

중학생들의 과학 그래프 작성 과정에서의 오류 유형 분석

김유정 · 문세정 · 강훈식 · 노태희*

서울대학교 · ¹춘천교육대학교

Analysis of the Types of Errors in Science Graph Construction Processes of Middle School Students

Kim, Youjung · Moon, Sejeong · Kang, Hunsik¹ · Noh, Taehee*

Seoul National University · ¹Chuncheon National University of Education

Abstract: In this study, we investigated the errors that students committed in the processes of constructing graphs on experimental results by the students' science achievement level. A test of constructing a graph about 'the relationship between the pressure and volume of a gas' was administered to 7th graders (N=145). Results revealed that most students committed errors in the processes of constructing the graph, showing 12 error types in the categories of 'Misinterpreting the variables', 'Mismarking the graphical elements', and 'Misusing the data'. The students in the lower achievement level had more errors than those in the higher achievement level in the two error types, that is 'representing the bar graph' and 'marking the scale in the presented data order', but the results were reversed in the three error types, that is 'marking the independent variable and dependent variable reversely', 'adding the data', and 'neglecting the data'. In the other error types, there were little differences in the frequencies of the errors by students' science achievement level.

Key words: graph, error in graph construction, science achievement level

I. 서론

그래프는 많은 정보를 압축하여 선이나 막대 등의 형태로 쉽게 표현함으로써, 특정 현상을 이해하고 예측하는데 도움을 준다. 이런 장점으로 인해 최근에는 신문, TV, 잡지 등의 언론 매체(Harper, 2004)뿐만 아니라 교과서와 교육용 소프트웨어 등의 교육 분야에서 그래프가 사용되는 비율이 증가하고 있다(Shah & Hoeffner, 2002). 특히, 과학 분야에서 그래프는 실험을 통해 얻은 자료들을 종합하여 일반적인 경향성을 찾아내고 이를 통해 과학 현상들을 예측하는데 도움을 주므로, 그래프를 작성하고 해석하는 그래프 활용 능력은 과학자와 학생들이 기본적으로 갖추어야 할 중요한 능력 중 하나로 간주되고 있다(김태선 등, 2005; Brasell, 1990). 또한, 그래프 활용 능력은 사고력, 탐구 능력, 학업 성취도와도 관련이 있는 것으로 보고되고 있으므로(김태선 등, 2005; 김태선 등, 2002), 과학 수업에서 학생들의 그래프 활용

능력의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 이에 많은 국가에서는 그래프를 기초교육과정에 포함시켜 중요하게 다루고 있다(Wu & Wong, 2007). 우리나라의 경우에도 초등학교 때부터 수학이나 과학 수업에서 그래프를 가르치거나 활용하고 있다(교육부, 1997). 특히 2007년에 개정된 과학 교육과정에서는 이전 교육과정에서보다 중학교 1학년부턴 실험 결과를 정리하고 해석하기 위한 그래프 작성 활동을 강조하고 있다(교육인적자원부, 2007).

그러나 많은 학생들이 그래프를 작성하고 해석하는데 어려움을 겪고 있으며(김태선 등, 2005; 김태선, 김범기, 2002; 김태선 등, 2002; Connery, 2007; Harper, 2004; Mautone & Mayer, 2007; Mevarech & Kramarsky, 1997; Shah & Hoeffner, 2002; Shah *et al.*, 1999), 이런 경향은 학년이 낮아질수록 더욱 심한 것으로 보고되고 있다. 예를 들어, 고등학생에 비해 중학생들이 그래프 작성의 하위 요소인 축에 변수를 지정하고 눈금을 매기는

*교신저자: 노태희(nohth@snu.ac.kr)

**2008.10.22(접수) 2009.02.16(1심통과) 2009.03.19(2심통과) 2009.03.23(최종통과)

기능이 부족했으며, 학년이 낮을수록 그래프 활용 능력이 떨어지는 경향이 있었다(김태선, 김범기, 2002). 따라서 학생들의 그래프 활용 능력을 향상시키기 위한 방안을 모색할 필요가 있으며, 이를 위해서는 학생들이 그래프를 작성하거나 해석하는 과정 및 이 과정에서 겪는 어려움이나 오류 등을 체계적으로 조사하는 연구가 선행되어야 할 것이다.

특히, 학생들은 이전에 학습한 지식과 생활에서 얻은 경험적 지식을 토대로 그래프에 대한 개념을 형성하고 이것은 이후 그래프를 통한 학습 과정에 중요한 영향을 미치므로(Mevarech & Kramarsky, 1997), 그래프를 활용하기 시작하는 저학년 학생들을 대상으로 그 연구를 진행할 필요가 있다. 또한, 주어진 그래프를 해석하는 과정보다 직접 그래프를 작성하는 과정에서 그래프의 기본 요소와 규칙에 대한 정확한 이해가 더 요구되므로, 그래프의 특징이나 의미의 이해 정도를 보다 잘 파악하고 진단하기 위해서는 그래프를 해석하는 과정보다 작성하는 과정을 조사하는 것이 더 유용하다(Brasell, 1990). 따라서 중학교 과학 수업에서 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하는 과정에서 겪는 어려움과 오류를 체계적으로 조사할 필요가 있다. 이로부터 얻은 정보를 통해 교사는 학생들이 그래프를 작성하는 과정에서의 어려움과 오류 등을 파악하여 이를 예방함으로써, 그래프 작성 과정에서 발생하는 오류를 줄일 수 있고, 학생들이 그래프를 활용할 수업에 보다 적극적으로 능동적으로 참여하도록 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 이와 관련된 선행 연구들의 대부분은 중학생이나 고등학생, 대학생들의 그래프 해석과 그래프 능력 측정에 집중되어 있을 뿐(김태선, 2006; 김태선 등, 2005; 김태선, 김범기, 2002; Leinhardt *et al.*, 1990; Mautone & Mayer, 2007; McKenzie & Padilla, 1986; Shah & Hoeffner, 2002), 학생들이 직접 그래프를 작성하는 과정에 초점을 둔 연구는 매우 부족하다. 일부 진행된 그래프 작성 관련 연구들의 경우에도 선택형(김태선 등, 2005; 김태선, 김범기, 2002; 김태선 등, 2002) 또는 완결형 문항의 검사를 이용(최영순, 2005)하여 그래프 작성 능력을 측정하는 수준에 머무르고 있다. 이는 채점의 객관성을 유지하고 통계적으로 의미 있는 해석을 한다는 장점은 있지만, 응답 과정에서 자기표현의 기회가 부족하여 학생들의 다양한 능력이나 생각, 사고 과정에서의 오류

등을 파악하기에는 한계가 있다. 이로 인해 학생들의 그래프 작성 능력 나아가 그래프 활용 능력을 향상시키거나 실제 과학 수업에서 그래프를 효과적으로 활용하기 위해 필요한 구체적인 정보는 매우 부족한 실정이다. 서답형 문항은 문항에서 지시한 내용 이외에는 아무런 제약이 없어 학생이 자유롭게 자신의 생각을 표현할 수 있는 방법으로 선택형이나 완결형 문항보다 학생들의 사고 과정에 대한 정보를 보다 풍부하게 제공할 수 있다는 장점이 있다(황정규, 2006, p. 366-393). 따라서 서답형 문항을 활용한다면 학생들이 그래프를 작성하는 과정에서 거치는 사고 과정과 그 과정에서 범하는 오류의 유형에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

한편, 학생들의 그래프 활용 능력은 과학 학업 성취도와 관련이 있는 것으로 보고된 바 있다. 예를 들어, 김태선 등(2005)은 고등학생을 대상으로 과학 학업 성취도 상위 학생들과 하위 학생들의 그래프 작성 능력을 비교했는데, 그 결과 하위 집단 학생들보다 상위 집단 학생들의 그래프 작성 능력이 높게 나타났다. 따라서 중학생의 경우에도 학업 성취도에 따라 그래프 작성 능력 및 그래프를 작성하는 과정에서 범하는 오류 유형이나 그 발생 빈도에서 차이가 있을 가능성이 있으므로, 이에 대해 조사할 필요가 있다.

이에 이 연구에서는 중학교 1학년 과학 수업에서 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하는 과정에서 범하는 오류 유형을 체계적으로 조사했다. 또한, 그 오류 유형과 오류 유형별 발생 빈도가 과학 학업 성취도에 따라 차이가 있는지도 조사했다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 연구 대상

서울시에 소재한 중학교 1학년 학생 145명을 대상으로 했다. 연구 대상 학생들의 1학기 중간고사 과학 성적의 중앙값을 기준으로 하여 학생들을 학업 성취도 상위 학생(71명)과 하위 학생(74명)들로 구분했다.

2. 연구 절차

그래프와 관련된 선행 연구 및 교과서 내용 검토를 통해, 그래프 작성 검사와 그래프 작성 오류 유형 분

식틀을 개발했다. 그 후, 예비 검사를 통해 학생들이 검사에 응답하는데 걸리는 시간, 검사 문항의 내용과 수준 및 문항에서 사용한 용어와 그림의 적절성, 분석틀의 적절성을 검토한 후 수정·보완했다. 현행 및 2007년에 개정된 중학교 1학년 과학 교육과정에서 실험 결과를 그래프로 작성하는 내용은 '분자의 운동' 단원의 '기체의 압력과 부피의 관계'에 대한 개념 학습 부분에서 처음으로 제시되어 있으므로, 이 개념을 학습하기 직전에 이 개념에 대한 그래프 작성 검사를 실시했다. 교사는 검사 전에 학생들에게 검사 과정과 방법에 대해 간단히 설명한 후 검사지를 배부했으며, 검사 소요시간은 약 30분이었다. 검사가 끝난 후, 학생들이 작성한 답안지를 수거하여 분석했다.

3. 검사 도구

그래프 작성 검사는 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하는 과정에서 나타나는 학생들의 다양한 생각이나 사고 과정 및 이 과정에서의 오류를 조사하기 위해 서답형 문항으로 개발했다. 즉, '기체의 압력과 부피의 관계'에 대한 실험 결과를 그림으로 제시한 후, 이를 학생들이 스스로 그래프로 나타내보도록 했다. 이때 사용한 용어와 그림은 모두 교과서에 제시된 것들을 사용했다. 개발한 검사는 과학교육 전문가 2인과 중학교 과학교사 4인이 모인 회의에서 검토를 받아 수정·보완했다. 최종 그래프 작성 검사를 부록에 제시했다.

4. 결과 분석

그래프 작성 오류 유형 분석틀은 Mckenzie와 Padilla(1986)가 학생들의 그래프 능력을 측정하기

위해 개발한 Test of Graphing in Science(TOGS)를 토대로 개발했다. 즉, TOGS에 포함된 '그래프 작성 능력'의 5가지 하위 요소인 '축에 눈금 매기기(Scaling axes)', '축에 변수 지정하기(Assigning variables to the axes)', '점찍기/좌표값 찾기(Plotting points)', '적절한 하나의 선 그리기(Using a best fit line)', '자료 변환하기(Translating a graph that displays the data)' 중에서 '적절한 하나의 선 그리기'와 '자료 변환하기'를 제외한 3가지 하위 요소에 따른 평가 목표를 표 1과 같이 선정하고, 평가 목표에 도달하지 못한 내용을 그래프 작성 오류로 정의한 후 오류 유형을 분류했다. 이때, 실험 결과를 분석하여 경향을 알려주는 추세선을 그리는 능력을 평가하는 요소인 '적절한 하나의 선 그리기'는 연구 대상인 중학교 1학년 학생들이 초등학교 교육과정에서 학습한 경험이 없었고, 실험 데이터나 실험 결과를 설명하는 서술문을 그래프로 표현하는 능력을 평가하는 요소인 '자료 변환하기'는 검사의 모든 평가 항목에서 분석할 수 있으므로 분석틀에서 제외한 것이다. 이후, 예비 검사 결과 새롭게 나타난 오류 유형을 추가하여 그래프 작성 오류 유형 분석틀을 수정·보완했다.

개발한 분석틀의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해, 2인의 연구자가 그 분석틀을 토대로 일부 학생의 답안지를 분석한 후, 모든 연구진 및 과학교육 전문가, 중학교 과학교사, 과학교육 전공 대학원생 10인 이상으로 구성된 소모임을 통해 분석틀에 대한 검토를 받았다.

최종 분석틀을 토대로 2인의 연구자가 공동으로 그래프 작성 검사에 나타난 학생들의 답안을 분석하여 그래프 작성 오류 유형별로 분류했다. 그 후, 모든 연구진이 함께 결과를 해석하고 논의했으며, 이를 과학

표 1 TOGS에 포함된 '그래프 작성 능력'의 일부 하위 요소에 따른 평가 목표

TOGS의 일부 하위 요소	평가 목표
축에 눈금 매기기	두 개의 변수를 찾을 수 있다. 독립 변수와 종속 변수를 구분할 수 있다. 양적 변수와 질적 변수를 구분할 수 있다.
축에 변수 지정하기	원점을 기준으로 X축과 Y축을 그릴 수 있다. 축에 변수와 단위를 지정할 수 있다. 일정한 간격으로 눈금을 매길 수 있다.
점찍기/좌표값 찾기	대응하는 점을 찍을 수 있다.

교육 전문가, 중학교 과학교사, 과학교육 전공 대학원생 10인 이상으로 구성된 수차례의 소모임을 통해 수정·보완했다.

분석 결과는 학생들의 그래프 작성 오류를 유형별로 서술하고, 그 오류 유형별 빈도와 백분율(%)을 전체 및 과학 학업 성취도 상·하위 집단으로 나누어 제시했다. 또한, 과학 학업 성취도 상위 학생과 하위 학생들의 그래프 작성 오류 유형별 빈도 및 백분율(%)의 차이를 통계적으로 검증하기 위해 실시한 검정 결과도 제시했다. 이때, 검정을 실시하기 위해서는 기대도수가 5보다 작은 칸이 전체 칸 수의 20% 이하여야 하므로(성태제, 2006, p. 285-287), 이 기본 가정을 만족하는 그래프 작성 오류 유형에 대해서만 검정 결과를 제시하고 논의했다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

학생들이 그래프를 작성하는 과정에서 범한 오류 유형을 크게 ‘변수의 잘못된 해석’, ‘그래프 기본 요

소의 잘못된 표기’, ‘자료의 잘못된 사용’의 3가지 범주로 나누고, 각 범주를 세분화하여 총 12가지 오류 유형으로 분류했다. 이에 대한 자세한 설명과 과학 학업 성취도에 따른 그래프 작성 오류 유형별 빈도와 백분율(%) 및 검정 결과는 다음과 같다.

(1) 변수의 잘못된 해석

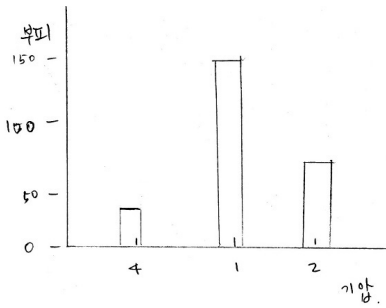
‘변수의 잘못된 해석’ 오류는 변수를 해석하는 과정에서 변수의 속성을 바르게 구분하지 못하거나 두 변수 간의 인과 관계를 바르게 해석하지 못하는 오류 유형이다. 세부 오류의 유형별 발생 비율은 ‘막대그래프로 표현(59.3%)’, ‘자료제시 순서대로 눈금 표기(40.0%)’, ‘두 변수를 각각 종속 변수로 표현(16.6%)’, ‘독립·종속 변수 반대로 표기(10.3%)’, ‘하나의 변수로만 그래프를 표현(4.8%)’ 순으로 많이 나타났다. 그림 1에 이 오류 유형들의 예를 제시했다.

‘막대그래프로 표현’ 오류는 변수들의 관계를 막대 그래프로 표현하는 오류 유형으로(그림 1a, 1b, 1d), 상위 학생들보다 하위 학생들에게서 더 많이 나타났

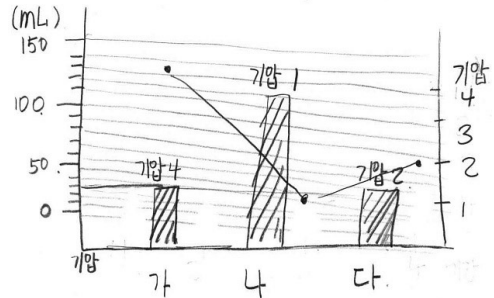
표 2
과학 학업 성취도에 따른 그래프 작성 오류 유형별 빈도와 백분율(%) 및 X^2 검정 결과

그래프 작성 오류 유형	빈도(%) ¹			X^2	df	p
	상위 (n=71)	하위 (n=74)	계 (N=145)			
변수의 잘못된 해석						
막대그래프로 표현	36(50.7)	50(67.6)	86(59.3)	4.27	1	.039
자료제시 순서대로 눈금 표기	19(26.8)	39(52.7)	58(40.0)	10.16	1	.001
두 변수를 각각 종속 변수로 표현	9(12.7)	15(20.3)	24(16.6)	1.51	1	.219
독립·종속 변수 반대로 표기	12(16.9)	3(4.1)	15(10.3)	6.45	1	.011
하나의 변수로만 그래프를 표현 ²	0(0)	7(9.5)	7(4.8)	-	-	-
그래프 기본 요소의 잘못된 표기						
변수 적지 않음 ²	69(97.2)	73(98.6)	142(97.9)	-	-	-
단위 적지 않음	37(52.1)	41(55.4)	78(53.8)	.16	1	.691
원점 외의 기준점 표기	17(23.9)	23(31.1)	40(27.6)	.92	1	.336
증가 눈금 간격이 일정하지 않음	17(23.9)	11(14.9)	28(19.3)	1.92	1	.166
감소 눈금을 매김 ²	3(4.2)	3(4.1)	6(4.1)	-	-	-
자료의 잘못된 사용						
자료 추가	17(23.9)	6(8.1)	23(15.9)	6.81	1	.009
자료 삭제	11(15.5)	3(4.1)	14(9.7)	5.44	1	.020

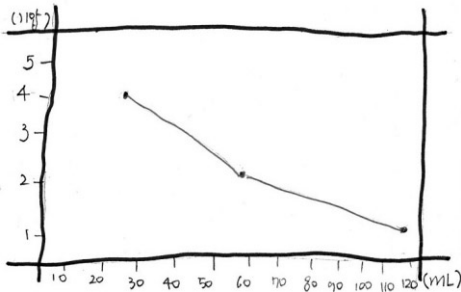
¹ 중복 응답이므로 전체 응답 수가 응답 인원수보다 많음
² X^2 검정의 기본 가정을 만족하지 않아 그 결과를 제시하지 않음



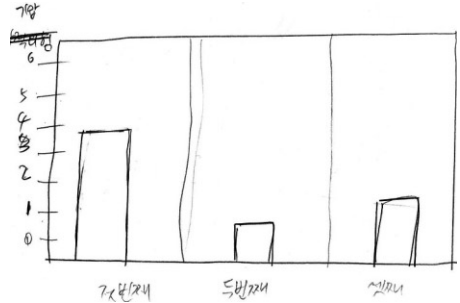
a. '자료제시 순서대로 눈금 표기' 오류



b. '두 변수를 각각 종속 변수로 표현' 오류



c. '독립 · 종속 변수 반대로 표기' 오류



d. '하나의 변수로만 그래프를 표현' 오류

그림 1 '변수의 잘못된 해석' 오류 유형의 예시

으며(상위: 50.7%, 하위: 67.6%), 그 발생 비율의 차이가 통계적으로 유의미했다($p=0.039$). 이는 학생들이 초등학교 수학 시간에 막대그래프를 가장 먼저 접하고, 이후 초등학교 교육과정 중에도 다른 형태의 그래프보다 막대그래프를 더 많이 접했기 때문인 것으로 보인다. 즉, 학생들은 초등학교 수학 시간에 변수의 속성에 따라 사용하는 그래프의 종류가 다름을 학습했음(교육부, 1997)에도 불구하고, 이를 과학 시간에 적용하지 못하고 단순히 자신에게 친숙한 막대그래프로 표현한 것으로 생각할 수 있다. 이런 경향은 하위 학생들에게서 더 강하게 나타났는데, 이는 과학 학업 성취도가 높은 학생들에 비해 낮은 학생들이 사고력이 부족하여 그래프의 종류와 특징을 상대적으로 잘 구분하지 못했거나, 학습 내용을 다른 상황에 적용하는 능력이 부족했기 때문일 수 있다. 따라서 이 오류를 예방하기 위해 교사는 그래프 작성 활동 전에 학생들에게 그래프의 종류와 그 특징 및 변수의 속성에 따른 그래프 선택 방법 등을 명확하게 설명해줄 필요가 있다.

'자료제시 순서대로 눈금 표기' 오류는 변수의 의미

를 해석하여 자료를 크기 순서에 따라 재정렬하지 못하고 자료가 제시된 순서대로 축에 눈금을 표기하는 오류 유형이다. 그림 1a와 같이 압력을 나타내는 X축에 눈금을 표기할 때 검사지에서 압력 자료가 제시된 순서(4기압, 1기압, 2기압)대로 표기한 경우가 그 예이다. 이 오류 유형에서 상위 학생들과 하위 학생들의 발생 비율 차이가 가장 크게 나타났다(상위: 26.8%, 하위: 52.7%, $p=0.001$). 이는 과학 학업 성취도가 높은 학생들보다 낮은 학생들이 그래프를 작성할 때 변수의 의미를 해석하여 이에 맞게 자료를 재정렬하기 보다는 단순히 자료를 읽고 그래프에 표기하는 활동에 더 집중했기 때문이라고 생각할 수 있다. 따라서 학생들이 제시된 자료를 재정렬할 수 있도록 하기 위해 교사는 그래프 작성 활동 전에 학생 스스로 자신이 작성할 그래프 및 이때 사용할 변수의 의미와 속성을 파악할 수 있도록 학생들에게 이에 대해 명확하게 설명해주어야 한다.

'두 변수를 각각 종속 변수로 표현' 오류는 두 변수 간의 인과 관계를 파악해야 함을 인지하지 못하고 한 그래프 또는 두 그래프에 두 변수를 각각 종속 변수로

하여 그래프를 작성하는 오류 유형으로, 그림 1b가 그 예이다. 즉, 그림 1b는 X축의 눈금에는 실험 순서를 표기하고 Y축의 눈금에는 두 변수인 기체의 압력과 기체의 부피를 각각 왼쪽과 오른쪽에 크기 순서대로 표기한 후, 각각 꺾은선 그래프와 막대그래프로 표현한 경우이다. 과학 학업 성취도에 따른 이 오류 유형의 발생 비율에서는 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(상위: 12.7%, 하위: 20.3%, $p=.219$). 이 오류 유형은 학생들이 두 개의 변수를 모두 인식했지만 그래프를 작성할 때 하나의 변수에만 집중하여 다른 변수와의 관계를 고려하지 못하는 고착 현상 때문에 발생한 것으로 해석할 수 있다(안가영, 권오남, 2002; Bell *et al.*, 1987; Mevarech & Kramarsky, 1997). 따라서 교사는 그래프 작성 활동 전에 학생들에게 실험의 목적뿐만 아니라 독립 변수와 종속 변수의 의미를 명확히 설명함으로써, 학생들이 자료에서 찾은 두 변수 간의 인과 관계를 파악해야 함을 인지할 수 있도록 해야 할 것이다.

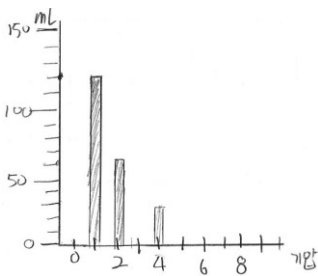
‘독립 · 종속 변수 반대로 표기’ 오류는 독립 변수를 Y축에 표기하고 종속 변수를 X축에 표기하는 오류 유형으로, 변인의 해석 오류 중에 유일하게 상위 학생들에게서 더 많이 나타났다(상위: 16.9%, 하위: 4.1%, $p=.011$). 그림 1c에서처럼 기체의 압력을 Y축에 표기하고 기체의 부피를 X축에 표기하여 그래프를 작성한 경우가 이에 해당된다. 이 오류 유형은 학생들이 그래프 축을 설정하는 방법을 모르거나 두 변수 간의 인과 관계를 제대로 파악하지 못해 나타난 것으로 볼 수 있다. 특히, 상위 학생에게서 더 많이 나타난 것은 그래프 작성 검사 직전의 지구과학 단원 학습에서 학생들의 직관적인 이해를 돕기 위해 YX그래프가 도입(이진봉, 이기영, 2007)되었기 때문일 수 있다. 즉, YX그래프가 도입된 것이 학습 이해 정도가 높은 상위 학생

들에게는 오히려 축과 변수에 대한 혼란을 초래함으로써 축에 변수를 반대로 표기하는 오류를 유발한 것으로 보인다. 따라서 교사는 그래프 작성 활동 중에 학생들에게 축 설정 방법을 설명해줄 필요가 있으며, YX그래프와 같이 일반적인 그래프와 다른 유형의 그래프가 제시될 때에는 이에 대한 자세한 설명을 학생들에게 해주거나 교과서에 명시해야 할 것이다.

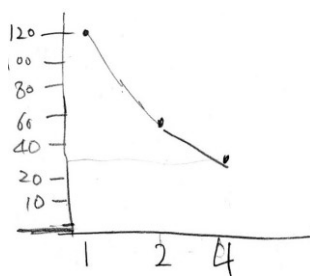
‘하나의 변수로만 그래프를 표현’ 오류는 두 개의 변수를 고려하지 않고, 하나의 변수만을 종속 변수로 하여 그래프를 작성하는 오류 유형이다. 한 예로, X축의 눈금에는 실험 순서를 표기하고 Y축의 눈금에는 기체의 압력을 크기대로 표기한 후, 막대그래프로 표현한 경우이다(그림 1d). 이 오류 유형은 하위 학생들에게서만 나타났는데(상위: 0%, 하위: 9.5%), 이는 상위 학생들은 실험의 목표와 관련이 있는 변수들을 쉽게 찾아내는 반면, 하위 학생들은 실험의 목표나 과정에 대한 이해가 부족하여 관련 변수들을 찾는데 어려움을 겪기 때문인 것으로 해석된다. 따라서 과학 학업 성취도가 낮은 학생들이 변수를 쉽게 찾을 수 있도록 실험의 목표나 과정에 대해 보다 자세히 설명해줄 필요가 있다.

(2) 그래프 기본 요소의 잘못된 표기

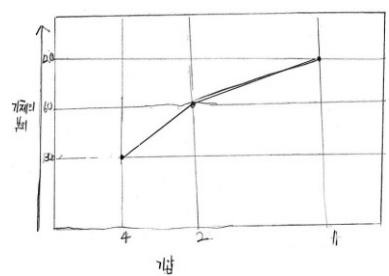
‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’ 오류는 그래프의 기본 요소들을 잘못 표기하거나 표기하지 않는 오류 유형이다. 이와 관련하여 학생들이 범한 오류는 ‘변수 적지 않음(97.9%)’, ‘단위 적지 않음(53.8%)’, ‘원점 외의 기준점 표기(27.6%)’, ‘증가 눈금 간격 일정하지 않음(19.3%)’, ‘감소 눈금을 매김(4.1%)’ 순으로 많이 나타났다. 이 오류 유형들에서는 모두 과학 학업 성취도에 따른 발생 비율 차이가 통계적으로 유의미하지 않았다(표 2). 그림 2는 이 오류 유형의 예시이다.



a. ‘원점 외의 기준점 표기’ 오류



b. ‘증가 눈금 간격이 일정하지 않음’ 오류



c. ‘감소 눈금을 매김’ 오류

그림 2 ‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’ 오류 유형의 예시

‘변수 적지 않음(상위: 97.2%, 하위: 98.6%)’ 오류와 ‘단위 적지 않음(상위: 52.1%, 하위: 55.4%)’ 오류는 각각 그래프 축에 변수와 단위를 기술하지 않는 오류 유형으로(그림 2a, 2b, 2c), 다른 오류 유형에 비해 발생 비율이 높았다. 특히, 거의 모든 학생이 변수를 적지 않는 오류를 범했고, 그래프 축에 변수와 단위를 모두 바르게 기술한 학생은 한 명도 없었다. 이는 학생들이 변수와 그 단위를 정확하게 파악하지 못했기 때문일 수 있다. 또한, 변수는 함수의 관계와 그래프의 의미를 이해하는데, 그 단위는 변수의 관계를 정확하게 이해하는데 필수적인 요소(Leinhardt *et al.*, 1990)이므로 그래프를 작성할 때에는 반드시 변수와 그 단위를 적어야 함을 인지하지 못했기 때문일 수도 있다. 따라서 교사는 그래프 작성 활동 시 학생들에게 변수와 단위 표기의 중요성을 인지시키고, 그 방법을 구체적으로 안내할 필요가 있다.

‘원점 외의 기준점 표기(상위: 23.9%, 하위: 31.1%)’ 오류는 평면에 직교하는 X축과 Y축의 교점인 원점을 표기했음에도 불구하고 축에 또 다른 기준점을 표기하는 오류 유형으로, 그림 2a와 같이 원점 이외에 X축에 또 다른 기준점을 추가하여 그래프를 작성한 경우이다. 이 오류 유형은 학생들이 좌표를 정할 때 기준이 되는 원점의 의미와 중요성 및 표기 방법을 알지 못하고 두 좌표축을 분리해서 생각했기 때문에 나타난 것으로 볼 수 있다. 따라서 교사는 학생들에게 그래프를 작성할 때 두 좌표축 및 원점의 의미와 표기 방법을 강조하여 설명해줄 필요가 있다.

‘증가 눈금 간격이 일정하지 않음(상위: 23.9%, 하위: 14.9%)’ 오류는 좌표축에서 증가하는 방향으로 눈금을 표기했으나 그 눈금의 간격이 일정하지 않은 오류 유형이다. 예를 들어, 그림 2b에서는 X축에서 1기압, 2기압, 4기압의 간격을, 그림 2c에서는 Y축에서 30mL, 60mL, 120mL의 간격을 배수 관계를 고려하여 표기하지 않고 그래프를 작성하는 오류를 범했다. 이는 선행 연구(Harper, 2004)에서 많은 학생들이 그래프의 눈금을 일정한 간격으로 표기하지 않은 것과 마찬가지로, 이 오류 유형을 보인 학생들이 양적 변수의 자료를 크기 순서대로 정렬하는 능력은 있지만 일정한 간격으로 눈금을 매기는 능력은 부족함을 의미한다. 눈금 간격이 다르면 그래프 모양도 달라져 변수 간의 관계를 잘못 해석하게 되므로, X축과 Y축의 눈금 간격을 일정하게 표시하는 것은 그래프

작성 과정에서 매우 중요하다(Leinhardt *et al.*, 1990). 따라서 이 오류를 예방하기 위해 교사는 학생들이 그래프에 눈금을 일정하게 표시하는 것의 중요성과 그 방법을 숙지할 수 있도록 그에 대해 설명해줄 필요가 있다.

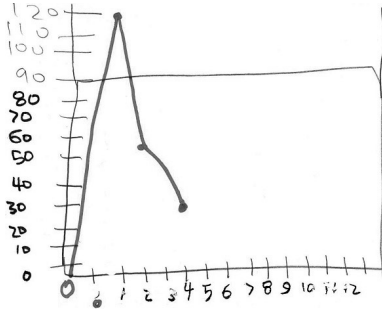
‘감소 눈금을 매김(상위: 4.2%, 하위: 4.1%)’ 오류는 원점에 가장 큰 수를 표기하고 나머지 눈금은 작아지는 순서대로 표기하는 오류 유형으로 발생 비율은 낮게 나타났다. 이 오류 유형을 보인 학생들은 모두 그림 2c와 같이 증가함수 그래프를 그렸는데, 이는 이 학생들이 증가함수 그래프에 친숙하여 이에 집중하는 경향이 있기 때문으로 보인다. 즉, 반비례 그래프로 작성해야 하는 자료를 자신에게 친숙한 증가함수 그래프로 표현하기 위해 의도적으로 눈금을 감소하는 방향으로 표기한 것으로 볼 수 있다(Mevarech & Kramarsky, 1997). 따라서 이 오류를 줄이기 위해서는 교사가 학생들에게 눈금의 표기 방법에 대해 자세히 설명해 주거나 증가 눈금으로 표기한 그래프와 감소 눈금으로 표기한 그래프의 특징을 설명해 줌으로써, 증가함수 그래프에 대해 강하게 집착하는 학생들의 사고를 변화시킬 필요가 있다.

(3) 자료의 잘못된 사용

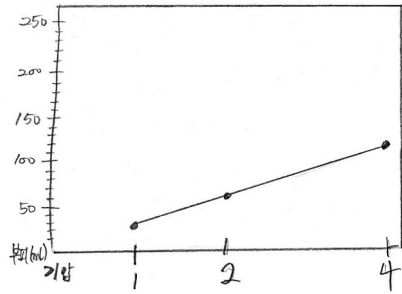
‘자료의 잘못된 사용’ 오류는 실험 결과에 대한 자료와 학생들이 그래프를 작성할 때 사용한 자료가 일치하지 않는 오류 유형이다. ‘자료 추가(15.9%)’ 오류 유형과 ‘자료 삭제(9.7%)’ 오류 유형이 이 오류 유형에 해당되며, 그 예시는 그림 3과 같다.

‘자료 추가’ 오류는 자료에 제시되어 있지 않은 자료를 임의로 추가하여 그래프를 작성하는 오류 유형이다. 예를 들어, 그림 3a에서는 자료에 제시되지 않은 (0,0)을 추가하여 그래프에 표기한 후 이를 포함하여 그래프를 작성하는 오류를 범했다. 이 오류 유형은 하위 학생들보다 상위 학생들에게서 더 많이 나타났으며(상위: 23.9%, 하위: 8.1%), 그 빈도 차이가 통계적으로 유의미했다($p=.009$).

‘자료 삭제’ 오류는 주어진 자료 중 꼭 필요한 자료를 무시하고 그래프를 작성하는 오류 유형으로, 역시 하위 학생들보다 상위 학생들에게서 더 많이 나타났으며(상위: 15.5%, 하위: 4.1%). 이 오류 유형을 보인 학생들은 모두 자료 추가 오류도 범하면서 기울기가 일정한 그래프를 작성했다. 그림 3b와 같이 제시된 (1,



a. '자료 추가' 오류



b. '자료 삭제' 및 '자료 추가' 오류

그림 3 '자료의 잘못된 사용' 오류 유형의 예시

120), (4, 30) 자료를 무시하는 동시에 제시되지 않은 (1, 30), (4, 120) 자료를 임의로 추가하여 기울기가 일정한 증가함수를 그린 경우가 그 예이다.

이런 결과들은 과학 학업 성취도가 높은 학생들이 낮은 학생들보다 '그래프는 원점에서 시작한다.', '그래프의 기울기는 일정하다.'와 같이 그래프에 대한 정형화된 생각을 가지고 있기 때문인 것으로 해석할 수 있다. 따라서 이 오류 유형을 예방하기 위해서는 학생들에게 다양한 자료로 여러 형태의 그래프를 작성하는 활동을 경험하게 함으로써, 그래프에 대한 정형화된 생각을 바꿔줄 필요가 있다.

VI. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학 수업에서 효과적인 그래프 활용 방안을 마련하기 위한 탐색적 연구의 일환으로, 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하는 과정에서 범하는 오류를 학생들의 과학 학업 성취도에 따라 조사했다. 연구 결과, 대부분의 학생들이 그래프 작성 과정에서 많은 오류를 보였으며, 그 오류 유형은 크게 '변수의 잘못된 해석', '그래프 기본 요소의 잘못된 표기', '자료의 잘못된 사용' 범주에서 총 12가지로 다양했다. 과학 학업 성취도에 따른 그래프 작성 오류 유형별 발생 비율 차이는 오류 유형에 따라 다소 다른 양상이 나타났다. 즉, '막대그래프로 표현', '자료제시 순서대로 눈금 표기' 오류 유형에서는 과학 학업 성취도가 높은 학생들에 비해 낮은 학생들의 발생 비율이 높았지만, '독립·종속 변수 반대로 표기', '자료 추가', '자료 삭제' 오류 유형에서는 그 반대였고, '두 변수를 각각 종속 변수로 표현', '변수 적지 않음', '단위 적지 않음', '원점 외의 기준점 표기', '증

가 눈금 간격이 일정하지 않음' 오류를 포함한 여러 오류 유형에서는 과학 학업 성취도에 따른 발생 비율 차이가 작았다.

지금까지 그래프와 관련된 선행 연구들은 주로 교과서에서의 그래프 활용에 대한 연구(박현진, 2002; 이진봉, 이기영, 2007)나 객관식이나 완결형 검사를 이용하여 그래프 능력을 측정하는데 초점을 두고 있어(김태선 등, 2005; 김태선, 김범기, 2002; 김태선 등, 2002; 최영순, 2005), 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하는 과정에서 겪는 어려움이나 오류 유형과 같이 학교 수업에서 실질적으로 도움이 되는 정보는 부족한 실정이다. 이로 인해 교사가 학생들의 그래프 활용 능력 수준에 맞추어 그래프 활용 수업을 진행하는 데에는 한계가 있었다. 따라서 학생들이 그래프 작성 과정에서 범한 오류들을 관련 선행 연구에 기초하여 체계적으로 분석한 이 연구의 결과는 다음과 같은 측면에서 의미 있는 시사점을 제공할 수 있다.

우선, 이 연구의 결과는 과학에서 중요하게 다루어지는 그래프 작성 과정은 과학 학업 성취도에 관계없이 대부분의 학생들에게 어려운 과정이므로, 이 과정을 수행하는 동안 다양한 오류가 유발될 수 있음을 보여준다. 이런 오류들은 그래프를 활용한 과학 수업에서 학생들의 과학 개념 이해를 방해하는 요인이 될 수 있으므로, 이 오류를 감소시키기 위해 교사는 오류의 유형에 대해 명확히 인지함은 물론 결과 및 논의에서 제시한 방안들을 고려할 필요가 있다. 또한, 그 오류들의 발생 원인을 탐색하여 이를 보다 효과적으로 예방하거나 교정하는 방안을 마련할 필요가 있다. 예를 들어, '자료제시 순서대로 눈금을 표기' 오류를 예방 또는 교정하기 위해 그래프 작성 활동 전에 학생들에게 변수의 속성과 의미를 설명해주거나 자료를 크기

순서대로 정렬한 경우와 그렇지 않은 경우의 그래프 예를 제시하여 학생들이 그 문제점을 스스로 인식하도록 할 수 있을 것이다. 과학 학업 성취도에 따라 그래프 작성 오류 유형별 발생 비율에서 차이가 있었으므로, 그 오류들이 실제로 학생들의 그래프 활용 학습에 어떤 영향을 어떻게 미치는지를 과학 학업 성취도와 오류 유형을 고려하여 분석적으로 조사하는 연구를 진행할 필요도 있다.

이 연구의 결과는 현장 교사들이 학생들의 학업 성취도를 고려하여 효과적인 그래프 활용 수업을 진행하는데 도움이 되는 구체적인 지침을 제시할 수도 있다. 즉, 과학 학업 성취도에 따른 그래프 작성 오류 유형에 대한 정보와 그 해결 방안 및 그래프 작성 방법 안내 방법 등을 과학 교사 연수나 과학교육 관련 학회 등을 통해 교사들에게 안내하거나, 차기 과학 교과서나 교사용 지도서에 제시할 수 있을 것이다. 예를 들어, 그래프 작성 과정에서 변수와 그 단위를 표기하는 것이 중요함(Leinhardt *et al.*, 1990)에도 불구하고 이를 표기하지 않는 오류를 범한 학생이 많았으므로, 차기 과학 교과서나 교사용 지도서에 그래프에서 변수의 의미 및 중요성과 함께 변수를 적지 않을 경우 발생할 수 있는 그래프 작성 오류 유형과 그로 인한 그래프 활용에서의 어려움을 제시할 수 있을 것이다. 또한, 과학 학업 성취도에 따라 많이 나타난 오류 유형에 대한 정보를 제공함으로써 교사가 학생들의 과학 학업 성취 수준을 고려하여 그래프 활용 수업을 진행하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

마지막으로 이 연구의 결과는 과학 교육 연구 분야에도 중요한 시사점을 줄 수 있다. 예를 들어, 이 연구에서 제시한 그래프 작성 오류 유형에 기초하여 기존 그래프 관련 연구 결과들을 재해석하거나, 이후 관련 연구를 계획하고 수행한다면 보다 유용한 정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 이 연구에서는 학생들이 그래프를 작성하는 과정에서 발생한 오류 유형을 그래프 작성 능력에 대한 평가 요소들에 기초하여 체계적으로 조사했으므로, 학생들이 사고하는 과정에서의 오류를 조사하는 다른 분야의 연구에서도 이런 관점에서 접근한다면 보다 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

한편, 이 연구는 중학교 1학년을 대상으로 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 그래프 작성 과정에 한정하여 진행되어 일반화된 결론을 내리기는 어려우

로, 보다 다양한 개념과 학년을 대상으로 하는 후속 연구가 진행될 필요가 있다. 또한, 그래프 작성 능력은 논리적 사고력이나 과학 탐구 사고력, 성 등과 같은 여러 학습자 변인들에 따라 차이가 있을 수 있으므로(김태선 등, 2002), 이에 대해서도 조사할 필요가 있다.

국문 요약

이 연구에서는 학생들이 실험 결과를 그래프로 작성하는 과정에서 범하는 오류들을 과학 학업 성취도에 따라 조사했다. 중학교 1학년 145명을 대상으로 ‘기체의 압력과 부피의 관계’에 대한 그래프 작성 검사를 실시했다. 연구 결과, 대부분의 학생들이 그래프 작성 과정에서 많은 오류를 보였으며, ‘변수의 잘못된 해석’, ‘그래프 기본 요소의 잘못된 표기’, ‘자료의 잘못된 사용’ 범주에서 총 12가지의 오류 유형이 나타났다. ‘막대그래프로 표현’, ‘자료제시 순서대로 눈금 표기’ 오류 유형에서는 과학 학업 성취도가 높은 학생들에 비해 낮은 학생들의 발생 비율이 높았지만, ‘독립·종속 변수 반대로 표기’, ‘자료 추가’, ‘자료 삭제’ 오류 유형에서는 그 반대였고, 나머지 오류 유형에서는 과학 학업 성취도에 따른 발생 비율 차이가 작았다.

참고 문헌

- 교육부 (1997). 초·중등학교 교육과정-국민 공통 기본 교육과정. 교육부 고시 제1997-15호 [별책1].
- 교육인적자원부 (2007). 개정 초·중등 교육과정. 교육인적자원부 고시 제2007-79호 [별책1].
- 김태선 (2006). 우리나라 대학생들의 운동학 그래프 이해 능력. 한국과학교육학회지, 26(1), 49-57.
- 김태선, 고수경, 김범기 (2005). 고등학생들의 그래프 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 학업 성취도의 관계. 한국과학교육학회지, 25(5), 624-633.
- 김태선, 김범기 (2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. 한국과학교육학회지, 22(4), 768-778.
- 김태선, 배덕진, 김범기 (2002). 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계. 한국과학교육학회지, 22(4), 725-739.

박현진 (2002). 지리 교과에서 학습자의 그래프 활용 특성에 관한 연구. *한국지리환경교육학회지*, 10(3), 29-42.

성태제 (2006). 현대 기초통계학의 이해와 적용. 서울: 교육과학사.

안가영, 권오남 (2002). 함수 그래프 과제에서의 오류 분석 및 처치. *수학교육논문집*, 13(1), 337-360.

이진봉, 이기영 (2007). 지구과학 교과서에 사용된 그래프의 유형 및 특징 분석. *한국과학교육학회지*, 27(4), 285-296.

최영순 (2005). 중학생의 과학관련 그래프 작성 능력. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.

황정규 (2006). 학교학습과 교육평가. 서울: 교육과학사.

Bell, A., Brekke, G., & Swan, M. (1987). Diagnostic teaching: 5 graphical interpretations teaching style and their effects. *Mathematics Teaching*, 120, 50-57.

Brasell, H. M. (1990). Graphs, graphing, and graphers. *What Research Says to the Science Teacher*, 6, 69-85.

Connery, K. F. (2007). Graphing predictions. *Science Teacher*, 74(2), 42-46.

Harper, S. R. (2004). Students' interpretation of misleading graphs. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 9(6), 340-343.

Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing:

Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60(1), 1-64.

Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2007). Cognitive aids for guiding graph comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 99(3), 640-652.

McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the Test of Graphing in Science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(17), 571-579.

Mevarech, Z. R., & Kramarsky, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 32(3), 229-263.

Shah P., & Hoeffner, J. (2002). Review of graph comprehension research: Implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14(1), 47-69.

Shah, P., Mayer, R. E., & Hegarty, M. (1999). Graphs as aids to knowledge construction: Signaling techniques for guiding the process of graph comprehension. *Journal of Educational Psychology*, 91(4), 690-702.

Wu, Y., & Wong, K. (2007). Impact of a spreadsheet exploration on secondary school students' understanding of statistical graphs. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 26(4), 355-385.

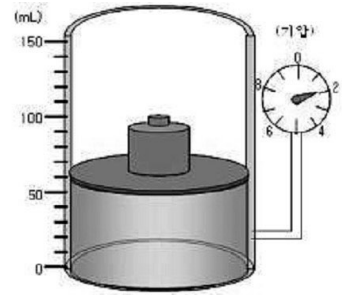
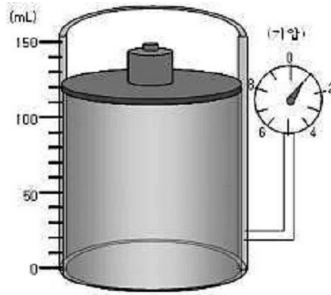
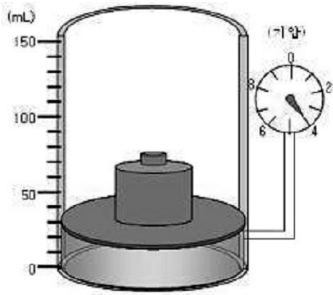
[부록] 그래프 작성 검사

중학생의 그래프 작성 능력 검사지

이 검사는 여러분이 그래프에 대해 얼마나 알고 있는지 알아보기 위한 것입니다. 문항을 잘 읽고, 물음에 답해봅시다.

1학년 ()반 ()번 이름 () (남, 여)

※ 일정량의 기체가 들어 있는 용기의 피스톤에 압력을 가하면서 부피를 측정하였다. 압력에 따른 기체의 부피 변화를 측정한 실험 결과는 아래와 같다.



▶ 실험 결과를 그래프로 그려 보자.