

과학 교과서에 사용된 화살표의 의미

한재영

(충북대학교)

The Meaning of the Arrows Used in Science Textbooks

Han, JaeYoung

(Chungbuk National University)

ABSTRACT

Elementary teachers should lower their levels of expectation and indeed perspectives to those of elementary students. Even in relation to basic symbols, such as an arrow, can be read differently by teachers or students. Semiotics deals with the creation of meaning in relation to symbols and signs. This study introduces semiotic analysis to the study of science textbooks. Elementary science textbooks contain a great many inscriptions, such as photographs and cartoons, even more than texts, such as words and sentences. Inscriptions employ various social conventions such as arrows, auxiliary lines, etc. Some conventional signs, however, hold different or indeed multiple meanings than the textbook author intended the sign to have. The arrows used in science textbook, mainly in the inscriptions, were analyzed and classified according to their intended meaning. The results indicated that teachers should use such arrows more carefully in lessons with elementary students.

Key words : arrow, inscriptions, science textbook, semiotics

I. 서론

교과서는 학생의 과학 학습에서 가장 중요한 자원 중 하나이므로, 교과서 저자와 교사는 교과서와 학습 자료를 학생들이 쉽게 이해하도록 만드는 노력을 해 왔다. 이러한 노력 중의 하나로, 과학 교과서에는 많은 시각 자료를 사용한다(Roth *et al.*, 1999). 시각 자료는 사진이나 삽화, 그림 등, 본문(text)을 제외한 모든 것을 지칭한다. 시각 자료는 일차적으로 학생들의 관심을 끌고, 과학 학습을 도와야 한다.

초등학교 교과서에는 많은 시각 자료가 실려 있으며, 또한 그 안에는 여러 가지 관습적인 기호들이 사용된다. 이중 가장 자주 등장하는 것이 화살표이다. 화살표는 언제부터 사용되었고, 그 의미는 무엇일까? 당연하거나 의미 없는 질문일 수 있지만, 연구자의 초등학교 때 경험을 회상하면 꼭 그렇지는

않다. 과학 교과서에서 발췌한 다음 그림을 보자.

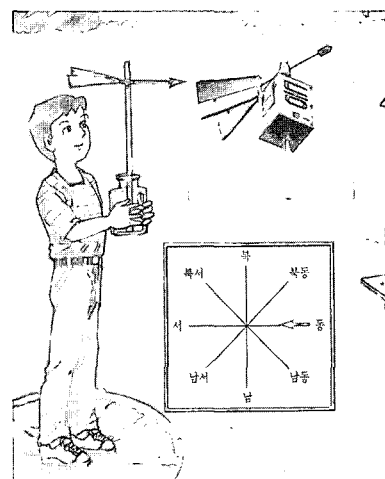


그림 1. 풍향계와 풍향 화살표(과학 3-1 64쪽)

이 논문은 2005학년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

2006.2.27(접수), 2006.4.10(1심통과), 2006.5.28(최종통과)

E-mail: jyhannn@chungbuk.ac.kr(한재영)

실생활에 사용되거나 학생이 만든 풍향계가 가리키는 화살표의 방향과, 방위표 위에 바람의 방향을 나타내는 화살표의 방향은 반대이다. 바람이 동쪽에서 불어올 때(동풍), 풍향계의 화살표 끝은 동쪽을 향하지만, 방위표에서 동풍을 나타내는 기호의 화살표 끝은 서쪽을 향한다. 어렸을 때, 특히 시험을 볼 때, 이 둘을 많이 혼동하였던 기억이 있는데, 현재 교과서에도 이 그림이 그대로 나오는 것을 알 수 있다. 물론, 교사용 지도서에는 이러한 혼동 가능성에 대해 지도상의 유의점을 아래와 같이 자세히 제시하고 있다.

교과서 64쪽의 그림을 보고 풍향계가 가리키는 화살 방향과 풍향을 화살표로 나타낼 때의 방향이 반대가 됨을 인식시켜 혼동하지 않도록 유의한다. 예를 들면 풍향계의 화살이 동쪽을 가리키면 동풍이지만, 화살표로 나타낼 때에는 반대로 ‘동→서’로 나타낸다. 그리고 먼지나 풍선 등이 날아가는 방향은 화살표로 나타내는 방향과 같다.

그러나 아무리 교사가 주의하여 설명을 하더라도, 학생들은 여전히 이 내용을 혼동할 여지가 있다. 우리나라에서 사용되는 대부분의 지도에서 방위는 “4”의 형태로, 왼쪽이 서, 오른쪽이 동을 나타내므로, 동풍은 지도상에 ←로 표시된다. 그렇다면, 학생들은 동풍을 나타내는 화살표 기호의 의미를 “약속된 대로” 외우고 받아들여야만 하는 것으로 생각할 수 있다. 화살표의 가장 일반적인 의미는 ‘화살표 끝이 가리키는 방향으로 가라’이다. 따라서 학생들은 강한 동풍이 불 때 서쪽을 향하는 힘을 받는 경험과 연결하여 ← 표시를 ‘힘의 방향’으로 이해할 가능성도 있다.

이렇게 화살표가 ‘어떤’ 의미를 가진 ‘기호’로 사용된 것이 언제부터인지는 불분명하다¹⁾. 그런데 화살표(기호)는 하나의 의미로만 사용되는 것이 아니다. 어떤 지점을 주시하도록 화살표로 나타낼 수 있고, 시간적 흐름이나 과정을 화살표로 연결할 수도 있다. 또한 과학에서 먹이사슬에 사용되는 화살표는 포식자와 피식자의 관계를 나타낸다. 일상 생활

에서도 화살표는 여러 의미로 사용되는데, 예로 TV 뉴스에서 “대학 등록금 4.8% ↑”라는 자막이 흘러가기도 한다. 즉, 간단한 기호의 하나인 화살표의 정확한 의미 해석이 항상 명확한 것은 아닐 수 있다.

이 연구에서는 초등학교 과학 교과서에 사용된 화살표의 현황을 조사한다. 즉 화살표가 어떤 빈도로 사용되며, 그 의미나 기능이 어떻게 나타나는지 분류한다. 이를 통해 교과서를 통한 학습에서 간단한 기호가 하는 역할을 기호학적으로 분석해 보고, 과학 교수-학습 과정에 주는 시사점을 탐색한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 교과서 선정

초등학교 1~2학년 슬기로운 생활과 3~6학년 과학 교과서를 분석하였다. 교사용 지도서는 교사들이 많이 사용하는 하나, 학생들이 직접적으로 학습에 활용하는 자료가 아니므로 분석 대상에 포함하지 않았다.

2. 분석 방법

화살표가 1개 이상 포함된 시각 자료를 뽑아내었다. 학생들이 직접 화살표를 그려 넣도록 하는 경우도 있었는데, 이것은 제외하였다. 화살표는 시각 자료 안에 겹쳐져 있는 경우와 2개 이상의 시각 자료들 사이에 걸쳐 있기도 하였다. 모든 화살표는 ‘방향’, ‘움직임’ 등의 특정 의미를 가지고 있었다. 또한 화살표의 기능은 시각 자료의 다른 부분과의 관계를 통해 파악할 수 있다. 연구자는 ‘교과서 저자’의 입장에서 화살표에 의도된 의미(기능)를 결정하려 노력하였다. 시각 자료의 캡션(제목과 설명)이나 주위의 본문을 참고하여 이 결정을 내렸다. 소수 사례에서 하나의 시각 자료 안에 서로 다른 의미(기능)를 가진 두 개 이상의 화살표가 포함된 경우도 있었다. 또한 실제 화살표 모양을 가진 사물의 사진도 포함하여 분석하였다²⁾.

이러한 초기 분석 후 1차 분류틀을 만들고, 수차

1) 연구자가 조사한 바에 따르면, 화살의 기원은 후기 구석기 시대로 전해지는데, 화살의 모양을 딴 화살표의 기원은 정확하지 않다. 수학 부호나 식에 포함되어 특정 의미(예, 벡터나 극한)를 가지는 화살표 모양의 기원에 대하여는 Cajori (1993)를 참고하라. 고고미술사학 전문가에 문의한 바에 의하면, 우리나라에서 화살표가 ‘기호’로 사용된 것은 근대에 이르러 서양과 교류를 하면서 부터로 추정된다.

2) 몇몇 사례에서 화살표 모양과 ‘바늘’ 모양을 구분하기 어려운 경우도 있었다.

례의 점검 과정을 거쳐 최종적인 분류틀을 만들었다. 그리고 최종 분류틀로 모든 화살표를 재분석하였다. 각 분류 항목별로 대표적인 사례를 뽑아, 의도된 의미 해석 과정을 살펴보았다.

이 연구는 1명의 연구자가 혼자 수행하였으므로, 분류틀 개발이나 그에 따른 분류 결과의 타당도와 신뢰도를 높이는 데 한계가 있다. 그러나 Guba와 Lincoln(1989)이 질적 연구 분석의 신용성(credibility)을 높이기 위한 방안으로 제안된 방식을 최대한 활용하였다. 즉, 모든 분석 과정의 각 단계별로 분석 결과를 컴퓨터 파일로 정리하여 보관하였으며 각 단계에서 반성적으로 사고한 내용도 정리해 둠으로써 감사 경로(audit trail)를 구성하였다. 또한, 연구 결과를 한국초등과학교육학회에 발표하여 많은 과학 교육 연구자들의 질문과 검토 과정을 거침으로써 향상된 주관성(progressive subjectivity) 수준을 높이고자 하였다.

3. 기호 분류

화살표의 의미와 기능을 분류한 결과를 기호학에서의 기호 분류 체계와 비교하였다. 기호(sign)는 도상(유상, icon), 지표(index), 상징(symbol)으로 분류할 수 있다(Chandler, 2001). 도상은 대상물과 닮은 형태인데, 대표적인 예는 초상화나 지도 등이 있다. 지표는 대상물과 직접 연결되는 것으로, 풍향계나 수은주의 높이, 문을 노크하는 소리 등이 그 예이다. 상징은 그것이 지칭하는 대상물(object)과의 관계가 임의적(관습적)인 것으로, 신호등이나 국기 등이 이에 해당한다(소두영, 1991).

III. 연구 결과 및 논의

1. 화살표의 사용 현황

초등학교 교과서에 사용된 화살표의 현황은 표 1과 같다. 1~2학년 슬기로운 생활의 경우에는 권당 4~6회, 총 16~27개의 화살표가 사용되고 있었으며, 3~6학년 과학의 경우에는 권당 11~21회, 총 22~60개의 화살표가 사용되고 있었다³⁾. 교과서의 쪽수 당 화살표 사용 빈도는 1학년의 경우 0.31(개/쪽), 2학년 0.23, 3학년 0.41, 4학년 0.39, 5학년 0.42,

6학년 0.59로, 학년에 따른 차이는 크지 않았다. 평균적으로 1쪽 당 0.38개의 화살표가 사용되고 있는 점에서 대략 3차시마다 화살표가 사용되고 있음을 알 수 있다. 그렇다면 초등 과학 학습에서 기본적인 기호인 화살표의 역할이 작다고 말하기 어렵다.

화살표는 크기, 모양, 굵기, 색깔 등에서 다양하게 제시되고 있었다. 화살표의 길이는 시각 자료에 따라 달라지며, 화살표의 몸통이 직선인 경우 뿐 아니라, 곡선으로 구부러져 있거나 점선으로 표현되기도 하였다. 화살표의 몸통 굵기도 다양하였으며, 굵기가 화살표의 끝으로 갈수록 굵어지거나 가늘어지는 모양도 있었다. 화살표의 색도 검정뿐 아니라 칼라 색을 띠거나 하나의 화살표 안에서 색이 점차적으로 변하는 경우도 있었다.

이렇게 다양한 종류의 화살표는 어떤 기능을 할 것인가? 시각 자료에 따라 화살표의 크기, 모양, 색 등이 다르게 그려진 이유는 교과서나 교사용 지도서 어디에도 설명된 경우를 찾을 수 없었다. 하지만, 서로 다른 화살표는(그것이 하나의 동일한 시각 자료에 사용된 경우라도) 서로 다른 기능을 하거나 의미를 가질 것이다. 실제로 화살표의 굵기를 다르게 함으로써 상호 관계의 정도를 다르게 표현하는 것은 디자인의 기법이기도 하다(Winn, 1993). 예로,

표 1. 교과서에 사용된 화살표 현황

학년	교과서	횟수	개수
1학년	슬기로운 생활 1-1	5	27
	슬기로운 생활 1-2	5	20
2학년	슬기로운 생활 2-1	6	20
	슬기로운 생활 2-2	4	16
3학년	과학 3-1	21	60
	과학 3-2	11	22
4학년	과학 4-1	11	51
	과학 4-2	11	23
5학년	과학 5-1	12	28
	과학 5-2	14	46
6학년	과학 6-1	13	41
	과학 6-2	16	62
계		129	416

3) 표 1에서 과학 6-1의 경우 정확한 개수는 255개이다. 이렇게 예외적으로 많은 화살표 수가 나오는 것은 자석 주위의 자기력선을 나타내는 작은 화살표들을 모두 합산할 경우 그렇다. 이 예를 1개로 셈하여 41개이다.

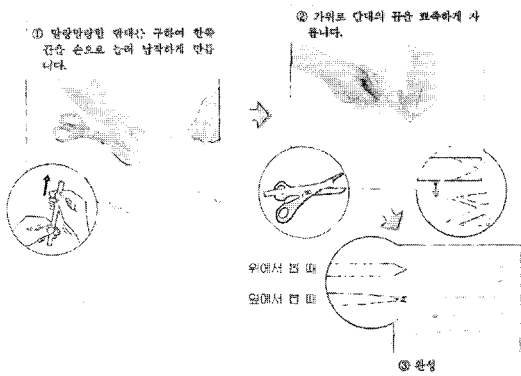


그림 2. 한 시각 자료 안에 있는 서로 다른 기능의 화살표 (과학 3-2 76쪽)

그림 2에서 네모 칸이나 원 사이에 놓인 굵은 녹색 화살표는 학생 활동의 단계나 순서를 지정해 주고, 왼쪽 원 안에 있는 보라색 화살표는 특정 활동에서의 손의 움직임 방향을 예시한다. 즉, 화살표의 외양(크기, 모양, 색 등)은 새로운 기호학적인 자원(semiotic resource)이 된다. 바꾸어 말하면, 그림 2를 보는 학생들이 두 종류의 화살표를 비교한다면, 그것의 서로 다른 외양을 통해 그 화살표가 의미하는 것이 다를 수 있을 것이다.

2. 화살표의 기능(의미)

화살표의 기능을 분류한 결과는 표 2와 같다. 화살표의 기능은 그 의미를 기준으로 분류하였는데, 화살표는 ‘실험 과정이나 활동 순서’, ‘시간적 변화’, ‘지시선이나 연결’, ‘동선이나 궤적의 표시’, ‘횡단보도의 보행 기호’, ‘물질이나 사물의 이동’, ‘사물의 모양’, ‘현상의 번역이나 변환’, ‘빛이나 에너지의 이동’, ‘과학적 개념을 표현’, ‘디자인이나 보조선’, ‘만화적 연결’ 등의 12개 기능을 하고 있었다. 각각의 사례별로 특징적인 예를 제시하며 기호학에서의 기호 분류 체계와 연결 지어 본다. 지면상 모든 사례를 제시하지 않고 대표적인 사례만 제시하였다.

1) 실험 과정이나 활동 순서

가장 많은 화살표가 실험 과정이나 활동 순서, 만드는 과정, 역할 놀이 과정 등을 제시하는 데 사용되고 있었다. 그림 2에서 네모 칸 사이의 초록색

표 2. 화살표의 기능

기능(의미)	횟수	개수	기호 분류
1) 실험 과정, 활동 순서	26	61	상징
2) 시간적 변화	18	56	상징
3) 지시선, 연결	11	37	지표
4) 동선, 궤적	11	28	도상
5) 횡단보도 기호	10	49	도상
6) 물질이나 사물의 이동	10	40	도상
7) 사물의 모양	10	19	지표
8) 번역, 변환	9	25	지표
9) 빛이나 에너지의 이동	7	48	상징
10) 과학적 개념	7	33	상징
11) 디자인, 보조선	5	10	상징
12) 만화적 연결, 기타	5	10	지표
계	129	416	

화살표가 이러한 예인데, 과학 내용 중 화학(실험)과 관련된 사진이나 그림들 사이에 주로 사용되었다. 이 화살표가 지칭하는 대상물은 사물이라기보다는 시간이나 과정과 같은 추상적 개념이라고 할 수 있다. 따라서 이 화살표는 상징으로 분류해 볼 수 있다.

2) 시간적 변화

주로 생물 영역에서 생물체의 시간적 변화를 연결하는 데 화살표가 사용되었다. 즉 식물의 성장이나 곤충의 한살이를 보여주는 일련의 시각 자료 사이에 화살표가 위치하여, 학생들이 연결된 시각 자료를 시간적인 흐름에 따라 보도록 안내한다. 지구 과학 영역에서 시간에 따른 구름의 변화(과학 3-1 59쪽), 물리 영역에서 고체에서의 열의 이동에 따른 이쭉시개의 떨어짐(과학 4-2 86쪽)이나 물에서의 열의 이동 사진들(과학 4-2 88쪽) 등 실험 관찰 과정이나 결과를 보여주는 데에도 이러한 화살표가 사용되었다.

그림 3에서 등글게 배열된 검은 원들은 시간-계열(time-series; Pozzer & Roth, 2003)적 디자인으로 일련의 시각 자료를 제시하고 있다. 학생들은 초파리가 앞에서 애벌레와 번데기를 거쳐 성충이 되는 과정을 시계 방향 순서에 따라 보아야 한다. 그 순서는 초파리가 점점 확장되며 변하는 껍데의 형태

4) 학술지가 흑백으로 인쇄되므로, 이 논문에서 기술하는 각종 색깔은 초등학교 과학 교과서를 따른다.

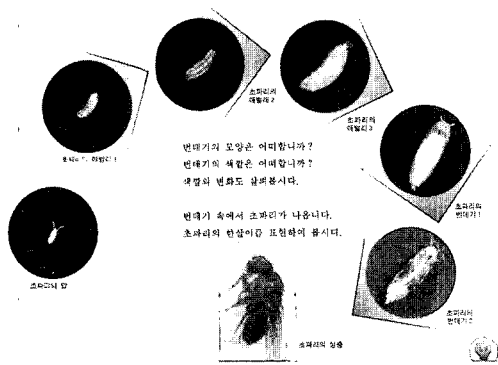


그림 3. 시간적 변화를 의미하는 화살표(과학 3-1 88-9쪽)

학 공리와 유사하다(Bjelic, 1992). 일련의 사진들 사이에는 시간적 경과가 내재되어 있으며, 그것은 검은 원의 뒤쪽에 삼각형으로 표시된 듯하다. 원의 배경은 분명 삼각형 모양이지만, 검은 원과 함께 보았을 때 화살표의 모양이라고 볼 수 있다(이와 유사한 한살이 그림에서는 화살표를 사용하고 있다. 과학 4-2 90~92쪽 참고). 또한 삼각형(화살표의 앞부분)의 색이 처음에는 노란색이고, 애벌레에서는 초록색, 번데기에서는 보라색이다. 즉, 화살표의 서로 다른 색깔은 초파리의 한살이에서 동일한 형태를 띠는 단계를 구분해 주는 역할을 하므로, 이 시각 자료를 해석하는 데 도움을 주는 추가적인 기호학적 자원이 될 수 있다.

시간적 변화를 나타내는 화살표는 그 대상물이 시간이라는 추상적 개념이라고 할 수 있으므로, 이것도 상징으로 분류하는 것이 타당하다고 할 수 있다.

3) 지시선, 연결

시각 자료에서 특정한 부분을 지적하여 설명하거나 이름붙이기 위해 화살표를 종종 사용한다. 그림 4에서 볼 수 있듯이, 지시선의 역할을 하는 화살표는 시각 자료의 다른 부분과 구별되는 색을 사용하는 것이 좋다. 예로, 그림 4a의 가운데 부분은 소나무의 그림에 검은색 화살표를 사용하여 꽃과 솔방울을 표시하였고, 왼쪽에 있는 소나무 사진에서 암꽃과 수꽃을 표시할 경우(과학 5-1 48쪽)에는 분홍색 화살표를 사용하였다.

지시선의 역할을 하는 화살표가 그 기능을 제대

로 하기 위해서는 학생들이 화살표가 가리키는 부분을 명확히 판단할 수 있어야 한다. 그런데 화살표가 지시하는 정확한 위치를 아는 것은 학생들의 입장에서는 항상 쉬운 것이 아닐 수 있다. 화살표의 모양을 고려하면 화살표의 끝은 시각 자료의 일부분이나 한 점을 가리킬 수밖에 없다. 학생들은 화살표의 끝점이 닿아 있는 곳을 중심으로 어느 부분이 지시되는 곳인지 구분해 내야 한다. 즉, 그림 4a의 경우에 암꽃은 대롱 위쪽에 있는 작은 타원형 갈색 부분이며, 솔방울은 아래쪽에 있는 누운 계란형 갈색 부분임을 알아야 한다(솔방울의 경우 단지 하나의 비늘만을 가리키는 것이 아니다). 따라서 만약 이전에 소나무를 본 적이 없는 학생이 이 내용을 학습할 경우 시각 자료에 특정 부분을 제대로 구분하는 데 어려움을 겪을 가능성이 있다⁵⁾.

이러한 점은 그림 4b에서도 확인할 수 있다. 학생들은 이 시각 자료에서 힘점, 작용점, 받침점을 찾아내야 한다. 그런데 예로, 받침점을 가리키고 있는 화살표는 아래쪽의 작은 돌과 막대 사이의 공간을 가리키고 있을 뿐이다. 아래쪽의 돌은 저울의 받침점과 같이 기능하는 하나의 점을 가지고 있기보다는 넓은 윗면을 가지고 있으며, 그림에서 막대와 닿아있는 부분은 일정 길이의 선이다. 따라서 학생들은 받침점이 선분이 아니라 하나의 점이라는 과학적 개념을 이해하기 위해 변형이나 번역의 과정(Latour, 1999)을 거쳐야 한다.

이렇게 지시선의 역할을 하는 것은 반드시 화살표일 필요는 없으며, 선분(점선)으로 지시선을 나타내는 경우도 과학 교과서에서 종종 찾을 수 있었다(예, 과학 3-2 22쪽). 그런데 지시선의 기능을 하는 화살표는 그 자체가 지시하는 대상물을 규명하기 어렵다. 그러나 퍼스는 도표(diagram)의 부분을 'A, B, C' 등으로 표시한 것이나 'this'나 'that' 같은 지시 대명사들이 독자의 주의를 기울이게 하는 의미에서 그런 기호를 지표로 분류하였다(소두영, 1991). 따라서 지시선의 역할을 하는 화살표는 그 자체가 학생들의 주의를 이끄는 역할을 하므로 지표로 분류할 수 있다.

4) 동선, 궤적

5) 그림 4에서 학생들이 왼쪽에 있는 사진과 가운데의 그림을 서로 연결하여 소나무꽃의 구조를 학습하도록 의도하였다면, 암꽃과 수꽃의 화살표를 왼쪽 사진에도 연결해 주는 것이 좋았을 것이다.

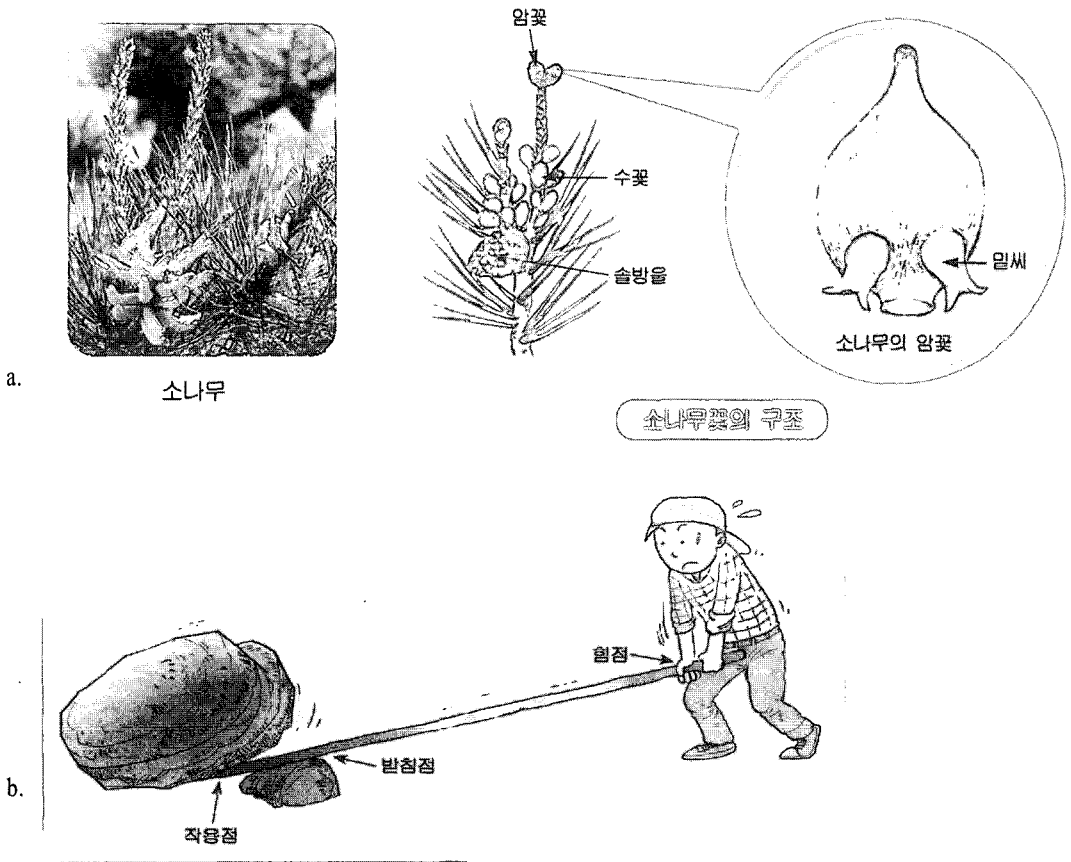


그림 4. 지시선의 기능을 하는 화살표의 예. a. (과학 6-1 58쪽), b. (과학 6-2 77쪽)

앞에서 이미 언급되었듯이, 그림 2에서 왼쪽의 원 안에 있는 보라색 화살표는 빨대를 위쪽으로 계속 눌러주는 손의 움직임 방향을 예시한다. 이렇게 사물의 움직임이나 행동의 동선, 그리고 그 궤적을 나타내는 화살표가 종종 사용되고 있었다. 예로, 그림 5a에 있는 화살표는 유리막대의 움직임을 표현하는 것으로 볼 수 있다. 왼쪽의 유리막대에는 하나의 화살표가 있고, 오른쪽에는 세 개가 있다. 각각의 화살표는 3차원의 모양을 하고 있어, 안쪽이 주황색이고 바깥쪽이 빨간색인 리본이 둥글게 유리막대 주위를 휘감고 있는 듯이 보인다. 그림의 위쪽에 ‘빨리 저어 주면 가루가 물에 더 빨리 녹을까요?’라는 글이 있다. 이 글을 함께 보면서 학생들은 화살표가 유리막대를 휘젓는 것을 표현하는 것이라고 해석할 수 있다. 화살표의 둥근 모양은 휘젓는 막대의 궤적과 유사하다. 즉, 이 화살표는 그 대상물인 휘젓는 모습과 유사하므로 도상에 해당한다고 볼 수 있다.

그런데 어떤 것이 빨리 젓는 것일까? 학생들이 화살표의 개수를 휘젓는 속도와 쉽게 연결할 것이라고 간단히 말할 수도 있다. 그러나 왜 화살표의 개수가 막대를 젓는 빠르기에 대응하는가? 교과서에 그러한 설명이 있는가? 화살표의 개수와 속도 사이의 관계는 완전히 임의적이다. 즉, 그림 5a의 오른쪽 화살표는 상징이라고 할 수도 있다. 즉, 그림 5a에 있는 화살표 기호를 읽고 해석하는 과정에는 도상적 성질과 상징적 성질을 모두 풀어내는 활동이 포함될 수 있다.

기호의 도상적 성질과 상징적 성질을 모두 포함하는 화살표의 또 다른 예를 그림 5b에서 볼 수 있다. 이 그림은 ‘지레의 원리로 도르래를 설명’하는 내용에 사용된 시각 자료이다. 왼쪽의 그림에는 고정 도르래로 물체를 들어 올리는 장면이 묘사되어 있다. 그림 자체는 고정 도르래에 매달린 추를 손으로 잡고 있는 정지된 상태이지만, 손 위에 그려진 화살표를 통해 이 그림이 움직이는 상황의 한 순간

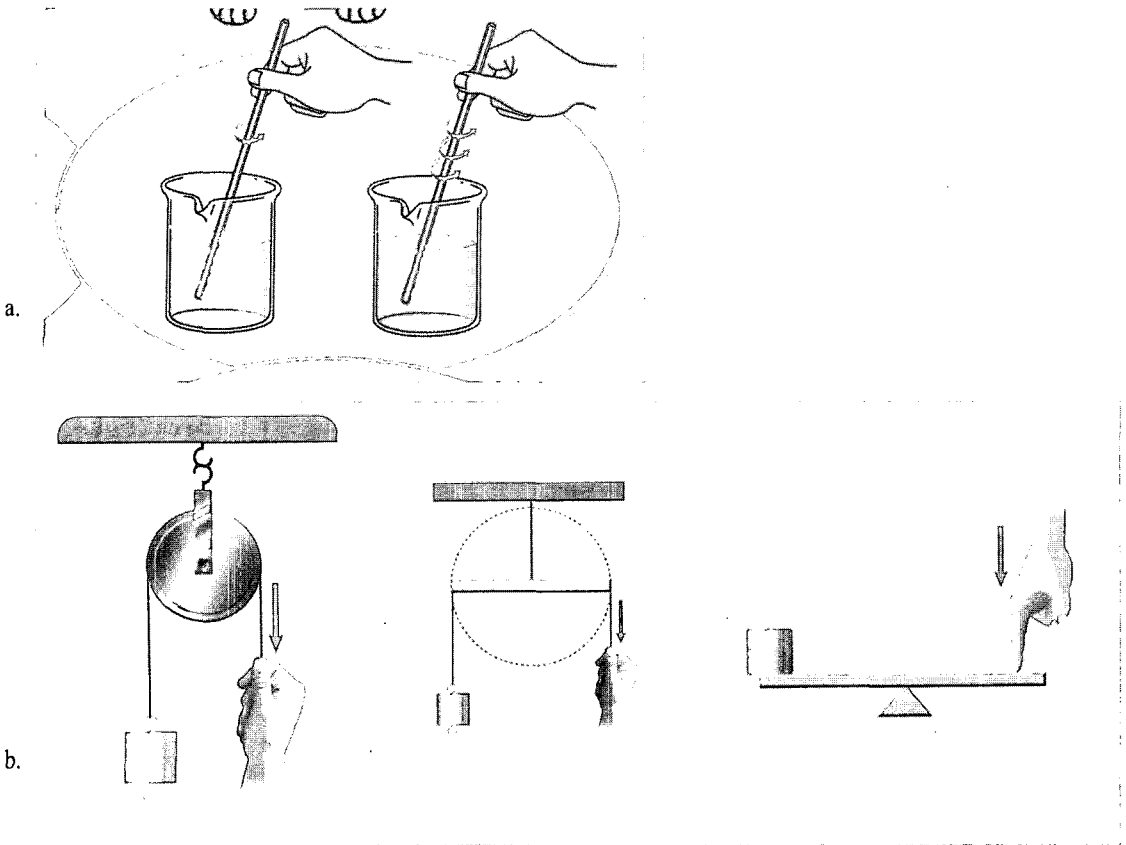


그림 5. 동선을 나타내는 화살표. a. (과학 3-2 55쪽), b. (과학 6-2 84쪽)

을 나타낸다고 해석되어야 한다(본문에는 ‘고정 도르래로 물체를 드는 데에 필요한 힘의 크기를 지레나 수평 잡기의 원리로 설명하여 봅시다.’라고 제시되어 있다). 즉, 화살표는 정적인 시각 자료 위에 겹쳐 그려져서, 동적인 느낌이 나도록 해 준다(Bastide, 1990). 그렇다면 마찬가지로 가운데 수평잡기나 오른쪽의 지레의 그림도 움직이는 것으로 해석되어야 하는가? 교과서나 지도서에는 각각의 그림이 정지상을 나타내는지 동적 과정을 나타내는지 분명히 설명되어 있지 않다.

여기 사용된 화살표들은 모두 ‘힘’을 나타낸다고 볼 수 있다. 그런데 왼쪽 그림에서의 화살표는 손을 움직이는 방향을 나타내는 측면이 강하므로 도상적 성질이 더 강하고, 가운데와 오른쪽 그림에서의 화살표는 평형을 이루고 있는 상태에서 손이 작용하는 힘을 나타내는 측면이 강하므로 상징적 성

질이 더 강하다고 볼 수 있다. 학생들은 이 세 그림 사이에 유사성을 찾아내야 하는데, 그 과정은 동선을 의미하는 화살표와 ‘힘’이라는 과학적 개념을 지니게 되는 화살표(예, 벡터)를 서로 연결하는 활동이라고 볼 수 있다. 이 시각 자료는 6학년 2학기에 제시된 것이며, 다음의 중학교 1학년에서는 바로 힘(벡터)을 나타내는 화살표에 대해 학습을 하게 된다. 따라서 교사는 이 시각 자료에서 화살표의 기능이 단순한 이미지에서 과학 개념으로 이동하는 과정에 대해 세심한 지도를 해 줄 필요가 있다.

5) 횡단보도 기호

1~2학년 슬기로운 생활에서 횡단보도에 그려진 화살표를 종종 볼 수 있다. 학생들은 어렸을 때부터 화살표를 보고 ‘그 방향으로 가라’는 의미를 알게 되는 듯하다⁶⁾. 일상 생활에서 화살을 직접 볼 수

6) 연구자의 만 4살 아이에게 화살표의 의미를 물었을 때 ‘가라’라고 대답하였다. 이 예는 객관적인 사례로 제시한 것이 아니며, ‘범례적 이해’로 다룰 수 있다(조상식, 2002).

있는 학생들은 그리 많지 않지만⁷⁾, 화살표라는 이름과 모양을 보면서 화살이 날아가듯 그 쪽으로 움직이라는 의미를 습득하는 것으로 생각된다. 또한 만화 등의 그림에서 화살표를 많이 접할 수 있는데, 만화에 사용된 화살표는 독자에게 운동성-환각을 야기한다(박여성, 2003). 따라서 횡단보도 기호로 사용된 화살표는 그 대상물(예, 화살 또는 움직임)과 유사하다는 측면에서 도상에 해당한다고 볼 수 있다.

6) 물질이나 사물의 이동

이 유형으로 분류한 화살표는 물이나 공기, 양분 등 물질이나 사물의 이동을 나타낸다. 이것은 ‘동선, 궤적’의 분류 항목과 유사하지만, 앞에서 논의한 그림 5에서와 같은 화살표들은 사람의 움직임이나 움직임을 나타내고 있다. 이에 비하여 물질의 이동은 움직임의 원인이 인간에 있기보다는 주로 자연적 현상에 기인하는 점에서 따로 구분하였다.

그림 6은 물의 상태 변화와 이동을 보여주는데, 의인화된 물방울 모양에서 출발하여 수증기로 되고 구름을 거쳐 눈이나 비로 내리고 강이나 지하를 흘러 바다로 순환하는 과정에 화살표가 그려져 있다. 위쪽에는 ‘수증기’나 ‘구름’이라는 글자가 등근

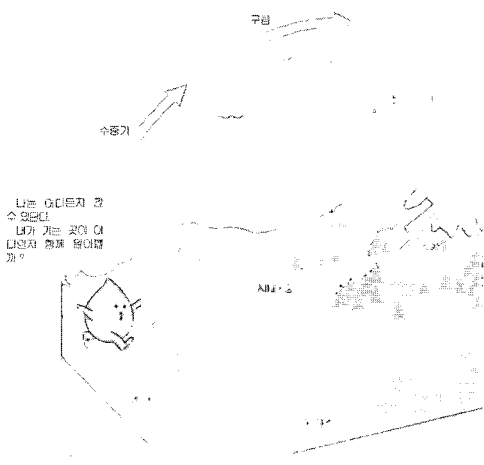


그림 6. 물질이나 사물의 이동을 나타내는 화살표(과학 5-1 78쪽)

호를 그리는 주황색 화살표 중간에 적혀 있고, ‘눈비’의 글자와 함께 직선 화살표가 아래로 그려져 있다. 또한 ‘시내·강’의 구부러진 모양을 따라 약간 가는 화살표가 그려져 있으며, 아래쪽의 땅의 단면 부분에 세 개의 직선 화살표가 아래를 향하고 ‘지하수’라는 글자를 사이에 두고 두 개의 직선 화살표가 바다로 연결되어 있다. 각각의 화살표는 물이 이동하며 순환하는 대표적인 여정을 나타낸다고 해석할 수 있는데, 이 경우 ‘동선, 궤적’과 마찬가지로 도상적 성질을 가지는 기호가 된다.

그런데 위쪽의 굵은 화살표들은 끝부분이 주황색에서 무색으로 점진적으로 사라지고 있으며, 아래쪽의 가는 화살표들은 그러한 색의 점멸이 없다. 왜 이렇게 다른 모양으로 나타냈을까? 전자의 경우, 수증기나 구름, 눈, 비는 물의 상태나 외양이 다소 변하는 과정인 반면, 후자의 경우 시내·강이나 지하를 흐르는 물은 모두 액체 상태로 존재하며 위치만 변할 뿐이다. 교과서 저자가 이러한 차이를 염두에 두고 화살표의 모양을 다르게 했다면, 전자의 화살표(수증기, 구름, 눈, 비)들은 도상적 성질뿐 아니라 상징적 성질을 함께 가진다고 볼 수 있다. 그렇다면 화살표의 모양 차이는 학생들에게 특정한 의미 차이로 지각되고 해석될 필요가 있으며, 교사는 그러한 학습 과정을 부각시켜야 할 것이다.

한편, 그림 7에 태양의 이동을 표시하는 3차원의 등근 흰색 선에 그려진 화살표는 어떤 기능을 하고 있는가? 이 화살표-선은 물질이나 사물의 이동과 유사한 역할을 한다고 생각하기 쉽다. 즉, 태양의 위치를 나타내는 선에 화살표를 추가하여 태양이 그 선을 따라 움직이는 것처럼 보인다(본문에는 흰

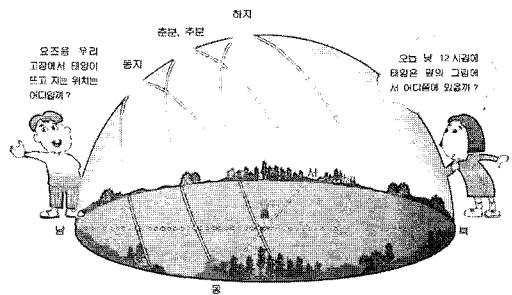


그림 7. 태양의 위치를 나타내는 화살표(과학 6-2 56쪽)

7) 실제 화살의 모양은 화살표와는 다소 다르다. 화살촉이 화살표의 모양을 하고 있는 경우는 드물다.

선이 ‘태양이 지나가는 길’이라고 언급되어 있다. 그러나 이것은 태양이 움직이는 단순한 궤적으로 해석하기보다는 지구상의 관찰자에게 그렇게 보이는 것이라고 생각해야 한다. 이 그림이 있는 교과서에서 몇 쪽을 넘기면(과학 6-2 60쪽) 바로 지구가 태양 주위를 공전하는 궤도에도 화살표가 그려져 있어, 두 그림의 화살표-선을 동일하게 해석할 가능성이 있다. 이렇게 그림 6b의 화살표는 비과학적인 개념 형성과 연결될 가능성이 있으므로 교사는 설명에 주의하여야 한다. 즉, 이 화살표-선은 태양의 위치를 말해주는 일종의 보조선의 역할을 하는 것으로 생각해야지 태양의 움직임을 나타내는 도상으로 해석하지 말아야 한다.

7) 사물의 모양

이 종류에 해당하는 화살표는 시계 바늘, 풍향계 화살표, 나침반 바늘(또는 전자력선 바늘: 과학 6-1 76쪽 참고), 체중계 바늘 등 실제로 화살표 모양을 한 사물의 사진 또는 그림을 말한다. 학생들이 이러한 사물에 익숙할 경우 이 시각 자료(화살표)는 쉽게 해석될 수 있다. 예로, 그림 8에서 시계의 두 바늘이 겹쳐져 있는데, 이것을 해석하기 위해 이러한 순간을 유심히 관찰해 본 경험이 요구된다.

이러한 화살표는 어떤 기호일까? 시계의 바늘을 보는 것은 시간을 확인하는 행동이다. 즉 시계 바늘(결과)은 시간의 흐름(원인)과 일종의 인과관계를 나타낸다. 풍향계 화살표는 바람(원인)이 불어오는 방향을 향한다(결과). 마침가지로 나침반 바늘은 방위(원인)를 가리키며(결과), 체중계 바늘은 몸무게

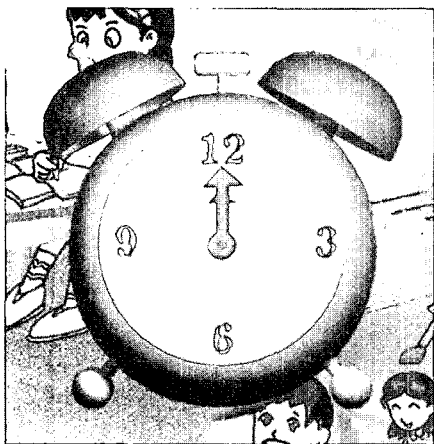


그림 8. 시계 바늘 화살표(과학 2-1 72쪽)

(원인)를 가리킨다(결과). 즉, 이들 기호는 대상물과 직접 연결되며 인과관계를 나타내므로 지표에 해당(소두영, 1991)한다고 할 수 있다.

8) 번역, 변환

그림 9에서 구름 사진과 일기도, 날씨 사진을 화살표가 연결해 주는 것을 볼 수 있다. 이 그림들을 어떤 순서로 어떻게 해석해야 할까? 현재 화살표의 방향을 고려하면, (그림 왼쪽에 생략된) 기상 위성에서 찍은 구름 사진으로부터 일기도를 구성하고, 일기도를 그리고 나면 날씨를 알 수 있는 것처럼 생각할 수 있다. 이 순서대로 시각 자료들을 보며 내용을 학습하는 것이 맞는가? 교과서 저자는 그렇게 의도하였는가? 여기에 사용된 화살표의 기능이 인과관계인지, 시간적 흐름인지, 단순한 지시선인지 여부는 이 내용을 처음 접하는 학생들은 알기 어렵다. 왜냐하면 이들 시각 자료들 사이에는 상당한 수준의 (과학자들의) 번역 또는 자료 변환 과정(Latour, 1999)이 포함되어 있기 때문이다.

하지만 이 내용을 학습하는 과정이 시각 자료 사이의 화살표의 의미를 알아내는 과정으로 보기는 힘들다. 예로, 일기도를 만드는 과정은 다른 차시에 학습하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 여기에 사용된 화살표는 서로 다른 자료를 변환하거나 비교하는 활동을 촉진하는 기능을 하고 있다. 이와 같은 기능을 하는 화살표의 또 다른 예는 과학 4-2 42~43쪽에서 화석 사진과 거기에서 알아낼 수 있는 내용을 연결한 화살표이다. 이러한 화살표들은 어느 정도 지시선의 역할을 하며, 인과 관계를 나타내기도 한다. 따라서 이들 기호는 지표로 분류할 수 있다.

9) 빛이나 에너지의 이동

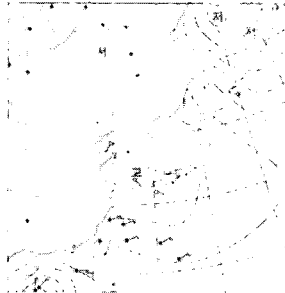
몇몇 화살표는 빛이나 에너지의 이동이나 경로를 나타내는 데 사용되고 있었다. 이는 ‘동선, 궤적’이나 ‘물질이나 사물의 이동’과 유사하게 생각할 수 있으나, 비물질적인 대상의 움직임을 표현한다는 점에서 따로 구분해서 생각할 필요가 있다. 이러한 예는 그림 10에서 눈금 실린더의 수면 눈금을 읽을 때 눈의 위치에 따른 시선을 나타낸 화살표, 또는 과학 4-1 81쪽에 초음파를 이용하여 바다 밑 땅 모양을 알아보는 그림에 사용된 초음파 궤적 화살표 등이 있다. 빛의 이동 경로 화살표는 빛이 바

여 봅시다.

날씨를 이야기하여 봅시다.



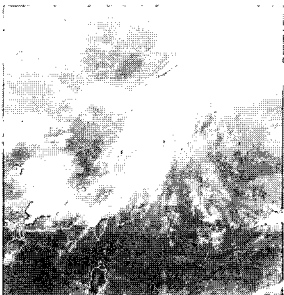
우리 나라가 고기압일 때의 구름 사진



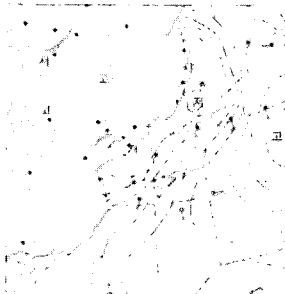
우리 나라가 고기압일 때의 일기도



고기압일 때의 날씨



우리 나라가 저기압일 때의 구름 사진



우리 나라가 저기압일 때의 일기도



저기압일 때의 날씨

그림 9. 번역과 변환을 안내하는 화살표(과학 6-2 20쪽)

로 그 화살표 선을 따라가는 것으로 해석하기보다는 에너지의 흐름을 상징적으로 묘사한 것으로 보는 것이 좋다(어떤 경우에는 에너지(빛)의 흐름을 평행한 직선으로 나타내지 않기도 하였다. 과학 5-2 83쪽 첫 번째 그림 참고). 일반적으로 화살표를 움직임이나 이동의 관점에서 해석하기 쉽고, 학생들은 자기 중심적으로 사고를 하므로, 물질의 이동을 나타내는 화살표와 비물질인 에너지의 흐름을 나타내는 화살표를 구분해서 지도할 필요가 있다.

한편, 그림 10에서 시선을 나타낸 화살표에 방향이 포함되어 있는데, 이 기호의 사용은 재고할 필요가 있다⁸⁾. 학생들은 빛이 자신의 눈에서 나와 사물로 가기 때문에 볼 수 있다는 오개념(오세일, 1994)을 가지고 있는데, 이 그림은 이러한 오개념을 강화 또는 형성해 줄 수 있기 때문이다. 따라서 이 그림의 경우 화살표의 방향을 반대로 그리거나, 방향이 없는 실선이나 점선으로 수정하는 것이 바람직

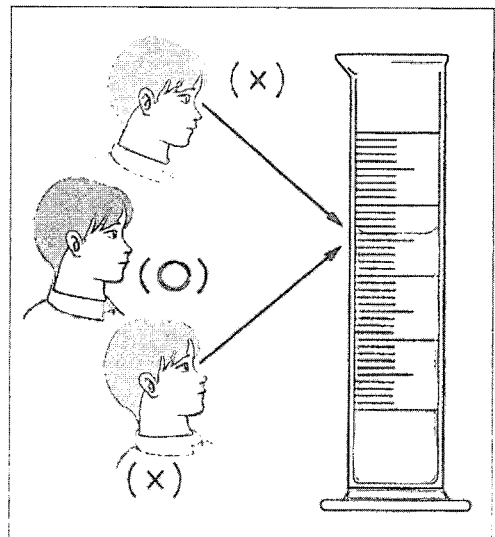


그림 10. 시선을 나타내는 화살표(과학 4-1 21쪽)

하다고 생각된다.

8) 과학 1-1 53쪽 그림에서도 횡단보도를 건너기 전에 좌우를 살피는 학생들의 눈에서 화살표가 나오는 식으로 그림이 그려져 있다.

10) 과학 개념

그림 11a는 6학년 교과서에 수록되어 있는 먹이사슬 그림이다. 나무 주위에 배열된 여러 동식물들이 오렌지색 화살표로 서로 연결되어 있다. 나무도 실제로는 먹이사슬의 일부분이 될 수 있지만, 여기서는 단지 먹이사슬 그림의 배경으로만 사용되었다. 여러 화살표들은 크기(길이)나 모양(직선, 곡선)은 서로 다르지만 색은 모두 같다. 화살표의 색이 동일하다는 점에서 모두 같은 의미를 지닌다고 생각할 수 있다. 즉, 화살표가 시작되는 지점의 생물체(포식자)는 화살표가 가리키는 방향 끝에 있는 생물체(포식자)의 먹이가 된다. 화살표의 길이나 모양은 무시해야 한다.

그런데 이러한 화살표의 의미는 교과서에 설명되어 있지 않다. 먹이사슬(개념)은 3학년 교과서에 간단한 그림으로 처음 소개되어 있는데(과학 3-1 79쪽), 거기에도 화살표의 의미가 설명되지 않았다. 따라서 먹이사슬 개념을 배우는 학생들은 화살표의 의미를 스스로 추론하거나 교사의 설명에 의존해야 한다. 먹이사슬 그림에는 일반적으로 화살표가 사용되고, 그 화살표의 의미는 학습되어야 한다는 점에서, 그리고 화살표 자체에 원래 그런 의미가 들어있지 않다는 점에서 그림 11a 속의 화살표는 상징으로 분류할 수 있다.

이렇게 과학적인 개념을 나타내는 것으로 약속되어 그 의미를 학습해야 하는 다른 예로 앞에서 논의된 그림 1의 적색 풍향 화살표가 있으며, 그림 11b에 있는 화살표도 있다. 후자의 경우, 물이 수증기로 되는 변화 과정을 나타내는 데 화살표를 사용하였다. 화학 반응식에서 화살표는 반응 물질과 생성 물질을 경계 지으며 변화 방향을 표시함과 동시에 촉매 등의 반응 조건을 적는 바탕이 되는 역할을 한다. 비록 그림 11b가 완전한 화학 반응식을 나타내지는 않지만, 이후 화학을 공부할 때 이렇게 표시한 (반응식 내의) 화살표는 화학자들이 약속으로 정하여 사용하는 것이므로 바른 의미를 알아야 한다. 따라서 교사는 이러한 점을 숙지하고 과학 개념을 나타내는 화살표의 의미를 정확히 전달하고 강조해 줄 필요가 있다. 상징으로 사용된 화살표의 의미는 파생된 것이므로 언어와 같이 학습되어야 한다.

11) 디자인, 보조선

소수의 화살표가 단순한 디자인이나 보조선에 사용되기도 하였다. 여기에는 예로, 과학 3-2 89쪽에 제시된 재활용 깡통 재질과 기호, 과학 6-2 52쪽에 태양의 고도를 나타내는 각도를 양쪽 화살표를 가진 호로 나타낸 보조선 등이 포함된다. 이러한 화살표는 특징적인 의미를 가지고, 그것은 일상생활이나 특정 상황(예, 설계도면 등)에 일관된 의미로 사용되므로 상징으로 분류할 수 있다.

12) 만화적 연결

몇몇 화살표는 만화적인 이야기의 전개 순서를 나타내는 데(과학 4-2 52쪽), 또는 글에 대한 단순한 배경으로(과학 4-1 58쪽) 사용되기도 하였다. 이들은 학생들의 주의를 환기하는 기능을 할 수 있다는 점에서 지표로 분류할 수 있다.

3. 분석 결과 정리 : 화살표의 종류

이상에서 화살표를 12개 기능으로 정리하고, 각각을 기호학에서의 기호 분류 체계로도 구분해 보았다(표 2 참고). 자연 현상은 일련의 변환·변형 과정을 거쳐 시각 자료가 되며(Latour, 1999), 이러한 과정에서 관습적인 기호가 추가되기도 한다. 추가된 기호는 과학자들이 자연 현상을 단순화하여 (또는 복잡하게 하여) 시각 자료를 만드는 과정에

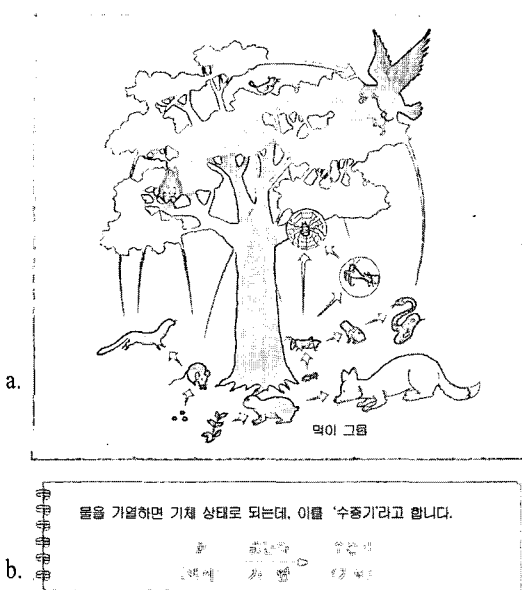


그림 11. 과학 개념을 나타내는 화살표. a. (과학 6-2 37 쪽), b. (과학 4-2 72 쪽)

도움을 줄 것이다. 또한 그러한 기호는 독자들이 시각자료를 해석하여 자연 현상을 이해하는 역과정에 도움을 줄 것이다.

마지막으로 각 기호 체계의 역할에 따라 화살표의 종류를 세 가지로 정리해 본다. 우선, 도상에 해당하는 화살표는 ‘동선, 궤적’, ‘물질이나 사물의 이동’ 등의 기능(의미)을 가지고 있는데, 이것은 움직임과 관계되는 ‘동적 화살표’라고 정리할 수 있다. 그리고 지표에 해당하는 화살표는 ‘지시선, 연결’, ‘만화적 연결’ 등의 기능을 가지며, 학습 과정을 안내하는 일종의 ‘관리적 화살표’로 생각할 수 있다. 또한 상징에 해당하는 ‘과학적 개념’, ‘디자인, 보조선’ 등의 기능은 학생들이 학습해야만 하는 것으로 ‘개념적 화살표’로 이름 붙여 볼 수 있다⁹⁾. 이렇게 화살표를 기호 분류 체계에 따라 구분하고 분석함으로써 화살표의 의미를 이해하고 해석하는 데 도움을 얻을 수 있다. 즉, 기호학이 과학 학습 교재를 분석하는 연구에 방법론적 도구로 사용될 수 있다.

IV. 결론 및 제언

과학 교과서에 수록된 시각 자료에는 그것을 해석하는 데 도움을 주는 여러 가지 기호가 사용되고 있는데, 이 연구에서는 그러한 기호 중 하나인 화살표에 대하여 사용 현황을 조사하고 기능이나 의미에 따라 분류해 보았다. 과학 교과서에 종종 사용되고 있는 화살표는 12개 기능으로 분류할 수 있었고, 도상, 지표, 상징의 기호 분류 체계와 비교하였다.

화살표의 기능이 다양하고 항상 같은 의미로 사용되지 않으므로, 시각 자료를 학습할 때 각각에 포함된 화살표의 특징적인 의미가 강조되지 않을 경우 혼동을 일으키거나 잘못된 학습 결과로 유도될 가능성이 잠재한다고 할 수 있다. 즉, 과학 교사는 일반적인 의미(예, 도상적 의미)로 사용되지 않은 화살표(예, 상징적 의미)가 포함된 시각 자료를 수업에 활용할 때 학생들에게 화살표의 의미를 추가

로 설명해 줄 필요가 있다.

학생들은 교사의 적절한 설명이 없을 경우, 화살표의 의미를 해석하기 위해 여러 가지 기호학적 자원(색, 모양 등)을 사용하게 될 것으로 생각된다. 즉 화살표의 모양이 서로 다르면 다른 의미를 가지고 있음을 추측할 수 있다. 그런데 동일한 모양의 화살표라도 다른 의미를 나타내는 경우가 있을 수 있다. 예로, 그림 6에서 ‘수증기’ 글자와 함께 있는 화살표와 ‘구름’ 글자 옆의 화살표는 거의 동일한 모양이지만, 전자의 경우 바다에서 물이 증발하는 기화를 의미하고 후자의 경우 수증기가 구름으로 응결하는 과정을 의미한다. 즉, 화살표에 ‘수증기’나 ‘구름’과 같은 말이 수반되어 서로 다르게 해석될 수 있는 것이다. 단순히 그림에 화살표만 표시하고 언어적 단서(word clues)를 제시하지 않으면 시각 자료의 이해에 어려움을 겪을 수 있다(Gates, 2001). 따라서 과학 교과서에서 시각 자료의 이해를 돕기 위해 추가적인 기호를 사용하는 경우 이러한 점을 고려하여 상세한 설명을 제공하거나 세심하게 디자인을 해야 할 것이다.

이 연구는 초등학교 과학 교과서에 사용된 화살표에 한정하여 진행되었는데, 다른 과목의 교과서에서도 화살표를 비롯한 여러 가지 기호가 사용되고 있다¹⁰⁾. 학생들은 하루에도 여러 과목을 넘나들며 학습하므로, 다른 교과에서 사용되고 있는 다양한 기호들의 교육적 의미와 과학 교과와의 상호 관련성을 탐색해 볼 필요가 있다. 한편, 이 연구는 교과서에 대한 분석이므로, 실제로 학생들이 화살표를 어떻게 해석하고 교사가 이에 대한 설명을 어떻게 제공하고 있는지 여부는 추후 연구의 몫으로 남긴다. 이 연구에서 도입한 기호학적 분류와 분석 방법이 계속되는 연구를 안내하는 틀이 될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

박여성(2003). ‘먼나라 이웃나라’ - 손짓기호 읽기. 기호학연대 편. 대중문화 낚설게 읽기. 서울: 문학과경계

9) 그러나 지표로 분류된 ‘사물의 모양’은 개념적 화살표에 가까우며, 상징으로 분류된 ‘실험 과정, 활동 순서’나 ‘시간적 변화’는 관리적 화살표에 가까우므로, 기호 분류 체계와 동적, 관리적, 개념적 화살표를 완전히 일 대 일 대응시키는 데에는 한계가 있다.
 10) 1학년 1학기 교과서를 검토하였을 때, 생활의 길잡이, 바른 생활, 국어 말하기 듣기, 국어 읽기, 국어 쓰기, 수학 및 수학 익힘책, 즐거운 생활 등 대부분의 교과서에서 화살표를 찾아볼 수 있었다.

- 사, 209-243.
- 소두영(1991). *기호학-상징의 과학*. 서울: 인간사랑.
- 오세일(1994). 아동의 빛 개념 변화에 미치는 오개념 교정 수업의 효과. *초등과학교육*, 13(1), 51-80.
- 조상식(2002). *현상학과 교육학*. 원미사.
- Bastide, F. (1990). The iconography of scientific texts: Principles of analysis. In M. Lynch & S. Woolgar (Eds.), *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: MIT Press, 187-229.
- Bjelic, D. I. (1992). The praxiological validity of natural scientific practices as a criterion for identifying their unique social-object character: The case of the 'authentication' of Goethe's morphological theorem. *Qualitative Sociology*, 15(3), 221-245.
- Cajori, F. (1993). *A history of mathematical notations*. Mineola, NY: Dover Publication.
- Chandler, D. (2001). *Semiotics for beginners*. <http://www.aber.ac.uk/media/Documents/S4B/>
- Guba, E. & Lincoln, Y. (1989). *Fourth generation evaluation*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Latour, B. (1999). *Pandora's hope: Essays on the reality of science studies*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Pozzer, L. L. & Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089-1114.
- Roth, W.-M., Bowen, G. M. & McGinn, M. K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(9), 977-1019.
- Winn, W. (1993). Perception principles. In M. Fleming & W. H. Levie (Eds.). *Instructional message design: Principles from the behavioral and cognitive science*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications. 55-126.