

# 초등학교 교과서 속 해륙풍에 기반한 바람이 부는 이유에 대한 개념적 고찰

이 규 호

(경인교육대학교)

## The Conceptual Study on Driving Factors for Wind based on Land and Sea Breeze in the Elementary Textbooks

Lee, Gyuhoo

(Gyeongin National University of Education)

### ABSTRACT

In the elementary school science curriculum, wind is one of the most important concept. In particular, land and sea breeze has been a key example to deliver how wind is driven, and thus its model experiments have been used to help students understand causes of wind. Here we compare causes and explanations for wind and land and sea breeze between textbooks in colleges and elementary schools to examine any potential improvement for the contents. In addition, we conducted survey to examine how pre-service teachers understand land and sea breeze, and convection box experiment used in elementary school textbooks is useful to understand land and sea breeze. Based on the comparison, we find that college level textbook explains the cause of wind as atmospheric pressure difference while elementary school textbooks explain them differently according to curriculums. In the textbooks, there are a difference in the way described for land and sea breeze. Analysis of questionnaire indicate that pre-service teachers understood land and sea breeze correctly, and they selected the convection box experiment in 2009 curriculum textbooks as the most suitable one. Explanations and experiments for land and sea breeze in the textbooks have been revised as the modification of elementary school curriculums. We expect this study helps to deliver more solid contents for wind and land and sea breeze in the upcoming new curriculum.

**Key words** : wind, land and sea breeze, model experiment, difference of air pressure, the convection box

### I. 서 론

21세기는 세계화와 정보화 사회이며, 이러한 사회를 살아가는데 꼭 필요한 것이 새로운 과학 지식과 기술을 지닌 인재를 육성하는 것이다(교육과학기술부, 2007). 이러한 인재 육성을 위해 과학 교과에서는 자연 현상과 사물에 대한 호기심과 흥미를 가지고 문제를 과학적으로 해결하려는 태도를 기를 것을 요구하고 있다(교육부, 2015b). 과학의 여러 분야 중에서도 특히 지구과학 분야는 지구(경우

에 따라서는 지구 밖에서까지)에서 일어나는 다양한 현상을 그 대상으로 하고 있다. 이러한 지구에서 일어나는 다양한 현상을 연구하기 위해서 Laudan (1987)은 역사학적 탐구와 인과적 탐구를 활용한다고 하였다. 물론 지구과학에서의 인과적 탐구는 물리나 화학 분야의 엄격한 법칙적인 인과관계라고 보기는 다소 어려운 경우도 있지만, 주어진 상황에서 최선의 결론을 이끌어내는 것을 목적으로 하고 있다(Laudan, 1987; Lee & Kwon, 2010 재인용). 해륙풍은 여름철 바닷가에서 경험할 수 있는 대

2015.11.6(접수), 2015.11.25(1심통과), 2015.11.26(2심통과), 2015.11.27(최종통과)

이 논문은 2013년도 경인교육대학교 교내학술연구의 지원을 받아 수행된 연구임.

E-mail: ghlee@ginue.ac.kr(이규호)

표적인 현상으로 이 현상을 이해함으로써 바람이 부는 이유를 학습할 수 있으므로 지구과학적 탐구의 좋은 예라고 할 수 있다. Lim(2015)의 연구에 의하면 날씨와 관련된 다양한 개념은 과거부터 현재까지 계속해서 다루어지고 있으며, 특히 해륙풍과 관련된 탐구활동은 대류상자를 이용한 실험의 형태로 꾸준히 다루어지고 있다. 그래서 자연 현상에 대한 중학생들의 과학적 이해에 대한 사례를 연구한 Chun and Jeong(2001)은 대표적인 자연 현상 중의 하나로 해륙풍을 제시하였다. 이 연구에서 해륙풍이라는 현상이 발생하는 이유에 대해, 조사한 중학생들 중 70% 이상의 학생이 오인을 가지고 있다고 보고하였다. Cho and Kim(2000)의 연구에서는 Chun and Jeong(2001)의 연구와는 다르게 해륙풍의 발생 이유를 기압의 차이에서 찾았으며, 그 이유를 묻는 방식으로 해륙풍과 바람에 대한 초등학생들의 이해 수준을 조사하였다. 이 연구에서 일부 학생들은 바람이 부는 이유에 대해 정확한 과학적 개념을 가지고 있지만, 왜 낮에 바다 쪽이 고기압인지 이유를 아는 학생은 1%에 지나지 않는다고 하였다. 비슷한 연구로 Bu and Hong(2008)이 있는데, 이 연구에서 바람과 관련하여 선행 개념인 기압이라는 개념에 있어 학생들이 많은 어려움을 갖고 있음을 밝혔다.

이와 같이 해륙풍은 교육과정에서 중요하게 다루어지고 있음에도 불구하고, 초등학생과 중학생 모두가 정확하게 이해하지 못하고 있다. 이에 그 원인을 다양한 각도에서 파악하고자 하는 연구가 진행되어 왔다. Hyun *et al.*(2014)은 초등학생 159명을 대상으로 실시한 연구를 통해 학생들이 해륙풍을 어떻게 이해하는지 그 과정을 조사하였고, Chae and Jung(2008)은 4명의 초등교사를 대상으로 한 연구를 통해 바람이 부는 이유에 대해 질적 연구를 실시하였으며, Yang and Yun(2010)은 해륙풍 이해에 필요한 대류상자 실험을 면밀히 분석하여 새로운 대류상자를 제안하였다. Chae and Jung(2008)은 면담을 한 4명의 초등교사 모두가 바람이 부는 이유를 정확히 알고 있지 못하고 있으며, 해륙풍을 이해하기 위해 실시하는 대류상자 실험에서도 대류가 발생하지 않아 실험이 실패했다고 판단하고 있다고 하였다. 해당 연구에서 교사들은 바람이 부는 이유를 지표면의 부등 가열에 의한 기온차가 아닌 기온차로 인해 나타나는 공기의 상승에 따른 공

기의 이동 혹은 기압 차이로 설명하고 있음을 지적하였다. 특히 개념의 이해를 돕기 위해 실시한 대류상자 실험 결과가 교사들이 예상했던 것과 달라서 오히려 이해에 방해가 되고 있음을 파악하였다. Hyun *et al.*(2014)은 교사들과 마찬가지로 학생들이 대류상자 실험으로 인해 오히려 해륙풍에 대한 오인을 가지게 되었다고 하였다. 학생들은 해륙풍에 대해 이론적으로 알고 있었던 것과 자신들이 관찰했던 실험 결과가 불일치할 때, 자신들의 실험 결과를 오히려 신뢰하는 모습을 보였다고 하였다. 이처럼 현재의 대류상자 실험은 처음에 목적했던 것과는 그 결과가 많이 달라 개선의 여지가 많이 필요한 상황이다. Yang *et al.*(2006)에 의하면 전문가들이 생각하는 초등학교 수준의 실험 목적 중의 하나는 과학적 현상 또는 조작적 활동의 체험과 과학적 지식의 이해이다. 하지만 해륙풍에 대한 선행 연구에 의하면 대류상자 실험은 해륙풍에 대한 이해를 오히려 저해하고 있는 상황이다. 이에 대류상자를 개선하기 위한 여러 연구가 진행되었다(Lee, 2006, Yang and Yun, 2010). 특히, Yang and Yun(2010)은 대류상자 재료에서부터 대류상자의 크기, 향을 넣는 위치 등에 관해 체계적이고 엄격한 측정을 통해 새로운 대류상자를 제작하고, 이를 현장 수업에 투입한 후 그 효과를 살펴보았다.

그러나 기존의 연구에서는 학생들과 교사들이 해륙풍을 기반으로 하여 이해하고 있는 바람이 부는 이유를 지나치게 기온의 차이에만 초점을 맞추고 있어, 이러한 해석이 적절한 지에 대한 반성이 필요하다고 하겠다. 이에 바람이 부는 까닭과 해륙풍에 대한 설명을 전공 서적들이 어떻게 다루는지 살펴보고, 전공 서적과 교과서 간의 비교를 통해서 앞으로 어떻게 설명되어야 할지 시사점을 찾아보고자 하였다. 또한 앞으로 초등학교 현장에서 해륙풍을 가르칠 예비 교사들이 해륙풍에 대해 어떻게 이해하고 있는지를 알아보하고자 하였다.

## II. 연구 방법

본 연구는 해륙풍에 대한 전공 서적의 기술과 교과서의 기술을 비교하여 시사점을 찾아보는 문헌 연구와 예비 초등교사의 해륙풍의 이론적 이해와 실험에 대한 생각을 알아보는 개념 조사 연구를 함께 수행하였다.

### 1. 문헌 연구

해륙풍에 대한 전공 서적으로는 C. Donald Ahrens 가 쓰고 민경덕이 번역한 대기환경과학과 한국기상학회에서 쓴 대기과학개론을 사용하였고, 교과서는 2차 교육과정 하의 ‘자연’부터 2009 개정 교육과정 하의 ‘과학’ 교과서까지 총 8개를 사용하였다. 그리고 교사용 지도서는 4차 교육과정에서 2009 개정 교육과정까지 총 6개를 사용하였다.

전공 서적은 내용의 기술 부분에 초점을 맞추고, 교과서는 크게 내용의 기술과 실험으로 이분화하여 분석하였다.

### 2. 개념 조사

예비 초등교사의 해륙풍에 대한 이해를 알아보기 위해 수도권 소재의 한 교육대학교 1학년 학생 28명과 2학년 학생 33명에 자체 제작한 설문지를 수업이 시작한 직후에 투입하였다. 해당 대학생들은 모두 현재 지구과학을 배우고 있는 중이었지만, 해륙풍을 포함하여 바람에 대해서는 아직 학습이 이루어지지 않은 상태였다.

설문 문항은 문헌 연구를 토대로 하여 제작하였으며, 지구과학 전공의 과학 교사의 의견을 수렴하여 수정하여 완성하였다. 설문 문항은 총 9문항으로 구성되어 있으며, 1번 문항부터 6번 문항은 해륙풍에 대한 이해를 묻는 문항으로, 7번 문항부터 9번 문항은 실험과 관련된 생각을 묻는 문항으로 하여 각각 1쪽씩 총 2쪽으로 만들었으며, 질문 내용을 정리하면 Table 1과 같다.

설문에 대한 분석은 결석 혹은 지각을 하여 설문을 하지 못한 학생을 제외하고, 설문에 응답한 1학

년 26명과 2학년 학생 25명에 대해서만 실시하였고, 학습 환경이 유사하였기 때문에 전체 51명의 답변을 한 집단으로 두고 분석을 실시하였다. 학생들의 답변은 지구과학 전공자의 자문을 바탕으로 유형을 분류하였고, 각 유형에 대한 빈도분석에는 SPSS 12.K를 이용하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 문헌 연구

기상이란 특정한 시간과 장소에서의 대기의 상태를 말하며(민경덕, 2001), 기온·기압·습도·구름·강수·바람 등이 이에 속하는 요소들이다. 이처럼 기상학 분야에서 바람은 매우 중요한 내용이며, 교재의 전체에 걸쳐 내용이 기술되고 있다. 하지만 기상 요소들은 서로 매우 밀접한 영향이 있어서 바람만 단독으로 생각하는 것은 매우 어렵다. 그러나 좀 더 바람에 초점을 맞춘 내용은 대기환경과학(민경덕, 2001)은 6장 기압과 바람, 7장 대기의 순환에서, 대기과학개론(한국기상학회, 1999)은 6장 대기의 운동, 7장 대기 경계층, 8장 중위도 기압계, 9장 중규모 대기순환, 10장 대기대순환에서 다루고 있다.

교과서에서 바람을 다루고 있는 내용은 각 교육과정별로 Table 2와 같다.

#### 1) 바람이 부는 이유

바람이란 공기의 수평운동을 말한다(민경덕, 2001). 즉, 공기라는 기체의 혼합물이 움직이는 것을 의미하므로, 그 움직임을 설명하기 위해서 두 개의 전공

Table 1. Questionnaire to examine the understanding of land and sea breeze

문항번호	문항 내용
1	맑은 날 낮에 바닷가에서 부는 바람을 아래 그림에 방향으로 표시해 보세요.
2	이 바람의 이름은 무엇인가요?
3	바람이 이렇게 부는 까닭은 무엇인가요?
4	바다와 육지 중 더 따뜻한 곳은 어디인가요?
5	바다와 육지의 온도가 서로 다른 이유를 두 가지만 적어보세요.
6	이 바닷가에서의 공기의 순환을 화살표로 표시하여 보세요.
7	다음의 그림들은 교과서에 소개되었던 대류상자 실험입니다. 각각 다음과 같이 실험을 수행하였을 때 실험 장치 속에서의 향 연기의 움직임을 예상하여 그려봅시다.
8	어떤 실험 장치가 1쪽의 내용을 가장 잘 설명할 수 있는 장치라고 생각합니까?
9	그 이유는 무엇인가요?

Table 2. Sections in elementary textbooks for driving factors of wind according to curriculums

교육과정	학년 학기	대단원명	중단원명	해당 쪽
2차	5학년 1학기	2. 바람	1. 풍향/2. 풍력/3. 바람이 부는 까닭/4. 철바람과 태풍	25-40
3차	5학년 1학기	2. 대기와 물의 순환	(1) 대기의 움직임	43-60
4차	5학년 1학기	3. 날씨의 변화	(1) 바람	60-75
5차	5학년 1학기	3. 날씨의 변화	(1) 바람	60-72
6차	5학년 1학기	3. 날씨의 변화	㉠ 공기의 움직임	58-71
7차	5학년 1학기	3. 기온과 바람	없음	23-32
2007 개정	6학년 2학기	1. 날씨의 변화	없음	22-57
2009 개정	5학년 2학기	1. 날씨와 우리 생활	없음	20-49

서적은 모두 Newton의 운동 법칙을 제시하고 있다(민경덕, 2001; 한국기상학회, 1999). 이러한 운동 법칙을 바탕으로 대기를 움직이는데 영향을 주는 힘을 각각 살펴보고 있는데, 대기과학개론은 모든 방향의 대기의 움직임을 설명하기 위해 우선 기본 힘과 겹보기 힘으로 나눈 다음, 기본 힘으로는 기압 경도력과 만유인력, 그리고 마찰력을 설명하고, 겹보기 힘으로는 원심력과 전향력을 설명하고 있다. 바람은 공기의 수평운동이기 때문에 기압 경도력 성분 중 연직 성분과 만유인력 성분은 서로 크기는 같고, 방향은 반대인 정역학 평형 상태로 두고, 나머지 힘들의 평형으로 바람의 방향을 예상할 수 있다. 대기환경과학개론에서는 공기의 수평방향에만 초점을 맞추고, 기압 경도력, 코리올리 힘(전향력)을 제시하고, 구심력과 마찰력은 해당 힘이 중요한 고려 상황일 때에 맞추어서 각각 설명을 제시하고 있다.

동일한 내용이지만 대기과학개론은 수식을 바탕으로 힘의 평형을 설명하고 있는 반면, 대기환경과학은 수식은 거의 쓰지 않은 채 개념 위주의 설명을 제시하고 있다. 대기과학개론에서 제시하고 있는 직각 카테시안 좌표계에서의 각각의 힘은 다음과 같다.

$$\text{기압 경도력: } P_{Hx} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x},$$

$$P_{Hy} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y}$$

$$\text{전향력: } Co_x = 2\Omega v \sin \phi - 2\Omega w \cos \phi,$$

$$Co_y = -2\Omega u \sin \phi$$

$$\text{원심력: } \frac{DV}{Dt} = \frac{V^2}{r} \hat{r}$$

$$\text{마찰력: } F_x = -ku, F_y = -kv$$

$\Omega$  : 지구 자전 각속도,  $u$  : 동서 방향의 속도  
 $v$  : 남북 방향의 속도,  $w$  : 연직 방향의 속도  
 $\phi$  : 그 지방의 위도,  $V$  : 물체의 속력  
 $k$  : 마찰 비례상수

이러한 내용을 대기환경과학의 설명으로 풀어쓰게 되면, 기압 경도력은 기압이 큰 곳에서 작은 곳 방향으로 작용하며, 등압선의 간격이 좁을수록 더 크다는 의미가 되며, 전향력은 북반구에서 운동 방향의 오른쪽 직각 방향으로 작용하며, 물체의 운동 속도와 그 지방의 위도에 비례한다는 의미가 된다. 그리고 원심력은 중심 바깥쪽으로 작용하며(구심력은 중심방향으로 작용하며), 그 크기는 빨리 돌면 돌수록, 회전 반경이 작으면 작을수록 더 크다는 의미이며, 마찰력은 운동 방향의 반대방향으로 작용하며, 운동 속도가 크면 클수록 더 크게 작용한다는 의미가 된다.

대기를 움직이는 네 가지의 힘 중에서 기압 경도력만이 가속도의 함수가 되며, 나머지는 모두 속도의 함수이다. 그렇기 때문에 멈추고 있는 공기가 움직이기 위해서는 반드시 기압 경도력이 있어야만 한다. 하지만 대기를 움직이는데 영향을 주는 힘에서는 직접적으로 기압 경도력이 발생하는 이유에 대해서는 기술하고 있지 않다. 이렇게 멈추고 있던 공기가 움직이게 되면 상황에 따라 전향력과 원심력(구심력), 그리고 마찰력이 영향을 주게 되며, 대기의 움직임은 복잡해지게 된다. 일반적으로 전공 서적들은 멈추고 있던 공기의 속도가 점점 변하는 과정에 대해 정성적으로 기술한 후, 최종적으로 힘의 균형이 생겨 공기의 흐름이 시간에 관계없이 일정하게 유지될 때를 중심으로 대기의 운동을 설명하고 있다. 이를 균형류라고 하며, 지균풍(geostrophic

wind), 경도풍(gradient wind), 지상풍(surface wind)은 이러한 균형류의 일종이다.

살펴본 두 권의 전공서적들은 모두 대기의 수평적인 움직임만을 기술한 것이 아니라, 수평적인 움직임과 연직적인 움직임의 관계에 대해서도 설명하고 있다. 대기과학개론(한국기상학회, 1999)에서는 다음과 같은 연속 방정식을 이용하여 이를 설명하고 있다.

$$\frac{1}{\rho} \frac{D\rho}{Dt} + \nabla \cdot U = 0$$

이 수식의 의미는 움직임을 따르면서 측정된 공기 덩어리의 밀도 증가율은 속도 수렴과 같다는 것이다. 특히 대기를 비압축성(incompressible) 유체라고 가정하게 되면 이 식은 다음과 같이 쓸 수가 있게 된다.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{\partial w}{\partial z}$$

이 수식에 의하면 수평적인 수렴이 있을 시에는 연직적인 발산이 존재한다. 일반적으로 공기가 수평적으로 모이면 상승한다고 하는데, 실제로는 공기가 수평적으로 모일 때는 연직적으로 발산한다는 표현이 더욱 적절하다. 만일 지상에서 공기가 수렴한다면 연직적인 발산이 상승하는 것이기 때문에 이러한 표현을 쓰는 것으로 생각되지만, 상층

에서 공기가 수평적으로 모일 때는 하강할 수도 있기 때문에 ‘지상’에서 공기가 수평적으로 모이면 위로 상승한다고 말하는 것이 바람직하겠다.

대기환경과학(민경덕, 2001)에서는 지상 저기압을 중심으로 바람과 연직운동의 관계를 설명하고 있다. 이 책에서는 다음과 같이 설명하고 있다.

지상풍은 저기압 중심을 향해 불어 들어가고, 고기압 중심에서는 불어 나온다. 저기압 중심을 향해 안으로 부는 바람은 어디론가 가야 한다. 땅 속을 뚫고 들어갈 수는 없으므로 일단 저기압 중심으로 수렴한 공기는 서서히 상승한다.

지상 저기압 상공 약 6,000 m 고도에서 이 공기는 지상의 수렴을 보상하려고 팽산하기 시작한다. 상층 공기의 팽산과 지상 공기의 수렴이 평형을 유지하는 한 저기압의 중심기압은 변하지 않는다. (p.132)

이렇게 두 권의 전공 서적에서는 모두 지상의 바람을 설명하면서 첫째로 힘을 고려하며, 둘째로 수평 운동과 연직 운동을 모두 고려한 순환을 설명하고 있다.

한편, 교과서의 바람에 대한 설명 방식은 교육과정에 따라 조금씩 차이가 보이고 있다(Table 3).

2차 교육과정에서는 항을 이용한 2개의 간단한 실험을 통해 공기의 움직임을 살펴본 이후 바람이 부는 까닭을 기압 차와 관련지어 직접 설명하고 있으며, 3차 교육과정에서는 주사기를 이용한 실험과 빨대를 이용한 실험을 제시한 후에 생각해 볼 문제

Table 3. Textbook explanations for wind

시기	관련 내용
2차	일반적으로 어느 곳의 공기가 더워지면 가벼워져서 위로 올라가므로 그 곳의 기압은 낮아지고, 따라서 기압이 높은 곳의 공기가 그 곳에 흘러들어오게 된다. 이러한 공기의 흐름이 바람이다. 따라서, 바람은 언제나 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 분다. 둘째보다 기압이 높은 것을 고기압, 낮은 것을 저기압이라고 한다. (문교부, 1965, p. 35)
3차	공기나 물의 움직임을 기압의 높고 낮음과 관련시켜 생각해 보자. (문교부, 1973, p. 52)
4차	주사기 속과 바깥의 공기의 움직임을 공기의 압력으로 이야기하여 보자. (문교부, 1983b, p. 69)
5차	기압과 공기의 움직임은 어떤 관계가 있는지 알아보자. (문교부, 1990b, p. 66)
6차	기압과 공기의 움직임은 어떤 관계가 있는지 알아보자. (교육부, 1997a, p. 64)
7차	대류 상자 속의 향 연기는 어느 방향으로 움직입니까? 이것으로 보아 공기는 어느 쪽으로 움직인다고 생각합니까? 바람이 부는 까닭을 설명하여 봅시다. (교육인적자원부, 2002a, p. 31)
2007 개정	태양에 의해서 가열되거나 냉각되는 정도에 따라 지표면에 온도 차가 생깁니다. 주위보다 온도가 높은 곳의 공기는 상승하고, 온도가 낮은 곳의 공기가 그 곳을 채우기 위해서 이동합니다. 이때 공기가 이동하는 것을 바람이라고 합니다. (교육과학기술부, 2012a, p. 35)
2009 개정	햇빛이 비추는 낮 동안에 바닷가에서 따뜻한 모래 위의 공기는 가벼워져 위로 올라가고, 이때 온도가 더 낮은 물 위의 공기는 따뜻한 모래 쪽으로 움직입니다. 이렇게 공기가 수평으로 이동하는 것을 바람이라고 합니다. (교육부, 2015a, p. 35)

를 제시하면서 기압 차와 바람의 관계를 제시하고 있다. 4차 교육과정에서는 주사기를 이용한 실험만 제시하면서 기압 차와 바람의 관계를 언급하였으며, 5차와 6차에서는 모두 차시의 학습 목표로 기압과 공기의 움직임의 관계를 언급하고 있다. 다만 6차에서는 4차 교육과정에서의 실험을 다시 제시하였다. 7차 교육과정부터는 이전의 교과서들과는 다르게 대류상자 실험을 먼저 제시한 다음 바람에 대해 설명하고 있다.

이상과 같이 비슷하면서도 조금씩 바람이 부는 까닭과 관련하여 설명이 변하고 있음을 알 수 있다. 2차 교육과정에서는 전공 서적과 가장 유사하게 기압의 차이로 인해 바람이 부는 것과 순환을 함께 생각할 것을 제시하고 있다. 반면, 3차 교육과정에서는 바람과 기압의 차이 관계를 생각해 볼 것만을 요구하고 있다. 물론 순환을 전혀 가르치지 않는다는 것은 순환에 관한 설명은 교과서의 조금 뒤의 내용에서 대류상자 실험을 통해 다루고 있기 때문이다. 한편, 4차부터 6차 교육과정에서는 바람과 기압의 차이의 관계가 아닌 바람과 기압과의 관계로 설명이 달라졌다. 물론 교과서의 설명은 주사기 안과 밖, 혹은 유리병 속과 바깥의 압력을 비교한 후 해당 설명을 하였기 때문에, 결과적으로는 바람은 기압 차이가 중요하다는 것을 설명한 것이지만, 글자 그대로 내용을 읽을 경우 바람이 기압 때문에 발생한다고 오해할 수 있다. 순환과 관련된 내용은 3차와 마찬가지로 대류상자 실험에서 다루고 있다.

7차 교육과정부터는 바람이 부는 이유를 설명하면서 대류상자 실험을 바로 도입하고 있었다. 7차 교육과정에서는 직접적으로 표면의 온도 차이를 이용하여 설명하고 있지 않지만, 교사용 지도서(교육인적자원부, 2002b)에서는 ‘공기는 두 곳의 온도 차이가 있을 때 찬 곳에서 따뜻한 곳으로 이동하는데 이러한 공기의 이동을 바람이라고 한다.’라고 명시하고 있다. 이러한 설명은 2007 개정 교육과정에서는 교과서에 직접적으로 명시되었고, 2009 개정 교과서에서는 구체적으로 더 뜨거운 곳이 모래 위의 공기, 더 차가운 곳이 물 위의 공기라고 명시하여 기술하고 있다. 물론 대류상자 실험이 도입되었기 때문에 순환에 대한 설명이 함께 제시되고 있다.

이전의 교과서들과 달리 7차 교육과정 이후부터는 바람이 부는 이유를 기압 차이가 아닌 온도 차

이로 설명하고 있다. 이는 교육과정의 변화에서 기인한 것으로 보인다. 6차 교육과정의 해설서에서는 해당 내용에 관하여 다음과 같이 기술하고 있다.

공기의 무게 확인 실험으로 공기에 무게가 있음을 알게 하고, 공기의 무게로 인하여 기압이 나타남을 알 수 있게 지도한다. 기압은 여러 방향으로 작용하고 있으며, 공기는 기압이 큰 쪽에서 작은 쪽으로 이동함을 실험을 통해서 알아본다.

공기의 부등 가열로 대류 현상이 일어나며, 해륙풍과 계절풍은 이와 같은 현상 때문에 형성되는 것임을 이해하도록 지도한다. (p.176)

하지만 7차 교육과정의 해설서에서는 관련 내용에 대해 다음과 같이 기술하고 있다.

공기의 움직임에서는 물과 흙을 가열하는 실험을 통하여 수면 위의 공기와 지면 위의 공기의 온도 변화가 다를 수 있다고 추리하고, 대류 상자 실험을 통하여 해풍과 육풍이 부는 현상을 이해한다. 해풍, 육풍에서는 기압의 개념은 도입하지 않고 나타나는 현상만 다룬다. (p.93)

그 결과, 7차 교육과정의 교과서에서는 해륙풍의 설명에서 기압의 개념이 나타나지 않았다. 모래와 물과 같이 표면이 다를 경우 동일한 태양 복사 에너지가 주어지더라도 표면의 온도가 다르게 되고, 그 결과 각각의 표면 위의 공기의 온도도 다르게 된다. 이러한 공기의 온도 차이는 공기의 밀도에 영향을 주게 되고, 상층에서의 수평적인 기압 차이가 발생하여 상층에서 공기가 수평적으로 움직이게 된다. 상층에서의 공기의 움직임으로 수렴이 발생한 지역에서는 아래로의 움직임이 생기며, 그 결과, 지면 부근에서의 기압 차이가 발생하여 지면 부근에 바람이 발생한다. 처음에 공기의 밀도가 작아진 곳으로 공기가 수렴하게 되면 위쪽에서의 움직임이 생기면서 비로소 순환의 움직임이 발생한다. 그러므로 바람이 불게 되는 이유를 굳이 기압 차이를 언급하지 않고, 표면에 따른 온도 차이라고 기술한다고 틀린 표현이 아닐 것이다. 그러나 ‘기압 차이 때문에 바람이 분다.’나 ‘순환으로 인해 바람이 분다.’는 표현 또한 틀린 표현은 아닐 것이다. 그런 의미에서 본다면 Chae and Jung(2008)의 해석은 다소 지나친 부분이 있다고 생각된다. 오히려 일반적인 물체의 운동과 공기의 수평운동은 근본적으

로 동일한 것이므로 해석을 함에 있어서도 동일하게 진술하는 것이 학생들의 이해에 더 도움이 될 수 있을 것이다. 다만 바람을 기압 차이로 설명하기 위해서는 그러한 기압 차이가 발생하는 이유로써 기온차를 설명해 주는 것은 필요할 것이라 생각된다.

## 2) 해륙풍

두 권의 전공 서적에서 해륙풍은 모두 순환에서 다루고 있다. 대기의 순환에는 규모에 따라 다양한 것이 존재하는데, 해륙풍은 시간 규모는 수 시간에서 수 일이며, 공간 규모는 수 km에서 수 백 km에 이르는 중규모 대기의 순환의 예이다(민경덕, 2001). 해륙풍은 중규모 대기 순환 중에서도 국지바람의 일종으로 이러한 국지 바람을 일으키는 기압 경도는 주로 지표의 성질 차이로 인한 차등 가열 또는 지형의 효과 때문에 주로 발생한다(한국기상학회, 1999). 해안에서 해풍이 발생하는 과정을 설명한 기상학개론(한국기상학회, 1999)의 내용을 인용하면 다음과 같다.

낮에 태양 복사에 의해 가열된 육지는 그 위의 공기를 가열시켜 팽창시킨다. 한편, 해수면 온도는 하루 중 거의 변화가 없기 때문에 바다 위의 공기는 열적 변화가 거의 없다. 육상에서 일어나는 공기의 팽창 때문에 상층에서 먼저 기압 경도가 나타나게 되고, 상층의 공기는 육지에서 바다 쪽으로 불어 나간다. 육지에서 바다 쪽으로 공기가 빠져나갔기 때문에 하층에서는 육지에 저기압, 바다 위에 고기압이 나타나게 된다. 그 결과, 하층에서는 바다로부터 육지로 불어가는 바람, 즉 해풍이 발달하게 된다. (pp.172-174)

이러한 과정을 통해 기압의 재분포가 완성되게 되면 지상의 저기압 지역에서 따뜻한 공기가 서서히 상승, 팽창, 냉각하면서 지상 약 1 km 고도에 이르러서는 상층의 저기압 지역으로 공기가 수평 이동하고, 다시 공기는 고기압 지역 하층으로 이동하는 과정이 반복됨으로써 한 바퀴 순환을 완성하게 된다(민경덕, 2001).

이 과정에서 살펴볼 사항이 하나 더 있는데, 이는 해륙풍이 중규모 순환이라는 것이다. 중규모 순환이 발생할 때 대기를 움직이는 힘 중에서 실질적으로 영향을 주는 것은 기압 경도력과 마찰력이다. 해안선을 중심으로 볼 때 등압선이 원형으로 나타

나는 경우가 아니면 원심력을 크게 신경 쓰지 않아도 될 것이며, 규모가 작은 운동이기 때문에 전향력 역시 고려하지 않아도 되는 상황이다. 따라서 기압 경도력은 고기압에서 저기압 방향으로 작용하고, 그 결과 바람의 방향도 기압 경도의 방향과 일치하게 된다. 마찰력은 운동 방향의 반대 방향으로 작용하는 것이므로, 최종적으로 바람의 방향은 기압 경도의 방향과 일치하게 된다. 이는 ‘바람은 고기압에서 저기압 방향으로 분다.’라는 일반적인 상식과도 잘 일치하는 상황이기 때문에, 바람이 부는 까닭을 설명하는 좋은 예가 된다. 이러한 맥락적 이해를 하지 않는다면 일기도에서 바람이 왜 고기압에서 저기압으로 직접 향하지 않는 사실과 이해의 충돌을 일으킬 수 있을 것이다.

한편, 해륙풍과 관련된 교과서의 내용을 살펴보면 Table 4와 같다.

2차 교육과정에서는 직접적으로 해륙풍을 설명하였는데, 이 과정에서 가장 먼저 육지와 바다의 온도 차이를 언급하고, 그 후 공기의 상승을 말하였다. 그 다음으로 상승한 공기의 빈자리를 채우는 과정으로 해륙풍의 생성을 이야기하고 있다. 3차 교육과정에서는 대류상자를 제시한 후(Fig. 1(a)), Table 4와 같은 설명을 제시하였다. 대류상자 실험 이전에 표면에 따라 온도가 다르게 나타나는 이유를 생각하게 하였고, 대류상자 실험에서는 온도 차이가 발생할 때 공기의 흐름을 살펴보도록 하였다. 그 이후 설명에서와 같이 밤과 낮의 육지와 바다의 기압을 비교하도록 하여 기압 차에 의해 바람의 방향을 결정할 수 있음을 나타내고 있다. 4차 교육과정에서는 대류상자 실험 전의 내용은 거의 동일하며, 대류상자 실험도 3차 교육과정과 비슷하였다. 다만 Fig. 1(b)와 같이 향 연기를 넣는 위치가 위쪽에서 옆쪽으로 바뀐 것이 실험의 차이이다. 해륙풍에 대한 설명에서는 학생들의 생각을 표현하게끔 하는 것으로 그쳤으나, 교사용 지도서(문교부, 1983a)에서는 바다와 육지 위쪽의 압력을 각각 비교하면서 고기압에서 저기압으로 바람이 부는 것을 설명해주고 있다. 5차 교육과정에서는 교과서 실험 진행(Fig. 1(c))이나 설명 방식 등에서 4차 교육과정과 큰 차이가 없었다(문교부, 1990a).

6차 교육과정에서는 대류상자 실험에서 이전과는 변화가 있었다. 이때의 대류상자(Fig. 2(a))는 이전의 대류상자에서는 없었던 굴뚝이 생겼으며, 향

Table 4. Textbook contents for land and sea breeze

시기	관련 내용
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 우리는 전에 지면의 온도와 물의 온도를 조사하여 보고, 지면은 물보다 쉬 덥고 쉬 식는다는 것을 알아낸 일이 있다.</li> <li>- 여름날 해가 한창 내리쬐면, 바닷가에서는 바닷물보다 육지가 쉬 더워지므로 육지의 공기가 가벼워져서 위로 올라가고, 덜 더워진 바다 쪽에서 바람이 불어 오게 된다.</li> <li>- 밤이 되면 이와 반대로, 바닷물보다 육지가 쉬 식으므로, 육지 쪽에서 바다 쪽으로 바람이 분다.</li> <li>- 이와 같이 바다에서 육지로 불어 오는 바람을 해풍이라 하고, 육지에서 바다 쪽으로 불어 가는 바람을 육풍이라고 한다.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 앞의 상자 안 공기의 움직임을 가지고 바닷가에서 바람이 부는 모습을 생각해 보자.</li> <li>- 밤과 낮의 바닷가의 기압은 어떻게 달라지는지 생각해 보자.</li> <li>- 낮에는 바람이 어느 쪽으로 불겠는가?</li> <li>- 밤에는 바람이 어느 쪽으로 불겠는가?</li> <li>- 아침, 저녁에는 바람이 잘 불겠는가?</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닷가에서는 낮에는 바다에서 육지로 바람이 불고, 밤에는 육지에서 바다로 바람이 분다.</li> <li>- 바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향이 다른 까닭을 이야기하여 보자.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닷가에서는 낮에는 바다에서 육지로 바람이 불고, 밤에는 육지에서 바다로 바람이 분다.</li> <li>- 바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향이 다른 까닭을 이야기하여 보자.</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향을 조사하여 보자.</li> <li>- 낮과 밤에 부는 바람의 방향이 바뀌는 까닭은 무엇일까?</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 여름에 바닷가에서 부는 바람은 우리의 땀도 식혀 주고, 마음도 시원하게 해 줍니다. 이 때, 바람은 바다에서 육지 쪽으로 불까요, 아니면 육지에서 바다 쪽으로 불까요?</li> <li>- 낮에는 육지와 바다 중에서 어느 곳의 온도가 더 높을까요? 밤에는 어느 곳의 온도가 더 높을까요?</li> <li>- 다음 그림을 보고, 낮에 바닷가에서 부는 바람의 방향을 설명하여 봅시다. 그 까닭은 무엇입니까?</li> <li>- 밤에는 어느 방향으로 바람이 부는지 이야기하여 봅시다.</li> </ul>
2007 개정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닷가에서는 낮과 밤에 부는 바람의 방향이 서로 다릅니다. 낮에는 바다에서 육지로 바람이 불며, 이를 해풍이라고 합니다. 반대로 밤에는 육지에서 바다로 바람이 불며, 이를 육풍이라고 합니다.</li> </ul>
2009 개정	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바닷가에서는 낮과 밤에 육지와 바다가 데워지고 식는 정도가 다릅니다. 낮에는 육지가 바다보다 빨리 데워지기 때문에 바다 쪽에서 육지 쪽으로 바람이 불니다. 밤에는 육지가 바다보다 빨리 식기 때문에 육지 쪽에서 바다 쪽으로 바람이 불니다. 이때 바다 쪽에서 육지 쪽으로 부는 바람을 해풍이라고 하고, 육지 쪽에서 바다 쪽으로 부는 바람을 육풍이라고 합니다.</li> </ul>

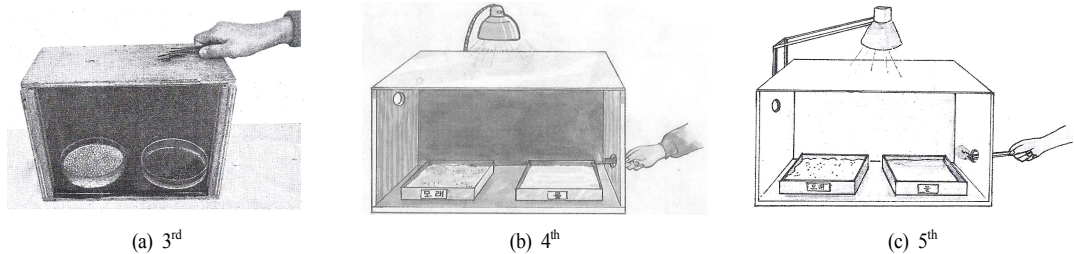


Fig. 1. Convection box experiments in the 3<sup>rd</sup> (a), 4<sup>th</sup> (b) and 5<sup>th</sup> (c) curriculums

이 대류상자 안쪽으로 들어왔다. 또한 직접적으로 열을 가하기보다는 따뜻한 물과 모래, 얼음물과 모래와 같이 인위적으로 온도차를 유발한 다음, 공기의 움직임을 살펴보는 실험으로 바뀌었다. 해륙풍에 대한 설명의 경우, Table 4에서 볼 수 있듯이 직접적으로 낮과 밤의 바람의 방향을 제시하지는 않았을 뿐, 4차와 5차와 비슷하게 기술하고 있다. 그러나 교사용 지도서(교육부, 1997b)의 설명을 살펴

보면 계절풍과는 달리 기압 차이에 대한 언급이 전혀 없다. 다만 2차 교육과정과 비슷하게 온도차이로 인한 공기의 상승과 그 빈자리를 채우는 과정으로서 표면에 바람이 분다고 설명하고 있다. 7차 교육과정에서는 대류상자 실험이 이전의 실험에서 소폭 수정이 되었다(Fig. 2(b)). 7차 교육과정에서는 대류상자 속의 물과 모래, 그리고 향의 높이가 달라졌다. 6차에서는 향의 높이가 물과 모래보다도 높



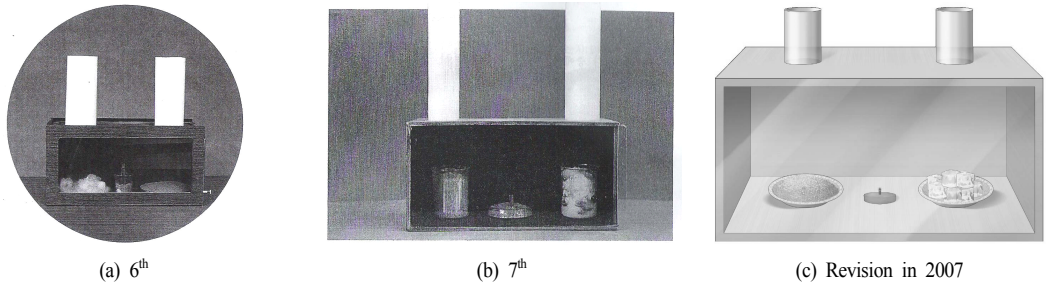


Fig. 2. Convection box experiments in the 6<sup>th</sup> (a), 7<sup>th</sup> (b) and its revision in 2007 (c) curriculums

았지만, 7차에서는 반대로 향의 높이가 낮아졌다. 또한 온도차를 더욱 크게 하기 위해 얼음에 소금을 뿌리도록 하고 있다. 해륙풍에 대한 설명도 변화가 있었는데, 교과서 설명에서 직접적으로 온도를 비교하도록 하여 바람이 부는 까닭을 온도를 이용하여 설명하게끔 유도하고 있다. 하지만 지도서(교육인적자원부, 2002b)에서는 6차와 마찬가지로 표면의 온도 차이와 함께 공기의 상승 운동을 설명하고, 최종적으로 바람의 방향을 설명하고 있다. 2007 개정 교육과정에서의 교과서도 대류상자가 이전과 비교했을 때 소폭 수정이 있었다(Fig. 2(c)). 7차와 비교했을 때, 물과 모래, 그리고 향의 높이가 거의 같게 바뀌었고, 소금을 뿌리는 과정이 생략되었다. 설명에서도 약간 차이가 생겼는데, 7차에서와 달리 직접적으로 해륙풍이 발생하는 과정을 바로 서술하고 있다.

끝으로 2009 개정 교육과정에서는 그 이전과 비교해서 매우 많은 변화가 있었다. 우선 기존의 교과서들은 대류상자 실험을 먼저 보여준 다음 해륙풍에 대한 설명을 진행한 반면, 2009 개정 교육과정의 교과서는 해륙풍이라는 현상을 먼저 기술한 후에 대류상자 실험을 실시하였다. 그리고 최종적으로 대류상자에서 나타난 현상을 처음의 실제 현상에 연결한 후에 해륙풍이 불게 되는 이유를 직접적으로 설명하고 있다. 대류상자 실험 자체(Fig. 3)도 많은 변화가 있었는데, 그 형태는 5차 교육과정의 대류상자와 가장 유사하다. 모든 방향에서 향연기의 움직임을 볼 수 있도록 투명 아크릴 혹은 유리로 된 대류상자를 사용하고 있는데, 가열의 편의성을 위해서 모래와 물을 먼저 가열한 다음, 상자를 덮는 것도 5차의 대류상자와 차이가 있다. 하지만 6차 교육과정에서부터 있었던 굴뚝의 존재라든지, 상자 안의 물과 모래의 온도 차이를 가열 방식

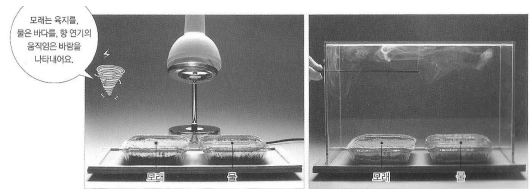


Fig. 3. Convection box experiment in 2009 curriculum

으로 전환했다든지 하는 부분, 그리고 향을 상자 밖에서 안쪽으로 넣는 것 등이 기존의 대류상자 실험과 매우 다른 모습이라고 할 수 있다. 대류상자 실험 이전에 물과 모래 중 어느 것이 빨리 가열되는지 알아보는 실험이 3차 교육과정에서부터 현재까지 크게 바뀌지 않은 것에 비해, 대류상자 실험은 교육과정의 변화가 있을 때마다 조금씩은 수정이 되어 왔다. 이는 대류상자 실험이 원래의 의도대로 잘 되지 않는다는 방증일 것이다. 따라서 현재의 대류상자 실험도 원래의 의도대로 잘 작동을 하지는 면밀하게 살펴볼 필요가 있겠다. 최종적으로 해륙풍이 부는 과정을 설명함에 있어서 2009 개정 교육과정에서는 표면의 온도 차이로 인해 바람이 분다고 설명하고 있다. 물론 이 경우도 지도서(교육부, 2015c)에서는 공기의 상승을 연결 지어 설명하도록 하고 있으며, 참고 자료를 통해서 기압의 차이로 인해 바람이 분다고 제시하였다.

## 2. 개념조사

학생들의 설문은 일부 답변에도 응한 1학년 26명, 2학년 25명의 답안을 분석하였다. 그러나 수업을 통해 해륙풍을 대학에서 아직 배우지 않은 상태였기 때문에, 학년을 구분하지 않고 분석을 실시하였다. 각 설문 문항은 서답형의 형태로 제시되었기 때문에, 학생들의 답안을 각각 의미 요소를 중심으로 구분하여 분석하였다. 각 설문 문항에 대한 답

Table 5. Pre-service teachers' responses for questionnaire

문항번호	문항 내용	답변 유형
1	맑은 날 낮에 바닷가에서 부는 바람을 아래 그림에 방향으로 표시해 보세요.	바다에서 육지/육지에서 바다/기타/무응답
2	이 바람의 이름은 무엇인가요?	해풍/육풍/해륙풍/기타/무응답
3	바람이 이렇게 부는 까닭은 무엇인가요?	온도 차이에 의한 기압 차이/온도 차이에 의한 순환/기압 차이/온도 차이/기타/무응답
4	바다와 육지 중 더 따뜻한 곳은 어디인가요?	육지/바다/무응답
5	바다와 육지의 온도가 서로 다른 이유를 두 가지만 적어보세요.	비열/기화열/물의 움직임/기타/무응답
6	이 바닷가에서의 공기의 순환을 화살표로 표시하여 보세요.	시계 방향/반시계 방향/나 모양/무응답
7	다음의 그림들은 교과서에 소개되었던 대류상자 실험입니다. 각각 다음과 같이 실험을 수행하였을 때 실험 장치 속에서의 향 연기의 움직임을 예상하여 그려봅시다.	왼쪽 위쪽 방향/오른쪽 위쪽 방향/시계 방향 순환/반시계 방향 순환/기타/무응답
8	어떤 실험 장치가 1쪽의 내용을 가장 잘 설명할 수 있는 장치라고 생각합니까?	2007 개정 교육과정/2009 개정 교육과정/7차 교육과정/무응답
9	그 이유는 무엇인가요?	향의 위치와 높이가 적절해서/온도 차이가 잘 보여서/실제와 유사해서/밀폐되어 있어서/공기 순환이 실제와 유사해서/기타/무응답

변 유형은 Table 5와 같다.

1) 해륙풍에 대한 개념 조사

해륙풍의 방향과 이름을 묻는 1번, 2번 문항에 대한 학생들의 답변 형태는 Table 6, 7과 같다.

결과를 살펴보면 80% 이상의 학생들은 바람의 방향과 바람의 이름을 잘 알고 있었다. 1번 문항에

육지에서 바다로 표시한 학생 3명 중 2명이 바람의 이름을 육풍이라고 하였는데, 이를 보면 바람의 명칭이 시작점의 방향을 말한다는 것을 대부분의 학생들은 알고 있다고 하겠다. 약 10% 정도의 학생은 해륙풍이라는 용어가 하나의 바람을 의미하는 것으로 오해하고 있었다.

학생들의 바람이 부는 까닭에 대한 답변의 형태는 Table 8과 같다.

학생들의 답변을 살펴보면 45%의 학생이 ‘육지 쪽이 빨리 가열되어 공기가 상승하고, 상승한 곳을 채우기 위해서 바다 쪽에서 육지 쪽으로 바람이 분다.’는 식의 답변을 하였다. 이러한 설명은 6차 교육과정 이후의 교과서 설명과 가장 잘 부합한다고 하겠다. 그 다음으로 많은 학생들(21.6%)이 표면의

Table 6. Questionnaire response summary for wind direction

답변 유형	답변 수	비율
바다에서 육지	45	88.2
육지에서 바다	3	5.9
기타	1	2.0
무응답	2	3.9
계	51	100.0

Table 7. Questionnaire response summary for wind name

답변 유형	답변 수	비율
해풍	42	82.4
육풍	2	3.9
해륙풍	5	9.8
기타	1	2.0
무응답	1	2.0
계	51	100.1

Table 8. Questionnaire response summary for causes of wind

답변 유형	답변 수	비율
온도 차이에 의한 기압 차이	6	11.8
온도 차이에 의한 순환	23	45.1
기압 차이	1	2.0
온도 차이	11	21.6
기타	9	17.6
무응답	1	2.0
계	51	100.1

온도 차이를 이용해서 바로 바람의 방향을 설명하였다. 특히 7차 교육과정의 교과서에서는 온도가 핵심이라는 것을 명시하고 있는데, 이러한 설명과 가장 유사한 답변이라고 하겠다. 바람의 방향을 기압을 이용해서 설명한 학생은 약 13.7%이며, 여기에는 온도 차이를 우선 설명한 이후 기압 차이를 설명한 경우와 바로 기압 차이만 설명한 경우 모두를 포함하였다. 고등학교 선택과목의 지구과학에서는 바람의 방향을 힘으로 설명하므로, 일부의 학생은 고등학교에서 과학 특히 지구과학을 좀 더 학습한 경우일 가능성이 있겠다. 기타 답변 중에서는 표면의 비열 차이를 언급한 경우가 다수였는데, 약 11.8%의 학생이 여기에 속했다. 육지와 바다 표면의 온도 차이가 나는 근본적인 이유 중의 하나가 비열이므로, 이러한 답변도 틀렸다고 말하기는 어렵겠다. 따라서 바람이 부는 이유를 기압 차이가 아닌 온도 차이 자체로 생각하게 된다면 더욱 근본적인 답변인 비열 차이가 더 적절한 답변이 되어 버릴 수 있겠다. 따라서 바람이 부는 까닭은 기압 차이를 먼저 말하고, 그러한 기압 차이를 표면의 온도 차이, 더 나아가 표면 물질의 차이로 설명하는 것이 적절하다고 생각된다. 2명의 학생은 습도 차이를 바람이 부는 까닭으로 제시하였다.

바다와 육지 중 더 따뜻한 곳을 묻는 질문에는 51명의 학생 모두가 육지라고 답하였다. 문제로 제시된 상황에서 모든 학생이 육지가 바다보다도 더 빨리 가열된다는 사실은 잘 알고 있는 것으로 생각된다.

바다와 육지의 온도가 서로 다른 이유를 묻는 5번 문항은 2가지를 적도록 하였기 때문에 통계 처리 시 2배를 적용해 분석하였다(Table 9).

5번 문항에는 4명의 학생은 응답을 전혀 하지 않았고, 25명의 학생은 한 가지만 답하였으며, 두 가

지 모두 답한 학생은 22명이었다. 한 번이라도 비열을 언급한 학생은 44명으로 86.3%에 달했다. 현재 사용되고 있는 교사용 지도서(교육부, 2015c)에서는 모래가 물보다 빨리 데워지는 까닭에 대해 다음과 같이 설명하고 있다.

같은 질량의 물을 1℃ 높이는 데 필요한 열량이 모래보다 크기 때문이다. 비열은 물질의 종류마다 다르며, 비열이 큰 물질일수록 온도를 높이는 데 많은 열량이 필요하다. 모래의 열용량이 물의 열용량보다 작다.

물은 투명하여 태양 빛이 깊이 투과되어 큰 부피의 물에 흡수되지만, 모래는 빛이 얇게 투과되어 상대적으로 적은 부피의 표면에만 흡수된다. 물은 열전도 및 대류가 일어난다.

물을 가열하면 물이 증발되면서 열을 소모하므로 온도가 쉽게 올라가지 않는다. 물은 파도에 의하여 섞이거나 흐르면서 섞이므로 온도가 쉽게 올라가지 않는다. 물이 모래에 비하여 온도가 일정한 까닭은 열이 전달되는 깊이가 다르고, 대류 현상과 물이 증발될 때 열 손실이 발생하기 때문이다. (p.210)

여기에 해당하는 답변의 수는 전에 무응답을 제외한 전체 69건 중 54건이며, 이 중 44건이 비열로 답했다. 모래와 물의 표면 온도가 다른 이유에 대해 많은 학생들이 비열 차이가 중요한 것은 잘 알고 있지만, 비열 외에도 많은 물질의 특성 차이가 있다는 사실은 간과하고 있다는 사실을 본 문항을 통해 확인할 수 있었다. 따라서 해륙풍 설명에서는 이러한 부분에 대해서도 관심을 기울일 필요가 있다고 생각된다.

문제 상황에서 공기의 순환 방향이 어떠한가에 대한 질문에 대한 답변 형태는 Table 10과 같다.

대부분의 학생들은 육지에서 상승하는 모습을 표현하였다. 5명의 학생이 바다에서 상승하는 것으로 그림을 표현하였는데, 그 중 1명의 학생만이 1번 문

**Table 9.** Questionnaire response summary for causes of temperature gradient

답변 유형	답변 수	비율
비열	44	43.1
기화열	4	3.9
물의 움직임	6	5.9
기타	15	14.7
무응답	33	32.4
계	102	100.0

**Table 10.** Questionnaire response summary for air mass circulation

답변 유형	답변 수	비율
시계 방향	42	82.4
반 시계 방향	5	9.8
ㄴ 모양	2	3.9
무응답	2	3.9
계	51	100.0

항에서 육지에서 바다로 화살표를 나타내고, 2번 문항에서 육풍이라고 한 학생이었으며, 나머지 4명은 모두 2번 문항에서 해풍을 옳게 표현하였다. 4명의 답변을 살펴보면 처음 바람의 방향과 일치하도록 순환을 그리다보니 반시계 방향의 순환이 그려진 것이었다. 이는 해풍과 육풍이 표면 근처에서 부는 바람을 뜻한다는 사실을 정확히 이해하지 못한 결과라 하겠다. 처음에 바람 방향을 그림에서 적당한 높이에서 그리다 보니 그 방향을 억지로 맞추는 과정에서 순환의 방향이 바뀌어져 버린 것이라 하겠다. 이러한 경우를 방지하기 위해서는 해륙풍을 설명할 때 순환의 대략적인 높이에 대한 지도가 있어야 하겠다. 실제로 일부 학생들은 표면에서는 바다에서 육지로 바람이 불지만, 상층에서는 육지에서 바다로 바람이 부는데도 왜 바람의 이름은 해풍이라고만 하는지 의문을 갖고 있었다.

**2) 대류상자 실험에 대한 학생들의 생각**

7번 문항부터 9번 문항은 대류상자 실험에 대한 학생들의 생각을 묻는 질문들이었다. 7번 문항에서는 각각 2007 개정 교육과정의 대류상자, 2009 개정 교육과정의 대류상자(실험본), 7차 교육과정의

대류상자를 제시하였다. 그 각각에 대한 학생들의 답변은 Table 11과 같다.

2007 개정 교육과정의 대류상자에 가장 많은 답변이 이루어졌고, 그 다음으로 2009 개정 교육과정 대류상자에 답을 하였다. 7차 교육과정의 교과서는 절반 정도의 학생이 답을 하지 않았다. 이는 2007 개정 교육과정의 실험과 유사하다고 판단한 것으로 생각된다. 굴뚝이 존재하는 2007 개정 교육과정과 7차 교육과정의 대류상자에서는 주로 굴뚝으로 연기가 빠져 나가는 그림을 그린 반면, 굴뚝이 없는 2009 개정 교육과정의 대류상자에서는 주로 향연기가 순환하는 것으로 표현하였다. 학생들의 답변 형태의 경향성을 보다 면밀히 파악하기 위해서 무응답을 한 학생들을 제외하여 분석해 보았다(Table 12).

Table 12에 의하면 2007 개정 교육과정의 대류상자 실험에서는 41.7%의 학생이 향 연기가 모래 쪽 굴뚝으로 빠져나갈 것으로 예상하였다(Fig. 4). 이러한 답변은 교과서에서 의도한 답변이다. 하지만 25.0%의 학생은 대류상자 내부에서 모래 쪽에서 상승을, 물 쪽에서 하강을 하는 순환이 발생할 것으로 생각하였다. 기타의 답변에서도 5명의 학생은

**Table 11.** Questionnaire response summary for smoke flow in convection box experiments from each curriculum

답변 유형	2007 개정		2009 개정		7차	
	답변 수	비율	답변 수	비율	답변 수	비율
왼쪽 위쪽 방향	20	39.2	3	5.9	10	19.6
오른쪽 위쪽 방향	4	7.8	1	2.0	5	9.8
시계 방향 순환	12	23.5	28	54.9	3	5.9
반시계 방향 순환	1	2.0	1	2.0	1	2.0
기타	11	21.6	4	7.8	7	13.7
무응답	3	5.9	14	27.5	25	49.0
계	51	100.0	51	100.1	51	100.0

**Table 12.** Revised questionnaire response summary for smoke flow in convection box experiments from each curriculum

답변 유형	2007 개정		2009 개정		7차	
	답변 수	비율	답변 수	비율	답변 수	비율
왼쪽 위쪽 방향	20	41.7	3	8.1	10	38.5
오른쪽 위쪽 방향	4	8.3	1	2.7	5	19.2
시계 방향 순환	12	25.0	28	75.7	3	11.5
반시계 방향 순환	1	2.1	1	2.7	1	3.8
기타	11	22.9	4	10.8	7	26.9
계	48	100.0	37	100.0	26	99.9

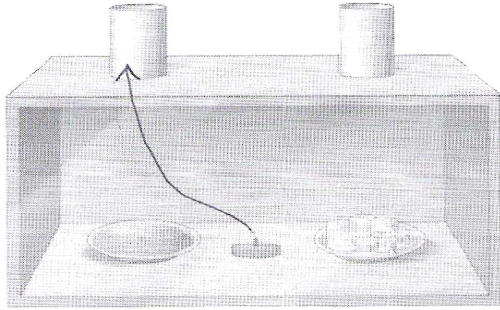


Fig. 4. Most answered smoke flow direction in 2007 revision curriculum

굴뚝 밖에서 순환이 이루어지는 모습으로 향 연기의 움직임을 예상하였고(Fig. 5), 3명의 학생은 향 연기가 모래 쪽 굴뚝 밖으로 빠져나감과 동시에 시계 방향의 순환이 일어날 것으로 예상하였다. 이러한 답변이 나온 것은 대류상자 실험에서는 대류가 발생할 것으로 생각하여 자연스럽게 순환을 떠올렸기 때문으로 보인다. 굴뚝이 존재하는 외국의 대류상자 실험(Fig. 6)에서는 연기를 상자 안쪽이 아닌 바깥쪽에서 발생시켜 굴뚝 속으로 들어가는 모습과 굴뚝 밖으로 나오는 모습을 각각 관찰하여 따뜻한 곳에서 상승의, 차가운 곳에서 하강의 움직임이 나타나는 것을 직접 관찰하도록 하고 있는데, 우리나라의 대류상자는 상자 안에서 향연기의 대류가 발생할 것처럼 묘사되고 있어, 학생들이 실험과 해륙풍을 연관 짓기 어렵도록 만들고 있다.

굴뚝이 없는 2009 개정 교육과정의 대류상자 실험

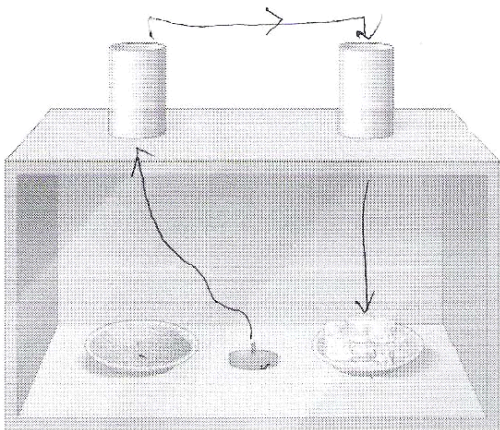


Fig. 5. One example of other answers for smoke flow direction in 2007 revision curriculum

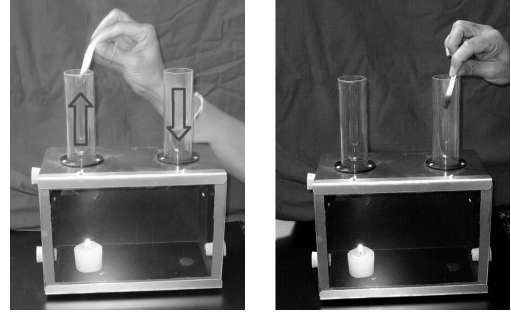


Fig. 6. Convection box experiment used in the California State University, Northridge, CA, USA

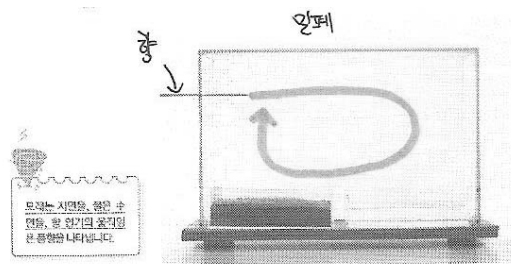


Fig. 7. Most answered smoke flow direction in 2009 revision curriculum

험에서는 75.7%의 학생이 모래 쪽에서 상승하여 물 쪽에서 하강하는 시계 방향의 순환을 예상하였다(Fig. 7). 기타의 답변을 한 학생 4명 중 3명은 물 위쪽까지만 향 연기의 진행을 표현하고 있어서 대류상자 내부의 공기 진행을 어느 정도 예상하고 있는 것으로 판단된다.

굴뚝이 있는 7차 교육과정의 대류상자 실험에서는 2007 개정 교육과정과 비슷하게 50% 이상의 학생이 굴뚝 밖으로 향 연기가 움직일 것으로 예상하였다. 기타의 답변에는 양쪽 굴뚝으로 모두 퍼질 것으로 예상한 빈도가 가장 많았다.

학생들이 해륙풍을 설명하는 데 가장 적절한 실험이라고 판단한 실험에 대한 결과는 Table 13과 같다.

2007 개정 교육과정의 실험을 택한 학생들의 수는 13명으로 25.5%의 학생이 여기에 속했다. 이들의 선택 이유 중에서 가장 많이 언급된 것은 ‘향 위치 및 높이가 적절해서’이며, 그 다음으로는 ‘온도 차이가 잘 보이기 때문’이었다. 각각의 이유가 4번과 3번 제시되었다. 향 위치를 언급한 학생은 해륙

**Table 13.** Questionnaire response summary for the selection of the most suitable experiment for land and sea breeze.

답변 유형	답변 수	비율
2007 개정 교육과정	13	25.5
2009 개정 교육과정	34	66.7
7차 교육과정	3	5.9
무응답	1	2.0
계	51	100.1

풍의 공기 순환의 위치가 표면 부근에서 발생하므로, 향의 높이는 모래와 얼음의 위치와 동일해야 할 것이라고 하였다. 특별한 이유를 제시하지 않고 첫 번째 실험을 선택한 학생은 5명이나 되었다.

반면, 2009 개정 교육과정의 실험을 택한 학생들은 전체에서 가장 많은 34명(66.7%)이었다. 이들의 선택 이유 중에서 가장 많이 언급된 것은 ‘실제와 가장 유사해서’이며, 그 다음으로는 해륙풍은 ‘단한 계이므로 밀폐되어 있어서’와 ‘공기 순환이 실제와 비슷해서’였다. 각각 20번, 5번, 5번 언급되었다. 실제와 가장 유사해서라는 답변에는 두 번째 실험이 동일한 에너지를 주었을 때 비열 차이에 의해서 나타나는 현상을 보여주는 실험이라는 의견이 주를 이루었다. 전반적으로 2009 개정 교육과정의 실험을 해륙풍 설명에 적절한 실험으로 택한 학생들은 초점이 조금씩 다를지라도 결국은 실험 상황 및 결과 등이 실제와 가장 유사할 것이라고 생각했다는 것이다. 이는 학생들이 선호하는 모형실험은 인위적인 상황보다는 실제 상황을 잘 반영하는 실험이라는 것이다.

#### IV. 결론 및 제언

초등학교 과학에서 기상학 관련 내용은 자료 조사를 실시한 2차 교육과정에서부터 현재까지 한 번도 빠진 적이 없을 만큼 중요한 내용이며, 그 중에서도 바람은 핵심 개념 중의 하나이다(Lim, 2015). 특히 바람을 설명하는 과정에서 해륙풍은 필수적으로 다루었던 현상이며, 학생들의 이해를 돕기 위해 모형실험이 함께 제시되었다.

본 연구에서는 바람이 부는 까닭과 해륙풍에 대한 설명을 전공 서적과 교과서 간의 비교를 통해서 앞으로 어떻게 설명되어야 할지 시사점을 찾고자 하였으며, 이와 함께 현재 교육대학에 재학 중인

예비 교사들이 해륙풍에 대해 어떻게 이해하고 있으며, 교과서에 대한 대류상자 실험이 해륙풍의 이해에 어떤 도움을 줄지에 대한 학생들의 생각을 설문을 통해 알아보았다.

그 결과, 첫째, 바람이 부는 까닭에 대해서 두 가지 전공 서적들은 힘을 이용하여 설명하였지만, 교과서의 설명은 시기별로 차이가 있었다. 설명 방식에는 조금 차이가 있었지만, 전공 서적들은 기압 경도력을 중심으로 공기의 이동을 설명하였고, 공기의 수평적인 움직임과 연직적인 움직임 사이의 관계를 통해 순환을 설명하였다. 교과서는 2차 교육과정부터 5차 교육과정까지는 직간접적으로 바람이 기압의 차이로 인해 발생함을 설명하고 있으나, 6차 교육과정에서부터는 기압의 차이는 설명에서 빠지고, 온도 차이로 인한 공기의 순환으로 바람을 설명하고 있었다. 특히 7차 교육과정 이후에서는 교과서 혹은 교사용 지도서(교육인적자원부, 2002b; 교육과학기술부, 2012b)에서 해륙풍에 대한 설명을 하면서 지면의 온도 차이로 인해 따뜻한 공기가 상승하고, 이를 채우기 위해 공기가 이동한다고 표현하고 있다. 물체의 움직임은 힘으로 설명하는 것이 일관성이 있으며, 바로 이어서 나오는 ‘고기압과 저기압에서의 날씨’를 설명하기 위해서도 기압의 차이를 활용하여 바람을 설명하는 것이 필요하겠다. 또한 현재와 같이 바람이 부는 까닭으로 공기의 상승으로 인한 지면 부근 공기의 수평 이동만으로는 설명해서는 대류 현상을 충분히 설명했다고 할 수 없겠다. 대류라는 것은 순환이 완성되어야 하므로 현재의 바람이 부는 과정으로 설명한다고 하더라도 순환의 나머지 부분도 설명이 이루어져야 하겠다.

둘째, 해륙풍에 대한 설명 방식도 전공 서적과 차이가 있었다. 해륙풍이 발생하는 과정을 순차적으로 살펴보면 표면의 차이로 인해 더 따뜻한 표면 위의 공기가 상승하고, 그 결과 상층에서부터 수평적인 기압 차이가 생겨 공기가 수평적으로 이동하기 시작하면서 해륙풍이 시작된다. 그리고 해륙풍이 국지 순환의 일종이기 때문에, 고기압에서 저기압으로 휘어지지 않은 상태로 바람이 분다는 사실도 중요하다. 이러한 규모적인 측면은 해륙풍의 순환이 제시된 상황 내에서 하나의 순환을 이룰 수 있는 이유이고, 따라서 해륙풍을 이용하여 대류까지 설명할 수 있는 것이다. 그러나 교과서들은 그러한 맥락을 생략한 채 대류상자 실험을 통해 해륙



풍을 설명하고 있었다. 그 결과, 대류상자 내에서 기본적으로 대류가 발생해야 함에도 불구하고, 기류를 설명하기 위해 도입한 굴뚝이 있기도 하였다. 또한 실제 자연 현상을 모형으로 보여줌에 있어서 현상을 잘 보여주기 위해 실제와는 다르게 가열한 모래와 얼음물과 같이 처음부터 온도 차이를 발생 시킨 채로 실험을 진행하기도 하였다. 교육과정이 변화될 때마다 관련 실험이 소폭 혹은 대폭 수정되고 있다는 것은 모형실험이 여전히 불충분하다는 방증일 것이다. 따라서 현재의 대류상자 실험 또한 다양한 상황에서 실제 원하는 모습이 잘 구현되는지 조사해 볼 필요가 있겠다.

셋째, 학생들은 전반적으로 해륙풍에 대한 개념을 정확하게 알고 있었다. 바람이 부는 까닭에 대한 답변에서는 주로 최근의 교과서에서 표현하는 방식이 주를 이루었는데, 바람을 기압 차이로 설명하는 방식이 접목될 필요가 있다고 생각된다. 모래와 물 표면의 온도가 다른 이유에 대해서도 학생들의 이해는 대체로 긍정적이었다. 하지만 자연 현상이 나타나는 이유를 하나의 원인으로 설명하는 경향이 있었고, 본 연구에서는 그것이 비열이었다. 자연은 하나의 단일 원인에 의해서보다는 다양한 원인들의 상호 작용으로 해석하는 것이 바람직하다. 따라서 표면의 온도 차이가 발생하는 이유를 비열 이외에도 다른 요소가 있음을 설명해 줄 필요가 있겠다.

넷째, 학생들은 주어진 대류상자 실험 중에서는 2009 개정 교육과정의 실험이 해륙풍을 설명하는데 가장 적절하다고 판단하였다. 학생들은 2009 개정 교육과정의 실험이 조건 혹은 현상이 실제 해륙풍과 가장 유사하다고 생각했고, 그러한 이유로 2009 개정 교육과정의 대류상자 실험을 택했다. 주어진 상황만으로 볼 때 2009 개정 교육과정의 대류상자가 가장 해륙풍이 부는 상황과 비슷하더라도 과거 5차 교육과정에서 6차 교육과정으로 넘어가는 과정에서 비슷한 실험이 수정이 되었던 만큼 이번 실험에 대해서도 면밀한 연구가 필요하다고 하겠다.

해륙풍과 관련된 설명과 실험을 전공 서적과 과거의 교과서들을 살펴보고, 또한 학생들의 생각을 설문을 통해 알아봄으로써 교과서 설명 방식의 문제점과 실험에 대한 시사점을 알아보았다. 해륙풍은 교육과정이 변할 때마다 계속해서 실험과 함께

설명이 변화하고 있는데, 본 연구의 내용을 바탕으로 앞으로는 보다 안정화된 내용이 제시될 필요가 있겠다.

## 참고문헌

- Bu, D. & Hong, S. (2008). A study on misconception of 'wind' in the elementary school students. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 12(1), 67-82. (in Korean)
- Chae, D. & Jung, S. (2008). A qualitative study about cause of wind with the ideas of primary teachers. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 12(2), 457-469. (in Korean)
- Cho, H. & Kim, K. (2000). An analysis of the pre-conception and misconception about weather in elementary school students. *Journal of Research in Science Education*, 24, 1-23. (in Korean)
- Chun, H.-J. & Jeong, Y.-K. (2001). A case study on middle school students' scientific understanding of natural phenomena. *Journal of Science Education Chonnam National University*, 25(1), 39-46. (in Korean)
- CSUN. (2015). CONVECTION and VENTILATION BOX. Retrieved Nov. 6, 2015 From <http://www.csun.edu/~jrs95812/comps/convectionbox/index.htm.htm>
- Hyun, D.-G., Kang, W.-M., Lim, S.-M. & Chae, D.-H. (2014). An investigation of elementary students' perception and inferring process about a land and sea breeze. *Journal of Science Education*, 38(1), 160-167.
- Laudan, R. (1987). From mineralogy to geology: The foundations of a science. The University of Chicago Press, Chicago, 278p.
- Lee, G. & Kwon, B.-D. (2010). Reasoning-based inquiry model embedded in earth science phenomena. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31(2), 185-202. (in Korean)
- Lee, S.-H. (2006). Improved program for experiment of convection as teaching on the air circulation in primary science class. Master's thesis, Graduate School of Seoul National University of Education. 46p. (in Korean)
- Lim, S. (2015). An analysis of concepts and inquiry activities related to the "Earth Science" area in the South Korean elementary school textbooks to the current & a study on the improvement of future textbook. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(3), 288-296. (in Korean)
- Yang, I.-H., Cho, H.-J., Jeong, J.-W., Hur, M. & Kim,

- Y.-S. (2006). A Delphi study of expert community = Aims of laboratory activities in school science. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(2), 177-190. (in Korean)
- Yang, M. & Yun, S. (2010). A study on redesign and utilization of a convective circulation box for observations of land and sea breezes. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 31(3), 246-258. (in Korean)
- 교육과학기술부. (2007). 초등학교 과학 교육과정 해설서. 교육과학기술부. 서울, 229p.
- 교육과학기술부. (2012a). 과학 6-2. (주) 금성출판사.
- 교육과학기술부. (2012b). 초등학교 교사용 지도서 과학 6-2. (주) 금성출판사.
- 교육부. (1997a). 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 교육부. (1997b). 초등학교 교사용 지도서 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 교육부. (2015a). 과학 5-2. (주) 미래엔.
- 교육부. (2015b). 초등학교 과학과 교육과정. 교육부. 서울, 275p.
- 교육부. (2015c). 초등학교 교사용 지도서 과학 5-2. (주) 미래엔.
- 교육인적자원부. (2002a). 과학 5-1. 대한교과서 주식회사.
- 교육인적자원부. (2002b). 초등학교 교사용 지도서 과학 5-1. 대한교과서 주식회사.
- 문교부. (1965). 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 문교부. (1973). 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 문교부. (1983a). 국민학교 교사용 지도서 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 문교부. (1983b). 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 문교부. (1990a). 국민학교 교사용 지도서 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 문교부. (1990b). 자연 5-1. 국정교과서 주식회사.
- 민경덕 역. (2001). 대기환경과학; Ahrens, C. D. *Essential of meteorology 3<sup>rd</sup> ed.* 시그마프레스, 서울, 대한민국, 353p.
- 한국기상학회. (1999). 대기과학개론. 시그마프레스, 서울, 대한민국, 405p.