전교생의 이름이 각각 적힌 종이를 상자에 넣어서 그 중 30개를 뽑아 그 학생들을 조사하자.

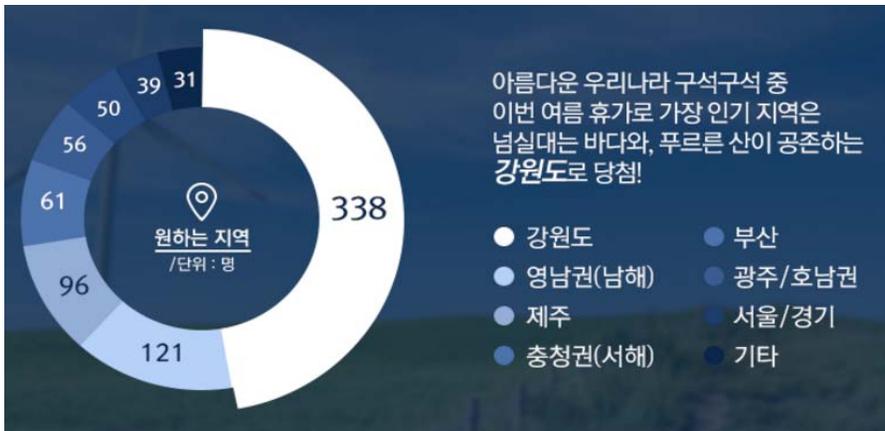
1-3. 민식의 조사 방법이 상수, 민희의 방법과 비교했을 때 더 적절한지 이야기해 봅시다.

1-4. 만약 본인이 직접 조사를 한다면 어떻게 할 것인지 생각해보고 자신의 조사가 왜 타당한지 이야기해봅시다.

## Activity 2 설문조사를 믿는 방법

많은 사람들이 여름휴가를 보내기 위해 다른 지역으로 여행을 갑니다. 사람들이 여름휴가를 어디서 어떻게 보내는지에 대한 조사는 기업에게 숙박, 관광, 교통수단 등 상품 개발과 마케팅 전략을 세우는 데 활용되는 중요한 정보입니다. 정부에서는 여가와 관련한 다양한 정책을 입안하는데 조사 결과를 활용할 수 있으며, 여행객 또한 자신의 여행 계획을 세우는 데 참고할 수 있습니다.

한 기업에서는 지난 2016년 7월에 약 800명을 대상으로 설문조사를 실시하여 아래와 같이 블로그를 작성하였습니다.



2-1. 희선이는 블로그를 보고 다음과 같이 의문이 생겼습니다.

○희선 : 이 기업에서는 이런 정보를 어떻게 얻을 수 있었을까?

이 기업에서는 조사에 참여할 사람들을 어떻게 모집하였을지 논의해봅시다.

2-2. 현욱이는 블로그를 보고 다음과 같이 말했습니다.

○현욱 : 이 설문조사에서는 조사에 참여한 사람들의 연령대, 성비, 거주 지역과 같은 정보가 없어.

현욱이가 말한 이 사실이 위 그래프를 해석하는 데 어떤 영향을 미칠 수 있을지 이야기해 봅시다.

2-3. 이 조사가 적절하게 이루어졌다고 확인하기 위해서는 어떤 정보가 더 필요한지 이야기해 봅시다.

2-4. 만약 본인이 직접 조사를 한다면 누구를 대상으로 어떻게 조사를 할 것인지 생각해봅시다.

## **Abstract**

# **Pre-Service Mathematics Teachers’ Statistical Knowledge for Teaching to Develop Statistical Literacy : Focusing on the Teaching of Sample**

**Byungjoo Tak**

Department of Mathematics Education

The Graduate School

Seoul National University

**Major Advisor: Kyeong-Hwa Lee**

Today all citizens should be statistics consumers in our modern society, and statistical literacy is therefore addressed as a goal of statistics education. It is very important to identify proper methods for the teaching and learning of statistics to develop students’ statistical literacy. However, researchers often define statistics literacy dissimilarly, and studies about the theory and practice of statistical literacy in statistics education are rare. The purpose of this study is to identify practical and theoretical perspectives on how to improve the teaching and learning of statistics to develop statistical literacy.

In Chapter II, I analyze the history of statistics education research and domestic research trends. One finding from this chapter is the importance of

discussions with mathematics teachers who practice teaching statistics at schools on how to improve statistics education. In Chapter III, the meaning of statistical literacy is analyzed from various standpoints in order to explore the educational value of statistical literacy. As a result, I suggest statistical problem solving as a learning element and method to be used in statistical literacy education and discuss relevant implications as they pertain to the teaching and learning of statistics. In Chapter IV, teachers' knowledge is analyzed from the perspective of statistical literacy, and I probe the concept of 'statistical knowledge for teaching (SKT) to develop statistical literacy' in light of the four statements below.

- SKT 1. Understand statistical thinking as non-deterministic, context-dependent and data-based.
- SKT 2. Understand the interplay between the context and statistics based on contextual and statistical knowledge.
- SKT 3. Understand statistical justifications in statistical problem solving.
- SKT 4. Understand the usefulness and limits of statistics when attempting to teach students how to form critical stances and beliefs.

In this study, the concept of a sample is evaluated in light of the importance of data collection during statistical problem solving. In Chapter V, a didactical analysis of samples is attempted to determine what mathematics teachers must know. This chapter includes an analysis of how the concept of a sample has developed through time and how it is addressed in mathematics curricula and textbooks with regard to sampling variability and sample representativeness. The findings shed light on 'statistical knowledge for teaching sample (SKT-s)' from SKT.

- SKT-s 1. Recognize sampling variability and sample representativeness as the basis of non-deterministic, context-dependent, data-based

thinking.

- SKT-s 2. Comprehend the relationship between sampling and bias in the interplay between context and statistics.
- SKT-s 3. Understand that both statistical bias and sampling variability must be considered to explain sample representativeness.
- SKT-s 4. Achieve harmony between statistical uncertainty and validity. The concept of a sample validates statistical inference despite any underlying statistical uncertainty.

Chapter VI presents an analysis of how pre-service mathematics teachers plan, implement, and reflect on their classes through the transformative perspective of SKT. Pre-service teachers with SKT recognize the main ideas and modify the contexts of tasks when planing their classes in order to develop statistical literacy in their students. Moreover, they used SKT as pedagogical content knowledge (PCK) to provide certain questions and employ pedagogical strategies for to bolster their students' learning when implementing their classes. By reflecting students' responses in these classes, pre-service teachers can obtain knowledge of the content and students (KCS) to help them anticipate students' answers. As a result, a model is derived that is formed by the pre-service teachers.

This study provides several important implications pertaining to expertise in SKT by statistics teachers when these concepts are transformed and used as PCK during their teaching activities. Lastly, recommendations are presented to improve statistics education for pre-service teachers.

**keywords : statistics education, statistical literacy, statistical knowledge for teaching (SKT), statistical problem solving, sample, pre-service mathematics teacher.**

***Student Number : 2013-30446***