

물의 상태, 상태변화 및 그 조건에 대한 유치원, 초등, 중등 과학 교재의 내용 분석

백성혜¹ · 박재원² · 박진옥³ · 임명혁⁴ · 고영미⁵ · 조부경⁶ · 김호남⁷

¹(한국교원대학교화학교육과) · ²(서울고산초등학교) · ³(전북춘포초등학교) · ⁴(대전동도초등학교) ·
⁵(전남영남초등병설유치원) · ⁶(한국교원대학교유아교육과) · ⁷(한국교원대학교초등교육과)

Analysis of K-12 Science Textbooks Related to 'States of Water', 'State Change of Water', and 'Conditions of State Change'

Paik, Seong-Hey¹ · Park, Jae-Won² · Park, Jin-Ok³ · Im, Myoung-Hyuk⁴ · Ko, Young-Mi⁵ · Cho, Boo-Kyung⁶ · Kim, Hyo-Nam⁷

¹(Department of Chemistry Education, Korea National University of Education) ·

²(Kosan Elementary School, Seoul) · ³(Chunpo Elementary School, Chonbuk) ·

⁴(Dongdo Elementary School, Daejeon) · ⁵(YOUNGNAM Public Kindergarten Attached Elementary School, Chonnam) · ⁶(Department of Early Childhood Education, Korea National University of Education) · ⁷(Department of Elementary Education, Korea National University of Education)

ABSTRACT

This study is to analyze the contents related to 'state of water', 'state change of water', and 'conditions of state change' in K-12 science textbooks. For this, we analyzed textbooks based on the 5th kindergarten curriculum, the 6th elementary school science curriculum and the 6th middle school science curriculum.

Findings show that some of the contents are designed well by topical sequencing or by spiral sequencing. But others have some problems based on topical sequencing and spiral sequencing. Generally, the contents are represented in the order of Perception of phenomena with senses level, Macroscopic understanding level, Understanding of scientific term level, Microscopic understanding level by grade. But the state change contents related to solidification and melting, and conditions of state change contents related to heat, temperature, wind, and humidity are not represented in the level of Microscopic understanding. The contents of state change and conditions related to heat and wind are not represented in the level of scientific term also.

Key words: K-12 science textbooks, states of water, state change of water, conditions of state change, topical sequencing, spiral sequencing

*2000.11.1(접수) 2001.4.1(1차 수정) 2001.5.31(2차 수정) 2001.8.22(3차 수정) 2002.2.18(4차 수정) 2002.3.9(최종 통과)

I. 서 론

우리나라의 교육 과정을 살펴보면, 초·중등의 경우 제 1, 2차는 생활중심 교육과정이고 제 3, 4, 5차는 학문중심적인 교육과정이며 6, 7차로 오면서 STS적인 요소가 포함되고 있다. 유치원의 경우 제 1차에서 제 4차까지는 발달 영역중심이며, 제 5, 6차는 생활 영역별 교육과정이다. 이와 같은 유치원 교육과정과 초·중등 교육과정은 초기에 서로 다른 시기에 개발되었다. 교육부 고시 유치원 교육과정의 경우 제 3차, 초·중등은 제 4차 교육과정에서부터 동시 개정이 시작되어 현재까지 이르고 있다. 그러나 아직까지 유치원과 초·중등 교육과정의 기본 철학이 다르고, 실제적인 협력 없이 각각 개별적으로 개발되기 때문에 서로의 연계성이 고려되지 못할 가능성이 많다.

교육과정의 개정 때마다 기존 교육과정의 문제점을 개선하고 새로운 관점을 받아들여 이를 기초로 새로운 교육과정을 만들어 왔다. 이러한 교육과정에 따라 유아부터 고등학교까지 과학교육 관련 교육과정에서는 학생들이 배워야 할 많은 학습 내용들을 수준별, 또는 학년별로 제시하고 있다. 그러나 보다 심층적으로 학습자의 흥미나 발달의 적합성 측면에서 교육과정의 적절성이나 학문의 구조적 측면에서의 그 체계성, 연계성 등이 점점되지 않았다고 본다. 학습자는 계획된 교육과정에 따라 과학을 학습하게 되는데, 교육과정의 연계성이 부족할 경우 학습자는 성장하면서 배운 과학 학습 내용으로부터 많은 혼란을 느끼게 될 것이고 결과적으로 비효율적인 학습이 될 가능성이 많다.

이에 본 연구에서는 유치원과 초·중등 과학교육 교재의 개념 전개 과정을 분석함으로써 과학교육과정의 연계성을 고찰해 보고자 한다. 특히 일상 생활에서 쉽게 관찰하고 경험할 수 있을 뿐 아니라 유치원과 초·중등 과학교육 교재에서 많이 다루고 있는 주제 중의 하나라고 볼 수 있는 자연 현상 중 물의 상태와 상태 변화에 초점을 두고자 한다. 이를 위한 이론적 고찰로서 먼저 우리나라 과학교육과정 구성에 큰 영향을 미치는 미국의 국가과학교육 기준을 살펴본 뒤, 국내 과학교육과정의 연계성에 관한 연구, 그

리고 물의 상태 및 상태 변화에 관련된 국내의 선행 연구를 검토하고자 한다.

1. 미국의 과학교육 기준

과학은 기본적으로 서양에서 출발한 학문이므로 우리나라 과학교육과정은 서양, 특히 미국 과학교육과정의 영향을 지대하게 받고 있다. 따라서 우리나라 과학교육과정의 이해를 위해서는 미국의 과학교육에 대한 이해가 필요할 것이다. 여기서는 특별히 물질의 상태와 상태변화에 관련된 내용을 중점적으로 다루고자 한다.

(1) K - 4학년

K - 4학년의 물상 과학에는 학생들에게 그들이 일상적으로 접하는 물체와 물질의 특징에 대해 더 잘 이해할 수 있는 기회를 제공하는 주제들이 포함되어 있다. 따라서 물질의 원자 구조나 에너지의 보존과 같이 중요하고도 추상적인 과학적 아이디어조차도 세계가 변화하는 방식을 관찰하고 추적하는 것으로부터 시작된다.

학생들은 물과 얼음간의 상태 변화에 익숙하지만, 고체와 비교했을 때 액체가 일정한 성질을 가지고 있다는 아이디어는 막연해 보이므로, 액체를 공부할 때는 고체를 다룰 때 보다 더 많은 교사의 노력이 필요하다. 대부분의 학생들은 많은 물질들이 액체나 고체 상태로 존재할 수 있다는 사실을 일반화하는 데 어려움을 느낀다. K - 4학년 학생들은 물이 끓거나 증발하여 기체 상태로 존재한다는 것을 이해하지 못하며, 물이 사라지거나 하늘로 날아가 버렸다고 생각하기 쉽다. 이 같은 한계가 있지만, 학생들은 물질을 가열하고 증발시키는 간단한 탐구활동을 수행하여 탐구기능을 개발하고, 그러한 현상에 보다 익숙해질 수 있다.

K - 4학년에서는 물체와 물질의 성질 학습을 통하여 물질은 고체, 액체, 기체 상태로 존재할 수 있으며, 물과 같은 일상적인 물질은 가열이나 냉각을 통해 다른 상태로 변할 수 있다는 것을 이해하여야 한다.

(2) 5 - 8학년

5 - 8학년 학생들에게는 탐구의 전 과정을 수행할 기회와 부분적인 탐구를 수행할 기회가 함께 주어져야 한다. 5 - 8학년에서는 이해의 주안점이 K - 4학년에서 학습한 물체와 물질의 성질들로부터 그것들을 이루고 있는 기본 물질들의 특징과 성질로 옮겨간다.

학생들은 보통 과학 수업에 임하기 전에 이미 원자와 관련된 몇 가지 용어를 알고, 원자에 대한 초보적인 이해를 가지고 있다. 그러나 특정한 물질 모형을 지지하는 증거와 논리적 주장에 대한 이해는 대부분 부족하다. 초기에 학생들은 어떤 물질을 이루고 있는 기본 입자는 그 물질과 같은 성질을 가지고 있다고 생각한다. 즉, 입자는 물질의 작은 조각이라는 것이다. 그러나 이 나이 또래의 학생들을 대상으로 원자나 분자와 같은 용어를 사용하는 것은 시기 상조이며, 그렇게 하게 되면 물질의 거시적 특성과 물리적, 화학적 반응을 관찰하고 기술하는 데 초점을 맞추으로써 얻을 수 있는 이해를 왜곡시킬 우려가 있으며, 5 - 8학년 수준에서 원자와 분자라는 아이디어를 충분히 이해하는 학생들은 거의 없다.

5 - 8학년에서는 물질의 성질과 변화에 관한 학습을 통하여 물질은 밀도, 끓는점, 녹는점, 용해도와 같은 특유한 성질을 가지고 있으며, 이와 같은 특성은 모두 물질의 양과는 무관하다는 것과 두 가지 이상의 물질로 이루어진 혼합물은 대개 한 두 가지 이상의 특성을 이용하여 원래의 물질들로 분리할 수 있다는 것을 이해하여야 한다(National Research Council, 1996).

이러한 과학교육과정 구성 시기는 우리나라 과학교육과정의 구성 시기와 매우 유사하다.

2. 과학교육과정 연계성에 관한 선행 연구

국내에서 4차 과학교육과정의 연계성을 분석한 연구로는 박종윤과 김성희(1988), 진수경(1987)의 논문 등이 있다. 제5차 교육과정에서는 김영은(1991), 강순희와 김대영(1990), 강순자와 김영주(1988), 정완호와 김영애(1991), 정완호와 최돈희(1993), 유영근(1991) 등 상대적으로 많은 연구가 있었다. 그러나 6차 과학

교육과정의 연계성을 분석한 연구는 한유화(1998)와 윤명임(1994)의 논문뿐이며, 아직까지 유치원부터 중등 과학교육과정을 물의 상태 및 상태변화 개념과 탐구 능력 중심으로 분석한 선행연구는 없었다.

3. 물질의 상태 및 상태 변화와 관련한 선행 연구

지난 30여 년 동안 과학 교육자들 사이에 아동들이 가지고 있는 개념에 대한 관심이 증가하였고 많은 연구에서 자연 현상에 대한 아동의 개념을 활발히 다루었다(Beveridge, 1985; Inbody, 1963; Osborne & Cosgrove, 1983; Stavy & Berkovitz, 1980; Stavy, 1988, 1990; Taiwo, Motswiri & Masene, 1999). 이러한 연구들은 아동은 일상 생활의 경험과 자신의 직관을 이용해 자연 현상에 대해 나름대로의 개념을 형성하며 그 개념은 다양하고 복잡하며 많은 경우 과학자의 개념과 다르다는 것을 나타내고 있다.

(1) 물질의 상태에 관련한 선행 연구

물질의 상태와 관련한 연구는 고체나 액체에 대한 것보다는 기체에 대한 것이 많은 데 기체 상태는 그만큼 아동들이 이해하기 어렵기 때문이다. 그리고 기체 상태에 대한 연구들은 대부분 입자 이론에 대한 인식의 중요성을 강조하였다. 그러나 고체와 액체의 경우에는 이러한 입자 이론의 필요성이 기체보다 두드러지지 않는 것으로 나타났다(Stavy, 1988). 유치원에서부터 7학년까지의 이스라엘 아동의 고체와 액체의 개념을 조사한 Stachel & Stavy(1986)는 아동들의 반응을 분석한 결과 아동들은 액체의 주된 특성을 '따를 수 있다'와, '물과 유사하다'로 인식하고 있음을 나타내었다. 고체에 있어 주된 특성은 '단단하다'와 '액체가 아닌 것'이라고 아동들이 인식하고 있었으며, 고체보다는 액체 개념을 더 잘 이해하고 있음을 보여주었다. 이런 연구 결과를 바탕으로 한 교육적 실재에 대한 재연 중 하나로 고체와 액체의 경우 '고체'와 '액체'의 개념을 인식, 분류, 정의를 내린 후에 입자 이론이 도입되어야 한다고 하였다.

(2) 물질의 상태 변화에 관련한 선행 연구

상태 변화에 관련한 선행 연구 중에는 특히 물의 증발이나 응결에 관한 연구가 많았다.(Bar & Galili, 1994; Bar & Travis, 1991; Beveridge, 1985; Stavy, 1990) 증발이나 응결에 관한 연구가 많은 이유는 아동들이 물질의 존재 증거를 인식할 때 존재한다고 믿는 경향 때문에(Stavy, 1990) 아동들이 직접 확인할 수 있는 응고나 용해와 같은 상태 변화보다는 눈에 보이지 않는 기체를 포함하는 증발과 응결 현상을 더 어렵게 느끼기 때문이라 볼 수 있다. 예를 들어 색이 있는 요오드의 승화현상에 대한 물질의 보존 개념은 저학년에서도 충분히 이루어졌으나 색이 없는 아세톤의 증발에 대한 물질의 보존 개념은 12세 아동들도 획득하지 못하였다. 따라서 상태 변화 중 기체를 포함하는 상태 변화에 대해서는 입자 이론의 필요성을 지적한 연구가 많다.

5세에서 14세까지 아동들의 증발 현상에 대한 아동들의 개념 이해 정도가 어떻게 다른가를 알아본 Bar와 Galili(1994)는 아동들은 증발 현상을 보고 '사라진다', '흡수된다', '증발하여 다른 매개로 옮겨간다', '공기 중의 작은 물방울로 변한다' 순으로 개념이 발전한다고 하였다. 그리고 각 단계에는 보존 논리의 유무와 공기에 대한 생각의 발달이 관계하고 있다고 주장하였다. 이런 증발에 대한 연구에서 Bar와 Galili(1994)는 아동들이 증발 현상에 대한 적절한 이해를 통해 '물질의 입자 구조'의 필요성을 받아들이는 것이 바람직하다고 주장한 반면, Johnson(1998)은 입자모형을 통해 기체상태를 설명해야 하므로, 학생들이 입자 개념을 제대로 이해하고 있지 않다면 이 점을 먼저 가르치는 것이 중요하다고 하였다. Stavy(1990) 역시 증발 과정에서 물질의 보존에 대한 이해는 입자 이론이 있어야 한다고 주장하였다. 세 연구에는 다소 간의 차이는 있지만 증발 현상과 입자 이론의 불가분의 관계를 나타내고 있다.

액체에서 기체로의 상태 변화 중 상온에서 일어나는 증발과 높은 온도에서 관찰되는 끓음을 대한 개념 이해를 비교한 Bar와 Travis(1991)의 연구에 의하면 증발 현상에서 물이 사라졌다거나 바닥으로 물이 들어갔다고 말했던 아동들 중 다수가 끓음 현상에서는 끓는 물로부터 나온 수증기는 물로 구성되어 있다고

반응한 것으로 보아 아동들은 증발보다는 끓음을 더 잘 이해하는 것으로 나타났다. 그 이유에 대해 연구자들은 아동들이 상태 변화를 관찰할 수 있으며, 에너지의 근원이 직접적으로 관찰되며 또한 그 과정이 상대적으로 신속하므로 아동들이 증발의 과정보다 이해하기 쉬운 것이라고 주장하였다.

끓는 물의 기포 성분에 대한 학생의 관념은 열, 공기, 수소와 산소 등으로 생각하는 경향이 있음이 밝혀졌다(Osborn & Cosgrove, 1983). 특히 수소, 산소로 이해하는 것은 상태변화라는 물리 변화와 전기분해에 의한 화학 변화의 개념 혼동으로 인한 오류라고 볼 수 있다. 이러한 경향은 학생들이 물의 상태 변화 중 기체 상태로의 변화에 대하여 명확하게 이해하지 못하고 있음을 나타내는 것이다. 용해 현상에 관해 조사한 연구(국동식, 1988)에 의하면 40%의 중, 고등학생 학생들이 용해 현상을 물리적 변화가 아닌 화학적 변화로 잘못 이해하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 물리 변화와 화학 변화의 혼동은 정확한 입자 개념의 부족으로 인한 것이라 해석할 수 있다.

국내에서도 물의 상태 변화에 관한 연구가 활발히 이루어졌다(신인철, 1992; 양영민, 1992; 국동식, 1988). 주로 증발과 응결 개념에 초점이 맞추어져 있으나, 구성주의적 시각에서 본 학생들의 오개념 연구 수준이거나 이에 대한 갈등 상황제시를 통해 올바른 개념 획득 여부에 관심을 두고 있을 뿐 입자론적 개념의 필요성 등에 대한 연구는 외국만큼 이루어지지 못하고 있으며, 또한 유아·초등·중등의 연계성 측면에서의 연구도 부족하다.

II. 연구 방법

이 연구에서는 교육부 고시 유치원 제 5차 교육과정(교육부, 1998a)에 맞게 개발된 교재들 중 보편적인 교재들(조부경 등, 1995; 신은수 등, 1994; 이경우 등, 1999)과 제 6차 교육과정(교육부, 1992a; 1992b; 1997)에 근거(유치원 교육과정의 경우 제 3차, 초·중등은 제 4차 교육과정에서부터 동시 개정이 시작되어 현재까지 시행되고 있기 때문에 서로 차시가 다름. 즉, 자료수집 시기에 시행되고 있던 교육과정이

유치원은 제 5차, 초, 중등은 제 6차였음)하여 개발된 초등학교 자연 교과서(교육부, 1996a; 1996b; 1998b)와 중학교 과학 교과서(권재술 등, 1994; 강영희 등, 1994; 송인명 등, 1994)를 분석 대상으로 하였다.

유치원과 초등학교, 중학교 별로 물의 상태 및 상태 변화와 관련된 교재의 내용에서 해당 학년과 단위, 학습 목표, 주요 활동 등을 추출하고, 여기에서 요구하는 개념의 학년별 전개 수준을 분석하고자 하였다. 개념 전개 수준의 분석 기준은 선행 연구(백성혜 등, 2000; Johnstone, 1992; Reigeluth, 1999)를 토대로 연구자들의 협의 과정을 통해 도출한 지각적 인식 수준, 용어 인식의 수준, 거시적 현상 이해의 수준, 미시적 개념 이해의 수준 등이다.

지각적 인식 수준은 오감을 이용하여 상태를 감지하는 수준을 의미한다. 예를 들어, 눈이나 얼음, 물과 같은 물질을 만져보고 맛보는 등 오감을 이용하여 경험하고, '차다', '딱딱하다', '물컹거린다', '희다' 등의 특징을 단순히 지각하도록 요구하는 수준이다. 과학적 용어 인식 수준은 관찰한 상태에 관한 과학적 용어를 습득하는 수준을 의미한다. 예를 들어 '담는 그릇이 달라도 모양이 변하지 않는 상태를 고체라고 한다', '차고 뜨거운 정도를 온도라고 한다' 등과 같은 수준의 과학적 용어를 제시하는 수준이 이에 해당한다. 거시적 현상 이해의 수준은 '온도가 높으면 증발이 잘된다', '공기 중의 수증기가 응결하여 이슬이나 안개가 된다' 등과 같은 개념 제시가 이루어진 경우이다. 이는 단순히 오감을 통한 관찰을 요구하는 지각적 인식 수준과는 달리 개념에 대한 이해를 요구한다. 예를 들어, 온도 변화에 대하여 지각적 인식 수준에서는 단순히 오감을 통해 느껴 보면서 '차다', '따뜻하다'와 같이 지각적으로 인식하는 수준을 요구하는 반면, 거시적 현상 이해의 수준에서는 '가열하면 온도가 올라간다'와 같이 과학적 개념에 대한 이해를 요구하는 수준이다. 그러나 아직까지 이 수준은 관찰을 통해 이루어질 수 있는 개념 수준이어서, 입자 개념과 같은 추상적인 내용을 도입한 과학 개념의 이해 수준은 아니다. 이 단계는 과학적 용어 인식 수준과도 구분된다. 과학적 용어 인식 수준에서는 관찰한 상황에 해당하는 과학적 용어를 사용하는 단순한

능력만을 요구하지만, 거시적 현상 이해 수준에서는 관련 과학적 개념을 제시하는가에 초점을 두고 있다. 따라서 증발이라는 과학적 용어를 사용하지 않더라도, 물이 수증기로 변한다는 사실을 이해하면 이 단계에 해당한다고 보았다. 반면, 증발이라는 용어를 사용하더라도 그것에 대한 과학적 의미인 액체의 물이 기체로 변화한다는 사실 자체를 이해하도록 요구하지 않는 경우에는 이 단계로 분석하지 않았다. 마지막으로 미시적 개념 이해 수준은 물의 상태와 상태변화를 입자의 관점에서 제시하는 것이다. 예를 들어 '온도가 높으면 물질을 이루는 분자의 운동이 활발해진다', '얼음보다 물의 분자 운동이 활발하다' 등과 같은 형태의 개념은 이 수준에 해당한다.

분석 대상으로 삼은 과학 개념은 고체, 액체, 기체의 상태와 증발, 끓음, 용해, 응고, 액화, 승화의 상태변화, 그리고 온도, 열, 바람, 습도, 기압, 물질의 특성 등 상태변화의 조건 등으로 한정하였다. 분석 대상 학년 및 관련 활동을 정리하면 다음과 같다.

1. 유치원

- 물 그림 그리기
- 빨래하기
- 얼음빙수 활동
- 눈을 이용한 여러 가지 놀이

2. 1학년

- 2학기 5단원 겨울나기 중 얼음 녹이기
- 2학년
- 2학기 4단원 물전사기 중 고체와 액체의 비교
- 2학기 5단원 겨울 중 양달과 응달
- 2학기 5단원 겨울 중 눈의 관찰
- 2학기 5단원 겨울 중 단원정리

4. 3학년

- 1학기 4단원 날씨 중 공기 중의 물기
- 2학기 3단원 여러 가지 물질 중 액체의 증발

5. 4학년

- 2학기 4단원 열에 의한 물체의 변화 중 열에 의한 물의 부피변화
- 2학기 4단원 열에 의한 물체의 변화 중 물을 가열하거나 냉각시킬 때의 변화

- 2학기 4단원 열에 의한 물체의 변화 중 얼음 녹이기 시험

6. 5학년

- 1학기 3단원 날씨의 변화 중 물의 증발 조건
- 1학기 3단원 날씨의 변화 중 공기의 건조하고 습한 정도
- 1학기 3단원 날씨의 변화 중 안개와 이슬이 생기는 까닭
- 1학기 3단원 날씨의 변화 중 구름이 생겨 비가 내리는 과정
- 1학기 3단원 날씨의 변화 중 공기 중의 수증기가 지표면으로 되돌아오는 과정

7. 6학년

- 1학기 3단원 분자 중 액체의 증발
- 1학기 3단원 분자 중 온도에 따른 물질의 변화
- 1학기 3단원 분자 중 물의 상태 변화와 분자 운동
- 1학기 3단원 분자 중 우리 주변에서 볼 수 있는 분자운동

8. 중학교 1학년

- Ⅲ. 물질의 특성과 분리 단위 중 물, 얼음, 수증기 비교
- Ⅲ. 물질의 특성과 분리 단위 중 온도에 따른 물질의 상태 변화
- Ⅲ. 물질의 특성과 분리 단위 중 녹는점과 어는점, 끓는점

9. 중학교 2학년

- I. 물질의 구성 단위 중 분자의 운동과 물질의 상태
- Ⅲ. 대기와 물의 순환 단위 중 습도
- Ⅲ. 대기와 물의 순환 단위 중 증발과 응결
- Ⅲ. 대기와 물의 순환 단위 중 구름
- Ⅲ. 대기와 물의 순환 단위 중 비와 눈

이 연구에서는 교과서에서 다루는 모든 내용을 분석 대상으로 삼기 어려웠기 때문에, 물의 상태 및 상태변화에 관련된 내용을 중심으로 과학교육과정의 연계성을 분석하였다. 따라서 모든 내용의 분석 결과와 다소간 차이가 날 수 있다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 유치원 내용 분석

유치원에서 다루는 물의 상태 및 상태 변화에 관련된 전반적인 내용을 분석한 결과, 교육의 초점이 개념 측면 보다는 다양한 활동과 놀이를 통한 통합적 경험 그 자체에 있는 것으로 분석되었다. 활동에 관련된 과학 개념을 분석한 결과, 고체, 액체의 상태와 증발, 용해의 상태변화, 그리고 상태변화의 조건으로 열과 바람의 개념이 있었다.

활동에 근거하여 제시한 개념의 수준을 분석하여 보면, '눈을 이용한 여러 가지 놀이', '얼음빙수 활동'에서는 얼음과 눈 등의 고체와 이를 녹인 물을 오감을 통하여 관찰하기 때문에 고체와 액체를 지각적 인식 수준으로 제시한 것이라고 보았다.

또한 녹일 수 있는 여러 가지 방법에 대해 탐색하는 활동을 통해 상태 변화의 조건으로 열의 개념이 제시되었다. 즉 얼음을 입김 등을 통해 따뜻하게 만들어 녹이는 과정을 통해 열이 상태변화에 영향을 미치는 조건임을 관찰하도록 하였다. 이 때 개념의 제시 수준은 열이라는 용어를 사용하지도 않고, 단순히 활동 결과를 관찰하는 수준이기 때문에 지각적 인식 수준으로 보았다.

이 활동을 통해 녹는 과정을 관찰하기 때문에 상태 변화에 해당하는 개념 중 용해의 개념도 포함된 것으로 보았으며, 이 때 개념의 수준도 역시 지각적 인식 수준으로 분석하였다.

'물 그림 그리기'와 '빨래하기' 활동의 경우 증발 현상을 통해 물이 단순히 '마른다'거나 '사라진다' 등의 수준으로 이해하도록 제시되어 있었다. 따라서 증발 현상도 지각적 인식 수준으로 제시한 것으로 보았다. 그리고 바람을 이용하여 더 빨리 마르는 현상을 관찰하도록 함으로써 바람이 상태변화의 조건임을 지각적 인식 수준으로 제시하였다.

즉 유치원에서는 여러 가지 활동을 통하여 고체, 액체의 상태 및 증발과 용해의 상태변화, 그리고 상태변화의 조건으로 열과 바람 등의 개념이 제시되지만 이러한 과학 개념이 학생들에게 제시되는 수준은 지

각적 인식 수준이라고 할 수 있다.

2. 초등학교 1학년 내용 분석

초등학교 1학년 2학기 겨울나기 단원에는 다양한 상태 및 상태변화, 그리고 상태변화의 조건 등의 개념이 포함되어 있다. '눈이 올 때 하는 놀이', '얼음 녹이기' 활동에서는 눈과 얼음 위에서 가능한 놀이를 통해 눈과 얼음 등 고체의 성질 및 녹인 후의 액체의 성질을 관찰하고, 녹는 과정인 용해의 개념이 포함되어 있다. 그러나 이러한 개념은 유치원의 활동에 포함된 개념의 수준과 동일한 지각적 인식 수준이었다. 따라서 활동과 활동을 통해 다루는 내용은 유치원의 내용과 매우 흡사하거나 중복되었다. 또한 열이나 바람과 같은 상태변화의 조건에 대해서도 유치원과 달리 다루지 않음으로써 개념의 전개 수준이 적절하게 이루어지지 못하였다. Reigeluth(1999)의 주제형 계열화에 따르면, 개념 전개가 적절히 이루어지기 위해서는 학년이 증가할 수록 관련 개념을 보다 심화된 형태로 제시하는 것이 바람직하다.

3. 초등학교 2학년 내용 분석

2학년은 2학기 물건 사기 단원 중 '고체와 액체의 비교' 차시에서 비로소 처음으로 액체와 고체라는 과학적 용어를 다룬다. 교과서에 "물이나 주스는 담는 그릇에 따라 모양이 달라집니다. 이는 액체라고 합니다. 주사위나 지우개는 담는 그릇이 달라져도 모양이 변하지 않습니다. 이를 고체라고 합니다."와 같이 제시함으로써 액체와 고체의 개념을 과학적 용어 인식 수준으로 제시하고 있다.

선행연구(Stachel & Stavy, 1986)에 따르면, 학생들은 고체를 단단한 것, 그리고 액체를 물과 같이 따를 수 있는 것으로 이해하는 것으로 나타났는데, 초등학교 2학년에서 제시한 과학적 용어의 정의는 선행연구에서 제시한 학생들의 이해와 매우 유사함을 알 수 있다.

1학년에서는 얼음과 물 등 고체와 액체에 관한 상태를 지각적으로 인식하는 수준이었기 때문에, 초등

학교 2학년에서 이러한 내용에 대한 과학적 용어를 도입한 것은 적절한 전개로 볼 수 있다. 관련 현상을 인식하고 그 다음 단계로 이에 관련된 과학적 용어를 습득하는 것은 내용의 심화로 볼 수 있기 때문이다.

미국의 과학교육 기준(National Research Council, 1996)을 살펴보면, 유치원부터 초등학교 4학년까지는 같은 영역으로 묶고 물질의 상태변화에 대한 내용을 다루고 있다. 여기서 액체는 일정한 성질을 가지고 있다는 개념을 이해하기 어렵기 때문에 고체보다 액체에 대해 학생들이 어려워 할 것이라고 제시하고 있다. 이러한 기준에 비추어 본다면 초등학교 2학년의 같은 단원에서 고체와 액체를 동시에 제시하는 것보다는 고체부터 이해시키고 액체를 제시하도록 교육과정을 구성하는 것도 고려해 볼만한 것이다.

겨울 단원에서 '양달과 응달', '눈의 관찰', '얼음 녹이기' 차시에서 얼음과 눈 등 고체에 대해 다루거나 얼음의 용해나 응고 등 상태변화의 개념, 그리고 바람과 같은 상태변화의 조건을 다루지만, 이 경우에는 유치원이나 초등학교 1학년의 지각적 인식 수준과 동일하였다. 따라서 이러한 개념의 전개 역시 적절하지 못하다고 본다. 학년이 높아졌는데도 불구하고 이전 학년에서 다룬 내용과 동일한 수준을 반복해서 다루는 것은 Reigeluth(1999)의 주제형 계열화 측면에서 볼 때 문제가 될 수 있기 때문이다.

4. 초등학교 3학년 내용 분석

3학년에서 물의 상태와 상태 변화는 1학기 날씨 단원과 2학기 여러 가지 물질 단원에서 다루어지고 있다. 날씨 단원 중에서 간유리판의 물기가 공기 중으로 가는 것을 관찰하는 활동과 얼음물이 든 비커 표면에 물방울이 맺히는 활동을 통하여 공기 중에 물기가 있다는 것을 거시적 현상 이해 수준으로 이해하도록 제시되어 있다.

이 때 수증기라는 용어는 제시되지 않는다. 그러나 공기 중의 물기를 기체 상태로써 인식하도록 요구한다. 따라서 기체의 개념은 초등학교 3학년에서 처음으로 도입된다고 말할 수 있다. 공기 중의 물기 개념 자체가 지각적 관찰 수준의 인식이 불가능한 내용이

기 때문에, 여기서 요구하는 개념 수준은 거시 세계의 현상적으로 공기 중의 물기의 존재를 이해하는 것이라고 보았다.

이 단원에서는 물의 뜨겁고 찬 정도를 감각적으로 느낀 다음, '뜨겁고 찬 정도를 온도라고 한다' 라고 온도에 대한 용어를 제시하고, 온도계를 통해 온도를 재는 활동을 한다. 따라서 온도는 지각적 인식 수준과 용어 인식 수준으로 분석하였다.

선행 연구(Stavy, 1988)에 따르면, 고체나 액체보다는 기체에 대한 이해가 더 어려운 것으로 나타났다. 이러한 관점에서 볼 때, 초등학교 2학년에서 고체와 액체의 개념을 제시하고 기체의 개념은 그보다 높은 학년에서 제시하는 것은 적절한 것이라고 할 수 있다.

그러나 선행연구(Stavy, 1988)에서는 기체를 이해하기 위해서 물질의 입자에 대한 이해가 선행되어야 함을 지적하고 있다. 이러한 점에 비추어 볼 때 3학년에서 도입하는 공기 중의 물기 개념으로부터 명확한 기체의 개념을 학생들이 가지기는 어려울 것으로 본다. 특히 공기 중의 물기 개념을 명확히 이해하기 위해서는 보존 논리가 형성되어야 하고, 공기가 물기를 포함할 수 있는 상태라는 것과 물이 상태변화를 할 수 있다는 개념 등을 선수 지식으로 가져야 한다. 그러나 이러한 선수 개념이 도입되지 않은 상황에서 공기 중의 물기에 대한 내용이 전개되었기 때문에 학생들이 공기 중의 물기를 명확히 이해하기 어려울 것이라고 분석된다.

미국의 과학교육 기준(National Resrach Council)에 의하면 초등학교 4학년까지는 기체 상태의 존재를 학생들이 이해하기 어렵다고 지적하고 있다. 학문적인 논리에서도 이러한 내용의 전개는 모순을 가지는데, 기체를 이해하기 위해 기체로부터 액체로 응결되는 상태변화를 먼저 이해하여야 하기 때문이다. 이러한 점 때문에 초등학교 3학년에 제시된 공기 중의 물기에 대한 내용은 부적절한 것이라고 판단된다.

여러 가지 물질 단원에서는 여러 가지 액체의 증발 속도가 다르다는 것을 확인하는 실험을 통하여 액체 물질마다 상태변화에서 고유한 성질이 있음을 관찰하도록 하고 있다. 이 연구에서는 이러한 내용을 지각

적 인식 수준으로 보았다.

5. 초등학교 4학년 내용 분석

4학년에서는 2학기 열과 물체의 변화 단원에서 물을 가열하면 물이 상태 변화하여 수증기가 되면서 부피가 증가한다는 것을 이해하도록 요구한다. 즉 끓음에 대해 학습하면서 액체인 물이 기체인 수증기로 되는 것을 배우는데, 이러한 끓음에 대한 개념은 거시적 현상 이해 수준으로 보았다.

4학년에서는 기체 상태인 수증기라는 용어를 사용하지 않지만, 이 용어에 대해 구체적으로 설명을 제시하지는 않는다. 즉, 기체 상태의 물의 개념이 명확하게 제시되어 있지 않다. 그러나 초등학교 3학년과는 달리 수증기라는 과학적 용어를 사용하였기 때문에 과학적 용어 인식 수준으로 분류하였다.

또한 이 학년에서는 물을 담은 시험관을 소금을 넣은 얼음 속에 넣으면 얼음이 시험관 속의 물의 열을 빼앗으므로 물이 얼음으로 변하는 응고 현상에 대해서도 다룬다. 이러한 개념은 응고에 대한 거시적 현상 이해 수준으로 분석하였다.

응고될 때 온도를 관찰하여 물이 액체에서 고체로 상태 변화할 때 온도가 일정한 구간 동안 변하지 않음을 관찰시킨다. 따라서 상태변화의 조건으로 온도의 개념이 초등학교 3학년의 경우보다 심화되었으며, '상태변화할 때 온도가 일정한 구간이 있다'는 개념을 제시하므로 이를 거시적 현상 이해 수준으로 분석하였다. 상태변화의 조건으로서 온도의 개념은 초등학교 3학년과 초등학교 4학년 사이에 개념의 전개가 적절히 이루어졌다고 본다. 열의 개념도 이 학년에서 제시되는데, '가열하면 온도가 올라간다'와 같은 내용을 학습하므로 상태변화의 조건으로 제시된 열 개념은 거시적 현상 이해 수준으로 분석하였다.

그 외에 용해의 개념을 얼음 녹이기 시험의 내용으로 제시하는데, 이 내용은 유치원이나 초등학교 저학년에서 요구하는 수준과 크게 다르지 않다. 즉 지각적 인식 수준으로 분석되며, 이러한 내용이 유치원과 초등학교 1, 2학년, 그리고 4학년에 반복적으로 나오는 것은 적절한 것이 아니라고 본다.

6. 초등학교 5학년 내용 분석

5학년에서는 1학기 날씨의 변화 단원에서 물이 증발하는데 영향을 주는 조건으로 온도와 바람이 있다는 것을 이해하도록 한다. '온도가 높으면 물이 빨리 증발한다', '바람이 불면 물이 빨리 증발한다'와 같은 내용을 학습하므로 거시적 현상 이해 수준으로 분석하였다. 바람의 경우에는 유치원과 초등학교 2학년에서 지각적 인식 수준으로 제시되었으므로 초등학교 5학년에서 다루는 내용의 전개는 적절한 것이라고 할 수 있다.

온도의 개념은 초등학교 3학년에서 지각적 인식 수준과 용어 이해 수준, 그리고 초등학교 4학년에서 거시적 현상 이해 수준으로 제시되었다. 그러나 초등학교 4학년에서는 '상태가 변화할 때 온도가 변하지 않는 일정 구간이 있다'는 개념이 제시되었고, 5학년에서는 '온도가 높으면 더 빨리 증발한다'는 개념을 제시하였으므로, 적절하다고 할 수 있다.

이 단원에서는 또한 습도가 증발의 조건임을 제시한다. 초등학교 3학년에서 다른 '공기 중의 물기'를 과학적 용어인 '습도'라는 용어를 도입하여 제시하였으므로 과학적 용어 인식 수준으로 분류하였다. 그리고 '건습구 온도계로 습도를 측정할 수 있다'와 같은 내용이 제시되므로 관찰 가능한 거시적 현상 이해 수준으로 분류하였다. 또한 건습구 온도계의 원리를 다루는 내용에서 건구 온도계와 습구 온도계의 눈금 변화를 비교함으로써 기화열에 대한 개념이 제시되므로, 열의 개념이 관찰 가능한 거시적 현상 수준으로 제시되었다고 분석하였다.

안개와 이슬이 생기는 까닭과 구름이 생기는 까닭을 다루는 내용에서는 3학년에서 공기 중의 물기를 다루기 위하여 얼음물에 든 컵 표면에 물방울이 생기는 활동과 동일한 활동을 한다. 그러나 요구하는 개념은 전혀 다르다. 즉 여기서는 공기 중에 수증기를 선수 지식으로 가지고, 상태 변화 중에서 기체에서 액체로의 응결 현상을 이해하는 것이다. 이 수준은 거시적 현상 이해 수준으로 분류하였다.

초등학교 3학년에서는 공기 중의 수증기를 이해하기 위해 이미 응결에 대한 개념을 알고 있어야 하는

데, 5학년에서 응결 개념이 제시된다는 것은 부적절한 것이라고 말할 수 있다.

7. 초등학교 6학년 내용 분석

6학년 1학기 분자 단원에서는 물의 상태 및 상태변화를 분자 및 분자 운동의 관점에서 이해하도록 요구한다. 즉 고체, 액체, 기체의 상태를 입자 운동의 시각으로 표현하였으므로 미시적 개념 이해 수준을 요구한다고 볼 수 있다. 증발, 승화, 끓음, 응해 현상도 입자 운동의 시각으로 표현하였으므로 미시적 개념 이해 수준으로 분석하였다. 온도가 높은 물과 낮은 물에서의 분자 운동을 비교한 내용도 제시되었으므로 온도의 개념도 미시적 개념 이해 수준으로 분석하였다. 물질을 구성하는 분자와 이러한 분자의 운동은 눈으로 관찰할 수 있거나 현상적으로 이해할 수 있는 수준의 개념이 아니기 때문이다. 이러한 내용 전개는 적절한 것이라고 말할 수 있다.

선행 연구(Stavy, 1988; Bar & Galili, 1994; Johnson, 1998)에 비추어 볼 때, 기체 상태 및 기체를 포함하는 상태변화의 이해를 위해서는 입자 관의 이해가 중요하다. 특히 기체의 경우 3학년에서 공기 중의 물기, 4학년에서 수증기의 용어가 도입되지만, 수증기가 기체 상태로 존재하는 것임을 입자의 관점에서 명확하게 다루는 학년은 6학년이다. 기체라는 용어의 도입도 6학년에서 이루어진다. 따라서 기체라는 과학적 용어 인식 수준도 함께 분석되었다.

미국의 과학교육 기준(National Research Council, 1996)에 의하면 5학년에서 8학년 사이에 유치원부터 4학년까지 학습한 물체와 물질의 거시적 성질을 기본 입자의 특성으로 이해하도록 구성하도록 제안하고 있다. 그러나 실제 학생들은 물질의 거시적 성질과 입자적 성질을 혼동하여 물 분자는 흐르는 성질이 있거나 나무 분자는 딱딱하다고 생각할 수 있다는 점을 지적하였다.

우리나라의 경우 유치원부터 초등학교 5학년까지 다루었던 물의 상태와 상태변화에 관련된 내용을 입자의 관점에서 재구성하는 데에 있어서 이러한 점이 충분히 고려되지 못하고 있다. 예를 들면, 물질의 상

태를 입자의 구성 관점으로 제시하지만, 초등학교 2학년에 다루었던 고체와 액체의 거시적 성질, 즉 고체는 일정한 형태가 있다는 개념이나 액체는 용기에 따라 형태가 변한다는 개념을 입자의 구성 특성과 연결하여 제시하지 않고 있다. 상태변화에서도 증발, 응결, 승화 등 일부의 내용만 분자 운동의 개념으로 제시하고 있다. 또한 초등학교 4학년과 5학년에서 집중적으로 다루었던 상태변화의 변인들인 온도나 바람, 습도의 개념도 미시적 입자 수준으로 제시하지 않았다.

예를 들면, 온도가 올라가면 입자의 분자 운동이 활발해져서 온도가 낮은 때보다 액체에서 기체로 증발 현상이 잘 일어난다는 것이나, 습도가 낮으면 공기 중에 수증기 입자의 개수가 적으므로 더 많은 수증기 입자가 공기 중에 포함될 수 있다는 등의 개념이 제시되지 않았다.

따라서 초등학교 5학년까지 제시되었던 상태 및 상태변화의 거시적 현상 이해 수준의 내용과 초등학교 6학년의 미시적 개념 이해 수준의 내용 사이에는 개념의 심화는 부분적으로 이루어졌으나 모든 내용에 대해 충분한 연계가 이루어지지 못하였다고 할 수 있다.

8. 중학교 1학년

중학교 1학년 'Ⅲ. 물질의 특성과 분리' 단원에서는 '녹는점과 어는점', '끓는점' 등의 차시에서 물의 상태 변화의 조건으로 온도를 다루고 있다. 이 차시에서는 끓음과 응해, 응고의 과정에서 온도를 측정하고, 가열해도 온도가 올라가거나 내려가지 않는 일정 구간이 있음을 인식하도록 요구하고 있다. 그리고 이러한 구간의 온도를 녹는점과 끓는점, 어는점이라는 용어로 이해하도록 한다. 따라서 이러한 내용의 전개는 거시적 현상 이해 수준과 과학적 용어 인식 수준으로 분석하였다. 그리고 이러한 현상이 물질의 고유한 특성임을 학습하기 때문에 상태변화의 조건으로 물질의 성질을 이해하는 수준도 거시적 현상 이해 수준으로 분석하였다. 이 단원에서는 물질의 성질이라는 용어가 구체적으로 제시되므로 과학적 용어 인식 수준도

함께 포함하고 있다고 보았다. 초등학교 3학년에서 상태변화가 물질마다 다르다는 것을 지각적 인식 수준으로 학습하므로, 개념의 주제형 계열화 측면에서 볼 때 적절한 전개라고 말할 수 있다.

상태변화가 일어날 때 온도가 변하지 않는 구간에 대한 학습 내용은 초등학교 4학년에서도 유사하게 다루고 있다. 그러나 중학교 1학년에서는 이러한 온도에 대해 끓는점이나 어는점과 같은 과학적 용어를 도입하였으므로 적절하다고 말할 수 있다.

9. 중학교 2학년

중학교 2학년 'I. 물질의 구성' 단원에서는 '분자 운동과 물질의 상태' 차시에서 고체, 액체, 기체 상태의 개념을 다룬다. 그러나 이 차시에서 요구하는 개념 수준은 초등학교 6학년 '물의 상태 변화와 분자 운동' 차시에서의 내용과 동일하다. 즉 미시적 개념 이해 수준으로 분석할 수 있다. 따라서 초등학교 6학년과 중학교 2학년에서 제시되는 개념은 점차 심화되지 못하고 단순히 반복되는 수준으로 전개되기 때문에 Reigeluth(1999)의 주제형 계열화 측면에서 볼 때 부적절하다고 말할 수 있다.

'Ⅲ. 대기와 물의 순환' 단원에서는 '습도', '증발과 응결', '구름', '비와 눈' 등의 차시에서 증발과 응결과 같은 상태변화에 대한 내용을 다룬다. 그러나 이러한 내용도 초등학교 5학년에서 다루는 내용과 수준이 같으므로 거시적 현상 이해 수준으로 분석되어 적절하지 못하다고 할 수 있다.

수증기가 물로 응결되는 온도를 이슬점이라는 용어로 소개하였으므로 온도 개념에서는 과학적 용어 인식 수준이 포함되었다고 분석하였다. 중학교 1학년에서 끓는점과 어는점이라는 개념이 거시적 현상 수준과 용어 인식 수준으로 제시되고, 중학교 2학년에서 이슬점이 용어 인식 수준으로 제시된 것은 적절한 것이라고 볼 수 있다.

'습도' 차시에서는 습도의 개념을 공기 중에 들어 있는 수증기와 포화 수증기량, 절대습도와 상대습도 등의 개념으로 제시한다. 또한 온도가 올라가면 절대습도는 일정해도 상대습도는 내려가는 기온과 습도의

관계를 이해하도록 요구한다. 따라서 개념이 제시되는 수준은 거시적 현상 이해 수준과 과학적 용어 인식 수준으로 보았다. 초등학교 5학년에서도 습도의 개념이 거시적 현상 이해 수준과 용어 인식 수준으로 제시되지만, 응결과 관련지어 보다 심화된 내용을 다루므로 적절한 전개라고 말할 수 있다.

'구름' 차시에서는 대기 중의 수증기가 단열 팽창하여 기압과 온도의 변화로 인해 수증기가 응결하는 현상을 제시한다. 초등학교 5학년에서는 온도 변화에 따른 수증기의 상태 변화만을 다루기 때문에 안개와 구름 생성을 동일한 현상으로 보는데 비해, 중학교 2학년에서는 기압도 고려한다. 기압의 개념은 '기압이 떨어지면 수증기가 응결한다'와 같은 형태로 제시되므로 거시적 현상 이해 수준으로 분석하였으며, 기압

이라는 용어도 도입되었으므로 과학적 용어 인식 수준도 포함시켰다. 응결과 온도만 관련짓다가 응결과 기압을 관련시킨 내용은 개념의 적절한 전개라고 말할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 물의 상태와 상태 변화를 중심으로 유치원, 초등, 중등 과학교재의 개념 전개 과정을 분석함으로써 개념의 주제형 계열화와 나선형 계열화에 적절한 구성인지 보고자 하였다.

학년별 개념 전개의 경향성을 종합해 보면(Table 1), 보편적으로 개념의 전개는 지각적 인식 수준, 거시적 현상 이해 수준과 용어 인식 수준, 그리고 미시

Table 1. Representation levels of concepts by grade related to 'State and State Change of Water' in K-12 science textbooks

Concept		Grade									
		K	1	2	3	4	5	6	7	8	
State	Solid	P	P	UST				MiU		MiU	
	Liquid	P	P	UST				MiU		MiU	
	Gas				MaU	KN		MiU/ UST		MiU	
State Change	Evaporation	P			MaU			MiU		MaU	
	Boiling					MaU		MiU			
	Melting	P	P	P		P		MiU			
	Solidification			P		MaU					
	Liquefaction				MaU		MaU	MiU		MaU	
	Sublimation							MiU			
Condition of State Change	Temperature				P /UST	MaU	MaU	MiU	MaU/ UST	UST	
	Heat	P				MaU	MaU				
	Wind	P		P			MaU				
	Humidity						MaU/ UST			MaU/ UST	
	Air Pressure									MaU/ UST	
Characteristic of matter					P				MaU/ UST		

P: Perception of phenomena with senses level

UST: Understanding of scientific term level

MaU: Macroscopic understanding level

MiU: Microscopic understanding level

적 개념 이해 수준으로 진행됨을 알 수 있다. 기체 개념의 경우에는 거시적 현상 이해 수준이 먼저 제시되고 과학적 용어 인식 수준이 그 다음 학년에서 제시되었고, 온도 개념의 경우에는 뜨겁고 찬 감각을 지각적으로 인식하는 초등학교 3학년 수준에서 온도의 용어 제시가 이루어졌지만, 보편적으로는 거시적 현상 이해 수준과 과학적 용어 인식 수준은 같은 학년에 제시되는 경향이 있었다.

상태 개념 중에서 고체와 액체의 개념은 기체 개념과 달리 지각적 인식 수준과 거시적 현상 이해 수준, 그리고 과학적 용어 인식 수준을 저학년에서 제시한 후에 한동안 이에 대한 개념이 전개되지 않다가 초등학교 6학년에서 미시적 입자 개념 수준으로 제시하였다. 이렇게 개념을 제시하는 학년간의 간격이 큰 경우가 적절하지에 대한 논의는 학생들을 대상으로 한 실험 조사 연구에 의해 이루어져야 할 것이다.

상태변화 개념 중에서 증발이나 끓음에 비해 응고, 용해, 액화, 승화 등의 개념은 지각적 인식 수준, 거시적 현상 이해 수준/용어 인식 수준, 미시적 개념 이해 수준으로 개념이 전개되어 나가는 경향성이 잘 나타나지 않았다. 특히 용해와 응고는 미시적 개념 이해 수준이 전혀 제시되지 못하였다. 아마도 선행연구(Stavy, 1988)에서 지적한 바와 같이, 고체나 액체에 관련된 상태 변화의 개념은 미시적 입자 관점이 없이도 이해가 가능하기 때문일 것이다.

또한 과학적 용어 인식 단계가 없기 때문에 증발, 기화, 응결, 액화 등 같은 상태변화에 대한 다양한 용어가 사용되는 경향이 있었다. 따라서 학년별로 내용을 전개할 때 과학적 용어 인식 단계를 적절히 제시할 필요가 있다고 본다.

상태변화의 조건으로 제시된 온도, 열, 습도, 바람, 기압 등의 개념은 전혀 미시적 개념 이해 수준으로 제시되지 않았다. 또한 열과 바람의 경우에는 용어 인식 수준이 없는 것으로 나타났다. 따라서 학생들이 열을 온도차에 의한 에너지의 이동의 정의로, 그리고 바람을 높은 밀도의 공기(혹은 고기압)가 낮은 밀도의 공기(혹은 저기압) 쪽으로 이동하는 현상의 정의로 정확하게 이해하고 있지 못할 가능성이 있다. 입자 개념이 없는 상태에서의 이러한 개념에 대한 거시

적 수준에서의 단편적 소개는 자칫 오개념 형성을 촉진할 수 있다. 따라서 정확한 입자 개념이 언제 소개되어야 하는지, 거시적 현상에 대한 소개와 미시적 입자 개념을 어떻게 구체적으로 연결시켜주는 것이 바람직한지, 그리고 이를 위해 과학 교과간에 어떠한 연계가 필요한지 등은 앞으로 구체적으로 연구되어야 할 것이다.

본 연구에서는 주제형 계열화와 나선형 계열화 측면에서 상태와 상태변화, 그리고 상태변화의 조건에 대한 개념 전개에 적절성을 논의하였다. 분석된 내용의 논의에 대해서는 추후에 해당 학년의 학생들을 대상으로 심층적인 연구를 수행함으로써 문제점 확인 및 개선방안 모색이 뒤따라야 할 것이다. 또한 본 연구에서는 물의 상태 및 상태변화로 한정하여 과학 교재의 내용 전개에서 연계성을 분석하였다. 따라서 다른 영역에 대해서도 이러한 분석 연구가 이루어질 필요가 있다. 이러한 연구를 통하여 앞으로 개발될 과학 교재들은 내용 전개에 있어서 학년간의 계열화가 적절히 고려할 수 있게 되기를 바란다.

적 요

이 연구에서는 물의 상태와 상태 변화 및 상태변화의 조건을 중심으로 유치원, 초등, 중등 과학 교재의 내용을 분석하고자 하였다. 이를 위하여 유치원 제 5차 교육과정 교재들과 제 6차 교육과정에 근거한 초등학교 자연 교과서와 중학교 과학 교과서를 분석하였다. 개념의 학년별 전개를 주제형 계열화와 나선형 계열화에 비추어 분석한 결과, 일부 내용은 적절하게 구성되었으나, 일부 내용은 부적절한 것으로 나타났다. 그리고 학년이 증가함에 따라 개념은 지각적 인식 수준, 거시적 현상 이해 수준과 용어 인식 수준, 그리고 미시적 개념 이해 수준으로 전개되었음을 알 수 있었다. 그러나 응고와 용해 등 상태변화 중 일부 개념과 열, 온도, 바람, 습도, 기압 등 상태변화의 조건에서는 미시적 개념 이해 수준의 전개가 이루어지지 않았다. 그리고 상태변화 개념과 열, 바람 등 일부 상태변화의 조건 개념에서는 용어 인식 수준의 내용도 전개되지 않았다.

참 고 문 헌

- 강순자, 김영주(1988). 초·중·고등학교 생물교과서 분석 및 연계성에 대한 연구. 한국생물교육학회지, 16(2), 1-38.
- 강순희, 김대영(1990). 중등학교 과학교과서의 화학영역에 관한 연계성 분석(제2보). 화학교육, 17(2), 106-129.
- 강영희, 조완규, 권숙일, 나일성, 소현수, 조희구, 이민호, 윤길수, 하효명, 서평웅, 김종권, 이영만, 목창수(1994). 중학교 과학. 동아출판사: 서울.
- 곽병선(1993). 교육과정. 배영사: 서울.
- 교육부(1992a). 국민학교 교육과정. 대한교과서주식회사: 서울.
- 교육부(1992b). 중학교 교육과정. 대한교과서주식회사: 서울.
- 교육부(1996a). 초등학교 교사용 지도서 자연. 국정교과서주식회사: 충남.
- 교육부(1996b). 자연. 국정교과서주식회사: 충남.
- 교육부(1997). 바른 생활, 슬기로운 생활, 즐거운 생활. 우리들은 1학년 교육과정. 대한교과서주식회사: 서울.
- 교육부(1998a). 유치원 교육과정. 대한교과서주식회사: 서울.
- 교육부(1998b). 슬기로운 생활. 국정교과서주식회사: 충남.
- 국동식(1988). 물의 상태 변화에 대한 중·고등학생의 개념 형성에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 8(1), 33-42.
- 권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순(1998). 과학교육론. 교육과학사: 서울.
- 권재술, 김범기, 최병순, 현종오, 이길재, 임진일, 정진우, 이연우, 홍성일(1994). 중학교 과학. 한샘출판(주): 서울.
- 김순택(1977). 수업모형. 배영사: 서울.
- 김영은(1991). 초·중·고등학교 과학교과서의 물리 내용 연계성에 관한 연구. 공주대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 박승재, 조희형(1995). 학습론과 과학교육. 교육과학사: 서울.
- 박종윤, 김성희(1988). 초·중·고 과학교과서의 화학 영역에 관한 연계성 분석(제1보). 화학교육, 15(2), 137-149.
- 방인옥(1996). 존 듀이의 교육철학과 유치원 교육과정. 서원: 서울.
- 백성혜(1995). 브루너의 이론에서 본 과학교육의 과정(미발표).
- 백성혜, 김효남, 조부경(2000). 유아, 초등, 중등 과학 교육과정의 연계성 고찰을 위한 개념도 추출. 한국과학교육학회지, 20(3), 262-273.
- 송순희 외 8인(1991). 수학 및 과학 교과내용의 연계성 분석을 위한 준거모형 설정과 예비적 분석. 한국과학교육학회지, 11(2), 119-131.
- 송인명, 이춘우, 오제직, 최석남, 박영철, 문형태, 우영근, 곽종홍(1994). 중학교 과학. 교학사: 서울.
- 신인철(1992). 증발과 응결에 대한 국민학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 양영민(1992). 증발과 응결에 대한 국민학교 학생들의 개념 조사. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 유봉호(1993). 현대교육과정. 교학연구사: 서울.
- 유영근(1991). 초·중·고등학교 지구과학 실험의 연계성 분석: 지질 분야를 중심으로. 공주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 윤명임(1994). 유치원과 국민학교 1학년 교육과정의 연계성에 관한 연구. 강원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이경우(2000). 6차 교육과정의 과학적 탐구를 위한 올바른 접근, 제 10회 유아교육 교원 자율 연수 교재, 7월 25일. 서울유아인지교육연구회.
- 이경우, 조부경, 김정준(1999). 구성주의 이론에 기초한 유아과학교육. 양서원: 서울.
- 이기숙(1998). 유아교육과정. 교문사: 서울.
- 정완호, 김영애(1991). 초·중·고등학교 생물 영역에서 공통실험 내용의 연계성에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 19(1), 11-26.
- 정완호, 최돈희(1993). 초·중·고등학교 생물 용어의 연계성 비교분석. 한국생물교육학회지, 21(1),

- 71-78.
- 정인성, 나일주(1992). 최신교수설계이론. 교육과학사: 서울.
- 조부경, 이경우, 장해순, 김정준(1995). 문학적 접근에 기초한 유아과학교육. 교육부: 서울.
- 진수경(1987). 초·중등 천문교육 내용간의 연계성 고찰. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 한안진 외 4인(1997). 새초등과학교수법. 교육과학사: 서울.
- 한유화(1998). 초등학교와 중학교 과학 교과서의 연계성과 중학생들의 과학 개념에 대한 인식 분석: 화학 영역을 중심으로. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H.(1978). *Educational psychology: A cognitive view*. 2nd ed. Holt, Rinehart and Winston: N.Y.
- Bar, V. & Travis, A. S.(1991). Children's Views Concerning Phase Changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
- Bar, V. & Galili, I.(1994). Stages of children's view 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, 84-90.
- Hartley, J., & Davies, I. K.(1976). Preinstructional strategies :The role of pretests. Behavioral objectives, overviews, and advance organizers. *Review of Educational Research*, 46, 239-265.
- Inbody, D.(1963). Children's understandings of natural phenomena. *Science Education*, 47(3), 270-278.
- Johnson, P.(1998). 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.
- Johnstone, A. H.(1992). Thinking about thinking-A practical approach to practical work. In Kempa, R. F. & Waddington, D. J.(Ed.). *Bringing Chemistry to Life. Proceedings of the Eleventh International Conference on Chemical Education*, 69-76.
- National Research Council(1996). *National Science Education Standards*. National Academy Press; Washington. DC.
- 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.
- Petery, B., Mouton, H., & Reigeluth, C. M.(1987). A lesson based on the Gagne-Briggs theory of instruction. In Reigeluth, C. M.(Ed). *Instructional theories in action*. Hillsdale, LEA.: NJ.
- Reigeluth, M(1999). *Instructional-design theories and models volume II*. Lawrence Erlbaum Associates: NY.
- Stachel, D. & Stavy, R.(1986). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *European Journal of Science Education*, 7(4), 407-421.
- Stavy, R.(1988). Children's Conception of Gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Stavy, R.(1990). Children's Conception of Changes in the State of Matter: From Liquid (or Solid) to Gas. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(3), 247-266.
- Stavy, R. & Berkovitz, B.(1980). Cognitive Conflict as a Basis for Teaching Quantitative Aspects of the Concept of Temperature. *Science Education*, 64(5),

〈연구논문〉 중등 과학 교재 분석 : 백성혜 · 박재원 · 박진옥 · 임명혁 · 고영미 · 조부경 · 김효남

679-692.

Taiwo, T. T., Ray, H., Motswiri, M. J. &
Masene, R.(1999). Perception of Water

cycle among primary school children in
Botswana. *International Journal of Science
Education*, 21(4), 413-429.