

통계적 소양 교육을 위한 그래프 오류 유형 분석: 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제¹⁾

탁병주²⁾ · 김다빈³⁾

본 연구는 통계적 소양 교육을 실천하기 위해 초등학교 통계교육의 주된 내용 요소에 해당하는 그래프 지도 중 특히 오류의 유형화에 주목하였다. 구체적으로 문헌 분석을 통해 통계적 문제해결의 관점에서 그래프의 교수학적 의의와 구성 요소를 확인하였고, 이를 표현하는 과정에서 나타나는 오류를 분류하여 각 사례들을 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제와 연결하였다. 연구 결과, 그래프 오류 유형은 범주 표현에서의 오류, 빈도 표현에서의 오류, 맥락 제시에서의 오류로 분류할 수 있었고, 이러한 오류로 인해 자료 분석 단계에서 주관적인 분석 방법 채택, 시각적 착시현상 유도, 자료에 대한 정보 왜곡과 같은 통계 윤리 문제가 발생할 수 있음을 확인하였다. 그리고 우리나라 초등학교 수학과 교육과정에서는 오류를 범하지 않도록 정형화된 틀을 제공하고 그 틀에 맞춰 그래프를 그리는 절차에 주목하는 경향이 있었다. 이를 통해 그래프 오류 유형이 초등학교 통계교육에 제공하는 시사점을 통계적 소양 교육, 통계 윤리, 교사 지식의 관점에서 제시하였다.

주제어: 통계 그래프, 그래프 오류, 통계적 소양, 통계적 문제해결, 통계 윤리

I. 서 론

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 정의될 수 있다(이수정, 2000, p. 1). 비록 수학과 달리 불확실성을 인정하는 개연추론에 의지하는 한계가 있기는 하나, 통계학은 그 나름의 합리적 연단을 거쳐 충분히 믿을 만한 근거를 지닌 정보를 체계적인 방법으로 도출하기 때문에 경험과학으로 분류된다. 게다가 정보를 도출하는 방법의 신뢰성과 타당성을 설명하기 위해 정확성과 확실성을 추구하는 수학에 의지하기 때문에, 통계학은 수리과학의 한 분야로 분류되기도 한다. 이렇듯 통계학에서는 현상을 합리적으로 설명하고 믿을 만한 정보를 만들기 위한 여러 가지 노력을 기울이고 있으나, 일상에서 자료로부터 통계를 이용하여 만들어진 정보에 대한 일반인들의 신뢰는 생각보다 높지 않다. 심지어 “거짓말에는 세 가지 종류가 있다. 거짓말, 새빨간 거짓말, 그리

1) 본 연구는 2019년 전주교육대학교 국립대학육성사업의 연구비 지원으로 수행하였음.
2) [교신저자] 전주교육대학교, 조교수
3) 이리팔봉초등학교, 교사

고 통계”라는 관용어구가 존재할 만큼 통계 정보에 대한 세간의 인식은 매우 부정적이다.

통계 정보가 사람들에게 믿음을 주지 못하는 이유에는 여러 가지가 있지만, 그 중에서도 가장 대표적인 것은 그래프의 오류와 왜곡 문제이다. 그래프는 숫자만으로 볼 수 없는 분포의 경향성, 패턴, 변수 사이의 관련성을 직관적으로 보여준다는 점에서 자료 분석의 유용한 도구이자 강력한 통계적 의사소통의 수단이다(우정호, 2017, p. 346). 보기 쉽고 이해하기 좋다는 장점으로 인해 일상에서 언론, 매체 등을 통해 접하게 되는 대다수의 통계 정보는 그래프 형태로 표현된다. 그러나 그래프를 작성할 때 준수해야 하는 사소한 원칙들이 지켜지지 않을 경우, 그래프에 대한 잘못된 해석을 오도하며 이는 통계 정보와 관계 없는 엉뚱한 사회적 인식이나 의사결정으로 이어지는 경우도 존재한다. 실제로 언론이나 매체를 통해 보도되는 그래프 중에는 오류가 있는 것도 적지 않게 포함되어 있는데, 대중들이 어떠한 사실을 믿거나 믿지 못하게 만들기 위해 악의적으로 오류가 포함된 그래프를 만들어 통계 정보에 대한 해석을 왜곡하는 것이 아니냐는 의심까지도 제기되는 실정이다.

많은 사람들이 그래프를 생각할 때 가장 먼저 떠올리는 첫 단어는 ‘거짓말’이다. 실제로 몇몇 그래프들은 자료를 왜곡해서 이를 보는 사람이 진실을 마주하지 못하게 한다. 그렇지만 의사소통의 어떤 수단이든 누군가를 속이는 데 사용될 수 있다는 점에서, 그래프는 언어와 다를 것이 없다(Tufte, 2001, p. 53).

이에 여러 통계교육 연구자들은 통계 정보를 윤리적으로 생산하고 합리적으로 소비할 수 있도록 통계교육의 개선이 이루어져야 한다고 주장해왔다(예를 들어, Gal, 2002; Watson, 2006/2013; Weiland, 2017). 통계 정보는 대개 그래프를 통해 통계적 의사소통을 매개하기 때문에, 통계 정보의 윤리적 생산과 합리적 소비를 위해서는 그래프를 올바르게 작성하고 비판적으로 해석하는 소양이 필요하다. 이를 위해서는 그래프의 다양한 오류 유형을 분석하고 이러한 오류를 저지르지 않도록 그래프의 작성 원칙을 정비할 필요가 있다. 이는 후술할 통계적 소양의 함양뿐만 아니라 통계 윤리의식의 신장과도 연결되는 문제이다.

우리나라 초등학교 수학과 교육과정에서는 여러 가지 통계 그래프 중 그림그래프, 막대그래프, 꺾은선그래프, 띠그래프, 원그래프를 학습 요소로 제시하고 있다. 또한, 현재 초등학교 수학 교과서에서는 대체로 각 종류별 그래프의 작성 절차를 지도하는 데 한 차시씩 할애하고 있다. 실제로 그래프를 직접 그려보는 각 차시는 그래프의 작성 원칙을 지도하면서 명시적으로든 암시적으로든 그래프 작성 과정에서 나타날 수 있는 오류들을 경계하고 나아가 통계 윤리를 지도하기 위한 초석을 마련하는 바탕으로서 유의미하게 활용될 수 있다. 그러나 학교수학의 수준에서 그래프의 오류 유형이 명시적인 형태로 정리가 되지 않아 초등학교 교사들이 이를 이해하고 그래프를 지도하기에는 한계가 있다. 황현미와 방정숙(2007)은 초등학생의 그래프 이해 능력을 분석하기 위해 자료 읽기, 관계 찾기, 자료 해석, 상황 이해의 4가지 관점을 제시하였고, 이자미와 고은성(2019)은 이를 활용하여 그래프 해석 과정에서 발생하는 오류를 조사한 바 있다. 그러나 그래프 작성 과정에서 발생할 수 있는 오류에 주목한 선행연구는 많지 않다. 일부 통계 관련 교양서적에서 이러한 오류 사례들을 열거하는 경우는 있으나, 아직 교수학적 분석을 거쳐 학교수학을 통해 지도되어야 할 내용으로서 정리되지 않는 실정이다. 그래프 작성 과정에서 발생할 수 있는 다양

한 오류들을 구조화하여 정리하면, 잘못된 해석을 유발하지 않도록 초등학생들이 그래프를 올바르게 작성하도록 지도하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 보인다.

이에 본 연구에서는 통계적 소양 교육을 실천하기 위해 교사가 갖추어야 하는 내용 지식으로서 그래프 오류 유형을 교수학적으로 분석하고 정리한다. 특히, 그동안 파편화되어 낱낱으로 논의되어 왔던 그래프의 오류들을, 그래프의 구성 요소를 바탕으로 정리하여 각 구성 요소가 지닌 통계적 의미를 바탕으로 그래프의 각 오류 유형이 그래프 해석에 어떠한 영향을 주어 통계 윤리 문제로 이어지게 되는지를 유기적으로 재구조화한다. 그리고 이를 바탕으로 초등학교 수학과 교육과정에서의 그래프 지도 내용을 분석하여 그래프 오류와 관련된 내용의 지도 실태를 분석한다. 본 연구의 결과는 한편으로 그래프를 지도하는 교사의 전문성 신장에 기여하고, 다른 한편으로 통계적 소양 교육의 내용 구성에 이바지할 것으로 기대된다.

II. 통계적 소양 교육과 통계 윤리

1. 통계교육의 목적과 통계적 소양 교육

통계교육에서 통계적 소양이 강조되는 이유는 대개 통계교육의 목적과 관련이 있다. 수학교육의 경우, 그 목적으로 실용적 가치 외에도 도야적 가치, 심미적 가치, 문화적 가치 등이 함께 언급되며(황혜정 외, 2019), 특히 고대 그리스 철학자들에 의해 수학은 외재적 쓸모에서 벗어나 도야적, 심미적인 가치가 더욱 강조되어왔다. 그러나 통계학은 단 한 번도 수학과 같이 심미적이고 도야적인 가치가 강조된 적이 없다. 통계학은 철저하게 국가적, 개인적인 문제해결을 위한 도구로서 그 쓸모에서 가치를 인정받아왔다. 물론 통계적 소양에서 ‘소양’을 공교육에서 추구하는 시민성(citizenship)의 의미로 해석하여 통계교육의 인본주의적 가치를 주장하는 관점도 존재하나(예를 들어, Weiland, 2017), 이는 정보화 사회의 도래로 인해 통계가 인간 사이의 강력한 의사소통 수단으로 자리매김함으로써 말미암은 것이기에 넓은 의미에서는 이 역시 통계의 실용적 가치에 주목한 관점이라고 볼 수 있다.

고정된 지식을 주입하는 형태의 전통적인 교육을 개혁하자는 목소리는 수학교육과 통계교육에서 공통적으로 등장하였다. 수학교육의 경우, 미국수학교사협회에서 수학적 힘, 의사소통, 추론과 같은 과정 기준(process standards)을 강조함에 따라(NCTM, 2000/2007), 수학적 사고, 추론 능력의 함양이 수학교육의 대안적인 목표로 주목받기 시작하였다. 통계교육 역시 통계적 사고와 추론에 주목하는 연구가 다수 이루어져 왔으나(예를 들어, Moore, 1990; Wild & Pfannkuch, 1999), 최근에는 실용통계교육을 학교수학적으로 구현하기 위한 방향으로 통계적 소양(statistical literacy) 개념이 통계교육의 주된 목표로 자리매김하게 되었다(고은성 외, 2017). 사고와 추론의 함양이 인간의 정신적 측면을 도야한다는 느낌을 주는 반면, 소양의 함양은 실생활에서의 역량을 강화한다는 의미를 내포하고 있기 때문인 것으로 보인다.

여러 학자들이 통계적 소양 교육을 나름대로 정의하였으나, 특히 위와 같은 관점을 내포하고 있는 것은 Gal(2002)의 정의이다. 그는 통계적 소양의 핵심적인 두 가지 요소로서 (1) 다양한 맥락에서 접하는 통계 정보나 자료와 관련된 주장, 또는 확률 통계적 현상들을 해석하고 비판적으로 평가하는 능력, 그리고 (2) 통계 정보에 대해 토론하고 의사소통하는

능력을 언급하였다(pp. 2-3). 이는 통계 정보를 생산과 소비, 두 관점에서 바라보는 시각을 담고 있다. Gal(2002)과 Watson(1997) 등 많은 통계교육 연구자들이 비판적 평가 능력과 의사소통을 강조하는 이유는, 언론, 정치인, 광고주 등이 자신의 필요와 목표에 따라 선별적으로 혹은 왜곡된 형태로 통계 정보를 생산하고 있어 이를 합리적으로 판단하여 소비하는 역량에 주목했기 때문이다. 즉, 재화를 윤리적으로 생산하고 합리적으로 소비하는 것이 시장경제를 건전하게 유지하기 위한 민주 시민의 기본 소양이듯이, 통계 정보 역시 윤리적으로 생산하고 합리적으로 소비하는 것이 정보 사회를 건전하게 유지하기 위한 민주 시민의 기본 소양이라 할 수 있다. 이에 고은성 외(2017)는 “각종 정보가 범람하는 현대 사회에서 학생들이 장차 합리적인 통계 정보의 소비자이자 생산자로서 역량을 갖추 수 있도록 학교 통계교육을 통해 통계적 지식과 기능은 물론, 비판적 사고와 태도를 길러주는 교육(p. 11)”으로 통계적 소양 교육을 정의하였다.

2. 통계적 문제해결 교육과 통계 윤리

소양(literacy)의 사전적 정의는 ‘읽고 쓰는 능력(ability to read and write)’이다. 따라서 통계적 소양은 간단히 말하면 ‘자료를 다루는 능력’ 정도로 이해할 수 있다. 통계에서 자료를 다룬다는 것은 통계 정보의 생산 또는 소비를 의미한다. 즉, 학생들은 통계 정보 생산자로서의 경험, 그리고 소비자로서의 경험에서 통계적 소양을 기르고 활용할 수 있다.

일찍이 미국통계협회에서는 이에 주목하여 통계적 문제해결 4단계를 제시하고 각 단계별로 지도하고 평가해야 하는 내용을 요약화하여 교사를 위한 지침서를 편찬하였다(Franklin et al., 2007). 이때, 통계적 문제해결 4단계는 각각 문제 설정, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석인데, 한편으로는 통계적 개념이나 요소를 학습할 때 이것이 어느 단계에서 어떤 의미를 지니는지 이해하는 것, 다른 한편으로는 실제로 이러한 통계적 문제해결 4단계를 직접 경험해보는 것이 통계적 소양을 함양하는 데 유용하다고 알려져 있다. 고은성 외(2017)는 통계적 문제해결 교육을 “통계적 문제해결의 전 과정을 순환적으로 학생들이 경험할 수 있는 기회를 제공함으로써, 통계적 소양 교육을 실천적으로 구현하는 실용 통계교육의 방법(p. 14)”으로 정의하였다.

이러한 점에 주목하여 통계적 문제해결의 관점에서 교과서, 교사, 학생을 분석하는 여러 연구가 국내에서 이루어져 왔다(예를 들어, 배혜진, 이동환, 2016). 전술한 바와 같이 통계적 문제해결 교육을 강조하는 이유는 이러한 경험이 통계적 소양을 함양할 수 있다는 이론적인 논의에 근거하고 있다. 그러나 역으로 통계적 문제해결 교육이 학생들의 통계적 소양 함양을 위해 각 단계별로 다루어야 하는 구체적인 내용 요소 및 선결 조건에 대한 논의는 다소 부족해 보인다. 통계적 문제해결 경험을 통해 문제를 설정할 때, 자료를 수집할 때, 자료를 분석할 때, 결과를 해석할 때 어떠한 내용을 학습해야 비로소 통계적 문제해결 교육이 통계적 소양 교육으로서의 의의를 지니게 될 것인지에 대한 고찰이 필요하다.

통계적 문제해결 교육이 통계적 소양을 함양할 수 있다고 기대하는 이유는, 실제 통계 정보를 직접 생산해보는 경험을 통해 합리적 소비와 윤리적 생산 역량을 기를 수 있다고 보기 때문이다. 통계적 소양 교육에서 강조하는 비판적 평가 능력은, 뉴스 기사나 기업의 광고 등을 통해 접하는 통계 정보가 어떻게 도출되는지 그 과정을 이해함으로써 함양할 수 있다. 이때 통계 정보가 도출되는 과정은 통계 정보를 직접 생산해보면서 각 단계에서

유념해야 할 이슈의 중요성을 인식함으로써 이해할 수 있다. 즉, 비판적 시각을 지닌 합리적인 통계 정보 소비자가 되기 위해서는 먼저 연구 윤리 의식을 갖춘 윤리적인 통계 정보 생산자가 되어야 한다.

시장경제를 유지하는 최소한의 규범으로서 상업 윤리가 존재하듯이, 통계 윤리는 정보화 사회의 질서를 유지하기 위한 최소한의 조건이다. 이는 통계적 문제해결 교육이 실제 통계적 소양 교육으로서 의미를 지니기 위해서 반드시 통계 윤리가 내용 요소로 다루어져야 함을 시사한다. 즉, 정보 생태계가 안정적으로 유지되고 발전할 수 있도록 통계 정보의 생산과 소비가 이상적으로 이루어지기 위한 것이 통계적 소양 교육의 목표라면, 통계 윤리는 통계적 소양 함양을 위한 통계적 문제해결 교육의 중요한 부분을 차지해야 할 것으로 보인다.

3. 자료 분석 단계에서의 통계 윤리

대부분의 국가에서 통계는 수학 교과에서 다루어져 왔다. 이는 한편으로 결혼으로까지 비유될 만큼 통계와 수학이 밀접한 관계를 맺고 있기 때문이기도 하지만, 다른 한편으로 통계가 수학의 한 분야로 인식되어 왔기 때문이기도 하다. 통계 윤리는 대체로 맥락이나 모델과 같이 수학 외적인 문제와 관련이 있어, 수학교육 연구자들은 통계교육 연구를 하면서도 대체로 통계 윤리를 비수학적인 이슈로 인식하여 거의 다루어 오지 않았다. 그러나 수학과 통계의 차이를 드러내어 지도해야 한다고 주장한 이영하(2014)는 일찍이 통계교육에서 통계 윤리의 중요성을 역설한 바 있다.

이영하(2014)는 “자신의 주장에 대해 경험적 근거를 토대로 정당성을 확보하려는 일련의 행위(p. 255)”로 통계적 행위를 정의하였다. 이때 통계적 행위는 통계적으로 당당한 문제를 해결하고자 하는 사용자의 목적을 달성하기 위해 이루어지는 것이므로, 통계적 문제해결 과정인 문제 설정, 자료 수집, 자료 분석, 결과 해석은 모두 문제해결 주체의 주관적인 목적과 의도가 담겨 있게 된다. 이러한 각 단계가 윤리적으로 타당한지를 살펴보는 것을 이영하(2014)는 ‘목적론적 윤리성 문제’라고 표현하였다. 이에 대비하여, 통계적 행위의 과정에서 문제해결 주체의 목적과 무관하게 부수적인 요인에 의해 발생하는 것을 ‘파생적 윤리성 문제’라 명명하였다. 예를 들어, 자료 수집 단계에서 편향된 표본을 추출하거나 특정 응답을 유도하는 것은 통계적 문제해결이라는 목적에 영향을 주기 때문에 목적론적 윤리성 문제로, 피실험자의 동의를 받지 않거나 개인 정보를 보호하지 않는 것은 통계적 문제해결과는 별개로 발생하는 문제이므로 파생적 윤리성 문제로 분류할 수 있다.

이러한 문제의식을 발전시켜 김지윤(2016)은 자료 수집 단계에서의 통계 윤리 문제를, 이설빈(2017)은 결과 해석 단계에서의 통계 윤리 문제를 연구하였다. 그러나 학교수학에서 다루어지는 통계 내용의 대다수는 자료 분석 단계에 해당함에도, 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제는 수학교육 영역에서 아직 명확하게 연구되지 않았다. 이영하(2014)는 자료 분석 단계에서의 윤리성 문제를 (1) 자료 분석 방법에 따라 서로 다른 결과가 나올 때, 연구자가 자신의 선호에 따라 자료 분석 방법을 선택하는 경우, (2) 자료를 부분적으로 분석하여 그 결과로 가설을 설정하는 등 자료에 의해 유도된 분석을 하는 경우, (3) 시각적 착시현상을 의도하여 그래프를 변형하거나 선택적으로 제시하는 경우(pp. 270-272)로 분류하였다. 그러나 (2)는 적어도 현행 교육과정에 따르면 대학 이상의 수준에서 다루어지는 문제이다. 본 연구에서는 (1)과 (3)에 ‘문제 설정이나 자료 수집 단계에 대한 정보를 자료 분석 단계에서 고려하지 않거나 은폐하는 경우’까지 추가하여 자료 분석 단계에서의 통

계 윤리 문제를 세 가지로 범주화한다. 예를 들어, 해결하고자 하는 문제에 적합하지 않은 자료를 수집했거나 혹은 수집한 자료의 대표성이 의심되는 상황이 발생한다면 이는 문제 설정 및 자료 수집 단계에서의 통계 윤리 문제에 해당하지만, 이러한 문제를 안고 있음에도 자료 분석을 진행한 후 이를 숨긴 채로 분석 결과를 제시한다면 이는 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제이기도 하다. 그래프를 작성하는 과정에서 나타날 수 있는 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제는 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

<표 1> 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제와 그래프 작성에서의 사례

통계 윤리 문제	그래프 작성에서의 사례
주관적인 분석 방법 채택	자신이 선호하는 그래프를 선택하는 경우
자료에 대한 정보 왜곡	자료의 유형, 수집 방법, 특성 등을 드러내지 않는 경우
시각적 착시현상 유도	분포에 대한 잘못된 해석을 유도하는 경우

통계적 문제해결에서 자료 분석 단계는 자료를 정리하여 분포를 구성하고, 그 분포를 수치적 정보나 시각적 정보로 표현한 뒤, 수학적 모델링의 힘을 빌어 분석의 타당성을 과학적으로 검증하는 일련의 과정이다. 이 과정에서 사용되는 그래프⁴⁾는 자료를 정리하여 얻은 분포를 작성자의 목적에 따라 시각적으로 나타내는 도표를 의미한다(탁병주, 2018). 통계량 역시 분포를 표현하는 또 하나의 수단으로서 수치 형태로 나타나는 만큼 수학적으로 다루기에 용이하지만, 그래프는 비전문자들에게도 접근성이 높아 신문이나 뉴스, 잡지 등 언론 매체에서 자주 다루고 있으며 일상에서 통계 정보의 생산과 소비를 매개하는 유용한 도구로 사용된다.

Tufte(2001)는 그래프를 작성할 때 유의해야 할 지침으로서 (1) 자료를 보여주어야 하고, (2) 보는 사람이 그래프의 본질에 관하여 생각하도록 해야 하며, (3) 자료가 말하려는 것을 왜곡하지 않도록 해야 한다고 주장한 바 있다. 이는 통계 정보를 생산하고 소비하는 과정에서 그래프가 다양한 왜곡과 통계적 비윤리의 문제에 노출되어 있음을 시사한다. 따라서 초등학교 통계교육 내용의 대부분을 차지하는 그래프를 지도하는 과정에서 자료 분석 단계에서 발생할 수 있는 통계 윤리 문제를 함께 다룰 수 있게 된다면, 통계적 소양을 함양할 수 있는 통계적 문제해결 교육의 실천이 가능할 것으로 기대된다.

이 장에서는 본 연구의 이론적 배경으로서 통계적 소양 교육과 통계 윤리에 대해 확인하였다. 요약하자면, 통계 정보의 생산자들이 그래프를 작성하는 과정에서 발생할 수 있는 다양한 오류에 의해, 통계 정보의 소비자들은 잘못된 해석을 바탕으로 합리적이지 않은 의사결정을 내림으로써 통계를 오용(誤用)하게 된다. 통계가 합리적이고 건전한 정보 생태계를 유지하고 발전하는 데 기여하기 위해서는 비판적인 소비자로서의 역량과 윤리적인 생산자로서의 역량, 즉 통계적 소양이 요구되는데 이는 통계 정보를 직접 생산하고 그래프를 작성해보는 통계적 문제해결 경험을 통해 함양할 수 있다고 알려져 있다.

일상에서 통계 정보를 이용한 생산자와 소비자의 의사소통을 매개하는 가장 일반적인 도구는 그래프이다. 이 때문에 통계적 소양 교육을 강조하는 여러 연구자들은 학생들이

4) 학교수학에서 그래프라는 용어는 통계 그래프 외에도 함수 영역에서 두 변수의 공변 관계를 시각화하는 그래프, 그리고 이산수학에서 이산적 대상을 추상화하여 표현하는 그래프 등 다양한 영역에 걸쳐 사용된다. 본 연구에서는 통계 그래프에 대한 논의만을 포함하고 있으나, 본고에서는 모두 편의상 ‘그래프’로 표기한다.

그래프에서 나타나는 다양한 오류들을 비판적으로 평가할 수 있는지, 그리고 학교 통계교육을 통해 이러한 능력을 신장할 수 있는지에 대해 관심을 기울여 왔다(예를 들어, Gal, 2002; Watson, 2006/2013). 즉, 통계적 문제해결 과정 중 결과 해석 단계에서 통계 정보의 소비자가 갖추어야 하는 비판적인 시각에 주목해 온 것이다. 그러나 학교 통계교육에서는 그래프의 오류를 유형화하여 다루고 있지 않기 때문에, 이러한 비판적 시각이 통계 정보 생산자가 갖추어야 하는 윤리 의식의 함양으로까지 이어지는 데 한계가 있었던 것으로 보인다. 이에 본 연구에서는 그래프를 작성할 때 발생할 수 있는 여러 가지 오류들을 분석하고 유형화함으로써, 통계적 문제해결 과정 속에서 그래프를 작성할 때 발생할 수 있는 윤리 문제를 지도할 수 있는 방안을 모색한다.

III. 그래프의 구성 요소 및 오류 유형 분석

1. 그래프의 교수학적 의의

통계에서 사용되는 그래프는 “단순한 시각적인 형태를 이용하여 자료에 내포된 관계의 경향성을 비형식적으로 드러냄으로써 자료의 전반적인 특징을 한눈에 알아보기 쉽게 해주는 도구”이다(우정호, 2017, p. 346). 즉, 통계 그래프는 함수 그래프와 달리 비전문가와의 의사소통을 염두에 둔 시각적 직관성과 비형식성을 인정하기 때문에 그 형태가 정형화되어 있지 않다. 작성자의 독창성을 유연하게 인정하는 그래프의 비정형성은 실제로 학교 현장에서 그래프를 지도하는 데 어려움을 느끼게 하는 요인이 될 수 있다.

함수 그래프의 경우 구성 요소가 시각적으로 명확한 형태를 갖추고 있다. 일변수함수를 예로 들면, 가로형 수직선 형태의 x 축이 있고 세로형 수직선 형태의 y 축이 있으며, 두 축의 교차점은 반드시 원점이어야 한다. 그러나 통계 그래프를 함수 그래프처럼 그리게 되면 일반인의 입장에서는 이상하고 보기에 불편하여 통계적 의사소통에 적절하지 않다(이영하, 2014, p. 52). 하지만 반대로 이와 같은 그래프의 유연성이 가르치는 교사의 입장에서는 지도하기 어렵게 만들곤 한다. Watson(2006/2013)에 따르면 그래프의 이러한 넓은 범위의 변이로 인해 많은 교사들은 이를 전부 가르치는 데 시간이 모자란다는 점에서, 혹은 형식적으로 주된 그래프 형태만을 지도하고자 한다는 점에서 좌절을 느끼게 된다(p. 72).

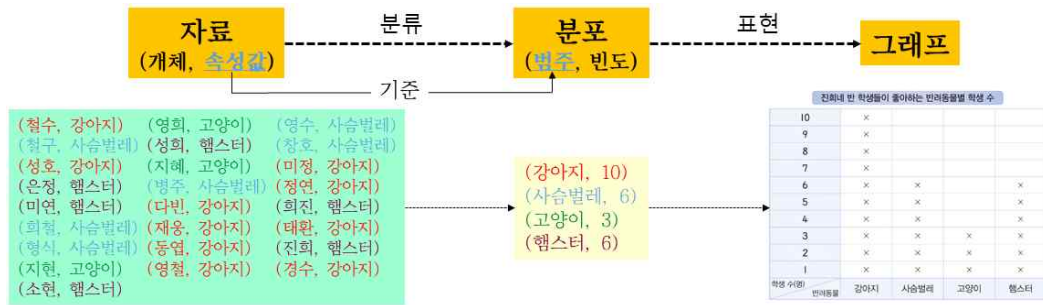
그래프는 “어떠한 표현 목적으로 가지고 그 표현하려는 바가 잘 드러나도록 간결하게 만든 시각적 도구”이다(이영하, 2014, p. 49). 표현의 합목적성만 갖춘다면 작성자가 시각적 효과를 독창적으로 선택할 수 있다는 것인데, 이는 반대로 그래프가 어떤 형태를 갖추든 어떤 목적으로 무엇을 표현하고자 하는지는 구조적으로 정형화되어 있음을 뜻한다. 이를 확인하기 위해서는 통계적 문제해결의 관점에서 그래프의 표현 목적을 확인할 필요가 있다.

가. 분포의 표현

통계적 문제해결 과정을 거쳐 문제를 설정하고 그에 적합한 자료를 수집하게 되면, 이때 관측된 자료는 ① 개체와 ② 속성값으로 구성되어 있다. 예를 들어, ‘진희네 반 학생들이 좋아하는 반려동물’을 조사하기 위해 진희를 만나 좋아하는 반려동물이 햄스터임을

확인했다면, 이렇게 수집한 자료는 (① 진희, ② 햄스터)라는 이원데이터의 형태를 지니게 된다. 이렇게 한 집단 내에서 수집한 자료집합은 속성값을 기준으로 분류되어 분포를 구성하게 된다. 즉, [그림 1]에서 ②가 햄스터인 자료가 자료집합 내에 6개가 있음을 확인하여 (③ 햄스터, ④ 6)이라는 형태의 분포가 구성되는 것이다. 분포는 “어떤 현상의 관심 범주들과 각 범주의 출현 빈도를 쌍으로 묶어 생각하려는 개념(이영하, 2014, P. 27)”을 뜻하며, 따라서 분포는 ③ 범주와 ④ 빈도라는 두 요소로 구성되어 있다.

수학에서는 한 집단 내에 존재하는 변이 속에서 불변의 속성을 탐구하는 반면, 통계학에서는 한 집단 내의 변이 자체에 주목한다. 통계학은 어떤 특성이 들쭉날쭉하여 하나로 설명하기 어려운 집단을 하나의 전체로 보고 그 집단의 속성이 지닌 대략적인 패턴을 파악하여 집단의 대체적인 경향을 설명하려 든다. 집단 전체의 경향성을 설명하기 위해 통계학에서 주목하는 것이 바로 변이성(variability)이며, 이 변이성을 관찰 가능한 형태로 개념화한 것이 분포(distribution)이다(Wild, 2006). 즉, 자료를 분류하여 분포를 구성하는 활동은 통계적 문제해결을 위해 집단의 특성을 패턴화하는 활동이며, 그래프는 이렇게 분류를 거쳐 구성된 분포를 시각적으로 표현하는 도구이다.⁵⁾ 자료, 분포, 그래프 사이의 관계는 [그림 1]과 같이 예시와 함께 설명할 수 있다.



[그림 1] 자료, 분포, 그래프의 관계(교육부, 2017, p. 116의 과제로부터 재구성)

나. 맥락의존적 의사소통

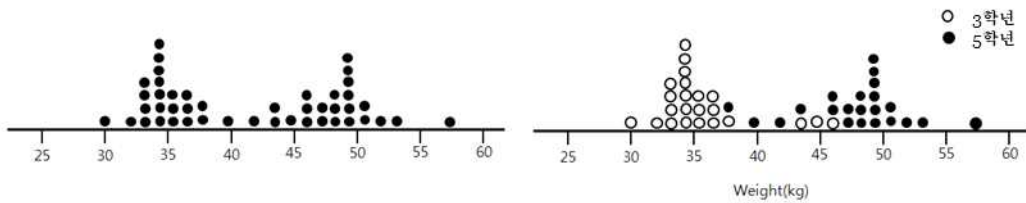
전술한 바와 같이 통계 정보를 생산하는 입장에서 그래프는 통계적 문제해결을 위해 집단의 특성을 탐구하기 위한 용도로 구성된 분포를 표현하기 위해 사용된다. 이때, 그래프는 시각적으로 표현된 분포를 누군가가 소비한다는 전제 하에 작성된다.

통계 정보의 소비자에게는 그래프를 가지고 결과를 해석할 때 통계적으로 사고할 수 있어야 하는데, 이때의 통계적 사고는 수학적 사고와 달리 자료기반적이고 비결정론적이며 맥락의존적인 특성을 지닌다(고은성, 2012). 자료기반적 사고는 통계에서 사용하는 자료집합이 대체로 모집단이 아니라 표본이기 때문에 요구되는 사고로서, 한정된 자료를 바탕으로

5) 초등학교 수학과 교육과정에서 등장하는 그래프 중 꺾은선그래프는 수치화된 연속형 자료를 다루고 있어 별도의 분류 과정 없이 자료 자체만으로 분포를 구성하는 경우가 존재한다. 예를 들어, 현행 4학년 2학기 수학 교과서에서 꺾은선그래프 관련 과제(교육부, 2018c, p. 111)로 제시된 ‘우리나라의 연도별 최고 기온’에 대한 자료는 (2016년, 39.6℃)와 같은 형태를 하고 있어 ① 개체가 곧 ③ 범주가 되며, ② 속성값이 ④ 빈도 대신에 자료의 변이성을 드러낸다. 막대그래프 역시 측정값과 같은 연속형 자료를 다룰 경우에 한해서 자료 자체가 분포를 이루기도 하나, 대체로 범주형 자료를 분류하여 다루는 데 사용되는 경향이 강하다.

로 작성된 그래프를 보고 귀납과 가추라는 개연추론에 의지하여 의사결정을 내릴 때 나타난다. 이때, 개연추론은 수학과 달리 확실성을 담보할 수 없기 때문에 그래프를 해석하여 내린 의사결정은 불확실성을 염두에 둔 비결정론적 사고로써 해석해야 한다. 게다가 의사결정에 이르기까지 이루어지는 그래프의 해석은 그래프가 드러내는 분포 외에도 통계적 문제해결을 둘러싼 맥락이 개입한다는 점에서 맥락의존적 사고 또한 요구된다.

그래프가 수학적 엄밀성과 정형성 대신 시각적 직관성과 비형식성을 받아들인 이유는 통계 정보를 매개로 한 의사소통의 기능을 더욱 중요시켰기 때문이다(탁병주, 2018, p. 229). 통계적 문제해결 과정에서 생성되는 통계 정보는 그 문제해결의 맥락에서 결코 자유롭지 못하다. [그림 1]에서 (진희, 햄스터)라는 자료는 그 자체로 의미를 지니지 못하며, ‘진희네 반 아이들은 어떤 반려동물을 좋아할까?’ 라는 문제 안에서 비로소 의미를 지니게 된다. [그림 2]에서도 오른쪽과 같이 점그래프에 맥락 정보가 포함됨으로써 분포가 나타내는 것은 물론 자료집합이 쌍봉분포를 이루는 이유 또한 해석이 가능해진다. Cobb & Moore(1997)에 따르면 수학에서 맥락은 구조를 가리는 반면, 통계에서 맥락은 의미를 부여한다(p. 803).



[그림 2] 맥락 정보가 없는 점그래프(왼쪽)와 맥락 정보가 있는 점그래프(오른쪽)

2. 그래프의 구성 요소 분석

그래프는 그 형태와 관계없이 언제나 통계적 문제해결을 위해 집단의 특성을 탐구하고자 집단 내의 변이성을 요약하여 분포로 표현하는 공통의 목적을 지니고 있다. 그리고 분포는 자료를 분류하는 과정에서 형성되는 범주, 빈도의 두 요소로 구성되어 있다. 따라서 그래프는 그 형태와 맥락에 관계없이 범주를 시각화한 요소, 그리고 빈도를 시각화한 요소로 구성되어 있음을 알 수 있다.

그래프는 분포를 표현하며 그 분포는 자료로부터 구성된다. 그리고 자료는 통계적 문제해결의 목적에 따라 맥락 속에서 수집된 것이다. 즉, 통계 정보 생산자에 의해 자료는 이미 맥락 정보를 담고 있으며, 통계 정보 소비자는 이러한 맥락 정보에 의존하여 자료로부터 구성된 분포, 그리고 그 분포를 표현하는 그래프를 해석해야 한다. 즉, 그래프를 매개로 생산자와 소비자가 통계적으로 의사소통하기 위해서는 통계적 문제해결 과정에 내재된 일련의 맥락 정보를 공유하고 있어야 하며, 이는 그래프에 반영되어 있어야 한다.

이를 종합하면, 그래프는 그 형태와 관계없이 범주, 빈도, 그리고 맥락을 나타내는 요소가 존재함을 알 수 있다. 대다수의 그래프는 분포를 이루는 범주와 빈도를 표현하기 위해 2차원의 형태를 채택하고 있으며, 맥락 정보는 별도로 표시하는 양식을 갖추고 있다.

가. 범주를 표현하는 요소

전술한 바와 같이 그래프가 표현하고자 하는 분포는 범주와 빈도로 구성되어 있다. 이중 범주는 자료의 변이성을 드러내는 요소로서 범주가 다양하고 범위가 넓을수록 자료의 변이성이 그만큼 크다는 것을 의미한다. 그래프에서 범주는 대개 아이콘(icon)을 통해서 드러나며, 이 아이콘은 그래프의 유형마다 다양한 시각적 이미지로 표현된다. 예를 들어, 그림그래프와 막대그래프에서는 각각 그림과 막대 하나가 곧 범주 하나에 대응된다. 비율그래프인 띠그래프와 원그래프는 하나의 띠와 원이 각각 하나의 자료집합을 의미하며, 따라서 이를 이루고 있는 범주는 각각 띠와 원의 일부분인 부분띠와 부채꼴로 표현된다.

나. 빈도를 표현하는 요소

범주가 자료의 변이성을 드러내는 요소라면, 빈도는 자료의 변이성을 설명하기 위한 요소이다. 그래프에서 빈도는 범주를 나타낸 아이콘의 양화가능한 속성에 투영하여 나타낸다. 즉, 수치적 대상인 빈도를 시각화하기 위해 크기, 위치 등 기하적 대상인 아이콘의 양화가능한 속성을 활용한다. 예를 들어, 막대그래프와 띠그래프는 각각 막대와 부분띠의 양화가능한 크기인 ‘길이’를 이용하여 빈도를 표현한다. 원그래프 역시 범주를 나타내는 부채꼴의 ‘넓이’로써 빈도를 표현한다.

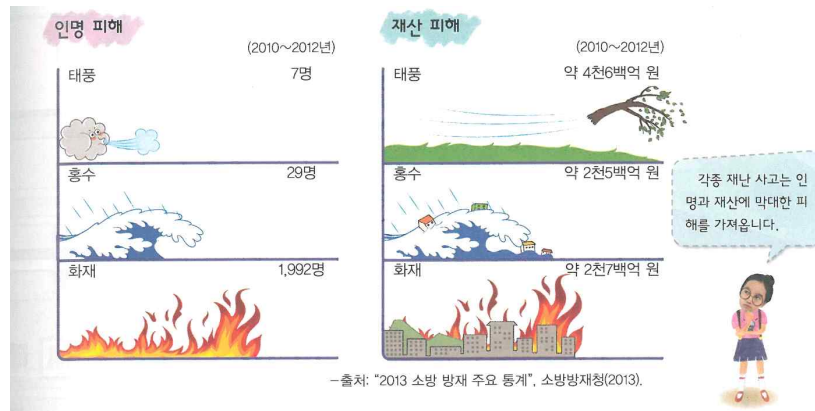
꺾은선그래프는 초등학교 수학과 교육과정에서 다루는 그래프 중 유일하게 연속형 범주를 주로 표현하는 그래프이다. 이는 꺾은선그래프의 가로축이 대개 시간인 경우가 많으며, 시간의 흐름에 따라 변량의 변화 상태를 표현하는 데 주로 사용되기 때문이다. 따라서 꺾은선그래프에서는 2차원 평면 위 점의 위치를 좌표로 나타낼 때 바로 (범주, 빈도), 즉 온전한 분포가 된다. 가로축을 x 축, 세로축을 y 축이라 할 때, 범주는 점의 x 좌표, 빈도는 점의 y 좌표로 표현된다.

다. 맥락을 드러내는 요소

그래프에서 맥락 정보를 담고 있는 대표적인 요소는 제목이다. 제목은 일반적으로 아이콘만으로는 알 수 없는 통계적 문제해결의 맥락을 가장 분명하게 드러내주는 요소이다. 대개 그래프의 제목만으로도 어떠한 문제 설정 단계를 거쳤는지를 알 수 있어, 통계 정보의 소비자가 결과를 해석할 때 통계 정보 생산자가 의도한 바를 온전히 이해하는 데 도움이 된다.

자료 수집 단계에서 어떤 자료를 관측했는지는 범주의 이름으로 확인할 수 있다. [그림 1]에서 확인할 수 있듯이, 범주명은 수집된 자료의 속성값을 관측함으로써 도출된다. 만약 수집된 자료가 수치형 자료여서 범주명 또한 숫자로 표현될 경우에는, 그 숫자를 해석하기 위해 제시되는 단위가 맥락 정보를 확인하는 데 매우 유용하다. [그림 2]에서 확인할 수 있듯, 무게 단위를 나타내는 kg이 존재함으로써 왼쪽에 비해 오른쪽이 더욱 유의미한 결과 해석이 가능해지기 때문이다.

학교수학에서 다루는 정형화된 그래프에서는 아이콘에 맥락 정보가 담겨 있지 않다. 그러나 그림그래프는 범주를 표현하는 그림에 맥락 정보를 담아 표현할 수 있는데, 이를 인포그래픽(Infographics)이라 한다. 실제로 수학 외 교과에서는 [그림 3]과 같이 아이콘에 범주에 대한 정보를 담은 그래프가 다수 제시되고 있다(이형근 외, 2019, p. 134).



[그림 3] 아이콘에 맥락 정보를 담은 그림그래프 사례
(최예종 외, 2015, p. 31)

요컨대, 그래프는 그 형태가 비록 정형화되어 있지 않지만 집단의 특성을 드러내기 위해 자료집합을 분류하여 분포를 구성하고 이를 표현하기 위한 공통의 목적으로 작성되며, 이렇게 작성된 그래프를 바탕으로 의사소통을 하는 사람들은 통계적 문제해결의 맥락에 비추어 결과를 해석한다. 따라서 모든 그래프에는 범주를 표현하는 요소, 빈도를 표현하는 요소, 그리고 맥락을 드러내는 요소가 반드시 포함되어 있으며, 이와 같은 그래프의 구성 요소는 그래프 작성 과정에서 나타나는 다양한 유형의 오류를 일목요연하여 구조화할 수 있을 것으로 기대된다. 초등학교 수학과 교육과정에서 다루어지는 각 유형별 그래프의 구성 요소는 <표 2>와 같이 정리할 수 있다.

<표 2> 그래프의 유형별 구성 요소

구성 요소 그래프	자료집합	범주	빈도	맥락
막대그래프	그래프 전체	막대	막대의 길이	제목, 범주명, 단위, 자료 출처 등
꺾은선그래프	선	점의 x 좌표	점의 y 좌표	
띠그래프	띠	부분띠	부분띠의 길이	
원그래프	원	부채꼴	부채꼴의 넓이	
그림그래프	그래프 전체	그림(위치)	그림(단위)	

3. 그래프의 오류 유형 분석

자료를 정리하고 요약하여 그래프로 나타내는 과정에서 때로는 생산자의 의도에 따라, 때로는 무의식적으로 소비자의 잘못된 해석을 유도하는 왜곡이 일어날 수 있다. 이 때문에 통계 연구자들은 그래프 작성시 유의사항을 제시하였다. 예를 들어, Moore & Notz(2017/2018)는 그래프를 올바르게 그리는 방법으로 (1) 분류 표시와 범례를 확실히 표시하기, (2) 자료를 명확하게 나타내기, 그리고 (3) 시각적 효과에 주의하기를 꼽았다(p. 181). 우리나라 통계청 산하 기관인 통계교육원에서는 이를 더 세분화하여 그래프 작성시

유의사항을 총 8가지로 정리하여 제시한 바 있다(조성겸, 2010). 그러나 어느 쪽이든 지침의 병렬적인 나열 형태로 제시되어 있어 학교수학에서 체계적으로 다루기에는 어려움이 있어 보인다. 따라서 전문한 그래프의 구성 요소를 중심으로 오류 유형을 정리하여 구조화하면, 초등학교 통계교육에서 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제를 조금 더 체계적으로 드러낼 수 있을 것으로 기대된다.

가. 범주 표현에서의 오류 유형

그래프에서 범주는 아이콘을 통해 드러난다. 따라서 자료의 유형에 맞지 않는 아이콘을 선택하거나 아이콘 간의 비교가 어렵게 그려질 경우, 범주를 표현하는 과정에서 그래프에 오류가 발생하게 된다. 범주 표현에서 발생하는 그래프의 오류 유형은 다음과 같이 정리할 수 있다.

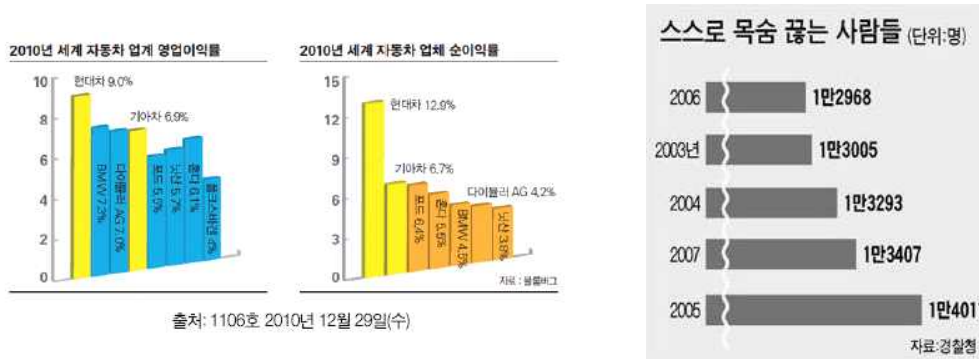
첫째, 자료의 유형에 맞지 않는 그래프를 사용하는 경우가 있다. 막대그래프는 성별, 직업과 같은 질적 변수⁶⁾ 자료의 분포를 나타내는 데 적합하며, 꺾은선그래프는 주로 시간에 따른 양적 변수 자료의 변화를 나타내는 데 사용된다(Moore & Notz, 2017/2018, p. 183). 띠그래프와 원그래프도 막대그래프와 마찬가지로 질적 변수 자료의 분포를 나타내는 데 사용되지만, 막대그래프가 범주 간 빈도의 대소 비교를 위해 사용된다면 띠그래프와 원그래프는 전체 자료집합에서 각 범주가 차지하는 비율을 나타내는 데 사용된다. 자료의 유형은 분류를 통해 분포를 구성할 때 범주에서 드러나기 때문에, 자료의 유형에 맞는 그래프를 선택하기 위해서는 먼저 범주가 의미하는 바를 확인해야 한다.

둘째, 범주 혹은 자료집합을 비교하는 상황에서 아이콘의 형태와 위치, 축척이 다르게 표현되는 경우가 있다. 막대그래프의 경우, [그림 4]의 왼쪽과 같이 막대의 위치가 수평을 이루지 않는다면 막대의 길이를 비교하기가 어렵다(조성겸, 2010, p. 151). 또한, 띠그래프와 원그래프를 비율그래프로 사용할 경우에는 비교 대상인 자료집합에 대응되는 띠나 원의 크기가 반드시 일정하게 나타나야 한다. 이러한 사례는 [그림 4]의 왼쪽처럼 그래프에 3차원 입체 효과를 부여하면서 나타나는데, 이는 그래프에서 표현하는 분포에 대한 해석을 오도할 수 있어 오류로 분류될 수 있다. [그림 3]의 경우도, 범주별로 그림이 달라 빈도를 나타내는 길이 외에 높이와 같은 다른 요소로 인해 아이콘의 크기를 왜곡하는 경우가 존재하기 때문에 올바른 그래프라 보기 어렵다.

셋째, 아이콘 간의 간격이 일정하지 않거나 순서를 왜곡하는 경우가 있다. 이는 주로 범주가 양적 변수에 해당하는 꺾은선그래프에서 주로 나타난다. 꺾은선그래프는 점과 점 사이를 선으로 연결하여 그 선의 기울기로써 추이, 변화와 같은 범주 간의 관계를 분석하는데 사용되기 때문에, x 축 눈금이 균등하지 않으면 변화율을 잘못 해석하는 경우가 발생한다. 막대그래프와 그림그래프도 범주가 연, 월과 같은 시간일 경우가 있는데, [그림 4]의 오른쪽⁷⁾과 같이 순서를 바꾸어 제시함으로써 시간에 따른 변화 해석을 오도하는 경우가 존재한다.

6) 통계학에서는 주로 범주형 변수(categorical variable)라는 표현을 사용하지만, 본고에서는 분포의 구성 요소인 범주와의 혼동을 피하기 위해 ‘질적 변수’로 표현한다. 자료의 속성값은 질적 변수이든 양적 변수이든 모두 분류를 통해 분포의 범주로 구성된다.

7) 출처: <https://news.joins.com/article/3291373>

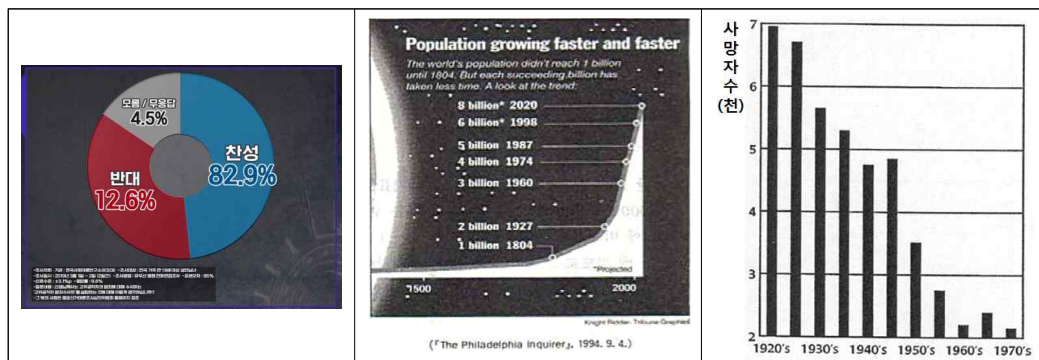


[그림 4] 범주 표현에서 오류가 발생한 그래프 사례(축의 불균등)

나. 빈도 표현에서의 오류 유형

그래프에서 빈도는 아이콘의 크기나 위치에서 드러난다. 따라서 아이콘 간의 크기를 비교하기 어렵게 하는 시각적 효과나 축의 설정이 빈도를 표현하는 과정에서 그래프에 오류가 발생하도록 만들곤 한다. 빈도 표현에서 발생하는 그래프의 오류 유형은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 빈도를 표현하는 아이콘의 크기가 실제 빈도를 나타내는 수치와 비례하지 않는 경우가 있다. 이는 [그림 5]와 같이 그래프의 거의 모든 유형에서 나타날 수 있는 전형적인 오류에 해당한다. 범주를 나타내는 아이콘의 닳음비가 실제 빈도간 비율과 일치하지 않게 되면, 시각적으로 텍스트보다 이미지를 먼저 받아들이는 통계 정보의 소비자들은 범주 간 빈도의 차이를 잘못 해석하는 일이 발생하게 된다. 특히, 막대그래프와 꺾은선그래프는 빈도를 나타내는 축의 눈금 간격이 균등하지 않거나, 0에서 시작하지 않는 경우(WCER, 2003/2004, p. 31)가 이에 해당한다.



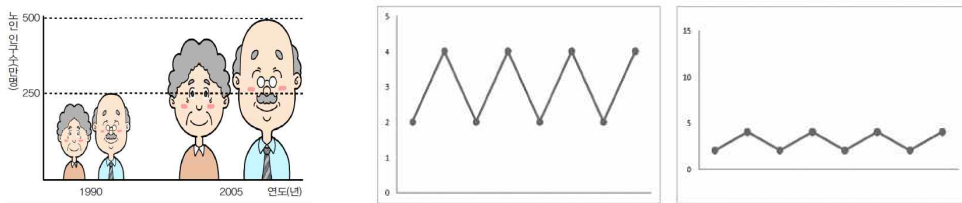
[그림 5] 빈도 표현에서 오류가 발생한 그래프 사례(아이콘 크기와 빈도의 불비례)

둘째, 빈도를 표현하는 아이콘의 속성으로 1차원이 아닌 넓이, 부피를 사용하는 경우가

8) 원그래프 출처: <https://www.nocutnews.co.kr/news/5125487>

있다. 그림그래프에서 그림은 대개 평면 위에 2차원의 형태로 그려지는데, 만약 두 범주의 빈도간 비율이 1:2라 하여 그림의 닳음비를 [그림 6]의 왼쪽과 같이 1:2로 작성하게 되면 실제 넓이비는 1:4가 된다(이경화 외, 2020, p. 60). 그러나 넓이비를 1:2로 하여 그림을 그린다 하더라도 실제 빈도간 비율 1:2가 직관적으로 전달되지는 않기 때문에 막대그래프에서는 막대의 너비를 고정하고 닳음비와 넓이비를 일치시켜 작성한다. 띠그래프에서는 띠의 폭을 고정함으로써, 원그래프에서는 원의 반지름을 고정함으로써 아이콘의 닳음비와 넓이비를 일치시킨다. 만약 그래프에 3차원 효과를 부여하면 빈도를 해석하는 데 시각적으로 더욱 큰 혼란을 부여하기 때문에 피해야 한다고 알려져 있다(Moore & Notz, 2017/2018, p. 181).

셋째, 축의 비율이 적절하지 않은 경우가 있다. 축 눈금의 범위를 어떻게 설정하느냐에 따라 [그림 6]의 오른쪽과 같이 동일한 자료로 작성한 그래프임에도 범주 간 변이가 통계 정보 소비자들에게 크게 느껴질 수도 있고 작게 느껴질 수도 있다. 이 때문에 조성겸(2010)은 축의 비율을 설정하는 원칙으로 변수의 범위를 표현할 수 있도록 할 것, 그리고 변화의 기울기는 45도 정도로 할 것을 권장한 바 있다(p. 121). 꺾은선그래프의 경우 범주 간 변이를 드러내기 위해 세로축이 0에서 시작하지 않는 경우가 존재하지만, 초등학교 수준에서는 되도록 물결선을 사용하여 점이 위치하는 높이가 빈도에 비례하지 않음을 미리 알려주는 것이 바람직하다.



[그림 6] 빈도 표현에서 오류가 발생한 그래프 사례(착시 유도)

다. 맥락 제시에서의 오류 유형

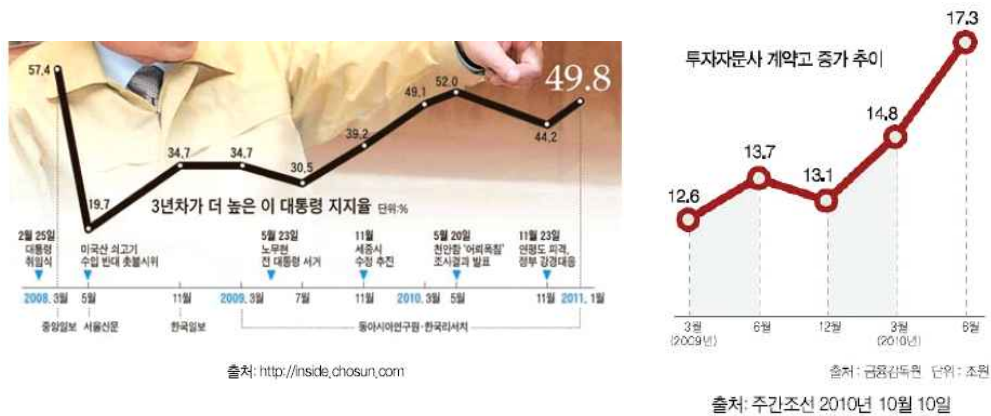
그래프에서 맥락은 제목, 범주명, 단위, 자료 출처와 같은 텍스트를 통해 드러난다. 이러한 요소들이 누락되거나 잘못될 경우에는 그래프를 해석하기 어렵게 만들거나 잘못된 해석을 야기할 수 있다. 맥락 제시에서 발생하는 그래프의 오류 유형은 다음과 같이 정리할 수 있다.

첫째, 제목과 범주명, 단위와 같은 맥락 정보가 [그림 7]과 같이 눈에 잘 띄지 않는 경우가 있다(조성겸, 2010, pp 150-152). 제목은 그래프가 어떠한 통계적 문제해결 과정 속에서 작성되었는지를 드러내는 요소로서 가장 먼저 확인해야 하는 대상이다. 따라서 제목은 되도록 맨 위에 제시되어야 한다. 또한, 빈도의 단위는 제목 옆이나 축 상단 등 눈에 잘 띄는 곳이 기입해야 한다. 그림그래프의 경우는 간혹 범주에 대한 정보를 그림에 반영하고 범주명을 기재하지 않는 경우가 있는데, 통계 정보의 명확한 전달을 위해서는 되도록 범주명을 텍스트로 표기하는 것이 바람직하다.

둘째, 제목이 적절하지 않은 경우가 있다. 그래프의 제목에는 자료집합, 범주와 빈도의 맥락적 의미가 포함되어 있어야 한다. 표본조사의 경우 제목에 자료집합 대신 목표모집단

이 포함되기도 하는데, 이는 그래프를 작성하기 위해 수집된 표본이 모집단을 대표할 수 있는지에 대한 신중한 판단이 필요하다. 경우에 따라서는 제목에 그래프에 대한 해석이 포함되는 경우도 있는데, 이 역시 해석 내용의 타당성에 대한 신중한 검토가 선행되어야 한다.

셋째, 자료의 출처가 누락된 경우가 있다. 그래프는 통계적 문제해결 과정 중 자료 분석 단계에서 작성되지만, 통계 정보의 소비자가 결과를 해석하기 위해서는 문제 설정, 자료 수집 단계에 대한 정보가 그래프에 담겨 있어야 한다. 특히, 수집된 자료의 출처가 분명하지 않으면 그래프를 신뢰할 수 있는지에 대해 판단할 근거가 없기 때문에 윤리적 관점에서 자료의 출처 표기는 매우 중요하다.



[그림 7] 맥락 제시에서 오류가 발생한 그래프 사례(제목과 단위의 위치)

지금까지 그래프를 작성하는 목적에 비추어 그래프의 구성 요소를 도출하였고, 이를 기준으로 각 구성 요소별로 발생할 수 있는 오류들을 유형화하여 정리하였다. 요컨대, 그래프는 집단의 특성을 경향으로서 파악하기 위해 자료를 정리하여 구성한 분포를 표현하기 위한 도구이며 분포는 ‘범주’와 ‘빈도’로 구성되어 있다. 또한, 그래프는 통계적 소양의 관점에서 보았을 때 통계 정보의 생산자와 소비자가 통계적 문제해결의 ‘맥락’을 공유한 채로 의사소통을 하기 위한 매개 도구이기도 하다. 따라서 그래프에는 그 형태와 관계없이 범주, 빈도, 맥락을 나타내는 요소가 존재하며, 각각의 요소를 시각화하는 과정에서 생산자가 저지르는 어떠한 오류에 의해 소비자는 잘못된 해석을 바탕으로 부적절한 의사결정을 내릴 수 있다. 구체적으로 각 오류 유형에 따라 어떠한 통계 윤리 문제가 발생할 수 있는지에 대해서는 <표 3>에서 정리하였다.

그동안 여러 연구자들에 의해 그래프를 작성할 때의 원칙은 나열되어 왔지만, 각각의 원칙이 그래프의 어떠한 오류와 관련이 있는지, 그 오류가 통계적으로 어떤 의미를 지니고 있는지에 대한 논의는 통계교육 연구에서 상대적으로 부족했던 것으로 보인다. 본 연구에서는 그래프의 오류 유형을 범주, 빈도, 맥락의 관점에서 재구조화함으로써 초등학교 통계교육의 내용 요소로서 다루어질 수 있는 교수학적 변환의 토대를 마련했다는 데 의의를 지닌다고 할 수 있다. 이를 위해서는 우리나라 초등학교 수학과 교육과정에서 그래프 오류와 관련된 내용이 어떻게 지도되고 있는지를 함께 분석할 필요가 있다.

<표 3> 그래프의 오류 유형별 사례와 자료 분석 단계에서의 통계 윤리 문제

유형	사례	통계 윤리 문제
범주 표현 오류	자료의 유형에 맞지 않는 그래프 선택	주관적인 분석 방법 채택
	아이콘의 형태, 위치, 축적 불균등	시각적 착시현상 유도
	아이콘의 간격 불균등 및 순서 왜곡	시각적 착시현상 유도
빈도 표현 오류	아이콘 크기와 빈도의 불비례	시각적 착시현상 유도
	아이콘의 넓이, 부피를 이용한 착시 유도	시각적 착시현상 유도
	부적절한 축의 비율 선택	시각적 착시현상 유도
맥락 제시 오류	제목, 범주명, 단위의 위치	자료에 대한 정보 왜곡
	부적절한 제목 사용	자료에 대한 정보 왜곡
	자료 출처 누락	자료에 대한 정보 왜곡

IV. 우리나라 초등학교 수학과 교육과정에서의 그래프 작성 지도 분석

1. 초등학교 1~2학년군

2015 개정 초등학교 수학과 교육과정의 자료와 가능성 영역에서 그래프가 가장 먼저 등장하는 시기는 교과서 기준으로 2학년 2학기이다. 이 단원에서는 분류하기를 통해 구성된 분포를 표현하기 위한 도구로서 표와 그래프를 학습한다. 그래프를 직접 그려보는 차시는 [그림 8]과 같이 구성되어 있다.

이 단원에서 다루는 그래프는 막대그래프의 초보적인 형태라 할 수 있다. 다만, 교육과정 성취기준으로 “분류한 자료를 ○, ×, / 등을 이용하여 그래프로 나타내고, 그래프로 나타내면 편리한 점을 말할 수 있다(교육부, 2015, p. 14)” 를 명시함으로써, 범주를 나타내는 아이콘을 막대 대신 이산적인 기호로 지정해주었다. 초등학교 1~2학년군에서는 빈도를 나타내는 요소가 길이, 넓이와 같은 연속량이 아니라 아이콘의 개수, 즉 이산량이기 때문에 빈도와 아이콘의 크기가 비례하지 않는 사례는 거의 발생하지 않는 형태의 그래프를 다루고 있다고 볼 수 있다.

그래프의 틀이 고정되면서 제목, 단위와 같은 맥락 제시 요소 또한 정형화되는데, 이는 후술할 초등학교 3~4학년군까지 그대로 유지된다. 현행 수학 교과서에서는 제목의 위치는 항상 그래프 상단으로 고정되어 있고, 빈도의 단위 위치 역시 축의 하단에 고정적으로 제시하고 있어 제목과 단위의 위치를 정형화하여 그래프 작성을 지도하고 있다. 제목의 형태 역시 [그림 8]과 같이 ‘준기네 반 학생들이 좋아하는 간식별 학생 수’ 와 같이 자료집합(준기네 반 학생), 범주(좋아하는 간식), 빈도(학생 수)의 세 요소로 정형화되어 있다. 실제로 일상에서 사용하는 그래프의 맥락 제시 형태는 작성자에 의해 유연하게 변형되지만, 초등학교 수준에서는 이를 고정하여 지도의 편의성을 확보하고자 하는 것으로 보인다.

그림그래프는 일반적으로 지도(地圖)와 같이 공간 내 위치가 범주를 표현하는 요소로 기능하여, 이 위치에 단위를 그려넣음으로써 빈도를 표현하는 형태를 지닌다. 즉, 그림그래프는 범주와 빈도를 표현하는 요소가 모두 그림으로 드러나는 게 일반적인데, 이 단원에서 다루는 그림그래프는 2학년 2학기에서 다룬 그래프와 동일한 틀로 범주를 표현하고 있다. 3~4학년군에서 처음 학습하는 종류의 그래프인 만큼, 다양한 변인들이 이미지로 혼재되어 있는 일반적인 형태의 그림그래프를 이해하기에는 다소 어려운 시기로 판단한 것으로 보인다.

[그림 9]에서는 빈도를 표현하는 요소인 단위그림을 두 개 제시하고 있다. 그러나 교과서 단원 내 다른 과제에서는 세 개를 제시하기도 하며, 그 이후에는 학생들이 자유롭게 단위의 개수를 설정하여 그림그래프를 그리는 활동이 제시되어 있다. 그러나 그림그래프의 단위를 설정하는 방식에 대해 명확한 설명이 주어져 있지 않아, 어떤 것을 기준으로 선정해야 하는지, 여러 개를 선정하는 근거는 무엇인지에 대한 내용이 없어 오히려 표보다 훨씬 분포를 이해하기 어려운 복잡한 그래프를 그리게 될 우려가 있다.

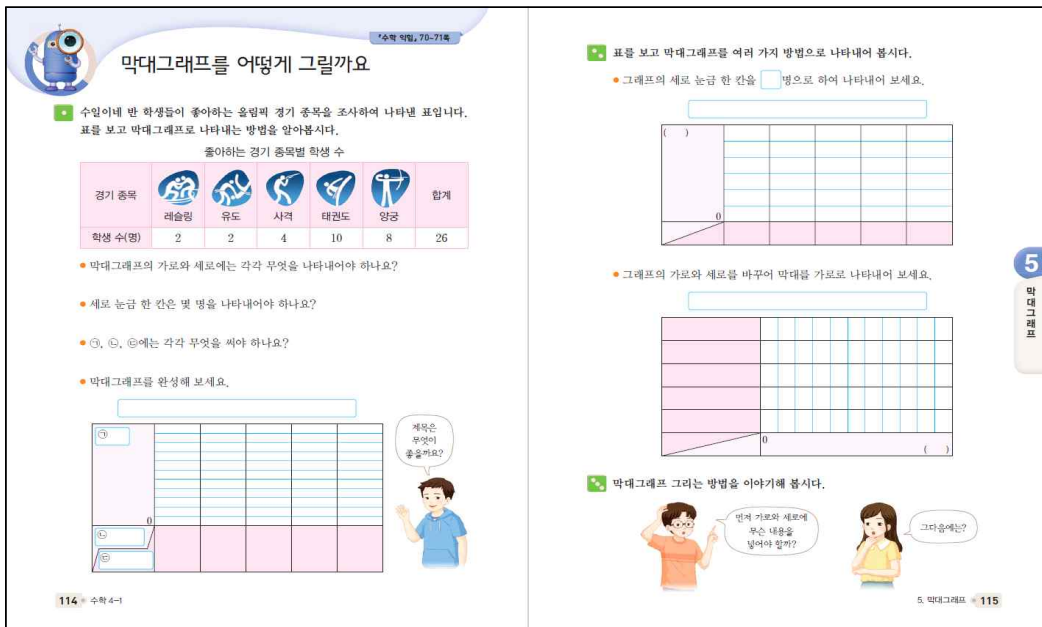
이 단원에서 다루는 그림그래프의 가장 큰 문제는 2학년 2학기에서 다룬 그래프, 4학년 1학기에서 다룬 막대그래프와 동일한 틀을 사용하여 빈도의 해석을 오히려 방해한다는 점이다. 전자는 아이콘의 개수로, 후자는 막대의 길이로 빈도를 표현하여 시각적으로 직관적인 대소 비교가 가능한 반면, 이 단원의 그림그래프에서는 10명을 나타내는 ◎, 1명을 나타내는 ○ 단위를 한 줄로 나열함으로써 개수와 길이로 빈도를 표현하지 않는다. 실제로 그림그래프는 빈도보다는 범주와 맥락을 시각화하는 데 초점을 두는 그래프이기 때문에 일반적으로 빈도는 아이콘과 함께 숫자도 기재하여 표현한다. 그러나 이 단원에서의 그림그래프는 범주와 맥락을 고정된 틀로 표현하기 때문에 빈도를 숫자로 표현하면 표와 동일한 형태가 된다. 그림그래프의 대표적 특징인 범주와 맥락의 시각화를 드러내지 못하면서, 빈도를 표현하는 데 숫자를 사용하지 못하여 분포를 인식하는 데 오히려 장애가 되는 지금과 같은 형태로 그림그래프를 지도하는 것은 오히려 그래프의 작성과 해석 과정에서 빈도를 표현하는 요소와 관련한 다양한 오류를 유발할 가능성도 있어 보인다.

나. 막대그래프

막대그래프는 4학년 1학기에서 다루어지지만, 범주형 자료의 분포를 표현하는 데 가장 직관적이고 보편적이기 때문에 사회과 등 다른 교과에서는 이미 3학년에서부터 사용되고 있다(이형근 외, 2019). 막대그래프를 직접 그려보는 차시는 [그림 10]과 같이 구성되어 있다.

막대그래프에서 범주를 표현하는 요소는 막대이며, 막대의 길이로 빈도를 표현한다. 그러나 만약 길이 이외의 다른 속성이 일치하지 않으면 특정 막대를 강조하는 효과 등으로 인해 범주 간의 비교가 어려워질 수 있다. 또한 막대의 모양이 직사각형이 아닐 경우에는 길이 속성이 분명하게 드러나지 않기 때문에 이 역시 범주 비교 과정에서 해석의 오류를 야기할 수 있다. 이 때문에 이 단원에서는 [그림 10]과 같이 수직을 이루는 두 개의 축이 포함된 틀을 사전에 제시하여 막대를 균일하게 그릴 수 있는 환경을 제공하였다. 다만, 막대의 너비와 색을 동일하게 그려야 한다는 별도의 설명과 안내가 없기 때문에, 막대그래프를 그릴 때 범주를 표현하는 요소에서 오류가 발생할 가능성이 열려 있다.

또한, 이 단원에서는 [그림 10]과 같이 축의 눈금과 격자까지 사전에 제시하고 있다. 이 눈금과 격자는 학생들이 막대의 길이를 빈도에 비례하게 그리도록 안내하는 역할을 한다.



[그림 10] ‘막대그래프’ 단원에서의 그래프 작성 지도 차시(교육부, 2018b, pp. 114-115)

특히, 눈금 한 칸의 크기를 직접 설정하도록 하고 있는데, 이는 빈도의 범위를 고려하여 축의 비율을 설정해야 한다는 점을 지도하기 위한 것으로 보인다. 다만, 두 자료집합을 비교하는 맥락에서 각 그래프의 눈금 크기가 달라질 경우에 발생할 수 있는 오류는 고려하지 않은 것으로 보인다.

[그림 10]에서 확인할 수 있듯이, 이 단원에서부터는 그래프 작성 차시에서 그래프의 제목과 범주명, 척도, 단위를 직접 기입하도록 과제가 구성되어 있다. 이전 학년과 마찬가지로 각 맥락 정보의 위치는 고정된 틀 내에서 지정되어 있었으나, 가로형 막대그래프와 세로형 막대그래프를 모두 도입하여 축을 기준으로 변화가 가능함을 경험케 하고 있었다. 또한, 자료의 출처가 명시된 표가 처음으로 등장하지만 그래프 작성 과정에서 맥락을 제시하는 요소로서 구체적인 지도 내용으로 인식하고 있지는 않은 것으로 보인다.

다. 꺾은선그래프

꺾은선그래프는 4학년 2학기에서 다루어지며, 초등학교 수학과 교육과정에서는 유일하게 연속형 자료를 그래프로 표현하는 단원이다. 꺾은선그래프를 직접 그려보는 차시는 [그림 11]과 같이 구성되어 있다.

꺾은선그래프는 범주명이 명목척도가 아니라 서열척도이며 대체로 연, 월, 일 등 시간을 나타내는 변수이기 때문에 점뿐만 아니라 점의 위치, 즉 x 좌표가 매우 중요하다. 게다가 각 범주 간의 대소 비교뿐만 아니라 그 사이의 변화율까지도 확인하는 것이 주된 용도이기 때문에, 인접한 두 점을 선분으로 연결하여 나타낸다. 각 범주에 대응하는 값⁹⁾이 일정

9) 각주 5에서 전술한 바와 같이 꺾은선그래프에서 다루는 자료들은 분류 과정을 거치지 않고 (개체, 속성값)만으로도 분포를 이루는 경우가 존재하며 교과서에서도 이러한 사례가 다수 등장하기 때문에, 이 절에서는 ‘빈도’ 대신 빈도, 속성값을 모두 포함하는 의미를 담아 ‘값’으로 표현한다.

꺾은선그래프를 어떻게 그릴까요

어느 지역의 2월 최고 기온을 조사하여 나타낸 표를 보고 꺾은선그래프로 나타내는 방법을 알아봅시다.

날짜(일)	7	14	21	28
기온(°C)	8.8	1.6	2.4	6.4

- 꺾은선그래프의 가로와 세로에는 각각 무엇을 나타내어야 하나요?
- 세로 눈금 한 칸은 몇 °C를 나타내어야 하나요?
- ㉠, ㉡, ㉢에는 각각 무엇을 써야 하나요?
- 꺾은선그래프를 완성해 보세요.

어느 지역의 연도별 적설량을 조사하여 나타낸 표를 보고 꺾은선그래프로 나타내어 봅시다.

연도(년)	2013	2014	2015	2016	2017
적설량(mm)	15	19	31	23	22

- 꺾은선그래프의 가로와 세로에는 각각 무엇을 나타내어야 하나요?
- 물결선을 넣는다면 세로 눈금 한 칸은 몇 mm를 나타내어야 하나요?
- 물결선을 몇 mm와 몇 mm 사이에 넣으면 좋을까요?
- 꺾은선그래프로 나타내어 보세요.

꺾은선그래프 그리는 방법을 이야기해 봅시다.

[그림 11] ‘꺾은선그래프’ 단원에서의 그래프 작성 지도 차시(교육부, 2018c, pp. 104-105)

하더라도 두 점 사이의 간격에 따라 선분의 기울기가 가파를 수도 있고 완만할 수도 있기 때문에, 변화율에 대한 왜곡된 해석을 방지하려면 두 점 사이의 가로 간격은 반드시 일정하게 그려야 하며 두 점 사이를 잇는 선분은 일직선이어야 한다. 이 단원에서는 막대그래프와 동일하게 눈금과 격자가 있는 고정된 틀을 제시하여 점의 간격을 일정하게 그리도록 안내하고 있으나, 이를 명시적인 내용 지식으로서 다루고 있지는 않다. 또한, 점과 점 사이의 선분을 반듯하게 그려야 하는 것, 선분을 적당한 굵기로 일관되게 그려야 한다는 것은 교과서에서 다루고 있지 않다. 학생들이 자를 사용하지 않고 선분을 구부정하게 그릴 경우에는 변화율을 올바르게 해석할 수 없으며, 선분의 굵기가 균일하지 않으면 시각적으로 착시를 일으킬 가능성이 있다. 꺾은선그래프는 다른 그래프와 달리 범주가 서열척도이기 때문에 다른 그래프보다도 균일하게 표현해야 하는 요소들이 더 많다.

꺾은선그래프에서 값은 점의 y 좌표가 나타내는데, 이 역시 교과서에서는 눈금이 포함된 틀을 제시함으로써 점의 y 좌표가 값에 비례하도록 안내하고 있다. 또한, 교육과정 문서의 교수·학습 방법 및 유의사항으로 “꺾은선그래프를 그릴 때 변화의 경향이 잘 드러날 수 있도록 눈금의 크기를 적절히 선택하게 한다(교육부, 2015, p. 21)” 고 명시되어 있어, 꺾은선그래프를 작성할 때 눈금 한 칸의 크기를 직접 설정하는 과제가 포함되어 있다. 막대그래프에서도 눈금 한 칸의 크기를 설정하는 과제가 있지만, 꺾은선그래프에서만 이를 교육과정 문서에 명시한 이유는 꺾은선그래프가 표현하고자 하는 ‘변화의 경향’을 드러내기 위해서는 축의 비율을 적절히 조정해야 할 필요가 있기 때문이다. 그래서 이 단원에서는 처음으로 물결선이 도입된다. 그러나 물결선의 역할에 대한 내용을 교과서에서 명시적으로 다루지 않은 채로 제시하고 있어, 학생들이 그래프를 확인하여 직접 그 의미를 추측하게끔 하고 있다. 따라서 물결선을 사용하는 경우와 사용하지 않는 경우를 비교하는 맥락이 교과서에 포함된다면, 물결선의 필요성과 의미를 조금 더 분명하게 안내할 수 있을 것으로 기대된다.

이 단원 역시 막대그래프와 마찬가지로 그래프를 작성할 때 제목, 범주명, 척도, 단위를 직접 기입하도록 과제가 구성되어 있다. 특히, 막대그래프에서는 빈도의 단위로 ‘명’과 ‘개’만 등장하는 반면, 꺾은선그래프에서는 값의 단위로 일상의 다양한 측정 단위가 사용될 수 있기 때문에 단위 표현의 중요성이 더욱 크다. 꺾은선그래프로 표현하는 자료는 설문조사와 같이 초등학교 수준에서 직접적으로 자료 수집을 하기 어렵기 때문에 주로 기존에 수집된 2차 자료를 활용하는 경우가 많은데, 이때는 자료의 출처를 명시하는 것이 윤리적으로 매우 중요한 이슈이다. 그러나 이 단원에서는 자료의 출처 표시가 구체적인 지도 내용으로 다루어지지 않고 있다.

3. 초등학교 5~6학년군

가. 그림그래프

3~4학년군의 그림그래프가 아이콘을 그림으로 표현하는 데 주목했다면, 5~6학년군에서 다루어지는 그림그래프는 아이콘뿐만 아니라 아이콘을 그리는 공간과 배경 또한 그림으로 나타난다는 특징을 지니고 있다. 그림그래프를 직접 그려보는 차시는 [그림 12]와 같이 구성되어 있다.

*6학 영역, 62-63쪽

그림그래프로 나타내어 볼까요

1 숨기는 통계 활용 포스터를 만들기 위해 우리나라 권역별 초등학교 수를 조사하여 그림그래프로 나타냈습니다. 볼음에 대해 봅시다.

권역별 초등학교 수

100개
1000개

(출처: 초등학교 개원 국가 통계 포털, 2018)

- ▶ **1**과 **10**은 각각 몇 명을 나타내나요?
- ▶ 초등학교가 가장 많은 권역과 가장 적은 권역은 각각 어디인가요?
- ▶ 강원 권역의 초등학교 수는 제주 권역의 초등학교 수의 몇 배인가요?
- ▶ 그림그래프를 보고 더 알 수 있는 내용을 말해 보세요.
- ▶ 그림그래프로 나타내면 어떤 점이 좋은지 말해 보세요.

94 수학 6-1

5
여러 가지 그래프

2 우리나라 권역별 초등학교 수를 조사한 표입니다. 그림그래프로 나타내어 봅시다.

- ▶ 초등학교 수를 백의 자리까지 나타내려면 어떻게 해야 할까요?
- ▶ 위의 정한 방법으로 표를 완성해 보세요.

권역별 초등학교 수

권역	학교 수(개)	어림값(개)	권역	학교 수(개)	어림값(개)
서울·인천·경기	2113		강원	351	
대전·세종·충청	862		대구·부산·울산·경상	1623	
광주·전라	1002		제주	113	

(출처: 초등학교 개원 국가 통계 포털, 2018)

- ▶ 표를 보고 그림그래프로 나타내어 보세요. **준비물 5**

권역별 초등학교 수

1000개
100개

5. 여러 가지 그래프 95

[그림 12] ‘여러 가지 그래프’ 단원에서의 그림그래프 작성 지도 차시 (교육부, 2019, pp. 94-95)

1~2학년군과 3~4학년군에서 다룬 그래프들이 모두 범주를 나타내는 고정된 축과 틀로 정형화되어 있었던 데 반해, 이 단원에서는 처음으로 범주를 표현하는 공간의 형태에 변화가 주어졌다. 다만, 지도(地圖) 이외의 다른 사례가 발굴될 필요가 있어 보인다. 기존의

막대그래프나 꺾은선그래프, 후술할 원그래프와 띠그래프에도 범주를 표현하는 기하적 요소에 이미지를 덧붙이면 맥락에 대한 정보를 제공해주는 그림그래프가 될 수 있기 때문이다.

[그림 12]의 왼쪽 사례에서 확인할 수 있듯이, 충청권이 호남권에 비해 초등학교 수가 많지만 아이콘의 개수는 호남권이 더 많게 그려져 있다. 전술한 바와 같이 아이콘을 사용하는 그림그래프는 범주와 맥락을 표현하기 위해 그림을 사용하며, 빈도를 표현할 때는 그림과 수치를 함께 제시하는 경우가 더 많다. 그리고 수도권에 그려진 아이콘은 모두 17개이기 때문에 정확한 수치를 확인하기도 어렵고, 다른 범주의 빈도와 비교하기에도 편리하지 않다. 따라서 그림그래프는 작성 과정에서 오류가 발생하지 않더라도 해석 과정에서 오류가 발생할 수 있다는 점에서 신중하게 지도될 필요가 있다.

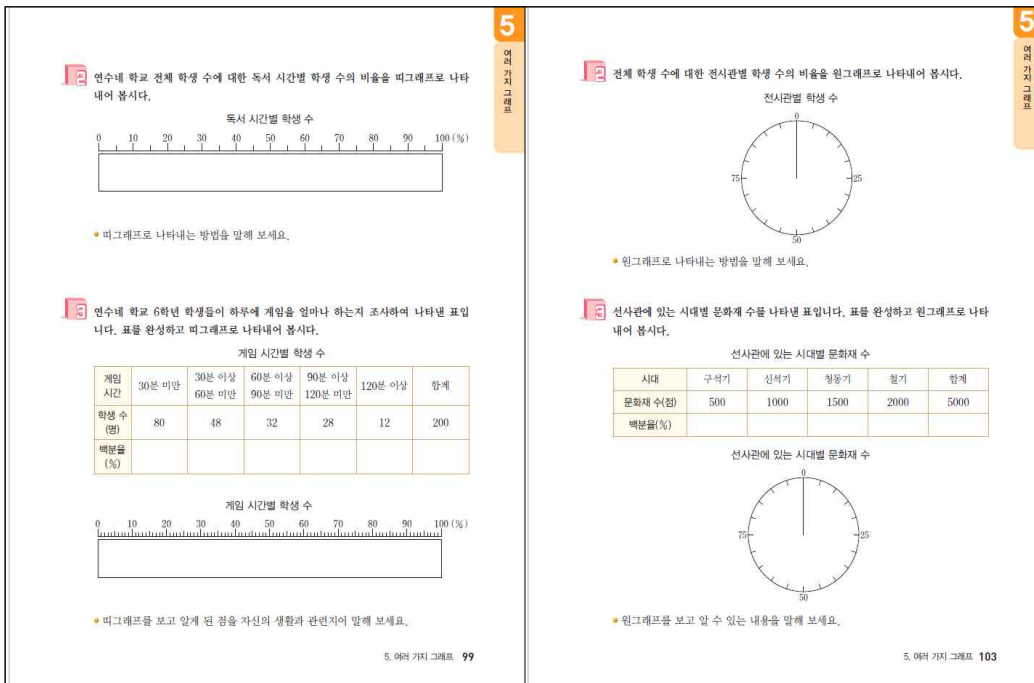
나. 띠그래프와 원그래프

띠그래프와 원그래프는 전체와 부분 사이의 관계를 비율로 나타내고 그 비율을 직관적으로 알 수 있는 그래프이다. 막대그래프, 꺾은선그래프 등 이전까지의 그래프가 가로축과 세로축이 수직을 이루는 틀 위에서 작성된 반면, 띠그래프와 원그래프는 각각 띠와 원이라는 기하적 대상을 분할하여 전체에 대한 부분의 비율을 강조하여 표현한다. [그림 13]은 띠그래프와 원그래프를 그려보는 차시 중 일부이다.

띠그래프는 자료집합 전체를 나타내는 틀이 하나의 띠로 고정되어 있기 때문에, 이 틀 내에서는 범주를 표현하는 부분띠의 두께가 일정해진다. 원그래프 역시 마찬가지로 하나의 원을 분할하여 부채꼴로 범주를 표현하기 때문에, 각 부채꼴의 반지름이 일정하다. 즉, 범주를 나타내는 아이콘의 크기가 균일화되기 때문에 범주 표현에서의 오류로 인해 빈도를 잘못 해석하지는 않을 것으로 보인다. 그러나 복수의 자료집합을 비교하는 맥락에서는 각 자료집합을 나타내는 띠나 원의 크기가 중요한 의미를 지니게 되는데, 이 단원에서는 교과서 전 단원을 통틀어 띠의 폭, 원의 반지름이 일정하게 제시되어 있고 자료집합 비교 맥락은 주어지지 않았다.

범주를 표현하는 데 발생할 수 있는 오류 중 하나는 바로 [그림 4]의 오른쪽과 같이 범주의 순서를 임의적으로 배열하는 것이다. 이에 대해서는 이 단원의 교사용 지도서에 “각 항목별 배열의 순서가 의미 있는 경우에는 그 순서에 따라 그래프로 나타내고, 의미가 없는 경우에는 비율이 높은 순서대로 배열하며 기타 항목은 가장 나중에 나타낸다(교육부, 2019b, p. 269)” 고 제시하여 교사들이 이러한 오류에 대해 인식하도록 안내하고 있다. 그러나 교과서에서는 범주의 항목에서 순서의 의미가 있는 경우와 의미가 없는 경우, 두 가지가 모두 제시되지만 학생들에게 그 차이를 알려줄 수 있는 과제나 내용 요소가 제시되어 있지 않기 때문에 그래프를 그리는 활동에서 이를 직접 지도하도록 교사들에게 맡겨놓은 것으로 보인다.

띠그래프에서는 부분띠의 길이가 빈도를 표현한다. 실제로는 띠의 폭이 있기 때문에 띠의 크기를 나타내는 속성으로 길이가 아닌 넓이를 인식하는 사람들도 있을 수 있지만, 띠의 폭이 일정하기 때문에 띠의 길이와 넓이는 비례한다. 원그래프 역시 원의 반지름이 일정하기 때문에 호의 길이, 중심각의 크기, 부채꼴의 넓이가 모두 비례한다. [그림 5]의 왼쪽과 같이 비율그래프는 아이콘의 크기가 빈도에 비례하지 않도록 표현하는 오류가 일상에서 자주 발생한다. 이를 경계하여 교과서에서는 [그림 13]과 같이 띠와 원에 모두 눈금을 제시하였다. 특히 원그래프의 경우, 교육과정 문서에서 “원그래프를 그릴 때에는 눈금



[그림 13] ‘여러 가지 그래프’ 단원에서의 띠그래프(왼쪽)와 원그래프(오른쪽) 작성 지도 차시 중 일부(교육부, 2019a, p. 99; p. 103)

이 표시된 원을 사용하게 한다(교육부, 2015, p. 28)” 고 교수·학습 방법 및 유의사항으로 제시하고 있는데, 이는 원의 둘레가 곡선이기 때문에 등간격으로 눈금을 직접 그리는 것이 띠에 비해 더 어렵다는 인식이 반영된 것으로 보인다.

그러나 일상에서 접하는 대부분의 띠그래프와 원그래프에는 눈금이 존재하지 않으며, 실제로 교과서에서도 [그림 13]의 다음 차시부터는 눈금이 없는 띠그래프와 원그래프를 제시하고 있다. 눈금이 없는 상황에서 그래프를 어떻게 그릴 것인지 논의하는 과제는 6학년 2학기 때 비례배분을 학습한 뒤에야 가능할 것으로 보이기 때문에, 눈금에 맞춰 그래프를 그리는 것이 빈도를 비례적으로 나타내는 중요한 요소임을 드러내기 위해서는 빈도에 비례하지 않는 눈금에 맞춰 그래프를 그릴 때 어떠한 현상이 벌어지는지에 대해 논의하는 과제를 추가적으로 제시할 필요가 있어 보인다. 또한, 이 단원에서 그래프 작성 차시 중 절반이 백분율을 계산하는 데 할애되고 있어 분포의 정확한 표현보다는 빈도의 정확한 계산에 치중되는 경향이 있다.

띠그래프와 원그래프는 이전의 그래프들과 동일하게 제목의 위치를 상단에 고정하여 제시하였다. 지도의 편의성을 확보하기 위해 고정한 것으로 판단된다. 하지만 이전 학년과는 달리 제목을 쓸 수 있는 학습활동은 제시되어 있지 않다. 범주의 비율을 구해 그래프를 그리는 데에 목적을 둔 것으로 보여 그래프의 제목을 넣는 맥락적인 지도는 생략을 한 것으로 보인다. 자료의 출처는 명확한 포털 사이트가 표기된 그래프도 있지만, 출처가 불명확한 자료도 일부 포함되어 있다. 이전과 마찬가지로 출처가 등장한 것에 대한 이유나 근거에 대한 내용이 별도의 지도 요소로서 다루어지지 않고 있다.

지금까지 우리나라 초등학교 수학과 교육과정 중 ‘자료와 가능성’ 영역에 해당하는

교과서의 단원들을 중심으로 그래프 오류와 관련된 범주 표현 요소, 빈도 표현 요소, 맥락 제시 요소가 어떻게 다루어지고 있는지 확인하였다. 전반적으로 그래프를 작성할 때 범주와 빈도를 표현하는 요소에서 오류가 발생하지 않도록 눈금, 격자와 같은 보조적인 틀을 전 학년에 걸쳐 정형화하여 제시하고 있었다. 또한, 제목과 단위의 위치 또한 고정적인 것으로서 지도하고 있었으며, 제목을 작성하는 방식도 정해놓음으로써 그래프의 오류 가능성을 낮추고 지도의 편의성을 확보하는 모습을 보여 왔다. 즉, 현행 교과서에서 제시된 과제 내에서는 학생들이 그래프를 작성할 때 오류를 범할 가능성이 매우 낮아 보인다.

그러나 통계 포스터 만들기 등 프로젝트 수업에서는 아무런 틀이 주어지지 않은 백지 위에 그래프를 그려야 하는 경우가 생기기 때문에, 범주와 빈도를 표현하는 과정에서 다양한 오류가 발생할 가능성이 있다. 더욱이 일상에서 언론이나 매체 등을 통해 접하는 그래프들은 그 형태가 비정형성을 지니고 있어, 학생들은 수학 교과서에서의 정형화된 그래프와 일상에서의 다채로운 그래프 사이에서 혼란을 겪을 가능성이 있다. 그래프는 통계 정보 소비자가 분포를 잘못 해석하지 않도록 범주와 빈도를 정확히 표현하고, 맥락에 대한 정보를 명확하게 제시한다는 원칙만 준수된다면 그 외의 형태적 요소는 다양하게 변화 가능하다. 그러나 지금의 교육과정과 교과서에서는 이러한 그래프 작성 원칙에 대한 지도를 명시적으로 다루지 않고 있다.

2015 개정 수학과 교육과정은 ‘실생활 중심의 통계 내용 재구성’을 주요 개정 방향 중 하나로 채택하고 있다. 이로 인해 그래프를 다루는 단원에서 제시되는 자료들 중 실제 자료의 비중이 높아졌다. 그러나 실제 자료를 사용할 경우 이에 대한 출처 표기의 원칙이 우선적으로 지도되어야 함에도, 이를 지도할 내용 요소로 고려하지 않고 있는 것으로 보인다. 심지어는 그래프마다 출처 표기의 형태가 다른 경우도 존재하는데, 이는 맥락을 제시하는 요소의 오류 중에서도 연구윤리와 가장 직접적인 연관이 있는 오류에 해당한다.

종합하면, 현재 우리나라의 수학과 교육과정에서 그래프 작성은 통계적 소양 교육으로서의 의미보다도 정형화된 절차에 치중하고 있는 것으로 보인다. 그러나 일상에서는 공학도구가 그래프를 오류 없이 그려주기 때문에, 수작업으로 그래프를 그리는 활동은 기술적인 측면보다 오류, 그리고 이로 인해 발생하는 윤리 문제와 연계하여 지도될 필요가 있다. 공학도구가 존재함에도 여전히 우리 생활에는 수많은 오류를 담고 있는 그래프가 범람하여 우리의 통계적 문제해결을 왜곡하고 있기 때문이다.

V. 논의 및 결론

본 연구는 통계학에서 그래프를 작성하는 목적을 통계적 문제해결의 관점에서 고찰하고, 이를 바탕으로 그래프의 구성 요소를 분류하여 그래프의 작성 과정에서 나타날 수 있는 오류들을 구성 요소별로 제시하여 그래프 지도에서의 교육적 시사점을 도출하고자 수행되었다. 그래프는 크게 범주를 표현하는 요소, 빈도를 표현하는 요소, 맥락을 제시하는 요소로 구성되어 있었으며, 따라서 그래프 오류 유형 역시 이 세 요소의 표현 오류로서 분류할 수 있었다. 그리고 이러한 그래프 오류 유형은 주관적인 분석 방법의 채택, 시각적 착시현상 유도, 자료에 대한 정보 왜곡과 같이 자료 분석 단계에서 범할 수 있는 통계 윤리 문제와 연결되어 있다. 우리나라 2015 개정 수학과 교육과정 중 초등학교 ‘자료와 가능성’ 영역에서 주로 다루어지는 그래프 지도 양상을 분석한 결과, 교육과정 문서에서는

적절한 그래프를 선택할 수 있어야 한다는 것 이외에 그래프 작성에서 지도되어야 하는 내용에 대해 구체적인 언급이 없었으며, 교과서에서는 초등학생들이 그래프 작성에서 오류가 발생하지 않도록 정형화된 틀을 일관되게 제시하고 있었으나 정작 그래프 오류와 관련된 작성 지침은 학습 내용으로서 다루어지지 않아 교과서에서 벗어난 폭넓은 활동을 하기에 어려움이 있었다. 특히, 최근 실용통계교육이 강조됨에 따라 통계 포스터 만들기와 같은 프로젝트 통계 수업이 활성화되고 있으나, 이 과정에서 작성하게 되는 그래프에 오류가 포함될 경우, 이를 지도할 만한 마땅한 근거나 내용 지식이 교육과정과 교과서에 제시되어 있지 않다. 연구 결과를 바탕으로 본고에서는 다음과 같이 연구의 의의와 제언을 제시함으로써 결론을 갈음한다.

첫째, 그래프의 각 오류 유형은 자료 분석 단계에서 나타나는 목적론적 윤리 문제를 야기하며, 따라서 그래프를 작성할 때 발생할 수 있는 유형별 오류를 경계하고 올바른 그래프 작성 절차를 지도하는 것은 학생들의 통계 윤리의식을 신장하는 시민교육으로서의 의미를 지닌다. 단순한 실수에 의해서도 발생할 수 있는 그래프의 오류가 ‘윤리 문제’로까지 불거질 수 있는 이유는 통계에 대한 믿음을 바탕으로 잘못된 결과를 신뢰하게 만드는 ‘속임수’가 될 수 있기 때문이다. 통계는 실제 인간의 심리나 의도 등 변인을 최대한 통제했다고 할 수 있는 상황에서, 통계학에서 공인한 객관화된 연단을 거침으로써 신뢰도와 타당도를 확보하고 통계적 문제해결의 절차를 과학적(scientific)인 것으로 인정받는다. 그러나 통계적 문제해결 과정 중 결과에 영향을 주는 변인이 개입하게 되면 통계학에서 인정하는 연단을 거쳤다고 할 수 없지만, 대중들은 통계학의 과학적인 성격에 기대어 잘못된 결과를 신뢰하게 된다. 즉, 정당한 과정을 거치지 않은 것을 정당한 것으로 믿게 만들 수 있다는 점에서 윤리 문제에 해당하는 것이다.

그래프는 범주와 빈도를 표현하는 요소로 자료집합의 분포를 나타내며 그래프를 보는 사람이 맥락에 비추어 집단의 특성에 대해 해석하기 위한 용도로 사용된다. 만약 범주를 표현하는 요소에 오류가 발생한다면 범주 간 혹은 자료집합 간의 적절한 비교가 이루어지지 않도록 유인하는 결과를 일으키게 된다. 또한, 빈도를 표현하는 요소에 오류가 발생한다면 범주별 빈도의 대소 관계와 차이를 오인하게 만들어 실제와는 상반되는 정보에 기초하여 의사결정을 하게 되는 문제가 발생한다. 맥락을 제시하는 요소에 오류가 발생하면 해석에 필요한 맥락 정보를 부분적 또는 선택적으로 제공하는 모양새가 되기도 하고, 부적절하고 불분명한 용어를 통해 해석 과정에서 모호함을 남기게 만들기도 하며, 비교가 불가능한 자료를 비교하게 만들거나 부분적인 결과로 전체를 넘겨짚는 확대 해석을 유도하기도 하는 등 올바른 그래프 해석을 방해하게 된다.

그래프를 작성하는 통계 정보의 생산자는 기본적으로 통계적 문제해결이라는 목적의식을 가지고 있다. 목적론적 윤리 문제란 통계적 문제해결 과정 중 결과가 달라질 수 있는 문제를 일으킬 경우를 일컫는데, 그래프 오류는 통계 정보 소비자의 그래프 해석에 영향을 미쳐 통계 정보 생산자의 통계적 문제해결 결과에 영향을 준다는 점에서 분명한 목적론적 윤리 문제에 해당한다. 즉, 그래프 오류 유형의 지도는 자료 분석 과정에서 나타나는 목적론적 윤리 문제를 경계하고 학생들의 통계 윤리의식을 신장하는 데 도움이 되는 내용으로서 의의가 있다.

둘째, 그래프의 각 오류 유형은 통계적 소양 함양이라는 목적을 가지고 그래프 작성 절차를 지도하는 교사들에게 필요한 지식으로서의 의미가 있다. 탁병주(2017)는 통계적 소양 교육을 위한 수업 맥락에서 교수학적 내용 지식으로 변형될 수 있는 교사 지식(statistical knowledge for teaching, 이하 SKT)을 다음과 같이 제시한 바 있다.

- SKT 1. 교사는 지도하려는 통계적 개념의 학습에서 필요한 비결정론적, 맥락의존적, 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.

위 SKT를 그래프 지도 맥락으로 한정지어 해석하면, 그래프 오류 유형은 특히 SKT 3과 밀접한 관련이 있다. 그래프 작성 과정에서 발생하는 오류가 통계적 문제해결의 타당성을 어떻게 왜곡하는지 확인하고 이를 경계하여 그래프를 올바르게 그리는 윤리적 소양이 곧 통계적 문제해결의 타당성을 확보하는 열쇠임을 이해하는 것이다. 이에 기반을 두어 그래프를 해석할 때 사용되는 통계적 사고는 SKT 1과 관련이 있다.

SKT 4는 그래프 오류 유형 중 특히 범주, 빈도와 관련이 있는데, 범주와 빈도가 나타내는 분포 개념이 실은 자료에 편재된 변이성을 인식하고 설명하기 위한 도구이기 때문이다(Wild, 2006). 통계 정보에 대해 비판적인 자세를 갖추고 그 유용성과 한계가 경계지어지는 이유는 바로 변이성 때문인데, 범주와 빈도를 표현하는 요소에서 오류가 나타나면 통계 정보 소비자가 통계적 사고를 통해 변이성을 인식하고 설명할 때 오류가 발생하게 된다. SKT 1은 그래프 오류 유형 중 맥락과 관련이 있는데, 맥락적 영역과 통계적 영역의 상호작용에 대한 이해는 맥락을 제시하는 요소의 중요성을 인식케 하고 이에 대한 오류를 경계하는 자세로 이어질 수 있다.

셋째, 현행 초등학교 수학과 교육과정에서 그래프를 지도할 때 이러한 오류 유형을 충실히 반영하는 방안을 고려해볼 필요가 있다. Tufte(2001)는 “대부분의 사람들은 속임수에 빠지지 않고 정확히 그래프를 해석할 수 있는 탐지 역량을 갖추고 있다(p. 53)”고 주장한 바 있으나 학교 수준, 특히 통계 영역에서 그래프를 집중적으로 학습하는 초등학교 수준에서 그의 생각은 입증되지 않았다. 오히려 Watson(2006/2013)은 통계적 소양을 갖춘 시민으로 성장하기 위해서 그래프의 속임수를 탐지하는 역량을 함양하기 위해 의식적인 노력이 필요하다고 주장하였다(p. 72).

2015 개정 수학과 교육과정에서는 이전과 달리 통계적 문제해결에 비추어 적절한 그래프를 선택할 수 있어야 한다는 내용이 교육과정 문서에 성취기준으로 포함되어 있다. 또한, 분포의 시각적 표현을 왜곡하는 그래프 오류가 발생하지 않도록 자료의 중복과 누락을 경계하거나 눈금을 제시해야 한다는 교수학적 조치들이 교수·학습 방법 및 유의사항으로 반영되어 있다. 실제로 교과서 과제에서 주어진 틀에 맞추어 그래프를 완성해 나간다면 초등학생들이 그래프를 작성하는 과정에서 오류가 발생할 가능성은 크지 않다. 그러나 이를 드러내놓고 지도 내용으로서 다루지 않게 되면 그래프 지도는 공학도구가 충분히 대행할 수 있는 단순 절차를 수작업으로 반복하는 무의미한 활동으로 남을 가능성이 크며, Watson(2006/2013)이 걱정한 바와 같이 그래프의 오류를 인식하고 비판하는 통계 정보 소비자로서의 소양을 기를 기회가 충분히 주어지지 않게 된다.

학교수학에서 그래프 오류가 주요한 이슈로 등장하지 않았던 이유는 수학 수업에서 다루었던 그래프의 형태가 정형화되어 있었기 때문이다. 사실 그래프는 표현의 합목적성만 갖춘다면, 즉 범주, 빈도, 맥락이 분명하게 드러나기만 한다면 작성자가 시각적 효과를 독

창적으로 선택할 수 있다. 그리고 본 연구에서 확인한 그래프 오류 유형은 이러한 시각적 유연성에 기반을 둔 그래프의 변형 과정에서 나타난다. 즉, 학교수학에서 그래프 형태의 변이를 경험할 기회가 없었기 때문에 그래프 오류가 주된 이슈로 등장하는 데 한계가 있었던 것이다. 그러나 이형근 외(2019)는 그래프에 대한 형태적 고착화에서 벗어나 자료에 대해 이야기해야 한다는 목표, 통계적 문제해결을 위해 사용한다는 목적, 의사소통을 위해 필요한 본질적 요소, 그리고 자료 분석과 결과 해석 과정에서 필요한 통계적 소양 등을 고려한 그래프의 지도가 필요하다고 주장한 바 있다(p. 138). 이에 비추어볼 때, 초등학교 수준에서 그래프의 시각적 유연성을 경험케 함과 동시에 이로 인해 발생하는 다양한 오류 유형을 비판하고 경계하는 통계적 소양의 함양이 그래프 지도의 목표가 될 수 있도록 차기 교육과정과 교과서에 반영할 수 있는 방안을 모색할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- 고은성 (2012). **일반학급 학생들과의 비교를 통한 수학영재학급 학생들의 통계적 변이성에 대한 사고 수준 연구**. 서울대학교 박사학위논문.
- 고은성, 강현영, 신보미, 이자미, 하병수, 정승호, 지영명, 김은하, 홍창섭, 탁병주 (2017). **실용통계 교육을 위한 교사용 가이드북**. 서울: 한국과학창의재단.
- 교육부 (2015). **수학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책8].
- 교육부 (2017). **초등학교 수학 2-2**. 서울: 천재교육.
- 교육부 (2018a). **초등학교 수학 3-2**. 서울: 천재교육.
- 교육부 (2018b). **초등학교 수학 4-1**. 서울: 천재교육.
- 교육부 (2018c). **초등학교 수학 4-2**. 서울: 천재교육.
- 교육부 (2019a). **초등학교 수학 6-1**. 서울: 천재교육.
- 교육부 (2019b). **초등학교 수학 6-1 교사용 지도서**. 서울: 천재교육.
- 김지윤 (2016). **자료 수집 교육과정에서의 윤리성과 평가: 중학교 1학년 통계 단원을 중심으로**. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 배혜진, 이동환 (2016). 통계적 문제해결 과정 관점에 따른 초등 수학교과서 통계 지도 방식 분석. **한국초등수학교육학회지**, 20(1), 55-69.
- 우정호 (2017). **학교수학의 교육적 기초(하)**. 서울: 서울대학교출판문화원.
- 이경화, 고은성, 신보미, 탁병주, 김은하, 정승호, 지영명, 구나영, 홍창섭, 윤형주, 양정은 (2020). **고등학교 실용통계**. 서울: 씨마스.
- 이설빈 (2017). **통계적 분석결과 해석과정에서의 윤리성 문제**. 이화여자대학교 석사학위논문.
- 이수정 (2000). **통계지도에 관한 고찰**. 서울대학교 석사학위논문.
- 이영하 (2014). **인문학으로 풀어 쓴 통계교육 원론**. 서울: 이화여자대학교출판부.
- 이자미, 고은성 (2019). 초등학교 4·5·6학년 학생들의 그래프 이해 능력 조사. **한국초등수학교육학회지**, 23(1), 169-192.
- 이형근, 김동원, 탁병주 (2019). 타 교과 통계 그래프 분석을 통한 초등학교 수학 수업에서의 그래프 지도 개선 방안 탐색. **한국초등수학교육학회지**, 23(1), 119-141.
- 조성겸 (2010). **표와 그래프의 효과적인 제시방법**. 대전: 통계교육원.
- 탁병주 (2017). **통계적 소양 교육을 위한 예비교사의 통계 교수 지식 연구: 표본 개념 지도에서의 활용을 중심으로**. 서울대학교 박사학위논문.
- 탁병주 (2018). 통계적 소양으로서 자료의 분류 및 표현 활동의 의의 분석: 초등학교 1~2학년군 수학과 교육과정을 중심으로. **한국초등수학교육학회지**, 22(3), 221-240.
- 황현미, 방정숙 (2007). 초등학교 6학년 학생들의 그래프 이해 능력 실태 조사. **학교수학**,

9(1), 45-64.

- 황혜정, 나귀수, 최승현, 박경미, 임재훈, 서동엽 (2019). **수학교육학신론 1** (개정증보판). 파주: 문음사.
- Cobb, G. W., & Moore, D. S. (1997). Mathematics, statistics, and teaching. *The American Mathematical Monthly*, 104(9), 801-823.
- 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.
- Gal, I. (2002). Adults' statistical literacy: Meanings, components, responsibilities. *International Statistical Review*, 70(1), 1-25.
- 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., & Notz, W. I. (2017). *Statistics: Concepts and controversies*. New York: W. H. Freeman. 심규박, 조태경, 이승수 (역) (2018). **개념과 논쟁으로 배우는 통계학**. 서울: 교우사.
- National Council of Teachers of Mathematics. [NCTM] (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author. 류희찬, 조완영, 이경화, 나귀수, 김남균, 방정숙 (역) (2007). **학교수학을 위한 원리와 기준**. 서울: 경문사.
- Tufte, E. R. (2001). *The visual display of quantitative information* (2nd edition). Cheshire: Graphics Press.
- 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. (2006). *Statistical literacy at school: Growth and goals*. New York: Routledge. 박영희 (역) (2013). **학교에서 어떤 통계를 배워야 하지?: 통계적 소양의 성장과 목표**. 서울: 경문사.
- Weiland, T. (2017). Problematizing statistical literacy: An intersection of critical and statistical literacies. *Educational Studies in Mathematics*, 90(1), 33-47.
- 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.
- Wisconsin Center for Education Research [WCER] (2003). *Insights into data*. New York: Holt Rinehart & Winston. 나은교육연구소 (역) (2004). **그림으로 보는 수 세상**. 서울: 나은교육연구소.

<Abstract>

An Analysis on Error Types of Graphs for Statistical Literacy Education:
Ethical Problems at Data Analysis in the Statistical Problem Solving

Tak, Byungjoo¹⁰⁾; & Kim, Dabin¹¹⁾

This study was carried out in order to identify the error types of statistical graphs for statistical literacy education. We analyze the meaning of using graphs in statistical problem solving, and identify categories, frequencies, and contexts as the components of statistical graphs. Error types of representing categories and frequencies make statistics consumers see incorrect distributions of data by subjective point of view of statistics producers and visual illusion. Error types of providing contexts hinder the interpretation of statistical information by concealing or twisting the contexts of data. Moreover, the findings show that tasks provide standardized frame already for drawing graphs in order to avoid errors and pay attention to the process of drawing the graph rather than statistical literacy for analyzing data. We suggest some implications about statistical literacy education, ethical problems, and knowledge for teaching to be considered when teaching the statistical graph in elementary mathematics classes.

Key words: statistical graph, error of graph, statistical literacy, statistical problem solving, ethical problem

논문접수: 2020. 01. 16

논문심사: 2020. 02. 03

게재확정: 2020. 02. 07

10) bjtak@jnue.kr

11) icemask2012@naver.com