

초등학교 3학년 ‘물질의 상태’ 단원에 제시된 예의 기능별 유형 분석 및 학생들의 이해

백성혜* · 최정인 · 박은주¹

한국교원대학교 · ¹제주한라초등학교

Analysis of Examples Categorized by Function in the ‘States of Matter’ Chapter of Third Grade Science Textbooks and Students’ Conceptions

Paik, Seounghey* · Choi, Jungin · Park, Eunju¹

Korea National University of Education · ¹Jeju Hanla Elementary School

Abstract: The purpose of this study was to analyze the examples represented in school science textbooks by the function types for students' scientific conceptions. According to the framework of analysis, we selected lacking examples in the textbooks, and developed a questionnaire for students. The questionnaire was applied to 157 third grade students to survey their conceptions related to matter states and change of states. The ratio of students' scientific conceptions related to solid the state was high because distinct examples were represented in the textbook. However, the ratios of students' scientific conceptions related to the liquid and gas states were low because there were no distinct examples in the science textbook. Contrast examples and expansive examples of liquid and gas such as fog and steam need to be represented in science textbooks in order to help students construct scientific conceptions of matter states and change of states.

Key words: type of example function, elementary third grade, state of matter, state change of matter

I. 서 론

과학 교육의 중요한 목표 중의 하나는 학생들이 자연현상을 이해하는데 필요한 과학 개념을 획득하는 것이다(강희준, 2008). 과학은 탐구를 통하여 자연에 대한 이해를 추구하는 학문으로 탐구능력으로, 탐구능력의 요소 중 하나인 분류는 사물과 현상을 공통적 기준에 따라 나누고, 사물과 현상들 사이에 위계적 단계를 체계화하는 과정이며(권재술 등, 1998; 이혜원 등, 2012; 조희영 등, 2009), 사물의 공통점과 차이점을 파악할 수 있게 해준다(주정은과 차희영, 2007). 따라서 관찰 속성을 통하여 체계적인 분류기준을 세우는 활동의 중요성을 여러 연구(이소영 등, 2004; 이혜원 등, 2012; 최현동 등, 2005)에서 강조하였다.

분류와 관련된 과학 개념 중 하나는 물질의 세 가지 상태이다. 초등학생, 중등학생, 대학생, 교사 등을 중심으로 물질의 세 가지 상태 및 상태변화에 대한 이해와 관련된 많은 연구들(김선경 등, 2007; 이혜원 등,

2012; 최경숙, 2003; 홍석준과 손연아, 2011; Johnson, 1998; Krnel & Watson, 2005; Stavy, 1988; Stavy & Stachel, 1985; Tsai, 1998)이 진행되었는데, 특히 기체 상태를 포함하는 이해에서 어려움이 나타났다. 이는 기체에 대한 개념을 설명하는 방식에 문제가 있음을 드러내는 것이라고 할 수 있다. 물질의 상태에 관한 중, 고등학교 학생들과 과학 교사의 분류 기준에 대한 연구(김선경 등, 2007)에 따르면, 중학생들은 미시적 입자 관점을 배웠지만, 물질의 상태에 대한 분류 기준은 모양이나 부피 변화, 유동성, 형태 유무와 같은 거시적 관점으로 분류하는 비율이 매우 높았다. 또한 고등학생들과 과학교사들은 상대적으로 물질의 상태를 분류하는 기준이 분자운동과 배열의 변화, 분자간 인력과 거리의 변화와 같은 미시적 관점이 상대적으로 많았으나, 미시적 관점과 거시적 관점의 연결에 대한 사고가 충분히 드러나지 못하였으며, 특성의 나열 수준으로 분류 기준을 제시하였다. 또한 중등학생들을 대상으로 관찰과 분류 등 기초

*교신저자: 백성혜(shpaik@knu.ac.kr)

**2013.06.10(접수), 2013.08.27(1심통과), 2013.10.30(2심통과), 2013.10.31(최종통과)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2013.33.7.1273>

탐구 기능을 향상시키기 위하여 동기 유발, 명확한 설명, 구체적 사례 시범, 질의응답, 단계적 연습, 독립적 연습, 정리 및 평가의 단계로 구성된 명시적인 수업을 지도한 연구(홍석준과 손연아, 2011)에서는 학생들의 기초탐구 능력의 향상을 보고하였지만, 초등학생들을 대상으로 한 연구(이혜원 등, 2012)에서는 분류 능력의 향상이 나타나지 않았다.

이와 같은 교육적 문제에 대해 다양한 접근이 가능하지만, 이 연구에서는 물질의 세 가지 상태와 같은 분류에 해당하는 과학 개념과 사례의 관계를 중심으로 분석하고자 한다. 일반적으로 개념을 가르치는데 동원이 되는 정보로는 정의, 개념과 관련된 속성, 사례와 반사례, 비유 등이 있다(유주영, 2012). 그 중에서 가장 많이 사용되는 것은 정의와 사례이다(길임주, 1982). 개념을 설명하는 기능으로서 사례는 경험적인 지, 내용설명, 증명의 세 가지 유형으로 구분할 수 있다. 경험적 인지는 예를 나열하여 학생들이 스스로 공통점을 찾아 개념을 이해하도록 하는 기능이다. 내용 설명은 예의 속성으로부터 개념의 속성으로 일반화하는 것을 말하며, 증명은 직접 관찰할 수 없는 개념을 간접적으로 포함하는 상황이나 현상을 강화하는 기능을 말한다(유주영, 2012).

7차 교육과정에서는 초등학교 3학년에 기체 개념을 다루지 않았다. 그리고 공기라는 특정 물질을 대상으로 그 성질을 탐색하는 활동을 제시하였다. 그러나 2007 개정교육과정에서는 초등학교 3학년 1학기 ‘우리 생활과 물질’ 단원에서 고체, 액체, 공기, 기체에 대해 다루고, 물질을 고체, 액체, 기체로 분류하는 탐구 활동을 제시하였다. 따라서 기초탐구능력인 분류를 통해 물질의 속성을 이해하고, 물질의 상태에 대한 개념을 형성하도록 구성하였다. 따라서 2007 개정교육과정부터 공기라는 물질에 국한하지 않고 기체라는 과학 개념을 초등학교 3학년 학생들에게 가르치고, 특히 물질을 세 가지 상태로 분류할 수 있도록 하는 능력을 요구하였다는 점에서 과거의 교육과정에서 요구한 수준과 다른 차이점을 가진다고 볼 수 있다.

이러한 새로운 도입이 성공적이기 위해서는 학생들이 추상적인 기체 개념을 이해하기 위하여 어떤 방식의 설명을 도입하는가가 매우 중요할 것이다. 특히 추상적인 과학 개념은 예시 없이 설명하기 어려운 경우가 많아 대부분의 개념 설명에 있어서 예시는 필수 불가결한 요소이다(조광희, 2005). 따라서 과학 개념의

획득을 도와줄 수 있는 적절한 예의 활용은 수업에서 매우 중요하다.

교과서는 학교현장에서 대부분의 교사가 수업의 주교재로 사용하고 있으며(최경희와 김숙진, 1996) 수업을 진행하는 과정에서 교사들의 과학 교과서에 제시된 내용에 대한 의존도는 매우 높다(Harms & Yager, 1981; Woodward & Elliot, 1990). 따라서 이 연구에서는 초등학교 3학년 교과서에 제시된 ‘우리 생활과 물질’ 단원의 예에 대한 기능적 유형을 분석하여 보고, 그러한 예들이 학생들의 물질의 상태에 대한 분류 기준의 이해와 어떤 관계를 가지는지 살펴봄으로써 과학교과서에 제시된 예들에 대한 시사점을 도출해 보고자 한다. 예들의 기능적 적합성에 대한 분석의 관점은 ‘우리 주변의 친숙한 물질들을 제대로 분류할 수 있다.’는 성취 기준을 근거로 하였으며, 물질의 상태에 관한 단원 학습 이후 학생들이 과학 개념을 형성하였다면 이를 생활 속에서 친숙한 물질에 배운 지식을 적용할 수 있어야 한다고 보았다.

II. 연구 방법

1. 교과서 분석

2007 개정교육과정의 3학년 1학기 ‘우리 생활과 물질’ 단원의 교과서 내용을 대상으로 하였으며, 교과서에 제시된 예를 기능별 유형(유주영, 2012)으로 나누어 분석하였다(Table 1). 보조 교재인 실험관찰은 교사용 지도서에 예시 답안이 제시되어 있으나 교사, 학생, 지역 등 여러 변인들에 의해 다양한 응답들이 기재될 수 있으므로 분석의 대상에서 제외하였다.

교과서는 예의 기능별 유형의 분석틀(유주영, 2012)을 사용하여 Fig. 1과 같이 분석하였다. 우선 분석할 예와 관련된 개념의 정의를 분석하였다. 그 후에 예의 기능별 유형을 분석하였다.

본 연구에서는 과학 교과서 속에서 명시된 문장 및 단어, 그림 및 사진, 개념의 속성 파악을 위한 실험 등을 포괄적으로 분석하였으나, 사례가 직접 제시되지 않은 질문은 분석에서 제외하였다.

2. 연구대상

연구대상 학생들은 중소도시 소재 D초등학교 3학

Table 1
Examples categorized by function

예의 분류	기능	
설명	경험적 인지	개념의 속성을 학습자 스스로 귀납적으로 파악
	속성 파악	예의 속성이나 구조를 통해 개념의 속성이나 구조를 설명
	증명	설명하고자 하는 개념이 실재함을 설명 또는 어떤 과정을 근거로 구성된 개념인지 설명
강화	확인	개념의 속성을 적용해 보며 개념 이해를 강화
	비교	두 개 이상의 과학 개념이 관련 있을 경우, 각각의 실례를 제시하며 그 관계를 확인
	가정	원리나 이론, 과정, 방법, 추상적 개념을 설명하기 위해서 실제로 있을 수 있는 상황이나 물건을 가정하여 개념을 적용
명료화	확장	제시한 예가 실례의 범위에 속하지만 전형적인 형태가 아니어서, 개념의 속성을 보다 명확하게 함
	대조	사례와 비사례를 비교하여 개념의 속성에 대한 범위를 설명함

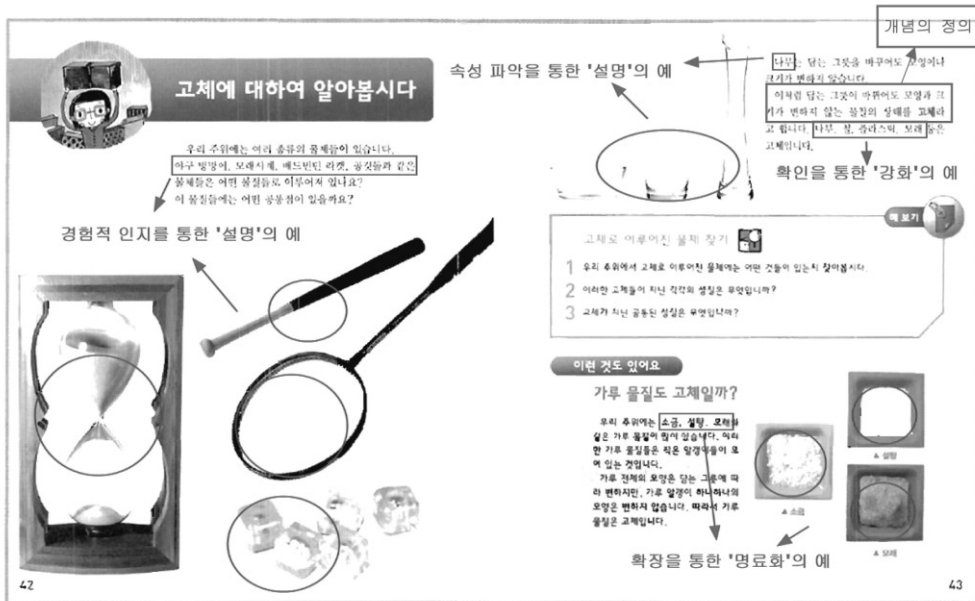


Fig. 1 An illustration of the examples categorized by function in science textbook

년 5개 반 157명으로, 각 반은 대략 31-32명씩 구성되었으며 남학생 83명, 여학생 74명이었다. 학생들의 학력 수준은 전국과 비교할 때 평균 정도이며, 생활수준도 중위권 정도에 해당하였다.

3. 연구도구

1) 검사지

선행연구 및 초등학교 과학 교육과정 해설서, 초등

학교 과학 교과서와 교사용 지도서 등의 분석을 통해 물질의 세 가지 상태와 상태변화에 관련된 기본 개념들을 추출한 후, 교과서에 부족하거나 전혀 제시되지 않은 기능의 유형 예를 선정하여 5개의 문항을 개발하였다. 문항을 구성하는 예를 선정함에 있어서 다음의 2가지를 고려하였다.

첫째, 사고의 범위를 전형적인 틀이 아닌 곳으로 넓히는 역할을 하는 예를 선정하였다. 이를 명료화의 예라고 부르는데, 전형적인 예들이 갖는 특성의 범주를

넘어서 개념의 속성을 명확하게 하는 기능을 하며, 확장과 대조로 구분된다. 명료화의 예를 통해 전형적인 예들이 갖는 공통적인 속성으로 인해 개념을 잘못 받아들일 가능성을 줄여주고, 개념을 보다 명확하게 이해하는데 도움을 줄 수 있다.

2007 개정교육과정의 초등학교 3학년 과학 교과서에서는 고체의 명료화 예 중에 확장의 기능을 갖는 예로써 소금, 설탕, 모래와 같은 가루물질을 제시하였다. 그러나 가루 전체의 모양은 담은 그릇에 따라 변하지만 가루 알갱이 하나하나의 모양은 변하지 않는다는 점을 설명하여 고체의 확장된 예로 제시하였다.

이 연구에서는 명료화의 또 다른 확장된 예로 솜을 제시하였다. 솜은 교과서에 경험적 인지의 예로 제시한 야구방망이, 모래시계, 배드민턴 라켓, 공깃돌과 같이 단단한 속성을 가지지 않으며, 소금, 설탕, 모래와 같은 가루물질도 아니다. 또한 담은 그릇에 따라 부피가 달라지는 속성이 있다. 그러나 솜 안에 든 공기의 존재를 인식함으로써 솜 자체의 모양과 부피 변화가 일어나지 않음을 알게 된다면 이 사례는 확장의 예에 적합하다고 할 수 있다.

액체의 경험적 인지의 사례로 제시한 것은 색소를 탄 물을 여러 모양의 그릇에 담은 것이었다. 그 후에 액체는 그릇에 따라 모양이 달라지지만 양은 변하지 않는다는 것을 속성 파악의 사례로 설명하였다. 그러나 교과서에서는 강하나 명료 등에 해당되는 액체의 사례는 제시되지 않았다. 이 연구에서는 액체의 명료화 사례로 안개와 김을 선정하였다. 안개와 김은 공기 중에 떠 있으며, 담은 용기에 따라 양이 변하는 것처럼 보인다. 그러나 작은 액체방울 하나하나를 관찰한다면 그 양은 변하지 않음을 알 수 있다. 이는 고체의 경우 가루물질의 사례와 같으며, 따라서 액체의 명료화 중 확장의 예라고 할 수 있다. 또한 이 사례들은 ‘공중에 떠 있는 물체’라는 특성 때문에 기체의 경우에는 명료화 사례 중 대조의 예로 볼 수 있다. 대조는 비사례에 해당하는 것으로, 개념의 명료화를 위해 확장과 마찬가지로 중요한 기능을 한다. 앞서 제시한 고체의 명료화 사례인 솜은 ‘담는 용기에 따라 모양이 변하는 속성’ 때문에 액체에 대한 대조의 예로 볼 수 있다.

교과서에 제시되지 않은 사례를 선정할 때에는 학생들이 일상 속에서 겪어 이미 알고 있는 친숙한 예를 사용하였다. 학습경험이 적은 초등학생들에게는 친숙

하지 못한 예가 사용될 경우 과학 개념에 대한 학습자의 이해를 알아보는 데에 문제가 발생할 수 있기 때문이다. 따라서 설문 문항은 교과서에 사례로 제시한 소금과 공기, 그리고 교과서에서는 사례로 제시하지 않았지만 학생들에게 친숙하다고 판단한 솜, 김, 안개와 같은 일상생활 소재를 대상으로 사례를 선정하였다. 검사지에서는 ‘소금, 솜, 김, 공기, 안개’를 보기로 제시하고, 각각을 고체, 액체, 기체로 분류하도록 요구하였다. 그리고 보기에서 특정 상태로 선택한 이유를 기술하도록 하였다.

본 검사지는 과학교육 전문가 2인, 초등교사이면서 과학교육 박사과정 1인, 초등교사이면서 과학교육 석사과정 6인의 검토를 통해 타당도를 확보하였다. 솜에 대한 타당도는 4.56, 김에 대한 타당도는 4.22, 안개에 대한 타당도는 4.33이었으며, 김의 경우 학생들이 용어의 의미를 다른 의미와 혼동할 가능성이 있다는 지적 등이 있었다. 또한 안개의 경우 학생들이 용어의 의미를 모를 가능성이 제기되었다. 그러나 대부분의 초등 교사들은 초등학교 3학년 학생들이 김과 안개의 개념을 가지고 있다는 점에 동의하였고, 또한 검사 문항이 선택형과 서술형으로 구성되었기 때문에 답을 선택하게 된 구체적인 이유를 판단할 수 있다는 점에서 문항의 타당성을 인정하였다.

2) 면담

예의 기능별 유형과 개념 성취 수준과의 상관관계를 심층적으로 알아보고자 언어적 프로토콜을 수집, 분석하였다. 검사지 투입 대상 중 학업성취도 상 2명, 중 2명, 하 2명을 임의로 정하여 면담을 시행하였으며 학업성취도 수준 하의 학생 1명의 면담 내용은 물질 상태의 개념에 대한 유의미한 응답을 얻을 수 없어 분석의 대상에서 제외하였다. 면담의 내용은 전사한 후 문서화하였다.

4. 자료 분석

물질의 상태에 대한 개념 검사지를 연구 대상 학생들에게 투입하였다. 동일 동시에 각 학급 담임 감독 하에 실시하였으며, 검사 시간은 40분이었으나 충분히 답할 수 있는 시간을 주기 위하여 검사 시간에 엄격한 제한을 두지 않았다. 각 문항의 답이 혼란을 보이는 경우는 분석에서 제외하였다. 예를 들어, 고체,

액체에 같은 물질을 선택한 경우, 물질의 상태에 관한 유의미한 개념이 형성되지 않은 것으로 보고 분석 대상에서 제외하였다. 이러한 근거로 총 16명이 제외되어 141명의 검사지만 분석하였다.

각 문항에 대한 응답의 선택 이유를 서술식으로 기록하도록 하였다. 질적 연구에서 많은 양의 전사 자료를 줄이는 것은 연역적보다 귀납적으로 이루어져야 하고 연구 참여자들에 의해 변형되고 구성되는 것이어야 한다(Creswell, 2007; Miles, Huberman, 1994). 따라서 서술식 응답은 중심어와 논리가 일치하는 진술로 범주화하여 유형을 분류하고, 그 빈도를 산출하였다. 이를 위해 선행연구(김선경 등, 2007)를 참고하여 단단함의 유무, 유동성의 유무, 모양의 변화의 유무, 형태의 유무, 알갱이의 개념, 대표성을 띠는 대상, 상태변화 설명 용어 사용 등으로 분류하였다.

응답자의 응답 유형에 대한 분류 기준의 타당도는 과학 전문가 2인에 의해 검증 받았으며, 5점 만점에 4.5점이었다. 그리고 분류 유형의 분석에 이견이 생기는 경우에는 서로 협의를 통해 기준을 보완하거나 수정하여 분석의 일치도를 높여 모두 합의한 후에야 분석을 마무리하였다. 검사 결과의 분석을 통해 개념을 응답 유형별로 분류하였으며, 여러 가지 기준을 응답한 경우 분석의 단순화를 위해 복수 응답으로 모두 인정하였다. 응답의 분류 기준은 Table 2와 같다. 결과 정리 시 학생들이 분류 기준으로 삼은 것 중 유력한 것들을 제시하였으며, 분류 기준으로 작용함에 있어서 그 비중이 미약한 것들은 기타로 처리하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 교과서 분석

2007 개정교육과정의 초등학교 3학년 1학기 교과서 '우리 생활과 물질' 단원에 제시된 사례를 분석한 결과를 Table 3에 제시하였다.

Table 3에서 볼 수 있듯이 개념별로는 고체의 예가 가장 많았다. 고체는 경험적 인지의 예로 4종류(야구방망이, 모래시계, 배드민턴 라켓, 공깃돌)를 제시하였고, 속성 파악의 예로 1종류(나무)를 제시하였으며, 명료화 중에서 확장의 기능을 가지는 예로 3종류(소금, 설탕, 모래)를 제시하였다(Fig. 2). 경험적 인지의 예에서도 모래시계를 제시하였으나, 나무를 예로 들어 고체는 그릇을 바꾸어도 모양이나 크기가 변하지 않음을 설명하였기 때문에 학생들에게 모래는 확장된 사례로 볼 수 있다. '고체, 액체, 기체 분류하기' 활동에서도 고체는 6종류가 제시되었으며, 이 사례들은 모두 강화의 예로 확인 기능을 가지고 있었다.

반면 액체, 공기, 기체를 다루는 차시에서는 교과서에 제시된 예의 수가 고체의 경우보다 적었으며, 명료화의 사례는 전혀 제시되지 않았다. 또한 다른 상태와 비교하는 활동에서도 서로의 관계를 파악하는 활동은 제시되지 않고 해당되는 사례를 독립적으로 나열하는 수준의 활동만 제시되어 있어서 강화 기능을 하는 활동으로 보기 어렵다.

공기와 기체는 각각 독립적인 차시로 제시되었는데, 공기가 기체의 속성을 파악하는 사례로 연결되는

Table 2
Classification standards for analysis of students' answers

기준	예시
a. 단단함의 정도	단단함, 부드러움, 물렁물렁함
b. 유동성 유무	날아감, 흐름, 떠다님, 움직임
c. 모양 변화의 유무	모양이 변하지 않음
d. 형태의 유무	만질 수 있음, 잡을 수 있음, 볼 수 있음
e. 알갱이 개념	알갱이가 있음
f. 대표성을 띠는 대상	물, 안개, 바람, 김, 눈, 수증기, 알코올, 공기, 연기,
g. 기타	물체임, 먹을 수 있음, 비가 왔음, 물질임, 가루임, 물에 젖으면 무거움
h. 답이나 문제를 그대로 진술, 모름, 무응답	-

Table 3
Analysis of examples categorized by function in the third science textbook

개념	예의 유형	예의 기능	교과서의 실례	유형별 계		개념별 계
고체	설명	경험적 인지	야구방망이, 모래시계, 배드민턴 라켓, 공깃돌(글·사진)	4	5	10
		속성 파악	나무(글·사진)	1		
		증명	.	0		
	강화	확인	철, 플라스틱(글)	2	2	
		비교	.	0		
		가정	.	0		
	명료	확장	소금, 설탕, 모래(글·사진)	3	3	
대조		.	0			
액체	설명	경험적 인지	색소 탄 물을 여러 모양의 그릇에 담음(글, 사진)	1	3	3
		속성 파악	물, 우유, 오렌지주스(글)	2		
		증명	.	0		
	강화	확인	.	0	0	
		비교	.	0		
		가정	.	0		
	명료	확장	.	0	0	
대조		.	0			
공기	설명	경험적 인지	.	0	3	4
		속성 파악	풍선, 움직이는 바람개비(사진)	2		
		증명	풍선입구에서 얼굴의 시원함과 바람개비가 돌아감(글)	1		
	강화	확인	풍력발전소(사진)	1	1	
		비교	.	0		
		가정	.	0		
	명료	확장	.	0	0	
대조		.	0			
기체	설명	경험적 인지	공기가 들어 있는 아트풍선(글·사진)	1	1	1
		속성 파악	변하는 풍선모양(글)	0		
		증명	.	0		
	강화	확인	.	0	0	
		비교	.	0		
		가정	.	0		
	명료	확장	.	0	0	
대조		.	0			
고체·액체·기체분류하기	설명	경험적 인지	.	0	0	12
		속성 파악	.	0		
		증명	.	0		
	강화	확인	시계, 눈사람, 옷, 연필, 공, 얼음(고체 6 종류), 바닷물, 수돗물(액체, 2 종류), 부채, 선풍기, 풍력발전소, 바닷바람(기체 4 종류)	12	12	
		비교	.	0		
		가정	.	0		
	명료	확장	.	0	0	
대조		.	0			

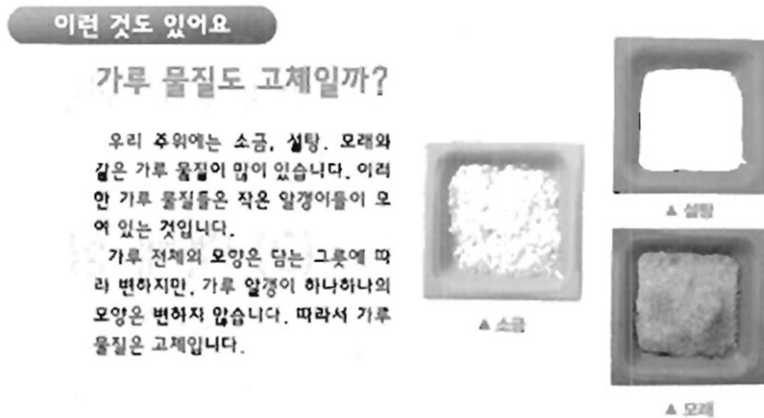


Fig. 2 An explicitation example of solid in the science textbook

부분이 취약하였다. Gagne(1965)는 가르치는 개념의 표상을 확실히 하기 위하여 충분히 많은 예가 제시되어야 한다고 제안하였으며, 많은 예들은 일관성 있는 속성과 일관성이 없는 속성으로 구분하고, 파지와 학습의 전이를 높이기 위해 여러 사례들을 다양한 상황과 문맥에 적용할 수 있도록 지도해야 한다고 하였다 (조광희 2005; Collete & Chiappetta, 1986). 이러한 주장에 비추어 볼 때, 학습자의 과학 개념 이해를 돕기 위해 교과서에 제시된 사례를 기능별 유형에 따라 다양하게 제시하는 것이 필요하다고 본다.

2. 학생의 이해 유형 분석

1) 고체

소금을 고체로 선택한 학생들은 총 157명의 학생들 중에서 136명(86.6%)이었으며, 솜을 고체로 선택한

학생들은 111명(70.7%)이었다. 선행 연구(김현재와 남희정, 1997)에서는 가루 물질을 액체로 혼동할 수 있음을 지적하였으나, 이 연구에서 초등학교 3학년 학생들의 대부분은 소금을 고체 개념으로 이해하고 있었다. 이는 선행연구(최경숙, 2003)의 결과와도 일치한다.

분류 기준의 경우 복수 응답을 허용하였기 때문에 Table 4에서 보는 바와 같이 소금의 경우에는 147개의 분류 기준이 분석되었으며, 솜의 경우에는 122개의 분류 기준이 분석되었다.

소금이나 솜을 고체로 분류한 기준으로 가장 높은 비율을 차지한 것은 '형태의 유무'였다. 예를 들어 소금은 일정한 형태의 알갱이 모양이 변하지 않는다는 응답이다. 이러한 응답은 교과서에서 가루 물질이 고체인 이유를 설명한 내용과도 일치하므로, 교과서의 설명에 대한 교육 효과가 있음을 알 수 있다.

Table 4

Students' solid state classification standards of salt and cotton wool	Number of students(%)	
분류 기준	소금	솜
단단함의 정도	24(16.3)	13(10.7)
유동성 유무	9(6.1)	7(5.7)
모양 변화의 유무	21(14.3)	16(13.1)
형태의 유무	87(59.2)	82(67.2)
기타, 무응답	6(4.1)	4(3.3)
전체	147*(100.0)	122*(100.0)

*Take into account of multiplex response

연구자 : 소금을 고체로 선택한 까닭은 뭐니?
 학생 B: 딱딱하고 모양이 변하지 않아요.
 연구자 : 소금은 그릇에 넣으면 모양이 변하지 않니?
 학생 B: 알갱이는 변하지 않아요.

솜의 경우에도 전체 111명의 학생 중 82명이 고체로 선택하였다. 솜을 고체로 선택한 이유를 알아본 결과, 고체라고 응답한 총 빈도수 122개 중에서 67.2%가 '형태의 유무'였다. 이에 해당하는 사례는, 만질 수 있음, 잡을 수 있음, 볼 수 있음, 덩어리가 있음, 느낄 수 있음 등으로 응답한 경우이다. 이를 통해 학생들은 고체라는 개념을 형태의 유무로 이해하는 경향이 높음을 알 수 있다. 이는 김현재와 남희정(1997)의 연구와 유사한 결과이다. 김선경 등(2007)의 연구에서는 중등학생의 경우 고체를 모양과 부피의 변화, 단단함과 유동성의 정도로 구분하는 비율이 높았으나, 초등학교 3학년을 대상으로 한 이 연구에서는 형태의 유무를 기준으로 고체의 사례를 구분하는 비율이 높음을 확인하였다.

그러나 교과서에 사례가 제시된 소금보다 솜을 고체로 분류한 비율은 다소 낮다. 전체 157명의 학생들 중에서 소금을 고체로 분류하지 못한 학생은 13.4%에 불과하지만, 솜을 고체로 분류하지 못한 학생은 29.3%로 두 배 이상 높다. 또한 이를 고체로 선택한 이유에 대한 응답률도 상대적으로 낮았다. 따라서 비록 학생들이 솜을 고체로 선택하였지만, 그 이유를 명확하게 모르는 학생들도 있음을 알 수 있다.

구체적인 사례를 통해 추상적인 개념의 학습이 용이함을 고려할 때, 초등학교 3학년에서 고체에 대한 개념을 정확히 전달하고 실생활 사례들을 액체나 기체와 분류할 수 있는 능력을 가지기 위해서는 솜과 같

은 고체의 확장 사례도 교과서에 제시하는 것이 필요하다고 본다. 교과서에 제시된 것과 같이, 고체의 개념으로 '담는 그릇이 바뀌어도 모양과 크기가 변하지 않는 물질의 상태'라고 제시할 때에는 가루물질이나 솜과 같은 사례가 고체의 개념에 포함되기 어려울 수 있기 때문이다. 이 결과로부터 교과서에 명시적으로 제시한 사례는 학생들의 개념 이해에 도움을 준다는 사실 소금과 솜의 경우를 비교함으로써 확인할 수 있었다.

2) 액체

Table 5에서 보는 바와 같이, 김을 액체로 선택한 학생은 11명에 불과하였고, 안개를 액체로 선택한 학생은 한 명도 없었다. 소금과 솜이 고체의 명료화 예에 해당하듯이, 김과 안개도 액체 개념의 명료화 예 중 확장의 기능을 가지고 있다. 그러나 교과서에서는 고체나 기체에 비해 액체의 사례가 상대적으로 적었으며, 경험의 인지와 속성 파악 이외의 기능을 가지는 사례의 제시가 되지 않았다. 따라서 다양한 기능의 사례를 제시함으로써 학생들이 액체 개념을 명확히 형성하고 주변의 일상생활에서 접하는 물질에 대한 분류가 가능할 수 있도록 지도하는 것이 필요하다고 본다.

많은 학생들이 액체를 설명할 때 '물'이라고 언급하였으며, 김은 물과 같은 특성을 가지지 않으므로 액체로 분류하지 않았다. 이는 대표성을 띠는 대상으로 물질을 구분하는 예에 해당한다. 이러한 현상은 선행연구의 결과(김현재와 남희정, 1997; 최경숙, 2003; 최후남, 1991; Stachel과 Stavy, 1986)와도 일치한다.

연구자 : 김은 고체, 액체, 기체 상태 중 어떤 상태니?

Table 5
Students' liquid state classification standards of steam and fog

	<i>Number of students(%)</i>	
분류 기준	김	안개
유동성 유무	2(13.3)	0(0.0)
형태의 유무	4(26.7)	0(0.0)
대표성을 띠는 대상	5(33.3)	0(0.0)
기타, 무응답	4(26.7)	0(0.0)
전체	15*(100.0)	0(0.0)

*Take into account of multiplex response

학생 B : 기체 상태예요.
 연구자 : 왜 그렇게 생각했니?
 학생 B : 공기처럼 떠있어서요.
 연구자 : 그럼 액체 상태는 무엇이니?
 학생 B : 물이요. 물 같은 게 있어야 액체예요.

김을 액체라고 응답한 경우에도 이유로 '김이 물에서 나오기 때문에'와 같은 응답하여 대표성을 띠는 대상으로 김을 분류함을 확인할 수 있었다. 면담을 계속 진행하여 물이 왜 액체라고 생각하는지 학생들의 생각을 알아보았을 때, 대부분 교과서에 제시된 설명처럼 '담는 그릇에 따라 모양만 변하고 양이 변하지 않는다.'는 개념을 상기하지 못하고, 액체의 특징을 만질 수 있다는 형태와 유동성으로 구분하는 경향을 보였다.

연구자 : 물이 왜 액체야?
 학생 C : 물질 같은 것이예요.
 연구자 : 물질이 무엇인데?
 연구자 C : 아휴.(한참 기다림) 만지면요. 새어 나가
 잡아요.
 연구자 : 그러면 액체야?
 학생 C : 아니요. 어. 그런 것 같은데요.

고체와 달리 액체에서는 학생들이 분류 기준을 명확하게 제시하지 못하고 대표성을 띠는 대상, 형태와 유동성으로 개념을 이해하고 있다는 사실은 흥미롭다. 교과서의 개념에 대한 설명을 학생들이 제대로 이해하지 못하는 이유는 다양할 수 있다. 선행연구에서 액체 상태는 고체와 기체의 중간 상태에 해당되고, 이해하기 어려운 부분이 많아 학생들이 다양한 오개념을 보인다고 보고하였다(노석구, 2008). 또한 중학생

들을 대상으로 한 선행연구(김선경 등, 2007)에서도 모양 변화의 유무로 응답한 학생의 비율이 가장 높았다. 그러나 이 연구에서는 교과서에 제시한 사례의 기능 측면에서 이러한 문제가 발생할 수 있다고 추론하였다.

3) 기체

기체 상태로 공기를 고른 학생은 133명(84.7%)이고, 안개를 고른 학생은 136명(86.6%), 김을 고른 학생은 118명(75.2%)이었다. 그리고 공기가 기체라고 응답한 학생들 중에 63.9%가 '만질 수 없음, 보이지 않음' 등과 같은 형태의 유무로 공기를 기체로 구분하였다. 이는 다른 선행 연구(김선경, 2007; 김현재와 남희정, 1997; 최경숙, 2003)의 결과와도 일치하였다.

그러나 기체의 대조적 사례이며, 액체로 구분해야 하는 안개와 김을 기체로 선택한 학생은 각각 136명(96.5%)과 118명(83.7%)으로 대부분의 학생들이 액체와 기체에 대한 개념을 명확하게 가지고 있지 못함을 확인할 수 있었다.

많은 학생들이 액체인 안개와 김을 기체로 생각하는 이유도 기체의 분류 기준에 속하는 형태의 유무 때문인 것으로 나타났다. 안개나 김은 보이는 하지만, 하늘에 떠 있다는 형태적 특성 때문에 공기와 같은 기체로 학생들이 인식하고 있었다. 기체로 선택한 이유에 대한 응답도 일관성을 가지고 있었다. 이는 선행연구(최경숙, 2003)의 결과와도 일치한다.

연구자: 기체 상태로 공기, 안개, 김을 선택한 까닭은 뭐니?
 학생 A: 눈에도 잘 보이지 않아요.
 연구자: 김이 보이지 않니?

Table 6

기준	Number of students(%)		
	공기	안개	김
유동성 유무	17(10.8)	18	17
형태의 유무	85(53.8)	87	80
대표성을 띠는 대상	35(22.2)	38	32
기타, 무응답	21(13.3)	20	14
전체	158(100.0)	163	143

*Take into account of multiplex response

학생 A, B: 보여요.

연구자: 그래도 기체니?

학생 A: 예. 하늘에 있잖아요. 무게가 없어요.

학생 B: 예. 똥똥 떠다니요.

따라서 고체와 같이 액체와 기체를 다룰 때에도 제한된 소수의 사례만 제시하여 학생들의 과학 개념 이해에 어려움을 겪지 않도록 사례의 다양한 기능을 고려하여 제시함으로써 학생들이 속성에 대한 설명만으로는 이해하기 어려운 부분까지 이해할 수 있도록 도울 필요가 있다.

예를 들어 김과 안개는 기체의 대조의 기능을 갖는 명료화의 예이다. 대조는 실례와 비례를 구분하여 속성을 구별해 보고 속성의 범위를 결정짓는 역할을 한다. Bruner 등(1956)이 개념 획득을 “실례를 비례와 구별하기 위하여 사용하는 속성을 찾는 것”이라고 말하였으며(조광희, 2005 재인용; Bruner etc, 1956), 이러한 측면에서 다양한 사례를 통한 개념의 명료화 기능은 매우 중요한 학습 효과를 가진다고 본다. 앞서 언급하였듯이 액체의 개념에서 제시하는 사례로 김과 안개는 확장의 기능을 갖는 명료화 예가 될 것이다. 이러한 개념의 이해는 자연스럽게 다음 단계의 학습인 기체에 대한 재조의 사례로 개념을 명료화하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학교 3학년 학생들을 대상으로 물질의 세 가지 상태에 대한 개념 이해와 사례의 분류 기준에 대해 알아보았다. 이를 위하여 먼저 2007 개정교육과정의 초등학교 3학년 1학기 과학 교과서에 제시된 ‘우리 생활과 물질’ 단원의 내용의 상태 정의와 사례의 유형을 분류하였다. 분석 결과, 교과서에서는 고체의 사례를 가장 풍부하게 제시하였으며, 고체 상태에서는 명료화 기능을 하는 가루물질의 사례도 제시되어 있었다.

대부분의 학생들은 가루물질이 고체임을 알고 있었으며, 고체인 이유를 가루물질의 알갱이가 단단하고 형태가 변하지 않기 때문이라고 생각하였다. 따라서 가루 물질 자체는 답는 그릇에 따라 모양이 바뀔 수 있지만, 알갱이 수준에서 고체의 정의가 적용됨을 이해하고 있었다. 또한 교과서에 사례로 제시되지 않은

솜의 경우에는 소금보다 고체로 선택한 비율이 낮았지만, 대부분의 학생들은 소금과 같이 형태의 유무로 솜을 고체로 분류하였다. 따라서 명료화의 예시는 새로운 사례의 적용을 쉽게 함을 알 수 있다.

그러나 액체와 기체의 경우에는 개념의 명료화 기능을 하는 사례가 교과서에 제시되어 있지 않아서 대부분의 학생들은 김과 안개를 기체로 생각하였다. 개념 학습에서 사례의 제시는 매우 중요한 학습 기능을 담당한다. 그러므로 과학적 개념 학습을 위해 교과서에서 사례의 다양한 기능을 고려한 내용 구성이 필요하다. 이 연구에서는 명료화의 예가 제시된 고체의 경우와 그렇지 않은 액체와 기체의 경우에 학생들의 개념 형성의 차이가 크음을 확인할 수 있었다. 액체와 기체에 대한 명확한 분류 개념이 형성되지 못한 경우에는 얼음, 알코올, 나프탈렌의 상태 변화 자체를 이해하는 경우에도, 변화된 상태를 판단한 이유를 제대로 알지 못하고 단순히 용어를 반복하거나 이유를 답하지 못하는 경우가 대부분이었다.

따라서 과학 개념의 사례에 대한 기능적 유형을 고려하여 학생들의 개념에 대한 이해가 명확히 형성될 수 있도록 교과서에 수록된 예들을 제시할 필요가 있다. 그리고 교과서에 제시한 사례가 교육적 효과를 가지는 지에 대한 연구도 추후에 이루어질 필요가 있다. 이 연구에서는 명료화의 사례가 포함된 고체의 경우와 그렇지 않은 액체 및 기체의 경우에 학생들의 이해 정도를 비교하였으나, 이것이 사례 때문인지 아니면 액체나 기체 상태가 고체 상태보다 학생들의 이해에 어려움을 가지는 또 다른 이유가 있는 지에 대한 연구가 필요하다. 과거의 교육과정에서는 고체와 액체, 기체를 다루는 학년을 구분하였으나, 2007 개정교육과정에서는 동일 학년과 동일 단원에 세 가지 상태에 대한 개념을 함께 제시한다. 따라서 각 상태를 비교하고 대조하여 각각의 상태에 대해 보다 명확하게 이해하는 것이 가능할 수 있다. 그러나 본 연구를 통해서는 이러한 효과를 찾기 어려웠으며, 학생들이 액체와 기체의 개념을 제대로 형성하지 못하고 있었다. 따라서 액체와 기체의 개념 형성에 확장 및 대조의 기능을 갖는 명료화의 예가 고체의 경우와 같이 포함되어 개념 속성의 범위를 규정짓는 사고를 학생들이 형성할 수 있도록 안내할 필요가 있다.

새로운 개념을 학습할 때, 초보자들은 그에 해당하는 사례에 의존하는 경향이 크다. 문제에 해당하는 설

명이 제시되어도 추상적인 설명으로부터 구체적인 이해를 획득하기 어렵기 때문이다(Anderson, Farrell & Sauers, 1984). 만약 주어진 문제를 해결하는데 필요한 적절한 사례를 회상할 수 없다면 학생들은 문제 해결에 어려움을 겪게 되는데(이훈주, 1990), 이는 학생들이 관련된 개념을 명확히 파악하지 못하였기 때문이다.

따라서 학생들이 제한된 사례로부터 협소한 의미로 개념을 파악하지 않고, 다양한 기능의 사례로부터 관련 과학 개념을 명확하게 이해할 수 있도록 확장 및 대조의 기능을 갖는 명료화 유형의 예들이 교과서에 수록될 필요가 있다. 숲, 김, 안개 등과 같은 예들이 과연 초등학교 3학년 학생들의 인지수준에 비추어서 사례로 적절인가에 대한 추가적인 논의는 앞으로 연구가 필요한 부분이 될 것이다.

국문 요약

이 연구의 목적은 학생들의 과학적 개념 이해를 돕기 위하여 과학교과서에 제시된 예의 기능적 유형에 따라 분석하는 것이다. 분석의 틀에 따라 교과서에서 부족한 사례를 찾고, 이를 근거로 학생들의 개념에 대한 이해를 알아보는 설문을 개발하였다. 설문을 157명의 초등학교 3학년 학생들에게 투입하여 물질의 상태 및 상태변화에 대한 학생들의 이해를 알아보았다. 연구 결과, 교과서에서 명료화 사례가 제시된 고체의 경우에는 학생들이 상태에 대한 개념 이해도가 높았다. 그러나 액체나 기체의 개념은 이러한 사례가 교과서에 제시되지 않았으며, 학생들의 이해도도 낮았다. 액체와 기체의 경우 안개나 김과 같은 대조의 사례와 확장의 사례를 과학 교과서에 제시함으로써 물질의 상태 및 상태변화에 관련된 학생들의 이해를 돕는 것이 필요하다.

주요어: 예의 기능적 유형, 초등학교 3학년, 물질의 상태, 물질의 상태변화

참고 문헌

국동식(1988). 물의 상태변화에 대한 중, 고등학생의 개념 형성에 관한 연구, 한국과학교육학회지, 8(1), 33-42.
권재술, 김범기, 우종옥, 정완호, 정진우, 최병순(1998).

과학교육론. 교육과학사.

- 김선경, 김영미, 백성혜(2007). 물질의 상태에 관한 중·고등학생들과 과학교사들의 분류 기준에 대한 유형 분석. 한국과학교육학회지, 27(4), 337-345.
김현재, 남희정(1997). 물질에 대한 아동들의 선개념 및 수업효과. 한국초등과학교육학회지, 16(1), 135-152.
길임주(1982). 예문제시방법이 개념획득에 미치는 효과. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
노석구(2008). 액체 상태에서의 현상에 대한 예비 초등교사의 설명. 초등과학교육, 27(4), 371-384.
백성혜, 박진옥, 박재원, 임명혁, 고영미, 김효남, 조부경(2001). 유치원, 초등, 중등 과학 교재의 연계성을 위한 탐구능력 분석-물질의 상태 및 상태변화 개념을 중심으로-. 한국초등과학교육학회지, 20(1), 91-106.
신동로와 이강남(2005). 중학생들의 물질의 상태변화에 대한 오개념 분석. 교육방법연구, 17(2), 223-242.
이소영, 강태완, 김남일(2004). 초등학생의 학년별 생물분류 개념형성에 대한 연구. 한국생물교육학회지, 32(1), 16-26.
이혜원, 민병미, 손연아(2012). 초등학생의 과학탐구기능 향상을 위한 명시적이고 반성적인 교수, 학습전략 개발 및 적용. 한국과학교육학회지, 32(1), 95-112.
이훈주(1990). 선행 예의 이용이 문제유형의 일반화에 미치는 영향. 이화여자대학교 대학원 석사학위논문.
유주경(2012). 초등학교 과학 교과서에 제시된 개념에 대한 예의 기능적 유형 분석. 청주교육대학교 교육대학원 석사학위논문.
조광희(2005). 과학 수업에서 예의 사용과 학생의 개념 이해 : 중학교 역학을 중심으로. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
조희영, 김희경, 윤희숙, 이기영(2009). 과학교육의 이론과 실제. 교육과학사.
주정은, 차희영(2007). 관찰에 의한 분류하기 탐구능력 준거 개발. 초등과학교육, 26(4), 407-417.
최경숙(2003). 물질의 상태와 상태변화에 대한 중학교 1학년 학생들의 개념조사. 한국교원대학교 석사학위논문.
최경희, 김숙진(1996). 과학 교과서 선정과 평가에 관련된 교사들의 인식 조사와 과학 교과서 평가틀 개발에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 16(3), 303-313.
최현동, 양일호, 권치순(2005). 초등학생의 분류능력 발달의 경향성. 초등과학교육, 24(3), 281-291.
홍석준, 손연아(2011). 중학생의 기초탐구기능 이해를 위

- 한 명시적 교수, 학습 전략의 개발 및 적용 사례 분석, 한국과학교육학회지, 31(4), 641-662.
- Anderson, J. R., Farrell, R., & Sauers, R. (1984). Learning to program in LISP. *Journal Cognitive Science*, 8(2), 87-129.
- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*, New York: John Wiley. Re-cited from Collette, A. T. & Chiappetta, E. L. *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*, 2nd ed. op. cit.
- Collette, A. T., & Chiappetta, E. L. (1986). *Science Instruction in the Middle and Secondary Schools*. Merrill Publishing Company: Columbus, 255-258.
- Creswell, J. W. (2007). *Qualitative Inquiry & Research Design: Choosing Among Five Approaches* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Gagne, R. M. (1965). *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- Milles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods*(2nd ed.). Thousand Oaks, Sage Publications.
- Harms, N. C., & Yager, R. E. (1981). What research says to the science teacher, Vol. 3. Washington, D.C.: NSTA.
- 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.
- Krnel, D., & Watson, R. (2005). The development of the "matter". *International Journal of Science Education*, 27(3), 367-383.
- 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.
- Stavy, R. (1988). Children's conception of gas, *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Stavy, R., & Stachel, D. (1985). Children's ideas about 'solid' and 'liquid'. *European Journal of Science Education*, 7(4), 407-421.
- Tsai, C. C. (1998). Overcoming eight graders' misconceptions about microscopic views of phase change. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Diego(Eric Document Reproduction Service No. Ed 420510).
- Woodward, A., & Elliott, D. L. (1990). Textbooks: Consensus and controversy. In *Textbooks and Schooling in the United States: Eight-ninth Yearbook of the National Society for the study of Education*, Part 1. Chicago: University of Chicago Press.