

ORIGINAL ARTICLE

대류상자 밖의 향 연기 이동을 비계로 활용한 대류상자 실험이 초등학생들의 해륙풍의 원리 이해에 미치는 효과

강원미¹ · 신애경¹ · 현동걸² · 채동현³
(¹제주대학교 초등교육연구소 · ²제주대학교 · ³전주교육대학교)

Effect of Elementary Students' Understandings about Principle of Land and Sea Breeze Using Incense Smoke on the outside of Convection Current Box as a Scaffold in Convection Current Box Experiment

Wonmi Kang¹ · Aekyung Shin¹ · Donggeul Hyun² · Donghyun Chae³
(¹Elementary Education Research Institute, Jeju National University · ²Jeju National University · ³Jeonju National University of Education)

ABSTRACT

The purposes of this study were to analyze the effect of a scaffold to help in understanding the principle of land and sea breeze through the convection current box experiment and to analyze the students' inference abilities and analogy abilities. For this purpose, the 60 elementary students who had not learned the principle of land and sea breeze were surveyed and analyzed. When using the scaffold to compare the movement of the incense smoke in the convection current box with that of the incense smoke on the outside of the convection current box, the rate of the students who correctly understood the principle of the land and sea breeze between the sea and the land was very low. The result shows that the scaffold used in this study do not help sufficiently in understanding the principle of the land and sea breeze through analogy and it is necessary to introduce a new scaffold for the elementary students to understand it.

Key words : land and sea breeze, scaffold, inference, analogy, convection current box experiment

1. 연구 배경 및 목적

초등학교 교육과정의 지구과학 분야의 대기와 날씨 관련 내용들은 교수 요목기에서부터 현행 교육 과정에 이르기까지 계속적으로 포함되어 왔다. 이는

대기와 날씨에 대한 내용이 초등학교 교육에서 매우 중요한 교육적 가치를 지녔음을 의미한다(Choi & Kwon, 2006). 바람에 관련된 내용으로 ‘바람이 부는 까닭’의 학습 주제는 제1차 교육과정에서부터 다루어져 왔다. 특히 제2차 교육과정에서부터 현행 교

Received 14 December, 2015; Revised 23 December, 2015; Accepted 28 December, 2015

*Corresponding author : Shin Aekyung, Elementary Education Research Institute, Jeju Nat'l University, 61 Iljudong-ro, Jeju-si, Jeju Special Self-Governing Province, 63294, Korea

Phone: +82-64-754-4844

E-mail: akshin@jejunu.ac.kr

© The Korean Society of Earth Sciences Education . All rights reserved.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

육과정에 이르기까지 대류상자 안에서 공기의 흐름을 유도하고, 이를 바탕으로 바람이 부는 까닭을 이해하게 하여 왔다. 그러나 교육현장에서 초등학교 교사들은 대류상자 실험을 통하여 ‘바람이 부는 까닭’을 가르치는데 있어서 많은 어려움을 호소하고 있다(Chae & Jung, 2008; Choi, 2012; Park & Kim, 1996; Yang & Yun, 2010). 그 원인으로는 실험 목적에 대한 이해 부족, 교과서에 제시된 실험의 어려움, 실험 결과의 부정확성, 학생들의 유추 능력 부족 등이 있다(Chae & Jung, 2008; Yang & Yun, 2010). 이러한 어려움을 해소하기 위한 방법으로 대류상자 개선에 관련된 여러 연구들이 있어 왔다(Chae & Jung, 2008; Chae et al., 1999; Choi, 2012; Lee, 2006; Yang & Yun, 2010). 그러나 보다 바람직한 것은 과학이 본질상 형식적 조작 수준의 지적 능력을 요구하는 학문이기 때문에 형식적 조작 수준의 사고 능력을 지니지 못한 학생들이 과학적 개념을 보다 쉽게 이해하고, 과학적 사고력을 신장시킬 수 있도록 실험 과정이나 절차를 개선하는 등의 적극적이고 능동적인 전략이 필요하다.

바다와 육지 사이에서 온도차로 인하여 야기되는 기압차에 의한 공기의 수평 이동을 ‘해륙풍’이라 한다. 초등학교 교육과정의 지구과학 분야의 대기와 날씨 관련 단원에서는 해륙풍의 원리를 통해 ‘바람이 부는 까닭’을 이해하게 한다. 또한 학생들은 대류상자 실험을 통해 바다와 육지 사이에서 발생하는 공기의 수평 이동인 해륙풍의 원리를 이해하여야 한다. 그러나 실제 대류상자 실험에서는 향 연기가 뜨거운 모래 쪽으로 수평으로 이동하는 모습이 아닌 뜨거운 모래 위쪽으로 휘어지며 올라가는 모습을 관찰하게 된다. 대류상자 실험의 관찰 결과로부터 해륙풍의 원리, 즉 바람이 부는 까닭을 이해하기 위해서는 우선적으로 대류상자 안에서 향 연기가 뜨거운 모래 쪽으로 휘어지며 올라가는 원인과 대류상자 안에서 공기의 이동을 올바르게 추리해야 한다. 그리고 대류상자 안의 상황과 추리된 대류상자 안에서 공기의 이동을 유추물로 하여 학습 목표인 해륙풍의 원리를 유추하는 과정이 필요하다.

대류상자 실험에서 학생들의 추리 과정과 유추 과정을 조사한 Hyun et al.(2014)의 연구를 살펴보면, 2007 개정 과학과 6학년 2학기 ‘날씨의 변화’ 단원에서 대류상자를 통해 해륙풍의 원리를 학습한 학생들 중 29.3%만이 해륙풍이 부는 방향을 올바르게

응답하였다. 그러나 해륙풍이 부는 방향에 대해 올바르게 응답한 29.3%의 학생들도 대류상자 실험에서 추리와 유추 과정을 통해 해륙풍이 부는 방향을 이해하는 것이 아니라 교사의 정리활동 설명이나 문제지 복습 및 학원 수업 등을 통해 학습한 것이라고 대답하였다. 대류상자 실험을 통해 해륙풍의 원리를 학습하지 않은 5학년 학생들을 대상으로 같은 조사를 실시한 결과, 12.5%만이 대류상자 실험 설문을 통해 해륙풍이 부는 방향에 대해 올바른 응답을 하였다. 이 결과들은 추상적 과학 개념을 학습하기 위한 추리나 유추과정은 구체적 조작기에 머물러 있는 우리나라 초등학생들의 학습에 어려움을 주고 있다는 것을 확인하게 하며, 이에 대한 적절한 대안을 마련할 필요가 있다는 것을 시사한다(Hyun, 1998).

비계(scaffold)는 학습자가 새로운 능력을 발달시키고 구축하도록 도와주는 매개체를 뜻한다. 비계는 언어적인 것, 물질적인 것, 시각적인 것, 신체적인 것, 놀이적인 것 등으로 다양하게 구성할 수 있다. 이러한 비계는 학습자가 매개체가 지닌 의미를 사고 속으로 통합시켜 내면화하는 정신적인 도구로서 학습자가 독립적으로 과제를 수행할 수 있도록 한다. 또한 학습자가 비계를 내면화할수록 실제 과제 수행능력을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라(Ryu, 2006), 과학적인 사고력과 창의적인 사고력을 향상시키기 위한 정신적인 도구로서 비계가 활용되고 있다(Lee, 2007).

학습자들이 능력 이상의 수준의 학습 과제를 수행할 수 있도록 하기 위해서는 비계설정이 필요하다. 효율적인 교수-학습을 위한 교수 전략으로서 비계설정(scaffolding)은 Vygotsky의 사회문화적 이론과 그의 근접발달 영역(ZPD: zone of proximal development)에 그 근원을 둔다. 근접발달 영역이란 학습자가 독립적으로 과제를 해결하는 실제적 발달수준(level of independent performance)과 타인의 도움을 받아야 과제를 해결할 수 있는 잠재적 발달수준(level of assisted performance) 사이의 거리라고 정의하고 있다. 이것은 실제적 발달수준과 잠재적 발달수준에서의 교육활동이 이루어지는 것은 효과적이지 않고, 근접발달영역 내에서 이루어져야 효과적이라는 것이다(Raymond, 2000).

비계설정은 학습자가 근접발달 영역에 이르게 하고 여러 상호작용을 통하여 효과적으로 학습 과제

를 수행하는 데 중요한 역할을 한다(Wood et al., 1976). 비계설정은 학습자의 지적 수준이나 사고력 수준보다 높고 의미 있는 학습 환경을 조성할 수 있는 범주에서 이루어지도록 학습자의 지적 수준과 사고력 수준에 대한 세심한 진단과 그에 따른 처방이 필요하다(Stone, 1998). 비계설정에 대한 연구는 다양한 분야에서 이루어지고 있다(Lee et al., 2006). Schetz & Stremmel(1994)는 학습 과제를 효과적으로 수행하기 위하여 비계설정의 범주를 학습자의 흥미에 대해 주목하여 학습 과제가 요구하는 초점에 학습자를 몰입시킬 수 있는 흥미 유발(recruitment), 학습자가 문제 해결에 도달하도록 하기 위해 다른 불필요한 행동을 줄이도록 안내하고 과제를 단순화시킬 수 있는 자유도 감소(reduction in degrees of freedom), 학습자가 목표를 추구할 수 있도록 지지하는 학습목표 유지(maintenance of learning direction), 학습자가 한 것과 올바른 것 간의 불일치를 표시해주는 과제의 중요 특성을 표시하기(marking critical features), 문제해결 과정에서 과제가 주는 좌절을 줄여 주는 것으로 학습자가 계속해서 문제를 해결하도록 힌트 또는 도움을 주는 좌절 통제(frustration control), 과제 해결에 대한 모델이 되거나 시범을 보이는 시범(demonstration) 등으로 구분하여 소개하였다.

Kang et al.(2014)은 구체적 조작기에 있는 학생들이 대류상자 실험을 통하여 관찰한 결과를 바탕으로 추리하고 유추하는 과정을 도와줄 수 있는 사고의 비계(scaffold of thinking)를 설정하여 실제 상황에서 해륙풍의 원리를 이해할 수 있도록 하는 것이 중요하다 하였다. 이들은 학생들이 해륙풍이 생기는 원리를 보다 쉽게 이해할 수 있도록 사고의 비계로서, 1차적으로는 대류상자 밖에서 불을 피운 향의 향 연기가 위로 올라가는 모습을 관찰하게 하는 과정을 거치고 난 후 얼음과 가열한 모래 사이에 향을 피워 향 연기의 이동을 관찰하게 하는 것과, 2차적으로는 대류상자 안에서 불을 피운 향의 향 연기가 위로 올라가는 모습을 관찰하게 하는 과정을 거치고 난 후 얼음과 가열한 모래 사이에 향을 피워 향 연기의 이동을 관찰하게 하는 것을 제안하였다.

이 연구는 Kang et al.(2014)이 1차적으로 제안한 비계, 즉 대류상자 밖에서 불을 피운 향의 향 연기가 위로 올라가는 모습을 관찰하게 하는 과정을 거치고 난 후 얼음과 가열한 모래 사이에 향을 피워 향 연기의 이동을 관찰하게 하고, 설문지를 통해 이러한 비

계설정이 학생들이 해륙풍의 원리를 이해하는 데에 미치는 영향을 분석하는 데에 그 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 설문지 개발

Kang et al.(2014)은 대류상자 실험을 통해 해륙풍의 원리를 이해하는데 도움을 될 수 있는 여러 비계 상황이 포함된 대류상자 실험 과정들을 제안하였다. 이 연구에서는 제안된 실험 과정의 비계설정이 학생들이 추리하고 유추하는 과정과 해륙풍의 원리를 이해하는 데에 미치는 효과를 분석하기 위한 설문지를 개발하였다. Fig. 1은 Kang et al.(2014)이 제안한 비계를 포함하는 실험과정 중의 하나로 향을 대류상자 밖에서 피웠을 때 향 연기의 모습을 보여주는 비계 상황(a)과 교과서에 제시된 대류상자 실험 상황(b)을 보여준다. 그리고 Fig. 2는 한 여름의 낮인 8월 10일 오후 2시의 육지와 바다의 모습인 실제 상황을 그림으로 보여준다.

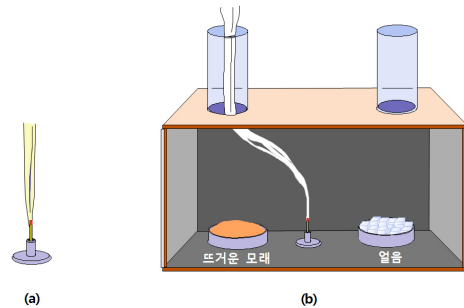


Fig. 1. The presentation of the experiment situation and the scaffold.

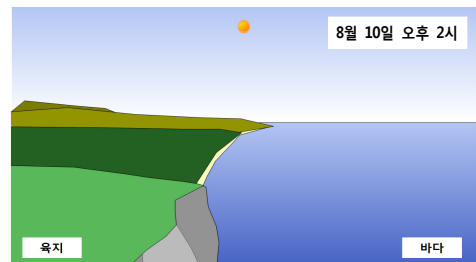


Fig. 2. The elementary student's understanding of the directions of winds in the real situation.

설문지는 실제 자연현상의 이해와 관련된 문항으로 총 7문항으로 구성되어 있다. 각 문항의 내용은 Table 1의 질문 내용과 같다. 설문 문항은 모두 주관식으로 제작하여 학생들의 사고과정을 파악할 수 있도록 하였다. 설문지는 과학교육 전문가 3인을 통해 내용의 타당도를 검증하였고, J시 소재 초등학교 5학년 학생을 대상으로 예비검사를 거쳐 5학년 학생들에게 투입 가능한지 확인하고 내용 수정을 거친 후 완성하였다.

2. 연구 대상

대류상자 밖에서 향을 피웠을 때 향 연기의 움직임을 보여주는 비계가 대류상자 실험에서 공기의 이동을 유추하는데 도움이 되는지 알아보기 위하여 J시 소재 5학년 학생 2개 학급 60명을 대상으로 5학년 1학기에 설문조사를 실시하였다. 설문 조사 시기를 5학년 1학기로 정한 이유는 5학년 2학기에 대류상자 실험을 통해 해류풍의 원리를 이해하도록 교과서에 제시되어 있기 때문이다. 설문 시기를 1학기로 정함으로써 대류상자 실험을 통해 해류풍의 원리를 이해하고 있는 학습 효과를 배제하였다.

3. 자료 분석 방법

학생들이 설문지에 응답한 내용을 분석하고, 이를 수준별로 나누어 연구자가 1차 분석틀을 제작하였다. 과학교육전문가 2인, 박사과정 1인, 석사과정 2인과 5차에 걸친 세미나를 통해 분석틀을 수정·보완하여 Table 1의 분석틀을 완성하였다.

과학 교과서에 제시된 개념을 ‘과학적 개념(Scientific concept)’으로 두고, 설명이 부분적으로 옳은 경우 ‘부분 개념(Partial concept)’, 과학적으로 설명하지 못한 경우나 학생들의 경험적 서술인 경우 ‘오개념(Misconception)’으로 분류하였다. 부분 개념이나 오개념도 응답 내용에 따라 수준을 나누어 숫자로 표시하였다. 숫자가 낮은 것일수록 좀 더 낮은 수준의 개념을 나타낸다.

예를 들어 지표면과 수면이 다르게 데워지는 이유를 설명하는 5번 문항에서는 ‘지면과 수면이 데워지는 정도가 다르다.’를 과학적 개념(S)으로 두었다. 이는 비열에 대한 개념을 알고 있는지 묻고 있는 질문으로 2009 개정 교육과정 5학년 과학 교과서에서 이와 같이 서술하고 있기 때문이다. 이에 대한 부분

개념(P)으로 ‘육지는 바다보다 열을 더 잘 받는다.’와 ‘바다가 뜨거워지려면 많은 시간이 필요하다.’를 두었는데 이는 과학적 개념보다는 설명이 부족하지만 과학적으로 자연 현상을 이해하였다고 판단하였다.

또한 ‘육지는 바다보다 열을 더 잘 받는다.’라는 표현이 열용량의 개념을 포함하고 있어 ‘바다가 뜨거워지려면 많은 시간이 필요하다.’라는 설명보다 상위 수준이라고 판단하여 P2에 두었다. 이 질문에 대한 오개념(M)으로는 ‘오전에는 주변의 온도가 낮고 오후에는 주변의 온도가 높다.’ ‘태양이 움직이기 때문이다’ 등이 있다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 설문 문항별 응답 분석

1번 문항은 Fig. 1의 (a)에서 보여주는 것과 같이 대류 상자 밖에서 향 연기를 피웠을 때 연기가 위로 올라가는 현상을 관찰하게 하는 비계를 그림으로 제시하고 향 연기가 위로 올라가는 이유에 대해 묻는 문제이다. 이 질문에서 제시한 대류상자 밖에서의 향 연기의 움직임은 대류상자 실험에서 향 연기의 움직임을 이해하기 위한 비계이다. 이는 바람이 부는 까닭을 설명하는 첫 번째 단계로서 온도차에 따른 공기의 밀도 차이가 생기는 이유를 설명하기 위한 것이다.

이론적으로 공기가 뜨겁다는 것은 온도가 높다는 것이며, 이것을 공기를 구성하는 입자들의 평균 운동에너지가 커서 활발하게 운동함으로써 그 운동하는 공간적 범위가 넓어짐을 의미한다. 이러한 현상은 거시적으로는 공기의 부피가 팽창함에 의미한다. 또한 공기의 부피가 팽창함에 의하여 그 밀도가 작아지며 압력이 낮아지는 현상으로 나타난다. 주변보다 뜨거워진 공기가 위로 올라가는 이유는 상대적으로 낮은 온도인 주변의 공기와의 압력차에 의한 힘이 뜨거워진 공기에 작용하기 때문에 비교적 압력이 작은 위쪽으로 이동하기 때문이다.

하지만 2009 개정 교육과정 5-2학기 과학 교과서에서는 ‘따뜻한 공기는 가벼워져서 위로 올라간다.’고 서술하고 있다. 따라서 교과서에 기술된 개념을 과학적 개념으로 정하고 설문을 Table 2에서와 같이 분석하였다. 과학적 개념에 대한 부분 개념으로는

Table 1. The framework for the analysis

No.	Question	Response
1	Why does the incense smoke go up?	S • The warm air goes up because it is light.
		P • The warm air goes up.
		M2 • The air goes up. • The incense smoke goes up.
		M1 • The warm air moves to the warm place. • The air around the incense smoke strengthens the press on it.
2	Why does the incense smoke go up diagonally over warm sand?	S • The air moving from the hot sand to the cold ice is formed. • The air moves from the cold place to the warm place.
		P • The smoke moves to the warm air.
		M2 • The cold air comes down and the warm air goes up.
		M1 • The gas is affected by the hot sand.
3	Draw the directions that the air moves in the convection box situation as arrows.	S • [Sand] ← [Ice] (the horizontal movement of the air)
		P • [Sand] ↑ → ↓ [Ice] (the convection of the air in the convection current box)
		M3 • [Sand] ↑ ↓ [Ice] (the going up over the hot sand and coming down over the cold ice of the airs) • [Sand] ↑ (the only going up over the hot sand of the air)
		M2 • [Sand] ↘ [Ice] (the going up diagonally of the air like the air movement in the convection box experiment)
		M1 • No particular direction or wrong directions of the air movement
4	Explain the reason why you drew the direction of air movement as you did in the convection box situation.	S • The air moves from the cold place to the warm place.
		P • The air or vapor moves to the warm place.
		M3 • The cold air comes down and the warm air goes up.
		M2 • The air goes up.
5	Explain the reason why the surface temperatures of land and sea are different.	M1 • The air is affected by the hot sand but is not affected by the cold ice. • The warm air can not go to the place where the cold ice is.
		S • The degrees of the surfaces of land and sea being warmed are different.
		P2 • The land is heated more by the sun than the sea.
		P1 • The sea getting warm takes a longer time than the land.
6	Draw the directions of the wind moving between the sea and the land in the real situation as arrows.	M • The ambient temperature is low in the morning and it is high in the afternoon. • The sun moves.
		S • [Land]←[Sea] (the horizontal movement of the wind)
		P • [Land] ↑ → ↓ [Sea] (drawing the directions of the winds and the airs as the convection of the air in the convection box)
		M3 • [Land] ↑ ↓ [Sea] (the going up over the land and coming down over the sea of the winds or the airs) • [Land] ↑ (the only going up over the land of the air)
		M2 • [Land] ↘ [Sea] (the going up diagonally of the air like the air movement in the convection box experiment)
M1 • No particular direction or wrong directions of the wind or the air movement		
7	Explain the reason why you drew the direction of wind movement as you did in the real situation.	S • The wind moves from the cold place to the warm place horizontally.
		P • The wind moves to the warm place. • The wind moves from the sea to the land because the sea is cold.
		M3 • The cold air comes down and the warm air goes up.
		M2 • The wind blows from the sea to the land.
M1 • The wave comes from the sea to the land. • The wave occurs because of the wind.		

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

Table 2. The results of the analysis of the responses to the question 1

No.	Question	Response	Frequency (%)
1	Why does the incense smoke go up?	S • The warm air goes up because it is light.	1(1.7)
		P • The warm air goes up.	28(46.7)
		M2 • The air goes up. • The incense smoke goes up.	8(13.3)
			7(11.7)
		M1 • The warm air moves to the warm place. • The air around the incense smoke strengthens the press on it.	15(25.0)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

‘따뜻한 공기는 위로 올라간다.’로 정하였는데 이는 올라가는 이유에 대해 서술하지 않았기 때문이다. 이밖에 공기는 가볍기 때문에 위로 올라간다고 답한 경우와 향 연기를 공기와 동일시하는 경우를 오개념으로 분류하고 M2 수준으로 하였다. 이밖에 과학적 서술이 아닌 경험적 서술인 경우 최하위 수준에 두었다.

설문 분석 결과 1명(1.7%)의 학생이 과학적 개념을 가지고 있었고, 28명(46.7%)이 부분 개념, 30명(50.0%)의 학생이 오개념을 가지고 있었다. 28명(46.7%)의 학생이 뜨거운 공기는 위로 올라간다는 P 유형으로 응답하였는데, 이는 전 학년에서 대류에 대한 개념을 학습하여 대류 현상에 대해서는 기억하고 있으나 그 원인에 대해서는 이해하지 못하기 때문인 것으로 보인다.

2번 문항은 Fig. 1의 (b)와 같이 대류상자 안에서 향 연기가 뜨거운 모래 위쪽으로 휘어지며 올라가는 모습, 즉 대류상자 실험에서 관찰할 수 있는 향 연기의 이동 모습을 보고 그 이유에 대해 답하는 것이다. 이는 온도차가 발생하지 않았을 때, 즉 대류상자 밖에서 바로 위로 올라가던 향 연기가 왜 뜨거운 모래와 차가운 얼음이 놓인 대류상자 안에서 뜨거운 모래 위쪽으로 휘어지며 올라가는지를 설명하는 문제이다. 이를 위해 비계로 설정된 대류상자 밖의 향 연기의 모습을 관찰한 경험을 기억하고, 차가운 얼음 쪽에서 뜨거운 모래 쪽으로 수평 이동하는 보이지 않는 공기의 움직임을 추리해야 한다.

문제 상황을 이론적으로 이해하기 위해서는 압력 벡터의 합성 개념이 필요한데, 이는 구체적 조작기에 있는 초등학교 5학년 학생들에게는 다소 어렵게 느껴질 수 있다. 뜨거운 모래와 차가운 얼음 사이의 온도차에 의해 생긴 공기의 밀도차로 인하여 차가운 얼음 쪽에 있는 공기의 압력이 높아지고, 뜨거운 모래 쪽에 있는 공기의 압력이 낮아진다. 이러한 압력차에 의하여 얼음 쪽에 있는 압력이 큰 공기가 모

래 쪽에 있는 압력이 작은 공기를 압력차에 상응하는 힘으로 밀며 이동하면서 공기의 수평 이동을 발생하게 한다. 대류상자 안에서 향 연기가 뜨거운 모래 위쪽으로 휘어지며 올라가는 현상은 수평 이동하는 공기의 압력과 향 불꽃 부근에서 향 불꽃에 의하여 뜨거워져 바로 위로 올라가는 공기의 압력과 벡터적인 압력의 합으로 설명할 수 있다. 일상적으로 굴뚝에서 나오는 연기의 모양이나 깃발의 모양을 보고 바람이 부는 방향이나 세기를 짐작하는 경우와 같이 대류상자 실험에서 향 연기는 단지 공기의 이동이 있다는 것을 짐작하게 하는 증거일 뿐이다.

Table 3을 살펴보면, 대류상자 실험에서 관찰할 수 있는 향 연기의 이동 모습을 보고 그 이유를 정확히 설명하는 학생은 한 명도 없었고 모두 부분 개념이나 오개념 유형으로 응답하였다. ‘연기는 따뜻한 쪽으로 움직인다.’는 부분 개념으로 서술한 학생이 16명(26.7%), 30명(50%)의 학생이 향 연기가 휘어지며 올라가는 까닭을 비과학적이거나 경험적인 이유로 서술하였으며 차가운 공기는 아래로, 뜨거운 공기는 위로 올라간다는 대류의 개념으로 설명하는 학생도 11명(18.3%)이었다. 이러한 결과는 학생들에게 대류상자 안에서 공기의 이동을 올바르게 추리하게 도와주기 위하여 설정한 비계인 대류상자 밖의 향 연기의 모습이 큰 효과가 없었다는 것을 의미한다.

3번 문항은 대류 상자 사이에 향 연기를 휘어지며 올라가게 하는 실제 공기 이동의 방향을 Fig. 1(b)의 그림 위에 화살표로 표시하게 하는 문제이다. 이 문제에 올바르게 응답하기 위해서는 2번 문항에서 향 연기가 휘어지며 올라가는 이유를 추리하여 공기의 수평 이동을 인식하여야 한다. 이때 향 연기의 이동에서 바로 위로 올라가는 대류의 효과를 제거하는 분석적인 사고가 필요하다.

이에 대한 결과인 Table 4를 살펴보면, 6명(10.0%)

Table 3. The results of the analysis of the responses to the question 2

No.	Question	Response	Frequency (%)
2	Why does the incense smoke go up diagonally over warm sand?	S • The air moving from the hot sand to the cold ice is formed. • The air moves from the cold place to the warm place.	0(0.0)
		P • The smoke moves to the warm air.	16(26.7)
		M2 • The cold air comes down and the warm air goes up.	11(18.3)
		M1 • The gas is affected by the hot sand.	30(50.0)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

Table 4. The results of the analysis of the responses to the question 3

No.	Question	Response	Frequency (%)
3	Draw the directions that the air moves in the convection box situation as arrows.	S • [Sand]←[Ice] (the horizontal movement of the air)	6(10.0)
		P • [Sand] ↑ ↘ ↓ [Ice] (the convection of the air in the convection current box)	4(6.7)
		M3 • [Sand] ↑ ↓ [Ice] (the going up over the hot sand and coming down over the cold ice of the airs) • [Sand] ↑ (the only going up over the hot sand of the air)	4(6.7)
		M2 • [Sand] ↖ [Ice] (the going up diagonally of the air like the air movement in the convection current box experiment)	16(26.7)
		M1 • No particular direction or wrong directions of the air movement	27(45.0)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

의 학생이 공기의 수평 이동을 정확하게 표시하였고, 4명(6.7%)의 학생이 대류의 개념으로 공기의 흐름을 설명하였다. 나머지 47명(78.4%)의 학생이 대류상자 안에서의 향 연기의 이동 모습 그대로를 바람의 방향이라고 표시하거나 일정한 방향 없이, 또는 틀린 방향으로 표시하였다. 다양한 형태의 공기의 흐름으로 표시한 이유는 바람이 일정한 방향으로 움직인다고보다는 일정한 방향 없이 자유롭게 돌아다닌다는 일상적인 경험을 바탕으로 한 생각에서 비롯된 것으로 보인다.

또한 그 이유를 설명해보는 Table 5의 4번 문항에서는 ‘차가운 쪽에서 따뜻한 쪽으로 공기가 이동하기 때문이다.’라고 올바르게 응답한 학생이 한 명도 없었으며 ‘공기나 수증기는 따뜻한 쪽으로 움직이기 때문이다.’라는 부분개념을 가진 학생이 8명(13.3%)이었다. 뜨거운 모래와 차가운 얼음 사이에 생긴 공기의 흐름을 대류의 개념으로 이해하고 있는 학생이 20명(33.3%)이나 되었는데, 이는 Chae & Jung(2008)의 연구에서 초등 교사들이 바람이 부는 이유를 대류현상으로 설명한다는 연구 결과와도 유사하다. 이밖에 29명(48.3%)의 학생들이 다양한 오

개념을 가지고 있었다.

5번 문항은 여름 한 낮에 바다와 육지 사이에 온도차가 생기는 이유에 대해 설명하는 문체이다. 이는 아직 물과 모래가 데워지는 속도에 차이가 있다는 것을 배우지 않은 학생들에게 사전 지식이 있는지를 묻는 문제로 그 결과는 Table 6와 같다.

‘지면과 수면이 데워지는 정도가 다르다.’라는 과학적 개념을 가지고 있는 학생이 3명(5.0%), ‘육지는 바다보다 열을 더 잘 받는다.’와 ‘바다가 뜨거워지려면 많은 시간이 필요하다.’라는 부분개념을 가지고 있는 학생이 6명(10.0%), 그 밖에 오개념을 가진 학생들이 44명(73.3%)이었다. 이와 같이 많은 학생이 육지와 바다의 온도차가 생기는 이유에 대해 알고 있지 못하였다.

Do (2015)의 연구를 살펴보면 비열에 대한 개념은 중학교 교육과정에서 다루고 있어 초등학교 수준에서는 지도하지 않는데, 이는 학생들에게 추후 또 다른 대안 개념을 발생시키는 원인이 될 수 있고 지면과 수면이 아닌 곳에서의 바람의 생성을 설명하는데 어려움을 주는 원인이 될 수 있다고 하였다. 따라서 굳이 비열에 대한 개념을 도입하지 않더라

Table 5. The results of the analysis of the responses to the question 4

No.	Question	Response	Frequency (%)
4	Explain the reason why you drew the direction of air movement as you did in the convection box situation.	S • The air moves from the cold place to the warm place.	0(0.0)
		P • The air or vapor moves to the warm place.	8(13.3)
		M3 • The cold air comes down and the warm air goes up.	20(33.3)
		M2 • The air goes up.	3(5.0)
		M1 • The air is affected by the hot sand but is not affected by the cold ice. • The warm air can not go to the place where the cold ice is.	26(43.3)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

Table 6. The results of the analysis of the responses to the question 5

No.	Question	Response	Frequency (%)
5	Explain the reason why the surface temperatures of the land and the sea are different.	S • The degrees of the surfaces of land and sea being warmed are different.	3(5.0)
		P2 • The land is heated more by the sun than the sea.	4(6.7)
		P1 • The sea getting warm takes a longer time than the land.	2(3.3)
		M • The ambient temperature is low in the morning and it is high in the afternoon. • The sun moves.	44(73.3)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

Table 7. The results of the analysis of the responses to the question 6

No.	Question	Response	Frequency (%)
6	Draw the directions of the wind moving between the sea and the land in the real situation as arrows.	S • [Land] ← [Sea] (the horizontal movement of the wind)	19(31.7)
		P • [Land] $\begin{matrix} \uparrow & \rightarrow \\ \leftarrow & \downarrow \end{matrix}$ [Sea] (drawing the directions of the winds and the airs as the convection of the air in the convection box)	0(0.0)
		M3 • [Land] \uparrow \downarrow [Sea] (the going up over the land and coming down over the sea of the winds or the airs)	2(3.3)
		M2 • [Land] \uparrow (the only going up over the land of the air)	3(5.0)
		M2 • [Land] \nearrow [Sea] (the going up diagonally of the air like the air movement in the convection box experiment)	3(5.0)
		M1 • No particular direction or wrong directions of the wind or the air movement	36(60.0)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

Table 8. The results of the analysis of the responses to the question 7

No.	Question	Response	Frequency (%)
7	Explain the reason why you drew the direction of wind movement as you did in the real situation.	S • The wind moves from the cold place to the warm place horizontally.	1(1.7)
		P • The wind moves to the warm place. • The wind moves from the sea to the land because the sea is cold.	9(15.0)
		M3 • The cold air comes down and the warm air goes up.	6(10.0)
		M2 • The wind blows from the sea to the land.	5(8.3)
		M1 • The wave comes from the sea to the land. • The wave occurs because of the wind.	32(53.3)

S: Scientific concept, P: Partial concept, M: Misconception

도 ‘같은 열을 받았을 때 물질마다 데워지는 시간이 다르다.’라고 설명할 필요가 있다고 하였다.

1번 문항에서 대류상자 밖에서 향 연기가 올라가는 이유를 생각해보고 2번과 3번, 4번 문항에서 대류상자 실험 결과와 이유를 예상해보도록 한 후, 6번과 7번 문항에서는 이를 Fig. 2의 실제 상황에 적용하는 문제이다. Table 7과 8을 살펴보면 19명(31.7%)의 학생들이 바다에서 육지로 바람이 불어온다고 올바르게 답하였고, 나머지 41명(68.3%)의 학생들은 틀린 방향이나 일정한 방향 없이 바람의 방향을 표시하였다. 하지만 그 이유를 설명하는 7번 문항을 살펴보면 ‘바람은 차가운 쪽에서 뜨거운 쪽으로 수평이동 한다.’고 올바르게 대답한 학생은 1명(1.7%)밖에 없었다. ‘공기는 뜨거운 쪽으로 이동한다.’ ‘바다는 차갑기 때문에 바다에서 육지로 이동한다.’라는 부분개념으로 응답한 학생은 9명(15.0%), ‘바람은 바다 쪽에서 분다.’고 단순 경험을 서술하는 등의 오개념을 가지고 있는 학생은 43명(71.6%)이었다. 따라서 바다와 육지 사이에서 발생하는 바람의 방향과 그 이유까지 모두 올바르게 알고 있는 학생은 1명(1.7%)에 불과하였다.

이는 Kim (2002)의 연구에서 해안 지방에서 낮에 해풍이 분다는 것에 대해 초등학생 중 80% 정도가 알고 있었으나 그 이유에 대해서는 25% 정도 밖에 알지 못하고 있다는 결과와 유사하다. 하지만 올바른 응답 비율은 이 연구의 결과가 매우 낮았는데 이는 단순 경험적 서술을 오개념으로 분류하고, 육지와 바다 사이의 수평이동만을 과학적 개념으로 분류하여 분석하였기 때문이다.

2. 대류상자 실험의 문제와 비계설정의 효과

교과서에 제시된 대류상자 실험은 자연에서 일어나는 현상인 해륙풍의 원리를 설명하기 위한 모형 실험이다. 모형실험에서 얻은 결과를 바탕으로 실제 상황을 이해하기 위해서는 유추하는 과정이 필요하다. 유추는 두 개 또는 그 이상의 현상들이 어떤 속성이나 관계 또는 구조나 기능에서 일치하거나 유사하다는 것에서 그 현상들이 다른 속성, 관계, 구조, 기능에서도 일치하거나 유사하리라고 추리하는 논리적 과정이다.

유추는 새로운 정보를 제공할 뿐만 아니라 새로운 정보를 좀 더 구체적으로 만들고, 보다 쉽게 상

상하게 하여 기존 개념을 공고하게 한다. 즉, 새로운 개념을 발견하거나 발달하게하기 위한 도구, 혹은 설명의 도구라고 할 수 있다. 그리고 학습과정에서도 유추의 역할을 새로운 개념구조의 생성, 기존 개념의 재구조화, 새로운 개념 구조의 가시화 등의 세 가지로 요약할 수 있다(Duit, 1988; Hyun, 1998).

Kim & Pak(1992)은 켄트너-켄트너 구조 대응 이론(structure-mapping theory)과 학습자들의 사전 개념을 고려한 유추물의 조건으로서, ‘유추물과 목표물이 가급적 유사한 대응관계를 가져야 한다.’, ‘유추물은 학습자의 사전 개념이 고려되어 그것을 변화시킬 수 있어야 한다.’, ‘유추물은 목표물보다 학생들에게 친숙해야 한다.’, ‘유추물의 구조와 속성이 목표물의 구조와 속성에 비하여 학습자들이 이해하기 쉬워야 한다.’, ‘유추물이 그림이나 모형으로 나타낼 수 있어야 하고 실제 학습에서도 그림 비유 또는 모형 비유가 이루어져야 한다.’ 등을 제안하였다. 그리고 유추를 사용할 때 주의해야 할 것으로 ‘갈등 상황에 도달 후에 유추가 적용되어야 한다.’, ‘유추의 한계에 대하여 학습자들과 논의를 거쳐야 한다.’, ‘목표개념이 추상적인 경우에 사용되어야 한다.’ 등을 언급하였다(Hyun, 1998).

교과서에서는 해륙풍의 원리를 설명하기 위하여 대류상자 실험에서 향 연기의 이동을 관찰하고, 이를 유추물로 활용하여 수평 이동하는 특성을 가진 바람인 해륙풍의 이동 방향을 설명하도록 하고 있다. 그러나 향 연기의 이동은 그 특성상 실제 대류상자 안의 보이지 않는 공기의 이동에 대한 표상이 아니라 단지 온도가 낮은 곳에서 온도가 높은 곳으로 수평으로 이동하는 공기를 감지하게 하는 역할을 할 뿐이다. 대류상자 안에서 향 연기가 뜨거운 모래 위로 휘어지며 위로 올라가는 모습을 관찰하는 것은 대류상자 안의 상황이 목표 상황인 실제 기온차가 있는 바다와 육지를 유추하기에 충분한 유추 상황을 제공한다. 하지만 대류상자 안에서의 향 연기의 이동은 해륙풍에 대한 유추물로서는 그 대응관계가 미약하다고 할 수 있다. 제2차 교육과정 이래 대류상자 실험을 개선하기 위하여 많은 연구가 이루어져 왔지만, 공기의 이동을 가시화하기 위하여 향 연기를 발생시키는 향 불꽃을 대류상자 안에 설치하는 경우 이러한 장애를 극복하지 못하고 있다(Chae & Jung, 2008; Chae et al., 1999; Choi, 2012; Lee, 2006; Yang & Yun, 2010). 여기에서 향 연

기는 대류상자 내의 공기의 이동을 가시화시키는 것이 아니라 공기의 이동을 확인하고 공기의 이동 방향을 추리할 수 있는 근거일 뿐임을 명심해야 할 것이다.

이러한 대류상자 실험의 장애를 극복하기 위하여 유추의 한계에 대하여 학습자들과 논의를 거쳐야 한다. 그러나 논의 과정을 거친다 하더라도 학습자들의 지적 수준을 고려할 때, 학습자들이 이를 이해하기가 또한 쉽지 않다. 이 연구는 학습자들의 대류상자 안의 공기의 이동을 추리하는 데 도움이 될 수 있는 비계설정을 통하여 대류상자 실험이 갖는 문제를 극복하는 동시에 학습자들의 과학적 사고력을 신장시킬 수 있다는 하나의 아이디어를 전제로 하였다. 즉 학습자들은 이 연구에서 비계로 사용한 대류상자 밖의 향 연기의 이동과 대류상자 실험에서 대류상자 안의 향 연기의 이동을 비교하여 대류상자 안의 상황에서 공기의 수평 이동을 추리하여야 한다. 그리고 학습자들은 대류상자 안의 상황과 추리해 낸 공기의 수평 이동을 근거로 유추물을 생성하며, 이 생성해 낸 유추물을 근거로 실제 바다와 육지 상황에서 일어날 수 있는 공기의 수평 이동, 즉 해륙풍의 원리를 유추하고 설명하는 것이다.

그러나 이 연구의 설문분석 결과를 보면, 2번 문항의 대류상자 안에서 향 연기가 뜨거운 모래 위쪽으로 휘어지면 위로 올라가는 이유를 정확히 설명하는 학생은 한 명도 없었고 모두 부분 개념이나 오개념 유형으로 응답하였다. 이러한 결과는 학생들에게 대류상자 안에서 공기의 이동을 올바르게 추리하도록 도와주기 위하여 설정한 비계의 효과가 크지 않았다는 것을 뜻한다. 이것은 이 연구의 목적상 해륙풍의 원리에 대한 학습 효과를 배제하기 위하여 5학년 학생들을 대상으로 하였기 때문이기도 하지만, 추리를 요구하는 정도가 너무 높다는 것에 기인하는 것이기도 하다고 여겨진다. 이것은 또한 연구 대상의 학생들에게는 해륙풍에 대한 내용이 Vygotsky의 잠재적 발달수준에 속한 것임을 의미한다.

또한 3번 문항의 대류상자 안에서 실제 공기가 흐르는 방향을 올바르게 표시한 학생이 6명(10.0%)인 것에 반해 6번 문항에서 실제 바다와 육지 사이에서 발생하는 바람의 방향을 올바르게 표시한 학생은 19명(31.7%)이었다. 이는 학생들이 대류상자 실험을 통해 실제 자연 현상을 유추해내야 하는 문

항의 연계성을 인식하지 못하고 각각의 문제를 독립적으로 생각했기 때문이라고 여겨진다. 각 문제에 대한 응답을 할 때는 자신의 경험에 의존하여 응답하는 경향이 있었는데, 이는 학생들의 지식이 습득되는 경로 중의 하나가 자연에서의 일상 경험이기 때문이다(Ausubel et al., 1978).

그러나 학생들의 사고를 도와줄 비계를 제시하는 것이 효과가 없었던 것은 아니다. 이 연구의 결과를 살펴보면 6번 문항에서 31.7%의 학생들이 바람의 수평 이동을 올바르게 답하였다. 이는 해륙풍의 원리를 학습한 학생들의 29.3%, 해륙풍의 원리를 학습하지 않은 학생의 12.5%만이 바다와 육지 사이의 바람의 방향을 올바르게 답할 수 있었다는 Hyun et al.(2014)의 연구와 비교해 보았을 때 분명히 의미 있는 학습 효과가 있었다고 할 수 있다. 다만, 각 문항의 연계성을 더욱 긴밀하게 하여 문제를 해결할 수 있도록 새로운 비계를 설정하여 설문지를 제작하거나 비계를 활용한 실제 실험을 통해 학생들의 유추 능력에 변화가 있는지 살펴볼 필요가 있다.

IV. 결론

과학교육에서 과학탐구 활동의 목적들 중의 하나는 학생들이 자연이나 실험 상황에서 일어나는 현상에 대하여 과학적인 증거를 기반으로 그 원인이거나 이유를 설명할 수 있는 기회를 제공하는 것이다. 과학 실험 수업에서 학생들은 실험을 통해서 얻은 결과를 바탕으로 관련된 자연현상을 이해할 수 있어야 한다. 이를 위해 추리와 유추의 사고과정이 필요하지만 아직 구체적 조작기에 머물러 있는 대다수의 초등학교 5학년 학생들에게는 이러한 사고과정이 나타나지 않고 있다(Hyun, 1998).

이 연구에서는 대류상자 실험을 통해 해륙풍의 원리를 학습한 학생들이 바다와 육지 사이에 바람이 부는 방향을 올바르게 추리하고 유추할 수 없었다는 Hyun et al.(2014)의 연구 결과에서 문제를 인식하고 대류상자 실험 결과를 통해 실제 해륙풍이 부는 방향을 유추할 수 있도록 도와주는 비계를 설정하여 설문지를 제작하였다. 비계 상황을 통해 자신의 경험을 떠올려보고, 대류상자 실험 상황을 해석한 후 이를 실제 해륙풍이 부는 방향을 알아내는 데에 얼마나 효과적인지 알아본 결과 31.7%의 학생

들이 바람이 부는 방향을 올바르게 인식하였다. 이는 해륙풍의 원리를 학습한 학생의 29.3%, 해륙풍의 원리를 학습하지 않은 학생의 12.5%의 학생들이 바다와 육지 사이에서 바람이 부는 방향을 올바르게 답하였다는 Hyun et al.(2014)의 연구와 비교했을 때 비계를 설정하는 것이 효과적이었다고 할 수 있다. 하지만 이 결과는 바람이 부는 과정을 온도차→밀도차→기압차→바람의 순으로 직렬식 이유를 통하여 인과적으로 이해하고 있는 것은 아니었다. 각 설문 문항이 모두 해륙풍의 원리를 이해하고 바람이 부는 방향을 알아보기 위해 연계된 문제였으나, 이를 인지하지 못하고 각 문항을 독립적으로 해결하고자 하였으며, 문제에 대해 답을 할 때 자신의 경험을 떠올리거나 문제에 제시된 상황을 그대로 이용하여 답을 하는 경향을 보였다.

이를 보완하기 위하여 실험 상황과 자연스럽게 연결될 수 있는 새로운 비계를 제시해볼 필요가 있다. 학생들의 사고를 자극할 수 있는 비계를 제시하는 것이 바다와 육지 사이에서 바람이 부는 방향을 이해하는데 도움이 된다는 것을 이 연구에서 확인하였기 때문이다. 학생들이 이해하기 어려운 내용이라고 하여 학습 학년을 올리거나 내용을 축소하는 것은 형식적 조작 수준의 지적 능력을 요구하는 과학의 본질에 맞지 않는다. 과학적 사고력을 신장시킬 수 있도록 실험 과정이나 절차를 개선하거나 자신의 경험을 실험 상황에 적용시킬 수 있는 비계를 제시하는 등의 보다 적극적이고 능동적인 전략을 세워야 한다.

또한 이와 같은 비계의 효과를 설문조사를 통해 확인하였으나 그 효과는 미미하였다. 따라서 실제 대류상자 실험 수업에 비계를 적용해보고 비계의 효과를 알아볼 필요가 있다. 수업 시간 중에 대류상자 밖에서 향 연기를 피웠을 때 위로 올라가는 것을 확인하고 난 후 대류상자 안에서 휘어지며 올라가는 향 연기를 관찰하고 논의의 과정을 거친다면 실제 바다와 육지 사이에서 바람이 부는 방향을 더 잘 유추해낼 수 있을 것이라고 여겨진다.

References

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hamesian, H. (1978). Educational psychology : a cognitive view(2nd ed.). New york: Holt, Rinehart and Winston Inc.
- Chae Dong-hyun & Jung Sung-an (2008). A qualitative study about cause of wind with the ideas of primary teachers. Research of curriculum and Instruction. Journal of Research for Curriculum and Instruction, 12(2), 457-469.
- Chae Dong-hyun, Kil Yun-kyung & Ahn Byung-inn (1999). A study on improvement of the experiments in the elementary school science. Journal of Research of Science Education, Jeonju Nat'l University, 21, 47-68.
- Choi Mi-kyung (2012). A study on effective teaching method for the reasons of the generation of wind. Master Thesis, Seoul National University of Education.
- Choi Sung-hee & Kwon Chi-soon (2006). An analysis of the atmosphere and weather contents with regard to changes in the elementary science curriculum. Journal of Korean Elementary Science Education, 25(1), 15-26.
- Do Yeong-rok (2015). A study on the concepts of the wind elements in the weather unit among elementary school students. Master Thesis, Korea National University of Education.
- Duit, R. (1988). On the role of analogies, similes, and metaphors in learning science. IPN, 1988.
- Hyun Dong-geul (1998). An approach to development of scientific thinking skills through science inquiry play of analog. Journal of Korean Elementary Science Education, 17(1), 61-73.
- Hyun Dong-geul, Kang Won-mi, Lim Sung-man & Chae Dong-hyun (2014). An investigation of elementary students' perception and inferring process about a land and sea breeze. Journal of Science Education, 38(1), 160-167.
- Kang Won-mi, Lim Sung-man, Chae Dong-hyun & Hyun Dong-guel. (2014). Development of experimental process for understanding the principle of land and see breezes in convection current box. 66th Winter Conference Proceeding of The Korean Society of Elementary Science Education, 66(1), 71.
- Kim Kwang-myung (2002). Learning of concept about

- weather in elementary student. *Science Education Research*, 26, 3-21.
- Kim Young-min & Pak Sung-jae (1992). Effects of instruction using systematic analogies on change of middle school students' conceptions of electric current. *Physics Teaching(KPS)*, 10(1), 39-68.
- Lee Sang-soo, Kang Jung-chan & Hwang Joo-yeon (2006). Instructional design model for effective scaffolding. *The Journal of Educational Information and Media*, 12(3), 149-175.
- Lee Seong-han (2006). Improved program for experiment of convection as teaching on the air circulation in primary science class. Master Thesis, Seoul National University of Education.
- Lee Soon-ju (2007). The effect of scaffolding composed of different kinds of experience. *Journal of Gifted/Talented Education*, 17(1), 51-76.
- Park Jong-wook & Kim Sun-ja (1996). The survey of problem contexts suffering by the elementary teachers in the elementary science laboratory instruction. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 15(2), 263-282.
- Raymond, E. (2000). *Cognitive characteristics. Learner with Mild Disabilities*. Needham Heights. Ma: Allyn & Bacon, A Pearson Education Company. pp. 169-201.
- Ryu Seung-hee (2006). A Study on knowledge construction through scaffolding in ZPD. *The Journal of Yeolin Education*, 14(1), 57-76.
- Schetz, K. F. & Stremmel, A. J. (1994). Teacher-assisted computer implementation: A Vygotskian perspective. *Early Education and Review*, 5(1), 18-26.
- Stone, C. A. (1998). The metaphor of scaffolding: Its utility for the field of learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 31, 344-364.
- Wood, D. J., Bruner, J. & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 17, 89-100.
- Yang Mi-seon & Yun Sung-hyo (2010). A study on redesign and utilization of convective circulation box for observation of land and sea breezes. *Journal of Earth Science Society*, 31(3), 246-258.