

2009 개정 교육과정 초등과학에서 제시된 해륙풍 모형실험 분석 및 개선 방안

강헌태 · 이규호[†] · 노석구[†]
(마송중앙초등학교) · (경인교육대학교)[†]

A Study on the Analysis and the Improvement of Land and Sea Breeze Model Experiment suggested to 2009 Revised Elementary Science Curriculum

Kang, Houn Tae · Lee, Gyuho[†] · Noh, Suk Goo[†]
(Masongjoongang Elementary School) · (Gyeongin National University of Education)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the problems of land and sea breeze model experiment that has presented in 5th grade curriculum in chapter “Weather and our lives” and makes better model simulation so that learners can have better and more effective way to study it. To survey the opinions from dedicated teachers about land and sea breeze model experiment, we produced the survey through interview with science exclusive teacher from M elementary school. An elementary science education expert, 3 men of science EdD modified and complemented survey and started Delphi survey to 12 science teachers who have career teaching more than 3 years. The problems found in this survey were ‘one heat bulb, short heating time, small temperature difference of water and sand, lack of class time, empty space between sand and water, back of transparent boxes, little amount of scent and the location of the it’ etc. But the most of all, it is hard to see the successful result of the experiment. Based on these kinds of investigations, and lots of trial and error, redesigned the new model experiment that has the most similarity to the real one and high probability of success. According to this, it was able to see the smoke forms horizontal movement along the sand and the smoke goes in one circulation cycle. through this experiment, we made a conclusion that although those scientific experiments in textbook were developed through lots of considerations of expert, to consider the aspect of consumer, it needs to reach the educational agreement about simulation experiment so that It can lead to successful experiment and high quality education.

Key words : land and sea breeze, model experiment, 2009 Revised Elementary Science Curriculum

I. 서 론

과학은 기본 개념을 이해하고 과학 탐구 능력과 과학적 태도를 함양하여 일상생활의 문제를 창의적이고 합리적으로 문제를 해결하는데 필요한 과학적 소양을 기르기 위한 교과이다(교육과학기술부, 2007). 이러한 과학과의 성격에 따라 2009 개정

교육과정 과학 교육과정에서는 다양한 탐구 활동과 관찰·실험 위주의 수업을 진행하고 있으며, 이를 통한 과학 탐구 능력 향상, 과학적 사고력과 창의적 문제 해결 능력을 기반으로 과학적 소양을 배양하고, 창의적으로 사고할 수 있는 능력 신장 등의 과학 교육을 강조하고 있다(교육부, 2009).

이러한 과학적 사고력 등의 과학적 소양을 향상

시키기 위한 가장 효과적인 과학 학습 방법 중의 하나가 바로 실험을 활용한 학습 방법이며, 과학 실험은 과학 교육의 핵심적인 요소이다(Johnstone, 2001). 실험은 과학의 고유한 탐구 방법으로 과학 수업에서도 필수적인 방법이다. 대부분의 과학수업에서 다루는 학습 주제는 실례나 관련된 현상의 구체적 대상을 다루지 않고서는 학생들이 이해하기 어려운 복잡하고 추상적인 내용을 많이 포함하고 있다. 이러한 어려움을 해결하는 데에 실험은 많이 사용되어지고 있으며, 이를 통해 학생의 과학적 방법과 과학의 정신을 인식하는 데 도움이 되며, 생활의 문제 상황에 전이할 수 있는 일반화되고 체계적인 사고방식을 학습할 기회를 제공한다. 더욱이 초등학생의 경우 구체적 현상을 접하고, 이를 다루어 봄으로써 과학 지식과 탐구 기능을 습득할 수 있기 때문에 실험은 과학 학습에 매우 유용한 교수·학습 전략이라 할 수 있다(교육부, 2009).

현 초등 과학교육과정에서 다루는 실험은 잘 알지 못하는 문제에 대한 해답이나 정보를 찾는 탐구적 실험보다는 과학적 사실, 개념 등을 확인하는 예시적 실험이 대부분이다. 2009 개정 교육과정에서도 여러 예시적 실험을 확인할 수 있는데, 대표적으로 5학년 2학기 1단원 ‘날씨와 우리 생활’을 들 수 있다. 날씨 관련 학습 주제는 2차 교육과정에서부터 현재까지 초등 과학에 한 번도 빠진 적이 없을 만큼 중요한 내용이며(임성만, 2015), 이 단원은 수업이나 독서로 알게 된 습도, 이슬, 안개, 구름, 비, 눈, 바람 등의 과학적 사실 및 추상적 지식을 확인하기 위한 예시적 실험을 진행하여 학습 내용을 이해하고, 구체적 경험을 가질 수 있게 한다. 날씨 단원의 여러 학습 개념 중에서도 6차시 학습 주제인 바람은 공기의 대류 현상을 파악해야만 이해할 수 있는 중요한 핵심 개념 중 하나이다.

2007 개정 교육과정에서는 수직 방향으로 움직이는 공기의 흐름을 기류, 수평 방향으로 움직이는 공기의 흐름을 이류라고 말하며, 바람은 이류에 속한다고 소개하고 있다. 공기의 이동은 온도가 높은 곳의 공기가 상승하고, 상대적으로 온도가 낮은 공기가 그 곳을 채우기 위해서 움직이는 현상이며, 상승하는 공기는 점점 온도가 낮아지고, 상대적으로 무거워져 다시 하강하게 된다고 하였다. 이것이 공기의 대류 현상이며, 대류 현상은 두 곳에 온도차가 있을 때 이를 해소하기 위해서 일어나는 평형화

과정으로 설명하면서 바람의 원인이 되는 기압차에 대한 개념은 제외되어 있다. 하지만, 바람이 부는 것은 근본적으로 기압의 차이에 의한 것이며, 기압의 차이는 곳에 따라 지표면이 가열되거나 냉각되는 정도가 달라 온도차가 생기기 때문에 발생하는 것이다(Cussler, 2001). 대류라는 것은 순환이 완성되어야 하므로 현재의 바람이 부는 과정으로 설명한다고 하더라도 순환의 나머지 부분도 설명이 이루어져야 한다. 2007 개정 교육과정에서는 대류 상자 내 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 발생시킨 채로 실험을 진행하기도 하였다(이규호, 2015).

이에 2009 개정 교육과정에서는 바람이 부는 원리로 지표면 부근에서 기압 차가 생기면서 기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 바람이 부는 것으로 이야기 하고 있다. 지표면이 상대적으로 가열되거나 냉각되면 기압 차에 의하여 바람이 불게 되는데, 기압이 높은 고기압에서 낮은 저기압으로 이동하며, 이러한 공기의 흐름을 바람이라고 이야기하고 있다. 바람은 우리가 직접적으로 관찰하거나 볼 수 없는 현상이지만, 해륙풍 모형실험을 활용하여 현상을 확인할 수 있다. 해륙풍 모형실험은 바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향 변화를 설명해주는 실험으로 해륙풍은 여름철 바닷가에서 경험할 수 있는 대표적인 현상이며, 이 현상을 이해함으로써 바람이 부는 이유를 학습할 수 있는 지구과학적 탐구의 좋은 예이다(이규호, 2015). 이러한 바람 현상인 해륙풍, 공기의 열대류 현상은 1차 교육과정부터 다루어져 왔으며, 2차 교육과정부터는 대류 상자 속에서의 공기의 이동이 실험이 추가되어 현재까지 이어지고 있다(최미경, 2012). 하지만, 학교 현장의 많은 교사들은 해륙풍 모형실험이 제대로 이루어지지 않아 많은 어려움을 이야기하고 있고(최미경, 2012), 해륙풍 현상을 확인하기 위한 대류 상자 실험은 오히려 해륙풍에 대한 이해를 저해하고 있다고 하였으며(양미선, 2010), 그 요인으로 교사들의 실험 목적에 대한 이해 부족, 교과서에 제시된 실험의 어려움, 실험 결과의 부정확성 등(채동현, 2008)을 꼽았다. 양미선과 윤성호(2010)는 해륙풍 모형실험에

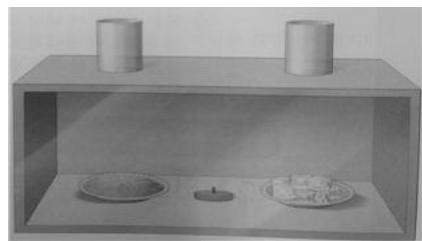
서 학생들은 지표면에서 일어나는 현상을 관찰할 뿐 해풍과 육풍의 순환 모형을 이해하지 못하고 있으며, 자연 현상을 보여주어야 하는 실험이 육지와 바다를 인위적으로 설정하여 자연성을 띠지 못하고, 오히려 학생들에게 오개념을 심어줄 수 있다고 하였다. 이렇게 여러 어려움으로 인하여 해륙풍은 교육과정에서 중요하게 다루어지고 있음에도 불구하고, 학생들이 정확하게 이해하지 못하고 있다(이규호, 2015).

해륙풍 모형실험은 2차 교육과정부터 현재 2009 개정 교육과정까지 계속되어지고 있지만, 교육과정이 변화할 때마다 해륙풍 모형실험도 계속해서 변화하고 있다. 이렇게 교육과정이 변화될 때마다 관련 실험이 소폭 혹은 대폭 수정되고 있다는 것은 해륙풍 모형실험이 여전히 불충분하다는 방증일 것이다. 따라서 현재의 대류 상자 실험 또한 다양한 상황에서 실제 원하는 모습이 잘 구현되는지 조사해 볼 필요가 있다(이규호, 2015).

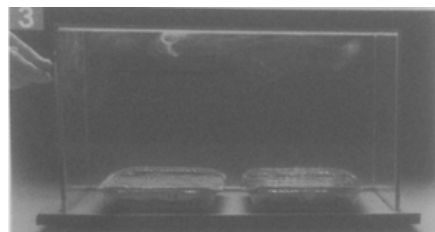
이에 따라 해륙풍 모형실험의 대안 실험을 연구자들이 각 교육과정마다 수정된 실험을 제안하고 있다. 이성환(2006)은 공기의 움직임을 효과적으로 지도할 수 있는 대류상자 실험의 개선 방안으로 유리 대류상자의 사용, 향 연기의 외부 공급, 100 W의 전구와 500 mL의 물과 모래를 사용할 때 1~2분까지 공기의 대류현상이 가장 잘 나타났음을 제시하였고, 양미선과 윤성호(2010)는 해륙풍 원리 이해를 위한 대류상자 재설계와 활용에 관한 연구에서는 아크릴 대류상자, 3 mm 굵은 모래, 200 W의 전구로 물과 모래 직접 가열, 향 연기는 물 쪽에 넣는 등의 방법을 제안하였다. 최미경(2012)은 바람이 부는 까닭을 효과적으로 지도하기 위한 방법을 연구하였는데, 지면과 수면의 온도차기 실험 결과를 활용하여 모래와 물이 자연 현상과 같은 온도로 준비하여 유리로 만들어진 대류 상자에 넣고, 상자 양 옆쪽에 높이가 다른 구멍을 뚫어 그곳으로 향 연기를 넣는 실험을 제시하였다.

이와 같이 연구자들의 고민과 여러 수정을 거쳐 2009 개정 교육과정 해륙풍 모형실험이 등장하였다. 수많은 시행착오를 거치면서 많이 다듬어진 모형실험은 학생들에게 여러 교육과정의 실험 중 2009 개정 교육과정의 실험이 조건과 현상이 실제 해륙풍과 가장 유사하다고 여겨졌다(이규호, 2015). 현 2009 개정 교육과정에서 제시하고 있는 해륙풍 모형실험

은 2007 개정 교육과정에서 제시한 모형실험을 상당 부분 수정하여 제시하였다. 뜨거운 육지와 차가운 바다를 표현하기 위하여 2007 개정 교육과정에서는 데운 모래와 얼음을 사용하였다[Fig. 1 (a)]. 하지만 2009 개정 교육과정에서는 사각 은박접시에 모래와 물을 각각 담은 다음, 열 전구를 사용하여 10분 동안 가열하는 방법을 사용하였다. 이는 데워진 모래와 얼음은 바람이라는 자연현상을 설명하는 실험에서 인위적인 부분을 제거하고, 실제 자연현상과 최대한 가깝게 실험을 진행하려는 의도로 생각된다. 또한, 공기의 움직임을 확인하는 향은 2007 개정 교육과정에서 대류 상자 안에 처음부터 넣어 놓았던 것을 대신하여 2009 개정 교육과정에서는 외부에서 상자 옆면의 구멍으로 향을 안으로 넣어 10초 동안 있는 후 꺼내도록 하였다[Fig. 1 (b)]. 이 부분은 뜨거운 향불의 영향으로 향 연기가 비스듬하게 올라가는데, 향을 외부에서 넣으면 향불의 온도에 영향을 받지 않고, 공기가 이동하는 것을 관찰할 수 있다고 하였다(교육부, 2009). 마지막으로 대류상자의 모습도 바뀌었는데, 2007 개정 교육과정에서 한쪽면만 투명하고, 나머지 면은 나무였고, 대류 상자위에 2개의 굴뚝이 있었던 것을 대신하여 2009 개정 교육과정에서는 모든 면이 투명하도록 아크릴이나 유리를 사용하고 굴뚝을 없앴다. 이 부분은 상자의 좌우상하 모든 면을 투명하



(a) 2007



(b) 2009

Fig. 1. 2007 and 2009 revised elementary science curriculum's land and sea breeze model experiment.

게 만들면서 어디에서나 학생들이 관찰할 수 있도록 한 것으로 해석되어진다. 굴뚝을 없앤 것은 상자 안에 향불을 피워두면 상자 안의 공기의 온도가 높아지면서 공기의 연속적 흐름인 바람을 관찰하기 어렵고, 찬 공기와 따뜻한 공기가 섞이는 와류 현상을 막기 위하여 제거하였다(교육부, 2009).

이렇게 지난 교육과정에서부터 지속적으로 여러 문제에 대하여 수정·보완되어 제시된 2009 개정 교육과정의 해륙풍 모형실험임에도 불구하고, 현재 학교 현장에서 이 실험을 여러 차례 실험해 본 결과, 대류현상을 제대로 확인할 수 없었으며, 바람이 이동하는 모습도 관찰할 수 없었다. 주변 여러 과학 교과전담 선생님들께 본 실험의 성공 여부를 조사해 보았을 때도 많은 수의 교사가 실험이 제대로 이루어지지 않는다는 의견을 보였다.

이에 본 연구는 지금까지 여러 차례 수정·보완되어 왔지만, 지속적으로 실험이 제대로 이루어지지 않는 해륙풍 모형실험에 대한 근본적인 문제점을 찾고, 이를 해결하여 언제, 어디에서나 실험이 성공하도록 현 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험을 개선하고자 한다.

구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험의 문제점은 무엇인가?

둘째, 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험의 개선 사항에는 무엇이 있는가?

셋째, 학습자에게 보다 효과적으로 지도할 수 있는 성공적인 해륙풍 모형실험은 어떻게 구성할 수 있는가?

II. 연구 방법

1. 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험의 문제점 분석

2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험의 실패 원인을 찾기 위하여 초등 과학교육 현장 전문가의 의견을 수렴하고, 이를 모형실험에 반영하기 위하여 설문지를 통한 델파이 조사를 실시하였다. 조사에 투입되는 설문지는 M초등학교 과학 교과전담 교사와의 구조화된 인터뷰를 통해 제작 후, 과학교육 전문가 1인과 과학교육 박사과정 3인과 함께 수정·보완 작업을 거쳐 최종 설문지를 완성하였다(Table 1). 설문은 3년 이상의 과학지도 경력

이 있는 12명의 초등 교사를 대상으로 실시하였다.

설문지는 4개의 영역으로 구성하였으며, 설문에 들어가기 전, 2007 개정 교육과정과 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험(실험모습, 준비물, 실험과정)을 함께 제시하여 변화된 실험모습을 비교하면서 분석할 수 있도록 하였다.

첫 번째 영역에서는 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험과정에서 각 단계별 문제점을 파악 후, 제시한 문제점 중 실험의 주요 실패요인과 제시한 문제점 외에 실험 외적 요인으로 실험을 거리는 이유를 조사하였다. 두 번째 영역은 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험을 이용한 수업을 진행하였을 경우, 학생들의 학습 이해도를 조사하였다. 모형실험을 통해 학생들이 해륙풍을 학습하는 데 있어 긍정적인 영향을 주는 부분과 부정적인 영향을 주는 부분을 함께 파악하였다. 세 번째 영역에서는 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험이 2007 개정 교육과정에서 제시된 모형실험과 비교했을 때, 우수한 점과 부족한 점을 조사하였다. 마지막 네 번째 영역에서는 다음 학년도에도 해륙풍 모형실험 차이를 지도할 경우, 어떠한 방법으로 수업을 진행할 것인지에 대한 의견을 조사하였다.

2. 해륙풍 모형실험의 재설계 전제조건

해륙풍 모형 재설계를 진행함에 있어 연구 목적에 부합하는 전제 조건을 설정하여 해륙풍 모형실험을 제작하고자 하였다.

첫째, 자연 현상에 가까운 해륙풍 모형실험으로 구성하기

둘째, 학교 현장에서 현실적으로 준비 가능한 재료만을 활용하여 해륙풍 모형실험 구성하기

셋째, 모형실험의 대류상자 전체에서 연기가 한 사이클을 이루며 순환하는 모습을 확인할 수 있도록 구성하기

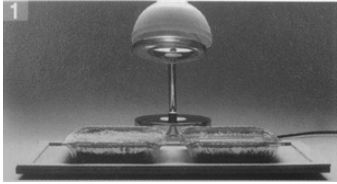
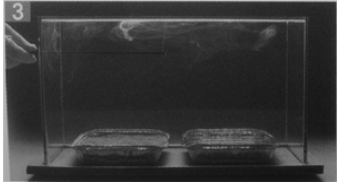
넷째, 모형실험의 상자 아래쪽에서 연기가 수평 이동하는 모습을 관찰할 수 있도록 구성하기

다섯째, 언제, 어디서나 해륙풍 모형실험이 성공할 수 있도록 실험을 구성하기

3. 해륙풍 모형실험의 재설계 과정

해륙풍 모형실험을 재설계하는 과정은 다음과 같다. 우선 델파이 조사를 토대로 기존 해륙풍 모

Table 1. Questionnaire for Delphi survey about the problem of 2009 revised elementary science curriculum's land and sea breeze model experiment

문항번호	문항 내용	설문 답변 (N)
1	2009 개정 교육과정의 실험이 잘 이루어지지 않는다면 어느 단계에서, 무엇이 문제일까요? (전등은 태양, 모래는 육지, 물은 바다를 나타냄)	
1-1	 <p>사각접시 두 개에 모래와 물을 각각 담은 다음에 열 전구를 사용하여 10분 동안 가열합니다.</p>	1-2
1-3	 <p>항에 불을 붙이고 투명 상자 옆면의 구멍으로 향 연기를 10초 동안 넣습니다.</p>	1-4
1-5	위의 실험 준비물 중, 실험에 필요 없거나 혹은 추가로 필요한 것이 있다면 이유와 함께 제시해 주세요. (사각 접시 두 개, 모래, 물, 전기스탠드 1개, 열 전구 1개, 투명 상자, 점화기, 향, 면장갑)	
2	선생님께서 제시하신 위의 여러 실패 요인 중, 실험 실패 요인으로 가장 큰 원인 2가지만 고르신다면? 그 이유와 함께 제시해 주세요.	
3	위의 실험에서 제시된 실험도구, 실험방법 이외에 실험 외적 요인이나 간접 영향 등으로 인하여 실험이 꺼려지는 이유로는 무엇이 있을까요?	
4	위의 실험을 통해, 학습 주제(바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향 변화)에 대한 학생들의 학습 이해도는 어느 정도일 것으로 예상하십니까?	
4-1	위의 실험이 학생들이 해륙풍을 이해하는 데 많은 도움을 준다면 (긍정적인 영향), 어떠한 부분이 그러한지, 이유와 함께 제시해 주세요.	
4-2	위의 실험이 학생들이 해륙풍의 이해를 오히려 저해한다면(부정적인 영향), 어떠한 부분이 그러한지, 이유와 함께 제시해 주세요.	
5-1	2쪽 2007 개정 교육과정 실험과 비교하여, 2009 개정 교육과정 실험의 어느 부분이 학생들에게 도움을 준다고 생각하십니까? 이유와 함께 제시해 주세요.	
5-2	2쪽의 2007 개정 교육과정 실험과 비교하여, 2009 개정 교육과정 실험의 어느 부분이 학생들에게 부정적인 영향을 준다고 생각하십니까? 이유와 함께 제시해 주세요.	
6	내년에도 본 차시를 수업하시게 된다면 어떻게 수업을 진행하시겠습니까? 그리고 위와 같은 선택을하신 이유는 무엇입니까?	
6-1	선생님께서 생각하시는 대체 실험이 있으시다면, 어떻게 실험을 바꾸면 좋을까요?	

형실험이 가지고 있는 문제점을 파악해 보았다. 예를 들어 설문 문항 ‘1-1. 사각접시 두 개에 모래와 물을 각각 담은 다음에 열 전구를 사용하여 10분 동안 가열합니다.’와 관련된 문제점에 대한 초등 과

학교육 현장 전문가들의 의견으로 3명의 의견은 ‘잘 가열되지 않는다. 가열되어도 금방 식는다. 가운데만 데워진다. 모래와 물의 위치에 따라 온도가 다르다.’였고, 또 3명은 ‘10분 동안 가열 온도가 높지

않아 모래와 물의 차이를 잘 알 수 없음'이었으며, '열 전구로 잘 데워지지 않는다.'는 의견도 3명이나 제시하였다. 이와 같이 열 전구와 관련된 의견들을 정리하여 열 전구에 대한 개선책을 마련하였다. 열 전구와 관련된 개선책은 과학교육 전문가 1인과 과학교육 박사과정 3인과 함께 협의를 통해 마련하였고, 이를 토대로 개선 실험을 실시하였다. 협의된 개선책을 실험을 통해 처음에 의도했던 결과 즉, 현장 교육 전문가들이 가졌던 문제점들이 충분히 해결되었는지 확인해보고, 해결이 충분하지 않았을 경우는 추가 논의 및 개선 실험을 재실시하였다.

실험의 결과는 어느 하나의 문제가 아니라, 여러 문제들의 복합적인 관계로 발생하는 것이었기 때문에 전체적인 개선책을 한꺼번에 마련한 다음 실험을 실시하고, 그 결과가 공기의 순환을 여전히 잘 보여주지 못할 경우, 기존의 실험 결과와 비교해서 여전히 개선되지 않은 문제점들을 찾아내는 방식을 통해 문제점들을 하나씩 줄여나가는 방식으로 실험 개선을 실시하였다.

최종적으로 원하는 결과가 나타났을 때는 다른 실험 조건 즉, 장소의 변화, 실시 시간의 변화 등을 반복적으로 실시하여 실험의 안정성을 확보하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 해륙풍 모형실험에 대한 교사의 생각

델파이 조사에 임한 초등과학교육 현장 전문가들은 3년 이상 과학지도 경력이 있는 현직 초등 교사들이며, 모두 현재 5학년 과학을 지도하고 있다. 하지만 이들은 2009 개정 교육과정에서 제시한 해륙풍 모형실험에 대하여 다소 부정적인 생각을 가지고 있었다. 12명의 조사 대상 중, 10명은 해륙풍 모형실험을 통해 해륙풍을 이해하는 학생들은 거의 없을 것이라고 대답을 하였다. 그 근거로 해륙풍의 이론과 전혀 다른 실험 결과로 학생들에게 혼란을 일으키는 실험을 제시하면서 오히려 실험을 안 하는 것이 낫다고 이야기하고 있다. 즉, 실험의 실패로 인하여 학생들에게 생긴 오개념에 대하여 많은 우려를 하고 있었다.

이러한 우려 속에 많은 수의 교사들은 내년도도 본 차시를 지도하게 된다면 어떻게 지도할 지를 묻는 질문에는 많은 수의 교사가 2009 개정 교육과정의 해륙풍 모형실험이 아닌 2007 개정 교육과정에

서 제시된 대류 상자 실험을 이용해 수업을 진행할 것이라고 답하였다. 그 이유로 2007 개정 교육과정의 실험의 경우, 자연 현상을 다소 인위적으로 조작하기는 하였지만, 실험을 성공할 확률이 높아 학생들에게 오개념을 심어주지 않을 수 있고, 주어진 시간 안에 수업 목표를 도달할 수 있음을 제시하였다. 이는 2009 개정 교육과정의 실험이 2007 개정 교육과정의 실험보다 실험 실패의 경우가 더 많고, 실험 시간도 더 긴 것을 의미한다. 이러한 상황에서 현장의 교사들에게 2009 개정 교육과정에 제시된 해륙풍 모형실험을 활용하여 계속 지도하도록 요구하는 것은 분명 무리일 것이다.

물론, 예외도 있었다. 내년도도 해륙풍을 지도한다면 2009 개정 교육과정 교과서에 제시되어 있는 그대로 수업을 진행하겠다는 대답이었다. 그 이유로, 비록 실험은 실패하였지만, 많은 전문가들이 고민 끝에 만든 실험이므로 교사 자신의 실수로 실험이 실패했다고 생각하는 경우와 교과서에 대한 절대적인 신뢰를 가지고 있어 다시 한 번 그대로 실험을 진행하겠다는 의견들이었다. 이와 동시에, 그렇다면 교사 스스로 대체 실험을 만들어 수업을 진행해 볼 의향이 있는가? 라는 질문에는 아무도 원치 않는 것으로 나타났다.

이러한 현상은 현직에 있는 교사들에게 교과서가 얼마나 큰 의미인지를 나타내는 방증인 동시에, 교과서에 있는 실험이 얼마나 중요한지를 다시 한 번 나타내주는 결과이다. 많은 수의 교사들이 교과서에 있는 실험에 대해 큰 신뢰를 가지고 있고, 별다른 의심 없이 그 실험을 그대로 진행하고 있다. 이렇게 많은 수의 교사들은 교과서에 제시된 실험에 대해 큰 신뢰를 가지고 있다. 그러므로 교과서에 제시된 실험은 보다 확실하고, 언제, 어디서나 정확한 결과를 제시할 수 있어야 한다.

2. 해륙풍 모형실험의 문제점 및 개선방안

델파이 조사에서 나타난 해륙풍 모형실험의 여러 문제점 중, 과학교육 전문가 1인과 과학교육 박사과정 3인과 함께 논의를 거쳐 유의미한 문제점을 선정하였으며, 설문에서 제시된 해결 방법을 감안하여 위의 연구자들과 함께 논의를 거쳐 문제점 개선 방안을 설정하였다(Table 2).

3. 새로운 해륙풍 모형실험 재설계

Table 2. Examples of problems and improvement of 2009 revised elementary science curriculum's land and sea breeze model experiment

문제점	개선 방안
<ul style="list-style-type: none"> · 열 전구로 모래와 물의 온도변화(온도차이)가 크지 않아 교과서처럼 실험 결과가 도출되지 않는다. · 열 전구 1개로는 모래와 물에 열이 잘 전달되지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 열 전구를 물, 모래 각각 2개로 가열 · 가열 시간을 길게(20분)하여 대류 현상이 잘 일어나도록 설치
<ul style="list-style-type: none"> · 실험 시간(10분)이 너무 길어서 오래 기다려야 한다. · 시간이 오래 걸려 기다리는 시간이 많다. · 실험 시간이 오래 걸려 수업 집중이 안 되고, 학습 분위기가 산만하다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 해당 차시(6차시) 이전의 5차시와 함께 연차시로 수업을 진행 · 5차시 실험에서 알코올 온도계 대신 적외선 온도계로 20분 동안 1분 간격으로 모래와 물의 온도 측정
<ul style="list-style-type: none"> · 모래와 물의 양이 적고, 전구로 모래도 제대로 가열되기 어렵다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 물과 모래의 양 늘리기 · 전구를 모래와 물 표면으로부터 가깝게(약 10 cm)하여 가열한다.
<ul style="list-style-type: none"> · 물과 모래 사이에 빈 공간이 존재 	<ul style="list-style-type: none"> · 물과 모래의 사이 공간을 최소화
<ul style="list-style-type: none"> · 향 연기를 위에서 넣기 때문에 아래로 잘 내려오지 않는다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 향 연기를 아래에서 투입
<ul style="list-style-type: none"> · 향 연기의 움직임이 뚜렷하지 않고, 유리 상자가 투명하여 잘 보이지 않음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 검은색 배경 제공 · 향 연기를 더 많이 제공
<ul style="list-style-type: none"> · 향 연기가 열로 인해 위로 올라감. 	<ul style="list-style-type: none"> · 향 상자 위에 칸막이를 놓아 바로 연기가 올라가지 않고, 한번 열을 식히고 올라가도록 설치 · 연기를 모았다가 실험에 제공 · 드라이아이스 등 대체 연기 사용
<ul style="list-style-type: none"> · 서리가 끼어 잘 안보임. 	<ul style="list-style-type: none"> · 김 서림 방지제 사용

1) 실험 상자

(1) 크기

모형실험 상자의 크기는 열전구의 크기(지름 13 cm)와 모래와 물을 담은 그릇으로 활용되는 은박도시락의 짧은 변 길이(14 cm)를 고려하여 가로 길이는 30 cm로 결정하였다. 또한 실험을 진행할 때 학생의 눈높이에서 공기의 흐름을 쉽게 관찰할 수 있는 높이에 대해 실험에 참여한 과학교육 전문가와 박사과정 3인의 협의에 의해 30 cm로 결정하였다. 반면, 상자의 다른 한 변의 길이는 크기를 달리 하여 3가지로 실험을 진행하였다(Table 3).

실험 결과, 해륙풍 모형실험 상자의 세로 길이가 10 cm인 경우에는 열전구의 지름(13 cm)보다 작아, 모래와 물을 상자에 넣고 열전구로 직접 가열할 수

없어 상자 밖에서 물과 모래를 가열한 후 상자에 넣어야 했다. 하지만, 이러한 실험과정은 모래와 물이 가열되는 순간부터 공기의 흐름이 상자 안에서 반영되어야 하는데, 상자 밖에서 공기 흐름에 영향을 주고, 정작 상자 안에서는 영향을 주지 못하였다. 이는 실험 전제 첫 번째 ‘자연 현상에 가까운 해륙풍 모형실험으로 구성하기’에도 부합하지 못하여 설계 과정에서 제외되었다.

세로 길이가 15 cm, 20 cm의 경우, 모래와 물을 상자에 넣은 상태에서 직접 가열할 수 있어 모두 실험을 진행해 보았다. 실험 결과, 같은 위치와 양의 향을 붙여 공기의 흐름을 관찰할 결과, 거의 비슷하게 연기의 흐름을 관찰할 수 있었으나, 세로의 길이가 15 cm 모형 상자에서가 20 cm일 때보다 연기가 빠르고 정확하게 순환하는 것을 확인할 수 있었으며, 20 cm의 폭에서는 연기가 좀 더 넓게 퍼져서 연기를 명확하기에 오히려 어려움이 있었다.

(2) 재질

상자 속의 연기 흐름을 확인해야 하기 때문에 빛의 투과율이 높은 재질로 상자가 구성되어야 하였다. 이에 기존의 대류 상자인 나무상자에 유리로

Table 3. Design of land and sea breeze model experiment box

	가로(cm)	세로(cm)	높이(cm)
설계 1	30	10	30
설계 2	30	15	30
설계 3	30	20	30

된 경우와 모두 아크릴로 구성된 경우를 비교 실험하였다. 상자 윗면을 덮은 채 열 전구를 가까이 두고, 모래와 물을 가열하는 실험을 반복적으로 하는 중에 유리로 된 상자에서는 유리가 파손되는 일이 발생하였다. 따라서 안전의 문제로 유리보다는 아크릴이 상자로는 적절하다고 판단하였다. 아크릴은 유리보다 경제적인 면에서도 우수한 재료로 판단되었다.

하지만, 모든 면이 아크릴로 제작될 경우, 모든 면이 투명하여 하얀 연기의 흐름을 관찰할 수 없다는 문제점을 보완하기 위하여 아크릴 한쪽 면을 검은 색으로 하거나, 한쪽 면에 검은 종이를 붙이는 방법으로 실험을 진행하였다.

그 결과, 아크릴 한쪽 면만을 검게 하여 제작했을 경우와 검은 종이를 원하는 면에 붙여 연기의 흐름을 관찰했을 때, 두 경우 모두 큰 차이가 없이 연기의 흐름을 잘 관찰할 수 있었다. 하지만 한쪽 면만을 검게 하여 제작하였을 경우, 실내조명의 각도에 따라 빛이 검은 아크릴에 반사되어 오히려 연기를 관찰하는데 불편함을 주었다. 또한, 아크릴 한쪽 면만을 검게 할 경우 아크릴 제작 시 추가 비용이 발생하게 되었다. 이러한 결과에 따라 관찰에 불편함을 줄 수 있고, 불필요한 추가 비용이 드는 검은 아크릴을 제작하는 것보다, 검은 종이를 원하는 면에 붙이는 것이 더 적절하다고 판단하였다.

(3) 구조

주어진 모형 속에서 가열에 의해 순환이 충분히 발생하고 있어야 한다는 생각에 실험 설계 초기에

는 상자의 위쪽 부분을 막은 채 실험을 실시하였다. 실험 초기에 모래와 물이 잘 가열될 수 있도록 열 전구를 최대한 윗면에 가까이 위치한 채 가열하였더니 유리 상자의 경우는 유리가 파손되고, 아크릴 상자의 경우도 약간의 변형이 발생하였다. 이에 상자 바깥쪽에서 가열하는 방식이 아니라, 상자 윗면을 열고 닫을 수 있도록 하여 모래와 물에 최대한 가까이 열 전구가 위치할 수 있도록 하였다. 이는 물과 모래가 충분히 가열되지 않아서 실험이 실패한다고 말한 델파이 조사 결과를 반영한 내용이다 (Table 2). 모래와 물이 충분히 가열되어 양쪽 표면의 온도차이가 충분히 나게 되면, 열 전구를 상자 밖으로 빼 다음 닫을 수 있도록 실험 상자를 설계하였다.

연기의 위치를 미리 조정할 수 있도록 모래와 물을 담을 수 있는 부분과 함께 연기를 위치시킬 부분을 자유롭게 선택하여 실험할 수 있도록 상자의 아랫부분은 넣고 빼는 것이 자유로운 서랍 형태로 구성하였다(Fig. 2). 이러한 구조는 해륙풍이 부는 모습을 확인할 수 있는 가장 이상적인 위치를 비교하며 찾을 수 있으며, 부수적으로 수업 시간 연기의 위치를 다르게 하면서 나타나는 현상을 비교하는 활동을 하면서 현상에 대한 원인을 분석해 보는 수업도 진행할 수 있다고 생각된다.

2) 가열

(1) 전구

2009 개정 실험에서는 태양의 역할을 하는 열 전

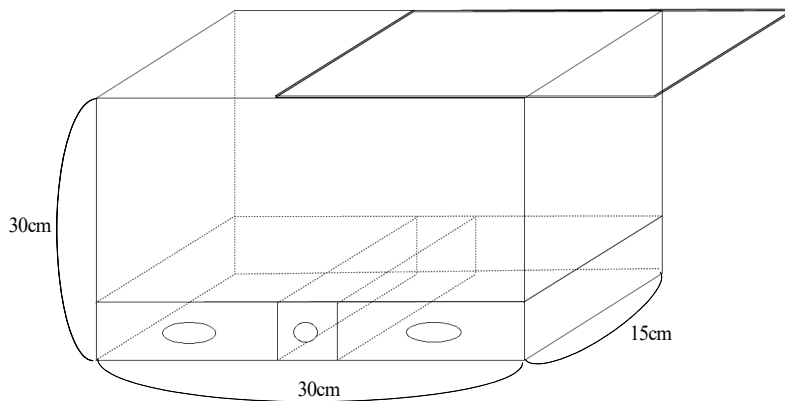


Fig. 2. Sketch map of land and sea breeze model experiment box.

구가 모래와 물 사이에 한 개만 배치되고 10분간 가열한다. 하지만 이 경우, 모래와 물의 일부분에만 열이 전달되어 열이 전달되어지는 곳과 그렇지 못한 곳의 온도차가 컸으며, 모래와 물의 전체적인 온도차이도 크게 나타나지 않았다. 이러한 조건에서 온도 차에 의한 공기의 순환을 기대하기란 어려운 상황이었다. 이에, 실제 자연환경에서 태양이 육지와 바다에 골고루 열을 전달하는 것처럼 모형실험에서도 모래와 물에 열이 모두 골고루 전달될 수 있도록 전구를 2개 준비하였다. 그리고 모래와 물의 전체적인 면에 골고루 열이 전달될 수 있도록 전구와 모래, 물의 사이를 10 cm로 하였다.

본 실험에서의 전구의 역할은 빛의 제공원이 아니라, 궁극적으로 모래와 물의 온도를 높여주는 것이므로 열을 좀 더 많이 방출하는 전구인 열 전구를 사용하였다. 모래와 물의 모든 면에 열이 전달될 수 있도록 모래와 물을 담은 상자의 크기를 열 전구의 지름과 같게 조정하였으며, 열 전구는 시중에서 가장 쉽게 구할 수 있는 150 W 열 전구 2 개를 준비하였다.

(2) 가열 시간

두 개의 열전구로 모래와 물을 동시에 가열하여 1분 간격으로 적외선 온도계를 이용하여 온도를 측정하였다(Table 4). 그 결과, 모래와 물 각각 더 이상 온도가 오르지 않는 시간인 약 20분을 가열 시간으로 결정하였다.

가열이 끝나면 열 전구를 빼고 상자의 윗부분을 닫은 후, 해륙풍 모형실험 상자 안에서 모래와 물 위의 공기가 각각 가열된 후 공기의 순환이 일어날 수 있도록 약 1분 정도 기다린 후 연기를 넣어 실험하였다.

3) 모래와 물

(1) 종류와 양

해륙풍 모형실험의 두 번째 전제인 ‘학교 현장에서 현실적으로 준비 가능한 재료만을 활용하여 해륙풍 모형실험 구성하기’에 따라 모래를 구입하는 것이 아닌 주변에서 쉽게 구할 수 있는 학교 모래사장의 모래를 이용하기로 하였다. 젖어있는 모래는 실험의 오차를 발생시킬 수 있으므로 건조된 모래를 사용하기 위해 학교 옥상에 넓게 펴고 3일 동

Table 4. Temperature change when heating sand and water with heat bulb

시간(분)	모래(°C)	물(°C)
1	13	13
2	46	25
3	65	29
4	80	33
5	85	36
6	92	39
7	96	41
8	99	42
9	102	43
10	111	44
11	115	46
12	119	47
13	120	48
14	123	48
15	125	49
16	126	49
17	128	50
18	130	50
19	131	51
20	131	52

안 햇볕에 건조한 후 사용하였다. 물도 마찬가지로 3일전 미리 담아 놓았으며, 실험 전 모래와 물의 온도는 상온과 최대한 같도록 설정하였다(Fig. 3).

2009 개정 실험에서는 은박 도시락 통에 모래와 물을 넣도록 설계되어 있는데, 일반적인 은박 도시락의 높이는 3 cm이기 때문에 모래와 물을 최대한 두껍게 담을 수 있는 높이는 3 cm이다. 일반적으로 모래와 물은 비열 차이로 인해서 동일한 에너지를 받더라도 모래가 물보다 더 빨리 온도가 올라가게 된다. 그러나 실제 해륙풍 발생에서는 모래와 물 표면의 온도 차이는 비열 차이만으로 설명되지는 않는다. 모래와 물 표면의 온도 차이가 발생하는 다른 원인으로는 표면의 반사율, 열전달 방식 차이와 함께 빛의 투과 정도의 차이가 있다. 모래의 경우, 위쪽에서 주어지는 열에너지는 대부분 표면에

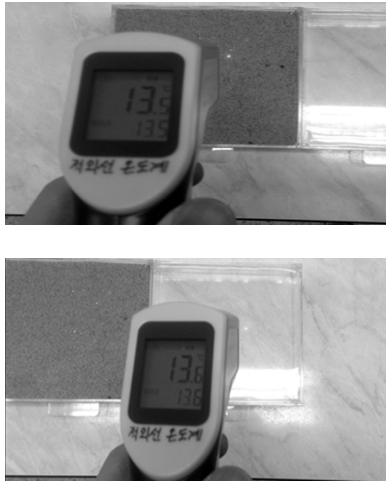


Fig. 3. Temperature measured using an infrared thermometer.

서만 흡수되고, 물의 경우에는 빛이 투과되어도 표면이 먼저 데워지면서 안정층을 형성하지만, 물의 양이 적으면 전체적인 물의 온도는 비교적 급히 온도가 올라가게 된다. 그러므로 물의 양이 적으면 적을수록 모래와 물 표면의 온도 차이가 적게 발생하게 된다. 따라서 동일한 에너지를 제공할 경우, 모래와 물의 양이 많으면 많을수록 두 표면의 온도 차이는 크게 나타날 것이다. 이에 본 연구에서는 모래와 물을 담은 아래쪽 서랍 형태의 상자에서 높이를 5 cm로 하여 약 2배 정도 두껍게 넣을 수 있도록 하였다.

(2) 모래와 물 사이의 거리

바닷가의 모래와 물 사이에는 공간이 존재하지 않고 서로 맞닿아 있는 상태로 있다. 하지만 2009 개정 교육과정 실험에서는 모래와 물 사이의 거리에 대한 언급은 없었으며, 실험 모습에서 모래와 물의 사이가 약 5 cm 떨어진 채 실험을 진행하고 있다(Fig. 4).

이는 실제 자연 현상과는 다른 모형실험의 모습이며, 물과 모래 사이의 공간으로 인하여 공기의 흐름에 변화를 주어 오차가 발생할 수 있는 부분이다. 이러한 오류를 수정하기 위해 모형실험의 재설계에서는 모래와 물 사이의 공간은 제거하거나 최소화하는 방향으로 구성하였다. 향 연기 상자를 해륙풍 모형실험 상자의 좌, 우에 배치될 경우, 모래와 물 사이의 공간은 완전히 사라졌으며, 물과 모래 사이에 연기 상자가 위치할 경우에는 2cm로 모

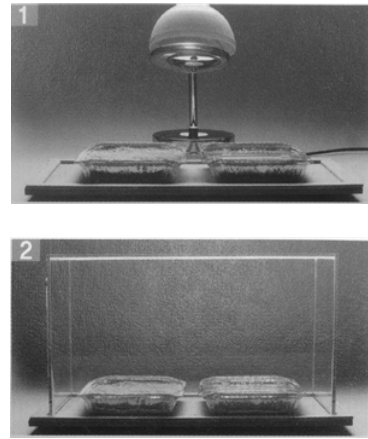


Fig. 4. 2009 revised elementary science curriculum's land and sea breeze model experiment.

래와 물 사이를 최소화하여 이전의 실험에서 발생하는 모래와 물의 공간에 따른 오차를 제거하였다(Fig. 5).

4) 연기

(1) 연기의 온도 및 양

자연현상에서 공기의 이동, 바람은 직접 체험하고 느끼면서 확인할 수 있는 것이지만, 모형실험에서 바람을 직접 느껴볼 수 없기 때문에 눈으로 공기의 이동을 확인할 수 있는 향 연기를 활용하는 것이 현 해륙풍 모형실험의 상황이다. 하지만, 뜨거운 향의 열에 의한 연기의 상승은 학생들이 바람을 이해하는데 오개념을 심어주기 쉽다. 실제로 설문 내용 중, 연기가 모형실험 상자 위쪽으로 많이 모여 있으면서 상자 위에서 수평이동을 하는 모습이 보이는데, 학생들은 이것을 ‘바람’이라고 생각한다고 언급하고 있다. 하지만, 바람은 지표 부근에서 수평으로 이동하는 것으로 학생들의 이러한 생각은 명백한 오개념이다. 또한, 뜨거운 열에 의해 상승하는 향 연기는 바닷가에서 일어나는 공기의 흐름과 해륙풍을 제대로 표현하기 어렵게 만드는 원인 중에 하나이다.

이에, 실험의 재설계 과정에서는 뜨겁지 않은 연기가 실험 재료를 사용하고자 향 연기에 대한 대안으로 드라이아이스와 포그 머신, 향의 열이 식인 후 넣는 방안으로 실험을 진행해 보았다.

드라이아이스 실험 결과, 드라이아이스가 승화



Fig. 5. Remove the space between the sand and water.

되면서 응결된 작은 공기 방울들이 낮은 온도에 의해 가라앉아 연기가 낮게 깔리는 현상을 보였다. 시간이 지나면서 연기가 지속적으로 늘어나 연기를 밀어 올리기는 모습을 보이기는 하였지만, 이 역시 바닷가에서 확인할 수 있는 공기의 흐름은 아니었다(Fig. 6).

다음으로 포그 머신을 활용하고자 하였다. 하지만, 대당 10만원에서 30만원인 고가의 포그 머신은 앞서 해륙풍 모형실험 설계의 두 번째 전제인 ‘학교 현장에서 현실적으로 준비 가능한 재료만을 활용’에 어긋나는 부분이었다. 이렇게 드라이아이스와 포그 머신은 후보군에서 제외되었다.

마지막으로 향의 열을 식힌 후 모형실험 상자에 넣는 방안을 시도하였다. 향에 불을 붙인 후 불이 꺼지면 종이로 덮어 향의 열을 식히는 동시에, 많은 양의 연기를 모아 상자 속에 투입하는 방식으로

진행하였다. 또한, 2009 개정 실험에서 향을 한 개만 넣어 진행하였을 때에는 향의 연기가 너무 적어 향의 움직임을 확인할 수 없었다는 의견을 감안하여 향의 개수를 6~7개로 늘려 실험을 진행하기로 하였다. 이때 향은 모래를 약 1~2 cm 정도 깔아 세웠다(Fig. 7).

(2) 연기의 위치

2009 개정 교육과정 해륙풍 모형실험에서는 ‘향 불의 온도에 영향을 받지 않고 공기가 이동하는 것을 관찰할 수 있다.’라고 안내하고 있지만, 이는 사실과 달랐다. 향을 투명 상자 위쪽에 넣는 순간, 향의 열에 의해 연기가 위로만 올라가 퍼지고, 아래로 내려오는 모습을 확인하기 어려웠다. 시간이 지나 위쪽에 있던 연기가 점점 많아지면서 그 연기들이 아래로 내려오는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 열에 의한 공기의 순환이 아닌 위쪽에 모여 있는 연기들이 쌓이면서 밀려 내려온 결과라고 할 수 있다. 이에, 재설계된 모형상자에서는 연기 위치의 시작점을 아래로 수정하였다.

연기의 흐름을 가장 잘 관찰할 수 있는 향의 위치를 찾기 위하여 해륙풍 모형 상자의 좌측, 가운데, 우측에 배치를 하였다. 좌측과 우측에 배치될 경우, 모래와 물 사이의 공간은 사라졌으며, 물과



Fig. 6. Experiment of using dry ice.



Fig. 7. Cool off the heat of the incense.

모래 사이에 연기 상자가 위치할 경우에는 2 cm로 모래와 물 사이의 공간을 최소화하여 실험을 진행하였다.

물 옆의 우측에 향을 위치하였을 때에는 연기가 물 쪽으로 이동하는 모습과 약간 위로 상승하는 것을 함께 관찰할 수 있었다. 시간이 지나면서 물 쪽으로 이동했던 연기들이 하나의 원을 이루며 공기의 흐름을 보여주지만, 위로 이동했던 연기와 만나 와류 현상이 이루어지는 것을 볼 수 있었다.

다음으로 모래 옆의 좌측에 향을 둘 경우, 연기가 위로 상승하여 상층부의 연기가 모래에서 물 쪽으로 이동한 후 아래로 내려오고, 다시 하층부에서는 모래 쪽으로 연기가 이동하는 모습을 확인할 수 있었다. 또한, 공기의 흐름이 하나의 원을 이루어 순환하는 것도 확인할 수 있었다. 하지만, 처음 연기의 시작점에서 위로 상승하는 이유가 데워진 모래의 공기의 흐름에 의해서인지 향의 열을 모아 식히긴 했지만, 아직 남아 있는 열에 의해 상승하는 것인지 명확하게 결론을 내릴 수 없다는 점이 발견되었다. 하지만 시간이 지나면서 공기의 흐름이 정확하게 한 사이클을 이루면서 순환하는 모습을 확인할 수 있었고, 모형실험 상자의 아래쪽에서 연기가 수평 이동하는 모습도 관찰할 수 있었다(Fig. 8).

마지막으로 향을 모래와 물 사이에 놓았을 경우에는 시작점에 있는 향의 연기가 모래 쪽으로 비스듬하게 이동한 후 상승하고, 이어 상층부에서는 물 쪽으로 이동한 후, 다시 내려와 모래 쪽으로 이동

하는 것을 확인할 수 있었다. 시간이 약 5초 정도 지나면서 시작점에서 비스듬하게 올랐던 연기는 수평으로 모래 쪽으로 이동하면서 지상에서 이루어지는 바람(해풍)의 모습을 보여주었으며, 대류 상자 전체에서 연기가 한 사이클을 이루며 순환하는 모습도 정확하게 나타내었다(Fig. 9).

5) 기타 사항

해류풍 모형실험을 진행하는 본 차시의 수업을 40분 수업으로 진행하기에는 사실 어려움이 많다. 2009 개정 교육과정에서 제시하는 실험 방법대로 모래와 물을 열전구로 10분 동안 가열하고 나면 다음 활동을 진행하기에도 시간이 부족하다. 또한, 제시한 것처럼 10분 동안의 가열만으로는 모래와 물의 온도차가 크게 나지 않는다.

이러한 문제점을 수정하고자 개선된 모형실험에서는 20분 동안 가열하는 것을 제안하였다. 하지만, 이렇게 되면 시간은 더욱 부족해지게 된다.

이에 대한 해결방안으로 5차시(하루 동안의 지면과 수면 온도는 어떻게 변할까요?)와 본 차시를 연차시로 진행하는 것으로 문제를 해결할 수 있다. 현재 5차시 수업은 야외로 나가 하루 동안 모래와 물의 온도 변화를 측정하여 온도가 변화하는 과정을 알아보는 실험으로 이루어져 있는데, 이 실험은 햇빛이 비치는 낮에 모래가 빨리 데워져 온도가 더 높아지고, 밤에는 모래가 빨리 식어 온도가 낮아지



Fig. 8. Appearance of smoke when the incense placed next to the sand.



Fig 9. Appearance of smoke when the incense placed between the sand and water.

는 현상을 알아보는 시간이다. 이 실험을 위하여 아침 9시부터 저녁 6시까지 한 시간 간격으로 야외에서 온도를 측정하는 것은 현실적으로 불가능하다.

그러므로 지금까지 학교 현장에서 많은 경우 이론 위주의 수업으로 흘러갈 가능성 높았던 위의 실험 대신 태양을 열전구로, 지면과 수면을 모래와 물로 설정하고 대류상자 내의 모래와 물이 가열되는 시간동안 1분 간격으로 적외선 온도계를 이용하여 모래와 물의 표면온도를 측정하여 같은 열을 받을 때, 시간에 따른 모래와 물의 온도 차이를 확인하는 실험으로 진행할 수 있다. 이러한 실험을 통해 5차시의 수업 목표인 같은 열을 받을 때 지면이 수면보다 빨리 데워진다는 것을 확인할 수 있으며, 연 차시 수업을 통해 부족한 시간을 확보할 수 있다. 또한 대류상자 실험에서 나타나는 연기 흐름의 근본적인 원인이 동일한 에너지가 표면에 도달하더라도 모래와 물의 특성 차이로 발생한 온도 차이라는 것을 학생들이 직접 측정한 자료를 통해 확인할 수 있다는 장점도 가지고 있다.

최종적으로 언제, 어디에서나 성공적인 실험이 가능한지 알아보기 위하여 실험장소를 학교 교실 2곳, 학교 과학실, 대학교 강의실, 가정집 총 5곳에서 학교 수업이 진행되어지는 시간인 오전 10시와 오후 2시 각각 2차례씩 총 10차례 실험을 반복 실시하였다. 이때 연기 발생 시 아크릴 표면에 생기는 김으로 인한 관찰의 어려움을 해결하기 위하여 실험 하루 전 김 서림 방지제를 미리 뿌리고 표면을 잘 닦아주었다. 반복 실험 결과, 동일한 실험 결과를 얻을 수 있었다.

6) 완성된 해륙풍 모형실험 과정

이러한 개선 사항을 반영하여 성공적인 실험 결과가 나오는 해륙풍 모형실험을 구성해 보았다.

(1) 준비물

해륙풍 모형실험 상자(가로 30 cm, 세로 15 cm, 높이 30 cm의 아크릴 상자, 윗부분은 미닫이로 구성됨. 아랫부분에는 서랍 형태의 그릇 3 개(각각 14 cm×15 cm×5 cm, 2개; 2 cm×15 cm×5 cm, 1개), 뒷부분은 검은색 종이가 붙어 있음), 150 W 열 전구 2 개, 충분히 건조된 모래, 물(모래와 물은 상온에서 열평형 상태에 도달한 상태로 준비), 적외선 온도계, 종이, 향, 성냥.

(2) 실험 과정

1. 실험 상자 아랫부분의 14 cm×15 cm×5 cm 크기의 그릇에 각각 충분히 건조된 모래와 물을 가득 담아 상자 속에 넣는다.
2. 실험 상자 아랫부분의 2 cm×15 cm×5 cm 크기의 그릇을 빼 내어 2 cm 정도 두께로 모래를 깎 후 짧은 향을 6~7 개 세운 후 불을 붙인다.
3. 향을 끈 다음 종이로 그릇을 덮어 향 연기를 충분히 모은다.
4. 실험 상자 윗부분의 미닫이 부분을 열고 2개의 150 W 열 전구를 각각 모래와 물 표면으로부터 약 10 cm 정도 떨어뜨린 후 전구를 켜다.
5. 모래와 물을 20분 가열한다.
6. 가열 중에 1분 간격으로 적외선 온도계를 이용하여 모래와 물의 표면온도를 측정하여 기록한다.
7. 20분이 지나면 열 전구를 빼내고, 실험 상자 윗부분의 미닫이문을 닫고 1분 정도 기다린다.
7. 향 연기를 모아둔 그릇을 실험 상자 안쪽에 넣고 종이를 제거한다.
8. 향 연기의 움직임 관찰한다.

(3) 실험 시 유의 사항

1. 실험 전, 모형실험 상자 내부에는 김 서림 방지제를 하루 전날 뿌린 후, 충분히 건조시킨다.
2. 모래는 학교 주변에서 쉽게 구할 수 있는 운동장 모래사장에 있는 모래를 학교 옥상 등의 햇빛이 잘 비치는 곳에 넓게 펴고, 3일 정도 건조한 후 사용한다.
3. 모래와 물은 실험 전 날 미리 준비하여 상온과 최대한 같도록 한다.
4. 적외선 온도계로 모래와 물의 표면온도를 측정할 때에는 실험 상자 위쪽을 통해 측정하여 온도계와 표면 사이에 아크릴이 놓이지 않도록 주의한다.

IV. 결론 및 제언

2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험은 지금까지의 여러 연구와 자연 현상이 반영된 긍정적인 모형실험이었으나, 실험 결과에서 다소 미흡한 부분이 있었다. 이에 본 연구에서는 2009 개정 교육과정에서 제시된 해륙풍 모형실험의 문

제점과 개선 사항을 살펴보고, 성공적인 실험 결과가 나오는 해륙풍 모형실험을 구성해 보았다.

현직 초등과학 교과전담교사 12명과 과학교육 전문가 4명의 의견을 종합한 결과, 2009 개정 교육과정의 해륙풍 모형실험에는 여러 문제점이 있었으나, 가장 큰 문제는 대류 현상이 일어나지 않아 바람 현상을 관찰할 수 없다는 점이었다.

이러한 여러 문제점들을 개선하는 방법으로 먼저, 열 전구를 모래와 물에 각각 2개씩 배치해 가열하고, 가열 시간을 열평형이 일어나는 20분으로 하여 충분한 가열이 이루어지도록 하였다. 부족한 수업 시간은 5차시 수업의 실험을 본 차시의 실험과 연 차시로 진행하였다. 20분 동안 1분 간격으로 모래와 물의 온도를 적외선 온도계로 측정하면서 지면과 수면의 온도 변화를 살펴보았다. 이러한 방법으로 수업을 진행하면서 수업 시간을 확보할 수 있었다. 또한, 부족한 모래와 물의 양은 해륙풍 모형 실험 상자 설계 시 모래와 물을 담은 그릇을 더 크게 하여 모래와 물의 양을 기존보다 2 배 더 늘렸으며, 모래와 물 사이의 공간은 향을 놓는 위치에 따라 빈 공간이 없거나 2 cm로 최소화 하였다. 부족한 연기의 양은 향을 꽂는 그릇에 약간의 모래를 깔아 자연의 모습과 최대한 같게 해준 후, 6~7개의 향을 꽂아 불을 붙이고, 그릇 위에 종이를 덮어 연기가 충분히 모일 수 있도록 하였다. 이렇게 연기를 모을 경우, 시간이 지남에 따라 연기의 온도도 낮출 수 있어 연기의 열로 인한 상승효과를 차단할 수 있었고, 2009 개정 교육과정의 실험처럼 향 연기를 위에 넣어 아래로 내려오지 않는 현상도 미연에 방지할 수 있었다. 유리로 실험상자가 제작될 경우 안전에 위험이 있으므로 아크릴로 제작하였으며, 모든 면이 투명해 연기의 움직임이 보이지 않는 문제점은 한쪽 면에 검은 종이나 배경을 놓아 연기를 관찰할 수 있도록 하였다. 마지막으로 서리가 끼어 관찰하기 어려운 문제점은 실험 전 상자에 김서림 방지제를 뿌리도록 하였다. 실험 결과, 해륙풍 모형실험상자 전체에서 연기가 한 사이클을 이루며 순환하는 모습을 확인할 수 있었고, 모형실험상자 아래쪽에서 연기가 수평 이동하는 모습을 관찰할 수 있었다.

지구과학에서 실험은 자연현상을 이해하는 데 매우 중요한 역할을 하는 학습과정이다. 이러한 모형실험 결과에 오류가 있어 실패를 할 경우, 교사

들은 교육과정 및 교과서에 대한 불신이 생길 것이고, 학생들에게는 오개념을 심어주거나, 자연현상에 대한 혼란을 불러일으킬 수 있다. 현재 과학 교육과정과 교과서에 있는 여러 과학 실험들은 전문가들의 많은 고려를 통해 구성되고 있지만, 실제 학교 현장에서 주어진 실험 도구와 재료만을 가지고 실험에 항상 성공할 수 있고, 올바른 학습이 이루어지도록 수요자 측면을 고려하여 세심하게 실험을 구성하는 것이 필요할 것으로 여겨진다. 또한, 본 연구에서는 그 동안 실패가 많았던 해륙풍 모형 실험이 올바르게 성공할 수 있도록 자연 현상을 기초로 하여 모형상자의 재구성, 열 전구의 개수, 향의 위치 및 개수, 모래와 물의 양과 사이의 거리 등의 실험 개선으로 해륙풍을 확인할 수 있는 모형실험을 완성하였다. 이 모형실험을 통해 대류상자 전체에서 연기가 한 사이클을 이루며 순환하는 모습을 학생들이 확인하면서 그동안 이해하기 어려웠던 해륙풍 발생 원리에 대하여 보다 쉽게 이해할 수 있고, 상자 아래쪽에서 연기가 수평 이동하는 모습을 보면서 바닷가에서 부는 바람에 대해서도 오개념 없이 정확한 개념을 학습할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 교육과학기술부 (2007). 초등과학 과학 교육과정 해설서. 교육과학기술부. 서울, 229p.
- 교육과학기술부 (2012a). 과학 6-2. (주) 금성출판사.
- 교육과학기술부 (2012b). 초등학교 교사용 지도서 과학 6-2. (주) 금성출판사.
- 교육부 (2015a). 과학 5-2. (주) 미래엔.
- 교육부 (2015b). 초등학교 교사용 지도서 과학 5-2. (주) 미래엔.
- 교육부 (2015c). 초등학교 과학과 교육과정. 교육부. 서울, 275p.
- 교육인적자원부 (2002a). 과학 5-1. 대한교과서 주식회사.
- 교육인적자원부 (2002b). 초등학교 교사용 지도서 과학 5-1. 대한교과서 주식회사.
- 도영록 (2015). 초등학교 과학과 날씨 단원의 바람 요소에 관한 초등학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 교육학석사학위 논문.
- 부덕현, 홍승호 (2008). ‘바람’의 개념에 대한 초등학생들의 인식도와 오개념 유형 분석. 교과교육학연구, 12(1), 67-82.
- 양미선, 윤성효 (2010). 해륙풍 원리 이해를 위한 대류상

- 자 재설계와 활용에 관한 연구. 한국지구과학회지, 31(3), 246-258.
- 양일호, 조현준, 정진우, 허명, 김영신 (2006). 학교과학 교육에서 실험 활동의 목적 : 전문가 커뮤니티를 통한 델파이 연구. 한국과학교육학회지, 26(2), 177-190.
- 오준영, 김상수, 조운행 (2009). 바람이 부는 이유에 대한 과학 영재들의 대안개념 특성. 과학영재교육, 1(1), 65-78.
- 이규호 (2015). 초등학교 교과서 속 해륙풍에 기반한 바람이 부는 이유에 대한 개념적 고찰. 초등과학교육, 34(4), 486-501.
- 이성환 (2006). 초등학교 과학 수업에서 공기의 움직임을 효과적으로 지도할 수 있는 대류상자 실험의 개선 방안. 서울교육대학교 교육대학원 교육학석사학위논문.
- 임성만 (2015). 우리나라 역대 초등학교 교과서에서 다루어진 '지구과학' 영역의 중심개념과 탐구활동 분석 및 차기 교과서 개선 방안 모색. 초등과학교육, 34(3), 288-296.
- 조현희, 김광명 (2001). 대기 현상에 대한 초등학생의 선 개념 및 오개념 분석. 과학교육연구, 24, 1-23.
- 채동현, 정성안 (2008). 초등교사들이 생각하는 '바람이 부는 이유'에 대한 질적 연구. 교과교육학연구, 12(2), 457-469.
- 최미경 (2012). 바람이 부는 까닭을 효과적으로 지도하기 위한 방법 연구. 서울교육대학교 교육대학원 교육학석사학위논문.
- 최성희, 권치순 (2006). 교육과정 변천에 따른 초등학교 과학과 대기와 날씨에 관한 내용 분석. 초등과학교육, 25(1) 15-26.
- 현동걸, 강원미, 임성만, 채동현 (2014). 해륙풍에 대한 초등학생의 이해 및 추리과정 조사. 과학교육연구지, 38(1), 160-167.
- 민경덕 역 (2001). 대기환경과학; Ahrens, C. D. Essential of meteorology. 3rd ed. 시그마프레스. 서울, 대한민국, 353p.
- 한국기상학회 (1999). 대기과학개론. 시그마프레스. 서울, 대한민국, 405p.
- Johnstone, A. H. & Al-Schuailli, A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literature. *University of Chemistry Education*, 5, 42-51.
- Cussler, E. L.(2008). Diffusion: Mass transfer in fluid systems. Cambridge University Press, NY, USA, 656.