

# 증발과 증발 조건에 관한 활동에서 유·초·중학교 학생들의 개념 유형 및 학년별 경향성에 관한 연구

조부경<sup>1</sup> · 고영미<sup>2</sup> · 김호남<sup>3</sup> · 백성혜<sup>4</sup> · 박재원<sup>5</sup> · 박진옥<sup>6</sup> · 임명혁<sup>7</sup>

<sup>1</sup>(한국교원대 유아교육과) · <sup>2</sup>(전남영남초등학교병설유치원) · <sup>3</sup>(한국교원대 초등교육과) · <sup>4</sup>(한국교원대 화학교육과) · <sup>5</sup>(서울고산초등학교) · <sup>6</sup>(전북춘포초등학교) · <sup>7</sup>(대전동도초등학교)

## A Study of Kindergarden, Elementary, and Middle School Students' Conception Types and Trend of Grade Related to Evaporation and Conditions of Evaporation Activities

Cho, Boo-Kyung<sup>1</sup> · Ko, Young-Mi<sup>2</sup> · Kim, Hyo-Nam<sup>3</sup> ·

Paik, Seong-Hey<sup>4</sup> · Park, Jae-Won<sup>5</sup> · Park, Jin-Ok<sup>6</sup> · Im, Myoung-Hyuk<sup>7</sup>

<sup>1</sup>(Department of Early Childhood Education, Korea National University of Education) ·

<sup>2</sup>(Youngnam Public Kindergarten, Chunnam) · <sup>3</sup>(Department of Elementary Education) ·

<sup>4</sup>(Department of Chemistry Education, Korea National University of Education) ·

<sup>5</sup>(Kosan Elementary School, Seoul) · <sup>6</sup>(Chunpo Elementary School, Chunbuk) ·

<sup>7</sup>(Dongdo Elementary School, Daejeon)

### ABSTRACT

This study was to investigate the K-8 grade students' conception types and trend of grade related to evaporation and conditions of evaporation activities. Twenty-five students were random sampled and they were interviewed in-depth during designed activities related to evaporation and conditions of evaporation. The data were analyzed qualitatively. The students' conceptions related to evaporation activities were divided into 5 types. The conceptions related to conditions of evaporation were divided into 5 types, too. Students' conceptions gradually changed to scientific conceptions with grade. But alternative conceptions were continued also.

**Key words:** students' conception, trend of grade, science education, evaporation, conditions of evaporation

### I. 서 론

#### 1. 연구의 필요성 및 목적

학생들이 가지고 있는 과학 개념은 학자에 따라 다

르게 정의되고 있는데, 형식적인 학습을 받기 이전에 형성되었다는 의미의 선개념(preconception)(Ausubel, 1968)이나 과학자의 입장에서 볼 때 잘못되었다는 의미의 오개념(misconception)(Marek,

\*2001.10.27(접수) 2001.11.27(1차 수정) 2002.1.8(2차 수정) 2002.4.25(3차 수정) 2002.5.7(최종 통과)

1986), 보다 증립적인 의미의 대안적 개념 구조 (alternative frameworks)나 견해(Driver & Easley, 1978), 또는 대안적 개념 구조의 집합적 의미를 가진 아동 개념(children's idea)(Kelly, 1997)이라는 용어가 혼용되고 있다.

이처럼 학생의 과학 개념에 대한 학자들의 관점에는 차이를 보이지만 공통적으로 학생들이 가지고 있는 과학 개념의 중요성이 인지되고 이에 대한 연구(Beveridge, 1985; Inbody, 1963; Osborne & Cosgrove, 1983; Taiwo, Motswiri & Masene, 1999)가 꾸준히 발전되어 왔다. 그 결과 학생들은 일상 생활의 경험과 자신의 직관을 이용해 나름대로의 과학 개념을 형성하고 있는데 그 개념은 다양하고 복잡하며 많은 경우 과학자의 개념과 다르다는 것이 밝혀지고 있다. 뿐만 아니라 교사가 학생이 가지고 있는 과학 개념을 이해하지 못하고 과학 수업을 진행할 경우 학생의 과학 개념 형성에 문제를 일으킬 수 있다는 점이 지적되고 있다.

이러한 학생의 과학 개념 중에서 증발 현상은 학생이 일상 생활의 경험을 통해 자주 접하고 있는 자연 현상일 뿐만 아니라 액체에서 눈으로 관찰할 수 없는 기체 상태로의 변화를 다루므로 학생이 올바른 과학적 개념을 갖기가 어려운 현상 중의 하나이다. 따라서 교사가 증발과 관련된 학생의 개념을 미리 파악하고 이해해야 한다는 중요성이 더욱 부각되면서 그에 대한 연구가 국내·외에서 활발히 이루어지고 있다. 그러나 아직까지 유치원부터 중등학교까지 학생들의 개념 유형의 발달 과정을 연계적으로 분석하여 교육 과정에 제시된 개념 전개의 타당성을 점검한 연구는 거의 없다. 따라서 이 연구에서는 증발과 증발의 조건에 대한 개념을 중심으로 학생들의 개념 유형의 발달을 분석하고, 이를 토대로 교육과정 전개의 타당성을 점검해 보고자 한다.

## 2. 선행연구 고찰

### 1) 증발에 대한 아동의 개념 특성

선행 연구(국동식, 1988; 신인철, 1992; 양영민, 1992; 예중성, 1999; 이운정, 1994; 이정화, 1994;

Andrew, 1991; Bar & Galili, 1994; Beveridge, 1985; Inbody, 1963; Johnson, 1998a, 1998b; Osborne & Cosgrove, 1983; Stavy, 1998; Tytler, 2000)의 결과에서 나타난 증발에 대한 아동의 개념 특성을 종합하면 다음과 같다.

첫째, 증발에 대한 아동의 개념은 상황 의존적이다.

둘째, 증발에 대한 아동의 개념은 매우 안정적이어서 수업 후에도 쉽게 바뀌지 않는다.

셋째, 물이 지각적으로 보이지 않는다고 해서 사라진 것이 아니라 어딘가에 존재하고 있다는 것을 이해하는 것은 보존 개념과 관련이 있다.

넷째, 증발 현상을 설명하는 아동이 적절한 과학적인 용어를 사용한다고 해도 그에 대한 과학적 개념을 가지고 있는 것은 아닐 수 있다.

다섯째, 증발에 대한 올바른 과학적 개념을 갖기 위해서는 입자 개념에 대해 이해를 하고 있어야 한다.

### 2) 증발에 대한 아동의 개념 유형

선행 연구에서 나타난 증발에 대한 학생의 개념 유형을 살펴보면, 먼저 접시의 물이 증발되는 상황을 제시하고 증발에 대한 학생의 개념을 조사한 Osborn과 Cosgrove(1983)의 연구에서는 '접시 속으로 들어갔다', '그냥 사라졌다', '공기 중으로 가서 비가 되어 다시 온다', '기체로 변했다' 등과 같은 개념 유형이 나타났다. 이와 유사한 연구로 Bar와 Galili(1994)의 연구에서는 '사라졌다', '흡수되었다'와 같은 지각적 수준의 유형과 '증발되었다', '물이 수증기로 변하여 공기 중에 퍼져있다'는 상태변화 개념을 포함한 유형이 나타났다. 7학년에서 9학년 학생을 대상으로 3년 간 실시한 종단 연구(Johnson, 1998a, 1998b)에서는 물이 수증기로 존재한다는 것에 대한 이해가 없는 수준에서부터 상태 변화의 개념이 있으나 입자 개념이 없는 수준, 그리고 점차 입자 개념으로 이해하는 수준으로 발달해 가는 유형을 보였다. 증발에 대한 개념의 유형을 좀더 세부적으로 밝힌 연구(Tytler, 2000)에서는 '그냥 그렇게 되었어요', '연합', '이동-위치', '이동-물의 순환', '용어만 사용', '공기', '형태 변화' 등의 7가지 유형이 밝혀졌다. 이와 같이 증발에 대한 학생의 개념 유형은 연구자에

따라 다소 차이를 보이지만 공통적으로 보존 개념, 상태 변화 개념, 입자 개념과 관련되어 있음을 알 수 있다.

연구자들에 따라 증발에 대한 아동의 개념을 다르게 구분하였으나 그 공통점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, Osborne과 Cosgrove(1983)의 그냥 사라졌다·말라 버렸다, Bar와 Galili(1994)의 사라졌다, Johnson(1998)의 모르겠다 또는 무반응, Tytler(2000)의 그냥 그렇게 되었다. 연합에 속한 반응은 구체적인 개념이 없거나 지각적 수준으로 이해하고 있고 보존 개념이 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 둘째, Osborne과 Cosgrove(1983)의 접시 속으로 들어갔다. 공기 중으로 가서 비로 온다, Bar와 Galili(1994)의 흡수되었다, Johnson(1998)의 공기 중으로 가서 구름이 된다. 설명이 없이 공기 중으로 갔다, Tytler(2000)의 이동-위치, 이동-하늘에 속한 반응은 물이 보이지 않는다고 해서 사라진 것이 아니라 어딘가로 위치를 옮겨 계속 존재하고 있다는 보존 개념은 형성되어 있으나 물의 상태 변화에 대한 개념은 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 셋째, Osborne과 Cosgrove(1983)의 기체로 변했다, Bar와 Galili(1994)의 증발되었다, Johnson(1998)의 거시적인 수준에서 기체 상태로의 변화 이해, Tytler(2000)의 공기, 상태 변화에 속한 반응은 보존 개념과 상태 변화에 대한 개념은 형성되어 있으나 입자 개념은 형성되어 있지 않음을 알 수 있다. 넷째, Bar와 Galili(1994)의 물이 수증기로 변하여 공기 중에 퍼져있다, Johnson(1998)의 분자로서 퍼져 있다에 속한 반응은 보존 개념, 상태 변화에 대한 개념과 입자 개념이 형성된 유형임을 알 수 있다.

이를 요약하면 증발에 대한 아동의 개념 유형은 연구자들에 의해서 다르게 나타나고 있으나 공통적으로 보존 개념, 상태 변화 개념, 입자 개념과 관련되어 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 보존 개념, 상태변화 개념, 입자개념의 형성을 중심으로 아동의 증발에 대한 개념 유형을 추출해 보고자 한다.

### 3) 증발 조건에 대한 아동의 개념

선행 연구(박홍순, 1995; 양영민, 1992; 이윤정,

1994; 이정화, 1994; 최정렬, 2000; Inbody, 1963; Russell & Watt, 1990)의 결과에서 나타난 증발 조건에 대한 아동의 개념을 종합하면 다음과 같은 특성이 있다.

첫째, 어린 아동은 일상의 경험을 통하여 증발 조건에 대한 개념을 형성한다. 둘째, 초등학교 아동은 증발 조건에 대하여 열원을 가장 많이 인식한다. 셋째, 증발 조건에 대한 아동의 개념은 상황 의존적이다. 넷째, 수업 후에도 쉽게 바뀌지 않거나 병립적인 상태로 존재한다.

## 3. 연구 문제

이 연구의 문제를 구체적으로 제시하면 다음과 같다.

- 1) 증발에 대한 학생의 개념 유형은 어떠한가? 이러한 유형은 학년별 경향성을 나타내는가?
- 2) 증발 조건에 대한 학생의 개념 유형은 어떠한가? 이러한 유형은 학년별 경향성을 나타내는가?

## 4. 연구의 제한점

본 연구는 양적 연구가 아닌 질적 연구이기 때문에 표집 대상을 소규모로 한정하였다. 따라서 연구 결과를 일반화하는데 어려움이 따를 수 있다. 또한 이 연구는 일정 시기 동안 여러 학년의 학생들을 대상으로 자료를 수집한 횡단적 연구이기 때문에, 이 연구 결과를 토대로 학년별 경향성의 변화를 종단적으로 해석하는데 무리가 따를 수 있다. 그러나 이 연구에서는 최종적으로 학년별 개념 유형 변화의 경향을 파악하여 교육과정을 구성하는데 필요한 기초 자료로 활용하고자 하는 목적을 가지기 때문에 이러한 해석을 논의 및 결론에 포함시켰다.

## II. 연구 방법 및 절차

### 1. 연구 대상

본 연구 대상은 충청북도 청원군에 소재한 W 초등학교 병설 유치원 유치반 원아와 초등학교 2학년, 4학

년, 6학년, 중학교 2학년 학생 각 5명씩 총 25명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정은 학급 담임 교사에게 평소 학업 성취도, 학습 태도 및 의사소통 능력이 평균인 학생 5인을 학년 별로 선정 의뢰하였다.

연구 대상의 평균 연령은 유치원(남 3, 여 2명)의 경우 5년 10개월, 초등학교 2학년(남 2, 여 3명)은 8년 5개월, 4학년(남 3, 여 2명)은 10년 1개월, 6학년(남 3, 여 2명)은 12년, 중학교 2학년(남 5명)은 13년 9개월이었다. 이 연구의 결과에서 제시하는 기호 중, T는 면담자를 의미하고, K는 유치원, 2는 2학년, 4는 4학년, 6은 6학년, 8은 중학교 2학년을 의미한다. 그리고 이 기호 옆에 아래 첨자로 표시된 a, b, c, d, e는 각 대상 아동을 의미한다.

## 2 연구 도구

### 1) 과학 활동

본 연구에서 유·초·중학교 학생의 증발에 대한 이해를 알아보기 위해 유·초·중학교의 6, 7차 교육과정과 과학 관련 교재 중 물의 증발에 관련된 과학 활동을 추출하였다. 유치원은 단일 과학 교과가 없으므로 유치원 교육과정과 유아 과학교육 대학교재(이

경우 외, 1999; 이원영, 김덕전, 1995; 신은수 외, 1994; 조부경 외, 1995)를 분석하였다. 초등학교는 연구 시점에서 제 7차 교육과정이 적용되는 시기를 고려하여 1, 2학년은 7차 교육과정에 따른 슬기로운 생활 교과서를, 3학년~6학년은 6차 교육과정과 그에 따른 자연 교과서 및 교사용 지도 자료를 분석하였다. 중학교는 8종 교과서로 교육부 고시 제 1997-15호에 따른 제 6차 교육과정에 의해 개발된 과학 교과서를 분석하였다.

각 교재의 분석은 유치원은 유치원 교사가, 초·중등은 초등 교사가 실시한 후 물의 증발에 관련된 활동으로 유치원은 2가지, 초등은 5가지를 추출하였다. 이 과정에서 유치원 교사 1인, 초등 교사 3인, 유아교육 전문가 1인, 초등과학교육 전문가 1인, 중등과학교육 전문가 1인의 협의 과정을 거쳤다

위의 교재 분석 과정을 거쳐 추출된 물의 증발에 관한 활동 중 각 학년에 비슷한 활동이 제시된 경우는 한 활동으로 통합하고 설명식 수업은 제외하였다. 선정된 과학 활동은 Table 1과 같다.

### 2) 면담 문항

학생들의 증발에 대한 이해를 알아보기 위한 방법

Table 1. Science activities

Grade	Unit*	Theme	Activity	Material
K		Water painting	· Drying water painting with dryer & fan and under the sun · Saying how the water was dried and where it was gone	dryer, Fan, water, Paper, painting brush
		Washing cloth	· Drying cloth with dryer & fan and under the sun · Saying how the water was dried and where it was gone	dryer, fan, cloth, water
3-1	4. Weather (2) weather	Water in the air	· Observing the outer face of a glass	glass, ice, water
5-1	3. Weather changing (2) water in the air	Wet and dry of the air	· Finding out the examples that the water goes into the air	
3-2	3. Various materials (2) various liquid	Evaporation of liquid	· Observing evaporation of the alcohol, water, and oil	alcohol, water, oil, glass
6-1	3. particle	Evaporation of liquid		
5-1	3. Weather changing (2) water in the air	□	· Finding out the examples of evaporation	glass, alcohol lamp, cotton, water
		Conditions of evaporation	· The relationship between Temperature and evaporation · The relationship between wind and evaporation	

\*The units of K grade were not fixed.

인 활동에 기초한 면담(DeVries, 1986)을 실시하기 위하여 면담 문항을 선정하였다. 유치원은 유치원 교사가, 초·중등은 초등교사가 각 활동에 관한 구체적인 교수 계획안을 작성하였다. 그 결과 Table 2와 같은 면담 문항이 추출되었다.

Table 2. Interview questions

concepts	interview question	interview items
evaporation		<ul style="list-style-type: none"> <li>· What happened to the water?</li> <li>· Where is the water gone?</li> <li>· Where id the vapor?</li> <li>· Why can't we see the vapor?</li> </ul>
conditions of evaporation		<ul style="list-style-type: none"> <li>· What can we do for dry?</li> <li>· How can we dry fast?</li> <li>· Why does it dry fast?</li> </ul>

## 2 연구 절차

### 1) 연구자 훈련

본 연구에서 활동할 면담자를 훈련을 위해 유아교육 전문가 1인, 초등과학교육 전문가 1인, 중등과학교육 전문가 1인과 활동을 담당할 4인의 교사들이 관련 연구(Devries, 1986)를 토대로 활동에 기초한 면담에 대한 논의를 하였다. 또한 각 활동에 대한 구체적인 교수 계획안의 작성 및 검토의 과정을 거쳐 작성된 면담 문항을 토대로 2회의 모의 수업을 실시하였다. 모의 수업 후에는 대상 연령에 따른 면담 문항의 적절성 등에 관한 논의를 거쳤다.

### 2) 활동 전개 및 면담실시

연구 기간은 5주가 소요되었으며, 활동별 1회씩 총 25회 활동을 전개하고 이 과정에서 면접을 병행하였다. 매 회당 소요 시간은 아동의 흥미와 반응에 따라 50분~90분으로 유치원 활동은 유치원 교사가, 초·중등 활동은 초등 교사가 실시하였다.

활동의 전개 방식은 각 학년별로 활동에 참여하게

하여 훈련받은 교사와 학생이 함께 활동을 하면서 교사가 Table 2의 면담 문항을 각 학생들에게 개별적으로 질문하는 방식으로 이루어졌다.

### 3) 자료 수집

본 연구는 질적 연구에서 자료 수집의 신뢰도와 타당도를 높이기 위한 방법인 삼각 측정법(김효남, 1999; Stake, 1995; William, 1995)을 이용하여 다면적으로 자료를 수집하였다. 첫째, 비디오 녹화와 현장 관찰일지 수집으로 본 연구 기간 동안 활동에 기초한 면담을 실시하지 않는 교사 2인은 활동의 전 과정을 비디오 녹화하였고 유아교육 전문가 1인, 초등과학교육 전문가 1인, 중등과학교육 전문가 1인이 학생의 반응에 대한 상세한 정보와 현장의 상황, 느낌 등을 메모 식으로 기록하였다. 둘째, 학생 관찰일지 수집으로 과학 활동 실시 후 학생들이 그림으로 그리거나 글씨로 기록한 관찰일지를 수집하였다. 셋째, 학생 추가 면접 자료 수집으로 자료 분석 과정에서 개념 유형이 명확히 드러나지 않는 학생을 추가 면접한 자료를 수집하였다.

### 4) 자료 분석

자료 분석을 위하여 비디오 녹화 자료를 전사하였다. 또한 참관하여 관찰한 학생에 대한 상세한 정보와 상황 등이 기록된 메모식 관찰일지, 학생들이 직접 그림으로 그리거나 글씨로 기록한 관찰일지, 추가 면접 자료를 하나의 자료로 통합하였다.

이러한 과정을 통해 증발과 증발에 영향을 미치는 요인에 대한 학생들의 개념 유형을 분석하였다. 마지막으로 현상의 의미를 객관화하는 해석 단계(유혜령, 1998)를 거쳐 분류된 개념 유형에 대한 해석과 재해석을 반복하여 최종적으로 가장 타당한 유형을 추출하였다.

이 과정에서 연구 과정과 결과의 타당도와 신뢰도를 높이기 위해서 유아교육 전문가, 초등과학교육 전문가, 중등과학교육 전문가와의 협의 과정(peer check)과 담임교사의 확인 과정(member check)을 거쳤다.

### Ⅲ. 결과 및 논의

#### 1. 증발에 대한 학생의 개념 유형 및 학년별 경향성 분석 결과

증발에 대한 학생의 개념 유형은 크게 5가지로 분석되었다(Table 3).

**Table 3.** Students' conception types of evaporation

	Type
Type 1	Perceptual understanding without conception of state change
Type 2	Understanding of conservation without conception of state change
Type 3	Understanding of conservation and state change without of vapor in the air
Type 4	Understanding of conservation, state change, and vapor in the air
Type 5	Understanding of particle

이러한 유형을 학년별로 분석해 보면, 다음과 같은 경향이 나타났다(Table 4).

증발 개념 유형 1은 상태 변화의 개념이 없으며 지각적인 수준으로 이해하는 경우이다. 이 유형의 학생은 지각에 의존하는 사고를 보였다. 예를 들어 Ke는 물 그림 그리기 활동에서 '물이 어디로 갔을까?' 라는 교사의 질문에 '말랐어요' 라는 반응을 하였고, 마른 물에 대해서는 '어디로 갔는지 모르겠다' 는 반응을 하였다. 그리고 Ka는 물 그림을 그리면서 종이 속

에 물이 스며드는 것을 보고 '종이 속에 스며들었어요'라는 반응을 하였다. 그러나 스며든 물이 어디로 가는지에 대해서는 모르겠다는 반응을 하였다.

T : 물이 어디로 갔을까?

Ke: 말랐어요

T : 말라서 어디로 갔지?

Ka: 종이 속에 스며들었어요

T : 스며든 물은 어디로 갈까?

Ka: (대답을 하지 못한다)

[물 그림 그리기]활동 중에서

그 외에도 Kb는 '날아가 버려요', Kc는 '하늘로'와 같이 반응하였다. 그러나 면담자의 심층적인 질문이 반복되자 Ka나 Ke처럼 대답하지 못하거나 지각적인 수준의 이해에서 벗어나지 못하였다. 분석 결과, 연구 대상이었던 유치원생 5명 모두 지각적 수준의 이해로 분류되었다. 이와 같은 연구 결과는 증발 현상이란 지각적으로 보이지 않으므로 5세아의 경우 증발된 것을 사라졌다고 생각한다는 연구(Inbody, 1963; Tytler & Peterson, 2000) 결과와도 일치한다.

증발 개념 유형2는 상태변화의 개념은 없으며, 보존 개념으로 증발을 이해하는 경우이다. 이 유형의 학생들은 물 그림 그리기 활동에서 '물이 어디로 갔지?' 라는 교사의 질문에, '종이 가운데' (2a), 혹은 '종이 속으로' (2b) 라고 반응하였다. 또한 액체의 증발 활동에서는 '하늘로 올라가요' 라는 반응을 보였다. 그러나 지각적 수준의 응답과는 달리, 계속되어지는 면담을 통해 물은 어딘가에 존재하고 있을 것이라는 생각

**Table 4.** The trend of students' conception types related to evaporation by grade

Grade	Students' conception types				
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
K	Ka, Kb, Kc, Kd, Ke				
2		2a, 2b, 2c, 2e	2d		
4			4a, 4b, 4c, 4d		
6			6e	6a, 6b, 6c, 6d	
8					8a, 8b, 8c, 8d, 8e

을 꾸준히 하는 것으로 나타났다. 따라서 이 유형의 학생들은 물이 지각적으로 보이지 않는다고 해도 사라지는 것이 아니라 종이 속이나 하늘 등 어디엔가 존재할 것이라는 보존 개념을 가지고 있음을 알 수 있다. 그러나 액체에서 기체로 물이 상태 변화하는 증발에 대해서는 과학적인 이해가 없는 것으로 나타났다.

이는 Bar & Galili(1994)의 연구 결과와도 일치하는 것이다. 이 연구에서는 보존 개념과 증발에 대한 개념의 관련성에 관하여 연구하였는데, 보존 논리가 있는 학생은 흡수되었다고 응답하는 경향이 더 많고 보존 논리가 없는 학생은 사라졌다고 응답하는 비율이 더 높았다는 결과를 제시하였다.

또한 이 연구에서는 상황에 따라 학생들의 반응이 달라짐을 지적하였는데, 본 연구에서도 증발에 관련된 활동 중 증기를 소재로 사용하였을 경우와 유리판을 소재로 사용하였을 때 학생들의 반응이 다른 것으로 나타났다. 즉, 유리판이었을 때 보다는 증기였을 때 '흡수되었다'는 반응이 더 많이 나타났다.

연구 대상이었던 5명의 초등학교 2학년 학생들 중에서 4명이 이 유형에 해당하였다. 따라서 대다수의 2학년 학생들은 개념 유형 2로 증발을 이해할 가능성이 높다고 할 수 있다.

증발 개념 유형 3은 상태 변화에 대한 개념과 보존 개념은 있으나 공기중의 수증기에 대한 개념이 형성되지 않은 경우이다. 이 유형의 학생 중 2d는 '물이 어디로 갔을까?' 라는 질문에 '수증기가 되어서 위로 올라갔다'고 반응을 하였다. 그러나 '수증기가 무엇이나?' 는 질문에는 응답을 하지 못했다. 즉 용어를 사용하기는 하였으나, 기체 상태의 수증기를 인식하고 있지는 않은 것으로 분석되었다.

'수증기나 물이 어디에 있을까?' 라는 질문에 4b는 '땅 속에', 4a는 '구름으로 가서 비로', 6e는 '천장에'와 같이 반응하였다. 따라서 이 유형의 학생들은 수증기라는 용어를 알고 사용하기는 하지만, 기체 상태의 수증기에 대해 정확하게 이해하지는 못하는 것으로 분석하였다. 이는 선행 연구(Andrew, 1991; 이정화, 1994)의 결과와도 일치하는 것이다. 이 연구들도 어떤 현상에 대하여 학생이 과학적 용어를 사용하여

설명하는 것과 그에 대해서 이해하는 것은 다를 수 있다는 점을 지적하였다.

증발 개념 유형 4는 상태 변화에 대한 개념, 보존 개념과 공기 중의 수증기에 대한 개념이 형성된 경우이다. 이 유형의 학생 중 6b는 물 그림 그리기 활동에서 '기체가 되어서 하늘로 올라갔어요'와 같이 증발 현상을 '기체'라는 용어를 사용하여 표현하였다. 또한 6a와 6b는 기체 혹은 수증기라는 용어를 사용하였을 뿐 아니라 공기 중에 존재한다는 사실도 이해하는 것으로 나타났다. 예를 들어 6a의 경우에는 '여기 공기 중에 다 있는 것 같아요', 6d의 경우에는 '우리 주변에도 있어요'라고 반응하였다. 따라서 이들은 기체 상태의 물이 어디 한 곳에만 있는 것이 아니라 공기 중에 존재한다는 것을 이해하는 것으로 분석하였다. 반면에 유형 1이나 2로 분석한 학생들의 경우에는 이러한 사고를 하지 못하고 단순히 하늘로 올라가서 공기 중에는 존재하지 않는 것처럼 이해하고 있었다.

T : 물이 어디로 갔을까?

6a, 6b: 수증기로 되어서, 여기 공기 중에 다 있는 것 같아요.

6d: 공기 중으로 갔다 비로 내려요, 우리 주변에도 있어요.

[빨래하기] 활동 중에서

이 유형은 주로 6학년 학생들에게서 나타났다. 이는 아마도 6학년 때 자연 교과서에서 미시 세계의 입자 인 분자의 개념을 학습하는 것과 관련이 있을 것이라고 추측된다. Stavy(1998)의 연구에 따르면, 물질에 관한 입자 이론을 배우는 것을 분기점으로 하여 물질의 상태와 상태 변화에 대한 학생들의 이해가 급격하게 변함을 지적하였다.

증발 개념 유형 5는 입자 개념으로 이해하는 경우이다. 이 유형의 학생은 '물이 어디로 갔지?'라는 질문에 '공기 중으로 갔다'고 반응을 하고, 공기 중의 물이 안 보이는 이유를 분자의 크기나 운동으로 설명을 하였다. 따라서 이 유형의 학생들은 미시 세계의 입자 개념과 이들의 운동을 이해하고 있다고 판단되었다.

이러한 반응은 중 2학년에서 주로 나타났다. 이는 기체를 입자로 설명하는 시기를 9학년으로 본 선행 연구의 결과(Stavy, 1998; Johnson, 1998a; Johnson, 1998b)와도 유사하다.

## 2 증발의 조건에 대한 학생의 개념 유형 및 학년별 경향성 분석 결과

증발에 대한 학생의 개념 유형은 크게 5가지로 분석되었다(Table 5).

**Table 5.** Students' conception types of evaporation condition

	Type
Type 1	Perceptual understanding based on their own experiences
Type 2	Understanding with the difference between hot and cold
Type 3	Understanding with heat
Type 4	Understanding with temperature
Type 5	Understanding with heat transfer and humidity

이러한 유형을 학년별로 분석해 보면, 다음과 같은 경향이 나타났다(Table 6).

증발 조건 유형 1은 학생의 경험과 관련하여 지각적 수준으로 이해하는 경우이다. 이 유형의 학생들은 증발의 가장 큰 조건으로 햇볕을 들었다. 이는 일상 생활의 경험을 통해 지각한 것으로 분석되었다. 이 유형의 학생들은 '햇볕이 물을 마르게 한다'는 생각

때문에 햇볕이 들어오지 않는 실내의 경우에 왜 빨래가 마르는지 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 또한 Ka, Kb, Kc, Kd의 경우, 해가 없는 곳에서도 증발 현상이 일어나는 것을 제시하여도 꾸준히 그러한 질문과 무관하게 '햇볕이 있는 곳이 더 빨리 마른다'고 반응하였다.

T : 그럼 어떻게 해서 이것이 마를까?

Ke: 해.

T : 해님 때문에 마르는 것 같아요? 그럼 여기에 해님이 있니?

Ke: (밖을 쳐다보며) 밖에.

T : 밖에 해님이 있어요? 밖에 해님이 있고 안에는?

Ke: (고개를 흔들며) 없어요.

T : 그런데도 마를 것 같다고 생각하니?

Ke: 네.

T : 어떻게 해서 마를까? 해님이 없는데?

Ke: (무응답)

[빨래하기]활동 중에서

일부 학생들은 바람이 증발의 조건이라고 생각하였다.

T : 드라이기 바람을 쐬면 어떤 일이 일어날 것 같애?

Ka: 다 마를 것 같아요.

T : 왜 다 마를 것 같다고 생각해?

Ka: 뜨거운 바람이 나오니까.

T : 그럼 찬바람이 나오면?

Ka: 말라요.

T : 찬바람도 마른다고 생각하니? 왜?

**Table 6.** The trend of students' conception types related to evaporation condition by grade

Grade	Students' conception types				
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
K	Ka, Kb, Kc, Kd, Ke				
2	2a, 2b, 2c, 2d, 2e				
4	4b, 4a, 4c, 4d, 4e				
6	6a, 6b, 6c, 6d, 6e				
8	8b, 8c, 8a, 8d, 8e				



Ka: 바람이니까.

[물 그림 그리기] 활동 중에서

이와 같이 해나 바람과 같이 학생들이 지각할 수 있는 외부 요인으로 증발의 조건을 언급한 경우에는 모두 지각적 수준의 이해로 분류하였다.

증발 조건 유형 2는 증발의 조건으로 차거나 뜨거운 개념을 도입하는 경우이다. 예를 들어 4b는 '찬 공기에서 더 잘 말라요' 라고 반응하였고, 선풍기나 에어컨 바람을 쏘이면 그냥 두는 것보다 더 차기 때문에 더 잘 마른다고 생각하였다. 즉 이 유형의 학생들은 단순히 바람 때문에 잘 마른다고 지각하는 수준의 유형 1과는 달리, 바람이 차기 때문에 더 잘 마른다는 생각을 하였기 때문에 유형을 구분하였다.

또한 이 유형의 학생들은 뜨거운 것도 증발의 조건이라고 생각하였다. 물의 증발조건 활동에서 2a, 2b, 2c는 뜨거운 것, 찬 것, 그냥 두는 것의 순서로 증발이 빨리 일어난다고 응답하였다.

그런데 응답의 분석 결과, 이 유형의 학생들은 바람과 항상 찬 것을 연관시킴을 확인할 수 있었다. 일상생활의 경험에서 바람이 불 때에는 항상 체감 온도 때문에 차게 느끼는 경험에서 이러한 생각이 비롯되었을 것이라고 추측할 수 있다. 따라서 이들은 찬 경우에 더 잘 마른다는 생각을 가지고 있었지만, 선풍기 바람보다 에어컨 바람이 더 차다고 생각함에도 불구하고, 에어컨 바람보다 선풍기에서 빨래가 더 잘 마른다는 사실은 경험적으로 인식하고 있었다. 이들은 대부분 이러한 모순적인 상황에 대한 인식을 못하고 계속되는 면담자의 질문에 답을 하지 못하는 경향을 보였다. 즉 더 잘 수록 더 잘 마른다는 생각과 에어컨 바람이 선풍기 바람보다 더 차지만 선풍기 바람에서 빨래가 더 잘 마른다는 생각 사이의 갈등을 인식하거나 해결하지 못하였다.

증발 조건 유형 3은 열 개념으로 이해하는 경우이다. 열이란 높은 온도에서 낮은 온도로 이동하는 에너지의 개념인데, 빨래하기 활동에서 '어떻게 하면 빨리 마를까?' 라는 질문에 4a, 4d는 '열'이라는 용어를 사용하였다. 그러나 이들이 이해하고 있는 열의 개념은 높은 온도에서 낮은 온도로 이동하는 에너지

의 개념은 아니었다. 즉, 이들은 열이라는 용어를 사용하였으나 이에 대한 정확한 이해는 없는 것으로 분석되었다. 이는 증발 개념 유형 3에서 학생들이 '수증기'라는 용어를 사용하기는 하였으나, 기체 상태의 수증기를 인식하지 못하고 있는 경우와 유사하다. 이와 같은 반응은 4c, 4e, 6a, 6b에게서도 나타났다. 이들은 뜨거운 것이라는 의미로 열을 사용하였다. 이러한 경향은 주로 4학년울 중심으로 나타났으며, 일부 6학년에서도 나타났다.

증발 조건 유형 4는 온도 개념으로 이해하는 경우이다. 6학년 3명, 중학교 2학년 2명에게서 이와 같은 반응이 나타났는데 온도가 높을 때 물이 빨리 증발됨을 이해하고 있었으나, 온도를 입자들의 운동 에너지 개념으로 이해하고 있지는 못했다. 즉, 온도라는 용어를 사용하여 증발의 조건을 인식하였으나, 차고 뜨거운 정도의 의미로 온도를 이해하고 있는 수준이었다. 물질의 상태나 상태변화를 인식하기 위하여 입자 운동의 개념이 필수적인 것(Stavy, 1998; Johnson, 1998a; Johnson, 1998b)과 마찬가지로, 상태변화의 조건으로 온도의 개념을 이해하기 위해서도 입자 운동의 개념이 필요하다. 이러한 점에서 볼 때 온도라는 용어는 사용하였으나 이에 대한 정확한 입자적 관점을 가지고 있지 못한 경우를 이 유형에 포함시켰다.

선행연구(김익진, 1999)에서도 4-6학년을 대상으로 '알코올 램프로 물을 가열할 때 비커 속의 온도가 눈금이 올라가는 이유'에 대하여 알아보았는데, 대부분의 아동이 '열이 모여서'라는 응답을 한 것으로 나타났다. 그리고 입자 운동의 관점을 가진 학생들은 거의 없는 것으로 분석되었다. 즉 온도를 가열할 때 모인 뜨거운 열의 양을 나타내는 개념으로 이해하고 있음을 알 수 있다.

증발 조건 유형 5는 열의 이동과 습도 개념으로 이해하는 경우이다. 이 유형에서 비로소 학생들은 열을 온도 차이에 의한 이동 개념으로 이해하기 시작하였다. 이 유형에 해당하는 학생들은 중학교 2학년의 3명 뿐이었다. 이와 관련된 교육과정을 분석해 보면, 중학교 1학년에서 열과 온도를 구분하는 내용이 제시되어 있다. 따라서 이를 분기점으로 하여 학생들이 열과 온도를 비로소 구분하기 시작한다고 볼 수 있다. 그

러나 열과 온도에 대한 내용은 초등학교 3학년 때부터 꾸준히 다루어지고 있으며(최행숙 등, 2001), 열이나 온도라는 용어가 과학 교과서에 3학년 이후의 과학 교과서에 반복적으로 사용되고 있다. 따라서 이러한 연구 결과를 토대로 할 때, 과학적 용어의 사용에 있어서 학생들의 인식 유형을 고려할 필요가 있음을 알 수 있다.

또한 이 유형의 학생들은 습도도 증발의 조건으로 인식하고 있었다. 그러나 8a의 경우에는 습도라는 용어를 구체적으로 사용하였으나, 습도에 대한 과학적 개념은 제대로 형성되지 못한 것으로 분석되었다. 반면 8c는 '건조할 때' 물이 더 빨리 증발된다고 반응하였다. 따라서 이 학생은 습도라는 용어를 직접 사용하지는 않았으나 증발의 조건으로 습도를 이해하는 것으로 분석하였다.

습도의 개념은 초등학교 3학년에서 '공기 중의 물기'라는 개념으로 제시되어 있다. 그러나 이 연구 결과 습도의 개념이 제대로 형성되는 시기는 초등학교 6학년보다 늦다는 점을 알 수 있다. 따라서 이러한 연구 결과를 토대로 적정 학년에서 학생들의 인지 수준을 고려하여 적절한 과학 개념을 제시할 수 있는 연구가 필요함을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

이 연구에서는 유·초·중학교 학생들을 대상으로 증발과 증발 조건에 대한 개념의 유형 변화 과정을 알아보려 하였다. 활동적 면접을 통해 자료를 수집하고 질적 분석을 거쳐 밝혀진 결과를 토대로 한 결론은 다음과 같다.

첫째, 분석된 개념 유형은 뚜렷하게 학년별 경향성을 가진다. 예를 들어 증발이나 증발의 조건에 대한 개념의 경우, 유치원은 주로 현상을 지각하는 수준의 개념 유형으로 분석되었다. 초등학교 2학년은 보존논리나 차갑고 뜨거운 개념과 같이, 단순히 지각하는 수준을 넘어선 개념 유형을 나타내었다. 그러나 이들은 공통적으로 증발이나 증발의 조건에 관련된 과학적 개념은 형성되어 있지 않았다. 초등학교 4학년부터는 과학적 용어의 사용이 두드러졌다. 그 전 학년

에서는 주로 뜨겁다거나 차다는 것, 바람이나 해 때 문이라는 것 등을 고려하였으나, 이 학년 이후부터는 열, 온도, 습도 등의 용어를 사용하였다. 그러나 용어를 사용하였다고 해서 반드시 관련 개념을 과학적으로 정확하게 이해하고 있는 것은 아니었다.

보다 고학년으로 갈수록 과학적 개념은 뚜렷하게 형성되는 경향이 나타났다. 특히 증발 개념의 경우에는 먼저 기체 상태에 대한 과학적 개념의 인식이 초등학교 6학년에서 집중적으로 형성되었으며, 이러한 단계를 거쳐서 중학교 2학년 때에는 증발이라는 상태 변화를 미시적인 입자 운동의 관점에서 설명할 수 있게 되는 것으로 나타났다. 또한 증발의 조건으로 뜨겁다는 의미의 열 개념이 초등학교 4학년과 6학년에서 먼저 형성되고, 그 후 6학년과 중학교 2학년에서 온도의 개념이 형성되며, 최종적으로 중학교 2학년의 일부 학생들에게 온도 차이의 개념으로 보다 과학적인 열 개념이 형성되었다. 그리고 증발의 조건으로 습도의 개념도 중학교 2학년에 가서야 형성되었다.

습도는 공기 중의 물기 개념으로 초등학교 3학년에서 이미 제시된다. 그리고 초등학교 5학년에서는 습도계의 개념도 제시된다. 그러나 이 연구에 의하면 초등학교 6학년이 되어야 기체 상태에 대한 정확한 개념이 형성되기 때문에 초등학교 5학년까지는 이에 대한 정확한 과학 개념을 형성하기 어려울 것이라고 판단된다. 습도는 기체 상태의 수증기를 의미하기 때문에 기체에 대한 과학적 개념이 형성되기 전에는 과학적으로 올바른 학습이 어려울 것이기 때문이다. 또한 기체의 과학적 관점이 형성된 초등학교 6학년조차도 증발의 조건으로 습도의 개념을 언급하지 못하고, 증발이라는 현상을 미시적인 입자운동의 관점에서 설명할 수 있게 되는 중학교 2학년에 가서야 비로소 학생들이 증발의 조건으로 습도를 언급할 수 있게 된다는 점은 시사하는 바가 크다. 습도의 개념이 단순히 기체와 관련된 개념이라는 점만을 고려하여 기체 개념을 형성한 학생들에게 증발의 조건으로 습도와 같은 개념을 바로 제시하는 것도 적절하지 못할 수 있기 때문이다. 따라서 이 연구와 같이 학생들의 관련 개념 유형 발달의 기초 연구를 선행하여 이를 토대로 교육과정의 내용을 재구성할 필요가 있다고 본다. 이

연구에 따르면 최소한 증발과 증발의 조건에 관해서는 현 교육과정의 학년별 내용 구성에 문제가 있음이 드러났다고 본다.

둘째, 과학적 개념이 아직 형성되기 전 단계에서 일부 제한된 경험이 잘못된 결론으로 이끄는 경우들이 발견되었다. 예를 들면 같은 증발 현상에 대한 경우에도 유리판에서의 증발과 종이에서의 증발에 대한 학생들의 반응은 달랐다. 즉 종이의 경우에는 흡수의 개념이 유리판의 경우보다 더 강하게 작용하여 물의 상태 변화에 대한 개념 형성에 장애가 되는 것으로 나타났다. 또한 바람을 항상 찬 것과 연관시킴으로써 증발의 조건을 이해하는데 걸림돌이 되는 경우도 분석되었다. 즉, 높은 온도나 열을 가할 때 더 잘 증발된다는 생각이 바람이 부는 찬 조건에서 증발이 잘 된다고 생각과 뒤엉키는 경우를 발견하였다. 이는 바람이 불 때 느끼는 체감온도로 인해 차게 느끼는 경험과, 바람이 불 때 습도가 낮아져 증발이 잘 되는 것 사이에서 혼동을 유발했기 때문일 가능성이 높다.

6차 교육과정에서는 초등학교 5학년 1학기에 간유리판에 물을 묻힌 후 부채질을 한 경우와 알코올램프로 가열하는 경우를 비교함으로써 증발의 조건으로 바람과 열의 역할을 구분하여 이해하도록 구성되어 있다. 또한 초등학교 3학년 1학기에 공기 중의 물기 개념을 제시하고 5학년 1학기에는 습도계에 대해 제시하고 있다. 그러나 구체적으로 바람과 습도 및 증발의 조건에 대한 연결이 이루어질 수 있는 활동이 제대로 제시되지 않아서 학생들은 일부 단편적인 경험을 통해 바람과 찬 정도를 연결시키고 습도와 연결시키는 것을 실패함으로써 증발의 조건에 대한 이해에 혼동을 야기하게 된 것이다.

따라서 교과서에서 어떤 과학 현상을 통해 관련 과학 개념을 다룰 때, 이러한 혼동이 유발되지 않도록 다양한 상황을 제공함으로써 학생들이 보다 정확한 과학 개념을 습득할 수 있도록 내용을 구성할 필요가 있다고 본다. 예를 들면 이 경우에는 더운 바람과 찬 바람을 비교하도록 하여 줌으로써 바람이 항상 찬 것과 연관되는 것은 아니며, 덥고 찬 정도는 상대적인 열 이동 개념임을 확인시켜주는 활동이 필요하리라 생각된다. 또한 증발 현상에서 바람의 역할은, 온도

차이에 따른 열이동 개념이 아니라 주변 공기의 습도를 낮추어주는 역할을 하는 것이라는 점을 연결시켜 제시할 필요가 있을 것이다.

셋째, 학생들이 비록 관련 과학 용어를 사용하는 경우에도 그 개념에 대한 이해가 형성되지 못한 경우가 나타났다. 이러한 용어와 개념 이해 사이의 괴리는 4학년부터 시작하여 6학년과 중학교 2학년까지도 지속되었다. 예를 들어 이러한 유형의 학생들은 뜨거운 것이라는 의미로 열이나 온도를 사용하였으나, 입자운동의 관점에서 정확한 과학 개념을 형성하고 있지 못하였다. 수증기라는 용어도 2학년부터 사용하기 시작하였으나 이들이 기체 상태인 수증기를 제대로 인식하지는 못하는 것으로 분석되었다. 그러나 열과 온도에 대한 내용이나 공기 중의 물기로서의 수증기에 대한 내용은 초등학교 3학년 때부터 꾸준히 다루어지고 있으며(최행숙 등, 2001), 이러한 용어가 그 이후부터 과학 교과서에 반복적으로 사용되고 있다. 따라서 교과서에서 어떠한 과학 용어를 도입하여 사용하기 전에 이에 대한 학생들의 개념 유형을 고려할 필요가 있을 것이다. 그렇지 않으면 교사와 학생들은 단순히 용어를 사용함으로써 마치 그 개념을 알고 있는 것과 같이 생각하게 되는 문제가 발생할 가능성이 높다.

이 연구에 따르면 교과서에서 이미 도입되고 사용되었던 상태변화의 개념이나 습도의 개념 혹은 열이동의 개념은 도입된 학년보다 훨씬 높은 학년에 가서야 일부 학생들에게 국한하여 올바르게 습득되는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 유형의 연구 결과를 토대로 적정 학년에서 학생들의 개념 형성 과정을 고려한 적절한 과학 개념의 도입이 필요하다. 물론 연구자에 따라 교육에 의해 과학 개념의 형성 여부가 결정될 수도 있다고 볼 수 있으나, 아무리 가르쳐도 어떤 특정 학년 이하에서는 과학 개념의 형성이 어렵고 단순히 용어를 사용하는 수준으로 학습이 일어난다면, 이는 교육과정을 구성하는데 오히려 보아야 할 점이라고 생각한다.

또한 교사들은 학생이 사용하는 용어의 의미가 교사나 교재에서 사용하는 용어의 의미와 다를 수 있다는 점을 고려하여 과학적 용어를 사용할 때 보다 신

증을 기하고, 어떤 의미로 그 용어를 사용하였는지 정확히 인지하도록 노력할 필요가 있다.

## 적 요

본 연구는 증발과 응결 조건에 관련된 활동으로부터 유치원부터 중학교 2학년까지 학생들의 개념 유형과 학년별 경향성을 알아보고자 하였다. 임의로 선정된 25명의 학생들을 대상으로 활동적 면접을 실시한 뒤, 수집된 자료를 질적으로 분석하였다. 증발에 대한 학생의 개념 유형은 5가지로 구분되었다. 또한 증발의 조건에 대한 학생의 개념 유형도 5가지로 구분되었다. 그리고 고학년으로 갈수록 과학적 개념으로 변화하지만 과학자의 개념과는 다른 개념이 지속되는 경향을 보였다.

## 참 고 문 헌

- 강태정(2000). 물질의 상태와 상태변화에 대한 초등 학생의 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 석사 학위 논문.
- 최행숙, 김은경, 백성혜, 이길재, 정원호(2001). 초등학생들의 열과 온도에 대한 대안개념 조사. 초등과학교육, 20(1), 123-138.
- 김익진(1999). 초등학생의 열 개념의 유형과 온도 개념 형성의 관계. 대구교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 박홍순(1995). 국민학교 아동들의 증발 현상에 대한 이해도 조사. 상지대 교육대학원 석사학위 논문.
- 신인철(1992). 증발과 응결에 대한 국민학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 신은수, 안경숙, 유은영, 김은정(1994). 생활과 환경 중심의 유아 과학 교육. 서울: 양서원.
- 양영민(1992). 증발과 응결에 대한 국민학교 학생들의 개념조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- 유혜령(1998). 교재·교구 경험의 의미에 관한 현상학적 이해. 한국유아교육학회 1998년도 연차 학술 대회: 유아교육에서의 질적 연구, 113-135.
- 이경우, 조부경, 김정준(1999). 구성주의 이론에 기초한 유아과학교육. 서울: 양서원.
- 이원영, 김덕건(1995). 활동 중심의 유아 과학 교육. 서울: 양서원.
- 이윤정(1994). 국민학교 4, 5학년 학생들의 증발과 응결에 대한 선개념 유형과 경험 활동 학습을 통한 개념 변화 연구.
- 이정화(1994). 국민학교 저학년 학생의 증발과 응결에 대한 선개념 조사 및 수업을 통한 개념 변화. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 조부경, 이경우, 장혜순, 김정준(1995). 문학적 접근에 기초한 유아과학교육. 서울: 교육부.
- 최정열(2000). 물질의 변화에 대한 과학 활동에서 나타난 유아의 과학적 사고과정. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.
- Andrew, M. M.(1991). Elementary children's concepts of the water cycle. Doctoral dissertation, Oklahoma State University.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Bar, V., & Galili, I.(1994). Stage of children's views about evaporation. *International Journal of Science Education*, 16(2), 157-174.
- Beveridge, M.(1985). The development of young children's understanding of the process of evaporation. *British Journal of Educational Psychology*, 55(1), 84-90.
- Devries, R.(1986). Children's conception of shadow phenomena, genetic, social and general monographs, 112(4). 김정준 역(1990). 그림자 개념 발달. 한국 어린이 육영회.
- Driver, R. & Easley, J. (1983). Pupils and paradigms: A review of the literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 61-64.
- Inbody, D.(1963). Children's understanding of

- natural phenomena. *Science Education*, 47(3), 270-281.
- Johnson, P. M.(1998a). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1: Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, 20(5), 567-583.
- Johnson, P. M.(1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 2: Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695-709.
- Kelly, G. J.(1997). Research traditions in comparative context: A philosophical challenge to radical constructivism. *Science Education*, 81, 355-375.
- Osborne, R. J. & Cosgrove, M. M.(1983). Children's conception of the change of State of Water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(9), 825-838.
- Russell, T. & Watt, D.(1990). *Primary SPACE project research report: Evaporation and condensation*. Liverpool: Liverpool University.
- Stavy, R.(1998). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Taiwo, A. A., Motswiri, M. J., & Masene, R. (1999). Perceptions of the water cycle among primary school children in Botswana. *International Journal of Science Education*, 21(4), 413-429.
- Tytler, R.(2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conception of evaporation and condensation: Dimension of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.
- Tytler, R. Peterson, S.(2000). Children's responses to a classroom sequence on evaporation - Individual and social perspectives on learning. *National Association for Research in Science Teaching*, 3, 1-15.