한국지구과학회 2006년 춘계학술발표회
2006년 2월 16일 - 17일 충 북 대 학 교

지구과학 그래프에 대한 고등학생의 그래프 해석 능력과 인식 분석

이진봉*[1], 안희수[2]
[1]부천고등학교, [2]서울대학교

요약

본 연구에서는 고등학교 지구과학 교과서 분석을 통해 지구과학 그래프의 주요 유형과 특징을 파악하고 지구과학 그래프 관련 검사지를 제작, 투입하여 고등학생들의 지구과학 그래프 해석 능력과 인식을 분석하였다. 지구과학 그래프는 타 과학 과목에 비해 그래프의 수가 많고 그 유형이 다양했다. 특히, 선 그래프와 등치선도가 많았으며, 선 그래프 중에는 다중 선 그래프와 YX 그래프 등의 비율이 높았다. 고등학교 2, 3학년생 111명을 대상으로 한 검사지 1단계에서는 '마그마의 생성 조건', '지구 자기장의 영년 변화', '과냉각 물방울과 빙정의 포화 수증기압', 'H-R도' 등에 관한 문항의 정답률이 특히 낮았다. 검사지 2단계에서는 약 56%의 학생들이 지구과학 그래프의 유형이 타 과학 및 수학 과목의 그래프와 차이가 있다고 응답했다. 검사지 3단계에서는 동일한 내용이라 하더라도 그래프의 형식이나 구체적인 표현 방법에서 학생들의 이해를 높일 수 있는 방안에 대한 고민이 필요함을 알 수 있었다. 본 연구에서 학생들은 '그래프의 유형'에 대한 이해가 다소 부족하고 자신에게 익숙한 그래프를 쉽다고 생각하는 경향을 보였다. 따라서, 과학 교육자나 과학 교육과정 설계자들은 학생들에게 그래프 연습의 기회를 많이 부여하고, '그래프' 자체에 관한 교육은 물론 지구과학의 학문적 특성과 관련지어 '그래프의 유형'에 관해 체계적인 교육을 해야 할 필요가 있다.

주요어 : 그래프, 지구과학, 그래프 유형, 그래프 해석, 교과서 분석

1. 서론

그래프는 과학에서 자료를 표현하는 하나의 방식으로써 변수들 사이의 관계를 잘 보여주므로 그래프가 대상으로 삼고 있는 개념이나 현상의 본질을 분석하는데 도움을 준다. 그래프와 관련된 선행 연구로써 학생들의 그래프 능력의 본질에 관한 고찰, 학생들의 그

래프 해석 및 작성 능력, 학생들의 그래프 해석 능력과 논리적 사고력과의 관계 등을 분석한 연구 등이 있다. 선행 연구의 대부분은 물리 과목과 관련된 것이며 여기서의 그래프는 대부분 단순한 형태의 선 그래프 위주였다. 고등학교 지구과학 교과서에 수록되어 있는 그래프들 중에는 수학은 물론 물리나 화학, 생물 등의 다른 과학 교과서에 수록되어 있는 그래프들에서는 보기 힘든 독특한 요소가 있고, 따라서 많이 사용되는 그래프 유형도 차이가 있을 것이다. 그러나, 지구과학 과목에서 사용되는 그래프의 유형이나 학생들이 지구과학 그래프를 학습하면서 겪게 되는 오류나 어려움에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 다만, Engelhardt와 Zimmermann(1982)이 지구과학에서의 그래픽 표현 수단에 관해 연구한 것이 있으나 이 연구는 주로 대학 이상 수준의 지질학 내용을 대상으로 하고 있다.

이에 본 연구에서는 그래프 관련 문헌 연구를 통해 우선 지구과학 그래프 유형을 분석하기 위한 기준을 만들고 고등학교 지구과학 교과서를 분석하여 지구과학 그래프의 유형을 분류할 것이다. 아울러, 물리, 화학, 생물 과목 교과서 내의 그래프와 비교함으로써 지구과학 그래프의 특징을 찾을 것이다. 지구과학 그래프의 유형 분류 후에는 각 그래프 유형에서 대표적인 그래프를 선정하여 그래프의 해석과 관련된 검사 문항을 만들 것이다. 그리고, 학생 검사를 실시하여 고등학생이 지구과학 그래프의 해석 과정에서 경험하게 되는 곤란도를 파악하고 지구과학 그래프와 그래프 유형에 대한 인식을 파악할 것이다. 또한, 동일한 주제를 다루는 서로 다른 교과서의 그래프를 비교하여 지구과학 교수-학습 과정에서 학생들에게 보다 쉽고 효과적인 그래프를 제시할 수 있는 근거를 찾고자 한다.

2. 본론

1) 연구 방법 및 연구 대상

본 연구는 그래프 관련 문헌과 교과서 분석을 실시하는 문헌 연구와 지구과학 관련 그래프 검사지를 투입하여 그 결과를 분석하는 현장 연구를 병행하였다.

먼저 문헌 연구를 통해, 교과서내의 그래프를 유형별로 분류하기 위한 그래프 유형 분류 기준을 설정하고 주요 그래프 유형을 규정하였다. 기본적인 형태를 기준으로 분류하는 1차 그래프 유형을 규정하고, 지구과학 그래프의 특징을 잘 보여줄 수 있는 세부적인 2차 그래프 유형을 별도로 규정하였다. 점유율이 높은 3개 출판사의 고등학교 지구과학 I, II 교과서 내의 그래프를 분석하여 지구과학 그래프를 유형별로 분류하고, 각 그래프

유형별 사용 빈도와 특징을 파악하였다. 그리고, 물리 II, 화학 II, 생물 II 과목 교과서 내의 그래프를 분석하여 그래프 수, 그래프 유형별 빈도 등을 지구과학 II 교과서의 분석 자료와 비교하였다.

현장 연구에서는 지구과학 교과서의 분석 결과 분류된 지구과학 그래프의 각 유형에서 대표적인 그래프를 2개씩(총 18개)를 선정하여 지구과학 그래프의 해석 능력을 측정하고 그래프에 대한 인식을 파악하기 위한 검사 문항을 개발하였다. 그리고, 그래프 해석상의 곤란도와 지구과학 그래프의 유형에 대한 인식에 관한 설문 문항(5개)을 제작하였다. 검사지의 마지막에는 동일한 주제를 다루는 그래프의 교과서간 비교 문항(9개)을 제작하였다. 제작된 검사지는 지구과학 교사(2명) 및 석사 과정 이상의 과학 교육 전문가(3명)에게 내용 타당도 검토 의뢰를 하였으며, 검토 결과 낮은 점수(5점 만점에 1~2점)로 평가된 문항에 대해서는 수정하거나 삭제하여 최종 검사지를 개발하였다. 개발된 검사지를 이용하여 고등학교 2, 3학년생 111명에 대해 지구과학 그래프 관련 검사를 실시하였다. 검사 시간은 약 40분을 제공하였다.

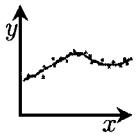
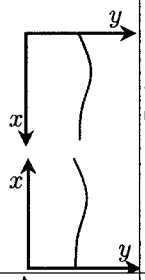
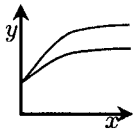
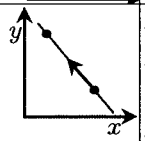
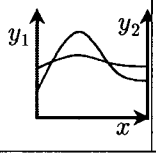
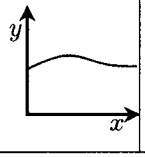
2) 연구 결과

본 연구에서는 Harris(2000)의 Information Graphics : A Comprehensive Illustrated Reference에서 제시된 각 그래프의 정의와 분류를 바탕으로 그래프 유형 분류를 실시하였다. 그러나, Harris(2000)의 그래프 유형별 정의에 적용하기 힘든 일부 그래프 유형은 본 연구에서 새롭게 정의하였다. 선 그래프는 변수 사이의 관계나 특정 변수에 따른 변화를 파악하는데 효과적이기에 대부분의 과학 교과서에서 가장 일반적으로 사용된다. 따라서, 지구과학 그래프를 분석함에 있어서도 선 그래프는 <표 1>과 같이 보다 세분화된 그래프 유형으로 분류할 필요가 있다. 본 연구에서는 선 그래프를 다중 선 그래프, 중복 그래프, YX 그래프, 방향성 변화 그래프, 다중 그래프, 단순 선 그래프 등으로 구분하여 분석하였다.

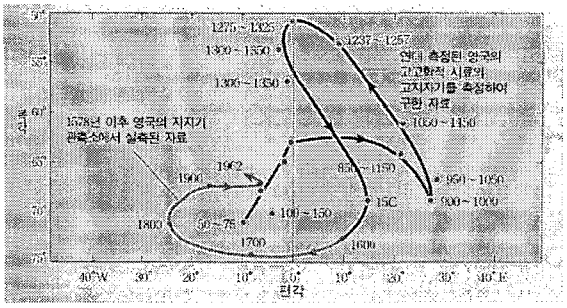
교과서의 분석 결과, 지구과학 교과서에는 선 그래프와 등치선도가 많았다. 선 그래프 중에는 단순 선 그래프 이외에도 다중 선 그래프와 YX 그래프의 비율이 특히 높았다. 지구과학 I 과목에서 II 과목으로 갈수록 그래프의 수는 약 57% 증가하였으며, 상대적으로 선 그래프 특히, 다중 선 그래프의 비율이 증가하였다. 지구과학 I의 경우 대부분이 대기과학과 해양학 분야의 그래프였으나, 지구과학 II 과목에서는 지질학과 천문학 분야의 그래프 비율이 대폭 증가하였다. 지구과학 과목은 타 과학 과목에 비해 교과서에 수록된

그래프의 수가 많고 그 유형이 다양함을 알 수 있었다. 특히, 타 과학 과목에 비해 선 그래프의 비중은 적은 대신에 등치선도, 분산 그래프 등의 비중이 높았다. 지구과학에서 사용되는 선 그래프 중에서는 다중 선 그래프와 YX 그래프가 많았다. 교과서 분석 결과, 지구과학의 대표적인 그래프 유형은 등치선도와 YX 그래프라고 할 수 있으며, 이는 지구과학의 많은 개념들이 지리적인 요소를 가지고 있고, 실제 지구와 연결하여 표현할 때 효과적으로 설명할 수 있음을 의미한다. 특히, YX 그래프는 그래프 평면이 변수들의 관계를 보여주는 수학적인 영역을 넘어 지구에서 일어나는 현상과 개념을 효과적으로 설명하기 위한 '모델(model)'의 성격도 가지고 있다고 말할 수 있다.

<표 1> 선 그래프의 세부 유형 분류

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

고등학교 2,3학년 학생 111명을 대상으로 한 지구과학 그래프 관련 검사지의 1단계에서는 대표적인 유형의 지구과학 그래프 18개의 그래프 해석 능력 검사를 실시했다. 정답률이 낮았던 문항은 '마그마의 생성 조건', '지구 자기장의 영년 변화', '과냉각 물방울과 빙정의 포화 수증기압, 'H-R도' 등에 관한 문항이었다. 특히, 학생들이 가장 어렵다고 느낀 문항에 사용된 그래프는 [그림 1]에 제시된 '지구 자기장의 영년 변화'에 관한 그래프다.



[그림 1]. 학생들이 가장 어렵다고 느낀 그래프
(지구 자기장의 영년변화)

검사지의 2단계에서는 그래프 해석 문항과 지구과학 그래프의 유형에 대한 학생의 인식에 관해 물었다. 학생들은 검사지 1단계에서 정답률이 낮았던 문항들을 대부분 어렵게 느꼈다고 응답했다. 반면, '대기의 안정도', '흑점수의 변화', '조석 곡선' 등 비교적 단순한 형태의 그래프에 관한 문항을 쉽게 느꼈다고 응답한 학생들이 많았다. 한편, 검사 대상의 약 56%의 학생들이 지구과학 그래프의 유형이 타 과학의 그래프의 유형들과 차이가 있다고 응답했다. 특히, 'H-R도', '지구 자기장의 영년 변화' 등의 그래프가 타 과학 과목과 구별되는 유형의 그래프라고 응답한 학생들이 많았는데, 이들 그래프는 모두 학생들이 어렵게 느낀 문항의 그래프였다. 검사지의 3단계에서는 동일 주제에 관한 그래프의 교과서간 비교를 했다. 지구 내부의 물리량과 관련된 그래프에서 독립변수인 '깊이'를 세로축으로 설정한 YX 그래프가 XY 그래프보다 이해하기 쉽다고 응답한 학생이 많았다. '화성암의 분류'를 비교한 문항에서는 대부분의 학생들이 표와 결합된 면적 그래프가 더 체계적이어서 이해하기 쉽다고 응답했다. '세계 대양의 수온 분포' 그래프의 경우는 등치선 사이를 다른 색으로 채운 등치선도가 더 이해하기 쉽다고 응답했다. '위도에 따른 표층 해수의 수온과 밀도 분포' 그래프의 경우는 중복 그래프의 유형으로 제시하는 것이 더 이해가 잘 된다고 응답했다. '세페이드 변광성의 광도 곡선'을 비교한 문항에서는 변광성의 크기 변화 그림을 연결하여 제시한 그래프가 이해하기 쉽다고 응답했다. '우주 배경복사'를 비교한 문항에서는 관측치와 이론치를 모두 나타낸 그래프가 이론치만을 표현한 그래프에 비해 복잡하여 이해하기 힘들다는 응답과 더 와 닿는다는 응답이 비슷하게 나타났다.

3. 결론

본 연구에서 지구과학의 그래프는 그 유형이 타 과목에 비해 다양할 뿐만 아니라 'YX 그래프'를 비롯하여 지구과학의 학문적 특성이 반영된 독특한 유형의 그래프가 많이 사용됨을 알 수 있었다. 그러나, 학생들은 '그래프 유형'에 대해 막연하게 느끼거나 이해가 부족하여 그래프의 형식적인 요소를 파악하고 이를 그래프의 해석에 제대로 적용하지 못하는 것으로 보인다. 따라서, 학생들에게 어떤 개념과 관련된 그래프를 설명할 때, 그 그래프를 독립적인 개체로만 가르치기보다 '그래프의 유형' 즉, 형식이나 표현 방식에 대한 이해를 염두에 두며 가르친다면 그래프의 해석 능력은 물론, 보다 높은 수준의 탐구 능력인 그래프의 작성 능력까지도 신장시킬 수 있을 것이다. 한편, 학생들은 많이 접하고 자신에게 친숙한 유형의 그래프를 쉽다고 인식하며 친숙하지 않은 유형의 그래프를 어렵다고 인식하는 경향이 있다. 그리고, 많이 접해 친숙한 그래프들을 잘 해석하는 것도 사실이다. 그래프를 분석하여 그 안에 담긴 의미를 발견하는 능력은 '전이력'이 있다. 즉, 훈련이나 연습을 통해 그래프 속에서 그래프의 유형, 축과 변인, 눈금과 척도, 그래프 평면 내의 자료 표현 방식 등을 발견할 줄 아는 안목을 길러준다면 그래프의 주제와 유형이 바뀌더라도 그래프를 제대로 해석해 낼 수 있을 것이다.

현재의 교육과정에는 많은 그래프들이 제시되고 있지만, 그래프 유형이나 그래프를 보는 법과 같이 그래프 자체에 대한 기술이 거의 없다. '오차 막대'를 이용한 그래프, YX 그래프 등 새로운 유형의 그래프가 등장했을 때 그래프에 대한 보조 설명이 없어 학생들은 많이 낯설어 한다. 또, 동일한 주제에 관한 그래프라 하더라도 교과서마다 조금씩 다르게 표현하고 있음을 알 수 있었다. 지구과학 교육과정을 편성하거나 교과서를 제작하는 경우에, 학생의 탐구 능력과 관련지어 그래프 자체에 대한 교육의 필요성을 고려하고, 학생들에게 이해하기 쉬운 적절한 그래프를 설계하기 위한 고민이 있어야 할 것으로 판단된다.

본 연구에 이어서 과학에서의 그래프 및 지구과학 그래프에 관한 후속 연구가 필요하다. 지구과학 그래프의 유형에 관한 학생들의 인식에 대하여 보다 깊은 연구가 필요하며, 지구과학 그래프의 난이도에 대한 교사와 학생의 인식 차이를 비교하는 것도 의미 있는 연구가 될 것이다. 한편, 과학에서 사용되는 그래프의 기초가 되는 수학 교과에서의 그래프 학습이 과학 및 지구과학 과목과 관련된 그래프 능력에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 후속 연구도 필요할 것으로 판단된다.