

초등학생들의 과학 선 그래프 작성 및 해석 과정 분석

양수진 · 장명덕[†]

(마동초등학교) · (공주교육대학교)[†]

Analysis of Children's Constructing and Interpreting of a Line Graph in Science

Yang, Su Jin · Jang, Myoung-Duk[†]

(Madong Elementary School) · (Gongju National University of Education)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine elementary school students' characteristics and difficulties in drawing and interpreting a line graph, and to present educational implications. Twenty five students(4th grader: 6, 5th grader: 9, and 6th grader: 10) at an elementary school participated in this study. We used a student's task which was about graphing on a given data table and interpreting his/her graph. The data table was on heating 200mL and 500mL of water and measuring their temperature at regular time intervals. We collected multiple source of data, and data analyzed based on the sub-variables of TOGS. The some results of this study are as follows: First, five children (20.0%), especially two of 10 sixth graders (20.0%), could not construct a line graph about a given data table. Second, twenty students (80.0%) had the ability on 'Scaling axes' and on 'Assigning variables to the axes', however, only a student understood why the time is on the longitudinal axis and the temperature is on the vertical axis. Third, in the case of 'Plotting points', twelve children (48.0%) could draw two graphs on a coordinate. Fourth, in the case of 'Selecting the corresponding value for Y (or X)', twenty student had little difficulty. on 'Describing the relationship between variables', seventeen students (68.0%) understood the relationship between time and temperature of water, and the relationship between temperature and amount of water. Finally, eleven students (44%) had the ability on 'Interrelating and extrapolation graphs.' Educational implications are also presented in this paper.

Key words : elementary school student, graphing ability, graph construction and interpretation

I. 연구의 필요성 및 목적

탐구란 기존의 지식과 탐구 과정 기능을 통해 새로운 지식을 만들어내는 과정으로(교육과학기술부, 2010; Rutherford와 Ahlgren, 1990), 이 과정에서 학생들의 자료 변환 및 자료 해석 능력은 매우 중요한 역할을 한다. 즉, 자료 변환 및 해석은 관찰, 실험, 조사 등을 통해 수집한 자료를 표나 그래프 등으로 변환시키고, 변환된 자료에 담겨진 의미를 파악하고 설명하는 과정 기능으로, 학생들은 이 과정 기능

을 통해 해석된 의미를 토대로 하여 그들 나름의 새로운 지식을 만들어내기 때문이다. 따라서 “표나 그래프 등을 작성하고 해석하는 활동은 과학 학습의 기초를 이루는 중요한 요소(NRC, 1996)이자 과학적 소양 개발을 위한 중요한 학습 활동(AAAS, 1989)으로 간주되고 있다.”(Wu & Krajcik, 2006).

그러나 그래프의 작성 및 해석 능력이 과학 실험, 관찰, 조사 등의 탐구 활동에서 필수 불가결한 요소로서 매우 중요함(김태선, 2003; McKenzie & Padilla, 1986)에도 불구하고, 여러 연구 결과들은 많은 학생

들이 이러한 기능을 습득하지 못하거나 이러한 기능을 습득하는데 어려움을 겪고 있다고 보고하고 있다(Aberg-Bengtsson & Ottosson, 2006; McKenzie & Padilla, 1986). Shaw 등(1983)은 7~12학년 학생들의 선 그래프 능력을 조사한 결과, 학생들이 선 그래프를 구성하거나 해석하는데 어려움을 겪고 있으며, Padilla 등(1986)은 학년이 낮을수록 더 어려움을 겪고 있고 있음을 보이고 있어, 좀 이른 학년 수준에서 선 그래프에 대한 내용을 다룰 필요가 있다고 제안하였다.

이와 같이 과학 수업에서 그래프의 작성 및 해석 능력의 중요성과 학생들이 이러한 기능 부족에 대한 인식을 토대로 우리나라에서도 중·고등학생을 대상으로 한 연구들(김유정 등, 2009; 김태선, 1998; 문충식과 김범기, 1999; 김태선과 김범기, 2002)과 초등학생을 대상으로 한 연구(김명호, 2001; 김진선, 2009; 오영재, 2005; 이재희, 2000)가 꾸준히 이루어지고 있다. 그러나 이들 연구, 특히 초등학생을 대상으로 한 연구들은 주로 과학 탐구 능력, 논리적 사고력 또는 과학 태도와의 상관관계를 조사한 것으로, 선 그래프를 접하는 초기 단계인 초등학교 과학 수업에서 학생들이 그래프 작성 및 해석 과정에서 어떤 특징을 보이며, 어떠한 어려움을 겪고 있는지에 관한 심층적인 연구는 찾아보기 쉽지 않다.

따라서 이 연구는 선 그래프를 본격적으로 접하게 되는 시기인 초등 4~6학년 학생들이 선 그래프의 작성 및 그래프의 해석하는 과정에서 보이는 특징과 어려움을 조사하고 이를 통한 교육적 시사점을 얻고자 수행되었다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

이 연구를 위해 충청지역 A군 소재 B초등학교 4~6학년 각 1개 학급 총 25명의 초등학생이 참가하였으며, 이들의 배경 변인은 표 1과 같다.

B초등학교는 연구자가 근무하는 농어촌 지역 소규모 학교로, 연구자가 개개의 학생들을 대상으로 관찰 및 면담 등의 다양한 방법으로 자료를 수집하고 분석하기 용이하고, 학급당 학생 수가 적어 해당 학년 담임교사들로부터 학생 개개인의 각 교과의 학업 성취 수준은 물론 개인별 행동 발달 특성에 대한 관찰 기록 등 상세한 정보를 얻을 수 있었다.

표 1. 연구 참여 학생의 학년별, 성별 및 과학 학업 수준

학년	성별		과학 학업 성취도			인원수 (비율)
	남	여	상	중	하	
4	2	4	3	1	2	6 (24.0)
5	3	6	3	3	3	9 (36.0)
6	1	9	1	6	3	10 (40.0)
	6	19	7	10	8	25(100.0)

한편, 초등학생들을 대상으로 한 선행 연구들이 대부분 5~6학년 학생들을 대상으로 하고 있으나(김진선, 2009; 오영재, 2005; 이재희, 2000), 이 연구에서는 기초 탐구 과정에서 통합 탐구 과정으로 확대되는 시기인 4학년생들의 그래프 작성 및 해석 능력에 대한 정보도 유익할 것으로 판단하여 연구 대상에 포함시켰다.

2. 활동 과제

이 연구에 참가한 학생들의 선 그래프 작성 및 해석 과정을 분석하기 위해, 그림 1의 활동 과제를 선정하였다. 이 과제는 학생들이 제시된 표(200 mL와 500 mL의 물이 담긴 두 용기를 가열하면서 20초 간격으로 측정된 물의 온도 변화표)를 보고, 이에 대한 그래프를 작성하고 해석하는 것이다. 이 연구의 초기에는 학생들이 직접 실험을 수행하는 활동 과제를 계획하였으나, 인근 C초등학교 4학년 학생들을 대상으로 한 예비 연구에서 실험 과정상의 오류나 오차 등의 문제가 발생하여, 과학교육 전문가 2명과 대학원생 2명과의 논의 결과, 측정 과정을 생략하고, 학생들의 선 그래프의 작성 및 해석 과정에 대한 활동으로만 제한하였다.

활동 과제를 시작하기 전, 학생들에게 이 활동의 목적에 대해 간략히 설명한 후, 활동지의 내용과 작성 방법에 대한 안내를 하였고, 질문을 통해 학생들의 이에 대한 이해 여부를 확인하였다. 이어서 학생들에게 그래프 작성을 위한 모눈종이를 제공하였으며, 과제 수행 시간은 제한하지 않았으나 각 학생들이 활동을 마치는데 소요된 시간은 20분 이내였다.

3. 자료 처리 및 분석

이 연구에서는 학생용 활동지의 기록 내용, 활동 과제 수행 과정에 대한 관찰 및 개별 면담 등의 방법을 통해 자료를 수집하였다. 면담은 총 2회에 걸

※ 다음 표는 물 200mL와 500mL를 가열하고, 20초 간격으로 온도 변화를 측정한 것이다. 물음에 답하시오.

시간(초) \ 물의 양	처음	20	40	60	80	100
200mL	25	29	34	40	50	65
500mL	25	26	28	30	38	60



1. 표의 내용이 잘 드러나도록 알맞은 그래프를 선정하고, 그 이유를 설명해 봅시다.
2. 그래프의 제목을 정하고, 그렇게 정한 이유를 적어 봅시다.
3. 내용이 잘 드러나도록 알맞게 그래프의 축 이름과 눈금 간격을 정하여 봅시다. 또 그렇게 정한 이유를 적어봅시다.
4. 작성한 그래프를 보고 알게 된 점을 모두 적어 봅시다.
5. 그래프를 작성할 때 어려웠던 점을 모두 적어 봅시다.

그림 1. 학생 활동과제

처 이루어졌으며, 1차 면담은 학생들이 활동 과제를 마친 직후 실시하였으며, 필요한 경우 추가 2차 면담을 실시하였다.

자료 분석을 위해 각 학생에게 숫자 코드를 부여하였는데, 예를 들어 ‘학생 4-01’은 4학년 첫 번째 학생이고, ‘학생5-02’는 5학년 두 번째 학생이다. 수집된 자료는 Mckenzie와 Padillar(1986)가 7~12학년 학생들의 그래프 능력을 평가하기 위하여 개발한 TOGS(Test Of Graphing in Science)의 하위 요소를 이용하여 분석하였다(표 2).

표 2와 같이, TOGS는 그래프 작성과 그래프 해석 능력으로 양분되어 있으며, 총 9개의 하위 요소로 이루어져 있으나, 그래프 작성 능력의 ‘적절한 하나의 선 그리기’와 ‘종속변인간 관련짓기’의 두 하위 요소는 분석 항목에서 제외하였다. 왜냐하면 ‘적절한 하나의 선 그리기’ 기능은 여러 가지 데이

터를 그래프에 표현하였을 때, 이로부터 전반적인 경향을 알려주는 하나의 적절한 선을 그릴 수 있는지 알아보는 요소이나, 이 연구에서는 학생들로 하여금 제시된 표를 보고 끄는 선 그래프를 그리고, 해석하는 과정을 분석하는 것이 목적이기 때문이다. 또한 ‘종속변인간 관련짓기’의 경우, 학생 활동 과제가 하나의 좌표 위에 두 개의 그래프를 그리고, 독립변인과 종속변인간의 관계를 진술하는 과제이기 때문이다. 원래 ‘변인간의 관계 진술’은 그래프를 적절하게 설명하는 서술문을 찾을 수 있는지를 알아보는 기능을 말하며, ‘종속변인간 관련짓기’는 서로 관련성이 있는 그래프들이 주어질 때 그 그래프들의 결과를 이용하여 적절한 일반화를 이끌어낼 수 있는지를 알아보는 기능이다.

‘자료 변환하기’는 초등학생을 대상으로 한 선행 연구(오영재, 2005; 이재희, 2000)를 참고하여 명칭

표 2. TOGS의 그래프 작성 및 해석 능력 관련 하위 요소(김태선, 2003)

TOGS	하위 요소	이 연구에서 분석된 하위 요소
그래프 작성 능력	축에 눈금 매기기	축에 눈금 매기기(2)*
	축에 변인 지정하기	축에 변인 지정하기(3)
	점찍기/좌표값 찾기	점찍기 및 좌표값 찾기(4)
	적절한 하나의 선 그리기	-
	자료 변환하기	적절한 그래프로 나타내기(1)
그래프 해석 능력	변인의 대응값 찾기	변인의 대응값 찾기(5)
	내삽과 외삽	내삽과 외삽하기(6)
	변인간의 관계 진술	변인간의 관계 진술하기(7)
	종속변인간 관련짓기	-

*(숫자) : 자료 분석 순서

을 ‘적절한 그래프로 나타내기’로 바꾸어, 학생들이 선 그래프로 그리는지를 분석하였다.

수집된 자료는 ‘적절한 그래프로 나타내기’로부터 시작하여 그래프 작성 및 해석 과정에 따라 차례대로 분석하였으며, 학생들의 요소별 응답 결과에 빈도와 백분을 분석하고 함께, 각 요소별 학생들의 과제 수행 특징과 어려움에 대해 분석하였다.

한편, 학생들이 활동지에 기록한 내용이 모호하거나 면담에서 설명이 일치하지 않는 경우, 학생이 기록한 내용보다는 1차와 2차에 걸친 면담 내용을 위주로 자료를 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 선 그래프 작성 과정에서 보이는 특징과 어려움

1) 적절한 그래프로 나타내기

이 기능은 TOGS의 ‘자료 변환하기’에 해당하는 하위 요소로, 실험 데이터를 보고 적절한 그래프로 나타낼 수 있는지를 알아보는 것이다. 이 연구에서는 제시된 표를 보고 학생 스스로 그래프의 종류를 선택하여 그리게 하고, 해당 그래프를 선택한 이유도 진술하도록 하였다.

표 3과 같이, 이 연구에 참가한 80%(20명)의 학생이 주어진 자료를 변환할 때 선 그래프를 이용하였다. 이들이 선 그래프를 그린 이유는 ‘온도의 변화를 나타내기 위해서’라는 응답(50%)과 ‘더 그리기 쉽기 때문’이라고 응답(50%)으로 양분되었다. 한편, 면담에서 왜 그리기 쉬운지 묻는 질문에는 평소에 이러한 표를 그래프로 나타낼 때 선 그래프를 이용했기 때문이라고 응답하였다. 선 그래프가 더 그리기 쉽기 때문이라고 응답한 학생들의 경우, 평소 수업 시간에 해왔던 것처럼 습관적으로 선 그래프를 선택하기는 하였지만, 왜 선 그래프를 그려야 하는

지에 대한 정확한 이해는 부족하다고 볼 수 있다.

한편, 학생 4학년생 중 1명(4-05)은 막대그래프를 그렸는데, 면담에서 이 학생은 막대그래프를 선택한 이유에 대해 각각 ‘서로 양이 다른 두 개의 물의 온도 변화를 비교해야 하기 때문’이라고 응답하였다. 즉, 작성해야 하는 그래프가 2개 이상일 경우, 비교와 변화 중 비교에 초점을 두었기 때문에 막대그래프를 그렸으며, 비교에 초점을 둔 이유는 온도가 연속적으로 변화한다는 사실을 찾아내지 못하였기 때문이었다.

표 3에서 ‘기타’로 분류된 총 4명의 학생(16.0%, 4-06, 5-04, 6-09 및 6-10)은 어떠한 그래프도 그리지 못하였거나 면담 결과, 다른 학생의 것을 보고 그린 경우이다. 이 학생들은 선 그래프를 그리는 방법을 이해하지 못하고 있을 뿐 아니라, 다음 6학년 학생(6-09)의 면담 내용과 같이 심지어 수업시간에 그래프를 배웠다는 사실조차 기억하지 못하는 경우도 있었다. 해당 학생의 담임교사들과의 면담 결과, 이들이 선 그래프를 그리지 못한 이유는 저학년 때부터 누적되어 온 학습 결손 때문이었다.

연구자 : 그리기 어려웠어?

6-09 : 네?

연구자 : 뭐가 어려웠어? 그래프 그리는 거?

6-09 : 네.

연구자 : 그래프 그리는 거 배운 건 기억나?

6-09 : 아니요.

2) 축에 눈금 매기기

이 요소는 각 눈금 사이의 간격을 일정하게 같은 크기로 나누는가를 알아보는 것으로, 이에 대한 학생들의 응답 결과는 표 4와 같다.

총 25명 중 18명(72%)의 학생이 선 그래프의 가로축과 세로축 모두에 눈금을 제대로 매겼다. ‘1) 적절한 그래프로 나타내기’에서 막대그래프를 그리거나 선 그래프를 제대로 그리지 못한 것으로 분류

표 3. 학생들이 선택한 학년별 그래프의 종류

[*인원수(%)]

유형	학년			계 (n=25)
	4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
선그래프	4(66.7)*	8(88.9)	8(80.0)	20(80.0)
막대그래프	1(16.7)	.	.	1(4.0)
기타 : 그래프를 작성하지 못한 학생	1(16.7)	1(11.1)	2(20.0)	3(16.0)

표 4. ‘축에 눈금 매기기’ 요소에 대한 응답 결과

[*인원수(%)]

유형	학년			계(n=25)
	4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
가로와 세로축의 눈금 모두 제대로 매긴 경우	4(66.7)*	6(66.7)	8(80.0)	18(72.0)
가로축의 눈금만 제대로 매긴 경우	·	·	·	·
세로축의 눈금만 제대로 매긴 경우	·	2(22.2)	·	2(8.0)
막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생	2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)

던 5명(20%)을 제외하면, 20명 중 18명(90%)의 학생이 이에 해당한다.

5학년 학생 2명(5-06과 5-07)은 가로축의 눈금을 매기지 않았는데, 면담에서 왜 가로축에 눈금을 매지지 않았는지에 대한 질문에 대해 두 학생 모두 ‘쓰지 않아도 찾을 수 있기 때문’이라고 답변하였다. 면담에서 이들은 자신이 그린 그래프에서 좌표값을 제대로 찾았고, 종속변인을 나타내는 세로축의 경우에는 눈금을 제대로 매긴 것으로 보아, 이들은 선 그래프 그리기에 필요한 눈금 매기기의 기능이 발달한 것으로 판단된다.

특이한 점은 그림 2와 같이 학생 5-09의 경우, 그래프의 가로축을 모눈종이 위쪽에 표시하였으며, 세로축은 밑에서부터 눈금을 매기기 시작하여 가로와 세로축이 만나는 가장 위쪽까지 눈금을 매겼다. 그래프의 가로축을 모눈종이 위쪽에 표시한 이유를 묻는 면담 질문에 대해 ‘특별한 이유가 없다’고 응답하였으나, 이 학생이 작성한 그래프의 아래쪽에

물의 양(200 mL와 500 mL)을 표시한 것으로 보아 물의 양이라는 독립 변인에 초점을 두려고 한 의도로 파악된다.

한편, 학생 4-03은 종속 변인을 나타내는 세로축을 100℃까지 매겼는데, 다음 면담 내용과 같이 ‘처음 그래프를 배웠을 때 축의 눈금을 끝까지 다 썼기 때문’이라고 하였다. 즉, 선 그래프의 축에 눈금 매기는 방법을 배우기는 하였지만, 제시된 표의 값을 토대로 어느 정도 눈금까지 필요한지에 대해서는 깊이 생각하지 않고 축에 눈금을 매겼다.

연구자 : 눈금을 보니까 5도씩 늘어나네. 왜 5도씩 늘어난게 했어?

4-03 : 처음에 10도씩 했는데 10도씩은 너무 많아서 5도로 했는데, 5도도 좀 많아서 3도로 했는데, 3도는 안 맞아서 그냥 5도로 했어요.

연구자 : 왜 (세로축의) 숫자는 끝까지 다 쓴 거야?

4-03 : 처음 그래프 배울 때 다 써가지고요.

연구자 : 음. 배운 대로?

4-03 : 네.

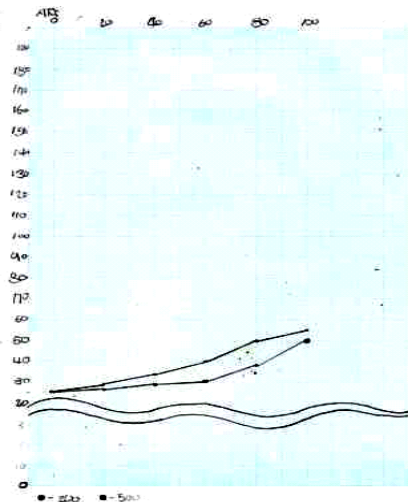


그림 2. 학생 5-09가 그린 그래프

3) 축에 변인 지정하기

이 하위 요소는 학생들이 실험에서 나타난 변인들을 알고, 독립변인과 종속변인을 올바르게 이해하고 있는지 알아보기 위한 것이다.

‘1) 적절한 그래프로 나타내기’에서 막대그래프를 그리거나 선 그래프를 제대로 그리지 못한 것으로 분류된 5명(20%)을 제외한, 20명의 학생 모두(80%) 그래프의 가로축에 시간 그리고 세로축에 온도를 나타내었다. 하지만 면담 결과 표 5와 같이, 5학년 학생 1명(5-05)만이 독립변인과 종속변인의 관계에 대한 이해와 함께 왜 가로축에는 시간을, 세로축에는 온도를 나타내야 하는지에 대해 정확히 이해하고 있었다. 그 외 나머지 학생들은 물의 온도 변화라는 종속 변인만 이해했을 뿐, 종속 변인에 영

표 5. ‘축에 변인 지정하기’ 요소에 대한 응답 결과

[*인원수(%)]

유형	학년			계(n=25)
	4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
독립변인과 종속변인 모두 이해함	·	1(11.1)	·	1(4.0)
종속변인만 이해함	3(50.0)	5(55.6)	5(50.0)	13(52.0)
모두 이해하지 못함	1(16.7)	2(22.2)	3(30.0)	6(24.0)
막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생	2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)

향을 준 독립 변인은 찾아내지 못하거나(60%), 둘 중 하나도 찾아내지 못한 경우(16%)도 있었다.

연구자 : 가로를 시간, 세로를 온도로 한 이유가 있어?
 5-05 : 세로를 시간으로 잡으면 (그래프를 90° 돌리면서) 이렇게 해야 하잖아요.
 연구자 : 그러면 왜 시간이 가로로 가야해?
 5-05 : 여기서는 시간마다 변화하는 온도 차이를 알려고 하는 거잖아요. 그러면 이 시간대로 써서 온도 변화가 얼마나 일어나는지 알기 위해서요.

총 20명의 학생이 작성한 선 그래프를 보면, 가로축과 세로축의 변인을 제대로 지정하고 그래프에 알맞은 제목을 정하였지만, 학생 4-04, 5-01 및 5-03의 면담 내용과 같이, 왜 가로축에는 시간을, 세로축에는 온도를 잡아야 하는지에 대한 정확한 이해가 부족한 것으로 나타났다. 즉, 학생들은 그래프를 작성할 때에는 가로와 세로축에 알맞게 변인을 지정하였지만, 이는 독립변인과 종속변인에 대해 이해하지 못한 상태에서 단지 익숙하거나 편리하다는 이유만으로 제시된 표를 보고 가로와 세로축의 변인을 지정한 것이다.

연구자 : 그런데, 여기를 시간, 여기를 온도로 했네. 왜 그렇게 했어?
 4-04 : (생각 중) (중략)
 4-04 : 이렇게 하는 게 더 나을 것 같아서요.
 연구자 : 어떤 점이 나을 것 같아? 뭔가 편리한 점이 있을까?
 4-04 : 평상시에도 이렇게 많이 그랬어요.
 연구자 : 세로를 온도로 잡았구나. 세로를 온도로 잡은 이유는?
 5-01 : 칸이 더 많아서 차이가 많기 때문에, 더 확실하게 표시할 수 있기 때문에.

연구자 : 여기를 온도로 했으면 좀을 것 같아?
 5-01 : 네.

연구자 : 왜 여기를 시간으로, 여기를 온도로 잡았어?
 5-03 : 여기가 온도는 안 될 것 같아서요.
 연구자 : 그래프가 안 그려질 것 같아?
 5-03 : 네.

4) 점찍기 및 좌표값 찾기

이 기능은 그래프 상에 위치한 어떤 지점의 좌표값을 찾거나 그래프에 점을 찍는 기능으로, 이 연구에서 학생들의 활동 과제는 하나의 좌표에 200 mL와 500 mL의 온도 변화를 나타내는 두 개의 선을 그리는 것이며, 이에 대한 응답 결과는 표 6과 같다.

표 6과 같이, 총 25명 중 12명(48.0%)의 학생이 적절하게 과제를 수행하였다. 그림 3과 같이, 6명(24.0%)의 학생은 두 개의 그래프를 하나의 좌표 위에 그리지 않고 두 개의 좌표 위에 그렸다. 다음 학생 4-01과 5-01의 면담 내용과 같이, 그 이유를 묻는 면담 질문에 대해 5명의 학생은 ‘같이 그리면 헷갈리기 때문’이라고 응답하였으며, 1명의 학생은 그래프를 따로 그려야 두 그래프의 차이를 더 쉽게 알 수 있기 때문이라고 응답하였다.

연구자 : 아까 보니까 200 mL와 500 mL의 그래프를 따로 그렸어. 왜 따로 그렸어?
 4-01 : 같이 그리면 헷갈리니까요.
 연구자 : 200 mL와 500 mL의 그래프를 따로 그리 이유가 있어?
 5-01 : 200 mL랑 500 mL의 차이를 알기 위해서요.
 연구자 : 그럼 이렇게 하면 차이가 더 잘 보여?
 5-01 : 네.

한편, 표 6에서 ‘기타’에 해당하는 2명(8.0%, 4-05

표 6. ‘점찍기 및 좌표값 찾기’에 대한 응답 결과

[*인원수(%)]

유형	학년			계(n=25)
	4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
하나의 좌표 위에 찍기	1(16.7)	3(33.3)	8(80.0)	12(48.0)
두 개의 좌표 위에 찍기	2(33.3)	4(44.4)	·	6(24.0)
기타	1(16.7)	1(11.1)	·	2(8.0)
막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생	2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)

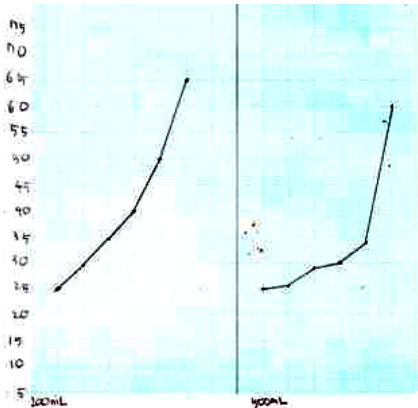


그림 3. 학생 5-06이 그린 그래프

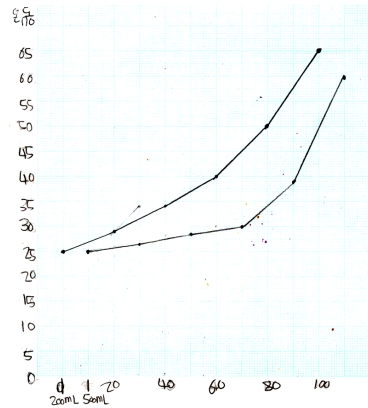


그림 5. 학생 5-08이 그린 그래프

와 5-08)은 두 개의 그래프를 하나의 좌표 위에 그렸으나, 시간을 나타내는 좌표값을 가로축과 수직이 되는 하나의 직선 위에 찍지 않고, 200 mL와 500 mL를 구분하여 찍었다. 즉, 그림 4 및 그림 5와 같이, 그래프의 세로축은 하나로 공유하고 있으나, 가로축이 2개인 그래프를 그린 것이다.

이에 대해 학생 4-05는 단순히 헛갈리지 않기 위해서라고 응답하였으며, 학생 5-08은 모눈종이의 공간이 부족할까봐 하나의 좌표에 같이 그렸다고 응답하였다. 이 학생들의 경우는 ‘하나의 좌표 위에

찍기’와 ‘두 개의 좌표 위에 찍기’의 중간 이해 단계에 있다고 판단된다. 다음 학생 5-08의 면담 내용과 같이, 이들은 선 그래프의 가로축과 세로축이 연속적인 값을 가진다는 것을 제대로 이해하지 못하고, 각각 독립되어 있는 시간에서 물의 온도를 측정 한 후 하나의 좌표 위에 나타낸 것으로 보인다.

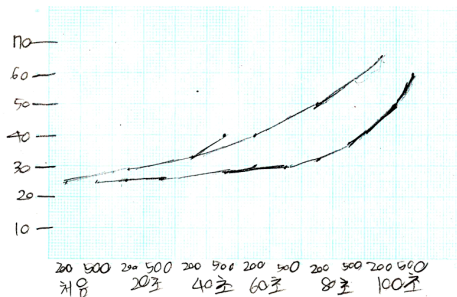


그림 4. 학생 4-05가 그린 그래프

연구자 : 어떤 것이 200 mL 그래프이고, 어떤 것이 500 mL 그래프야?

5-08 : 여기 시간에 점이 되어 있는 것이 200 mL이고, 사이에 있는 것이 500 mL예요.

연구자 : 여기가 20초이고 여기가 40초라면 사이가 30초야냐? 그럼 여기가 30초일 때 온도야?

5-08 : 아니요.

연구자 : 그럼 이어지는 것이 아냐?

5-08 : 네.

연구자 : 그럼 그래프를 한 군데다 같이 그린 이유는?

5-08 : 길기 때문에. 꺾은선 그래프는 가로로 가기 때문에 자리가 부족할 것 같아서요.

특이한 점은 그림 4~그림 6 및 표 7과 같이, 선 그래프를 작성할 수 있었던 20명 중 17명(68.0%)의

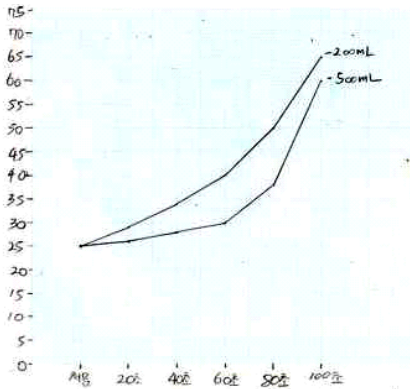


그림 6. 학생 6-06이 작성한 그래프

학생이 그래프 눈금의 시작점, 특히 시간의 변화를 나타내는 가로축에 시작점을 찍는 것에 어려움을 보였다. 면담 결과, 이들은 표에 제시된 처음 기록 시간이 '0초'가 아닌 '처음'이라고 제시되어 있어서 또는 아래 학생 6-06의 면담 내용과 같이 단순히 보기 좋게 하기 위해서 좌표축의 한 지점을 0으로 지정하고 그래프를 작성하였다고 응답하였다.

연구자 : 처음은 0초인데 여기서 시작한 이유는?
 6-06 : 처음을 여기에 잡으면 표가 시작하는 게 중간이 되잖아요. 그래서 아무래도 구석보다 가운데 있는 것이 보기가 편할 것 같아서요.

2. 선 그래프 해석 과정에서 보이는 특징과 어려움

1) 변인의 대응값 찾기

이 하위 요소는 그래프의 x값이나 y값이 주어질 때 그에 대응하는 y값이나 x값을 찾을 수 있는지 알아보는 기능이다. 학생들은 x값이 주어졌을 때는 가로축과 수직인 가상의 선을 따라 쉽게 y값을 찾았으나, 반대로 y값이 주어졌을 때는 x값을 찾는데 어려움을

느끼고 제대로 찾지 못하였다. 하지만 반복 질문을 한 결과, '1) 적절한 그래프로 나타내기'에서 막대그래프를 그리거나 선 그래프를 제대로 그리지 못한 것으로 분류된 5명(20%)을 제외한, 21명의 학생 모두 (80.0%) y값이 주어졌을 때에도 쉽게 x값을 찾는 것으로 보아, 익숙한 문제와 낯선 문제의 차이인 것으로 생각된다. 이 하위 요소는 선행 연구들(김명호, 2001; 오영재, 2005; 이재희, 2000)에서도 각각 평균 75.50%, 83.7% 및 99%의 매우 높은 정답률을 보였다.

2) 내삽과 외삽하기

이 하위 요소는 주어진 데이터로부터 제시된 경향을 확인할 수 있는지 알아보는 것으로, 이에 대한 분석 결과는 표 8과 같다. 이 요소는 면담에서 내삽과 외삽 관련 질문에 대한 학생들의 응답을 바탕으로 분석한 것이다.

내삽의 경우, 학생 4-01의 면담 내용과 같이, 두 개의 좌표값의 평균을 계산하거나 학생 4-04의 면담 내용과 같이, 그래프의 선에서 찾는 두 가지 방식을 이용하였다. 외삽의 경우에는 학생 4-01의 면담 내용과 같이 좌표값이 늘어나는 경향을 보고 그래프의 선을 연장하여 늘어나는 경향으로 찾았다.

연구자 : 500 mL를 10초만 가열했어. 몇 도일까?
 4-이 : 25.5°C요.
 연구자 : 왜?
 4-이 : 20초 가열했으면 1도가 올랐기 때문에 거기서 나누기 2를 하면.
 연구자 : 그래서 0.5°C 오른 거야?
 4-이 : 네.
 연구자 : 그럼 이번에는 120초 가열했어. 그럼 200mL는 몇 도일까?
 4-이 : 90°C요.
 연구자 : 왜 그렇게 생각했어?
 4-이 : (그래프를 가리키며) 시간이 벌어질수록 온도가 늘어났기 때문이에요.

표 7. 그래프 눈금의 시작점에 대한 응답 결과

[*인원수(%)]

유형	학년			계(n=25)
	4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
가로축 눈금의 시작점을 제대로 찍은 경우	1(16.7)*	1(11.1)	1(10.0)	3(12.0)
가로축 눈금의 시작점을 제대로 찍지 못한 경우	3(50.0)	7(77.8)	7(70.0)	17(68.0)
막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생	2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)

표 8. ‘내삽과 외삽하기’ 기능에 대한 응답 결과

[*인원수(%)]

	유형	학년(인원수)			계(n=25)
		4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
내삽	그래프의 선에서 찾기	1(16.7)	8(88.9)	6(60.0)	15(60.0)
	두 개의 좌표값의 평균으로 찾기	2(33.3)	·	1(10.0)	3(12.0)
	찾지 못함	1(16.7)	·	1(10.0)	2(8.0)
막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생		2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)
외삽	그래프의 선을 연장해 찾기	1(16.7)	7(77.8)	4(40.0)	12(48.0)
	찾지 못함	3(50.0)	1(11.1)	4(40.0)	8(32.0)
	막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생	2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)

연구자 : 200을 10초 가열했습니다. 몇 도 됐을까?

4-04 : 20...29도?

연구자 : 왜 29도라고 생각했어?

4-04 : 아. 28도.

연구자 : 왜 28도라고 생각했어?

4-04 : (그래프를 가리키며) 처음하고 20초 중간을 해 보면 5칸으로 나뉘지는데 5칸 했을 때 이렇게 가보네요.

연구자 : 거기랑 만나? 28도 정도?

4-04 : 네

내삽과 외삽에 대한 면담 질문에 대해 선 그래프를 이용하여 답변한 경우에는 학생들이 선 그래프의 특성을 이해하고 있다고 할 수 있는 반면, 두 개의 좌표값에서 평균값을 이용하여 내삽하는 경우에는 선 그래프의 특성을 이해하고 있다고 보기 어렵다. 이 연구에 참가한 총 25명 중 11명(44%, 5학년: 7명, 6학년: 4명)이 선 그래프를 이용하여 내삽과 외삽을 할 수 있었다.

총 25명 중 3명의 학생(4-01, 4-03 및 6-06)은 두 개의 좌표값에서 평균값을 이용하여 내삽하였으나, 그 중 4학년 학생 1명(4-01)만 외삽의 경우 선 그래프를 이용하여 구하였으며, 나머지 3명은 찾지 못하였다.

25명의 학생 중 4명(4-04, 5-01, 6-05 및 6-07)은 선 그래프를 이용하여 내삽을 하였으나, 다음 학생 5-01의 면담 내용과 같이 외삽의 경우에는 그래프에서 해당 값을 찾지 못하였다.

연구자 : 200 mL를 120초간 가열하면 몇 도일까?

5-이 : 70℃정도요.

연구자 : 왜 하필 70℃라고 생각했어?

5-이 : 잘 모르겠는데요.

연구자 : 그냥 떠오르는 대로 말한 거야?

5-이 : 네.

그 외 나머지 2명의 학생(4-02, 6-08)은 내삽 및 외삽 어느 것도 찾지 못하였으며, 면담 결과 ‘그에 해당하는 좌표값이 표시되어 있지 않아서’라고 하였다. 즉, 표에 제시된 값을 질문했을 때에는 그에 해당하는 대응값을 제대로 찾았으나, 제시되지 않은 값을 질문했을 때에는 찾지 못하는 것으로 보아 그래프의 경향을 파악하지 못한 상태에서 제시된 좌표값만 읽을 수 있는 경우이다.

표 8과 같이, 이 연구에 참가한 학생들은 내삽(60.0%)보다는 외삽(48.0%)에 더 큰 어려움을 겪었다. 위 학생 6-08과 다음 학생 6-07의 면담 내용을 통해 볼 때, 이들이 어려움을 겪는 이유는 내삽의 경우에는 선 그래프의 선을 보고 대응값을 찾으면 되지만, 외삽의 경우에는 해당값이 그래프 상에 나타나 있지 않기 때문이었다.

연구자 : 질문 중에 어려운 점 있었어?

6-07 : 120초 가열하면 몇 도인가 묻는 거요.

연구자 : 왜?

6-07 : 아무것도 없는데 추측해야 하니까요.

연구자 : 그러면 보면서 좌표값 찾는 건 어렵지 않았어?

6-07 : 네.

한편, 다른 하위 요소들과는 달리, 다음의 ‘3) 변 인간의 관계 진술하기’와 ‘2) 내삽과 외삽’ 하위 요소의 경우, 5학년 학생들과 6학생들을 비교한 선행 연구들(김명호, 2001; 오영재, 2005)의 연구 결과와는 달리, 5학년 학생이 6학년 학생보다 과제를 정확

히 수행한 학생의 비율이 상대적으로 높았다. 이는 이 하위 요소의 경우, 선행 연구들에서 남·여 학생 간 차이가 없으나(김명호, 2001; 오영재, 2005), 과학 성적 변인에서 가장 높은 차이를 보여(김명호, 2001), 아마도 이 연구에 참여한 두 학년 간의 과학 학습성취도 차이의 영향인 것으로 추정된다(표 1 참조).

3) 변인간의 관계 진술하기

이 하위 요소는 독립변인과 종속변인간의 관계를 진술할 수 있는지에 대한 것이다. 이 연구에서 학생들이 그려야 할 선 그래프는 시간 변화에 따른 물의 온도 변화와 물의 양에 따른 온도 변화의 차이를 함께 나타내는 것이며, 이 하위 요소에 대한 학생들의 응답 결과는 표 9와 같다.

표 9와 학생 4-01의 면담 내용과 같이, 총 25명의 학생 중 17명(68.0%)이 ‘시간’과 ‘물의 양’에 따른 물의 온도 변화 모두를 이해하고 있었다. 이는 상당수의 학생들이 독립변인과 종속변인을 구별하는데 어려움이 있기는 하지만, 둘 사이의 관계를 이해하는 데는 별 어려움이 없음을 시사한다. 이러한 연구 결과는 초등학교를 대상으로 한 선행 연구들(김명호, 2001; 김진선, 2009; 오영재, 2005; 이재희, 2000) 모두에서 ‘축에 변인 지정하기’보다 ‘변인간의 관계 진술’에서 높은 정답률을 보인 것과 일치하는 결과이다.

연구자 : 그래. 그럼 두 그래프의 경론이 뭐까? 왜 200 mL와 500 mL 두 개나 가열했을까?
 4-이 : 물의 양에 따른 온도변화를 알아보기 위해서.
 연구자 : 그럼 그거를 생각해서 이 그래프의 경론이 뭐까? 실험한 경론?
 4-이 : (생각 중)
 연구자 : 물의 양, 시간의 변화, 온도의 변화. 무슨 관계가 있을까?

4-이 : (생각 중)
 연구자 : 물의 양에 따라 변하는 게 다르다고 했잖아. 어떻게 달랐어?
 4-이 : 물의 양이 적을수록 온도가 더 높아졌어요.
 연구자 : 그럼 애 네를 계속 끓이면 몇 도까지 올라갈까?
 4-이 : 100도. 물은 100도에서 끓어서 더 이상 올라가지 않아서.
 연구자 : 그래. 그러면요, 시간하고 온도하고 무슨 관계가 있을까?
 4-이 : 시간이 오래갈수록 온도가 더 높아진다.

특이한 점은 다음 면담 내용과 같이, 학생 4-03은 시간과 온도 변화의 관계는 바르게 이해하고 있었으나, 물의 양이 많을수록 온도 변화가 더 크다고 이해하고 있었다. 즉, 초반에는 물의 양이 많아서 끓는데 오랜 시간이 걸린 것이며, 시간이 지날수록 온도가 더 빨리 증가한다고 대답하였다. 이 학생은 그래프를 이용하여 내삽을 하였으나, 외삽의 경우에는 찾지 못하였는데, 자신의 생각이 자료 해석에 영향을 미치는 자료 해석의 이론 의존성을 보인 경우라고 볼 수 있다.

연구자 : 그럼 시간하고 온도하고 무슨 관계가 있는 것 같아?
 4-03 : 시간이 지나면 지날수록 온도의 변화가 더 심해질 것 같아요.
 연구자 : 그럼 200 mL, 500 mL의 그래프를 보고 알 수 있는 사실, 두 그래프의 경론이 뭐까?
 4-03 : 물의 양이 더 많은 것이 온도가 더 많이 올라간다.
 연구자 : 그런데 처음에는 온도가 더 적게 증가했는데?
 4-03 : 물의 양이 많아서 끓는데 오래 걸려서요.

학생 6-05는 시간과 온도의 관계를 묻는 질문에 대해 처음에는 잘 모른다고 대답하였으나, 그래프

표 9. ‘변인간의 관계 진술하기’에 대한 응답 결과 [*인원수(%)]

유형	학년			계(n=25)
	4(n=6)	5(n=9)	6(n=10)	
‘시간’과 ‘물의 양’에 따른 물의 온도 변화 모두 이해	2(33.3)	8(88.9)	7(70.0)	17(68.0)
‘시간’ 변화에 따른 물의 온도 변화만 이해	1(16.7)	.	1(10.0)	2(8.0)
‘물의 양’에 따른 물의 온도 변화만 이해
위 두 가지 모두 이해하지 못한 학생	1(16.7)	.	.	1(4.0)
막대그래프 작성 또는 그래프를 작성하지 못한 학생	2(33.3)	1(11.1)	2(20.0)	5(20.0)

를 가리키며 다시 문자 시간과 온도 변화와의 관계에 대해 진술하였다. 그러나 물의 양과 온도 변화는 아무런 관계가 없다고 답변하였다. 즉, 가로축과 세로축에 표시된 변인들 사이의 관계에 대해서는 이해하는데 어려움이 없으나, 가로축이나 세로축에 표시되지 않은 변인들 사이의 관계에 대해서는 이해하는데 어려움을 보였다.

- 연구자 : 시간의 변화, 온도의 변화는 무슨 관계가 있을까?
 6-05 : 잘 모르겠어요.
 연구자 : 그럼 이 그래프의 경론이 뭐지?
 6-05 : 물의 온도는 시간마다 달라진다.
 연구자 : 어떻게 달라지는 거야?
 6-05 : 시간이 갈수록 온도도 올라간다.
 연구자 : 그럼 200mL와 500mL는 어떻게 다를까?
 6-05 : 잘 모르겠어요.
 연구자 : 물의 양은 크게 중요하지 않은 것 같아?
 6-05 : 네.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서 나타난 초등 4~6학년 학생들의 선 그래프 작성 및 해석 과정에서 보이는 특징과 어려움 그리고 이에 대한 교육적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 이 연구에 참여한 총 25명의 학생 중 5명(20.0%), 특히 6학년 학생 10명 중 2명(20.0%)이 제시된 표를 보고 적절한 그래프를 작성하지 못하였다. 실험, 관찰, 조사 등의 탐구 활동에서 그래프의 작성 및 해석 능력의 중요성(김태선, 2003; McKenzie & Padilla, 1986)을 고려할 때, 이 학생들은 과학 교과 학습에서 큰 어려움을 겪을 것으로 예상된다. 따라서 선 그래프 작성 능력이 부족한 학생들을 파악하고, 적절한 교육적 활동을 제공할 필요가 있다. 예를 들어, 학생들의 자료 변환 및 해석 능력은 장기간에 걸쳐 개발되는 능력이라는 점(Roth & Brown, 1995; Roth & McGinn, 1997, 1998) 그리고 반복적인 활동 과제 수행이 효과적이라는 점(Wu & Krajcik, 2006)을 토대로, 제시된 자료가 갖는 특성을 정확히 파악하고, 그에 적합한 그래프를 선택하는 장기간의 반복적인 활동 프로그램 개발이나 적용이 고려될 수 있다.

둘째, 선 그래프 작성의 하위 요소 중 ‘축의 눈금 매기기’와 ‘축의 변인 지정하기’ 기능은 선 그래프를 작성할 수 있었던 20명 모두 바르게 인식하고 있

었다. 그러나 ‘축의 변인 지정하기’와 관련하여 대부분의 학생(20명)이 그래프의 가로축과 세로축에 알맞게 변인을 지정하였지만, 이는 단지 익숙하거나 막연히 편리하다는 이유만으로 제시된 표를 보고, 가로와 세로축의 변인을 지정한 것이다. 즉, 왜 가로축에는 시간을, 세로축에는 온도를 잡아야 하는지에 대한 정확한 이해가 부족함을 보였다. 한편 이 연구에 참가한 25명 중 1명(4.00%)만이 독립변인과 종속변인을 정확하게 이해하고 있었고, 대부분 물의 온도 변화라는 종속변인만 이해하고 있었다. 이러한 사실은 그래프 작성 과정에서 교사의 안내에 따른 독립 변인과 종속 변인을 찾는 활동이 필요함을 시사한다.

셋째, 선 그래프 작성의 하위 요소 중 ‘점찍기와 좌표값 찾기’의 경우, 6명(24.0%)의 학생은 두 개의 그래프를 하나의 좌표 위에 그리지 않고, 두 개의 좌표 위에 그렸다. 그 이유는 ‘같이 그리면 헛갈리기 때문’이거나 ‘그래프를 따로 그려야 두 그래프의 차이를 더 쉽게 알 수 있기 때문’이었다. 2명의 학생(8.0%)은 두 개의 그래프를 하나의 좌표 위에 그렸으나, 시간을 나타내는 좌표값을 가로축과 수직이 되는 하나의 직선 위에 찍지 않고, 물의 양(200 mL와 500 mL)를 구분하여 찍었다. 이에 대해 ‘단순히 헛갈리지 않기 위해서’ 또는 ‘모눈종이의 공간이 부족할까봐 하나의 좌표에 같이 그렸다’고 응답하였는데, 이 학생들의 경우는 ‘하나의 좌표 위에 찍기’와 ‘두 개의 좌표 위에 찍기’의 중간 이해 단계에 있다고 판단된다. 특이하게도 17명(68.0%)의 학생이 그래프 눈금의 시작점, 특히 시간의 변화를 나타내는 가로축에 시작점을 찍는 것에 어려움을 보였다. 이는 표에 제시된 처음 기록 시간이 ‘0초’가 아닌 ‘처음’이라고 제시되어 있어서 또는 단순히 보기 좋게 하기 위해서 좌표축의 한 지점을 0으로 지정하고 그래프를 작성하였기 때문으로, 가로축과 세로축의 눈금의 시작점에 대한 학습이 이루어질 필요가 있음을 시사한다. 또한 학생들은 ‘점찍기 및 좌표값 찾기’ 하위 요소와 관련하여 일부 학생들이 언급한 어려움은 모눈종이의 눈금이 너무 작기 때문에 눈금을 나누고 셀 때 또는 점찍기가 어렵다는 것이다. 따라서 초등학생에게 그래프 작성을 위한 모눈종이를 제공할 때에는 눈금의 크기를 고려할 필요가 있다.

넷째, 선 그래프 해석의 하위 요소 중 ‘변인의 대응값 찾기’ 기능은 선 그래프를 작성할 수 없었던 5명

을 제외한 모든 학생이 별 다른 어려움을 겪지 않았다. ‘변인간의 관계 진술하기’의 경우, 총 25명의 학생 중 17명(68.0%)이 ‘시간’과 ‘물의 양’에 따른 물의 온도 변화 모두를 이해하고 있었다. 이는 초등학교를 대상으로 한 선행 연구들(김명호, 2001; 김진선, 2009; 오영재, 2005; 이재희, 2000)의 연구 결과를 고려할 때, 많은 학생들이 독립변인과 종속변인을 구별하는데 어려움이 있기는 하지만, 변인들 사이의 관계를 이해하는 데는 별 어려움이 없음을 시사한다. 특히하게도 4학년 학생 1명은 물의 양이 많을수록 온도 변화가 더 크다고 이해하고 있었다. 즉, 초반에는 물의 양이 많아서 끓는데 오랜 시간이 걸린 것이며, 시간이 지날수록 온도가 더 빨리 증가한다고 생각하였다. 이 학생은 그래프를 이용하여 내삽은 하였으나 외삽의 경우에는 찾지 못하였는데, 자신의 생각이 자료 해석에 영향을 미치는 자료 해석의 이론 의존성을 보인 경우라고 볼 수 있다. 한편, 6학년 학생 1명은 가로축과 세로축에 표시한 변인들 사이의 관계에 대해서는 이해하는데 어려움이 없으나 가로축이나 세로축에 표시되지 않은 변인들 사이의 관계에 대해서는 이해하는데 어려움을 보였다.

다섯째, 선 그래프 해석의 하위 요소 중 ‘내삽 및 외삽하기’의 경우, 선 그래프를 그릴 수 있었던 총 20명의 학생 중 11명(44%)이 선 그래프를 이용하여 내삽과 외삽을 할 수 있었다. 총 20명 중 3명(12.0%)은 내삽의 경우에는 두 개의 좌표값의 평균 계산 방식을 이용하여 찾았으나, 외삽의 경우에는 선 그래프를 이용하거나 찾지 못하였으며, 다른 4명(16.0%)은 선 그래프를 이용하여 내삽을 하였으나, 외삽의 경우에는 그래프에서 해당 값을 찾지 못하였다. 나머지 2명(8.0%)은 내삽 및 외삽 어느 것도 찾지 못하였다. 전반적으로 이 연구에 참가한 학생들은 내삽보다는 외삽에 어려움을 겪고 있는 것으로 나타났다. 그 이유는 내삽의 경우에는 선 그래프의 선을 보고 대응값을 찾으려 하지만, 외삽의 경우에는 그래프를 연장하여 그래프에 드러나지 않은 값을 찾아야 하기 때문이었다. 이는 ‘내삽 및 외삽하기’의 경우, 학생들에게 선 그래프의 특성 및 그 이용에 대한 이해를 도모하는 교사의 안내가 필요하며, 특히 외삽의 경우에는 그래프의 선을 연장하여 해당되는 값을 찾으려 하는 활동이 그래프 해석 과정에 포함될 필요가 있음을 시사한다.

참고문헌

- 교육과학기술부(2010). 초등학교 과학 3-1 교사용지도서. 서울: 금성출판사.
- 김명호(2001). 초등학교의 그래프 작성·해석 능력과 과학 탐구 능력에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김유정, 최길순, 노태희(2009). 고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 과정에서 나타난 오류. 한국과학교육학회지, 29(8), 978-989.
- 김진선(2009). 초등학교 5학년 학생들의 그래프 작성 및 해석 능력과 논리적 사고력과의 관계. 청주교육대학교 석사학위논문.
- 김태선(1998). 고등학생들의 과학 관련 그래프 해석 능력. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 김태선(2003). 중고등학생들의 과학관련 선그래프의 정보이해과정 분석. 한국교원대학교 박사학위논문.
- 김태선, 김범기(2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. 한국과학교육학회지, 22(4), 768-778.
- 문충식, 김범기(1999). 힘과 운동 관련 선 그래프 해석과 이해에 관한 학생들의 오류 유형 검사 도구의 개발. 한국물리학회지, 17(2), 166-176.
- 오영재(2005). 초등학교의 과학 그래프 작성과 해석 능력 조사. 대구교육대학교 석사학위논문.
- 이재희(2000). 초등학교의 그래프 능력과 논리적 사고력, 과학탐구능력 및 과학에 관한 태도와의 관계. 서울교육대학교 석사학위논문.
- Åberg-Bengtsson, L. & Ottosson, T. (2006). What lies behind graphicacy? : Relating students' results on a test of graphically represented quantitative information to formal academic achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 43-62.
- 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(7), 571-579.
- Padilla, M. J., McKenzie, D. L. & Shaw, E. L. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20-26.
- Roth, W. M. & Bowen, G. M. (1995). Knowing and interacting: A study of culture, practice, and resources in a grade 8 open-inquiry science classroom guided by a cognitive apprenticeship metaphor. *Cognitive and Instruction*, 13(1), 73-128.
- Roth, W. M. & McGinn, M. K. (1997). Graphing: Cognitive ability or practice?. *Science Education*, 81(1), 91-106.
- Roth, W. M. & McGinn, M. K. (1998). Inscriptions: Toward a theory of representing as social practice. *Review of Edu-*

cational Research, 68(1), 35-59.

Rutherford, F. J. & Ahlgren, A. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford.

Shaw, E. L., Padilla, M. J., McKenzie, D. L. & Shaw, E. L. (1983). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in

Science Teaching Dallas. [김태선(2003). 중고등학생들의 과학관련 선그래프의 정보이해과정 분석. 한국교원대학교 박사학위논문.]에서 재인용.

Wu, H.-K. & Krajcik, J. S. (2006). Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms : A case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 63-95.