



# 과학 교수 학습을 위한 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계 개발 및 타당화\*

윤혜경\*\*

춘천교육대학교

## Development and Validation of Visual Representation Competence Taxonomy

Hye-Gyoung Yoon\*\*

Chuncheon National University of Education

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 2 February 2018

Received in revised form

15 March 2018

Accepted 30 March 2018

#### Keywords:

Visual representation, Taxonomy, Type of visual representation, Cognitive process of visual representation

### ABSTRACT

Various forms of visual representations enable scientific discovery and scientific reasoning when scientists conduct research. Similarly, in science education, visual representations are important as a means to promote students' understanding of science concepts and scientific thinking skills. To provide a framework that could facilitate the effective use of visual representations in science classroom and systemic science education research, a visual representation competence taxonomy (VRC-T) was developed in this study. VRC-T includes two dimensions: the type of visual representation, and the cognitive process of visual representation. The initial categories for each dimension were developed based on literature review. Then validation and revision was made by conducting teachers' workshop and survey to experts. The types of visual representations were grouped into 3 categories (descriptive, procedural, and explanative representations) and the cognitive processes were grouped into 3 categories (interpretation, integration, and construction). The sub categories of each dimension and the validation process would be explained in detail.

## 1. 서론

사진, 다이어그램, 그래프 등 다양한 유형의 시각적 표상은 과학자의 연구 과정에서 중요한 역할을 한다. 그것은 효과적인 의사소통 도구일 뿐만 아니라 과학적 발견과 과학적 추론을 가능하게 하는 사고의 도구이다. 대표적인 예로 영국의 과학자 패러데이의 자석 주변 철가루의 모양을 '역선'으로 나타냈는데 역선을 통한 그의 시각적 추론은 이후 전자기 연구와 '장 이론(field theory)'을 발달시키는 데 매우 중요한 역할을 했다(Evagorou, Erduran, & Mantyla, 2015; Gooding, 2006). 오늘날 컴퓨터와 각종 테크놀로지의 발전으로 과학에서 더욱 다양한 시각적 표상을 이용하는 것이 가능해 졌고 이전에 불가능했던 시각적 정보들을 활용하게 되었다(전자현미경 사진이나 위성사진 등). 시각적 표상은 눈으로 관찰할 수 없는 거시적 혹은 미시적 현상을 보여주고, 과학 개념을 시각적으로 번역하여 나타내기도 하며(소리, 에너지 다이어그램 등), 실험이나 관찰 데이터를 조직하여 나타내기도 한다(표나 그래프 등). 과학 활동에서 시각적 표상은 문제해결을 돕고, 지식 구성이나 전달을 도울 수 있다(Lynch, 2006).

유사하게 과학교육에서도 다양한 시각적 표상이 활용되며 시각적 표상은 과학 개념을 가르치거나 이해하기 위한 수단으로, 또 학생의 과학적 사고를 촉진하고, 탐구 능력을 증진시키기 위한 도구로 사용될 수 있다. 시각적 표상의 활용과 관련된 과학교육 선행 연구를 살펴보면 과학 교과서에 제시된 시각적 표상의 유형 구분 및 사용과 관련

된 연구(Dimopoulos, Koulaidis, & Sklaveniti, 2003; Bungum 2008), 학생이 주어진 시각적 정보를 해석할 수 있는 능력에 대한 연구(Chittleborough & Treagust, 2007; Colin, Chauvet, & Viennot, 2002; Topsakal & Oversby, 2013), 과학 활동 과정에서 학생이 생성한 시각적 표상이나 모델의 특징에 대한 연구(Dori, Tal, & Tsaushu, 2003; Lehrer & Schauble 2012; Schwarz *et al.* 2009, Waldrup, Prain, & Carolan, 2010) 등이 있다.

과학교육에서 이들 시각적 표상에 대한 연구는 이전에는 주로 시각적 표상을 통한 정보 전달, 효과적인 과학 개념 이해에 중점을 두어왔지만 최근 들어 학생이 시각화 과정에 참여하는 것을 강조하는 연구가 늘어나고 있는 추세이다(Tippett, 2016). 또 시각적 표상 활용이 학생의 과학적 추론과 참여, 의사소통 능력을 증진시킬 수 있으며(Ainsworth, Prain, & Tytler, 2011), 과학적 실험 과정으로서 표상 능력이 중요하다는 주장(Kozma & Russel, 2005)이 제기되고 있다. 그러나 실제 과학 수업에서 시각적 표상을 어떻게 효과적으로 활용할 수 있는지에 대한 경험적 연구는 많지 않다.

중학생을 대상으로 한 국내 연구에 의하면(Yoon, Jo, & Jho, 2016; Jho, Jo, & Yoon, 2017) 정전기 유도, 전류와 같은 과학 개념을 학습한 직후에도 이와 관련된 시각적 표상을 해석하거나, 구성하는 학생의 표상 능력은 낮은 것으로 나타났다. 또 중등 과학교사를 대상으로 한 설문 조사(Yoon, Jo, & Jho, 2017)에서는 과학 수업 중 시각적 표상을 활용함에 있어 학생 중심의 활용보다 교사 중심의 활용이 두 배 가량 많았고, 이러한 교사 중심의 활용 실패는 시각적 표상의 역할

\* 이 논문 또는 저서는 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017S1A5A2A01023731)

\*\* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cnu.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2018.38.2.161>

에 대한 교사의 제한적 인식과 밀접한 연관이 있는 것으로 나타났다. 따라서 과학 교수 학습 과정에서 시각적 표상 활용의 목적과 효과에 대해 좀 더 체계적으로 연구하고 실제 교육 실행에 도움을 줄 수 있는 여러 방안을 모색하는 것이 필요하다.

시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계는 이러한 연구와 교육 실행에 유용한 사고틀을 제공할 수 있다. 일반적으로 교육목표 분류체계는 교육활동을 체계적으로 계획하고, 실행하고, 발전시키기 위해 필요하다(Kim, 2006). 대표적인 교육목표 분류체계인 블룸의 교육목표 분류체계(Bloom, 1956)는 1956년에 발표된 이후 수십 년간 교육과정이나 수업 목표를 설계하고, 평가를 계획하고, 평가 도구를 제작할 때 유용하게 사용되어 왔다. 물론 이에 대한 비판이나 대안적 교육목표 분류체계도 제안되어 왔지만(Hauenstein, 1988; Marzano, 2001), 블룸의 교육목표 분류체계는 전 세계적으로 교육 연구와 실행에 많은 영향을 주었다. 이후 2001년에 블룸의 제자들에 의해 개정된(Anderson et al., 2001) 블룸의 교육목표 분류체계는 지식과 인지 과정 2개의 차원으로 구성되어 있다. 지식 차원은 '사실적 지식', '개념적 지식', '과정적 지식', '메타인지 지식'의 4개 유형으로 구성되어 있으며, 인지 과정 차원은 '기억하기', '이해하기', '적용하기', '분석하기', '평가하기', '창안하기'의 6개 유형으로 구성되어 있다. 이러한 차원과 유형을 바탕으로 교육목표를 분석하면 해당 목표들이 요구하는 지식과 인지 과정 그리고 그 강조점을 파악할 수 있다. 최근에는 정보통신기술(ICT)의 출현과 통합에 의해 발생하는 새로운 수업 활동을 설명하기 위해 블룸의 디지털 텍사노미(Bloom's Digital Taxonomy)가 발표되기도 하였다(Churches, 2009). 여기서는 기존 인지 수준에 해당되는 디지털 부가활동, 디지털 요소를 자세히 명시함으로써 21세기 스마트 교육을 위한 유용한 틀을 제공하고 있다.

이러한 교육목표 분류체계는 어떠한 특성을 지녀야 하는가? Kim (2006)은 '분류체계(분류학)'는 단순한 '분류'와는 다르다고 설명하고 있다. 분류체계는 그 분야의 이론적 관점에서 그 일관성을 설명할 수 있어야 하며, 논리적이고, 내적으로 일관적이어야 한다. Hauenstein (1988)은 블룸의 분류체계에 대한 대안적 분류체계를 제안하면서 분류체계의 규칙을 제안하였다. 그가 제안한 규칙은 '적용가능성', '포괄성', '상호배타성', '일관된 순서의 원리에 따른 배열', '용어의 대표성과 전달성'이다. 이 내용을 간단히 설명하면 지식을 반영하는 능력이나 기능은 동사나 동명사로 표현될 수 있어야 하며, 분류될 수 없는 것이 없어야 한다. 또 각각의 유목들은 독립적이어야 하며 간단한 것에서 복잡한 것, 쉬운 것에서 어려운 것, 구체적인 것에서 추상적인 것 등의 원리에 따라 배열되어야 한다. 또 유목과 하위 유목에 사용된 용어들은 대표적인 아이디어들을 전달해야 한다. 그러나 이러한 규칙을 만족시키는 것에 우선해서 염두에 두어야 할 점은 교육목표 분류체계는 교육활동을 돕기 위한 도구라는 점이다. 단지 완벽한 논리적 분류 자체만이 목적이 아니며 실제 교육활동이나 교육활동을 개선하기 위한 연구에 유용하게 활용될 수 있어야 한다. 또 지식의 유형이나 인지 과정에 대한 분류는 교육이 이루어지는 상황이나 대상자에 따라 다르게 분류될 수도 있다. 예를 들어 '지구가 태양 주위를 돈다.'는 사실은 어떤 사람에게는 간단한 사실적 지식일 수 있지만, 다른 사람에게는 상당한 이해가 필요한 '개념적 지식'일 수 있다.

교육목표 분류체계 개발과 관련해서 두 가지의 이슈가 있을 수

있는데 이는 교육목표 분류체계가 실제 교육활동을 돕기 위한 실용성을 갖추었는가의 문제와 연관된다.

먼저 분류체계의 범주나 유목을 어느 정도로 세분화하는가, 세분화의 정도가 중요한 이슈가 될 수 있다. 지나치게 단순한 분류체계는 좀 더 많은 것을 분류하기에는 수월하겠지만 교육목표나 교육활동을 계획하고 평가하는데 구체적인 도움이 되지 않을 수 있다. 반면 너무 세분화된 분류체계는 분류 자체에 많은 노력이 필요해서 실용적이지 않을 수 있다.

또 다른 이슈는 분류체계의 적용 범위이다. 블룸의 교육목표 분류체계는 교과목에 관계없이 널리 사용되어 왔지만 각 교과에서는 그 교과의 교육적 강조점에 따라 다른 분류체계가 제안되고 사용되기도 했다. 예를 들어 Klopfer(1971)의 분류체계는 과학교육의 특수성을 반영하고자 제안되었으며 블룸의 분류체계와 함께 과학교육에서 널리 사용되어 왔다. 시각적 표상은 과학뿐 아니라 수학이나 지리, 미술 등 모든 교과교육에서 사용되는데 지리교육에서는 '도해력(graphicacy)'이라는 용어로 지도 학습과 관련해서 일찍부터 강조되어 온 개념이다. 또 최근에는 '시각적 문해력'이라는 개념이 심리학, 교육공학, 의학, 디자인 예술, 문화인류학 등 다양한 학문 분야에서 광범위하게 사용되고 있다(Lee, 2011). 따라서 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계를 개발할 때 그 적용 범위를 미리 설정하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 과학 교수 학습 과정에서 효과적인 시각적 표상 활용을 촉진하고, 체계적인 과학교육 연구를 위한 발판을 제공하고자 하는 목적으로 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계를 개발하고자 하였다. 이를 위해 선행 연구에 대한 고찰을 바탕으로 과학 교수 학습 과정에서 사용되는 시각적 표상의 유형과 시각적 표상의 인지 과정에 대한 범주와 유목을 설정하고, 현직 교사와 과학교육 전문가의 타당도 검토를 거쳐 수정된 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계(Visual Representation Competence Taxonomy: 이하 VRC-T)를 제안하였다.

## II. 연구 내용 및 방법

먼저 세 가지 주제를 중심으로 한 문헌 연구가 이루어졌다. 1) 시각적 표상의 유형 구분 2) 시각화 과정의 인지 이론 3) 시각적 표상 능력. 세 가지 주제어를 중심으로 문헌을 검색하고 주요 연구들을 고찰하였다. 과학교육 분야의 선행 연구를 주로 참고하였으나 시각화 과정의 인지 이론은 좀 더 광범위한 학습 이론을 참고하였다. 문헌 고찰을 통해 시각적 표상의 유형 및 인지 과정의 유형을 연구자가 추출하고 이에 대한 정의와 예를 기술하였다(1차 모형).

1차 모형의 타당도와 적합성을 검토하기 위해 초등 교사 중심의 워크숍을 실시하였다. 교육목표 분류체계가 실제 과학 교수 학습에 이용되기 위해서는 교사가 분류체계에 근거하여 시각적 표상을 분류하고 교육목표를 진술하는 것이 가능하고 또 용이해야 하기 때문이다. 현장 교사 4인이 초등 과학 교과서의 시각적 표상 유형을 함께 분류해 보고, 대표적인 시각적 표상에 대해 교육목표를 진술해 보는 워크숍을 실시하였다. 즉 1차 모형을 적용해서 교과서의 시각적 표상이 잘 분류되는지, 시각적 표상에 대한 교육목표 진술이 가능한지를 검토하였다. 이 과정에서 발견된 분류체계의 문제점을 보완하여 다시 시각적 표상 유형과 인지 과정 유형, 그리고 하위 유목을 조정하였다(2차 모형). 다음으로 연구자는 2차 모형에 기초하여 초등 과학교과서와

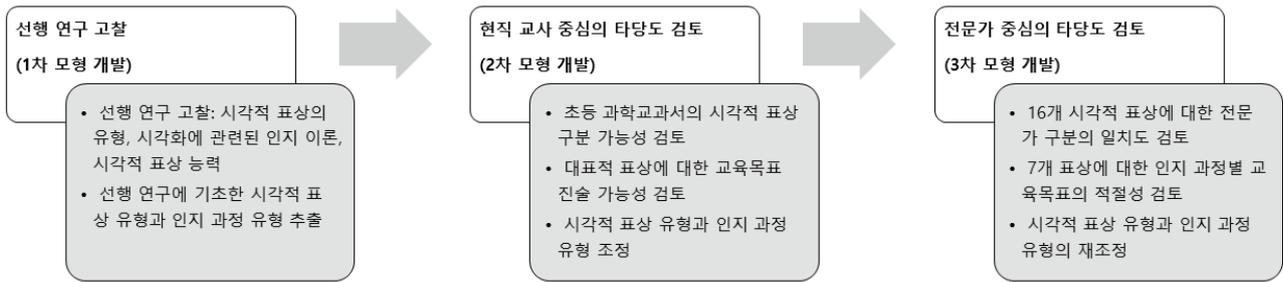


Figure 1. Development and validation process of the visual representation competence taxonomy (VRC-T)

학습 자료에서 16개의 대표적 표상을 추출하고 그 중 7개에 대해 각 인지 과정에 해당되는 교육목표 진술문을 작성하였다. 그리고 과학교육 전문가 7명에게 시각적 표상의 유형 구분과 교육목표 진술문의 타당도 검토를 의뢰하였다. 전문가의 응답과 수정 의견을 반영하여 최종적으로 시각적 표상의 교육목표 분류체계와 이에 대한 예시 자료를 완성하였다(3차 모형).

1차 모형 수정을 위한 워크숍 내용과 2차 모형 수정을 위한 전문가 설문 내용을 좀 더 구체적으로 기술하면 다음과 같다.

먼저 워크숍에 참여한 교사는 4명인데 모두 2009 개정 교육과정에 따른 초등 과학 교과서 저자로서 활동하였고 교육학 석사 학위 이상을 소지하고 있다. 과학의 4개 영역을 대표하기 위해 각 영역별 교과서 저자 1명이 참여하도록 하였다. 워크숍에서는 우선 연구자가 전체 연구의 취지를 간단하게 설명한 후 교육목표 분류체계 중 시각적 표상 유형 범주를 제시하였다. 제시된 범주에 따라 교사들은 각자가 초등 과학 교과서의 시각적 표상을 분류하고 이어서 분류하기 어렵거나 판단이 잘 되지 않는 것에 대해서는 함께 토론했다. 이러한 과정에서 어디에도 속하지 않는 표상이 나타나는지, 매우 드물게 발견되는 범주가 있는지, 중첩된 표상이 나타나는지 살펴보도록 하였다. 이것은 표상 유형의 범주 중 삭제하거나 추가할 범주가 있는지, 축약하여 합할 것이 있는지 검토하기 위한 것이었다. 시각적 표상 유형에 대한 토론 후, 각 유형별로 대표적 표상 한 개씩을 추출하도록 하였다. 이어 연구자는 교육목표 분류체계의 인지 과정 유형을 설명하고 교사들이 추출한 대표적 표상에 대하여 인지 과정별 교육목표를 진술해 보도록 하였다. 이후 교육목표 진술이 어려운 범주가 있는지, 교육목표가 유사하게 진술되는 범주가 있는지 등을 함께 토론했다. 이러한 워크숍을 통해 발견된 문제점을 고려하여 시각적 표상의 유형과 인지 과정 유형, 세부 인지 과정을 나타내는 서술어 등을 수정, 보완하였다.

이와 같이 개발된 2차 모형을 바탕으로 연구자는 전문가용 설문을 구성하기 위해 3학년에서 6학년까지의 초등 과학 교과서, 실험 관찰, 지도서, 기타 학습 자료를 참고하여 각 유형에 속하는 대표적 시각적 표상 16개를 추출하였다. 그리고 이 중 다시 7개 시각적 표상을 선택하여 세부 인지 과정별 교육목표를 진술하였다. 전문가용 설문에서는 16개 시각적 표상에 대해 직접 표상 유형을 구분하도록 요청하였으며 구분이 어려운 경우 그 이유를 서술하도록 하였다. 또 7개 표상에 대해 세부 인지 과정별 교육목표 진술문(7개 표상에 대해 각 8개의 교육목표 진술문)이 적절한지 5점 척도의 리커트 문항에 답하도록 하였다. 또한 적절하지 않은 경우 그 이유를 서술하도록 요청하였다. 마지막으로 전체적인 교육목표 분류체계의 범주 구분에 대한 의견을 서술하도록 하였다. 이것은 과학교육 전문가가 연구자와 같은 방식으

로 시각적 표상을 구분하는지, 그리고 세부 인지 과정별 교육목표를 유사하게 인식하는지 알아보기 위한 것이었다. 전문가용 설문은 총 7명에게 실시하였는데 초등 과학교육 전문가(교육대학교 교수) 4명, 과학교육 평가 전문가 1명, 시각적 표상에 대한 연구 경험이 있는 과학교육 전문가 1명, 중등 과학교육 전문가(사범대학 교수) 1명을 대상으로 하였다. 이들 전문가의 의견을 반영하여 최종적으로 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계를 완성하였다(3차 모형).

### III. 연구 결과 및 논의

아래에서는 선행 연구 고찰 결과를 간략하게 기술하고 교사 중심의 타당도 검토 결과, 전문가 중심의 타당도 검토 결과를 제시한 후 최종적으로 추출된 VRC-T의 범주 개요를 기술할 것이다.

#### 1. 시각적 표상 유형 범주 추출 및 타당화

시각적 표상은 그 특성에 따라 몇 가지 유형으로 구분할 수 있다. Moline (1995)은 시각적 표상을 간단한 다이어그램, 종합적 다이어그램, 분석적 다이어그램, 표, 지도, 타임라인 등으로 구분하였다. 이와 유사하게 Ozcelik, & McDonald (2013)도 예비교사의 시각적 표상 사용 과정에 대한 연구에서 시각적 표상의 유형을 지도, 다이어그램, 사진, 공식, 그래프, 그림, 차트 등으로 구분하였다. 또 시각적 표상은 동적인 표상, 정적인 표상으로 구분되거나 2차원적 표상, 3차원적 표상으로 구분되기도 한다. 이러한 구분은 주로 표상이 표현되는 방식을 기준으로 한 것이다. 한편 과학교육 연구에서는 거시적(macroscopic), 미시적(sub-microscopic), 상징적(symbolic) 표상의 세 가지 유형 구분이 많이 활용되어 왔다(Bucat & Mocerino, 2009; Gilbert & Treagust, 2009; Johnstone, 1993). 이러한 세 가지 유형 구분은 Johnstone (1993)이 처음 제안했는데 거시적 표상은 경험하거나 직접 관찰할 수 있는 현상이나 경험적 특성(질량, 밀도, 온도 등), 미시적 표상은 분자나 원자, 이온 등의 입자 모델, 상징적 표상은 원소 기호, 화학 반응식, 수학 기호나 관계 등을 포함한다. 이후 화학교육 연구를 중심으로 이 세 가지 수준의 표상 구분이 많이 활용되어 왔다. 그러나 이에 대한 비판도 존재한다. Talanquer (2011)는 모든 화학 지식이 거시, 미시, 상징의 세 가지 수준의 표상으로 구분되지 않으며 거시적 아이디어를 이해하는 것이 미시적 아이디어를 이해하는 것보다 쉽다고 말하는 것에 유의해야 한다고 주장했다. 예를 들어 빛, 에너지, 엔트로피 등에 대한 개념 이해는 원자, 분자, 전자에 대한 이해만큼 어렵고 많은 화학 지식이 두 가지 이상의 표상이 접합된 형태로

나타난다고 지적하였다. Talanquer (2011)는 이러한 비판적 관점에 기초해서 화학 지식의 표상을 서로 다른 유형, 규모, 차원 그리고 접근 방법(types, scales, dimensions, and approaches)으로 구조화하는 복합적인 모델을 제안하기도 했다.

한편 Jo, Jho, & Yoon (2015)은 중등 과학교과서의 전자기 단원에 제시된 시각적 표상의 유형을 구분하는 과정에서 2차원적인 방법으로 시각적 표상을 구분하였는데 한 축은 표상하는 대상의 추상성 정도에 따라 거시, 미시, 상징적 표상으로 구분하고 다른 한 축은 표상의 주요 목적에 따라 기술적, 설명적, 관계적 표상으로 구분하였다. 기술적 표상은 사물이나 현상을 기술하고 사실을 전달하고자 하는 목적을 지니는 것으로 전동기의 내부 구조를 나타낸 표상이 이에 속한다. 설명적 표상은 과정이나 절차, 인과적 관계를 설명하기 위한 것이다. 전동기의 회전 원리를 표현한 표상이 그 대표적 예이다. 마지막으로 관계적 표상은 두 변인이나 개념 사이의 관계를 나타내기 위한 것이다. 전압-전류 그래프나 전기회로에 대한 물 흐름 비유 표상 등이 이에 속한다.

본 연구에서는 대상의 추상성을 중심으로 한 거시적, 미시적, 상징적 표상의 유형 구분이 교육목표 분류체계에 적절하지 않다고 판단하였다. 과학교육에서 사용되는 대부분의 시각적 표상은 과학 개념과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 과학 개념의 난이도에 따라 표상의 난이도가 달라질 것이고, Talanquer (2011)의 지적과 같이 거시적, 미시적, 상징적 표상 사이에 위계가 명확하지 않다고 보았다. 오히려 시각적 표상을 그 기능이나 목적에 따라 구분하는 것이 학습 목표를 기술하는데 적합한 구분이라고 판단하였다.

이에 연구자는 Jo, Jho, & Yoon (2015)의 연구에서 제안된 기술적, 설명적, 관계적 표상 이외에 실험과정이나 알고리즘을 표현하는 과정적 표상을 추가하여 4개 대범주, 9개 세부 범주를 1차 모형으로 설정하였다(1차 모형). 과정적 표상을 추가한 이유는 하나가 아닌 여러 개의 시각적 표상이 제시되면서 실험 과정을 설명하는 경우가 과학 교과서에서 빈번하게 관찰되기 때문이다. 이러한 초기 모델은 교사 중심의 워크숍을 통해 3개 대범주, 7개 소범주로 조정되었으며 전문가의 타당도 검토 과정을 거쳐 최종적으로 3개 대범주, 6개 소범주로

정리되었다(Figure 2). 전체적으로 교사와 전문가의 타당도 검토 과정을 거쳐 범주의 수가 줄었고, 범주명도 수정되었다.

1차 모형의 적용 과정(교사 중심의 워크숍)에서 문제로 지적된 것은 ‘Ca 과학 개념’, ‘Cb 이론, 법칙의 일반화’의 구분이 어렵다는 점, ‘Da 그래프’만 별도의 소범주로 하는 것이 다른 범주와 동등하지 않다는 점, ‘Db 조직자’와 ‘Dc 비유’는 설명을 목적으로 하므로 설명적 표상에 해당될 수 있다는 점 등이었다. 이러한 의견에 따라 Ca와 Cb를 축약하여 하나의 소범주로 조정하고 ‘D. 관계적 표상’ 대범주를 없애고 Db와 Dc를 설명적 표상의 소범주로 재설정하였다. 또 그래프는 다양한 형태와 목적을 가지고 있어 각기 다른 범주로 구분될 수 있으므로 그래프를 별도의 소범주로 설정했던 것을 삭제하였다.

이와 같이 수정된 2차 모형을 적용해서 전문가용 설문을 개발하였다. 설문에서는 초등 과학교과서나 실험관찰, 교사용 지도서, 기타 초등과학 학습 자료에서 추출된 16개의 시각적 표상을 제시하고, 전문가가 직접 표상의 유형을 코딩하도록 하였다. 16개 표상에 대한 연구자와 전문가의 코딩 일치 정도는 Table 1과 같다. 시각적 표상의 구분 과정에서는 중복 코딩을 허용하였다. 구체적인 교육 상황에서 시각적 표상의 사용 목적은 어느 하나에 초점이 맞추어 질 수 있으나 범주 구분의 타당성을 검토하는 과정에서는 중복 코딩을 허용하는 것이 필요하다고 판단하였으며, 이미 교사 중심의 검토 과정에서 설명적 표상이나 과정적 표상의 경우 기술적 표상을 바탕으로 하고 있는 경우가 많다는 것을 발견했기 때문이다.

연구자와 전문가의 코딩 일치 비율이 60% 이하로 낮은 것을 살펴보면 ‘F3 식물의 줄기’, ‘F12 온도계의 구조’, ‘F9 그림자가 생기는 이유’에 해당되는 시각적 표상이었다. 식물의 줄기를 가로, 세로로 잘라 내부에 물관이 보이도록 한 그림을 연구자는 ‘Ab 구조, 축적, 분포’로 분류했으나 전문가 7명 중 3명이 ‘Aa 사실적 묘사’로 분류했다. 줄기의 구조를 보이기 위한 것이지만 실제로 눈으로 관찰 가능한 것이기 때문이다. ‘F12 온도계의 구조’는 알코올 온도계의 모습과 눈금을 보여주는 그림이다. 연구자는 이것을 ‘Aa 사실적 묘사’로 구분했으나 전문가 7명 중 3명은 이것을 ‘Ab 구조, 축적, 분포’로 구분했다. 온도계의 구부와 눈금 표시 부분을 보여주기 때문에 온도계의

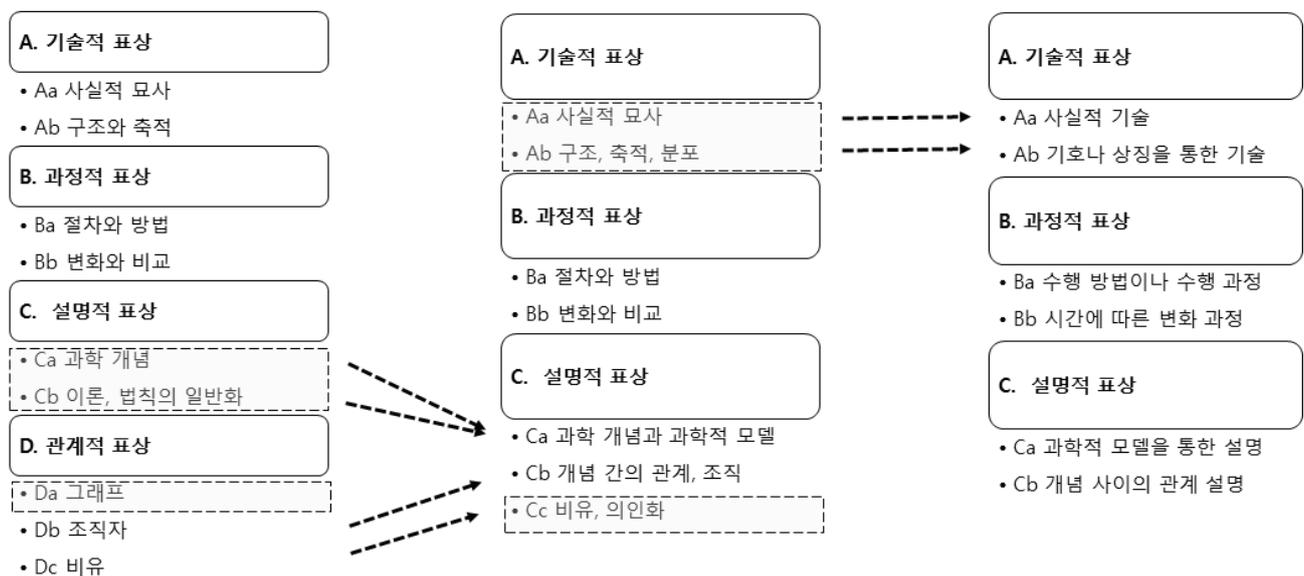


Figure 2. Development of categories of the type of visual representation

Table 1. Experts' coding conformance ratio

시각적 표상		연구자의 코딩	전문가 중 연구자의 코딩과 일치한 비율	시각적 표상		연구자의 코딩	전문가 중 연구자의 코딩과 일치한 비율
F1	생태 피라미드	Ca, Cb	85.7%	F9	그림자가 생기는 이유	Ca	57.1%
F2	간이사진기 만들기	Aa, Ba	100.0%	F10	전기회로에서 전류의 방향	Ca	71.4%
F3	식물의 줄기	Ab	42.9%	F11	풍선자동차의 빠르기	Bb, Ca	71.4%
F4	물과 모래의 온도 변화 그래프	Bb	100.0%	F12	온도계의 구조	Aa	57.1%
F5	전기회로	Aa, Ab	85.7%	F13	창자 속 세균	Ab, Cc	85.7%
F6	새의 부리 모양	Aa	100.0%	F14	전지의 연결과 물통의 연결 비유	Ca, Cc	85.7%
F7	액체에서 열의 이동 실험	Aa, Ba	100.0%	F15	빛의 반사와 굴절에 대한 개념도	Cb	100.0%
F8	달의 모양 변화	Aa, Bb	100.0%	F16	우리 몸의 구조와 기능에 대한 개념도	Ab, Cb	100.0%

Table 2. Categories of the type of visual representation

대범주	소범주	개요	예시
A. 기술적 표상: 사물이나 현상을 기술하여 사실을 전달하고자 하는 표상	Aa 사실적 기술	자연 현상, 물체의 외형적 특징과 내부 구조, 동식물의 행동 등을 사실적으로 표현한 것	여러 가지 동식물 그림, 전구의 내부 구조, 식물 줄기의 단면도
	Ab 기호나 상징을 통한 기술	자연 현상, 물체의 외형적 특징과 내부 구조, 동식물의 행동 등을 기호체계나 상징을 통해 나타낸 것	전기 회로도, 기호를 이용한 화산 분포도
B. 과정적 표상: 어떤 일을 수행하는 과정이나 시간에 따른 변화 과정을 나타내기 위한 표상	Ba 수행 방법이나 수행 과정	어떤 일을 수행하기 위한 일련의 방법이나 순서를 설명한 것	전자석을 만드는 과정, 실험 기구 조작 매뉴얼
	Bb 시간에 따른 변화 과정	시간이나 계절에 따른 변화나 물체의 시간에 따른 이동을 표현한 것	계절에 따른 별자리 모습, 동식물의 성장 모습, 시간에 따른 물의 온도변화 그래프
C. 설명적 표상: 현상의 원인이나 규칙성, 과학 개념 사이의 관계를 설명하기 위한 표상	Ca 과학적 모델을 통한 설명	특정 현상을 설명하기 위해 비가시적인 과학 개념이나 원리, 가설적 아이디어 등을 표현한 것	빛의 반사에 대한 광선 다이어그램, 물의 순환에 대한 다이어그램, 기체의 부피변화에 대한 입자 표현
	Cb 개념 사이의 관계 설명	개념을 비유적으로 설명하거나 개념 사이의 연관관계, 위계관계, 포함관계 등을 표현한 것	전기회로 물 흐름 비유, 식물 분류 계층도, 빛의 성질에 대한 개념도

구조로 판단한 것으로 짐작된다. 이러한 결과는 Aa, Ab 두 범주 구분이 명확하지 않고 특히 '구조'가 의미하는 것이 명확하지 않다는 것을 의미한다. 'F9 그림자가 생기는 이유'는 손전등에 의해 물체의 그림자가 생기는 것을 표현한 것으로 손전등에서 나아가는 빛이 직선 화살표로 표시되어 있다. 연구자는 이것을 빛의 직진을 나타낸 'Ca 과학 개념과 모델'로 분류했으나 전문가 중 3명은 이것을 'Ab 구조, 분포, 축적'으로 분류했는데 손전등, 물체, 스크린의 배치를 표현하고 있기 때문이라고 하였다. 이 결과 역시 Ab 범주가 적절하게 설정되지 않았음을 시사한다. 또 전체적인 범주 구분에 대한 의견에서 전문가들은 'Cc 비유, 의인화'가 반드시 설명을 목적으로 한 것은 아니며 다른 범주와 동등한 형태가 아님을 지적하였다. 또 각 소범주의 명칭이 콤팩트 등으로 구분되기 보다는 소범주의 의미가 좀 더 명확하게 드러나는 방향으로 수정되어야 함을 지적하였다. 이러한 의견에 따라 'Cc 비유, 의인화' 범주는 삭제하고 나머지 모든 소범주의 범주 명을 보다 명확하게 수정하였다. 또 Aa와 Ab를 보다 명확한 기준으로 재설정하였다. 이에 따라 최종 개발된 시각적 표상의 유형 범주는 Table 2와 같다.

## 2. 시각적 표상의 인지 과정 범주 추출 및 타당화

시각적 표상과 관련하여 가장 많이 알려진 인지 이론은 Paivio (1991)의 '이중부호화 이론(dual coding theory)'과 Mayer (2003)의 '멀티미디어 학습 인지 이론(cognitive theory of multimedia learning)'이다. '이중 부호화 이론(Paivio, 1991)'에 의하면 학습자는 두 가지의

정보처리 체계로서 언어적 작동 기억과 비언어적 작동 기억을 사용한다. 이 두 정보에 대한 연결이 있을 때, 즉 이중으로 부호화된 정보가 있을 때 학습 내용을 더 잘 기억할 수 있고 유의미한 학습이 이루어질 수 있다는 것이다. '멀티미디어 학습 인지 이론(Mayer, 2003)'은 이 과정을 좀 더 구체적으로 제시한다. 외부의 시각적 정보는 눈을 통해 시각 기억에 입력되고 학생들은 입력된 정보를 작동 기억 내에서 처리하기 위해 시각적 정보의 일부를 선택하여 '시각적 이미지'로 전환한다. 이런 과정을 '선택(selection)' 과정이라고 한다. 선택 과정을 통해 형성된 시각적 이미지들은 정합적인 정신 모형, 즉 '시각적 모형'을 형성하는 '조직화(organizing)' 과정과 언어적 모형과 시각적 모형을 장기 기억내의 사전 지식, 개념, 경험과 연결하는 '통합(integrating)' 과정을 거친다. 이때 사전 지식, 개념, 경험은 '선택'과 '조직화' 과정에 영향을 미치기도 하며 '선택', '조직화', '통합' 과정은 반드시 순차적으로 일어나는 것은 아니다.

한편 Burton (2004)은 시각화 과정을 네 단계로 제시하였는데 바깥 세상의 정보를 눈과 뇌로 받아들이는 시각적 인식(visual perception) 단계, '머릿속의 그림'으로 개인이 정보를 처리하고 이미지를 재탄생시키는 시각적 형상화 단계(visual imagery), 적합한 이해가 형성될 때까지 또는 의사소통이 준비가 될 때까지 정신 모델을 수정하는 통합 단계(integration), 시각적 수단으로 생각을 주고받는 시각적 의사소통 혹은 산출 단계(visual communication or production)이다. Mnuguni (2014)는 멀티미디어 학습 인지 이론과 구성주의 학습 이론에 기초해서 3단계의 시각화 과정(시각적 모델의 내면화, 개념화, 외현화)을 주장했다(Figure 3). 이 과정은 각각 시각적 정보를 이해하고 이 정보를 인지 구조 내에서 처리하고, 다시 시각적 모델을 통해 정보

를 표현하는 것을 나타낸다. 이것은 Burton (2004)의 시각적 인식 단계와 시각적 형상화 단계를 ‘내면화’ 단계로 통합한 것이라고 볼 수 있다.

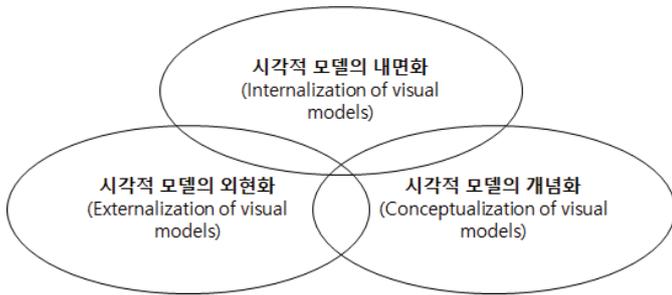


Figure 3. The overlapping stages of the cognitive process of visualization (Redrawn from Mnuguni (2014))

시각적 모델의 내면화(IVM: Internalization of visual models)는 눈과 같은 감각 기관이 정보를 받아들이는 것을 의미하며 시각적 모델의 개념화(CVM: Conceptualization of visual models)는 시각적 모델의 의미가 구성되는 과정, 인지적 모델이 형성되는 과정이다. 이 과정에서 장기 기억에 저장된 시각적 모델이 수정되거나 작동 기억 내에서 새로운 지식이 생성된다. 시각적 모델의 외현화(EVM: Externalization of visual models)는 인지적 모델을 외부 시각적 모델로 나타내는 것이며 지식을 의사소통하는 능력과 관련된다. Mnuguni (2014)는 이 세 과정이 단선적이지 않으며 여러 가지 연관 작용이 일어날 것으로 보았다. 예를 들어 시각적 모델을 읽고 그 의미를 이해하는 과정(내면화 과정)은 당연히 이미 가지고 있는 장기 기억 내 지식이나 모델에 의해 영향을 받는다.

위와 같은 시각적 표상의 인지 이론에 기초하여 본 연구에서는 교육목표 분류체계의 인지 과정 유형을 시각적 표상의 해석, 통합, 구성, 3개 대범주로 구성하였다. ‘시각적 표상의 해석’은 주어진 시각적 표상에 제시된 정보와 의미를 해석하는 과정, ‘시각적 표상의 통합’

은 시각적 표상을 사전 지식, 개념, 경험과 연결하여 재구성하거나 평가하는 과정, ‘시각적 표상의 구성’은 관찰한 사물이나 현상의 특징, 그에 대한 과학적 아이디어를 시각적 표상으로 나타내는 과정으로 보았다.

구체적으로 인지 과정의 세부 범주를 추출하기 위해서 표상 능력의 요소나 수준을 제안하고 있는 선행 연구를 고찰하였다. 과학교육 분야에서 시각적 표상 능력은 과학 개념을 의사소통하고, 개념화하기 위해 시각적 표상을 해석하고, 변환하고, 생성할 수 있는 능력, 적절한 표상의 유형을 선택하고 사용할 수 있는 능력으로 정의되고 있다 (Kozma & Russell, 2005; Nitz, et al., 2014). Table 3은 본 연구에서 분석한 주요 선행 연구를 요약한 것이다. 연구4, 5는 같은 논문이지만 표상 능력의 요소와 수준에 대한 것을 분리해서 나타냈다.

우선 시각적 표상의 하나인 그래프 능력에 대해서는 과학교육이나 수학교육, 지리교육 분야에서 오래 전부터 연구가 꾸준히 수행되어 왔다. 과학교육에서 학생의 그래프 해석 및 구성 능력과 관련해서 자주 사용되어 온 틀은 McKenzie & Padilla (1986)가 제안한 것이다 (연구1). McKenzie & Padilla (1986)는 그래프 능력을 그래프 해석 능력과 구성 능력으로 나누었는데 해석 능력은 대응점 찾기, 내삽·외삽하기, 두 변인 사이의 관계 기술하기, 두 그래프의 결과 관련짓기 등의 하위 요소로 되어 있고, 그래프 구성 능력은 축에 눈금 매기기, 축에 변수 지정하기, 대응점 찍기, 추세선 그리기, 제시된 자료를 그래프로 변환하기 등의 하위 요소로 되어 있다. Kim & Kim (2002)는 모든 학년에서 그래프를 해석하는 능력이 그래프를 구성하는 능력보다 높고 고등학교 3학년 정도에 이르러서야 두 능력의 정답률이 비슷해지는 것을 발견하였다. 또 이러한 결과는 그래프 관련 교육에서 그래프를 작성하는 것보다 해석하는 쪽에 상대적으로 더 치중하였음을 보여준다고 하였다. 그래프 능력에 대한 위와 같은 선행 연구는 시각적 표상의 인지 과정 범주 중 ‘해석’과 ‘구성’ 범주의 적절성을 뒷받침한다.

한편 지리교육에서 도해력의 수준에 대한 연구는 Postigo & Pozo

Table 3. Previous studies on representational competence

연번	연구자	핵심 용어	표상 능력의 구분
연구1	McKenzie & Padilla (1986)	그래프 해석 능력과 구성 능력	그래프 해석 능력은 1) 대응점 찾기, 2) 내삽·외삽하기, 3) 두 변인 사이의 관계 기술하기, 4) 두 그래프의 결과 관련짓기 등의 하위 요소로 구성되고 그래프 구성 능력은 5) 축에 눈금 매기기, 6) 축에 변수 지정하기, 7) 대응점 찍기, 8) 추세선 그리기, 9) 제시된 자료를 그래프로 변환하기 등의 하위 요소로 구성
연구2	Postigo and Pozo (2004)	도해력의 수준	1) 명시적 정보처리, 2) 암시적 정보처리, 3) 개념적 정보처리
연구3	diSessa & Sherin (2000)	메타 표상 능력을 갖춘 사람의 특징	메타 표상 능력을 갖춘 사람은 1) 표상의 부호(code of representation)를 이해해야 하고, 2) 다양한 양식의 표상을 번역, 변환할 수 있어야 하며, 3) 다양한 양식의 표상을 구성할 수 있어야 하며, 4) 적절한 표상을 사용해서 문제를 해결할 수 있어야 한다.
연구4	Kozma & Russell (2005)	표상 능력의 요소	1) 관찰 가능한 화학 현상을 분자적 실체와 과정으로 기술하기 위해 표상을 사용하는 능력, 2) 특정 목적을 위해 적절한 표상을 선택하거나 생성하고 왜 그것이 적절한지 설명하는 능력, 3) 표상의 특징이나 패턴을 분석하고 규명하기 위해 언어를 사용하는 능력, 4) 어떻게 서로 다른 표상이 서로 다른 방법으로 같은 것을 나타낼 수 있는지 어떻게 하나의 표상이 다른 표상과 다른 것 혹은 다른 표상이 나타낼 수 없는 것을 나타낼 수 있는지 기술하는 능력, 5) 서로 다른 표상들을 연관 짓고 한 유형의 표상의 특징을 다른 것에 대응시키고 그 둘 사이의 관계를 설명하는 능력, 6) 표상은 현상에 대응되지만 현상과 다른 것이라는 인식론적 입장을 취할 수 있는 능력, 7) 사회적 상황에서 표상을 사용하여 주장을 지지하고, 추리하고, 관찰 가능한 화학 현상을 예상하는 능력
연구5	Kozma & Russell (2005)	표상 능력의 수준	1) 묘사적 표상 수준, 2) 초기 상징 수준, 3) 공식적 표상의 형식적 사용 수준, 4) 공식적 표상의 의미적 사용 수준 5) 표상의 반성적, 수사적 사용 수준
연구6	Yoon, Jo, & Jho (2016)	시각적 표상 능력	1) 해석 능력(1-1 기호나 구성 요소 이해, 1-2 현상이나 과정 이해), 2) 구성 능력, 3) 적용 능력 (3-1 유사한 상황, 3-2 새로운 상황)

(2004)의 틀을 자주 사용하고 있다(연구2). Postigo & Pozo (2004)는 지리정보의 처리 수준을 고려해 도해력 수준을 세 가지로 구분하였다. ‘명시적 정보 처리(explicit information processing)’ 수준은 지도나 그래프의 제목, 숫자 등 명시적으로 제시된 정보를 읽는 수준을 의미하며, ‘암시적 정보 처리(implicit information processing)’ 수준은 상징을 사용해 인코딩한 정보를 번역하는 수준으로 제시된 정보를 번역하거나 해석하는 수준을 말한다. 가장 높은 수준인 ‘개념적 정보 처리(conceptual information processing)’ 수준은 제시된 그래픽 자료의 정보를 기존의 선지식과 연결하는 수준을 말한다. Park, Kim, & Lee (2009)는 Postigo & Pozo (2004)의 틀을 기초로 학업 성취도 문항 중 그래픽 자료를 활용한 문항을 중심으로 학교 급 별로 기대되는 도해력의 수준과 실제 숙달 수준을 분석하였는데 실제 학교 급별로 학생들의 도해력 수준에 차이가 나타나는 것을 발견하였다. 그러나 도해력에 대한 이와 같은 선행 연구는 주로 표상을 읽고 이해하는 ‘해석’ 부분만 다루고 있음을 알 수 있다.

diSessa & Sherin (2000)은 ‘메타 표상 능력(metarepresentational competence)’이라는 용어를 사용했는데 이는 ‘표상을 선택하고 생성하고, 비판하고, 수정하고, 설계하는 것을 포함하여 표상을 가지고 활동하는데 필요한 다양한 능력’을 의미한다. 이들은 메타 표상 능력을 갖춘 사람이 무엇을 할 수 있어야 하는지를 4가지 항목으로 제시했다(연구3). 표상 능력의 요소와 표상 능력 수준에 대한 좀 더 구체적인 제안은 Kozma & Russell (2005)에 의해 이루어졌다. 이들은 화학자들의 연구 수행, 표상 활용에 대한 연구를 통해 화학교육 분야의 표상 능력 요소를 일곱 가지로 제안하고(연구4), 이러한 기능들에 기초해 표상 능력의 수준을 다섯 가지로 제안하였다(연구5). ‘묘사적 표상’ 수준은 어떤 현상에 대해 표상하라고 요청받을 때 단지 현상의 외형적, 물리적 특징만을 표상하는 경우이다. ‘초기 상징’ 수준은 이에 더해 어느 정도의 상징(예를 들면 역동성이나 움직임, 시간의 흐름을 나타내기 위한 화살표)을 사용할 수 있는 경우이다. ‘공식적 표상의 형식적 사용’ 수준에서는 외형적, 물리적 특성뿐 아니라 관찰되지 않는 내재된 실체나 과정을 표상할 수 있다. 공식적인 표상을 올바르게 사용할 수 있으나 의미보다는 형식에 주목한다. ‘공식적 표상의 의미적 사용’ 수준에서는 표상의 공통적 의미에 기초해서 서로 다른 두

표상을 연결시키거나 전환할 수 있다. 또 예상하고, 문제를 해결하고, 현상을 설명하기 위해 표상을 사용할 수 있다. ‘표상의 반성적, 수사적 사용’ 수준에서는 현상을 설명하라고 요청받을 때 한 가지 이상의 표상을 사용하여 관찰된 특징과 내재된 실체나 과정의 관계를 설명할 수 있다. 특정 상황을 설명하는 가장 적합한 표상을 선택하거나 생성할 수 있고, 왜 그러한 표상이 적절한 지 설명할 수 있다. 또 어떤 현상은 직접 경험할 수 없고 표상을 통해서만 이해할 수 있다는 인식론적 입장을 취할 수 있다. diSessa & Sherin (2000), Kozma & Russell (2005)의 표상 능력에 대한 정의에는 표상의 전환과 평가가 포함되어 있고 인식론적 입장 또한 포함되어 있으며 이것은 본 연구의 인지 과정 중 ‘통합’ 범주 설정과 맞물린다.

마지막으로 국내에서 이루어진 연구로 정전기 유도에 대한 중학생의 시각적 표상 능력을 조사한 연구가 있다(연구6). 이 연구에서는 시각적 표상 능력을 ‘해석’, ‘적용’, ‘구성’의 범주로 나누어 조사했는데, 이 연구에서 세 범주의 시각적 표상 능력은 통계적으로 유의한 상관관이 있으면서도 어느 정도 독립적인 범주인 것으로 나타났다.

위와 같은 선행 연구에 제시된 표상 능력의 요소들을 반복적으로 재구조화하는 과정을 거쳐 본 연구에서는 초기 모델로 총 8개의 인지 과정 세부 범주를 설정하였고(1차 모형, Figure 4의 왼쪽) 교사와 전문가의 타당도 검토 과정을 거쳐 최종적으로 6개의 세부 범주를 확정하였다.

1차 모형에 대한 타당도 검토 과정은 교사가 각 인지 과정별 교육 목표를 진술할 수 있는가에 초점을 두었다. 이 과정에서는 범주 구분에 대한 수정 제안 보다는 세부적인 서술어에 대한 수정, 보완이 이루어졌다. 교사들이 교육목표를 진술하면서 제기한 문제점은 ‘표상의 통합’과 ‘표상의 구성’이 잘 구분되지 않는다는 점, ‘표상의 평가’에 대한 교육목표 진술이 어렵다는 점 등이었으며 ‘표상의 구성’에서 학생이 부분적으로 구성하는 것도 포함하는가, 평면적인 것뿐 아니라 3차원 실물 모형의 구성을 포함할 수 있는가 등의 문제였다. 즉 범주 자체의 타당도에 대한 문제라기보다는 각 범주의 의미 구분에 대한 문제였다. 이를 반영하여 각 범주의 의미 설명, 대표적 서술어 등을 수정, 보완하였다. 이후 7개 표상에 대해 연구자가 인지 과정별 교육 목표를 진술하고 그에 대한 적절성을 전문가 7인에게 5점 척도 문항

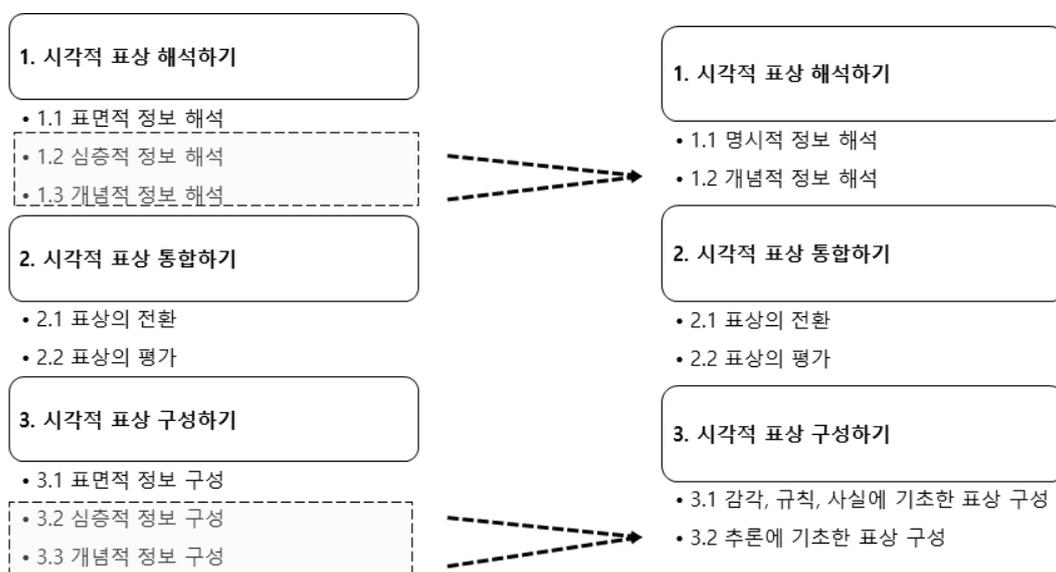


Figure 4. Development of categories of the cognitive process of visual representation

Table 4. Experts' positive response rate and opinion for revision

인지 과정 세부 범주		‘적절하다’, ‘매우 적절하다’의 평균 응답 비율	전문가의 범주 수정 의견
1.1	표면적 정보 해석	73.35%	
1.2	심층적 정보 해석	71.58%	‘1.2 심층적 정보’에 개념적이라는 의미가 내포될 수 있다. 따라서 1.2와 1.3의 구분이 어렵다. 1.3의 범주 의미가 불명확하다.
1.3	개념적 정보 해석	62.65%	
2.1	표상의 전환	64.54%	
2.2	표상의 평가	57.41%	‘표상의 평가’를 넘어서 ‘구성’까지 포함하는 경우가 있다.
3.1	표면적 정보 구성	64.65%	
3.2	심층적 정보 구성	61.10%	‘3.2 심층적 정보 구성’과 ‘3.3 개념적 정보 구성’은 논리적으로 명확하게 구분하기 어렵다. ‘정보 구성’이라는 범주명이 적절하지 않다. ‘3.3’ 중 ‘3.2’로 보이는 것이 있다. ‘3.3’의 범주 의미가 불명확하다.
3.3	개념적 정보 구성	59.34%	

Table 5. Categories of the cognitive process of visual representation

대범주	소범주	주요 서술어	개요	대응되는 선행 연구 요소
1. 시각적 표상 해석하기: 주어진 시각적 표상에 제시된 정보와 의미를 해석한다.	1.1 명시적 정보 해석하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>확인하기</li> <li>기호/값 읽기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시각적 표상에 제시된 기호나 상징의 의미를 안다.</li> <li>시각적 표상에 제시된 값이나 명시적 정보를 읽을 수 있다.</li> </ul>	연구1의 1) 연구2의 1) 연구3의 1) 연구6의 1-1)
	1.2 개념적 정보 해석하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>내삽/외삽하기</li> <li>과학 개념과 용어를 통해 해석하기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시각적 표상에 제시된 정보를 통해 결론, 일반화, 예상 등의 추론을 수행하여 의미를 해석할 수 있다.</li> <li>주요 과학 개념과 용어를 통해 시각적 표상의 정보를 해석할 수 있다.</li> </ul>	연구1의 2), 3), 4) 연구2의 2), 3) 연구4의 3) 연구6의 1-2)
2. 시각적 표상 통합하기: 주어진 시각적 표상을 사전 지식, 개념, 경험과 연결하여 재구성하거나 평가한다.	2.1. 표상 전환하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>다른 양식으로 나타내기</li> <li>간단하게 나타내기</li> <li>자세하게 나타내기</li> <li>조직하여 나타내기</li> <li>유사한 상황에 대해 나타내기</li> <li>대응시키기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>시각적 표상을 실물 모형이나 다른 유형의 시각적 표상으로 전환하여 나타낼 수 있다.</li> <li>여러 시각적 표상을 조직하여 간단히 나타내거나 하나의 표상을 더 자세한 표상으로 나타낼 수 있다.</li> <li>주어진 표상을 유사한 상황에 적용해서 나타낼 수 있다.</li> <li>같은 현상을 나타내는 여러 가지 시각적 표상의 대응 관계를 인식할 수 있다.</li> </ul>	연구1의 9) 연구3의 2) 연구4의 4), 5) 연구6의 3-1), 3-2)
	2.2. 표상 평가하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>선택하기</li> <li>비판하기</li> <li>평가하기</li> <li>정당화하기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>여러 개의 시각적 표상을 비교하여 보다 적절한 것을 선택하거나 주어진 표상의 적절성을 평가할 수 있다.</li> <li>주어진 상황이나 정보를 표현하는데 적절한 표상 방법을 선택할 수 있다.</li> <li>과학적 표상이 항상 실재를 복사하는 것은 아니며, 과학적 의사소통과 사고의 도구임을 인식할 수 있다. (표상의 본성에 대한 인식)</li> </ul>	연구4의 2), 6)
3. 시각적 표상 구성하기: 관찰한 사물이나 현상의 특징, 그에 대한 과학적 아이디어를 시각적 표상으로 나타낸다.	3.1 감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>일회적인 혹은 연속적인 관찰 내용을 나타내기</li> <li>수행 방법이나 과정을 나타내기</li> <li>모양, 특징 나타내기</li> <li>위치, 분포 나타내기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>현상이나 사물을 관찰하고 그 특징을 시각적 표상으로 나타낼 수 있다.</li> <li>적합한 기호나 색을 이용해 사물이나 사건의 분포나 위치 등을 나타낼 수 있다.</li> <li>여러 관찰 결과나 실험결과를 조직하여 나타낼 수 있다.</li> <li>과학적 활동의 수행 과정, 현상의 변화 과정 등을 시각적 표상으로 나타낼 수 있다.</li> </ul>	연구1의 5), 6), 7) 연구3의 3) 연구5의 1), 2), 3)
	3.2 추론에 기초하여 표상구성하기	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학 개념이나 원리를 나타내기</li> <li>비가시적 속성이나 현상을 나타내기</li> <li>과학 개념 사이의 관계를 나타내기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>과학의 상징 기호(예: 힘을 나타내는 화살표, 전하를 나타내는 +, -)를 사용할 수 있다.</li> <li>과학 개념이나 원리를 나타내는 표상을 구성할 수 있다.</li> <li>개념도, 위계도 등으로 과학 개념 사이의 관계를 나타낼 수 있다.</li> <li>자신의 과학적 아이디어(가설)를 시각적 표상으로 나타내고 이를 통해 추론할 수 있다.</li> </ul>	연구1의 8) 연구3의 4) 연구4의 1), 7) 연구5의 4), 5) 연구6의 2)

으로 물었다. ‘적절하다’(4점), ‘매우 적절하다’(5점)에 응답한 비율을 각 인지 과정별로 나타낸 결과는 Table 4와 같다. 교육목표 진술문이 적절하지 않은 경우 전문가가 제시한 범주 수정 의견도 요약하였다.

대체로 60% 이상 적절하다는 의견을 보이고 있으며 2.2에 대한 긍정적 응답 비율은 57.4%로 다소 낮았으나 이는 교육목표 진술문의 적절성에 대한 의견이었으며 범주 자체에 대한 수정 의견은 제시되지

않았다. 범주 구분에 대해 주요하게 제기된 의견은 1.2와 1.3의 구분, 3.2와 3.3의 구분이 명확하지 않다는 것이었다. 이와 같은 의견을 반영하여 1.2와 1.3을 합하여 하나의 범주로 축약하였으며 3.2와 3.3을 축약하여 하나의 범주로 구성하고 범주 명을 수정하였다. 이에 따라 최종 개발된 시각적 표상의 인지 과정 범주는 Table 5와 같다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 시각적 표상 유형과 인지 과정, 2개 차원으로 이루어진 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계(VRC-T)를 개발하였다. 시각적 표상 유형은 크게 ‘기술적 표상’, ‘과정적 표상’, ‘설명적 표상’으로 구분하였으며 하위 범주는 ‘사실적 기술’, ‘기호나 상징을 통한 기술’, ‘수행 방법이나 수행 과정’, ‘시간에 따른 변화 과정’, ‘과학적 모델을 통한 설명’, ‘개념 사이의 관계 설명’으로 구분하였다. 시각적 표상 유형은 그 자체로 위계가 구분되기 보다는 관련된 과학 개념의 추상성이나 난이도에 따라 위계 관계가 달라질 수 있다. 그러나 동일한 현상이나 주제에 대해서는 ‘기술적 표상’에 비해 ‘과정적 표상’이, ‘과정적 표상’에 비해서는 ‘설명적 표상’이 높은 수준의 표상이라고 가정하였다. 또 ‘과정적 표상’을 제외한 ‘기술적 표상’과 ‘설명적 표상’에서는 소 범주 사이에도 위계가 존재할 것으로 예상되지만 이와 같은 위계의 존재는 경험적 연구를 통한 확인이 필요하다. 그러나 위계 관계가 엄밀하지 않다고 해도 표상 유형의 범주 구분은 유효할 수 있다. 이것은 과학 교수 학습 과정에서 다루는 시각적 표상의 다양성을 대표하며 이러한 다양한 유형의 시각적 표상이 과학 교수 학습에 필요하다는 것을 나타내기도 한다. 즉 주제나 상황에 따라 ‘기술적 표상’이 ‘과정적 표상’이나 ‘설명적 표상’보다 어려운 경우 혹은 위계 관계가 명확하지 않은 경우도 있겠지만 과학 교수 학습 과정에서는 이 세 가지 유형의 표상이 모두 필요하고 자주 사용되기 때문에 표상 유형을 이와 같이 구분하는 것은 의미가 있다.

시각적 표상의 인지 과정은 크게 ‘해석하기’, ‘통합하기’, ‘구성하기’로 구분하였으며 하위 범주는 ‘명시적 정보 해석하기’, ‘개념적 정보 해석하기’, ‘표상 전환하기’, ‘표상 평가하기’, ‘감각, 규칙, 사실에 기초하여 표상 구성하기’, ‘추론에 기초하여 표상 구성하기’ 6개로 구분하였다. 표상의 유형과 마찬가지로 인지 과정 범주 간에도 느슨한 위계 관계가 성립한다고 가정하였다. 즉 시각적 표상 능력은 과학 개념 이해와 밀접하게 관련되기 때문에 항상 ‘해석하기’가 ‘구성하기’에 비해 쉽다고 말하기는 어렵다. 그러나 동일한 주제와 동일한 상황에 대해서는 어느 정도의 위계가 있을 것으로 예상되며 또 대범주 내 소 범주 사이에도 어느 정도 위계 관계가 있을 것으로 예상된다. 이러한 인지 과정의 위계 역시 후속 연구를 통해 탐색할 필요가 있다. 또 본 연구에서는 교육목표 분류체계를 수정, 보완하는 과정에서 주로 초등 과학 교과서와 교수 학습 자료를 중심으로 하였으므로 중등 과학 학습 자료를 중심으로 그 타당성과 적용 가능성을 점검하는 과정도 필요하다.

이와 같이 본 연구에서 개발한 VRC-T는 후속 연구를 통해 계속 수정, 보완될 필요가 있지만 과학 교수 학습 과정에서 시각적 표상을 보다 효과적으로 그리고 적극적으로 활용하는 데 도움이 될 수 있다. 몇 가지 활용 방안은 다음과 같다.

첫째, VRC-T는 수업 분석이나 수업 계획에 활용될 수 있다. 대부분의 과학 수업에서는 시각적 표상을 활용하므로 수업에서 사용하는 시각적 표상이 주로 어떠한 유형이며, 어떠한 인지 과정을 목표로 사용되고 있는지 수업의 실태를 분석할 수 있다. 분석 결과 특정 유형의 시각적 표상만 활용된다거나 특정 인지 과정에 국한된 활동만 발견된다면 수업 중 시각적 표상 활용을 개선할 필요가 있을 것이다. 또 시각적 표상을 수업에서 어떻게 활용할 것인지 수업 활동을 계획할 때에도 이 분류체계가 기준이 될 수 있다. 교사가 시각적 표상을

제시하고 그것이 나타내는 정보를 해석하는 활동에 중점을 둘 것인지, 학생이 관찰한 현상이나 그 원인을 설명하기 위해 시각적 표상을 직접 구성하는 활동에 중점을 둘 것인지, 다양한 인지 과정을 고려해서 구체적 활동 계획을 세울 수 있다.

둘째, VRC-T는 과학 학습 자료나 평가 과제 분석에 활용될 수 있다. 과학 교과서를 포함한 대부분의 온라인, 오프라인 학습 자료 역시 시각적 표상을 포함하고 있다. 학습 자료나 평가 과제에 사용된 시각적 표상의 유형과 그에 따른 인지 과정이 제한적이라면 VRC-T가 보다 다양하게 시각적 표상을 활용하도록 안내하는 역할을 할 수 있을 것이다.

셋째, VRC-T는 학생의 시각적 표상 능력을 평가하고 이를 증진시키는데 활용될 수 있다. 즉 과학의 특정 주제나 개념과 관련해서 VRC-T를 활용해서 학생들의 표상 능력을 실제로 조사하거나 평가하고 그 수준을 비교하거나 추적하는데 활용할 수 있다. 또 이러한 평가 결과는 학생의 시각적 표상 능력을 증진시키기 위해 어떠한 안내와 도움이 필요한지 유용한 정보를 제공해 줄 수 있을 것이다.

시각적 문해력, 시각적 표상 능력은 과학 뿐 아니라 여러 분야에서 점차 중요해 지고 있다. VRC-T를 활용해 과학 교수 학습 과정도 시각적 표상의 사용과 생성이라는 새로운 관점에서 재조명 될 수 있을 것이며 이 과정에서 그동안 간과되었던 과학 교수 학습 과정의 특징을 탐색하고 논의하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 기대한다.

#### 국문요약

과학자들은 연구 과정에서 다양한 시각적 표상을 다양한 방식으로 활용한다. 과학 교수 학습 과정에서도 시각적 표상은 과학 개념을 가르치거나 이해하기 위한 수단으로, 또 학생의 과학적 사고를 촉진하고, 탐구 능력을 증진시키기 위한 도구로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 과학 교수 학습 과정에서 효과적인 시각적 표상 활용을 촉진하고, 체계적인 과학교육 연구의 기초를 제공하고자 하는 목적으로 시각적 표상 능력의 교육목표 분류체계(visual representation competence taxonomy: VRC-T)를 개발하였다. VRC-T는 시각적 표상 유형과 인지 과정, 2개 차원으로 구성하였고, 선행 연구를 고찰하여 초기 모형을 개발한 뒤 교사 중심의 타당도 검토 결과, 전문가 중심의 타당도 검토 결과를 반영하여 최종 모형을 개발하였다. 최종 모형에서 시각적 표상 유형은 크게 ‘기술적 표상’, ‘과정적 표상’, ‘설명적 표상’으로 구분하였으며, 시각적 표상의 인지 과정은 크게 ‘해석하기’, ‘통합하기’, ‘구성하기’로 구분하였다. VRC-T의 타당화 과정과 각 세부 범주의 개요 및 예시를 설명하였고 가능한 활용 방안을 제안하였다.

**주제어 :** 시각적 표상 능력, 교육목표 분류체계, 시각적 표상의 유형, 시각적 표상의 인지 과정

#### References

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096-1097.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. & Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives: Abridged edition*. New York: Longman.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives. Handbook 1:*

- Cognitive Domain*. New York: David McKay Company, Inc.
- Bucat, B., & Mocerino, M. (2009). Learning at the sub-micro level: Structural representations. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 11-29). Springer, Dordrecht.
- Bungum, B. (2008). Images of physics: an explorative study of the changing character of visual images in Norwegian physics textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, 4(2), 132-141.
- Burton, L. (2004). Helping students become media literate. In *Workshop's paper. Australian School Library Association (NSW) Inc. 5th State Conference*.
- Chittleborough, G., & Treagust, D. F. (2007). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38(4), 463-482.
- Churches, A. (2009). Bloom's digital taxonomy. *Educational Origami*, 4.
- Colin, P., Chauvet, F., & Viennot, L. (2002). Reading images in optics: Students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, 24(3), 313-332.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V., & Sklaveniti, S. (2003). Towards an analysis of visual images in school science textbooks and press articles about science and technology. *Research in Science Education*, 33(2), 189-216.
- diSessa, A. A., & Sherin, B. L. (2000). Meta-representation: An introduction. *The Journal of Mathematical Behavior*, 19(4), 385-398.
- Dori, Y. J., Tal, R.T., & Tsaushu, M. (2003). Teaching biotechnology through case studies: can we improve higher order thinking skills of nonscience majors? *Science Education*, 87(6), 767-793.
- Evagorou, M., Erduran, S., & Mantyla, T. (2015). The role of visual representations in scientific practices: from conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. *International Journal of STEM Education*, 2(1), 11.
- Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Towards a coherent model for macro, submicro and symbolic representations in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp. 333-350). Springer, Dordrecht.
- Gooding, D. (2006). From phenomenology to field theory: Faraday's visual reasoning. *Perspectives on Science*, 14(1), 40-65.
- Hauenstein, A. D. (1998). *A conceptual framework for educational objectives*. University Press of America, Inc.
- Jho, H., Jo, K., & Yoon, H.-G. (2017). Analysis of middle school students' visual representation competences for electric current. *New Physics: Sae Mulli*, 67(6), 714-724.
- Jo, K., Jho, H., & Yoon, H.-G. (2015). Analysis of visual representations related to electromagnetism in primary and secondary science textbooks. *New Physics: Sae Mulli*, 65(4), 343-357.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701.
- Kim, O.-N. (2006). The comparative analysis of educational taxonomies in cognitive domain. *The Korea Educational Review*, 12(2), 165-189.
- Kim, T.-S., & Kim, B.-K. (2002). The comparison of graphing abilities of pupils in grades 7 to 12 based on TOGS (The test of graphing in science). *Journal of the Korean Association for Science Education*, 22(4), 768-778.
- Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. In B. S. Bloom, J. T. Hastings & G. F. Madaus (Eds.), *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw-Hill.
- Kozma, R., & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualizations in Science Education* (pp. 121-146). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Lee, J. (2011). Revisiting graphicacy: The roles of graphicacy in the digital era and tasks of geographic education. *The Journal of the Korean Association of Geographic and Environmental Education*, 19(1), 1-15.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2000). Developing model-based reasoning in mathematics and science. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 39-48.
- Lynch, M. (2006). The production of scientific images: vision and re-vision in the history, philosophy, and sociology of science. In L. Pauwels (Ed.), *Visual cultures of science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication* (pp. 26-40). Lebanon, NH: Dartmouth College Press.
- Marzano, R. J. (2001). *Designing a new taxonomy of educational objectives*. Corwin Press, Inc.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and instruction*, 13(2), 125-139.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J. (1986). The construction and validation of the test of graphing in science (TOGS). *Journal of Research in Science Teaching*, 23(7), 571-579.
- Mnguni, L. E. (2014). The theoretical cognitive process of visualization for science education. *SpringerPlus*, 3(1), 184.
- Moline, S. (1995). *I see what you mean: Children at work with visual information*. Teachers Pub Group Inc.
- Nitz, S., Ainsworth, S., Nerdel, C., & Precht, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning & Instruction*, 31, 13-22.
- Ozcelik, A. T., & McDonald, S. P. (2013). Preservice science teachers' uses of inscriptions in science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 24(7), 1103-1132.
- Paivio, A. (1991). Dual coding theory: Retrospect and current status. *Canadian journal of psychology*, 45(3), 255-287.
- Park, S., Kim, H., & Lee E.-H. (2014). An Analysis of students' graphicacy in Korea based on the national assessment of educational achievement, from 2005 to 2007. *Journal of the Korean Geographical Society*, 44(3), 410-427.
- Postigo, Y., & Pozo, J. I. (2004). On the road to graphicacy: The learning of graphical representation systems. *Educational Psychology*, 24(5), 623-644.
- Schwarz, CV, Reiser, BJ, Davis, EA, Kenyon, L, Acher, A, Fortus, D, et al. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. doi:10.1002/tea.20311.
- Talanquer, V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: the many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
- Tippett, C. D. (2016) What recent research on diagrams suggests about learning with rather than learning from visual representations in science, *International Journal of Science Education*, 38(5), 725-746.
- Topsakal, U. U., & Oversby, J. (2013). What do scientist and non-scientist teachers notice about biology diagrams? *Journal of Biological Education*, 47(1), 21-28.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science. *Research in Science Education*, 40(1), 65-80.
- Yoon, H.-G. Jo, K., & Jho, H. (2016). Middle school students' interpretation, construction, and application of visual representations for electrostatic induction. *New Physics: Sae Mulli*, 66(5), 580-589.
- Yoon, H.-G., Jo, K., & Jho, H. (2017). Secondary teachers' perception about and actual use of visual representations in the teaching of electromagnetism. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(2), 253-262.