

ORIGINAL ARTICLE

물의 순환 시스템 장치 개발 및 수업 프로그램 효과 분석

강정수¹ · 김형범^{2*}

(¹충북음성대소초등학교 · ²충북대학교)

Analysis of the Effectiveness on Instructional Program by Water Circulation System Device

Jung Su Kang¹ · Hyoungbum Kim^{2*}

(¹Chungbuk Namshin Elementary school · ²Chungbuk National University)

ABSTRACT

The purpose of the study is to visualize the concept of water circulation in elementary school students through science behavioral system. Elementary school students found it difficult to understand concepts related to the water cycle. Most of the elementary school children think it rains because the clouds are heavier. It is most difficult to explain invisible concepts to elementary school children. Also, experiments in current textbooks are likely to disrupt scientific concepts. Accordingly, conventional water cycle, dew, fog, and cloud experiments were integrated into one system. The researchers then developed a device that allowed students to see the water's circulation at a glance. It is intended to enable integrated thinking on evaporation, condensation and precipitation. In addition, a instruction program to guide students using the system has been developed to demonstrate its effectiveness. Employing a quasi-experimental design, the participants were measured on their concepts of evaporation, condensation, and water circulation before and after participation. The findings indicated that the experiment is more effective in changing the concepts of evaporation, condensation, and water circulation than in previous experiments. Also, the optimal conditions for making use of the device were found, and there were no various experimental parameters, such as condensation.

Key words : circulation of water, concept, integrated thinking, science behavioral system

I. 서론

최근 4차 산업혁명사회의 변화 등은 더 복잡

해진 세계 속에서 인간으로 하여금 기존보다 훨씬 더 넓은 범위의 다양한 능력과 융합적 사고를 요구 하고 있다(최계영, 2016). 따라서 과학 교과에서는 다양한 개념들의 상호작용과 이들의 피드백 효과

Received 26 March, 2018; Revised 16 April, 2018; Accepted 23 April, 2018

*Corresponding author : Hyoungbum Kim, Chungbuk National University,
1 Chungdae-ro, Seowon-Gu, Cheongju Chungbuk Chungcheongbuk-do, 28644,
Korea

Phone: +82-42-261-2737

E-mail: hyoungbum21@gmail.com

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea
and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017140434).

© 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.

를 고려하고 전체의 시스템을 단일 개체로 인식하고 그 특성을 파악하는 시스템 사고(Assaraf & Orion, 2010; Clark et al., 2012; Mayer, 1995)의 교육이 필요한 시점이다. 또한 과학 학습 상황에서 학생의 과학 지식이 어떻게 형성되고, 이것이 어떻게 문제풀이 상황 혹은 학습 상황에 영향을 미치는지에 대한 연구가 과학 교육을 중심으로 활발하게 이루어지고 있다. 특히 물의 순환에 대한 개념 연구는 지구 환경에 관한 과학적 소양의 신장과 지구 시스템적 사고의 함양이라는 목적으로 국내·국외적으로 연구가 꾸준히 이루어져 왔다.

시스템 사고의 교육은 과학을 교육과정상에서 처음으로 접하는 초등학생들에게 중요한 교육이다(문병찬, 2014). 이와 관련하여 우리나라의 2009 개정 교육과정 과학과 3~4학년 군에서는 ‘물의 상태 변화’를, 5~6학년 군에서는 ‘날씨와 우리생활’ 단원에서 물의 순환 시스템에 대한 다양한 개념들을 지도하도록 구성하였다(교육과학기술부, 2011). 즉 2009 개정교육과정 내용 중 ‘물의 순환’에 관련된 개념을 분석해 본 결과, 증발, 끓음, 응결, 습도, 이슬, 안개, 구름, 비의 개념이 물의 순환 관련 개념으로 조직되어 있다. 즉 선수학습으로 3학년 1학기 ‘우리 생활과 물질’, 3학년 2학기 ‘액체와 기체의 부피’를 기본 개념으로 학습하고 물의 순환과 관련된 직접적인 개념 학습은 4학년 2학기부터 학습하도록 구성되어 있다. 또한 물의 순환과 관련된 개념 이해를 위한 실험으로는 4학년 2학기 증발, 끓음, 응결 실험을 통해 물의 상태변화에 대한 개념을 지도하도록 구성되었고, 5학년 2학기에 이슬과 안개 실험, 구름 발생 실험, 해풍과 육풍에 대해 알아보도록 구성되어 있다. 특히 4학년 2학기에 제시된 증발 실험은 2개의 비커에 같은 양의 물을 넣고 한 개의 비커에는 랩을 씌워 밀폐하고, 다른 비커는 밀폐하지 않고 물의 증발 양을 비교하는 실험으로 구성되어 있고, 물이 끓을 때의 상태변화 실험은 삼각플라스크에 열을 가하여 물이 끓을 때의 변화를 관찰하는 실험으로 구성되어 있다. 응결 실험은 차가운 음료수를 공기 중에 놓아 공기 중의 수증기가 응결되는 과정을 살펴보고 전자저울을 통해 응결된 물들이 공기 중에 있었다는 것을 알도록 실험을 제시하고 있다. 5학년 2학기에 제시된 이슬과 안개 실험은 따뜻한 물을 집기병 안에 넣었다가 버리고, 향 연기를 넣은 후 얼음이 담긴 페트리 접

시를 집기병 입구에 올려 이슬과 안개가 나타나는 현상을 관찰하도록 구성되어 있다. 구름 생성 과정은 구름의 발생장치를 통해 압축과 온도에 의한 구름 형성 과정을 설명하고 있다. 비와 눈이 내리는 과정은 ‘구름이 무거워져 지표면에 가까워지면서 기온에 따라 비나 눈이 된다.’라고 간단하게 설명하고 비와 눈이 내리는 과정에 대한 실험 등은 제시하고 있지 않다.

특히 2009 개정교육과정에서는 제7차 과학과 교육과정에서 제시되어 있었던 ‘물의 여행’ 단원이 사라지고, 5학년의 비와 눈에 대해서는 어떠한 실험도 나와 있지 않고 간단하게 구름이 무거워져 지표면에 나타나는 현상이라는 개념적 설명으로만 정의하고 있다. 또한 물의 순환과 관련된 개념들을 지도하기 위한 구체적인 방안의 실험들과 각 실험들 간의 연계성이 없이 제시하였다. 즉 같은 개념을 설명하기 위해 다양한 실험기구들로 실험을 전개하여 학생들은 유사 개념을 개별 개념으로 인지하도록 구성되어 있으며, 학생들이 물의 순환 개념들을 위계에 따라 연계하는데 어려움을 주고 있다. 또한 초등학교 학생들은 인지 발달 단계 중 구체적 조작 단계에 있어, 증발이나 응결처럼 눈에 보이지 않는 비가시적인 현상을 이해하는데 많은 어려움을 느낀다(박현주, 1996). 따라서 이상의 내용을 정리해보면 다음과 같다. 첫째, 2009 개정교육과정에서는 증발과 끓음을 별도의 실험으로 제시하여 물의 상태변화에 대해 다른 현상으로 인지하도록 구성되어 있는 단점이 있으며, 기화와 응결로 인해 물이 순환하는 과정의 내용이 삭제되어 학생들이 개념을 확장할 시킬 수 있는 내용이 없다. 둘째, 2009 개정교육과정의 비와 눈이 내리는 과정은 구름이 무거워져 지표면의 온도에 따라 나타나는 현상으로 물의 순환에 대한 내용 일부만 제시되었고, 실험 과정이 없어 단편적 사실만 지도하여 오히려 아이들이 오개념을 더 쉽게 가질 수 밖에 없다. 또한 구름 발생은 구름 발생 장치를 사용하여 초등학교 학생들이 이해하기 어려운 단열압축과 단열팽창에 대한 내용을 암묵적으로 지도하도록 구성되어 있어 학생들의 발달 수준에 적합하지 않은 내용이 교과서에 제시되어 있다.

최근 물의 순환 개념에 대한 중요성과 이에 대한 교수·학습 개발 방안에 대한 국내외의 선행연구를 살펴보면, 다음과 같다. 물의 순환 시스템에 관한

국내 연구들을 살펴보면, 윤재화(2001)의 초등학교 학생들의 증발과 응결에 관한 개념변화 유형 조사 탐구에 대한 연구에서는 물에 순환에 대한 정확한 관찰을 할 수 없기 때문에 현상에 대하여 올바른 과학적 개념이 아닌 오개념이 생기길 수 있으므로 이를 교정할 수업 프로그램의 개발이 필요하다는 연구결과를 발표하였으며, 이근연(2001)의 입자적 분자개념을 적용한 수업전략이 초등학교의 공기와 물의 순환 개념 획득에 미치는 영향에 대한 연구에서는 물의 상태 변화 및 물의 순환 개념 획득을 위해 입자적 분자개념을 동적 분자운동 모형으로 가시화하여 선행 조직자로 제시 할 수 있는 장치가 필요하다는 연구결과를 보고하였다. 또한 김진범(2003)의 물의 순환 과정에 대한 초등학교의 선개념과 개념 변화에 대한 탐구에서는 물의 순환과 관련된 개념을 명확하게 지도할 수 있는 방안을 수립하고, 물의 순환과 관련된 쉽게 변화하지 않는 오개념을 변화 시킬 수 있는 교수·학습방법 이외의 장치가 필요하다는 연구결과를, 김지현(2009)의 중학교 3학년 학생들의 그리기를 통한 증발과 응결에 대한 개념 연구에서는 증발과 응결에 대한 개념 형성 및 오개념 개선을 위해서는 그리기 활동을 활용할 필요가 있다는 연구결과를 보고하였다. 특히 안현복(2009)의 초등학교 5학년 학생들의 물 순환 구성 요소와 물 순환 과정에 대한 이해의 연구에서는 대부분의 학생들은 물순환에 대해 불완전하고 때때로 원초적인 인식과 많은 오해들을 갖고 있다는 연구결과를 발표하였다. 또한 Osborne과 Cosgrove(1983)의 물 순환 개념에 대한 오개념 연구에서는 초등학교의 물 순환 개념이 과학적 개념과는 다르며, 올바른 물 순환의 과학적 개념을 위해서는 수업 프로그램 개발 등 교수·학습에 더 주의를 기울여야 한다는 연구결과를 보고하였다.

이상의 연구 결과들을 살펴보면, 물의 순환에 대한 개념 연구는 꾸준히 수행되어져 왔으며, 많은 연구에서 물 순환 개념에 대한 올바른 과학적 개념의 형성을 위해 수업 프로그램 개발(Kim & Chae, 2016) 및 교수·학습의 자료 개발(이용섭과 김윤경, 2012)에 대한 중요성을 강조하고 있다. 그러나 물의 순환과 관련된 선행 연구들은 프로그램 개발 및 교수·학습의 자료 개발에 대한 심각성은 인지하고 있으나, 실제적인 물의 순환 실험과정의 수업 프로그램 개발과 이에 대한 실험도구 개발은 미비한 실정

이다. 2017학년도부터 적용되고 있는 2015 개정 과학과 교육과정에서는 3~4학년 군에서 ‘물의 여행’이라는 내용이 다시 도입되었다. 이 단원에서는 학생들에게 우리 생활에서 꼭 필요한 물을 소재로 하여 물이 상태 변화를 하면서 순환하는 과정을 생명 현상, 기상 현상과 관련지어 통합적으로 이해하게 함으로써 물의 순환 현상에 대한 호기심을 갖고 탐구하려는 태도를 기르도록 구성되어 있다. 하지만 아직까지는 이런 목표를 실현할 수 있는 실험 장치가 없고, 이들 사이의 연계성도 확인 할 수가 없다. 따라서 이 연구의 목적은 학생들이 직관적으로 물의 순환 과정을 한 눈에 확인할 수 있는 시스템을 개발하여, 증발·응결·강수에 대해 통합적인 사고를 가능하게 하고자 하는 것이다. 즉 물의 순환과 관련하여 교과서에 제시되어있는 실험들을 하나의 시스템 내에서 실험이 가능하도록 물의 순환 시스템 장치를 개발하고, 이렇게 개발된 물의 순환 시스템 장치를 활용하여 학생들을 지도할 수 있는 교수·학습 프로그램을 개발하는 것이다. 마지막으로 이렇게 개발된 물의 순환 시스템 장치를 활용한 교수·학습 프로그램을 실제 현장에 적용하여 이에 대한 효과성을 검증하고자 하였다.

이러한 연구의 목적을 성취하기 위해 이 연구에서 밝혀보고자 하는 연구 문제를 제시하면 다음과 같다.

첫째, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업은 학생들의 물의 순환 개념에서 의미 있는 차이가 나타나고 있는가?

둘째, 수업 후 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업의 효과성은 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 학생들이 물의 순환 시스템을 이해할 수 있도록 물의 순환 시스템 장치와 이를 활용한 수업프로그램을 개발하였다. 따라서 이 연구의 대상은 중부지역 D초등학교 5학년 2개반 중에서 연구자들의 자발적인 참여 의사를 확인한 총 50명을 대상으로 물의 순환 개념을 알아보는 증발, 응결, 안개·구름 및 비가 내리는 과정의 총 4개 유형의 검사지를 투입하였으며, 각 검사항목에 대해 학생들

이 물 순환 개념에 대해 서술하거나 그림으로 응답하는 방식(Johnson & Reynolds, 2005)으로 자료를 수집하였다. Table 1은 검사지의 투입시기와 소요시간을 나타낸 것이다.

2. 연구절차

이 연구의 연구절차는 다음과 같다(Fig. 1). 첫째, 2009 개정 교육과정과 2015 개정 교육과정을 포함하여 물의 순환 과정을 배울 수 있는 교구나 장치가 있는지를 문헌연구와 선행연구 및 교과서를 통해 조사하였다. 둘째, 물의 순환 시스템 실험 장치를 제작하는 계획을 수립한 후 물의 순환을 나타낼 수 있는 1차 실험 장치를 제작하였다. 셋째, 제작 후 실험을 통해 내벽에 김서림 발생 문제점들을 발견하고 이를 보완, 발전시킬 수 있는 2차 실험 장치를 제작하였다. 2차 실험 장치에는 물의 순환 뿐 아니라 물의 상태 변화, 기상과 관련한 다양한 실험들을 눈으로 볼 수 있도록 구현 하였다. 넷째, 2차 실험 장치에 대한 과학교육 및 기상관련 전문가들의 의견을 통해 개발 장치를 보완하였으며, 추가적으로 개발 장치의 편리성과 가시적 현상의 정밀화를 위해 3차 최종 물 순환 시스템 실험 장치를 개발하였다. 다섯째, 개발된 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 수업프로그램을 개발하였다. 또한 최종 개발된 물 순환 시스템 실험 장치와 이를 활용한

수업프로그램의 적합성을 알아보기 위해 전문가에 의한 타당도를 거쳐 최종 프로그램을 개발하였다. 마지막으로 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 수업프로그램을 과학수업에 적용하였고, 이에 대한 효과성을 확인하였다.

이 연구의 참여 대상은 5학년 2개 반을 대상으로 1개 반 25명을 실험반으로, 다른 1개 반 25명을 통제반으로 실험을 설계하였다. 이 연구의 실험설계는 다음과 같다. 즉 물의 순환 시스템에 대한 학생들의 개념을 알아보기 위해 ‘물의 순환’에 대한 수업을 실시하기 전에 실험반·통제반 모두 사전검사를 실시하였다. 다음으로 통제반은 정규 교육과정에 따른 과학수업을, 실험반은 이 연구에서 개발한 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학수업을 실시하였다. 수업 후 실험반·통제반에 사후검사를 실시하여 학생들의 물의 순환에 관한 개념 변화 정도를 알아보았다. 따라서 이 연구에서는 Shadish(2002)의 준실험설계(quasi-experimental design)에 따라 연구를 설계하였다(Fig. 2).

3. 자료수집

이 연구에서 개발한 물의 순환 시스템 실험 장치는 2009, 2015 개정 교육과정 과학과에서 제시하고 있는 물의 순환 개념의 실험이 모두 가능하도록 제작하였으며, 개발한 물의 순환 시스템 실험 장치를

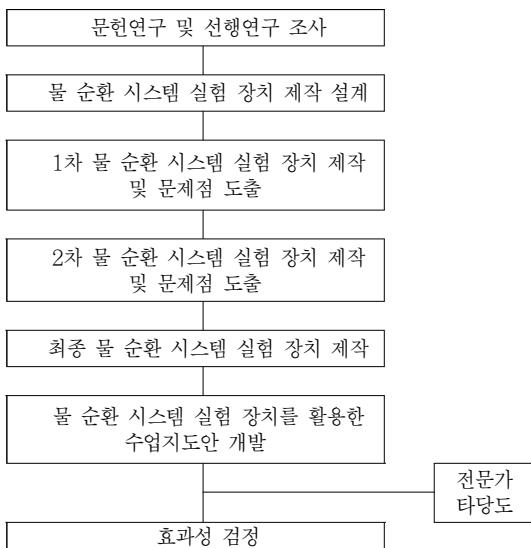


Fig. 1. Procedure of the study

NR	O ₁	X	O ₂
NR	O ₁		O ₂

O: Questionnaire of water circulation concept
 X: Science class using water circulation system device
 NR: Non-random assignment

Fig. 2. Experimental design

Table 1. Input timing of the questionnaire

검사지	투입시기	소요시간
사전 검사	2016. 10월	40분
사후 검사	2017. 3월	40분

효율적으로 활용하여 수업을 진행할 수 있도록 수업프로그램을 제작하였다. 특히 2009, 2015 개정교육과정을 비교·분석하여 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용하여 지도 가능한 영역 및 내용을 추출하였다. 즉 2009 개정교육과정에서는 구름 발생 장치를 제외한 물의 순환 개념들에 관한 실험이 가능하도록 하였으며, 2015 개정교육과정에서는 과학과를 포함하여 사회과에서도 물의 순환 개념들에 관한 실험이 가능하도록 하였다. 따라서 이 연구에서는 2009 개정교육과정을 토대로 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 수업프로그램을 개발하였다(Appendix 1). 수업프로그램은 총 6차시 분량과 학습지, 그리고 PPT 자료로 구성되었으며, 학생들이 증발, 응결, 안개·구름 및 비가 내리는 과정의 물의 순환과 관련된 개념을 수업할 수 있도록 구성하였다. 이 연구에서 구성한 수업프로그램의 구성 목록은 Table 2와 같다. Table 2와 같이, 수업프로그램의 구성은 내용체계 및 성취기준, 교구설계도 및 모습, 물의 상태변화(4-2), 온도와 열(5-1), 날씨와 우리생활(5-2)로 구성하였다.

이 연구에서 활용한 물 순환 시스템 실험 장치의 실험 과정은 다음과 같다(Fig. 3).

첫째, 공기가 이동하지 못하도록 가열기 쪽을 닫는다. 이때 물이 이동할 만큼의 공간은 열려있도록 한다. 둘째, 가열기 위쪽에는 물방울이 맺히지 않도록 핫 팩을 올린다. 셋째, 왼쪽에 있는 수증기를 선풍기를 이용하여 오른쪽으로 이동시킨다. 넷째, 응결을 위해 얼음 또는 아이스 팩을 놓는다. 위치는 가운데와 구리판 및 오른쪽 부분에 놓는다. 다섯째, 물 300mL를 넣고, 온도조절기를 약 80°C로 조정하고 물을 가열한다. 다섯째 상자의 변화 모습을 관찰한다.

마지막으로 이 연구에서는 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 수업프로그램에 대한 효과성을 검증하였다. 즉 통제반은 정규 교육과정에 따른 일반적인 과학수업을 실시하고 실험반은 이 연구에서 개발한 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 수업프로그램의 과학 수업을 실시하였으며, 검사지를 통해 수업 전후의 물의 순환 시스템에 대한 학생들의 개념 변화 정도를 알아보았다. 검사지의 투

Table 2. Instructional program of this study

학년 · 학기, 단원	학습 주제 및 내용
4-2 [물의 상태 변화]	[1차시] 물을 가열하면 어떻게 되는지 알아봅시다. · 물이 가열될 때 모습 관찰해 보기
4-2 ¹⁾ [물의여행]	[2차시] 물의 순환과정 알아보기 · 물의 순환 과정을 알아보는 모형 실험하기
5-1 [온도와 열]	[3차시] 기체에서의 열은 어떻게 이동할까요? · 간이 열기구 만들어 띄어 보기
5-2 [날씨와 우리 생활]	[4차시] 이슬과 안개는 어떻게 생길까요? · 이슬과 안개 발생 실험하기
	[5차시] 날씨가 우리 생활에 미치는 영향 · 나만의 생활 기상 지수 만들기
	[6차시] 물의 순환 과정 설명하기 · 물이 이동하거나 상태가 변화면서 순환하는 과정 설명하기

Table 3. Classification criteria of scientific concepts

구분	내용
MOST	과학적 개념으로 설명한 경우
LESS	보이는 상황만 설명 하거나 과학적 설명이 다소 부족한 경우
MISS	오개념 및 무응답

1) 2015 개정 과학과 교육과정에서 새로 도입된 단원

입 시기는 2016년 10월부터 2017년 3월이며, 검사지에 담긴 내용 중 자세한 대답을 필요로 하는 학생에게는 개별적으로 면담을 실시하였다.

4. 자료분석

이 연구에서 사용한 검사지는 증발, 응결, 안개·구름, 비가 내리는 과정에 대한 학생들의 개념을 알아보는 검사지로 총 4가지의 검사지를 활용하여 자료를 수집하고 분석하였다. 즉 증발, 응결, 안개·

구름, 비가 내리는 과정에 대한 학생들의 물 순환 시스템에 대한 개념을 알아보기 위해 김진범(2003)과 윤재화(2001)가 SPACE Project 보고서에서 인용하여 사용한 검사 도구를 이 연구의 목적에 맞게 수정·보완하였다. 이 검사지의 문항은 교과서의 각 실험들의 관련성에 대한 인지정도와 물의 순환에 대해 가지고 있는 개념을 알아보기 위해 문항이 수정되고 추가되었다. 이렇게 수정·보완된 검사지는 Pilot test와 과학교육 전문가들에 의한 타당도를 통해 최종 확인되었다. 따라서 Table 3은 학생들의 물

Table 4. The items of questionnaire on concepts of water circulation

부문	검사 영역	검사 문항
증발	증발과정	어항속의 물이 줄어드는 이유는 무엇일까요? 어항속의 물은 어디로 갔을까요?
	증발요인	어항속의 물을 줄어들게 한 이유는 무엇일까요?
응결	응결과정	컵 표면에 어떤 현상이 일어났을까요?
	응결요인	컵 표면에 생긴 것은 어디에서 왔다고 생각하나요? 자신의 생각을 그림이나 글로 표현해 보세요.
안개 구름	실험상의 안개	집기병 안에 어떤 현상이 일어났을까요? 자신의 생각을 그림이나 글로 표현해 보세요.
	안개구름 개념	집기병 안에 나타난 현상이 땅 가까이에서와 하늘에서도 나타날 수 있을까요? 나타난다면 무엇이라고 부를 수 있을까요?
비가 내리는 과정	순환개념	비는 어떻게 내리는 것일까요? 비가 내리는 과정을 그림이나 글로 표현해봅시다. 어디에서 알게 되었나요?

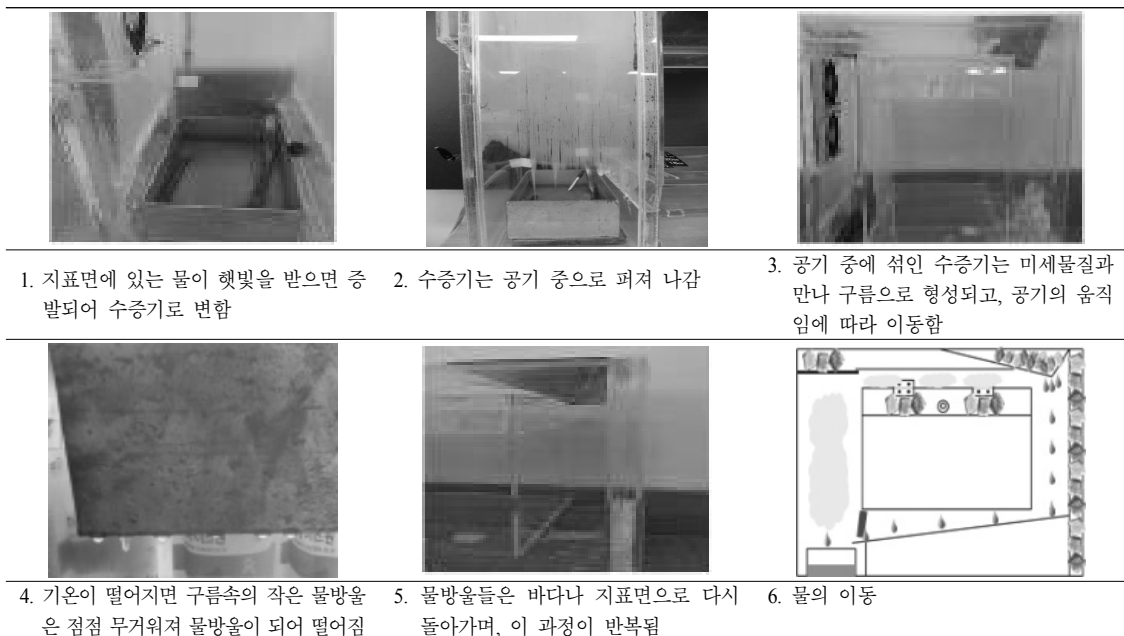


Fig. 3. Experiment process

의 순환 시스템에 대한 올바른 개념들의 유무를 나타내는 과학 개념의 유형 분류 기준이다. Table 4는 증발, 응결, 안개·구름, 비가 내리는 과정에 대한 학생들의 물의 순환 시스템에 대한 개념을 알아보기 위해 개발된 검사지의 항목과 문항이다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 증발 과정에 대한 학생들의 개념 변화

증발 과정의 사전·사후 검사결과는 Table 5와 같다. Table 5와 같이 Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 5명(20%)이 사후 검사 5명(28%)으로 사전·사후 검사의 변화가 없었다. 그러나 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업을 실시한 실험반에서는 사전 검사에서 4명(16%)이 사후 검사 7명(28%)으로 상승하였다. 이는 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 수업프로그램에 대한 효과가 있음을 의미한다.

한편, 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업이 증발 과정에 대한 학생들의 개념 변화에 유의미한 효과를 나타내는지 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결과는 Table 6과 같다.

Table 6과 같이, 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업이 증발 과정의 개념 변화에 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과 사후 실험에서 실험반의 평균(M=.04)이 통제반의 평균(M=.32)보다 .28 높은 것으로 나타났다. 또한 통계적으로는 유의미한 차이($t=2.306, p<0.05$)를 나타냈으며, 효과크기(effect size) d 의 값이 .54($d > .50$)로 증발 과정에 있어 실험반이 통제반보다 수업의 효과가 컸다고 볼 수 있다(Cohen, 1977; Wolf, 1986).

Fig. 4는 실험반에 속한 K 학생으로 사전 검사에서는 ‘증발해서’라는 단편적인 개념을 서술하였으나, 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업 후 사후 검사에서 ‘수증기로 증발해 공기중으로 날아갔다.’의 과학적 상태 변화를 중심으로 서술하였다.

Table 5. Results of scientific concept of pre- and post-test on evaporation process

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	4 (16%)	5 (20%)	7 (28%)	5 (28%)
Less	11 (44%)	8 (32%)	13 (52%)	9 (36%)
Miss	10 (40%)	12 (48%)	5 (20%)	9 (36%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

Table 6. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about evaporation process

	N	M	SD	t	p	d
통제반	25	.04	.33852	2.306	0.028	.54
실험반	25	.32	.69041			

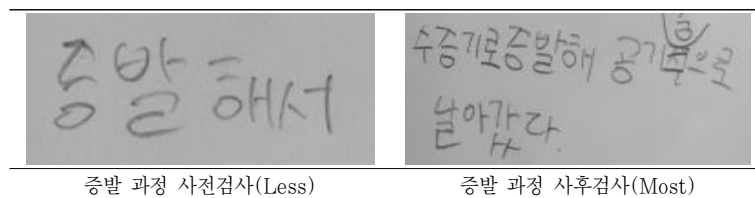


Fig. 4. The answer sheet of K student on evaporation process

따라서 이러한 결과는 학생들이 증발이나 응결 처럼 눈에 보이지 않는 비가시적인 현상을 이해하는데 많은 어려움을 느끼고 있는 상황에서(박현주, 1996), 물의 순환 시스템의 장치를 활용한 수업이 증발의 과정을 가시적으로 보여줌으로써 학생들의 증발의 과정과 이에 대한 개념을 정확하게 이해시키는데 도움을 주었을 것으로 사료된다.

2. 증발 요인에 대한 학생들의 개념 변화

증발 요인의 사전·사후 검사결과는 Table 7과 같다. Table 7과 같이 Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 4명(16%)이 사후 검사 8명(32%)이었으며, 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업을 실시한 실험반에서는 사전 검사에서 5명(20%)이 사후 검사 8명(32%)으로 나타났다. 증발 요인에 대한 학생들의 개념은 실험반·통제반 모두 상승한 것으로 나타났다.

물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업이 증발 과정에 대한 학생들의 개념 변화에 유의미한 효과를 나타내는지를 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결

과는 Table 8과 같다.

Table 8과 같이, 물 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업이 증발 과정의 개념 변화에 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과 실험반의 평균($M=.32$)이 통제반의 평균($M=.00$)보다 0.32 높은 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의미한 차이($t=2.317, p<0.05$)를 나타내었다. 또한 효과크기 d 의 값이 $.65(d > .50)$ 로 증발 요인에 있어 실험반이 통제반보다 수업의 효과가 컸다고 볼 수 있다(Cohen, 1977; Wolf, 1986). 이러한 결과는 이전에 알지 못했거나 불완전하고 원초적인 인식(이용복과 이성미, 1998; 안현복, 2009)의 증발 요인에 대한 지식에 대해서 학생들은 물의 순환 시스템 실험을 통해 증발 요인에 대한 지식을 얻고 개념의 변화를 이끌어 낸 것으로 판단된다.

3. 응결 과정의 개념 변화

응결 과정의 사전·사후 검사결과는 Table 9와 같다. Table 9와 같이 Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 4명(16%)이 사후 검사에서 6명(24%)이었으며, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업

Table 7. Results of scientific concept of pre- and post-test on evaporation factors

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	5 (20%)	4 (16%)	8 (32%)	8 (32%)
Less	15 (60%)	16 (64%)	15 (60%)	13 (52%)
Miss	5 (20%)	5 (20%)	2 (8%)	4 (16%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

Table 8. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about evaporation factors

	N	M	SD	t	p	d
통제반	25	.00	.28868	2.317	0.029	.65
실험반	25	.32	.69041			

의 실험반에서는 사전 검사에서 5명(20%)이 사후 검사 9명(36%)으로 실험반 · 통제반 모두에서 상승하였다.

물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업이 응결 과정에 대한 학생들의 개념 변화에 유의미한 효과를 나타내는지를 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결과는 Table 10과 같다.

Table 10과 같이, 물의 순환 시스템 실험 장치를 활용한 과학 수업이 응결 과정의 개념 변화에 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과에서 실험반의 평균(M=.61)이 통제반의 평균(M=.19)보다 0.42 높

은 것으로 나타났고, 통계적으로 유의미한 차이 ($t=4.447, p<0.05$)를 보였다. 또한 효과크기 d 의 값이 .88($d > .50$)로 응결 과정에 있어 실험반이 통제반보다 수업의 효과가 높았던 것(Cohen, 1977; Wolf, 1986)으로 판단된다.

4. 응결 요인의 개념 변화

응결 요인의 사전 · 사후 검사결과는 Table 11과 같다.

Table 11과 같이, Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 2명(8%)이 사후 검사 2명(8%)으로 사전·

Table 9. Results of scientific concept of pre- and post-test on the condensation process

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	5 (20%)	4 (16%)	9 (36%)	6 (24%)
Less	8 (32%)	7 (28%)	11 (44%)	8 (32%)
Miss	12 (48%)	13 (52%)	5 (20%)	11 (44%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

Table 10. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about condensation process

	N	M	SD	t	p	d
통제반	25	.19	.40311	4.447	0.000	.88
실험반	25	.61	.55638			

Table 11. Results of scientific concept of pre- and post-test on condensation factors

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	3 (12%)	2 (8%)	6 (24%)	2 (8%)
Less	15 (60%)	16 (64%)	14 (56%)	13 (52%)
Miss	7 (28%)	7 (28%)	5 (20%)	7 (25%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

사후 검사에서 변화가 없었다. 그러나 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업의 실험반에서는 사전 검사에서 3명(12%)이 사후 검사 6명(24%)으로 상승하였다. 이는 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업프로그램이 더 효과가 있었음을 의미한다.

한편, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 응결 요인에 대한 학생들의 개념 변화에 어떠한 효과를 나타내는지를 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결과는 Table 12와 같다.

Table 12와 같이, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 응결 요인의 개념 변화에 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과에서 실험반의 평균(M=.16)이 통제반의 평균(M=.02)보다 .14 높은 것으로 나타났고, 통계적으로 유의미한 차이($t=2.138, p<0.05$)를 보였다. 이는 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업프로그램이 더 효과가 있었음을 의미

한다.

Fig. 5는 실험반에 속한 P 학생으로 사전 검사에서는 ‘따뜻한 공기가 차가운 얼음물을 만나 물방울이 생겼다.’라는 표현을 사용하였으나, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업의 사후 검사에서 ‘차가워진 비커 컵에 대기 중에 있던 물방울들이 모여들어 비커표면에 물이 생겼을 것이다.’의 표현을 사용하여 물의 상태 변화를 올바르게 표현하고 있는 것으로 나타났다.

5. 실험상의 안개 개념 변화

실험상의 안개에 대한 학생들의 개념 변화에 대한 사전·사후 검사의 결과는 Table 13과 같다.

Table 13과 같이, Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 9명(36%)이 사후 검사는 16명(64%)으로 나타났으며, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학

Table 12. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about condensation factors

	N	M	SD	t	p	d
통제반	25	.02	.27689	2.138	0.043	.43
실험반	25	.16	.37417			



Fig. 5. The answer sheet of P student on condensation factors

Table 13. Results of scientific concept of pre- and post-test on fog

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	8 (32%)	9 (36%)	18 (72%)	16 (64%)
Less	7 (28%)	8 (32%)	3 (12%)	5 (20%)
Miss	10 (40%)	8 (32%)	4 (16%)	4 (16%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

수업의 실험반에서는 사전 검사에서 8명(32%)이 사후 검사 18명(72%)으로 통제반에 비해 크게 상승하였다. 또한 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 실험상의 안개 개념에 대한 학생들의 개념 변화에 유의미한 효과를 나타내는지를 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결과는 Table 14와 같다.

Table 14와 같이, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 실험상의 안개에 대한 개념 변화에 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과에서는 실험반의 평균(M=.08)이 통제반의 평균(M=-.16)보다 .24 높고, 효과크기(effect size) *d*의 값이 .64($d > .50$)로 높게 나타났으나, 통계적으로는 유의미한 차이($t=1.445, p>0.05$)를 나타내지는 않았다.

따라서 이 연구에서 개발한 물의 순환 시스템 장치가 통계적으로는 유의미한 차이를 나타내지는 않

았지만, 학생들의 안개 개념에 대한 지속성에는 효과가 있는 것으로 나타났다. Fig. 6은 실험반에 속한 A 학생으로 사전 검사에서는 ‘뿌연 향 연기가 집기병 안을 돌아다닌다.’라는 표현을 사용하였으나, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업의 사후 검사에서는 ‘집기병 안의 하얀 연기가 안개이고 집기병 윗 부분에는 이슬처럼 물방울이 생긴다.’의 표현을 사용하여 과학적 상태 변화를 중심으로 올바른 과학 개념을 사용하고 있는 것으로 나타났다.

6. 안개·구름의 개념 변화

안개·구름의 개념에 대한 사전·사후 검사 결과는 Table 15와 같다.

Table 15와 같이, Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 7명(28%)이 사후 검사 18명(72%)으로 사

Table 14. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about fog

	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
통제반	25	-.16	.47258	1.445	0.161	.64
실험반	25	.08	.27689			

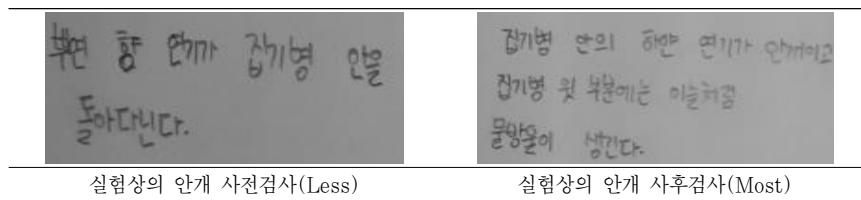


Fig. 6. The answer sheet of A student on fog

Table 15. Results of scientific concept of pre- and post-test on fog and cloud

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	5 (20%)	7 (28%)	19 (76%)	18 (72%)
Less	17 (68%)	15 (60%)	5 (20%)	4 (16%)
Miss	3 (12%)	3 (12%)	1 (4%)	3 (12%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

전 검사보다 사후 검사의 결과가 높게 나타났다. 또한 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업의 실험반에서는 사전 검사에서 5명(20%)이 사후 검사에서 19명(76%)으로 크게 상승하였다. 또한 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 안개·구름에 대한 학생들의 개념 변화에 유의미한 효과를 나타내는지를 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결과는 Table 16과 같다.

Table 16과 같이, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 안개·구름에 대한 개념 변화에 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과에서는 실험반의 평균($M=.36$)이 통제반의 평균($M=-.04$)보다 .4 높은 것으로 나타났고 통계적으로 유의미한 차이 ($t=2.377, p<0.05$)를 나타내었다. 또한 효과크기 d 의 값이 $.72(d > .50)$ 로 안개·구름의 개념 변화에 있어 실험반이 통제반보다 수업의 효과가 컸다고 볼 수

있다(Cohen, 1977; Wolf, 1986). 즉, 개발한 교구가 안개·구름 개념 형성에는 효과가 없으나, 안개·구름 개념을 기억하는 지속성에서는 효과가 있었던 것으로 판단된다.

7. 비가 내리는 과정의 개념 변화

비가 내리는 과정에 대한 학생들의 개념에 대한 사전·사후 검사 결과는 Table 17과 같다.

Table 17과 같이, Most 유형에서 통제반은 사전 검사에서 5명(20%)이 사후 검사 5명(20%)으로 사전·사후 검사에서는 변화가 없었다. 그러나 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업의 실험반에서는 사전 검사에서 3명(12%)이, 사후 검사에는 18명(72%)으로 크게 상승하였다. 또한 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업이 비가 내리는 과정에 대한 학생들의 개념 변화에 유의미한 효과를 나타내는지를 알아보기 위해 실시한 사전·사후 점수 차

Table 16. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about fog and cloud

	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
통제반	25	-.04	.35119	2.377	0.026	.72
실험반	25	.36	.75719			

Table 17. Results of scientific concept of pre- and post-test on the process

유형	사전 검사		사후 검사	
	실험반	통제반	실험반	통제반
Most	3 (12%)	5 (20%)	18 (72%)	5 (20%)
Less	7 (28%)	5 (20%)	4 (16%)	5 (20%)
Miss	15 (60%)	15 (60%)	3 (12%)	5 (20%)
합계	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)	25 (100%)

Table 18. Independent samples t-test on differences of pre- and post-test about the process of rain

	N	M	SD	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
통제반	25	.28	-1.445	.032	.161	.79
실험반	25	.61	2.281			

에 대한 두 집단 독립표본 t-검정의 결과는 Table 18과 같다.

Table 18과 같이, 증발 과정의 개념 변화에 어떠한 유의미한 결과가 있는지를 분석한 결과에서 실험반의 평균(M=.61)이 통제반의 평균(M=.28)보다 .33 높은 것으로 나타났고, 통계적으로 유의미한 차이($t=.032, p<0.05$)를 보였다. 또한 효과크기 d 의 값이 .79($d > .50$)로 비가 내리는 과정의 개념 변화에 있어 실험반이 통제반보다 수업의 효과가 컸다고 볼 수 있다(Cohen, 1977; Wolf, 1986). 즉 개발한 교구가 학생들의 물의 순환 개념 형성에 도움을 주었던 것으로 판단된다. 이는 올바른 물 순환의 과학적 개념을 위해서는 교수·학습 자료의 개발이 중요하다는 Osborne과 Cosgrove(1983)의 연구결과와도 맥을 같이한다.

Fig. 7은 실험반의 O 학생으로 사전 검사에서는 ‘강이나 바다가 증발되고 구름이 무거워지면 비가 내림’라는 표현을 사용하였으나, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 과학 수업의 사후 검사에서는 ‘물에서 물이 증발해 수증기로 변해 올라가고 뭉치면서 물방울이 되고 물방울이 모이고 무거워지면 땅에 떨어지게 되고 추우면 눈이 되고 더우면 비가 된다.’의 과학적 상태 변화를 중심으로 융합적 사고에 의해 서술하였다.

따라서 이러한 결과가 의미하듯, 비가 내리는 과정에 대한 이해는 물의 순환에 대한 개념들의 상호작용과 이들의 피드백 효과를 고려해야하는 지구 시스템적 사고로(McNamara, 1998; 서정욱 등), 물의 순환 시스템의 장치를 활용한 수업이 학생들로 하여금 비가 내리는 과정 즉, 물이 증발하여 물방울이 맺히고 다시 물로 이동하는 물의 상태변화 과정을 직접 실험을 통해 확인하게 함으로써 학생들의 물의 순환에 대한 개념을 정확하게 이해시키는데 도움을 주었을 것으로 사료된다. 이는 물의 상태변

화에 따른 입자적 분자개념을 적용한 수업전략이 초등학생의 공기와 물의 순환 개념 획득에 효과적이었다는 이근연(2001)의 연구결과와 같은 맥락이라 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

이 연구의 목적은 학생들이 직관적으로 물의 순환 과정을 한 눈에 볼 수 있는 시스템을 개발하여, 증발·응결·강수에 대해 통합적인 사고를 가능하게 하고자 하는 것으로, 물의 순환과 관련하여 교과서에 제시되어있는 실험들을 하나의 시스템 내에서 실험이 가능하도록 물의 순환 시스템 장치를 개발하고, 이렇게 개발된 물의 순환 시스템 장치를 활용하여 학생들을 지도할 수 있는 교수·학습 프로그램을 개발하고, 개발한 프로그램을 학생들에 적용하여 그 효과성을 검증하는 것이다. 따라서 이 연구의 결론은 다음과 같다. 첫째, 물의 순환 시스템 장치는 교과서에 제시되어 있는 단절된 실험들을 하나의 실험기구를 사용하여 시스템 내에서 구현함으로써, 융합적 사고를 함양하고 오개념을 감소시킬 수 있다. 둘째, 물의 순환 시스템 장치는 물의 순환 개념 이외에 열의 이동, 바람 및 대류 현상 등의 부가적인 실험이 가능하다. 셋째, 물의 순환 시스템 장치는 물의 온도에 따라 공기중의 수증기 분포모습, 온도에 따른 물의 증발량, 내벽에 습기가 생기는 시간, 시간에 따른 떨어지는 물의 응결량이 결정된다. 이를 통해 80℃의 온도로 15분간 가열하였을 때 가장 최적화된 실험 결과를 관찰할 수 있다. 그러나 항온·항습을 26℃, 72%로 조절하고 실험한 것이므로 다른 환경에서는 차이가 나타날 수 있다. 효율적인 실험 결과를 관찰하기 위해서는 증발하는 곳과 응결하는 곳의 온도 차이가 최소 20℃ 이상 차이가 나고, 10분 이상 20분 미만의

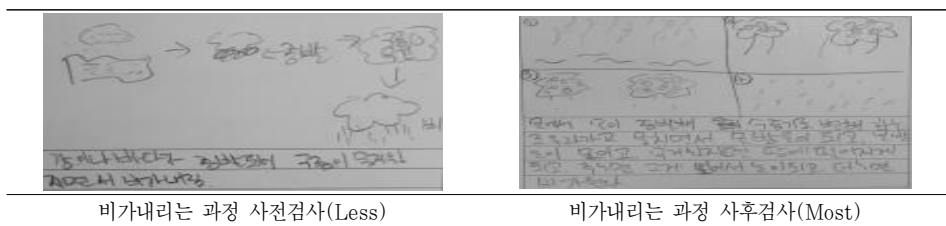


Fig. 7. The answer sheet of O student on the process of rain

시간동안 가열해야 뚜렷한 실험 결과를 관찰할 수 있다. 또한 실험 장치의 외부 온도가 30℃가 이상이 되면 증발하는 곳과 응결하는 곳의 온도 차이가 20℃ 미만이기 때문에 실험 결과 관찰에 어려움이 야기될 수 있다. 넷째, 물의 순환 시스템 장치는 증발관련 개념(증발과정, 증발요인)과 지속성(증발요인)에 효과가 있었다. 그리고 응결관련 개념(응결과정)과 지속성(응결과정, 응결요인)에도 효과가 있었다. 그러나 안개·구름 개념에서는 큰 효과가 나타나지는 않았다. 이는 교과서 실험과 개발된 교구의 유사성 때문으로 사료된다. 각 개념들을 통합하여 사고할 수 있는 물의 순환 개념에서는 개념에 대한 지속성 효과를 확인할 수 있었다. 다섯째, 물의 순환 시스템 장치의 수업프로그램은 실제 수업 시 바로 적용이 가능하고, 교사 및 학생들의 이해를 도울 수 있다. 따라서 물의 순환 시스템 장치는 2015 개정 교육과정에서 ‘물의 여행’ 도입에 따른 실험 기구로 활용 가능성이 높고 학생들의 오개념 감소와 통합적 사고능력을 신장시킬 수 있다.

그러므로 이 연구의 제언은 다음과 같다. 첫째, 현재 교과서에 제시된 물의 순환 장치는 초등학교 과학과 교육과정 수준의 실험에 한정하고 있다. 실험의 수준을 심화, 발전시켜 중·고등학교 과학과 교육과정에도 적용 할 수 있는 실험내용을 개발하고 장치의 기능을 추가하면 폭 넓은 수준의 실험 장치가 될 것이다. 둘째, 이 연구에서 개발한 물의 순환 시스템 장치는 물을 가열함으로 나타날 수 있는 자연 현상을 구현하였으나 다른 물질들을 장치 안에 넣어 결과를 이끌어 낼 수 있는 실험으로도 확장할 수 있다. 일례로 실험 장치 안에 먼지를 넣고 순환을 시키며 필터의 종류에 따른 정화 능력 테스트를 하거나 매연을 넣은 후 공기 정화에 필요한 조건 탐색 등 다양한 실험으로 접근이 가능하다. 마지막으로 이 연구의 결과를 일반화하기에는 연구 대상의 수가 한정되어 있으므로 추후에 일반화를 위한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

국문요약

이 연구의 목적은 과학 행동 체계를 통해 초등학교 학생들이 물의 순환 개념을 쉽게 이해할 수 있도록 시각화하는 것이다. 일반적으로 초등학교 학생들이 물의

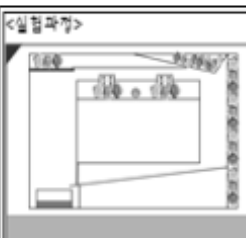
순환 개념을 이해하기란 쉽지 않으며, 대부분의 초등학교 학생들은 구름이 더 무겁기 때문에 비가 내리는 것의 과학적 개념이 아닌 오개념을 가지고 있다. 또한 현행 교과서의 실험들은 연결성이 낮고 물의 순환 개념들이 세분화되어 올바른 과학적 개념을 형성하는데 어려움을 줄 가능성이 비교적 높다. 따라서 이 연구에서는 교과서 내 이슬, 안개 및 구름 등의 실험들을 통합하여 물의 순환 개념에 대한 시스템적 사고가 가능하도록 물의 순환 시스템 장치와 이를 활용한 교수·학습 프로그램을 개발하였다. 또한 준실험 설계를 통해 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업 프로그램의 효과성을 알아보았다. 그 결과, 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업은 증발, 응결, 그리고 물 순환의 개념을 시스템적으로 이해하는데 이전의 실험들보다 더 효과적이라는 것을 보여 주었다. 또한 물의 순환 시스템 장치를 활용한 수업에서 가장 효과적인 실험 조건과 최적의 실험변수인 응결량의 매개변수를 분석할 수 있었다.

References

- 교육과학기술부(2011). 과학과 교육과정. 교육과학기술부 고시 제2011-361호 [별책 9].
- 교육부(2015a). 과학과 교육과정. 교육부 고시 제20174호 [별책 9].
- 교육부(2015b). 초·중등학교 교육과정 총론. 교육부 고시 제2015-80호 [별책 1].
- 김지현(2009). 중학교 3학년 학생들의 그리기를 통한 증발과 응결에 대한 이해. *교원교육*, 25(1), 275-288.
- 김진범(2003). 물의 순환 과정에 대한 초등학교 학생의 선개념과 개념 변화에 대한 연구. *춘천교육대학교 석사학위 논문*.
- 문병찬(2014). 초등학교과학교육에서 지구시스템 인식 강화를 위한 시스템사고 교육 프로그램 개발 및 적용효과. *대한지구과학교육학회지*, 7(3), 313-326.
- 박현주(1996). 초등학교 학생들의 증발에 대한 개념 생태 연구. *초등과학교육*, 15(2), 215-222.
- 서정옥, 김형범, Potvin, P.(2014). 탄소 배출 시나리오를 통한 고등학교 학생들의 탄소 순환에 대한 질

- 량 보존의 개념 분석. 한국지구과학회, 35(3), 192-202.
- 이근연(2001) 입자적 분자개념을 적용한 수업전략이 초등학생의 공기와 물의 순환 개념 획득에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 이용섭, 김윤경(2012). 과학 기반 STEAM의 ‘날씨와 우리 생활’ 학습이 창의적 사고 및 창의성 사고 및 창의적 인성에 미치는 효과. 대한지구과학교육학회지. 5(2), 204-212.
- 이용복, 이성미(1998). 초등학교 학생들의 증발과 응결 개념에 대한 연구. 초등과학교육, 17(1), 89-103.
- 안현복(2009). 초등학교 5학년 학생들의 물 순환 구성요소와 물 순환 과정에 대한 이해. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 윤재화(2001). 초등학교 학생들의 증발과 응결에 관한 개념변화 유형 조사 탐구. 서울교육대학교 석사학위 논문.
- 최계영(2016). 4차 산업혁명 시대의 변화상과 정책 시사점. KISDI 프리미엄 리포트, 정보통신정책연구원. 연구원.
- Assaraf, O. & Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary level. *Journal of research in science teaching*, 47(5), 540-563.
- Clark, J., Marks, J., Haden C., Bell, M., & Hungate, B. (2012). The Carbon cycle game: A regionally relevant activity to introduce climate change. *Journal of National Earth Science Teachers Association*, 28, 9-13.
- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for behavioral sciences* (revised ed.). New York: Academic Press.
- Johnson, J. K. & Reynolds, S, J. (2005). Concept sketches-using student and instructor generated, annotated sketches for learning, teaching, and assessment in geology courses. *Journal of geoscience education*, 53(1), 85-95.
- Kim, H. & Chae, D. H. (2016). The Development and Application of a STEAM Program Based on Traditional Korean Culture. 12(7), 1925-1936.
- Osborne, R. J. & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of research in science teaching*, 20(9), 825-838.
- Mayer, V. J. (1995). Using the earth system for integrating the science curriculum. *Science education*. 79(4), 375-391.
- McNamara, C. (1998). Applied systems thinking, *Proceedings of the 42nd annual conference on systems sciences*, In J. K. Allen, et al.(Eds.), International Society for the Systems Sciences, Atlanta, Georgia, USA, 1-26.
- Shadish, W. R., Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2002). *Experimental and quasi experimental designs for generalized causal inference*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Wolf, F. M. (1986). *Meta-analysis: Quantitative Methods for Research Synthesis*. Beverly Hills, CA: Sage.

Appendix 1.

과학과 교수 · 학습 과정안					
단 원	2. 물의 상태 변화	일시	2017.().()요일 ()교시	학년·반	4-()
학습문제	물의 순환 과정 설명하기	족수	.	차 시	1/1
학습목표	물의 순환 과정을 관찰하고 설명할 수 있다.			지도교사	
창의인성 목 표	창의성 목표 : 다양한 경우의 물의 순환 과정을 찾을 수 있다. 인 성 목표 : 친구들과 협동하여 실험을 실시한다.				
교수학습 자 료	교사 자료 물, 얼음, 물의 순환 실험 장치, PPT 학생 자료 교과서				
창의·인성 수업 전략	창의·인성 학습요소 흥미, 호기심, 문제발견, 문제해결능력, 수렴적 사고, 사고의 확장	창의적 사고 기법 PMI	창의·인성 교육방법 순환 학습		
학습단계 (시간)	주 요 학습내용	교수학습 활동		창의인성 학습요소	자료(서) 및 유의점(※)
		교수활동	학습활동		
탐색	학습 동기 유발	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방울이의 여행 동영상 시청 -방울이는 누구인가요? -방울이는 어느 곳을 여행했나 요? ■ 학습 목적 확인하기 	<ul style="list-style-type: none"> □ 방울이의 여행 동영상 시청 -물방울입니다. -강, 산 등을 여행했습니다. □ 학습 문제 확인하기 	흥미 문제 발견	★물집삼 (http://cafe. naver.com/d aascheongda m/11)
	학습 문제 확인	물의 순환 과정을 설명 해 봅시다.			
	학습 활동 순서 안내	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 활동1: 물의 순환 이해하기 ☞ 활동2: 물의 순환 실험하기 ☞ 활동2: 물을 찾아라! 		<ul style="list-style-type: none"> □ 학습 활동 순서 파악하기 	
개념 도입 (15분)	학습활동 전개 <활동1>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 활동1: 물의 순환 이해하기 · 물의 순환에 대해 알고 있는 내용을 발표해 보도록 한다. ◆ 용어 도입 · 물이 들고 도는 것을 무엇이라 고 하나요? 	<ul style="list-style-type: none"> □ 활동1: 물의 순환 이해하기 -강이나 호수의 물이 정화되어 집으로 옵니다. -지구 여러 곳에서 증발한 물이 비나 눈으로 내려 강이나 호수 로 흘러들어온 것입니다. ◆ 용어 이해 -물의 순환이라고 합니다. 	호기심	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 학생들이 보실실에서 영화를거나 방안편의 내 를을 만들어 여 자유롭게 발하도록 한 다.
	<활동2>	<ul style="list-style-type: none"> ■ 활동2: 물의 순환 실험하기 	<ul style="list-style-type: none"> □ 활동2: 물의 순환 실험하기 		<ul style="list-style-type: none"> ★물의 순환 실험장치, 얼음, 등
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <p><실험과정></p>  </div> <div style="flex: 2; font-size: small;"> <ul style="list-style-type: none"> -1단계:공기가 이동하지 못하도록 막음 -2단계:물을 또는 얼음을 넣음 -3단계:물 100ml를 넣고, 온도계 표기를 약 60°C로 조정하고 물 을 가열함 -4단계:상자안쪽 면과 모습을 관 찰함 </div> </div>					

학습단계 (시간)	주요 학습내용	교수학습 활동		창의인성 학습요소	자료* 및 유의점*
		교수활동	학습활동		
	<p><활동3></p> <ul style="list-style-type: none"> · 물이 순환 하는 과정을 설명해 봅시다. ■ 활동3: 물의 순환 예 알아보기 · 생활 속에서 존재하는 물의 순환 과정에 대해서 이야기하고 글로 적어봅시다. · 물의 순환 과정에 의한 변화를 알아보도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 물이 증발되어서 수증기로 되고, 수증기들이 응결하여 구름이 됩니다. 구름속의 작은 물방울이 무거워져 떨어지는데, 이 과정이 반복됩니다. □ 활동2: 물의 순환 예 알아보기 - 바닷물이 증발하여 비나 눈이 되어 내린다. - 공기 중으로 증발한 물이 이슬이 되어 맺힌다. - 나무에서 증발한 물이 다시 비가 되어 내린다. - 욕실에서 증발한 물이 거울에 맺힌다. - 날씨의 변화, 지형의 변화 등이 생깁니다. - 아름다운 자연 경관이 만들어 집니다. 	<p>사고의 확장</p> <p>문제 해결력 수렴적 사고</p>	<p>★ PPT</p> <p>★ 활동지</p>	
개념 적용 (9분)	<p>학습 정리</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 학습내용정리 - 이번 시간에는 어떤 공부를 했나요? - 이번 시간에 배운 주요 학습 내용을 다시 한 번 설명하여 정리한다. - 물의 순환상을 불러볼까요? <p>차시예고</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 차시예고 - 다음 시간에는 거울과 그림자 단원에 대해 학습하겠습니다. 	<ul style="list-style-type: none"> □ 학습내용확인 - 물의 순환 과정에 대해 알아보았습니다. - 학습 내용을 다시 한 번 확인한다. - 물의 순환상을 부른다. □ 차시예고 - 알겠습니다. 수고하셨습니다. 	<p>PM기법</p>	<ul style="list-style-type: none"> ★ 물의 순환상 그려서 파일 PM 기법 물 순환상 수업물문항 물 순환상, 기후변화, 기후, 물, 미로찾기, 물의 순환상 발표하도록 한다. 	
평가	평가 내용	물의 순환 과정을 관찰하고 설명할 수 있다.			상
		물의 순환 과정을 관찰할 수는 있으나 설명하는 능력이 다소 부족하다.			중
		물의 순환 과정을 관찰하지 못하고, 설명하는 능력도 다소 부족하다.			하