

지구과학 교과서에 사용된 그래프의 유형 및 특징 분석

이진봉 · 이기영*

의정부과학고등학교 · 강원대학교

Analysis of Graph Types and Characteristics Used in Earth Science Textbooks

Lee, Jinbong · Lee, Kiyoung*

Uijeongbu Science High School · Kangwon National University

Abstract: Graph is a major aspect of science textbooks. In this study, we investigated graph types and characteristics used in high school earth science subject by comparative analysis of science textbooks. The results of the analysis revealed that line graph and contour map was the most widely used graph types in earth science. Among line graphs, multiple line graph and YX graph was dominant. Comparing earth science graphs with other science graphs, earth science graphs exhibited superior in the number and variety. In earth science graphs, the portion of line graph was small, but the portion of contour map and scatter graph was larger than that of other science graphs. YX graph was the most specific graph type in earth science textbooks. The results of our study have implications for reform in function and structure of graph. We suggest that future studies be focused on students' ability of earth science graph interpretation.

Key words: graph, earth science, graph type, textbook analysis

I. 서론

과학은 실제적이고 구체적인 자연 세계를 탐구하고 인식이 가능한 범위 내에서 조직하여 의미 있는 형태로 조직화하는 행위라고 볼 수 있다. 이러한 조직화 작업은 과학자 사회와 학생들을 비롯한 일반 대중들에게 효과적이고 경제적으로 표현되기 위해서 표나 그래프, 방정식과 같은 수단을 필요로 하게 된다. 따라서 표나 그래프 등에 대한 이해는 현상과 실제 세계를 쉽고 제대로 이해하기 위한 통로가 되며, 이것이 과학 교육에서 그래프가 중요한 이유이기도 하다.

그래프란 각종 통계 자료나 변수들 간의 관계를 나타낸 그래픽 표현물(graphic representations)로서 수학, 과학, 통계학과 같은 자연 과학 분야는 물론 지리학, 경제학, 경영학 등의 인문 사회 과학 분야에서도 폭넓게 사용된다. 그래프는 한 개 이상의 양적인 척도가 표현된 1~3개의 직선 및 원형 축이 결합되어 있기 때문에 다이어그램이나, 표, 문자 차트, 비율 차트, 삽화 차트, 지도 등과 구분된다. Harris(2000)는 그래프

를 2개 이상의 정보 그룹 사이의 양적인 관계를 시각적으로 보여주기 위한 차트의 한 종류라고 정의하였으며, Cecil & Meyers(1970)는 그래프가 대개 가로축과 세로축에 양적 척도가 표시된 사각형의 영역 안에 데이터를 표현하는 수단이라고 정의하였다. 그래프에 대해 인식(graphical perception)한다는 것은 그래프에 담긴 양적, 질적 정보를 시각적으로 추출해내는 것이다(Cleveland & McGill, 1985). 그래프는 신문이나 방송과 같은 우리 일상 생활의 모든 미디어에서 볼 수 있기 때문에 학생들이 사회의 일원으로 인정받기 위해서는 학생들이 그래프를 이해할 필요가 있으며, 학생들이 그래프를 해석하거나 작성할 때 사용하는 논리적인 추리 과정을 이해하는 것은 과학 교사에게도 도움이 될 수 있다(Wavering, 1989). 이처럼 그래프는 과학에서 자료를 표현하는 하나의 방식으로 변수들 사이의 관계를 잘 보여주므로 그래프가 대상으로 삼고 있는 개념이나 현상의 본질을 분석하는데 도움을 주며, 과학 자료의 분석과 양적인 정보의 의사소통을 위한 강력한 도구가 된다(Harris, 2000; Bowen & Roth, 2005). 과학에서

*교신저자: 이기영(leeky@kangwon.ac.kr)

**2006.10.24(접수) 2007.03.27(1심통과) 2007.04.20(2심통과) 2007.05.02(최종통과)

사용되는 그래프에는 함수 관계로 표현될 수 있거나 어떤 변수들 간의 통계적인 관계를 표현하는 것처럼 수학적 의미를 띠고 있는 것이 대부분이다. 또한 관련된 개념이나 현상의 이해를 돕고 경향 파악과 예측을 쉽게 하기 위한 시각적 표현 수단으로써의 성격을 또한 띠고 있다.

본 연구와 관련된 선행 연구는 크게 그래프 유형 분석에 관한 연구, 교과서의 그래프 분석에 관한 연구로 구분할 수 있다. 그래프 유형 분석에 대한 Engelhardt & Zimmermann(1982)의 연구에서는 상징 체계의 형상성(iconicity)과 다의성(polysemy)의 정도에 따라 사진, 삽화(drawing), 그래프, 다이어그램, 차트, 지도 등으로 구분하였으며, 그래프 표현물은 평면의 두 차원이 어떻게 사용되느냐에 따라 다이어그램, 차트, 지도, 매트릭스(matrix)로 구분할 수도 있다고 했다. 특히 이 연구에서의 다이어그램(diagram)은 그래프(graph)와 거의 같은 의미로 사용되고 있다. 또한 김태선과 김범기(2005)는 과학 관련 선 그래프를 해석하는 발성 사고 과정을 분석하는 연구에서 선 그래프를 8가지 유형으로 나누었는데, 선 그래프 유형 분류를 위한 목적은 선의 유형, 축의 척도 유무, 선의 개수 등이었다. 6차 교육과정 고등학교 1학년 공통과학과 물리 I, 물리 II 교과서에 수록된 그래프의 주된 유형과 각 단원별 사용되는 그래프의 종류를 파악한 김은미(2001)의 연구에서는 우리나라 고등학교 과학 교과서에 사용되는 그래프 중 가장 일반적인 그래프는 단순한 선 그래프이다. 특히, 물리 교과에서는 힘과 운동 단원에서 직선형의 그래프를 많이 사용하나 파동과 관련된 단원에서는 sine 이나 cosine 함수 형태의 곡선형 그래프가 많이 등장한다고 한다. 그리고 지구과학은 물리 과목과 더불어 화학이나 생물에 비해 교과서에서 활용되는 그래프의 수가 많은 과목에 해당한다고 하였다. 박현진(2002)은 6차와 7차 중학교 지리 교과서에서 사용된 그래프 자료의 유형별 수와 비율을 파악하고 지리 교과서에 사용된 그래프의 유형별 비율을 분석하였는데, 그 결과 지리 교과서에는 기후 그래프, 막대 그래프, 원 그래프, 선 그래프 등이 자주 활용되고 있으나 구체적인 형식과 제시된 자료의 수는 교과서마다 매우 다양한 특성을 보인다고 하였다. Roth *et al.*(1999)은 5개의 대표적인 생태학 저널과 6개의 고등학교 생물 교과서를 비교하였는데, 생태학 저널과 생물 교과서에서 사용된 전체

표상(inscription)¹⁾의 수는 거의 차이가 없었지만, 그래프의 사용 방법, 캡션(caption)과 본문 내용과의 연결(indexical reference) 등에서 질적인 차이가 있음을 알아내었다. 또한 과학 저널이 고등학교 생물 교과서에 비해 그래프를 읽고 정교화하며 해석하는데 도움이 되는 자료가 많았다고 하였다.

위에서 살펴본 바와 같이 그래프 유형 및 교과서의 그래프를 분석한 다수의 선행 연구들은 있었지만, 지구 과학 교과에서 사용되고 있는 그래프의 유형이나 다른 과학 교과와 비교하였을 때 나타나는 특징에 대한 체계적인 연구는 아직 이루어지지 못한 실정이다. 이에 본 연구에서는 지구과학 교과에서 사용되는 그래프의 유형과 특징을 분석하기 위해 고등학교 과학 교과서를 분석하고자 한다. 과학 교과서는 교육 목표를 달성하기 위한 교육과정의 기본 정신에 따라 교과 내용을 효율적으로 구성한 교재로써 과학 수업에서 중요한 요소이다(Abraham *et al.*, 1992 ; Ball & Feiman-Nemser, 1988; Tobin, 1990). 실제로 학생들이 과학 관련 그래프를 접하는 거의 유일한 수단이 교과서이고 대학 수학 능력 시험도 대부분 고등학교 교육과정에 속한 내용을 설명하는 범위 내의 그래프를 출제 대상으로 한다. 그러므로 지구과학을 비롯한 과학 교과서 내의 그래프를 분석하는 것은 의미가 있는 작업일 것이다.

본 연구에서는 그래프 관련 문헌 연구를 통해 우선 지구과학 그래프 유형을 분석하기 위한 기준을 만들고, 이러한 기준을 토대로 현행 고등학교 지구과학 교과서를 분석하여 지구과학 교과에서 사용되는 그래프의 유형을 분류하였다. 아울러 물리, 화학, 생물 교과 교과서에 포함되어 있는 그래프와 비교하여 지구과학 그래프가 가진 특징을 찾아냄으로써, 앞으로의 지구과학 교과서 개발에서 그래프의 기능(function)과 구조(structure)에 대한 시사점을 얻고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 그래프 유형 분류 기준 개발

교과서를 분석하여 지구과학 그래프를 유형별로 분류하기 위해서는 먼저 여러 가지 그래프의 유형에 대한 규정과 교과서를 분석하기 위한 기준이 필요하다. 물론, 이 때 규정하는 그래프의 유형은 이미 널리 사용되는 그래프 유형 뿐 아니라 지구과학 교과서를 분석

1) 과학의 사회학적(sociological) 연구에서는 과학에서 사용되는 텍스트(text) 이외의 여러 가지 표상들(representation)을 통칭하는 말로 'inscription'이라는 용어를 사용한다(Latour, 1987). 여기에는 사진, 그림(drawing), 지도와 도표(diagram), 그래프와 표, 그리고 수식이 포함되며, 사진에서 수식으로 갈수록 더 추상적(more abstractive)이고 덜 상세한(less detail) 표상이 된다.

하면서 새롭게 추가되거나 수정될 수 있는 것이다. 그런데, 그래프 영역 내의 모양만을 기준으로 단순히 이루어지는 기존 그래프 유형 분류들은 지구과학 교과서에 수록된 다양한 그래프들에 적용하기에는 무리가 있다. 실제로, 박현진(2002)이 지리 교과서 내의 그래프를 유형별로 분석한 연구에서도 일반적인 그래프의 종류로 여겨지는 막대 그래프, 원 그래프, 선 그래프와 더불어 지리 교과의 독특한 특징을 보여주는 기후 그래프도 분류 항목에 추가했다. 따라서 지구과학 교과의 그래프를 그 특성에 맞게 제대로 분류하기 위해서는 보다 다양한 그래프 유형을 규정할 필요가 있다. 또한, 분류 과정에서 그래프가 왜곡되어 분류될 소지를 줄이기 위해서는 선행 연구와 이론적 배경에서 살폈던 그래프의 개념과 각 그래프 유형에 대하여 명확한 한정이 필요하다.

본 연구에서는 Harris(2000)의 Information Graphics: A Comprehensive Illustrated Reference에서 제시한 각 그래프의 정의와 분류를 기본으로 하여 그래프 유형 분류 기준을 마련하였다. 그러나 그래프 유형별 정의에 적용하기 힘든 일부 그래프 유형은 본 연구에서 새롭게 정의하였다. 그리고 교과서에 수록되어 있는 그래픽 자료들 중에서 그래프 여부를 판단하고 특정 그래프 유형으로 분류하기 위해서는 보다 구체적인 판단 기준이 필요했다.

1) 그래프 유형 분류를 위한 그래프 여부 판단

본 연구에서는 그래프를 Harris(2000)가 지적한 것처럼 ‘2개 이상의 정보 그룹 사이의 양적인 관계를 보여주고 있으며 한 개 이상의 양적인 척도가 표현된 그래픽 자료’로 의미를 한정하고, 표 1과 같은 그래프 판

단 기준을 세우고 이를 바탕으로 그래프 여부를 판단하였다.

표 1은 교과서에 실린 그래픽 자료 상황에 따른 그래프 여부 판단 기준을 정리한 것이다. 어떤 원리나 개념을 설명하기 위한 것으로 축의 척도가 표시되어 있지는 않지만 가로/세로축과 그래프 영역에 대상의 속성이 표현되어 있는 것은 그래프로 간주했다. 하지만 축이 하나인 단일 축 그래프(one axis graph)는 이 연구에서 그래프로 간주하지 않았다. 축의 형태와 개수에 따라 그래프를 분류할 수 있는데, 이 때 축이 1개인 그래프를 단일 축 그래프라고 하며 이것은 1차원 그래프가 된다. 그러나 이 그래프는 직관적이어서 이해하기 쉬울 뿐만 아니라 변수와 변수 사이의 관계를 나타내기 위한 것이라고 볼 수 없다. 또한 1차원 그래프와 비슷한 역할을 하는 많은 다양한 모양의 차트가 많이 있는데 이들의 그래프 판단 여부가 모호해지기 때문에 그래프로 간주하지 않았다.

두 개 유형 이상의 그래프가 혼합되어 있는 복합 그래프는 그 중에서 그래프가 표현하고자 하는 의미를 가장 잘 표현하고 있는 그래프를 해당 유형으로 분류하였다. 일기도를 비롯한 등치선도(contour map)는 준 그래프로 간주했고, 이후 본 연구에서 등치선도를 다른 그래프 유형과 대등하게 다루었다. 지구과학은 땅, 바다, 대기 등 실제 지구상에서 일어나는 현상과 지구 자체의 속성에 대한 학문이므로 지구과학적 연구 자료들은 경우에 따라서 실제 지구 위에서 표현될 때 가장 잘 이해될 수 있다. 등치선도는 온도나 기압, 염분, 오염농도 등 물리량이나 화학량이 같은 지점을 지도 위에 표현한 그래픽 자료로써 위치 변수(위도, 경도)에 따른 제 3의 값의 변화를 이해하는데 도움을 준다. 따라서

표 1
그래픽 자료 상황에 따른 그래프 여부 판단 기준

그래프 여부	그래픽 자료 상황	비고
그래프로 간주	축의 척도가 표시되지 있지는 않으나 가로/세로축과 그래프 영역에 대상의 속성은 표현되어 있는 것	원리나 개념 설명
	단원 소개에서 제시된 그래프 단원 정리 및 평가 문항에서 제시된 그래프	독립된 그래프로 간주
준 그래프로 간주	일기도를 비롯한 등치선도(contour map) 인공위성에서 측정한 수온이나 오존 분포 등을 지도 위에 컴퓨터 화상으로 표현한 그래픽 자료	등치선도로 간주
그래프로 간주하지 않음	동일한 그래프(그래프 대상, 축의 형태, 그래프 영역의 전개가 동일)의 반복	별개의 그래프로 간주하지 않음
	단일 축 그래프(one axis graph)	1차원 그래프
	등치선도가 아닌 지도 등고선이 그려진 지도	

이와 같이 그래프와 같은 기능을 갖는 등치선도를 이 연구에서는 준 그래프로 간주했다. 하지만 등고선도는 가장 기본적인 등치선도이지만, 고도에 대한 정보가 인간에게 상당히 직관적으로 여겨지는 정보이므로 일반적인 지도와 거의 같다고 판단하여 본 연구에서는 등고선도를 그래프나 준 그래프로 간주하지 않았다. 한편, 인공위성에서 측정한 수온이나 오존 분포 등을 지도 위에 컴퓨터 화상으로 표현한 그래픽 자료는 등치선도로 간주하였다.

2) 교과서 분석을 위한 그래프 유형 분류

그래프는 크게 그래프의 모양과 그래프 평면 내에서의 자료 표현 방식에 따라 여러 가지 유형으로 분류될 수 있으며, 각 유형은 하위 분류 기준에 따라 보다 세부적인 그래프 유형으로 분류가 가능하다. 표 2는 본 연구에서 적용 가능하며 그래프의 모양 및 자료 표현 방식에 따라 분류된 기본적인 그래프 유형을 분류한 것이다.

선 그래프(line graph)는 직선이나 곡선을 이용하여 양적인 정보를 보여주는 그래프로 가장 응용 범위가 넓은 그래프이며 실제로 대부분의 학문 분야에서 폭넓게 사용되는 그래프이다. 분산 그래프(scatter graph)는 그림 1과 같이 점이나 작은 원과 같은 기호를 이용하여 양적인 정보를 표현하는 그래프이다. 대개 세로축에는 양적 척도를 사용하고, 가로축에는 계열 척도(sequence scale)나 양적 척도를 사용하며, 2쌍의 자료군 사이의 관계를 파악하는데 폭넓게 사용된다(Harris, 2000). 영역 그래프(domain graph)는 그림 2와 같이 가로축 변수와 세로축 변수 값의 범위 및 기준에 따라 설정된 그래프 평면의 특정 영역에 그래프가 대상으로 삼고 있는 것의 속성이 표현되는 그래프이다. 등치선 그래프(contour graph)는 2차원 평면 위에 3번째 변수(흔히 z 값)를 표현할 때, 이 z값이 같은 지점을 선으로 연결한 그래프가 등치선 그래프이다. 여기서, z값은 2차원 평면의 두 축에 사용된 x와 y변수에 의해 결정되거나 혹은 x, y와 관련된 값이다. 즉, 두 가로축의 변수는 각각 독립변수가 되며, z값이 등치선이 되는 것이다. 등치선 그래프의 대표적인 예로는 그림 3과 같이 수온과 염분에 의해 결정된 밀도값이 종속변수로 그래프 평면 내에 등치선으로 표현되는 ‘T-S 다이어그램’을 들 수 있다. 등치선도(contour map, isoplethic map)는 그림 4와 같이 어떤 값이 같은 지점을 연결한 선을 지도위에 표현한 것으로, 제 3의 변수값이 같은 점을 연결한 형태라는 점에서는 등치선 그래프와 유사하나 등치선 그

래프에서 그래프 평면을 구성하는 두 변수가 다양한 반면, 등치선도에서의 평면은 실제 지구 표면을 축소시킨 지도이기 때문에 두 변수가 좌표나 지리적인 지점으로 한정되기 때문에 두 그래프를 구분하여 분류하였다.

표 2
기본적인 그래프 유형 분류 및 특징

그래프 유형	그래프의 특징
선 그래프	주로 사각형의 영역에서 선을 이용하여 자료값의 변화를 표현
분산 그래프	사각형의 영역에서 점이나 원 등을 이용하여 자료값의 분포를 표현
영역 그래프	그래프 평면상에 선이나 도형으로 분할된 영역으로 그래프 대상의 속성을 표현
등치선 그래프	가로, 세로축의 변수 외 세 번째 변수의 값이 같은 지점을 연결
원 그래프	전체에 대한 부분의 비율을 부채꼴의 넓이로 표현
막대 그래프	막대의 길이나 높이로 값의 크기를 표현
등치선도	어떤 값이 같은 지점을 연결한 선들을 지도 위에 표현

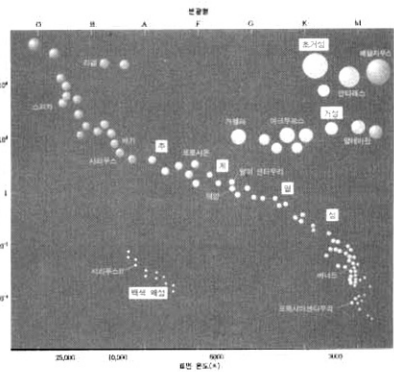


그림 1 분산 그래프의 예(H-R도)

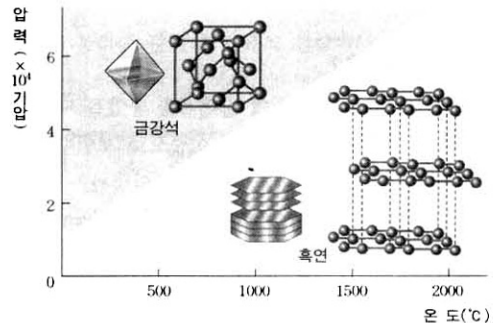


그림 2 영역 그래프의 예(금강석과 흑연의 생성 조건)

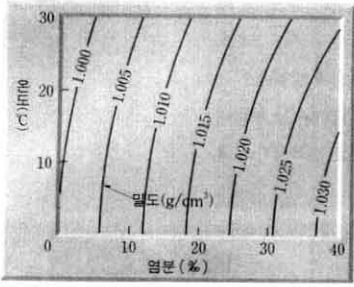


그림 3 등치선 그래프의 예(수온과 염분에 따른 밀도 변화)

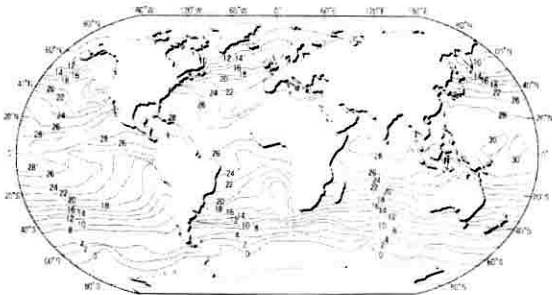


그림 4 등치선도의 예(세계 대양의 수온 분포)

한편, 선 그래프라 하더라도 선의 개수나 가로/세로 축의 특성, 그래프 영역의 특징에 따라 보다 세분화될 수 있다. 특히 선 그래프는 변수 사이의 관계나 특정 변수에 따른 변화를 파악하는데 효과적이기 때문에 우리나라의 과학 교과서에서 가장 많이 사용하는 그래프이다(김은미, 2001). 따라서 지구과학 그래프를 분석함에 있어서도 선 그래프는 보다 세분화된 그래프 유형으로 분류할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 표 3과 같은 선 그래프 세부 유형을 분류하였는데 이 중 중복 그래프, YX 그래프, 방향성 변화 그래프는 본 연구에서 새롭게 정의한 것이다.

중복 그래프는 하나의 그래프 영역 내에 여러 개의 선들을 겹쳐 그렸다는 점에서는 다중 그래프(multiple graph)와 유사하나 가로축과 세로축의 변수 모두를 공유하는 다중 그래프와 달리 동일한 하나의 변수축만을 공유한다는 점에서 차이가 있다. YX 그래프는 가로축(X축)에는 독립변수를, 세로축(Y)에는 종속변수를 표현하는 일반적인 그래프와 달리 독립변수를 세로축(Y)에, 종속변수를 가로축(X)에 표현한 그래프를 말한다. 여기서, 세로축에 사용되는 독립 변수는 대개 지구에서의 실제 공간적인 상하 개념을 나타내는 고도, 수심, 지하 깊이 등이다. 본 연구에서 새롭게 정의한 또 하나의 그래프인 방향성 변화 그래프는 단순히 독립변

수의 변화에 따른 종속변수의 변화 양상이 아니라 그래프의 좌표축에서는 나타나지 않은 제 3의 변수 및 요인 즉, 시간이나 역학적인 법칙의 결과 등에 의해 그래프 평면상의 특정 자료값(data point)에서 또 다른 자료 값으로 변화되는 경향을 화살표를 이용해 나타낸 그래프이다. 그러나 표 3에서 제시된 다중 그래프, 중복 그래프, YX 그래프, 방향성 변화 그래프 등이 꼭 선 그래프의 하위 그래프로 분류되는 것은 아니다. 예를 들면, YX 그래프이면서 그래프 평면상에 점이나 작은 원으로 값의 분포를 나타낸 분산 그래프일 수 있다. 다만 분석에서 사용한 지구과학 및 다른 과학 교과서에서는 이들 다중 그래프, 중복 그래프, YX 그래프, 방향성 변화 그래프 등이 대개 선 그래프 기반이었다. 따라서 다양한 지구과학 그래프 유형을 분석함에 있어

표 3 선 그래프의 세부 유형 분류 및 특징

선 그래프 유형	그래프 개형	분류 기준과 그래프의 특징
분산 선 그래프 (scatter line graph)		점으로 표현된 자료값(data point)과 값 분포의 주된 경향을 반영한 선을 동시에 그린 그래프
다중 선 그래프 (multiple line graph)		그래프 영역 내에 선이 여러개인 그래프
중복 그래프 (overlapped graph)		변수 축 하나를 공유하는 두 개의 그래프를 하나의 그래프 영역 내에 겹쳐 그린 그래프
YX 그래프 (YX graph)		가로축에 종속변수(Y)를, 세로축에 독립변수(X)를 표현한 그래프
방향성 변화 그래프 (directional change graph)		그래프 평면 내 자료값(data point)의 변화 방향이 의미가 있는 그래프
단순 선 그래프 (simple line graph)		단순하게 하나의 선으로 값의 변화를 표현한 그래프

선 그래프의 세부 유형 분류가 효과적이고 필요한 작업이라고 판단하였다.

2. 분석 대상 및 방법

표 4는 분석 대상인 교과서들을 정리한 것이다. 분석에 사용된 지구과학 교과서는 3개 출판사의 지구과학 I과 지구과학 II 교과서 총 6권이며, 각각의 출판사는 A, B, C로 지칭하였다(경재복 외, 2004; 김희수 외, 2002; 이문원 외, 2002). 한편, 지구과학 교과서와 비교하기 위해 분석된 다른 과학 교과서는 2개 출판사의 물리 II, 화학 II, 생물 II 교과서 총 6권이며 각각의 출판사는 A, B로 지칭하였다(김운택 외, 2002; 박희송 외, 2002; 서정쌍 외, 2002; 우규환 외, 2002; 이춘우 외, 2002; 채광표 외, 2002).

분석 방법은 두 단계의 순서로 이루어졌다. 첫 번째 단계에서는 그래프 여부를 판단하고 단원별로 그 수를 세는(counting) 거친 분석(coarse-grained analysis)을 실시하였다. 먼저, 연구자와 대학원에서 지구과학 교육을 전공한 1인의 분석자가 그래프 여부에 대한 판단 기준을 숙지한 후, 무작위로 교과서를 펼쳐 나오는 그래프를 대상으로 그래프 여부를 각자 판정하여 그 결과를 비교하였다. 이 과정에서 준 그래프의 판단 기준에 대한 약간의 혼동이 있었지만 판단 기준 재합의 후에는 거의 1.0에 가까운 일치도(interrater agreement)를 나타내었다. 몇 번의 연습을 거쳐 서로의 판단 기준을 일치시킨 후, 1명의 연구자는 지구과학 교과서를, 나머지 연구자는 물리, 화학, 생물 교과서를 각각 분석하였다. 두 번째 단계에서는 그래프의 유형을 판별하고 각각의 특징을 살펴보는 세밀한 분석(fine-grained analysis)을 실시하였다. 그래프 유형 판별 시에도 첫 번째 단계에서와 같은 연습과 재합의 과정을 거쳤다. 이 과정에서는 하나의 그래프가 두 가지 유형으로 중복되는 것에 대한 처리 문제 이외에 별다른 이견은 발생하지 않았다.

표 4 분석 대상

학년 \ 과목	지구과학	물리	화학	생물
고교 2학년	지구과학 I	.	.	.
고교 3학년	지구과학 II	물리 II	화학 II	생물 II
출판사	A, B, C	A, B	A, B	A, B
계	6종	2종	2종	2종

III. 연구 결과 및 논의

1. 지구과학 그래프 분석 결과

1) 지구과학 그래프의 수

지구과학 I 교과서 3종과 지구과학 II 교과서 3종을 분석한 결과, 지구과학 그래프의 수는 표 5와 같이 나타났다. 표 5의 결과를 보면, 지구과학 I 교과서에는 평균 39.7개, 지구과학 II 교과서에는 평균 62.3개의 그래프가 수록되어 있는 것으로 나타나 과목이 심화되면서 그래프의 수가 증가함을 보여준다.

교육부(2001)의 7차 교육과정 ‘과학 교육과정 해설서’에 의하면, 지구과학 I 과목은 과학 기술, 정보 사회의 시민으로서 지구과학적 소양을 갖추도록 하기 위한 과목이며, 지구과학 II 과목은 지구과학 I 과목을 이수한 학생을 대상으로 하여 자연 과학 관련 학업을 계속 하거나 그 분야의 직업에 종사하고자 하는 학생을 위한 과목이다. 따라서 지구과학 II 과목에서의 학습은 필요한 경우에 수식을 사용하여 정량적으로 다루고 탐구적인 학습 방법으로 지구과학의 개념을 체계적으로 다루도록 하고 있다. 이렇게 정량적이고 체계적인 학습을 위해서는 그래프의 사용이 효과적이며, 당연히 필요한 그래프의 수도 증가하게 된다.

2) 지구과학 영역별 그래프 비율

그림 5는 지구과학의 하부 영역에 따라 그래프 사용 비율에 어떤 차이가 있는지, 또 그 원인은 무엇인지 알아보기 위하여 지구과학을 크게 지질학(지구물리학 포함), 대기과학, 해양학, 천문학 영역으로 나누어 각각의 그래프 비율을 분석한 것이다. 전체적으로 지구과학 I 과목과 지구과학 II 과목에서 차지하는 영역별 그래프의 비율이 크게 달라지는 것으로 나타났다.

지구과학 I 과목의 경우는, 대기과학과 해양학 분야의 그래프가 각각 39.0%, 47.0%로 그래프의 대부분을 차지하는 반면, 지질학과 천문학 영역의 그래프 비율은 각각 7.4%와 6.7%로 상대적으로 적게 나타났다. 지구과학 I 과목이 ‘하나뿐인 지구’, ‘살아 있는 지구’, ‘신비한 우주’의 세 영역으로 구성되어 있는데, 지질학 내

표 5 지구과학 교과서에 수록된 그래프의 수

과목 구분	지구과학 I			지구과학 II			지구과학 전체 평균
	A	B	C	A	B	C	
출판사	A	B	C	A	B	C	평균
그래프 수	33	48	38	58	70	59	62.3
				39.7			48.3

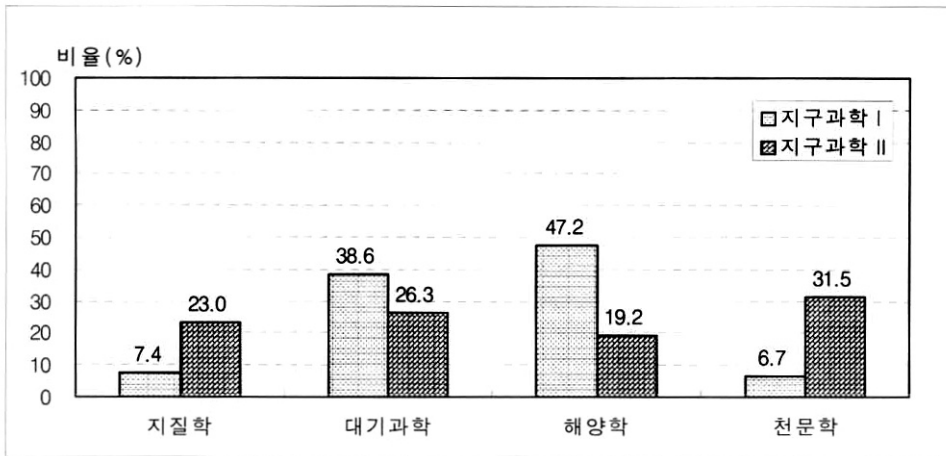


그림 5 지구과학 영역별 그래프 비율

용은 이 중 ‘하나뿐인 지구’와 ‘살아 있는 지구’에 포함되어 있다. 하지만 대부분이 화산과 지진, 판 구조론, 지질 시대와 관련된 내용으로 주로 사진이나 삽화로 표현되며 그래프로 표현할 필요가 있는 양적인 자료가 많지 않기 때문인 것으로 판단된다. ‘신비한 우주’ 영역에 포함된 천문학 내용 또한 대부분 천체의 관측과 태양계 탐사 결과에 관한 것으로 지식적인 개념이나 양적인 자료와는 거리가 멀었기 때문에 그 비율도 낮게 나타난 것으로 판단된다. 이와는 반대로 ‘살아 있는 지구’ 영역에 포함된 대기과학과 해양학의 내용은 기압과 기온 분포, 수온과 염분 및 밀도 분포 등 그래프로 표현할 필요가 있는 양적인 자료가 많았다. 특히 대기과학 내용 중에는 일기도가 등치선도로 많이 사용되고 있어 그 비율이 높았다.

한편, 지구과학 II 과목에서는 지구과학 I 과목에 비

해 상대적으로 지질학과 천문학 분야의 그래프 비율이 각각 23.0%, 31.0%로 대폭 증가하였다. 이것은 지구과학 I 과목과는 달리 지구과학 II 과목의 지질학 영역에서는 지구의 내부 구조와 물리적 성질, 지구의 역장, 암석의 생성 과정 등에서 그래프로 표현할 필요가 있는 양적인 자료들이 많기 때문인 것으로 분석된다. 또한 천문학 분야에서도 천체 관측과 태양계 탐사 결과에 초점이 맞춰져 있었던 지구과학 I 과목과 달리, 행성의 운동, 케플러 법칙, 별의 물리량과 별의 진화 등 그래프로 표현해야 이해를 도울 수 있는 내용들이 많았다. 특히 천문학 분야에서 제시된 그래프 중 상당수는 분산 그래프였다.

3) 지구과학 그래프의 유형별 비율

그림 6은 지구과학 교과서에 사용된 그래프에는 어

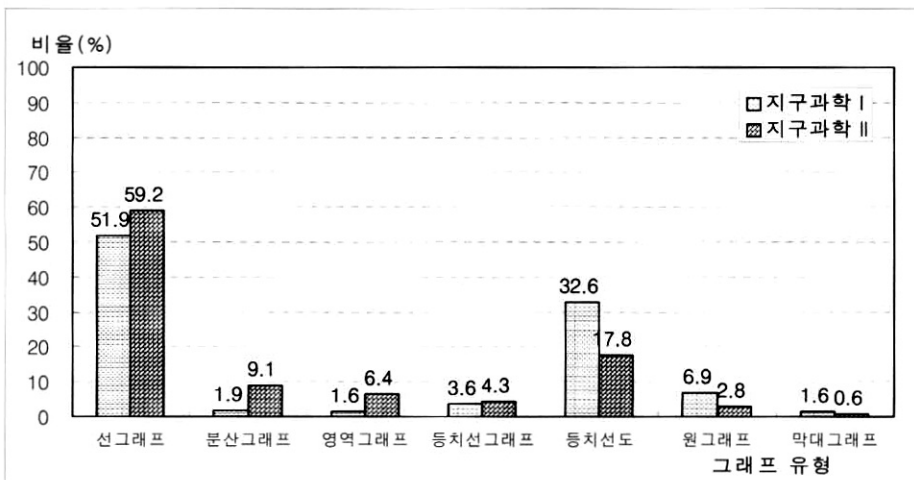


그림 6 지구과학 그래프 유형별 비율

면 유형들이 얼마만큼 차지하고 있는지, 특징적인 지구 과학 그래프 유형은 무엇인지 알아보기 위하여 지구 과학 그래프의 유형별 비율을 나타낸 것이다. 지구과학 I 과목과 지구과학 II 과목 모두 선 그래프(평균 55.6%)와 등치선도(평균 25.2%)가 다른 그래프에 비해 훨씬 많이 사용됨을 알 수 있다. 또한 과목이 심화되면서 선 그래프, 분산 그래프, 영역 그래프의 비율은 약간 증가하는 반면 등치선도의 사용 비율은 약간 감소하는 것으로 나타났다.

선 그래프는 독립변수에 따른 종속변수 값의 양적인 변화를 보여주기에 효과적이므로 가장 많이 사용되며, 과목이 심화될수록 정량적인 자료의 수가 증가하기 때문에 선 그래프의 사용 비율도 증가하게 된 것으로 판단된다.

등치선도는 일기도, 지구 자기장의 편각, 복각, 수평 자기력 분포, 수온과 염분 분포 등을 나타내는데 사용되는 것으로 나타났으며, 지구과학 II에서 상대적인 비율이 다소 감소하였지만 사용된 그래프의 수는 지구과학 I에서와 거의 비슷했다.

원 그래프는 주로 암석이나 대기, 해수의 조성 비율을 나타내는 데에 사용되었으며 교과서별로 약 2~3개 정도 포함되는 것으로 나타났다. 막대 그래프는 항목별로 단순한 크기 비교를 하는데 사용되었는데 그 수는 교과서별로 0~1개 정도로 매우 적었다.

4) 선 그래프의 세부 유형별 비율

그림 72)은 지구과학 교과서에서 가장 많이 사용되

는 선 그래프의 어떤 유형들이 얼마만큼 차지하고 있는지 알아보고, 특징적으로 나타나는 선 그래프 유형을 분석하기 위하여 지구과학 선 그래프를 세부 유형별로 나누어 그 비율을 분석한 것이다. 선 그래프 중에서는 단순선 그래프(평균 35.2%)가 가장 많았으며 YX 그래프(평균 30.1%)와 다중선 그래프(28.1%)가 그 다음으로 많은 비중을 차지하였다.

과목별로 구분하여 살펴보면, 지구과학 I에서는 41.7%로 가장 많았던 단순 선 그래프가 지구과학 II로 심화되면서 상대적으로 줄고 다중 선 그래프의 비중(40.5%)이 높아졌음을 알 수 있었다. 과목에서 다루고 있는 개념이 복잡해지고 정량적인 비교해야 할 자료들이 증가되기 때문이라 생각된다.

한편, YX 그래프가 주로 사용된 분야는 지질학, 대기과학, 그리고 해양학 분야였다. 일반적으로 그래프를 그릴 때 적용되는 규칙 중의 하나는 독립변수를 가로축인 X축에, 그리고 종속변수는 세로축인 Y축에 그린다는 것이다(성태제, 2001). 그러나 지구과학 분야에서는 독립변수를 세로축(Y)에, 종속변수를 가로축(X)에 표현하는 것이 보다 효과적일 수 있다. 그림 8은 ‘수심에 따른 수온 분포’를 나타낸 ‘YX 그래프’와 ‘XY 그래프’를 비교한 것이다. 여기서 ‘수온’은 독립변수인 ‘수심’에 따라 변하는 종속변수이다. 학생들은 그림의 (나)와 같이 이미 중학교 때부터 수학과 과학의 물리 분야 학습에서 익숙해진 XY 그래프로 그리는 경우가 많다. XY 그래프의 장점은 일반적인 그래프 규칙에 부합하는 것으로 변수와의 관계를 이해하는데 혼란의

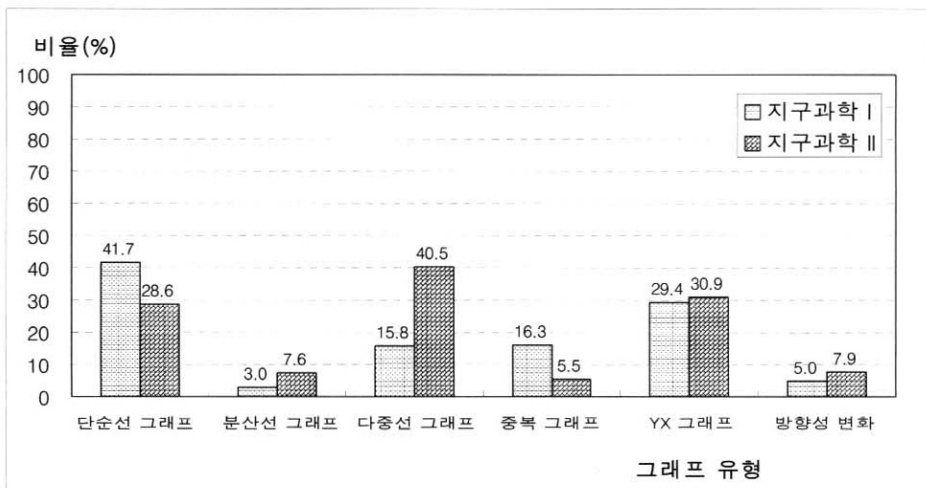


그림 7 지구과학 선 그래프의 유형별 비율

2) 각 그래프 유형 비율의 합계가 100%를 초과하여 나온 것은 그래프 유형이 중복 집계되었기 때문이다. 예를 들면, YX 그래프이면 선 다중선 그래프인 것은 각각의 유형에 모두 포함시켰다.

여지가 적다는 것이다. 여기서 그래프 평면은 수심과 수온과의 관계를 보여주는 수학적 영역이 된다. 그러나 고등학교의 지구과학 교과서들에는 수심과 수온과의 관계 그래프가 대부분 그림의 (가)와 같이 YX 그래프로 그려져 있다. 독립변수인 수심을 세로축에 설정한 가장 큰 이유는 바다의 깊이를 수평면으로부터 아래 방향으로 측정하기 때문이다. 한편, 이 YX 그래프는 수중에 위치한 물 덩어리의 상하운동과 이로 인한 바다의 안정과 불안정을 이해하는데 효과적이다. 가로축인 ‘수온’의 축은 수온 값을 나타낼 뿐만 아니라 해수면의 역할을 하며 수온축을 기준으로 아래는 ‘해양’, 위는 ‘대기’로 간주되어 대기와 해양의 상호작용을 이해하는데도 도움이 된다. 지질학에서 지구 내부 방향인 ‘깊이’, 대기과학에서의 ‘고도’ 등도 동일한 맥락에서 YX 그래프로 표현되었을 때 큰 효과를 발휘할 수 있다.

결국, 본 연구에서 정의된 ‘YX 그래프’는 단순히 수학적 수단으로서의 그래프의 의미를 넘어서, 실제 지구의 바다, 땅, 대기와 연결되어 지구에서 일어나는 현상을 직관적으로 이해하는데 큰 도움을 줄 수 있다. 이와 같은 YX 그래프는 과학 학습에서의 ‘모형(model)’과 같은 역할을 한다고 볼 수 있다. 모형은 실제 세계를 보다 잘 이해하고 의미 있는 문제 해결을 위해 실제 대상의 관계성, 활동성, 패턴, 주기성과 같은 특징이 반영된 조직체를 의미한다. 그러므로 지구 내부에서의 물리량을 나타낼 때 독립변수인 ‘깊이’를 지면으로부터 아래(세로) 방향으로 설정하거나, 고도에 따른 온도 분포를 나타낼 때 독립변수인 ‘고도’를 위(세로) 방향으로 설정하는 것이 실제 지구의 구체적인 대상과 연결시켜 직관적으로 이해하는데 도움을 줄 수 있다. 또한 수심에 따른 수온이나 염분 분포를 나타낼 때에도 독립변수인 ‘수심’을 아래(세로)로 설정하는 것이 직관적 이해에 더 효과적이다. 이러한 이유로 지구과학 교과서에서는 지구 내부에서의 물리량과 고도와 수심에 따라 변하는 자료들은 대부분 YX 그래프로 그려져 있다.

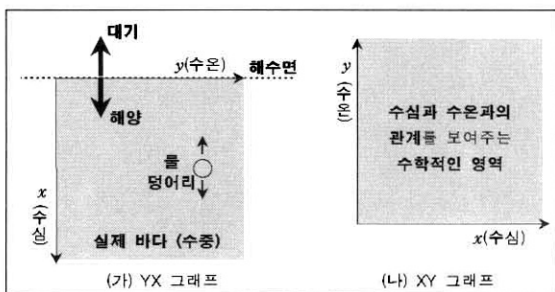


그림 8 XY그래프와 YX그래프의 비교

2. 다른 과학 교과 그래프와의 비교 분석 결과

지구과학 교과서가 다른 교과서에 비해 양적인 그래프 사용 비율에서 어떤 차이가 있으며, 지구과학 교과에서 사용되는 독특한 그래프 유형의 특징은 무엇인지 분석하기 위하여 다른 과학 교과서와 비교·분석하는 작업을 수행하였다. 지구과학 그래프와 다른 과학 교과의 그래프 비교는 각 교과별로 II 과목 교과서를 대상으로 이루어졌다. 과학 교과별 교과서에 수록된 그래프의 수는 그림 9에서 보는 것과 같이 지구과학이 평균 62.3개로 가장 많았고 생물이 약 30.5개로 가장 적었다.

그림 10은 각 과학 교과별 그래프를 유형별로 비교를 한 것인데, 거의 모든 교과에서 선 그래프가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 물리는 83.0%, 화학은 90.7%, 생물은 94.4%의 그래프가 선 그래프였으며, 지구과학은 59.2%로 상대적으로 선 그래프의 비중이 낮은 것으로 나타났다. 이는 지구과학 과목에서는 타 과학 교과에 비해 선 그래프 이외에도 분산 그래프, 영역 그래프, 등치선도 등 다양한 유형의 그래프가 사용됨을 보여 주는 것이다. 특히, 다른 과학 교과에서는 거의 찾아보기 힘든 그래프는 등치선도와 등치선 그래프인 것으로 나타났다. 이는 지구과학이 물리학이나 화학, 생물학에 비해 현상과 지리적인 요소와의 관계가 중요한 학문이기 때문인 것으로 판단된다. 실제로 지구과학의 그래프들은 독립변수로 지리적인 개념이 관련된 위도나 거리를 사용한 그래프의 비율이 높다. 등치선도나 등치선 그래프는 실시간으로 제공되는 전 지구적인 환경 변화를 한눈에 보여줄 수 있고, 지구과학적 물리량의 수평 및 수직 분포를 일목요연하게 보여줄 수 있기 때문에 앞으로의 지구과학 교과서에서도 그 활용 빈도가 높을 것이다. 하지만 이들 그래프들이 가진 공간적인 해석 능력을 요구하는 특성상 교사나 학생 모두에게 해석하는데 어려움을 줄 수 있다. 그러므

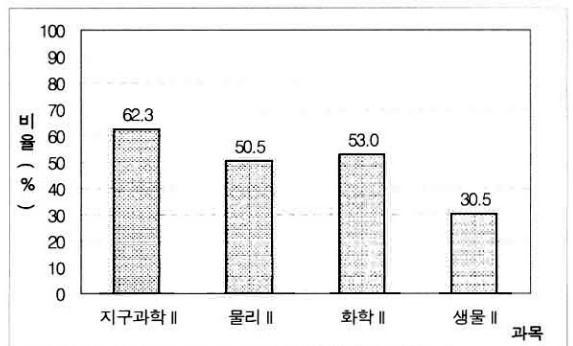


그림 9 과학 과목별 교과서에 수록된 그래프 수

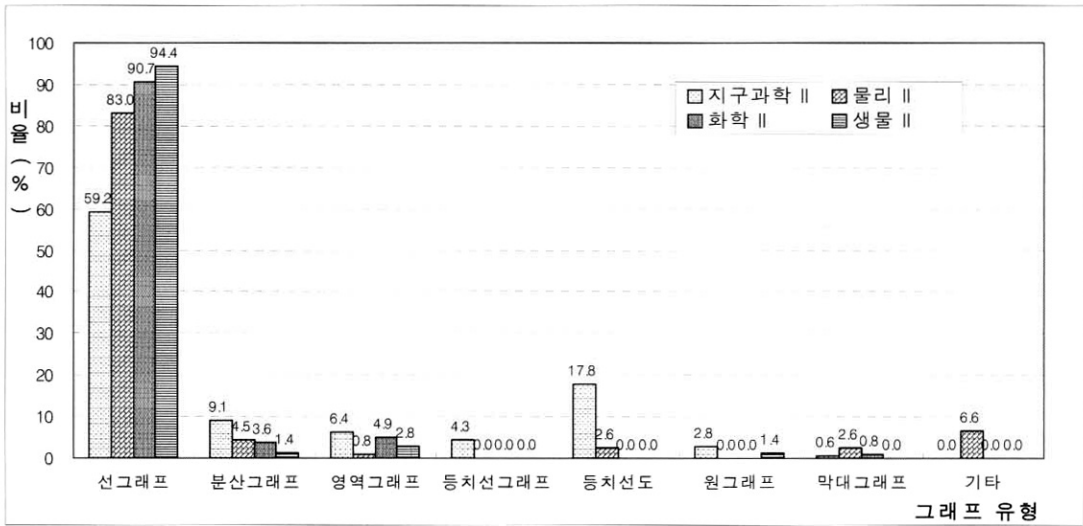


그림 10 지구과학 그래프와 다른 과학 교과 그래프의 유형별 비교

로 자세한 범례와 그래프에 대한 상세한 설명이 담긴 캡션을 함께 제공하는 것이 이러한 어려움을 덜어줄 수 있는 방법이 될 것이다.

한편, 그래프의 가장 많은 비율을 차지하는 선 그래프에 대해서는 과학 과목별로 세부 유형별 비교를 실시하였다. 그림 11의 결과를 보면, 물리 교과의 경우는 전체 선 그래프 중에서 단순 선 그래프가 85.9%로 대부분을 차지하였으며, 다중 선 그래프와 방향성 변화 그래프가 일부 사용되었다. 화학 교과는 물리에 비해 단순 선 그래프의 비율이 약간 낮기는 하지만 64.7%로 가장 많았으며, 다중 선 그래프의 비중이 41.2%를 차지하였다. 생물 교과에서는 37.4%를 차지한 단순 선 그래프보다 다중 선 그래프가 65.3%로 훨씬 많은 것으로 나타났다.

반면, 지구과학은 단순 선 그래프의 비율이 28.6% 정도로 다른 교과들에 비해 상대적으로 낮았으며, 다중 선 그래프와 YX 그래프가 더 많이 사용되는 것으로 분석되었다. 그 외에도 분산 선 그래프와 중복 그래프, 방향성 변화 그래프 또한 다른 과학 교과에 비해 더 많은 비율을 차지하는 등 전반적으로 선 그래프의 세부 유형도 다양함을 확인할 수 있었다.

다른 과학 교과에서는 거의 보기 힘든 지구과학의 선 그래프 유형으로는 YX 그래프가 대표적이다. YX 그래프는 상하 개념이 내재된 ‘깊이’, ‘고도’, ‘수심’ 등이 독립변수로 사용될 때 직관적인 이해를 돕기 위해 이들 독립변수를 상하 방향으로 설정한 그래프인데, 물리, 화학, 생물 교과에서는 독립변수로 사용되는 변인 중에 상하 개념이 내재된 변인이 거의 없기 때문에 사

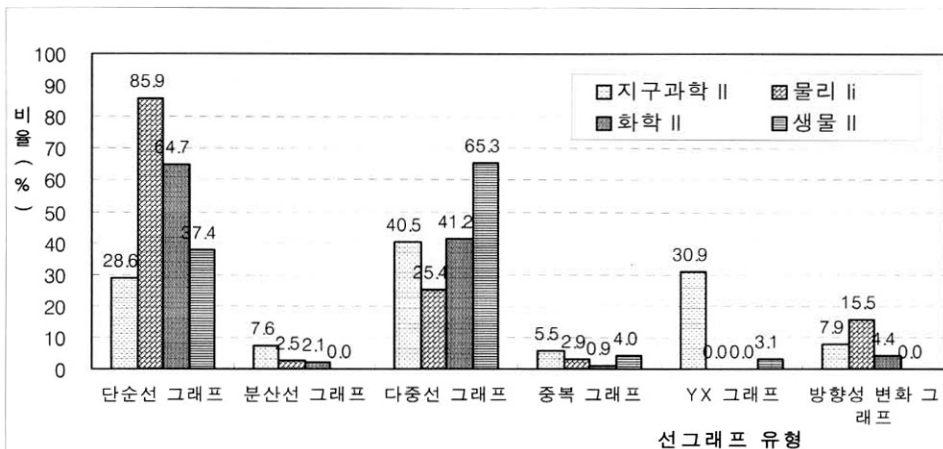


그림 11 과학 교과별 선 그래프의 세부 유형 비교

용 비율이 낮은 것으로 판단할 수 있겠다. 다만, 생물 교과에서 입에서 항문에 이르는 소화 기관의 종류에 따라 어떤 값의 변화량을 나타낸 그래프의 경우는 독립변수인 소화 기관을 세로축으로 설정하는 것이 YX 그래프의 예가 될 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 지구과학 그래프의 유형과 특징을 파악하기 위해 그래프 분류 기준과 틀을 개발하고, 문헌 연구를 통해 그래프 유형을 규정하였으며, 몇 가지 그래프 유형을 새롭게 정의하여 지구과학 교과서를 분석하였다. 또한 물리, 화학, 생물 교과와 비교하여 지구과학 그래프가 가진 특징을 찾아냄으로써 앞으로 지구과학 교과서 개발에서 그래프의 기능과 구조에 대한 시사점을 얻고자 하였다.

지구과학 교과서 분석 결과, 선 그래프와 등치선도가 많이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 선 그래프 중에는 단순 선 그래프 이외에도 다중 선 그래프와 YX 그래프의 사용 비율이 특히 높았다. 지구과학 I 과목에서 II 과목으로 갈수록 그래프의 수는 대폭 증가하였으며, 상대적으로 선 그래프 특히, 다중 선 그래프의 비율이 증가하였다. 지구과학 I의 경우 대부분이 대기과학과 해양학 영역의 그래프였으나, 지구과학 II 과목에서는 지질학과 천문학 분야의 그래프 비율이 대폭 증가하였다. 이것은 김은미(2001)의 연구 결과와 일치하는 것으로 지구과학 교과서에서 그래프가 차지하는 비중이 크다는 것을 알 수 있으며, 내용이 심화될수록 그 비중이 증가되고 있다고 볼 수 있다.

지구과학 교과서의 그래프와 다른 과학 교과서의 그래프를 비교·분석한 결과, 지구과학 교과는 다른 과학 교과에 비해 교과서에 수록된 그래프의 수가 많고 그 유형이 다양할 뿐만 아니라 YX 그래프를 비롯하여 지구과학의 학문적 특성이 반영된 독특한 유형의 그래프가 많이 사용됨을 알 수 있었다. 특히, 다른 과학 교과에 비해 선 그래프의 비율은 낮은 반면 등치선도, 분산 그래프 등의 비율이 높았다. 선 그래프 중에서는 다중 선 그래프와 YX 그래프의 비율이 높았다. 교과서 분석 결과, 지구과학 교과에서 사용되는 특징적인 그래프 유형은 등치선도와 YX 그래프라고 할 수 있겠다. 이것은 지구과학의 많은 개념들이 지리적인 요소를 가지고 있음을 의미하며, 실제 지구에서 나타나는 모습과 연결하여 표현하는 그래프 유형이 지구과학 개념을 이해하는데 보다 효과적일 수 있음을 의미한다고 볼 수 있다. 특히, YX 그래프는 그래프 평면이 변수들의 관

계를 보여주는 수학적인 영역을 넘어 지구에서 일어나는 현상과 개념을 효과적으로 설명하기 위한 ‘모형(model)’의 성격도 가지고 있다고 할 수 있다.

본 연구는 지구과학 교과에서 사용되는 그래프의 유형을 분류하고 그 특징을 분석함으로써 그래프에 대한 인식을 새롭게 하고 교과서에서 그래프의 중요성을 부각시켰다는 점에서 의의가 있다. 본 연구의 결과는 앞으로 지구과학 교과서 개발에 있어 유용한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이며, 이와 관련하여 몇 가지 제안을 하면 다음과 같다.

지구과학 그래프에서 특징적인 등치선도나 YX 그래프 등은 지구과학적 현상이나 공간적 개념의 효율적 이해를 위해 그 활용을 더욱 강화할 필요가 있을 것이다. 하지만 그래프의 구조나 기능면에서 개선이 필요한 것으로 판단된다. 현행 교과서에서와 같이 그래프가 본문과 독립적이어서 유기적으로 연결되지 못하고 그래프의 제목만을 캡션(caption)으로 제공하는 예시적인(illustrative) 기능을 하게 하는 방식은 학생들에게 ‘그래프 자체에 대한 이해’라고 하는 또 다른 부담을 안겨 주게 된다. 그러므로 앞으로 개발되는 지구과학 교재에서는 그래프가 교과서 본문의 내용을 구체화하는 설명적인(explanatory) 기능을 하거나, 본문의 내용을 보완하는 보충적(complementary) 기능을 할 수 있도록 하는 것이 중요하다고 판단된다. 또한 구조면에서는 이 그래프가 본문의 어떤 내용에 해당되는지에 대한 참조(indexical reference)를 하게 함으로써 본문과 유기적으로 연결될 수 있도록 해야 할 것이다.

현행의 과학 교과서에는 수많은 그래프들이 제시되고 있지만, 그래프 유형이나 그래프를 보는 법과 같이 그래프 자체에 대한 기술이 거의 없는 실정이다. ‘오차막대’를 이용한 그래프, YX 그래프 등 새로운 유형의 그래프가 등장했을 때 그래프에 대한 보조 설명이 없어 학생들은 매우 낯설어 하며, 해석에 어려움을 겪는다. 또한, 동일한 주제에 관한 그래프라 하더라도 교과서마다 조금씩 다르게 표현하고 있어 학생들에게 혼동을 줄 소지가 있다. 그러므로 지구과학 교육과정을 편성하거나 교과서를 개발하는 경우에, 학생의 탐구 능력과 관련지어 그래프 자체에 대한 교육의 필요성을 고려하고, 학생들에게 이해하기 쉬운 적절한 그래프를 설계하기 위한 고민이 있어야 할 것으로 판단된다. 더불어 그래프 유형에 따른 학생들의 그래프 해석 능력의 차이 및 그래프의 구조와 기능이 학생들의 과학 개념 이해에 미치는 영향에 대한 후속 연구가 있어야 할 것이다.

국문 요약

본 연구에서는 지구과학 그래프 유형을 분석하기 위한 기준을 만들고, 과학 교과서 비교 분석을 통하여 지구과학 그래프의 유형과 특징을 파악함으로써 지구과학 교과서에서 그래프의 기능과 구조에 대한 시사점을 얻고자 하였다. 지구과학 교과서 분석 결과, 선 그래프와 등치선도가 많이 사용되고 있는 것으로 나타났다. 선 그래프 중에는 단순 선 그래프 이외에도 다중 선 그래프와 YX 그래프의 사용 비율이 특히 높았다. 다른 과학 교과서의 그래프와 비교·분석한 결과, 지구과학 교과서는 다른 과학 교과에 비해 사용되는 그래프의 수가 많고 그 유형이 다양함을 알 수 있었다. 특히, 다른 과학 교과에 비해 선 그래프의 비율은 낮은 반면 등치선도, 분산 그래프 등의 비율이 높았다. 선 그래프 중에서는 특히 YX 그래프의 비율이 다른 교과에 비해 매우 높아 지구과학 교과서의 가장 특징적인 그래프인 것으로 나타났다. 본 연구의 결과는 지구과학 교과서에서 그래프의 구조와 기능면에서의 개선을 시사하며, 학생들의 그래프 해석 능력에 대한 후속 연구를 제안한다.

참고 문헌

경재복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영 (2004). *고등학교 지구과학 I*. 중앙교육진흥연구소.
 경재복, 윤일희, 이경훈, 김기룡, 황원기, 이기영 (2004). *고등학교 지구과학 II*. 중앙교육진흥연구소.
 교육부 (2001). *고등학교 교육과정 해설(6 과학)*. 대한교과서.
 김윤택, 김경호, 김남일, 백수관, 김병인, 배진호, 배미정, 이용철 (2002). *고등학교 생물 II*. 중앙교육진흥연구소.
 김은미 (2001). 선 그래프 해석에서 그래프 구성 요소의 관찰 순서와 소요 시간. *한국교원대학교 대학원 석사학위논문*.
 김태선, 김범기(2005). 과학 관련 선 그래프를 해석하는 고등학생들의 발생사고 과정 분석. *한국과학교육학회지*, 25(2), 122-132.
 김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍렬, 박용선 (2002). *고등학교 지구과학 I*. 천재교육.
 김희수, 정남식, 신동원, 박정웅, 이정식, 한홍렬, 박용선 (2002). *고등학교 지구과학 II*. 천재교육.
 박현진 (2002). 지리 교과에서 그래프 활용에 관한 연구. *서울대학교 대학원 석사학위논문*.
 박희송, 이홍우, 조경주, 백운성, 김학현 (2002). *고등학교 생물 II*. 금성출판사.
 서정쌍, 허성일, 김출배, 박종욱, 하윤경, 임영중, 배병일 (2002). *고등학교 화학 II*. 금성출판사.

성태제(2001). 현대 기초 통계학의 이해와 적용. *교육과학사*.
 우규환, 최석남, 오두환, 한은택, 김봉래, 강봉주 (2002). *고등학교 화학 II*. 중앙교육진흥연구소.
 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철 (2002). *고등학교 지구과학 I*. 금성출판사.
 이문원, 전성용, 권석민, 진만식, 신석주, 임부철 (2002). *고등학교 지구과학 II*. 금성출판사.
 이춘우, 김영유, 류지욱, 김준태, 송영근, 이영직 (2002). *고등학교 물리 II*. 중앙교육진흥연구소.
 채광표, 송용갑, 김진만, 김성진, 정대영, 장동호 (2002). *고등학교 물리 II*. 금성출판사.
 Abraham, M. R., Grzybowski, E. B., Renner, J. W., & Marek, E. A. (1992). Understanding and misunderstanding of eight graders of five chemistry concepts found in textbook. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.
 Ball, D. L. & Feiman-Nemser, S. (1988). Using textbooks and curriculum guides: A dilemma for beginning teachers and teacher educators. *Curriculum Inquiry*, 18(4), 401-422.
 Bowen, G. M. & Roth, W. M. (2005). Data and Graph Interpretation Practices among Preservice Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1-26.
 Cecil H. & Meyers (1970). *Handbook of Basic Graphs: A Modern Approach*. Belmont: Dickenson Publishing Company.
 Cleveland, W. & McGill, R. (1985) Graphical perception and graphical methods for analyzing scientific data. *Science*, 229(August), 828-833.
 Engelhardt & Zimmermann (1982) 譯 : Lenore Fischer (1988). *Theory of Earth Science*. Cambridge, Cambridge University Press.
 Harris, R. L. (2000). *Information Graphics: A comprehensive illustrated reference*. Atlanta, GA. Oxford University Press.
 Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Milton Keynes: Open University Press.
 Roth, W. M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K. (1999). Differences in Graph-Related Practices between High School Biology Textbook and Scientific Ecology Journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 979-1019.
 Tobin, K. (1990). Research on Science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.
 Wavering, M. J. (1989). Logical Reasoning Necessary to Make Line Graph. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373-379.