

## 중등 전자기 수업에서 사용하는 시각적 표상에 대한 교사 인식 및 활용 실태

윤혜경<sup>1\*</sup>, 조광희<sup>2</sup>, 조현국<sup>3</sup>

<sup>1</sup>춘천교육대학교, <sup>2</sup>조선대학교, <sup>3</sup>단국대학교

### Secondary Science Teachers' Perception about and Actual Use of Visual Representations in the Teaching of Electromagnetism

Hye-Gyoung Yoon<sup>1\*</sup>, Kwanghee Jo<sup>2</sup>, Hunkoog Jho<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Chuncheon National University of Education, <sup>2</sup>Chosun University, <sup>3</sup>Dankook University

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 2 January 2017

Received in revised form

6 February 2017

Accepted 13 February 2017

##### Keywords:

science teacher,  
visual representation,  
electromagnetism

#### ABSTRACT

This study aims at investigating the perceptions of science teachers about the role of visual representations in the teaching of electromagnetism, and finding out how science teachers use visual representations in their teaching of electromagnetism and the difficulties they experience in dealing with those representations. A total of 121 science teachers responded to the online survey. The results showed that most of the teachers agreed to the significance of using visual representations in the classroom but regarded their role as means of simply delivering science knowledge rather than constructing or generating knowledge. For the three visual representations widely used in teaching of electromagnetism in secondary schools (electrostatic induction on electroscope, magnetic field around current carrying wire, structure and principle of electric motor), the teachers preferred teacher-centered use of visual representations rather than student-centered and teacher's construction of representations were the most frequent among four types of use; interpretation, construction, application, and evaluation. The difficulties of teaching with these three visual representations were categorized into several factors; teachers, students, the characteristics of the representations, and lack of resources and classroom environment. Teachers' limited perceptions about the role of visual representations were associated with the ways of using visual representations in their teaching. Implications for the effective use of visual representations for science learning and teaching were discussed.

## 1. 서론

사진, 삽화, 다이어그램, 그래프 등 다양한 시각적 표상은 과학 담화의 중요한 일부이다. 과학자는 자연 세계를 관찰하고, 추론하고, 의사소통하는 과정에서 다양한 모델과 시각적 표상을 사용하며 시각적 표상은 과학적 아이디어를 개념화하는 데 필수적인 도구이다 (Latour, 1987). 같은 맥락에서 학생들의 과학 학습 과정에서도 시각적 표상을 통해 과학 개념을 이해하거나 어떤 현상에 대해 학생 자신의 과학적 아이디어를 시각화하여 나타내는 것이 필요하다. 즉 시각적 표상은 과학 개념을 이해하기 위한 수단의 일부이며 학생들의 과학적 사고를 촉진하고 과학적 실행 능력을 증진시키기 위한 중심 역할을 할 수 있다. Ainsworth, Prain, & Tytler (2011)는 학생들이 그리기 활동을 통해 과학적 추론과 참여, 의사소통 능력을 증진시킬 수 있다고 주장하였으며 Kozma & Russel (2005)은 '다양한 시각적 표상을 활용해서 의사소통하고 과학적 아이디어를 정교화 하는 일련의 실행 과정'으로서 학생들의 '표상 능력(representational competence)'이 중요하다고 주장하였다. 이러한 주장과 관련하여 학생의 표상 능력을 정의하고 조사하는 연구들(Chang & Tzeng, 2015; Nitz *et al.*, 2014; Schneid *et al.*, 2013; Thomas *et al.*, 2010)이 진행되고 있다.

그러나 과학 수업에서 교사가 어떠한 시각적 표상을, 어떻게 사용하고 있는지에 대한 연구는 이에 비해 적은 편이다. Eilam & Gilbert (2014)는 과학 교사의 시각적 표상 사용 능력이 중요함을 특히 강조하였다. 학생의 표상 능력을 계발하기 위해서는 교사 자신이 이러한 표상 사용에 능숙해야 하고 시각적 표상을 가지고 효과적으로 수업을 실행할 수 있는 '시각적 교수 내용 지식(pedagogical-visual-content-knowledge)'을 발달시켜야 한다고 주장하기도 하였다. 즉 교사는 그들의 수업에서 표상을 효과적으로 활용할 수 있어야 할 뿐만 아니라, 표상의 사용 및 생성과 관련된 학생의 어려움을 이해하고 이것을 방해하는 것이 무엇인지 인식할 수 있어야 한다는 것이다. 과학 교사의 시각적 표상 사용에 대한 몇몇 연구를 살펴보면 다음과 같다.

Cook (2011)은 7명의 고등학교 과학 교사가 시각적 표상을 어떻게 사용하는지 수업 관찰과 면담을 통해 사례 연구를 실시했다. 연구 결과 교사들이 가르치는 주제 영역(물리, 화학, 생물, 지구과학)에 따라 수업에 이용되는 시각적 표상의 유형이 달랐다. 그리고 가르치는 내용, 학생의 학습 양식, 자료의 이용가능성 등이 교사의 시각 자료 사용에 영향을 미치는 것으로 나타났다. Coleman, McTigue, & Smolkin (2011)은 설문을 통해 초등교사의 수업 중 시각 자료 사용에 대해 조사하였는데, 미국의 초등 교사들이 시각 자료를 표면적으로만

\* 교신저자 : 윤혜경 (yoonhk@cnu.ac.kr)

\*\* 이 논문은 2014년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (NRF-2014S1A5A2A01012115).  
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.2.0253>



Figure 1. Patterns of Using of visual representations in science class

사용하는 경향이 있음을 보고하였다. 예를 들면 단순히 책에 있는 시각적 표상을 언급하는 정도의 활동이 가장 많았다. 학생들이 직접 그림을 그리거나 그림에 대한 설명을 쓰는 활동은 거의 나타나지 않았다. 연구자들은 이와 같은 결과가 나타난 이유로 교사가 시각 자료의 중요성에 대해 과소평가하고 있거나, 자신이 학습하는 과정에서 실제 시각 자료를 잘 사용하지 않아왔기 때문에 학생들을 위한 교육에서도 시각 자료를 잘 활용하지 못할 가능성이 있음을 지적하였다. Liu, Won & Treagust (2014)의 연구에서는 5명의 생물 교사를 7개월간 관찰하였는데 교사들은 간단하고 친숙한 표상만을 주로 사용했다. 또 교사들은 주로 도입 부분에서 표상을 사용했고 개념을 정교화 하는 부분에서는 덜 사용했다. Ozcelik & McDonald (2013)는 예비 과학 교사 7명의 수업을 비디오로 녹화하여 분석하였는데 예비교사들이 시각 자료를 활용하는 목적은 다음과 같이 분류되었다: 과학 지식의 최종 형태를 전달하기 위해, 학생들을 과학 활동에 참여시키기 위해, 사물을 가시화하기 위해, 여러 아이디어를 연관시키기 위해, 데이터의 예를 제시하기 위해, 형성평가를 위해, 학생을 수업에 참여시키기 위해, 수업 마지막에 정리하기 위해. 그러나 이러한 시각 자료의 사용은 주로 제공된 과학적 아이디어를 확인하거나 지지하기 위한 것이며 과학자들이 현상을 이해하기 위해 시각 자료를 생성하는 것과 같은 방식과는 거리가 멀다고 할 수 있다. 이러한 연구들은 모두 과학교사의 시각적 표상 사용이 제한적임을 보여 준다.

반대로 과학 수업에서 표상 구성을 강조하고 표상에 대해 명시적으로 초점을 맞추는 새로운 교수법이 제안되기도 하였다. Tytler *et al.* (2013)은 표상 구성을 강조한 교수법이 과학 교수 학습에 혁신을 가져올 수 있다고 주장하였다. 또한 Parnafes & Trachtenberg-Maslaton (2014)은 학생이 시각적 표상을 생성하도록 하는 수업이 진정한 과학적 담화를 가능하게 하고 학생의 생각과 창의성을 표현할 수 있도록 한다고 주장하면서 이러한 교수 방법을 사용하였을 때 교사의 인식론적 신념이 뚜렷하게 변화됨을 보였다.

그러나 Gilbert & Eilam (2014)이 지적한 바와 같이 아직 과학교육 분야에서는 교사가 어떠한 시각적 표상을 어떻게 활용하는지, 왜 그렇게 사용하기로 결정하는지 등에 관한 학술적 정보가 풍부하지 않다. 다시 말해 시각적 표상과 관련된 교사의 교수내용지식과 그 발달에 대해 많은 연구가 필요하다. 학생의 과학적 표상 능력은 수업 중 교사의 표상 활용을 통해 발달될 것이 기대되기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 교사의 시각적 표상 활용 실태를 조사하고자 하였다. 시각적 표상은 일반적으로 입체적인 것과 평면적인 것을 모두 포함할 수 있지만 본 연구에서는 교사들에게 가장 친숙한 교과서의 대표적 표상을 설문에 활용하였으므로 평면적인 시각적 표상만을 중심으로 하였다. 또 선행 연구(Cook, 2011; Ozcelik & McDonald, 2013)에 따르면 교사의 시각적 표상 활용은 가르치는 주제에 따라 많이 달라질 수 있다. 그래서 과학 수업 전반에 걸친 일반적인 경험이

아니라 구체적인 교수 학습 상황에 국한하여 연구하고자 하였다. 중등 과학교육 분야 중 전자기 영역은 전자, 전류, 자기장 등 미시적이고 추상적인 개념들을 이해하고 의사소통하기 위해 시각적 표상을 많이 사용하기 때문에 본 연구는 전자기 수업 상황에 초점을 두고 시각적 표상의 역할에 대한 교사의 인식은 어떠한지, 구체적으로 실제 수업에서 시각적 표상을 어떠한 방식으로 주로 활용되고 있는지, 시각적 표상 활용과 관련된 교사의 어려움은 무엇인지 알아보려고 하였다.

교사의 시각적 표상 활용 실태를 조사하기 위한 이론적 틀은 학생의 표상 능력에 대한 연구들을 참조하였다. 표상 능력의 요소는 연구자에 따라 다양하게 제안되고 있지만 Chang & Tzeng (2015)은 시각적 표상 능력을 크게 표상의 ‘해석’, ‘구성’, ‘적용’, ‘평가’의 4가지로 범주화하였다. 본 연구에서는 이것에 기초하여 과학 교수 학습 과정에서 가능한 시각적 표상 활용 유형을 ‘해석’, ‘구성’, ‘적용’, ‘평가’의 4가지 유형으로 구분하였다. 또 각각의 시각적 표상 활용 방법을 활용 주제에 따라 교사 중심과 학생 중심으로 구분하고 이에 기초해서 설문을 개발하였다.

시각적 표상 활용 유형 중 ‘표상의 해석’은 완성되어 있는 혹은 외부에서 제시된 기존의 시각적 표상에 포함된 기호나 구성 요소의 의미를 알고 표상이 나타내는 정보나 상황을 ‘읽어 내는 것’을 의미한다. 예를 들면 교과서에 제시된 시각적 표상에서 +나 -기호가 무엇을 의미하는지를 알고 주어진 시각적 표상을 통해 마찰시킨 물체가 어떻게 대전되어 있는지 ‘읽어내는’ 것을 말한다. ‘표상의 구성’은 관찰한 현상을 설명하기 위해 교사나 학생이 직접 시각적 표상을 그리거나 표현하는 활동을 의미한다. 검전기의 금속박이 벌어지는 것을 관찰하고 나서 검전기에 대전된 전하를 직접 그려보는 활동이 이에 해당된다. ‘표상의 적용’은 이미 학습한 표상을 바탕으로 새로운 현상을 설명하거나 다른 예에 적용해 보는 활동이다. 전동기의 회전을 설명하는 시각적 표상을 학습한 다음, 자기장이나 전류의 방향이 바뀌었을 때 전동기의 회전을 나타내는 시각적 표상을 그려보는 활동, 정전기 유도에 의한 검전기의 전하분포에 대해 학습한 다음 검전기가 아닌 금속 캔에 유도된 정전기의 전하 분포를 나타내 보는 활동 등이 이에 해당된다. ‘표상의 평가’는 어떠한 시각적 표상이 관찰된 현상을 설명하거나 나타내는 데 더 적절한지 여러 개의 표상을 비교하거나 평가하는 활동을 의미한다. 예를 들어 전류가 흐를 때 전자의 움직임을 나타내는 여러 표상 중 어떤 것이 더 과학적으로 적합한지에 대해 토론하는 활동 등이 있다.

이 연구에서는 중등 과학교사가 전자기 수업에서 시각적 표상의 역할과 중요성에 대해 어떻게 생각하는지, 실제 수업에서 표상의 ‘해석’, ‘구성’, ‘적용’, ‘평가’ 활동 중 어떠한 활동이 많이 이루어지고 있는지, 또 각각의 활동이 교사 중심적인지, 학생 중심적인지를 알아보려고 하였다. 그리고 구체적인 전자기 시각적 표상 활용과 관련된 교사의 어려움에는 어떤 것들이 있는지 살펴보고자 하였다. 즉 이

Table 1. The structure and contents of the questionnaire

Category	Content	Question Type
Demography	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirm if the respondent has experience of teaching electromagnetism</li> <li>• Teaching career, major, gender, school of employment</li> </ul>	Multiple-choice
Extent and way of using visual representations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extent of use of visual representations in the teaching of electromagnetism</li> </ul>	Likert-scale
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Way of preparing visual representations</li> <li>• Way of presenting visual representations</li> </ul>	Multiple-choice (Multiple selections allowed)
Importance and roles of visual representations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Significance of visual representations</li> <li>• Roles of visual representations (motivation, conceptual understanding, argumentation, performance test, basic science skills, etc)</li> </ul>	Likert-scale
Patterns of using specific visual representations (electrostatic induction on electroscope, magnetic field around current carrying wire, structure and principle of electric motor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actual use of visual representations in the class</li> <li>- Types of use: interpretation, construction, application, evaluation</li> <li>- Agents of use: teacher-centered, students-centered</li> </ul>	Multiple-choice (Multiple selections allowed)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teachers' difficulties in using the visual representations</li> </ul>	Open-ended
Preferred way of using visual representations on current	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teacher-centered use to explain scientific knowledge vs. students-centered use to reason about the phenomena.</li> </ul>	Explain after selection

연구의 목적은 전자기 수업에서 시각적 표상이 활용되는 방법, 시각적 표상 활용에 대한 교사의 인식과 어려움을 조사하는 것이며, 이를 바탕으로 과학 수업에서 효과적인 시각적 표상 활용 방안에 대한 시사점을 논의하고자 하였다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 전자기 수업에서 시각적 표상 활용의 중요성과 역할에 대한 교사의 인식은 어떠한가?
- 전자기 수업에서 시각적 표상은 주로 어떠한 방식으로 활용되고 있는가?
- 전자기 수업에서 시각적 표상 활용과 관련해 교사가 겪는 어려움은 무엇인가?

## II. 연구 방법 및 내용

이 연구는 온라인 설문을 이용한 조사 연구이다. 연구 문제에 적합한 설문 문항 초안을 개발하고 이에 대한 타당도를 검토하기 위해 과학교육전문가 2인과 현장 과학교사 2인에게 검토를 의뢰하였다. 전문가의 경우 교사교육을 담당하고 있는 물리교육 전공 교수를 검토자로 선정하였다. 현장교사의 경우, 과학교육 박사학위를 소지하고 있으며 실제 교육경력 20년이 넘는 교사로서 연구와 교육에서 모두 경험이 풍부한 교사를 선정하였다. 설문 문항이 설문 목적에 적절하게 구성되었는지, 문항의 의미를 오해할 소지가 없는지, 교사가 응답하는 데 어려움이 없는지 등을 포함해 내용 전반에 대한 타당성을 종합적으로 검토하고 1차 수정 의견을 수렴하였다. 이를 바탕으로 수정한 설문을 다시 위의 검토자들에게 보내 2차 수정 의견을 받았다. 이어서 연구자간 수차례 협의를 통해 최종 설문을 완성하였다. 완성된 최종 설문 문항을 구글(Google) 설문으로 편집하여 다시 온라인 설문으로 접속하고 응답하는 데 문제가 없는지 점검하였다.

전자기 수업에서 시각적 표상의 활용 실태를 구체적으로 조사하기 위해 대표적인 시각적 표상 세 가지를 추출하고 설문 문항에 활용하였다(검전기의 정전기 유도 관련, 직선 전류에 의한 자기장 관련, 전동기의 구조와 원리 관련). 본 연구에서 활용한 세 가지 표상은 Jo, Jho., & Yoon (2015)의 연구에 기초한 것으로 시각적 표상을 대상의 추상

성 정도로 구분하였을 때 정전기 유도에 대한 것은 미시적 표상, 자기장에 대한 것은 상징적 표상, 전동기에 대한 것은 거시적 표상에 속하기 때문에 전자기 수업의 대표적인 표상으로 간주하였다. 최종 설문 문항의 구성은 다음 Table 1과 같다.

온라인 설문은 응답자가 직접 자신의 스마트 폰이나 컴퓨터로 URL(Uniform Resource Locator: 자원 위치 지정자)을 통해 설문 문항에 접근하고 응답을 제출하는 방식으로 진행되었다. 응답자는 전자기 단원을 지도한 경험이 있는 중, 고등학교 과학 교사로 한정하였으며 연구 대상의 모집은 편의 표집 중 하나인 눈덩이 표집 방법(snowball sampling)을 사용하였다. 응답자의 추천을 통해 연구에 적합한 다른 응답자를 계속 추가해 가는 방법이다. 이 방법은 무작위로 연구 대상을 선정하는 것에 비해 양질의 데이터를 수집할 수 있을 가능성이 크고, 연구 과정에서 교사의 메일 주소 등 개인 정보를 연구자가 무분별하게 수집하거나 이용하는 것을 방지할 수 있는 장점이 있다. 설문은 2016년 7월 5일부터 8월 31일까지 약 두 달간 실시되었으며 응답자는 모두 121명이었다(Table 2 참조).

Table 2. Backgrounds of the respondents (N=121)

Backgrounds	Categories	Frequency	Percentage(%)
Teaching Career	Less than 5 years	23	19.0
	6 ~ 10 years	25	20.7
	11 ~ 15 years	29	24.0
	Over 16 years	44	36.4
Major	Physics	68	56.2
	Chemistry	19	15.7
	Biology	14	11.5
	Earth science	16	13.2
	General science	2	1.7
	Others	2	1.7
Gender	Male	29	24.0
	Female	92	76.0
School of employment	Middle school	66	54.5
	High school	55	45.5

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 시각적 표상의 역할과 중요성에 대한 교사 인식

전자기 수업에서 시각적 표상을 많이 활용하고 있는지에 대해 5점 척도의 리커트 문항(전혀 아니다 1점, 매우 그렇다 5점)으로 조사한 결과 69.4%의 응답자가 ‘매우 그렇다’를 선택하였으며 평균 3.64(SD 0.61)점으로 대체로 시각적 표상을 많이 사용하고 있는 것으로 나타났다. 또 전자기 수업에서 시각적 표상의 활용이 중요한지를 묻는 문항(전혀 아니다 1점, 매우 그렇다 5점)에서도 69.4%의 응답자가 ‘매우 그렇다’를 선택하였으며 평균 3.61(SD 0.75)점으로 대체로 시각적 표상의 활용의 중요성을 인식하고 있는 것으로 나타났다.

또 교사들은 시각적 표상이 학생의 흥미를 증진시키고, 과학 개념을 효과적으로 설명하며, 학생들의 상호작용을 촉진하고, 학생의 이해를 평가하는 역할을 하며, 시각적 표상 자체의 이해가 중요하고, 표상 사용 능력 자체가 과학에서 중요하다는 점에 전반적으로 동의하고 있는 것으로 나타났다(Table 3). 구체적으로 살펴보면 시각적 표상의 역할로 가장 긍정적으로 인식된 것은 ‘학생들에게 과학 개념을 효과적으로 설명할 수 있다’는 것이며(M=4.55), 상대적으로 가장 낮은 것은 ‘시각적 표상을 통해 학생들의 상호작용(토론)을 효과적으로 촉진할 수 있다.’(M=3.96)는 문항이었다. 그러나 대부분의 문항에 대해 4점 이상의 긍정적 인식을 보이고 있어 과학 교수 학습의 도구로, 또한 과학적 도구로 시각적 표상의 역할에 대해 긍정적인 인식을 가지고 있음을 알 수 있다.

시각적 표상의 역할에 대한 교사의 인식을 좀 더 구체적으로 알아

보기 위해 두 가지 대조적인 표상 활용 방식을 제시하고 교사가 선호하는 방식을 조사하였다. 간단한 전기회로에 전류가 흐를 때 도선 내부 전자의 움직임을 보여주는 시각적 표상과 관련하여 두 가지 수업 방식을 제시하였는데 하나는 교사가 회로에 전류가 흐를 때와 흐르지 않을 때 전자의 움직임이 어떻게 다른지, 미시적 관점의 그림을 제시하고 설명해 주는 것이며 다른 하나는 전류가 흐를 때와 흐르지 않을 때 전자의 움직임이 어떻게 다른지 학생들이 직접 추론하여 그림을 그려보도록 하는 방식이다. 응답자 자신은 어떠한 방식의 수업을 선호하는지, 그리고 그 이유는 무엇인지를 서술형 문항으로 조사하였다.

전류의 작용을 설명하는 미시적 표상과 관련하여 교사가 과학적 표상을 제시하고 설명하는 방식을 선택한 응답자는 57.9%(70명), 학생이 추론하여 시각적 표상을 생성하도록 하는 방식을 선호한 응답자는 38.8%(47명), 기타 3.3%였다. 표상 활용 방식의 선호에 대한 이유를 분석하여 범주화한 결과는 Table 4와 같다. 한 응답자가 여러 이유를 언급한 경우도 있고 이유를 응답하지 않은 경우도 있어 퍼센트의 합은 100이 아니다.

교사가 과학적 표상을 제시하고 설명하는 방식을 선호한 이유를 살펴보면 가장 많은 것이 현실적인 교육 여건 때문이었다(37.1%). ‘수업 시간은 한정적인데 학생이 추론을 하게 하면 너무나 다양한 답변이 나오고 이것을 일일이 피드백해주기 어렵기 때문에’, ‘교육과정에서 배워야 할 내용이 너무 많아서’, ‘시간 부족으로’와 같은 응답이 있었고 주로 다인수 학급, 많은 학습 내용, 시간 부족 등을 이유로 들었다. 이와 유사한 정도로 언급된 것은 올바른 과학 지식의 전달이 중요하기 때문이라는 의견(35.7%)이었다. ‘기본 개념을 정확하게 알려줘야 한다고 생각해서’, ‘(학생이 추론하도록 하면) 오히려 혼란

Table 3. Teachers' perception about the role of visual representations

Questions	1 Strongly disagree (%)	2	3	4	5 Strongly agree (%)	Mean	SD
Visual representations are effective in increasing students' interests in science learning.	1.7	3.3	9.1	31.4	54.5	4.34	.90
Visual representations are effective in teachers' explanations of science concepts.	0	2.5	5.0	28.1	64.5	4.55	.71
Visual representations are effective in facilitating students' interactions (e. g. discussion).	0.8	6.6	21.5	38.0	33.1	3.96	.94
Visual representations are effective in assessing students' understanding.	0.8	3.3	12.4	34.7	48.8	4.27	.87
Students should be able to understand visual representations in science.	1.7	0.8	5.0	32.2	60.3	4.49	.78
Abilities of making use of visual representations are important in science.	0.8	0	5.0	33.1	61.2	4.54	.67

Table 4. Teachers' preference of using visual representations on current

Preferred way of using visual representations	Reasons for the choice	Percentage
Teacher-centered use (57.9%)	• constraints of classroom management (insufficient time, too many students)	37.1%
	• focus on delivering correct scientific knowledge (students' generations of visual representations may cause misconceptions and are ineffective in learning science knowledge)	35.1%
	• Students' insufficient ability of understanding and reasoning through visual representations	15.7%
	• preference of previous/traditional ways of teaching	10.0%
Students-centered use (38.8%)	• helpful for students' interests, experiences, and active participations in classroom	42.6%
	• effective in finding out students' misconceptions and changing those into scientific concepts	42.6%
	• enables students' scientific thinking	2.1%

Table 5. Preparation and use of visual representations in the classroom (Multiple choice allowed)

Questions	Items	Frequency	Percent (%)
Ways of preparing visual representations	• Using textbooks or teacher supplement materials	76	62.8%
	• Searching internet (including educational portals)	86	71.1%
	• Creating on my own	35	28.9%
	• Sharing that other teachers made/used	23	19.0%
Ways of presenting visual representations	• Looking at textbook together	24	19.8%
	• Drawing on the blackboard	63	52.1%
	• Including in students' activity sheets	61	50.4%
	• Showing through monitors or screens	92	76.0%
	• Using tablet or smart phones	4	3.3%

또는 오개념이 생길 수 있어서', '과학적 개념을 이해시키는 것이 중요하기 때문에'와 같은 응답이 있었다. 또 학생들의 표상 능력에 대해 회의적인 의견도 있었다(15.7%). '학생 스스로 표상을 생성해내기 힘들기 때문에', '학생의 추론이 가능한 부분이라고 생각하지 않아서' '학생들이 그림 그리기를 어려워해서'와 같은 의견이 있었다. 이 외에 기존의 수업 방식이 편하기 때문(10.0%)이라는 의견도 있었다.

학생들이 직접 추론하고 표상을 생성하도록 하는 방법을 선호한 교사들의 이유를 살펴보면 크게 두 가지이다. 하나는 학생의 참여를 독려하여 학생 중심 수업이 가능하기 때문(42.6%)이고 다른 하나는 학생들의 오개념을 드러내고 이를 효과적으로 교정할 수 있기 때문이다(42.6%). 구체적인 예를 살펴보면 '어떤 방법으로도 학생들은 직접 해본 활동에 관심을 갖고 한번이라도 더 사고하는 과정을 갖게 된다고 생각하기 때문에', '학생들이 좀 더 흥미로워하기 때문에', '직접 경험해야 이해가 잘 되기 때문에'와 같은 응답은 학생들이 직접 표상을 구성하도록 하는 것이 학생의 적극적인 수업 참여나 흥미 증진을 위한 것임을 나타낸다. 또 '아이들의 오개념을 알아낼 수 있어서', '학생들의 이해정도나 다양한 선개념을 알 수 있어서', '자기의 생각을 표현하다 보면 오개념을 수정할 기회를 더 많이 가질 수 있어서' 등과 같은 응답은 학생들이 시각적 표상을 구성하도록 하여 학생들의 이해 수준이나 오개념을 효과적으로 평가할 수 있고 이를 통해 과학 지식을 잘 가르칠 수 있다는 생각에 기인한다.

위의 응답 분석 결과에 따르면, 시각적 표상의 역할이 대체로 과학 지식의 효과적인 전달 도구로 인식되고 있음을 보여준다. 다시 말해 전반적으로 교사가 직접 표상을 제시하는 것도 학생의 오개념을 방지하고 과학 지식을 효과적으로 전달하기 위한 것이며, 학생이 추론하여 표상을 구성하도록 하는 것도 학생의 오개념을 드러내고 수정하기 위한 것이다. 즉 시각적 표상 활용의 중심 주제와 방법에 대한 선호는 다르지만 활용 목적은 모두 과학 지식의 효과적인 전달이나 이해에 강조점이 있었다.

위의 결과는 교사들에게 시각적 표상의 생성이나 활용이 과학적 아이디어의 생성, 정교화 등과 관련되어 인식되지 못하고 있음을 보여준다. 과학적 개념이나 지식을 정확하게 전달하고 이해시키는 것이 교사의 주요한 임무로 인식되고 있으며, 구성주의적 교수 학습 방법조차도 단순히 학생의 적극적인 수업 참여나 흥미 증진 수준에서 한정적으로 이해되고 있는 것으로 보인다. 시각적 표상이 과학적 가설이나 모형 구성을 가능하게 하고 이를 중심으로 과학적 의사소통, 과학적 아이디어의 정교화가 가능하다는 인식은 거의 찾아보기 어려웠다. 요컨대 교사들은 전자기 수업에서 시각적 표상이 매우 중요하

다고 생각하고, 또 많이 활용하고 있다고 응답했지만 실제 시각적 표상의 활용 목적은 주로 올바른 과학 개념 설명이나 오개념의 수정을 위한 것으로 인식하고 있다고 할 수 있다.

## 2. 시각적 표상의 활용 실태

우선 선택형 문항을 통해 전반적인 시각적 표상 활용 실태를 조사한 결과(Table 5) 교사들은 대부분 인터넷을 검색하거나(71.2%) 교과서, 교사용 지도서를 활용(62.8%)하여 수업에서 사용할 시각적 표상을 준비하고 있는 것으로 나타났다. 또 준비한 시각적 표상은 대부분 컴퓨터와 연결된 모니터를 통해 제시하는 경우가 가장 많았으며(76.0%) 칠판에 그리거나(52.1%) 학생용 활동지에 넣는 방법(50.4%)도 절반 이상의 교사가 활용하고 있는 것으로 나타났다. 즉 교사들은 이미 제작되어 있는(ready made) 시각적 표상을 주로 사용하고 있으며 대개 컴퓨터 모니터나 스크린에 투영하는 방식으로 시각적 표상을 제시하고 있다고 할 수 있다.

세 가지 주제의 표상(검전기의 정전기 유도, 직선 전류 주변의 자기장, 전동기의 구조와 원리) 활용과 관련된 선택지는 여덟 개로 복수 응답이 가능하도록 하였으며 기타 항목을 두어 응답자가 추가로 서술할 수 있도록 하였다. 선택지 여덟 개는 시각적 표상 활용 유형을 '해석', '구성', '적용', '평가'의 네 가지 유형으로 구분하고, 각각을 다시 교사 중심 활용인지, 학생 중심 활용인지로 구분하여 각각에 해당되는 내용을 기술한 것이다. 복수 응답을 허용하였으므로 여덟 개 선택지의 응답 비율의 합은 100이 아니며 백분율은 전체 응답자 중 해당 선택지를 택한 응답자의 비율을 나타낸다. 아래 Figure 2는 설문에 제시된 세 가지 표상에 대한 활용 실태를 비교한 것이다.

Figure 2를 살펴보면 세 개 주제의 표상 모두에서, 교사 중심 활용이 학생 중심 활용에 비해 더 많다는 것을 알 수 있다. 즉 학생의 해석(13.2%, 17.4%, 24.0%)보다는 교사의 해석(25.6%, 28.9%, 44.6%)이, 학생의 구성(39.7%, 39.7%, 19.8%)보다는 교사의 구성(85.1%, 85.1%, 75.2%)이, 학생의 적용(21.5%, 19.0%, 9.1%)보다는 교사의 적용(40.5%, 39.7%, 30.6%)이 더 빈번하다는 것을 알 수 있다. 다만 '평가'의 경우 전체적으로 빈도가 높지 않아 교사 중심 활용(20.7%, 21.5%, 13.2%) 학생 중심 활용(19.0%, 15.7%, 12.4%) 정도에 큰 차이가 없다.

가장 많이 나타나는 활용 형태는 세 개 표상에 모두에 대해 '교사의 구성'임을 알 수 있다. 75%에서 85%의 교사가 시각적 표상을 그려가

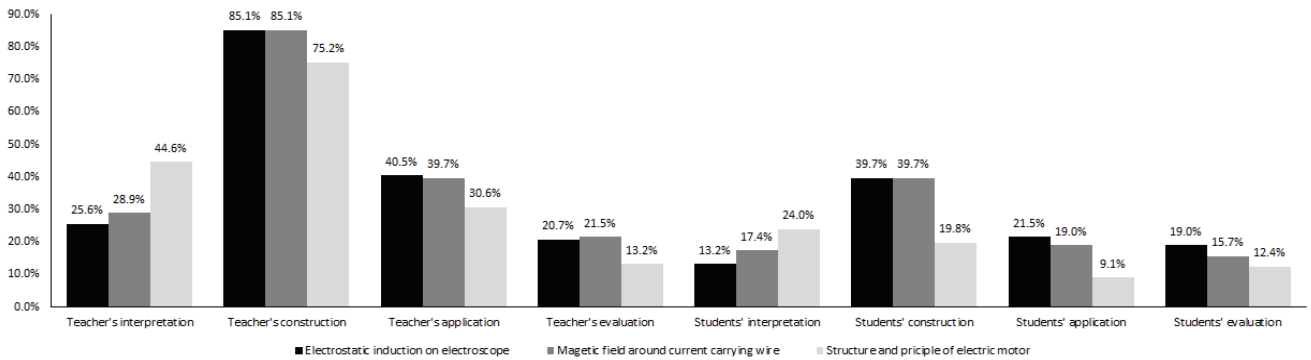


Figure 2. Ways of using visual representations of electromagnetism in science class

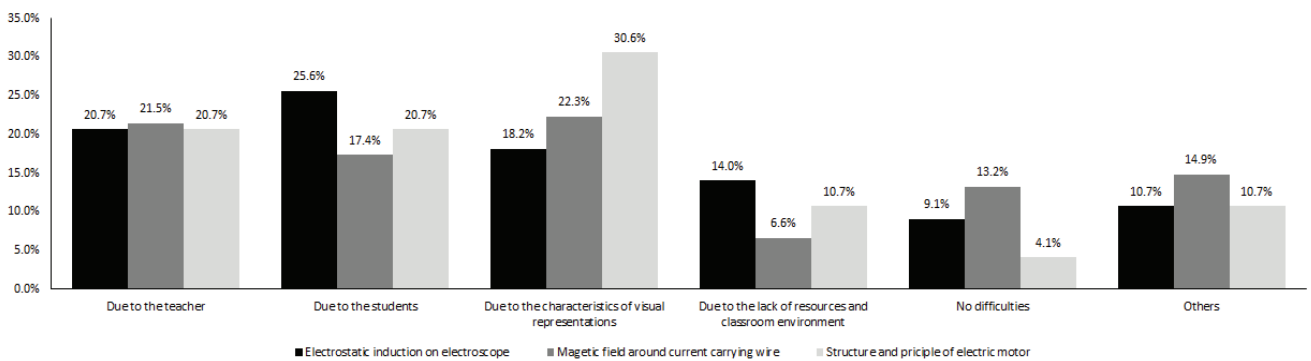


Figure 3. Difficulties in using visual representations of electromagnetism in science class

며 혹은 애니메이션 기능을 통해 표상을 보여주며 학생들에게 설명해주는 방식으로 시각적 표상을 활용하고 있음을 알 수 있다. 즉 교사가 표상을 구성하며 설명하는 활동은 어느 정도 이루어지는데 반해 표상의 의미를 해석하거나, 다른 예나 다른 상황에 대한 표상을 추가로 다루어 보거나, 적절한 표상과 적절하지 않은 표상을 비교하거나 평가하는 활동은 그에 비해 비교적 적다고 추측할 수 있다.

교사 중심 활용만을 비교해 보면 정전기 유도, 자기장 관련 표상에서는 ‘교사의 구성’, ‘교사의 적용’, ‘교사의 해석’, ‘교사의 평가’ 순으로 빈도가 나타나고 있으며 전동기와 관련된 표상에서는 ‘교사의 구성’, ‘교사의 해석’, ‘교사의 적용’, ‘교사의 평가’ 순으로 다소 다르게 나타나고 있다. 또 학생 중심 활용만을 비교해 보면 정전기 유도, 자기장 관련 표상에서는 ‘학생의 구성’이 가장 빈도가 높은 반면 전동기와 관련된 표상에서는 ‘학생의 해석’이 가장 빈도가 높은 것으로 나타나고 있다. 즉 점전기의 정전기 유도, 직선 전류 주변의 자기장, 전동기의 구조와 원리 등 시각적 표상의 주제에 따라 활용 실태가 크게 다르지 않지만 전동기의 구조와 원리의 경우 다른 두 표상에 비해 ‘구성’ 활동의 비중은 좀 적고 대신 ‘해석’ 활동이 좀 더 많이 나타나고 있다. 이것은 다음 절에서 표상 활용의 어려움과 관련해서 논의될 것이다.

시각적 표상 활용 방식에서 ‘교사의 구성’이 가장 빈번한 것은 앞서 표상 활용에 대한 교사의 인식을 조사한 결과와 일맥상통한다. 교사들은 학생의 오개념을 줄이고 효과적으로 과학 개념을 가르치기 위해 학생이 추론을 통해 시각적 표상을 구성하는 것 보다는 교사 자신이 시각적 표상을 제시하고 설명하는 방식을 선호한다고 할 수 있다. 요컨대 표상의 구성에 있어서 학생 구성(39.7%, 39.7%, 19.8%)보다 교사의 구성 (85.1%, 85.1%, 75.2%)이 두 배 정도에 달하고 교사가 시각적 표상을 구성하는 활동이 가장 빈번한 것은 시각적 표상이 과

학 개념을 정확하게 설명하는 데 사용되어야 한다고 생각하는 교사의 인식과 일맥상통한다고 할 수 있다.

### 3. 시각적 표상 활용과 관련된 교사의 어려움

전자기 수업에서 시각적 표상 활용과 관련된 교사의 어려움과 관련해서 비슷한 응답끼리 범주화하는 작업을 반복적으로 수행한 결과 크게 네 개의 범주가 발견되었다. 네 개의 범주는 어려움의 주된 원인을 각각 ‘교사 자신(T)’, ‘학생(S)’, ‘표상 자체의 특성(R)’, ‘자료부족이나 수업환경(E)’에 기인한 것으로 보는 입장이다. 이러한 입장은 상호 배타적이지 않으며 어느 정도 중첩되어 있기도 하다. 예를 들면 ‘시각적 표상은 입체적 사물이나 현상을 평면적으로 표현한 것이기 때문에 어렵다’는 의견은 표상 자체의 특성을 강조해서 언급한 것이지만 표상의 이러한 특성 때문에 교사가 표상을 설명하거나 학생이 표상을 이해하기 어렵다는 의미를 내포하고 있다. 그러나 교사가 이것을 표상에 수반되는 보편적인 어려움으로 인식하는지, 교사 자신이 표상을 활용하여 설명하거나 가르치기 어려운 것인지, 학생들의 공간 지각 능력이 부족해서 표상을 이해하기 어려운 것인지, 그 강조점은 다를 수 있다. 교사의 서술형 응답을 반복적으로 읽으며 이를 세분하여 네 개의 범주로 코딩하였다. 특별한 어려움이 없다고 기술한 경우도 있어 ‘어려움이 없다’는 응답은 따로 범주화하였고 어느 범주로도 구분하기 어려운 경우는 기타로 처리하였다. 제시된 세 개의 전자기 표상(점전기의 정전기 유도, 직선 전류에 의한 자기장, 전동기의 구조와 원리)에 대해 교사의 응답을 분석한 결과는 Figure 3과 같다. 교사의 응답은 이중으로 코딩된 경우도 있으므로 응답 비율의 합은 100이 아니다.

전체적으로 ‘교사 자신(T)’, ‘학생(S)’, ‘표상 자체(R)’ 요인이 ‘자료

부족이나 수업환경(E) 요인보다 높게 나타나고 있다. 정전기 유도에 대한 표상에서는 ‘학생(S)’ 요인이 가장 높게 나타난 반면(25.6%) 직선 전류에 의한 자기장 표상은 ‘학생(S)’ 요인(17.4%)보다는 ‘교사 자신(T)’과 ‘표상 자체의 특성(R)’ 요인이 좀 더 높게 나타났다(각각 21.5%, 22.3%). 전동기에 대한 표상은 ‘교사 자신(T)’이나 ‘학생(S)’ 요인에 비해(20.7%, 20.7%) ‘표상 자체의 특성(R)’ 요인이 높게 나타났다(30.6%). 즉 표상 활용의 어려움과 관련된 요인은 표상의 주제에 따라 다소 다르게 나타났다.

한편 표상 활용에 어려움이 없다고 응답한 비율은 전동기가 가장 적었다(4.1%). 이를 통해 설문에 제시한 세 가지 표상 중 전동기에 대한 표상 활용이 교사들에게 가장 어렵고, 그 원인은 주로 ‘표상 자체의 특성(R)’과 관련되어 있음을 수 있다. 이것은 앞서 전동기와 관련된 표상 활용 형태가 다른 두 표상에 비해 ‘해석’ 활동이 많았던 것과 관련된다. 전동기의 구조와 원리를 나타내는 표상은 표상 자체의 특성으로 인해 그 활용에 어려움이 있고 교사들에게는 세 주제 중 가장 어려운 표상으로 느껴져 ‘해석’하는 활동이 상대적으로 많이 나타난 것으로 보인다.

표상 활용과 관련된 교사의 어려움에 대한 세부 내용과 빈도를 분석한 결과는 Table 6과 같다.

‘교사 자신(T)’에 기인한 어려움의 예시를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

우선 교사 자신의 개념 이해나 표상에 대한 이해 부족(T1)을 들 수 있다. ‘비전공자로서 도선 주위에 형성되는 자기장에 대한 미시적인 이해가 부족하여 나침반 바늘이 가리키는 방향과 자기장 방향의 관계에 대해 이해시키기가 어렵다.’와 같은 응답이 이에 속한다. 이러한 응답이 많지는 않았지만 교사 자신의 이해는 표상 활용의 가장 기본적인 전제 조건이라고 할 수 있다. 교사 요인에서 가장 빈번하게 나타나고 있는 것은 표상을 활용하여 현상이나 개념을 설명하기 어렵다는 것(T2)이다. 교사들은 개념이나 현상을 설명하는데 시각적 표상을 효과적으로 활용하지 못하는 예를 언급했다. ‘(표상을 이용해) 자기장의 세기와 자기력선의 밀도 사이의 관계 설명이 어렵다.’ ‘전동기가 한 방향으로만 회전한다는 것을 설명하기 어렵다.’와 같은 응답이 이에 속한다. 표상과 실물 혹은 실험 결과를 연계해서 설명하는 것이 어렵다(T3)는 것도 같은 맥락의 어려움이라고 할 수 있다. 교사들은 시각적 표상을 이해시키기 위해 실제 현상이나 실물을 연계해서 지도해야 할 필요성을 언급했으며 이것이 어려움의 하나로 인식되었다. 이것은 시각적 표상을 다른 유형의 표상으로 전환하거나 연계하는 능력이 필요함을 의미한다. ‘도선 주위의 자기장이 수직으로 형성된다는 것을 학생들에게 그림만으로 설명하기는 한계가 있어서 직선 도선 주위의 자기력선 설명을 위해 자와 평면 판을 이용하여 설명하고, 전선 주위에 나침반을 놓아서 실험을 해야 합니다.’, ‘표상을 이해시키기 위해서는 적절한 실물을 통해 설명해야만 한다.’는 응답이 이

Table 6. Categories of teachers' difficulties in using visual representations of electromagnetism in classroom

Difficulties	Electrostatic induction on electroscope	Magnetic field around current carrying wire	Structure and principle of electric motor
<b>T: Due to the teacher himself/herself</b>	<b>25 (20.7%)</b>	<b>26 (21.5%)</b>	<b>25 (20.7%)</b>
T1 Teacher's lack of understanding about the representations or related concepts	4	2	3
T2 Hard to explain concepts or phenomena using representations	15	10	10
T3 Difficult to connect representations with real objects or experiment results	1	5	4
T4 Difficult to draw or illustrate visual representations	5	9	8
<b>S: Due to the students</b>	<b>31 (25.6%)</b>	<b>21 (17.4%)</b>	<b>25 (20.7%)</b>
S1. Lack of students' cognitive, spacial perception, and reasoning ability	11	15	18
S2. Lack of students' understanding science concepts and misconceptions	17	6	7
S2. Lack of students' understanding on the nature of representations	3	0	0
<b>R: Due to the characteristics of visual representations</b>	<b>22 (18.2%)</b>	<b>27 (22.3%)</b>	<b>37 (30.6%)</b>
R1. Need representations showing continuous/dynamic process	10	0	11
R2. Limits of 2D representations to show 3D	0	21	22
R3. Due to invisible or abstract nature of representations	8	3	1
R4. Limits of the representations to describe real objects	0	1	3
R5. Inaccurate science representations	4	2	0
<b>E: Due to the lack of resources and classroom environment</b>	<b>17 (14.1%)</b>	<b>8 (6.6%)</b>	<b>13 (10.7%)</b>
E1. Difficult to find appropriate representations	9	5	8
E2. Time constraint, too many students	5	2	3
E3. lack of devices (computer or software)	3	1	2
<b>No difficulties</b>	<b>11 (9.1%)</b>	<b>16 (13.2%)</b>	<b>5 (4.1%)</b>
<b>Others</b>	<b>13 (10.7%)</b>	<b>18 (14.9%)</b>	<b>13 (10.7%)</b>

에 속한다. 마지막으로 교사 자신이 시각적 표상을 그려야 할 때 표현이 어렵다(T4)는 내용이 있었다. ‘실험영상이나 플래시보다 교사가 칠판에 그려가며 설명하는 것이 이해하기 쉽다고 학생들이 얘기한다. 하지만 3차원으로 그리기에 어려움이 있다.’, ‘칠판에 시각적 표상을 표현하기 힘들다.’, ‘정확히 그리는 것이 힘들다.’ 등의 응답이 있었다.

요컨대 교사 자신이 시각적 표상을 이해하거나, 시각적 표상을 이용해 과학 지식을 설명하거나, 시각적 표상을 구성하거나, 시각적 표상을 다른 형태의 표상과 연계하는 것과 관련된 어려움이 있으며 이것은 교사가 과학 수업에서 표상을 효과적으로 활용하기 위해 갖추어야 하는 교사 표상 능력의 주요 요소로 보인다.

다음으로 ‘학생(S)’ 요인을 구체적으로 살펴보면 가장 주요하게 나타난 것은 학생들이 표상을 이해하기에 공간 지각 능력, 추론 능력이 부족하다는 것이다(S1). 교사들은 학생들이 표상을 입체적으로 추론하고 이해하는 데 많은 어려움이 있음을 지적했다. ‘원래는 입체적인 것인데 평면 시각적 표상이라 학생들이 입체로 생각하지 못한다. 특히 앞에서 뒤로 전류가 가는지 옆으로 가는지 헷갈려한다.’, ‘그림의 경우 학생이 자기력선의 입체적인 방향에 대해 이해하지 못한다. 특히 나오는 방향과 들어가는 방향 및 이에 따른 동서남북을 잘 매치하지 못한다.’, ‘전동기의 내부 구조는 학생들이 가장 어려워하는 부분이다. 자석 사이로 코일이 감기고 서로 맞은편의 코일에 들어가는 전류와 나오는 전류의 방향이 반대라는 것을 그림을 보고는 이해하지 못한다.’ 등의 응답이 있었다. 또 표상과 관련해서 학생들이 오개념을 많이 가지고 있거나 표상이 오개념을 유발, 심화시키는 경우를 지적하기도 하였다(S2). ‘학생들이 원자의 구조와 입자에 대한 기본 개념이 있어야 정전기유도 현상을 설명할 수 있게 되지요. 한마디로 이 현상을 설명하기 위해 다른 개념들도 많이 필요하다는 것입니다.’, ‘오개념 유발 가능성이 있다. 자기장이 도선의 한 부분에만 생긴다고 생각한다.’ 등의 응답이 이러한 예이다. 마지막으로 표상의 본성에 대한 이해(S3) 문제가 정전기 유도 관련 표상에서 소수 언급되었다. 이것은 학생이 ‘표상이 무엇인지’ 표상이 본질에 대해 오해하거나 잘못 인식하기 때문에 나타나는 어려움이다. 예를 들어 정전기 유도와 관련된 표상에서 표시된 전하는 편의상 알짜 전하만을 나타내는 것이지만 학생들이 이러한 표상의 특성을 잘 모르기 때문에 표상이 나타내는 현상이나 이론을 이해하기 어렵다는 것이다.

‘많은 입자들을 다 그리거나 나타낼 수 없으니까 몇 개의 +, -만을 가지고 설명하다보면 실제와는 다르게 이해하게 되지 않을까 하는 걱정이 되기도 하죠. 말로는 설명하지만 아이들은 보이는 대로만 이미지화해서 받아들이는 것 같거든요. 그러니까 무슨 얘기냐면 위의 그림의 경우, 금속판엔 +만 있는 게 아니잖아요. 최종적으로 + 가 많다는 거죠.’

교사의 경우 표상이 실재를 복사한 것이 아니라 논리적인 설명을 위해 고안된 것임을 이해하고 있는 반면 학생들은 그러한 표상의 본성을 알기 어렵고 이로 인해 표상이 나타내는 바를 올바르게 이해하기 어렵다는 것이다. Yoon, Jo, & Jho (2016)가 중학생의 정전기 유도에 대한 표상 능력을 조사한 결과에서도 학생들이 검전기의 전하 분포를 적절히 나타내지 못하는 것이 알짜 전하를 표시하는 표상의 암묵적 규약을 잘 인식하지 못한 것일 수 있음을 지적한 바 있다. 따라서 소수의 교사가 제시한 의견이긴 하지만 특히 대전체의 전하 분포에 대한 시각적 표상에서는 이러한 문제가 있을 수 있는 것으로

보인다.

‘학생(S)’ 요인에 대한 설명은 교사들이 시각적 표상 활용과 관련해서 학생들이 어떠한 오개념을 가지고 있으며, 왜 시각적 표상을 잘 이해하지 못하는지에 대해 구체적인 지식을 풍부하게 가지고 있음을 보여 준다.

‘표상 자체의 특성(R)’에 기인한 어려움도 많았다. 어떤 과정을 보여 주기 위해서는 시각적 표상이 일련의 과정과 단계를 보여주는 것이거나 동영상으로 제시되어야 하는데 정지된 하나의 표상으로는 어떤 현상을 설명하는 데 한계가 있다(R1)는 것이 지적되었다. 특히 정전기 유도와 전동기 관련 표상에서는 연속적 과정이나 동영상이 필요하다는 의견이 많았다. ‘과정 없이 결과만 그려진 사진일 경우에는 전하 분포가 전자의 이동에 따른 결과임을 명확히 나타내지 못한다.’, ‘정전기 유도에서 일련의 과정은 시간에 따라 진행되는 과정이므로 시간에 따라 변하는 그림이 필요하다.’, ‘전류 방향의 변화과정을 드러내려면 여러 단계의 그림이 필요하다.’와 같은 응답이 이에 해당된다. 시각적 표상 자체가 3차원을 2차원으로 표현한 것이므로 한계가 있다는 의견(R2)은 자기장과 전동기에 대한 표상에서 주로 나타났다. 표상하고 있는 내용 자체가 추상적이고 비가시적인 것이기 때문에 어려움이 수반된다(R3)는 점도 지적되었다. 마지막으로 시각적 표상이 실물을 정확하게 나타내지 못하거나(R4), 과학적으로 정확한 것이 아니기 때문에(R5) 어려움이 생긴다는 의견이 있었다. 실물과의 불일치에 대한 지적은 전동기에 대한 것이 대부분이었다. ‘전동기의 경우 실제 주변에서 구입하는 전동기는 작고, 교과서 그림과는 다르기에 학생들에게 제시해주지 않게 된다.’, ‘180도 회전하면 전류 방향이 바뀌는 것과 이 그림과 전동기 내부 구조의 실제 차이점 때문에’와 같은 응답이 있었다. 이와 같은 어려움은 Jo, Jho, & Yoon (2015)의 연구에서도 언급된 바 있다. Jo, Jho, & Yoon (2015)의 연구에서는 전동기의 원리를 설명하는 설명적 표상이 실제 실험실에서 사용하는 직류 전동기의 구조나 모습(기술적 표상)과 같지 않기 때문에 학생들이 이들 표상을 연계하여 이해하지 못할 가능성이 있음을 지적하였다. 본 연구에서 교사들도 이 점을 표상 활용의 어려운 점으로 인식하였다. 표상의 과학적 정확성에 대한 의심(R5)은 주로 정전기 유도에 대한 것이었다. ‘원자의 모형에 걸맞으면서도 자유전자의 이동을 설명할 수 있는 모형의 필요성’, ‘(+로 표현된 것을 원자핵으로 설명하기에는 정확하지 않은 표현이고, 알짜 전하를 이용하여 설명하기에는 교육과정 범위를 뛰어 넘는 것 같다.’와 같은 응답이 있었다. 이것은 다시 알짜 전하만을 나타내는 표상의 특성과 관련된다.

‘표상 자체의 특성(R)’에 기인한 이러한 어려움은 교과서나 교육 자료의 시각적 표상을 개발 시 중요하게 고려될 필요가 있다.

마지막으로 ‘자료부족과 수업환경(E)’에 기인한 어려움이 있었다. 이 중에서는 교사가 이용할만한 적합한 자료의 부족(E1)이 가장 주된 것으로 나타났다. ‘적당하고 마음에 드는 자료를 구하기 힘들다. 적절한 자료를 구하는데 시간과 노력이 많이 든다.’, ‘원하는 기능을 하는 자료를 찾기가 어렵다. 예를 들어 자석의 위치, 전류의 방향, 자석의 세기 등을 바꿔가며 설명하고 싶지만 다른 사람이 만든 자료에는 그런 것들을 바꿀 수 없는 경우가 많고 직접 만드는 건 엄두가 나지 않는다.’ 등의 응답이 있었다. 시각적 표상을 충분히 활용하기에 수업 시간이 부족하거나 학생 수가 많아 어렵다는 의견(E2)도 있었으며 ‘플래시 자료를 통해 가상실험을 직접 해 볼 수 있는 시설이 부족함’



과 같이 시각적 표상을 효과적으로 다루어 볼 수 있는 시설이나 매체 부족(E3)을 언급하기도 했다. 교사가 적절한 시각적 표상을 구하는 것에 어려움을 느끼는 만큼 전자기 현상과 관련된 다양한, 양질의 시각적 표상이 개발, 보급되어야 한다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 중등 과학 교육 중 전자기 수업에서 사용하는 시각적 표상에 대한 교사의 인식과 수업 중 활용 실태를 조사하고 그 과정에서 교사가 겪는 어려움을 알아보고자 하였다. 이를 위하여 전자기 수업에서 시각적 표상 활용에 관한 설문지를 개발하고 온라인 설문을 진행하였다. 중·고등학교 과학 교사 121명이 참여하였는데, 이 분석을 통해 얻은 주요 연구 결과 및 시사점을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 교사들은 전자기 수업에서 시각적 표상을 활용하는 것이 중요하다고 인식하고 있었으나, 시각적 표상을 단순히 과학 지식을 전달하는 도구로만 제한적으로 인식하는 경향이 있었다. 시각적 표상이 과학적 아이디어나 모형을 생성하고 이를 정교화해 가는 과정에서 과학적 사고나 과학적 탐구의 주요 도구가 될 수 있다는 점을 고려하면, 시각적 표상의 역할에 대한 인식의 확대가 필요하다.

둘째, 실제 전자기 수업에서 활용하는 시각적 표상은 주로 인터넷 검색, 교과서나 교사용 지도서를 활용하는 비율이 높았고 이렇게 준비한 자료들을 컴퓨터와 프로젝터 등을 이용해 제시하는 방법이 대표적이었다. 표상 활용의 네 가지 유형(해석, 구성, 적용, 평가) 중에서는 '구성'의 빈도가 가장 높았고, 교사 중심의 표상 활용이 학생 중심의 활용에 비해 두 배 가량 빈도가 높은 것으로 나타났다.

셋째, 위와 같은 시각적 표상 활용 방식은 시각적 표상의 역할에 대한 교사의 인식과 밀접하게 연관되어 있는 것으로 볼 수 있다. 즉 표상 활용 유형 중 교사 중심 활용이 학생 중심 활용에 비해 많고 '교사의 구성'이 가장 빈번한 것은 교사가 표상 활용의 주요 목적을 과학 지식의 전달로 인식하는 것과 일맥상통한다. 교사들은 학생의 오개념을 줄이고 효과적으로 과학 개념을 가르치기 위해 학생이 추론을 통해 시각적 표상을 구성하는 것 보다는 교사 자신이 시각적 표상을 제시하고 설명하는 방식을 더 선호했다. 이러한 결과는 시각적 표상의 기능이나 역할에 대한 교사의 인식과 수업 실행 사이에 밀접한 연관이 있다는 것을 시사한다.

넷째, 시각적 표상 활용과 관련된 교사의 어려움은 크게 '교사 자신', '학생', '표상 자체의 특성', '자료 부족이나 수업환경'에 기인한 것으로 범주화할 수 있었으며 시각적 표상의 주제에 따라 어려움의 구체적 내용은 다소 다르지만 전반적으로 '교사 자신', '학생', '표상 자체의 특성' 요인이 '자료 부족이나 수업 환경' 요인보다 더 빈번하게 나타났다. 특히 설문에서 제시된 세 가지 전자기 표상 중 전동기의 구조와 원리에 대한 표상이 교사들이 활용하기에 가장 어려운 것으로 인식되었고 이것에 대해서는 다른 두 표상에 비해 '구성'보다 '해석' 활동이 더 많이 일어났다. 또 교사들이 이 표상과 관련해서 언급한 주된 어려움은 '표상 자체의 특성'에 기인한다. 실물과 연계하기 어렵고, 연속적이고 역동적인 과정을 잘 나타나지 못하며, 3차원을 잘 표현하지 못하고 있다는 것이다. 이와 같은 전자기 표상에 대한 구체적 지적은 교과서나 교재 개발자가 참고해야 하며 과학 수업에서 효과적으로 활용될 수 있는 시각적 표상의 연구와 개발이 꾸준히 지속되어

야 할 것이다.

다섯째, 표상 활용과 관련된 어려움 중 교사 자신과 관련된 어려움에는 교사 자신이 시각적 표상을 이해하거나, 시각적 표상을 이용해 과학 지식을 설명하거나, 시각적 표상을 구성하거나, 시각적 표상을 다른 형태의 표상과 연계하는 것과 관련된 '교사 자신'에 기인한 어려움이 있었다. 이것은 교사가 과학 수업에서 표상을 효과적으로 활용하도록 하기 위해 갖추어야 하는 교사 표상 능력(teacher representational competence)의 일부일 수 있다. 따라서 수업에서 시각적 표상을 효과적으로 활용하기 위해서는 교사의 이러한 능력을 증진시킬 수 있는 연구와 자료, 교사교육 등이 필요할 것이다.

Healey (2006)는 시각적 표상이 그 지속성(persistence) 때문에 상호작용 과정에 도움이 된다고 주장했다. 구두 언어가 순간적인 것에 반해 시각적 표상은 지속성으로 인해 다시 참조하고, 아이디어를 재 도입하고, 되짚어보는 것 등을 가능하게 한다. 이러한 가능성으로 인해 시각적 표상은 과학적 실행을 도울 수 있고(Latour 1986; Lynch & Woolgar 1990; Ochs, Jacoby, & Gonzalws, 1994) 또 과학 수업 실행을 도울 수 있다. 그러나 시각적 표상 자체가 고유의 목적이 있는 것은 아니라 수업에서 그 목적은 교사에 의해 맥락화 된다(Ozcelik & McDonald, 2013). 따라서 교사들이 시각적 표상 사용의 여러 가지 목적과 가능성을 알게 되면 그들의 수업을 개선하는데 도움이 될 것이다.

본 연구는 교사들의 수업 관찰이나 녹화 등을 통해 직접 관찰한 것이 아닌, 교사들의 응답에 의존한 것으로 실제 교사들의 시각적 표상 활용과는 차이가 있을 수 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 실제 교사들의 수업을 참여 관찰해 분석함으로써 구체적인 개념 학습이나 탐구 활동의 맥락에서 시각적 표상의 활용 형태나 시각적 표상을 중심으로 한 상호작용을 탐색할 필요가 있다.

#### 국문요약

본 연구에서는 중등 전자기 수업에서 사용하는 시각적 표상의 역할에 대한 교사의 인식과 활용 실태를 조사하고 시각적 표상 활용과 관련해서 교사가 겪는 어려움을 파악하고자 하였다. 조사는 온라인 설문 방식으로 진행되었으며 과학교사 121명이 참여하였다. 연구 결과에 따르면, 교사들은 전자기 수업에서 시각적 표상 활용의 중요성에 대해 전반적으로 동의하였으나, 시각적 표상을 주로 과학 지식의 전달 도구로만 인식하는 경향이 있었다. 실제 수업에서 활용하는 방식은 주로 인터넷을 검색을 바탕으로 컴퓨터를 활용해 제시하는 방법을 가장 많이 사용하였다. 구체적으로 전자기 수업에서 널리 활용되는 세 가지 시각적 표상(검전기의 정전기 유도, 전류 주변의 자기장, 전동기의 구조와 원리)에 대해 활용 방식을 조사한 결과, 학생 중심 활용보다 교사 중심 활용이 두 배 가량 많았고, 시각적 표상의 '해석', '구성', '적용', '평가'와 관련해서는 '교사의 구성'이 가장 빈번한 것으로 나타났다. 이러한 교사 중심의 시각적 표상 활용 실태는 시각적 표상의 역할에 대한 교사의 제한적 인식과 밀접하게 연관되어 있는 것으로 보인다. 또한 주어진 세 가지 시각적 표상 활용과 관련된 교사의 어려움은 크게 '교사 자신', '학생', '표상 자체의 특성', '자료 부족이나 수업환경'에 기인한 것으로 범주화되었다. 시각적 표상의 연구와 개발에 있어서 이러한 요인들이 적극 고려되어야 하며 과학 수업

에서 시각적 표상을 효과적으로 활용하기 위해서는 시각적 표상의 역할에 대한 교사의 인식이 확장되도록 하고, 교사의 표상 활용 능력을 증진시키는 것이 필요하다.

**주제어** : 과학교사, 시각적 표상, 전자기

## References

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096-1097.
- Chang, H-Y. & Tzeng, S-F. (2015), Investigating high school students' visualization competence of matter. in the *Proceedings of 2015 National Association Research in Science Teaching*, edited by V. Akerson (Chicago, 2015), p.28.
- Coleman, J. M., McTigue, E. M., & Smolkin, L. B. (2011). Elementary teachers' use of graphical representations in science teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 613-643.
- Cook, M. (2011). Teachers' use of visual representations in the science classroom. *Science Education International*, 22(3), 175-184.
- Eilam, B., & Gilbert, J. K. (2014). The significance of visual representations in the teaching of science. In *Science teachers' use of visual representations* (pp. 3-28). Springer International Publishing.
- Healey, P. G. T. (2006). Drawing things together: Integrating modalities and co-ordinating understanding. In *Sixth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT'06* (pp. 1200-1201). Kerkrade.
- 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.
- 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.
- Latour, B. (1986). Visualization and cognition: Thinking with eyes and hands. *Knowledge and Society*, 6(1), 1-40.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*. Milton Keynes. Bucks: Open University.
- Liu, Y., Won, M., & Treagust, D. F. (2014). Secondary biology teachers' use of different types of diagrams for different purposes. In *Science teachers' use of visual representations* (pp. 103-121). Springer International Publishing.
- Lynch, M., & Woolgar, S. (1990). *Representation in scientific practice*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Nitz, S., Ainsworth, S. E., Nerdel, C., & Prechtl, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction* 31, pp. 13-22.
- Ochs, E., Jacoby, S., & Gonzales, P. (1994). Interpretative journeys: How physicists talk and travel through graphic space. *Configurations*, 2(1), 151-172.
- 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.
- Parnafes, O., & Trachtenberg-Maslaton, R. (2014). Transformed instruction: Teaching in a student-generated representations learning environment. In *Science teachers' use of visual representations* (pp. 271-290). Springer International Publishing.
- Scheid, T., Mueller, A., Hettmannsperger, R., & Schnotz, W. (2013) Fostering the understanding of scientific experiments and phenomena through representational analysis tasks. *The Proceedings of 2013 European Science Education Research Association*, edited by C. P. Constantinou, N. Papadouris and A. Hadjigeorgiou (Nicosia, 2013). pp. 102-108.
- Thomas, M. O., Wilson, A. J., Corballis, M. C., Lim, V. K., & Yoon, C. (2010). Evidence from cognitive neuroscience for the role of graphical and algebraic representations in understanding function. *ZDM*, 42(6), 607-619.
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P., & Waldrup, B. (2013). *Constructing representations to learn in science*. Sense publisher: Rotterdam.
- 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.