

제7차 초등학교 3~6학년 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용 실태 분석

강훈식 · 윤지현[†] · 이대형
(춘천교육대학교) · (서울대학교)[†]

Analysis on the Uses of the External Representations in the 3~6th Grade Science Textbooks Developed Under the 7th National Curriculum

Kang, Hunsik · Yoon, Jihyun[†] · Lee, Daehyung
(Chuncheon National University of Education) · (Seoul National University)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the uses of the external representations in the 3~6th grade science textbooks developed under the 7th National Curriculum on the basis of the theories and the research results on learning with the multiple representations. The results showed that the frequencies of the macroscopic external representations were higher than those of the symbolic external representations. The external representations with drawing and/or writing, especially writing, were used more frequently than those without drawing and/or writing. However, the most of the external representations were rarely used according to the principles and/or the theories (e.g., personalization principle, dual coding theory, cognitive load theory, and social constructivism theory) for effective uses of the multiple external representations in the science textbooks. The present study provides the guideline to establish the effective uses of the external representations in the science textbooks that not only meet learners but also teachers.

Key words : external representation, drawing, writing, elementary science textbook

I. 서론

과학 수업에서는 과학 현상과 원리, 개념 등에 대한 이해를 돕기 위해 글, 그림, 애니메이션, 실험, 공식, 그래프 등의 다양한 외적 표상들을 활용하고 있다. 특히 최근에는 각 외적 표상들이 서로 다른 정보를 제공하고 서로 다른 인지 과정을 유도하므로, 이들을 함께 제시하는 것이 단독으로 제시했을 때의 제한점을 보완해주는 등의 장점이 있다는 점 (Ainsworth, 1999)에 기초하여, 다중 표상 학습을 활용하는 경우가 점점 증가하고 있다(강훈식 등, 2007;

차정호 등, 2004; Ardac과 Akaygun, 2005; Wu *et al.*, 2001).

그러나 효과적인 활용 방법을 고려하지 않은 채 외적 표상들을 단순히 함께 제시할 경우, 그 효과는 줄어들거나 오히려 학습에 방해 요인으로 작용할 수 있다. 예를 들어, 외적 표상들을 단순히 함께 제시할 경우 많은 학생들이 제시된 외적 표상들로부터 필요한 정보를 선택하여 작동 기억 내에서 언어적 또는 시각적 표상으로 조직화하고 이를 자신의 사전 지식이나 경험과 통합하는 과정을 어려워하여 학습 효과가 감소되는 것으로 보고되고 있다

(Kozma, 2003; van Someren *et al.*, 1998). 이에 과학 학습에서 외적 표상들을 효과적으로 활용하는 방법에 대한 연구가 최근까지 지속적으로 진행되어 왔다. 즉, 외적 표상들을 효과적으로 제시하는 형태와 순서, 공간적 배치 등에 대한 연구들(Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005)과 특정 외적 표상을 시각적 또는 언어적 외적 표상의 형태로 변환하는 활동인 그리기(drawing)와 쓰기(writing)를 효과적으로 도입하는 환경과 시기 등에 대한 연구들이 다양한 학년과 과학 개념들을 대상으로 보고되고 있다(강훈식, 2006; 강훈식 등, 2006; Edens와 Potter, 2003; van Meter와 Garner, 2005).

그러나 이런 연구 결과들이 실제 교육 현장에서 활용되지 못한다면, 그 연구들은 탁상공론에 불과하게 될 것이다. 실제로, 교사나 교과서 집필자들이 외적 표상들의 효과적인 활용 방안에 대해 구체적으로 알지 못해 과학 수업이나 교재 개발 과정에서 외적 표상들을 효과적으로 활용하지 못하는 경우가 적지 않다(강훈식 등, 2007). 따라서 다중 표상 학습과 관련된 연구 결과를 실제 교육 현장에 효과적이고 구체적으로 적용·안내하는 방안을 모색할 필요가 있는데, 그 중 가장 효과적인 방안 중 하나가 교과서에 그 연구 결과들을 반영하는 것이다. 왜냐하면 대부분의 학교 수업에서 이루어지는 교수·학습 활동은 주로 교과서에 기초하여 진행될 뿐 아니라, 교과서는 교수·학습 내용과 방법에 많은 영향을 미치는 등 교수·학습에서 차지하는 역할과 비중이 매우 크기 때문이다(백남권 등, 2002; 손영옥과 박윤배, 2002). 따라서 다중 표상 학습과 관련된 연구 결과를 교과서에 반영한다면 교사들이 실제 수업에서 외적 표상들을 효과적으로 활용하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. 특히 우리나라에서는 교과서를 교육과정의 목표를 구현하는 일차적 자료로 사용하고 있고, 초·중등 과학 교과서에서 다양한 외적 표상들이 자주 활용되고 있으므로, 그 파급 효과는 클 것이라 생각된다.

이를 위해서는 우선 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 조사하는 연구가 진행되어야 한다. 특히, 차기 교육 과정의 교과서 개발이 구체화되고 있는 현 시점에서 이와 같은 연구를 진행하는 것은 현 교과서의 외적 표상 활용 정보를 객관적인 자료에 기초하여 제공함으로써 차기 교과서 개발 방향에 대한 구체적이고 실질적인 시사점

을 제시해 줄 수 있다는 점에서 그 의미가 매우 크다고 할 수 있다. 그러나 지금까지 이에 대한 연구는 제7차 중학교 1학년 과학의 물질 단원을 대상으로만 진행되었을 뿐(강훈식 등, 2007), 초등학교 과학 교과서를 대상으로 진행된 연구는 없다.

물질의 입자성과 같은 미시적 수준에서의 과학 개념이 처음으로 도입되고 많이 강조되고 있는 중학교 교육과정에서와는 달리 초등학교 교육과정에서는 거시적 수준에서의 과학 현상이나 원리, 개념 등이 강조되므로, 중학교와 초등학교에서의 외적 표상 활용 실태는 다소 다른 양상을 나타낼 가능성이 있다. 또한, 초등학생들은 상급학생들보다 정보 처리 능력 및 정신 용량, 추론 능력이나 분석력 등의 사고력이 부족하고 직관적 사고와 시각적 정보에 의존하는 경향이 더 크다고 보고된다(김설한 등, 1998; 임청환과 남진수, 1999; 이재분 등, 2002; 정완호 등, 1998; 최영란과 이형철, 1998). 예를 들어, 초등학생들은 상급학생들에 비해 인지적 발달 수준이 양적인 면에서 뿐만 아니라 질적인 면에서도 낮으며(임청환과 남진수, 1999), 해당 학년의 특정 교과에 나오는 단어임에도 불구하고 그 의미를 충분히 인식하고 있지 못하는 경우가 많다(이재분 등, 2002). 이는 초등학생들이 상급학생들보다 외적 표상의 활용 방법에 의해 더 많은 영향을 받을 가능성이 있음을 시사한다. 또한, 초등학교에서 가지게 된 개념은 후속 학습에 영향을 미칠 뿐 아니라 초등학교 때 가진 오개념은 중·고등학교에서도 수정되지 못하는 경우가 많으므로(강대훈과 백성혜, 2003), 교과서나 실제 수업에서 초등학생들에게 다양한 외적 표상을 제시할 경우 더욱 신중한 고려가 필요하다. 특히, 국정 교과서 체제로 운영되고 있는 초등 교육에서 교과서가 차지하는 비중은 매우 크므로(송판섭 등, 2003), 과학 교과서에서 외적 표상들이 주의 깊게 활용되어야 할 것이다. 이런 점에서 볼 때, 초등학교 과학 교과서에서 외적 표상들이 활용되는 실태를 조사하여 그 정보와 개선 방향을 초등학교 교사나 과학 교과서 개발자에게 제공하는 일은 현 시점에서 매우 중요하고 필요하다고 할 수 있다.

이에 이 연구에서는 제7차 초등학교 3~6학년 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 다중 표상 학습 관련 연구들에 기초하여 분석한 후, 그 결과를 제7차 중학교 1학년 과학의 물질 단원을 대상으로 진행된 강훈식 등(2007)의 연구 결과와 비

교했다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 1) 제7차 초등학교 3~6학년 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 형태 및 제시 방법을 분석한다.
- 2) 제7차 초등학교 3~6학년 과학 교과서에 제시된 외적 표상들을 활용하는 활동의 형태 및 적용 방법을 분석한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 분석 대상

제7차 초등 과학 교육과정에서는 과학 교과서와 실험 관찰 교과서를 함께 활용하여 학습하도록 하고 있다. 이에 3학년부터 6학년까지의 과학 교과서 및 실험 관찰 교과서 16권에서 하나의 현상이나 원리, 개념을 직접적으로 설명하는 외적 표상들과 이를 활용하는 활동 부분을 분석 대상으로 했다. 외적 표상을 활용하는 활동인 그리기와 쓰기에서는 교사가 학생들에게 정답 그림이나 동화상 또는 글을 제공하는 활동이 포함되는데, 정답에 대한 정보는 교과서보다는 주로 교사용 지도서에 제시되어 있고, 교사도 실제 수업에서 교사용 지도서를 활용하는 경우가 많으므로 교사용 지도서도 함께 분석했다. 결과적으로 최종 분석 대상은 3학년부터 6학년까지의 과학 교과서와 실험 관찰 교과서, 교사용 지도서에서 하나의 현상이나 원리, 개념을 직접적으로 설명하는 언어적 정보와 시각적 정보, 읽을거리, ‘한걸음 더(심화 활동)’, ‘이런 실험도 있어요’, ‘이런 활동도 있어요(대체 활동)’ 부분이였다. 목표 개념과 관련이 없는 현상이나 설명, 새로운 상황에 대한 적용이 아닌 복습을 위한 활동인 ‘되짚어 보기’와 ‘확인하기’, 흥미 유발을 위한 도입부의 활동, 실험 과정에 대한 절차적 설명은 하나의 현상이나 원리, 개념을 직접적으로 설명하는 외적 표상들을 활용하지 않으므로 분석 대상에서 제외했다.

2. 분석 기준

다중 표상 학습 이론에 기초하여 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 분석한 선행 연구(강훈식 등, 2007)의 분석틀을 토대로 본 연구에 적합한 예비 분석틀을 개발했다. 과학 교사 1인을 포함한 2인의 분석

자가 예비 분석틀에 따라 분석 대상 중 일부를 분석하고 그 분석틀을 수정하는 과정을 수차례 반복하여 초기 분석틀을 구성했다. 이후 초등 과학교육 전문가, 초등학교 교사, 과학교육 전공 대학원생 10인 이상으로 구성된 소모임을 수차례 진행하여 최종 분석틀을 확정했다.

제7차 중학교 과학 교육과정과 달리 초등 과학 교육과정에서는 미시적 수준이 강조되지 않으므로, 강훈식 등(2007)의 외적 표상들의 종류에 대한 분석 기준에서 ‘미시적 표상’을 삭제했다. 즉, 외적 표상들의 종류를 현상이나 실험 등의 ‘거시적 표상’, 그래프 등의 ‘상징적 표상’ 항목으로만 분류했다. 또한, 거시적 표상은 표현 형태에 따라 글로 구성된 ‘언어적 정보’와 그림이나 사진 등의 정화상 및 애니메이션이나 동영상 등의 동화상으로 구성된 ‘시각적 정보’로 다시 세분했다.

외적 표상의 활용 실태는 강훈식 등(2007)의 분석 기준과 유사하게 ‘외적 표상 제시 방법’ 측면과 ‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면으로 분류했다. 그리고 ‘외적 표상 제시 방법’ 측면은 다중 표상 학습 관련 이론(Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005)에 근거하여 ‘언어적 정보, 시각적 정보, 언어적·시각적 정보’ 항목으로, ‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면은 그리기 및 쓰기와 관련된 선행 연구(강훈식, 2006; van Meter와 Garner, 2005)에 근거하여 ‘그리기, 쓰기, 그리기·쓰기’ 항목으로 세분했다. 다중 표상 학습과 직접적으로 관련이 없는 글짓기, 만들기, 게임 활동 등의 기타 활동은 이 연구의 목적과 부합하지 않으므로 분석에서 제외했다.

‘외적 표상 제시 방법’ 측면을 세부적으로 분석하기 위해, 외적 표상들의 효과적인 제시 방법에 대한 다양한 원리(Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005)들에 근거하여 각 하위 항목을 다시 ‘언어적 정보 형태’, ‘시각적 정보 형태’, ‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’, ‘관계없는 외적 표상 포함 여부’에 따라 세분했다(표 1). 즉, 언어적 정보가 교과서에서 주로 사용되는 3인칭이나 무인칭의 형식적인 형태보다 2인칭이나 담화체와 같은 개인화된 형태로 제시될 때 학습자가 제시된 정보를 보다 능동적이고 심층적으로 처리한다는 ‘개인화 원리’에 근거하여 ‘언어적 정보 형태’를 ‘형식적, 개인화, 형식적·개인화’ 항목으로 분류했다. 이중 부호화

이론에 의하면, 정화상보다 물체의 운동과 이동 경로, 현상의 변화 과정 등을 구체적으로 제공할 수 있는 동화상이 이중 부호화가 잘 일어나므로 학습 효과도 더 크다(강훈식, 2006; 이수경, 1998; Ardac 과 Akaygun, 2005). 이 점에 근거하여 '시각적 정보 형태'를 '정화상, 동화상, 정화상·동화상' 항목으로 분류했다. 언어적 정보와 시각적 정보가 공간적

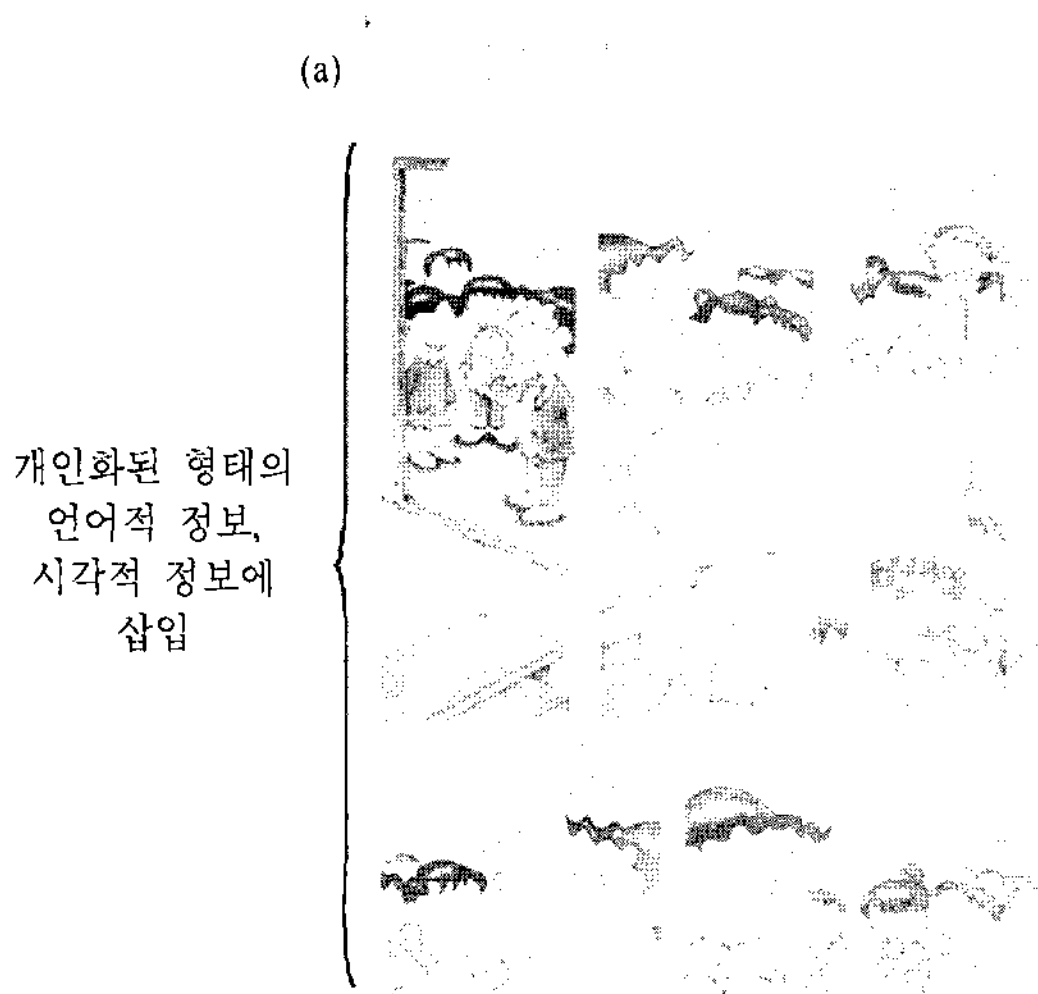
으로 가깝게 제시될수록 다중 표상 학습이 효과적으로 일어난다는 '공간적 근접성 원리'에 근거하여 '언어적·시각적 정보의 공간적 근접성'을 언어적 정보가 시각적 정보 내에 제시된 '삽입', 시각적 정보의 위·아래 또는 좌·우에 제시된 '근처', 두 형태가 모두 제시된 '삽입·근처', 다른 페이지에 제시된 '다른 페이지' 항목으로 분류했다. 학습 내용과 직접적으로 관련이 없는 외적 표상을 다른 외적 표상들과 함께 제시하면 학습자의 정보 처리 과정이 방해를 받아 다중 표상 학습의 효과가 감소된다는 '일관성 원리'에 근거하여 '관계없는 외적 표상의 포함 여부'도 분석틀에 포함시켰다.

표 1. 외적 표상 제시 방법에 대한 세부 분석 기준

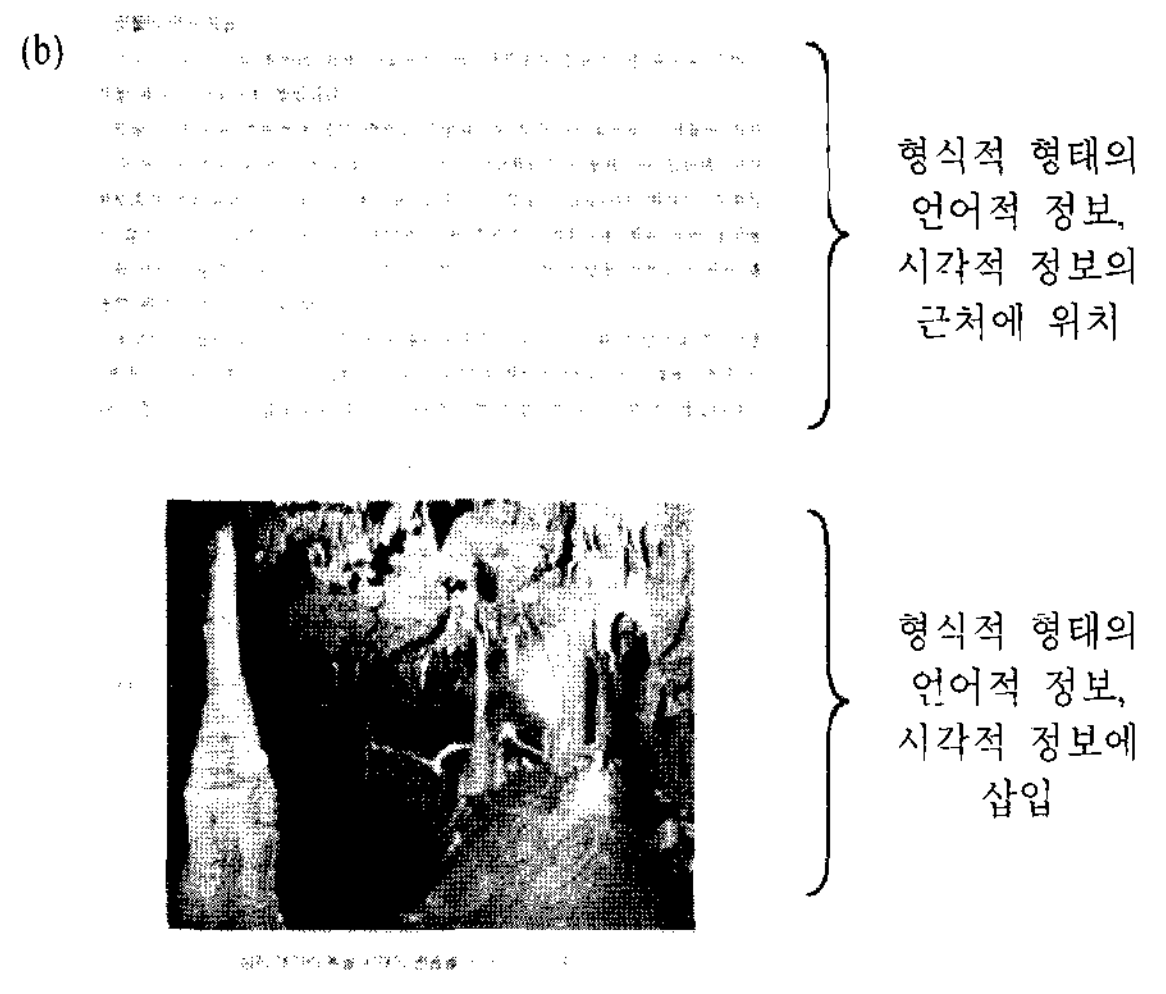
범주	하위 범주	관련 이론
언어적 정보 형태	형식적	
	개인화	개인화 원리 ¹
시각적 정보 형태	정화상	이중 부호화 이론 ²
	동화상	
	정화상·동화상	
언어적·시각적 정보의 공간적 근접성	삽입	공간적 근접성 원리 ¹
	근처	
	삽입·근처	
	다른 페이지	
관계없는 외적 표상 포함 여부		일관성 원리 ¹

¹ Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005; ² 강훈식, 2006; 이수경, 1998; Ardac과 Akaygun, 2005.

예를 들어, 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 그림 1의 (a)와 (b)의 경우, 시각적 정보는 모두 사진으로 제시되어 있으므로 '시각적 정보 형태' 항목에서는 '정화상'에 해당된다. (a)의 경우, 과학 개념을 설명하는 글이 개인화된 형태의 언어로 제시되어 있으므로, '언어적 정보 형태' 항목에서는 '개인화'에 해당된다. '언어적·시각적 정보의 공간적 근접성' 항목에서는 언어적 정보가 시각적 정보 내에 삽입된 형태로 제시되어 있으므로 '삽입'에 해당된다. (b)의 경우, 과학 개념과 정화상을 설명하는 글이 형식적 형태의 언어로 제시되어 있으므로, '언어적 정보 형태' 항목에서는 '형식적'에 해당된다. '언어적·시각적 정보의 공간적 근접성' 항목에서는 언어적 정보와 시각적 정보가 근처 및 삽입



(a) 3학년 1학기 과학 교과서 8쪽



(b) 6학년 1학기 실험 관찰 교과서 8쪽

그림 1. 외적 표상 제시 방법의 예시.

된 형태로 제시되어 있으므로 ‘삽입·근처’에 해당된다. (a), (b) 모두 관계없는 외적 표상은 포함되어 있지 않은 형태이다.

‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면을 세부적으로 분석하기 위해 각 하위 항목을 그리기와 쓰기가 적용되는 ‘환경’, 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동의 ‘도입 시기’, 그리기와 쓰기에서의 ‘외적 표상 제시 방법’에 따라 세분했다(표 2). 그리기와 쓰기가 적용되는 ‘환경’은 지식이 사회적 상호 작용을 통해 구성된다는 ‘사회적 구성주의 이론(강인애, 2000)’과 학습자가 작동 기억 내에서 한 번에 처리할 수 있는 정보의 양보다 많은 양의 정보가 제시되면 인지적 부담이 생겨 학습 효과가 떨어진다는 ‘인지적 부담 이론(van Bruggen et al., 2002; van Merriënboer와 Sweller, 2005)’에 근거하여 세분했다. 즉, 학습자가 외적 표상을 개별보다 교사나

동료, 학생과의 토의와 같은 사회적 상호 작용을 통해 처리할 경우 인지적 부담이 감소하고 지식을 보다 잘 구성할 수 있으므로(강훈식, 2006; Kozma, 2003; van Bruggen et al., 2002), 그리기와 쓰기가 진행되는 환경을 ‘개별, 소집단’ 항목으로 분류했다. 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동의 ‘도입 시기’는 외적 표상을 제시하기 전보다 제시한 후에 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동을 도입하는 것이 학습에 좀 더 효과적이라는 선행 연구(강훈식 등, 2006)의 결과에 근거하여 세분했다. 즉, 그리기와 쓰기 활동을 언어적 또는 시각적 정보가 제시되기 전에 도입하느냐, 제시된 후에 도입하느냐에 따라 ‘언어적 또는 시각적 정보 제시 전, 후’ 항목으로 분류했다. 위 두 가지 기준에서 진행되는 그리기와 쓰기에서의 ‘외적 표상 제시 방법’은 표 1의 기준에 따라 분류했다.

표 2. 그리기와 쓰기의 적용 방법에 대한 세부 분석 기준

범주	하위 범주	항목	관련 이론
환경	개별		사회적 구성주의 이론 ¹ 인지적 부담 이론 ²
	소집단		
도입 시기	정보 제시 전	언어적 정보	다중 표상 학습에 대한 인지 이론 ³
		시각적 정보	
	정보 제시 후	언어적·시각적 정보	
		언어적 정보	
언어적 정보 형태	형식적		개인화 원리 ³
	개인화		
	형식적·개인화		
시각적 정보 형태	정화상		이중 부호화 이론 ⁴
	동화상		
	정화상·동화상		
언어적·시각적 정보의 공간적 근접성	삽입		공간적 근접성 원리 ³
	근처		
	삽입·근처		
관계없는 외적 표상 포함 여부	다른 페이지		일관성 원리 ³

¹ 강인애, 2000; ² van Bruggen et al., 2002; van Merriënboer와 Sweller, 2005; ³ Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005; ⁴ 강훈식, 2006; 이수경, 1998; Ardac과 Akaygun, 2005.

예를 들어, 쓰기와 그리기를 활용하는 형태인 그림 2 활동의 경우, 쓰기와 그리기가 개별적으로 진행되도록 제시되어 있으므로 ‘환경’ 항목에서는 ‘개별’에 해당된다. ‘도입 시기’ 항목에서는 시각적 정보인 관찰 현상과 사진에 대한 학습자의 정신 모형을 쓰고 그리는 활동을 한 후 정답이 언어적 정보로 제시되는 형태이므로, ‘시각적 정보 제시 후’에 해당된다. 시각적 정보와 언어적 정보를 ‘외적 표상 제시 방법 측면(표 1)’에서 분류하면, ‘언어적 정보 형태’는 ‘형식적’, ‘시각적 정보 형태’는 ‘정화상’에 해당된다. 시각적 정보는 교과서에, 쓰기와 그리기 활동(a)에 대한 정답 글은 교사용 지도서에 제시(b)되어 있으므로, ‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’ 항목에는 해당되지 않는다. 관계없는 외적 표상은 포함되어 있지 않다.

3. 분석 방법

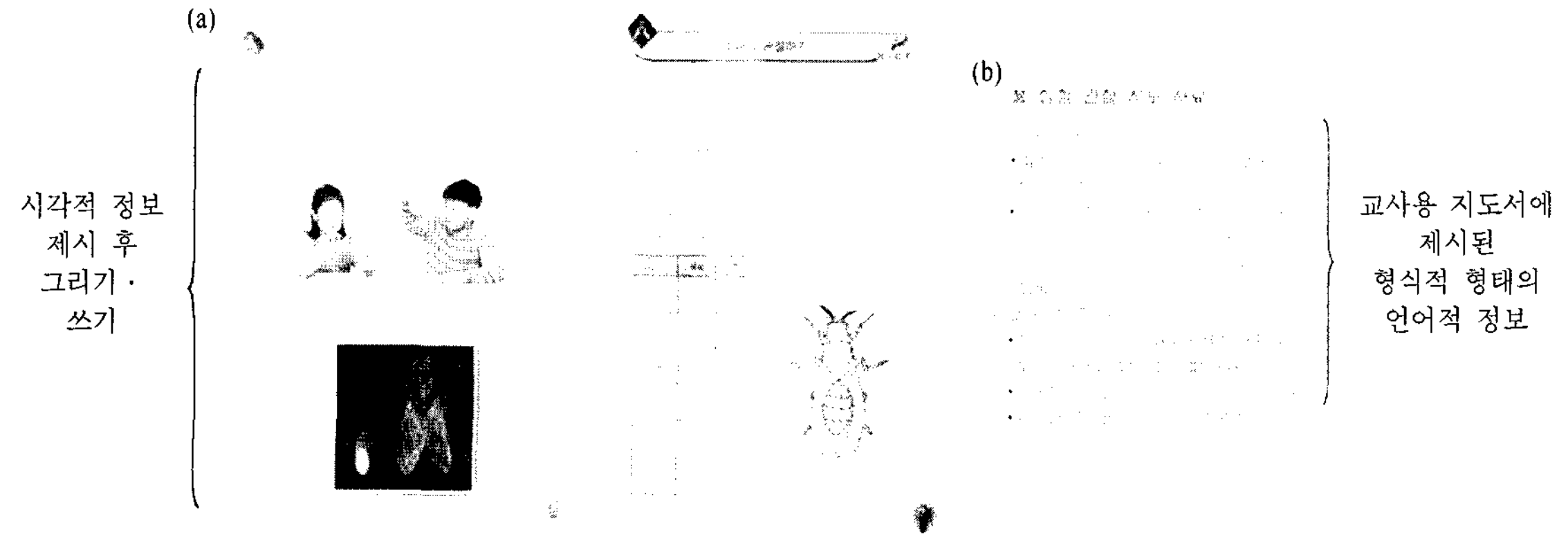
과학 교사 1인을 포함한 2인의 분석자가 초등학교 3~6학년 과학 교과서의 2개 단원을 임의로 선정하여 각각 최종 분석틀에 따라 과학 교과서, 실험 관찰 교과서, 교사용 지도서를 분석한 후 분석자 간 일치도를 구하는 과정을 반복했다. 분석자 간의 일치도가 95% 이상에 도달한 후, 1인의 분석자가 모든 분석 대상 과학 교과서, 실험 관찰 교과서, 교사용 지도서를 항목별 빈도와 백분율(%)로 분석했다. 결과 분석 및 해석의 타당성을 높이기 위해 분석이 애매한 경우에는 분석자 간의 논의를 거쳐 결정했으며, 10인 이상으로 구성된 초등 과학 교육 전문가, 초등학교 교사, 과학교육 전공 대학원

생 소모임을 수차례 진행하여 결과 분석 및 해석을 수정·보완했다. 분석 결과, 학년별·과목별로는 별 차이가 없었고, 관계없는 외적 표상이 제시된 경우도 없었으므로 이 부분에 대한 결과는 제시하지 않았다.

III. 결과 및 논의

1. 외적 표상의 종류 분석

외적 표상의 종류에 따른 분석 결과는 표 3과 같다. 초등학교 과학 교과서는 현상이나 실험과 같은 거시적 표상(99.1%)으로 대부분 구성되어 있었으며, 상징적 표상(0.9%)은 강조되어 있지 않았다. 이는 제7차 과학과 교육과정에서 초등 과학교육의 목표를 자연에 대한 관찰과 경험을 통해 자연과 친숙해지도록 하는 것(교육인적자원부, 2007)으로 하고 있기 때문에 나타난 결과라 해석된다. 거시적 표상의 하위 항목을 살펴보면, 글과 같은 언어적 정보(51.9%)와 그림이나 사진과 같은 정화상(47.2%)이 비슷한 비율로 제시되어 있었으며, 동화상은 제시되어 있지 않았다. 중학교 1학년 과학의 물질 단원에서 미시적 수준의 시각적 정보를 분석했던 선행 연구(강훈식 등, 2007)와 달리 이 연구에서는 거시적 수준의 시각적 정보를 분석했으므로, 두 연구의 결과를 직접적으로 비교하기는 어렵다. 그러나 두 연구에서 모두 목표 과학 현상이나 원리, 개념 등을 설명하기 위해 제시된 시각적 정보를 분석했다는 점에서 볼 때, 간접적인 비교는 가능하다. 이런



(a) 3학년 1학기 과학 교과서 85쪽과 실험 관찰 교과서 59쪽

(b) 3학년 1학기 교사용 지도서 175쪽

그림 2. 외적 표상의 활용 활동 적용 방법에 따른 분석 예시.

표 3. 외적 표상의 종류에 대한 분석 결과

범주	하위 범주	항목	빈도(%)	
거시적	현상	언어적 정보	글 728(31.8)	
		시각적 정보	정화상 570(24.9)	
		동화상	-	
			소계	1,298(56.7)
	실험	언어적 정보	글 461(20.1)	
		시각적 정보	정화상 511(22.3)	
동화상		-		
		소계	972(42.4)	
상징적	그래프		21(0.9)	
	총계		2,291(100)	

가정 하에 두 연구의 결과를 비교해 보면, 언어적 정보의 제시 비율은 유사하나, 시각적 정보의 비율은 중학교(15.0%)에 비해 초등학교 과학 교과서에서 3배 정도 많았다. 이는 구체적 조작기에 있는 초등학생들의 경우 언어적 정보만으로는 과학 현상이나 원리, 개념을 이해하기 어렵고, 시각적 정보에 의존하는 경향이 크다(최영란과 이형철, 1998)는 점을 고려했기 때문에 나타난 결과라 해석된다.

2. 외적 표상의 활용 실태 분석

‘외적 표상의 활용 실태’를 분석한 결과(표 4), 비율에서 약간의 차이는 있지만 중학교 1학년 과학의 물질 단원에 대한 분석 결과(강훈식 등, 2007)와 거의 유사한 경향을 나타냈다. 즉, 외적 표상을 단순히 제시하는 형태(31.2%)보다 그리거나 쓰기와 같이 외적 표상을 활용하는 활동 형태(68.7%)로 더 많이 구성되어 있었다. 눈으로만 하는 학습보다 직접적인 활동이나 체험을 통한 학습이 초등학생들의 과학 현상에 대한 흥미 유발과 원리나 지식의 습득에 도움이 된다고 주장된다(곽영순, 2004). 또한, 특정 외적 표상을 분석하여 형성된 자신의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동인 그리거나 쓰기가 초등학생들의 학습에 효과적이라고 보고된다(Carter et al., 1998; Edens와 Potter, 2003). 따라서 현 초등학교 과학 교과서에 그리기와 쓰기가 많이 활용된 결과는 바람직하다고 할 수 있다.

‘외적 표상 제시 방법’ 측면을 하위 범주별로 살펴보면, 언어적 정보만 제시되거나 언어적 정보와

시각적 정보가 함께 제시된 경우는 각각 12.2%, 18.5%로 큰 차이가 없었으며, 시각적 정보만 제시된 경우는 0.5%로 매우 적었다. 정보 처리 능력과 인지 능력, 의미 추론 능력, 언어 이해 및 해석 능력 등이 다소 부족한 초등학생들(이재분 등, 2002; 임청환과 남진수, 1999)이 언어적 정보만으로 목표 개념을 이해하고 해석하기에는 다소 어려움이 있을 수 있다. 반면 시각적 정보는 언어적 정보에서 부족한 부분, 예를 들어 현상에 대한 이미지나 동적 과정 등을 제공할 수 있으므로(이수경, 1998; Ardac과 Akaygun, 2005; van Someren et al., 1998), 향후 교과서를 개발할 때에는 가능한 언어적 정보만을 제시하는 비율을 줄이고, 시각적 정보를 함께 제시하는 비율을 늘릴 필요가 있다.

‘외적 표상 활용 활동 적용 방법’ 측면의 하위 범주별 분석 결과, 쓰기가 전체 활동의 절반 이상(61.1%)을 차지하고 있는 반면, 그리기(1.0%)나 그리기·쓰기(6.6%)의 활용 비율은 매우 낮았다. 비록 쓰기가 외적 표상들의 연계와 통합에 효과적일지라도, 쓰기를 성공적으로 수행하기 위해서는 자신의 인지 과정을 적절히 조절 및 통제하는 능력과 언어적 능력을 지니고 있어야 한다(강훈식, 2006). 따라서 초등학생들의 인지 능력이나 언어 능력 등을 고려해 볼 때 쓰기는 초등학생들에게 다소 어려운 활동일 수 있다. 반면 그리기는 학생들이 특정 외적 표상에 대한 자신의 정신 모형을 언어를 사용하지 않고 그림으로만 그리는 활동이므로, 초등학생들의 흥미 유발(Glynn, 1997; Stein et al., 2001)과 과학 개념 이해 향상(Edens와 Potter, 2003)에 효과적이라고

표 4. 외적 표상 활용 실태에 대한 분석 결과

범주	하위 범주	빈도(%)
정보 제시	언어적 정보	144(12.2)
	시각적 정보	6(0.5)
	언어적·시각적 정보	218(18.5)
	소계	368(31.2)
활동	그리기	12(1.0)
	쓰기	719(61.1)
	그리기·쓰기	78(6.6)
	소계	809(68.7)
	총계	1,177(100)

보고되고 있다. 따라서 향후 교과서에서 쓰기를 활용할 경우에는 초등학교 학생들이 비교적 쉽게 수행할 수 있는 경우에 한해 활용하고, 그리기를 활용하는 것이 가능한 경우에는 이를 보다 많이 활용해야 할 것이다.

1) 외적 표상 제시 방법 측면의 세부 분석

‘외적 표상 제시 방법’ 측면을 세부적으로 분석한 결과를 표 5에 제시했다. 선행 연구(강훈식 등, 2007)에서와 유사하게 언어적 정보는 대부분 형식적인 형태(96.1%)로 제시되어 있었으며, 개인화된 형태(2.8%)로 제시되거나 두 형태가 함께 제시된 경우(1.1%)는 매우 적었다. 이는 과학 용어에 친숙하지 못하고 언어 의미 추론 능력 등이 부족한 초등학생들의 특성(이재분 등, 2002; 장명덕 등, 1999)과 형식적인 형태보다 개인화된 형태의 언어적 정보가 정보 처리 과정을 보다 조직화·정교화시켜 학생들의 학습 참여 및 정보에 대한 흥미와 이해를 촉진한다는 개인화 원리(Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005)를 고려해 볼 때 바람직하지 않은 결과라 할 수 있다. 따라서 향후 교과서에서는 개인화된 언어적 정보의 활용 비율을 높일 필요가

있다. 언어적 정보를 형식적인 형태와 개인화된 형태로 모두 표현할 수 있는 경우에 한해, 개인화된 형태로 제시하거나 시각적 정보 내에 언어적 정보를 삽입하는 방법을 활용하여 두 형태의 언어적 정보를 함께 제시하는 것이 그 한 가지 방안이 될 수 있을 것이다.

시각적 정보는 모두 정화상으로만 제시되어 있었으며, 동화상으로 제시된 경우는 없었다. 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서도 정화상(87.7%)에 비해 동화상(1.6%)이 제시된 경우는 매우 적었으나 초등학교 과학 교과서보다는 약간 많았다(강훈식 등, 2007). 이는 초등 과학 교육과정에서는 주로 거시적 수준의 현상이나 실험, 원리, 개념 등을 강조하므로, 미시적 수준의 이해를 강조하는 중등 과학 교육과정에 비해 동화상 도입이 상대적으로 덜 필요하다는 인식으로 인해 나타난 결과라 생각된다. 그러나 직접 관찰 활동을 하는 것이 어려운 경우, 애니메이션이나 동영상 등의 동화상을 통한 간접 관찰 경험은 직관적 사고와 시각적 정보에 의존하는 경향이 있는 초등학생들이 올바른 과학적 사고를 형성하도록 도와줄 수 있다(심순종과 정재열, 1999). 따라서 직접 관찰하기 어려운 과학 현상

표 5. 외적 표상 제시 방법에 대한 세부 분석 결과

범주	하위 범주	빈도(%)		
		언어적	시각적	언어적·시각적
언어적 정보 형태	형식적	141(97.9)		207(95.0)
	개인화	2(1.4)		8(3.6)
	형식적·개인화	1(0.7)		3(1.4)
	소계	144(100)		218(100)
시각적 정보 형태	정화상		6(100)	218(100)
	동화상		-	-
	정화상·동화상		-	-
	소계		6(100)	218(100)
언어적·시각적 정보의 공간적 근접성	삽입			22(10.1)
	근처			180(82.6)
	삽입·근처			15(6.8)
	다른 페이지			1(0.5)
	소계			218(100)
총계				362(100)

이나 실험 과정을 동화상으로 제작하여, 이를 교사나 학생들이 교과서나 교사용 지도서, 교사용 CD-ROM 타이틀 등을 통해 활용할 수 있도록 안내하는 방안을 모색할 필요가 있다.

‘언어적·시각적 정보의 공간적 근접성’ 항목에 대한 분석 결과, 언어적 정보와 시각적 정보가 대부분 근처(82.6%) 형태로 제시되어 있었으며, 그 다음으로는 삽입(10.1%), 삽입·근처(6.8%), 다른 페이지(0.5%) 형태 순으로 제시되어 있었다. 즉, 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원(강훈식 등, 2007)과 유사하게 초등학교 과학 교과서에서도 언어적 정보와 시각적 정보의 위치가 공간적으로 가까울수록 다중 표상 학습이 효과적이라는 공간 근접성의 원리(Mayer, 2003; Veronikas와 Shaughnessy, 2005)에 적합한 형태로 외적 표상들이 제시되어 있음을 알 수 있었다.

2) 그리기와 쓰기의 적용 방법 측면의 세부 분석

‘그리기와 쓰기의 적용 방법’ 측면에 대한 세부 분석 결과는 전반적으로 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에 대한 분석 결과(강훈식 등, 2007)와 유사했다(표 6). 즉, 그리기와 쓰기는 대부분 소집단 환경(23.2%)보다 개별적 환경(76.8%)에서 진행되도록 제시되어 있었다. 초등학생들은 처음 배우는 개념을 혼자서 시각적 또는 언어적으로 표현하는 것을 어려워 하므로(김봉순, 2000), 이러한 어려움을 감소시킬 뿐만 아니라 반성적 사고를 유발하여 학습을 촉진하는 것으로 보고되고 있는 소집단 환경(강훈식, 2006; Kozma, 2003; van Bruggen *et al.*, 2002)에서 그리기와 쓰기를 보다 많이 활용할 필요가 있다.

‘도입 시기’에 따른 분석 결과에서는 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동을 언어적 정보 또는 시각적 정보를 제시한 후(13.8%)보다 제시하기 전(86.2%)에 도입한 경우가 6배 정도 많았다. 이 때, 활동 후에 제시되는 외적 표상은 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 경우(30.3%)보다 두 유형 중 하나만 제시된 경우(55.9%)가 많았다. 또한, 언어적 정보만 제시된 후 그리기를 하거나, 시각적 정보만 제시된 후 쓰기를 하는 경우는 없었다. 이는 정보를 제시하기 전보다 제시한 후에 학습자의 정신 모형을 그리거나 쓰는 활동을 도입하는 방법(강훈식 등, 2006)과 특정 외적 표상을 같은 유형보

다 다른 유형의 외적 표상 형태로 변환하는 활동(강훈식, 2006; Ainthworth, 1999; Kozma, 2003)이 학습에 효과적이라는 주장에서 볼 때, 바람직하지 않은 결과라 할 수 있다. 특히, 정보 처리 능력, 언어 능력, 의미 추론 능력 등이 부족한 초등학생들(이재분 등, 2002; 임청환과 남진수, 1999)에게 적용된다는 점에서 더욱 그러하다. 따라서 향후 교과서에서는 가능한 이 주장들과 초등학생들의 특성을 고려하여 그리기와 쓰기를 활용하려는 노력이 필요하다.

한편, 그리기와 쓰기에서 언어적 정보는 대부분 형식적인 형태(92.9%)로 제시되어 있었고, 시각적 정보는 정화상(100%)만 제시되어 있었다. 이는 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서도 나타난 결과(강훈식 등, 2007)로, 그리기와 쓰기에서 외적 표상들이 제시되는 형태가 효과적이지 않음을 의미한다. 그러나 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 경우에는 근처(79.4%), 삽입·근처(18.3%), 삽입(1.4%), 다른 페이지(0.9%) 형태의 순서로 비교적 바람직하게 제시되어 있었다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 제7차 초등학교 3~6학년 과학 교과서에 제시된 외적 표상들의 활용 실태를 다중 표상 학습 관련 연구들에 기초하여 분석했으며, 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

과학 과목의 종류에 관계없이 초등학교 과학 교과서에 제시된 외적 표상은 대부분 거시적 표상이었으며, 상징적 표상은 매우 적었고 미시적 표상은 없었다. 언어적 정보만 제시되거나 언어적 정보와 시각적 정보가 함께 제시된 경우가 많았으며, 시각적 정보만 제시된 경우는 매우 적었다. 외적 표상을 단순히 제시하는 형태보다 그리거나 쓰기와 같이 외적 표상을 활용하는 활동 형태가 훨씬 많았다. 그리기와 쓰기를 활용할 경우에는 그리기와 쓰기를 소집단 환경보다 개별적 환경에서, 정보가 제시된 후보다 제시되기 전에, 특정 외적 표상을 다른 유형보다 같은 유형의 외적 표상 형태로 변환하는 활동으로 활용한 경우가 많았다. 외적 표상 제시 및 활용 활동 측면에서, 언어적 정보는 대부분 형식적인 형태, 시각적 정보는 모두 정화상이었으며, 언어적 정보와 시각적 정보는 대부분 ‘근처’, ‘삽입’ 또는 ‘삽입·근처’ 형태로 제시되어 있었다. 학습자

표 6. 그리기와 쓰기의 적용 방법에 대한 세부 분석 결과

범주	하위 범주	항목	빈도(%)			
			그리기	쓰기	그리기·쓰기	총계
환경	개별		8(66.7)	549(76.4)	64(82.1)	621(76.8)
	소집단		4(33.3)	170(23.6)	14(17.9)	188(23.2)
	소계		12(100)	719(100)	78(100)	809(100)
도입 시기	정보 제시 전	언어적 정보	4(40.0)	414(58.1)	26(34.2)	444(55.6)
		시각적 정보	2(20.0)	-	-	2(0.3)
		언어적·시각적 정보	2(20.0)	214(30.1)	26(34.2)	242(30.3)
	정보 제시 후	언어적 정보	-	-	-	-
		시각적 정보	1(10.0)	-	2(2.6)	3(0.4)
		언어적·시각적 정보	1(10.0)	84(11.8)	22(28.9)	107(13.4)
소계		10(100)	712(100)	76(100)	798(100)	
언어적 정보 형태	형식적		7(87.5)	645(94.0)	85(85.9)	737(92.9)
	개인화		-	6(0.9)	4(4.0)	10(1.3)
	형식적·개인화		1(12.5)	35(5.1)	10(10.1)	46(5.8)
	소계		8(100)	686(100)	99(100)	793(100)
시각적 정보 형태	정화상		6(100)	294(100)	54(100)	354(100)
	동화상		-	-	-	-
	정화상·동화상		-	-	-	-
	소계		6(100)	294(100)	54(100)	354(100)
언어적·시각적 정보의 공간적 근접성	삽입		-	3(1.0)	2(3.7)	5(1.4)
	근처		2(50.0)	241(82.8)	34(63.0)	277(79.4)
	삽입·근처		2(50.0)	44(15.1)	18(33.3)	64(18.3)
	다른 페이지		-	3(1.0)	-	3(0.9)
	소계		4(100)	291(100)	54(100)	349(100)

의 흥미를 유발할 수 있으나, 학습 내용과 직접적으로 관련이 없는 외적 표상은 제시되지 않았다.

이런 결과는 미시적 수준의 과학 개념이 강조되는 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서와 마찬가지로 거시적 수준에서의 과학 현상이나 원리, 개념 등이 강조되는 초등학교 과학 교과서에서도 외적 표상들이 다양하게 제시되어 있으나, 효과적으로 활용되고 있지는 않음을 보여준다. 즉, 외적 표상들의 효과적인 활용 방법과 관련된 이론 및 연구 결과, 예를 들어 개인화 원리, 이중 부호화 이론, 인지적 부담 이론, 사회적 구성주의 이론 등(강훈식, 2006; 강훈식 등, 2006; van Bruggen et al., 2002;

Veronikas와 Shaughnessy, 2005)을 고려하지 않은 채 외적 표상들이 활용되고 있음을 알 수 있다. 이런 경우, 다중 표상 학습의 효과는 줄어들거나 학습의 방해 요인으로 작용할 수 있다. 특히, 다중 표상 학습을 성공적으로 수행하는데 필요한 여러 능력들이 부족한 초등학생들에게 그 영향은 더 클 것임에도 불구하고, 이런 결과가 나타났다는 점은 초등학교 교사나 과학 교과서 개발자에게 시사하는 바가 크다. 따라서 향후 초등학교 과학 교과서를 개발할 때에는 이 연구에서 제공하는 현 초등학교 과학 교과서의 부족한 부분 및 외적 표상의 효과적인 활용 방법과 초등학생들의 특성을 더욱 고려하여 외적

표상들을 활용할 필요가 있다.

예를 들어, 추후에는 가능한 경우에 한해 개인화된 형태의 언어적 정보를 활용하는 비율을 증가시킬 필요가 있다. 학교 현장에서 시·공간적 제약이나 위험성 등의 이유로 실질적인 활동이 어려운 경우, 이를 애니메이션이나 동영상으로 제작하여 교사용 CD-ROM 타이틀로 보급하거나 교과서와 교사용 지도서 내에 동화상이 포함된 인터넷 정보를 제시함으로써 교사나 학생들이 동화상을 활용할 수 있도록 해야 할 것이다. 초등학생들의 특성을 고려하여 그리기를 보다 많이 활용하거나 초등학생들이 쉽게 수행할 수 있는 쓰기만을 활용하는 것이 바람직할 것이다. 또한, 개별적으로 수행하는데 있어서의 어려움을 감소시켜 학습 효과를 높이기 위해, 그리기와 쓰기를 소집단 환경에서 진행하도록 할 필요도 있다. 그리기와 쓰기를 할 때, 특정 외적 표상을 다른 유형의 외적 표상으로 변환하는 활동 형태로 활용하기 위한 노력도 필요하다.

이런 노력과 함께 이 연구의 결과가 향후 교과서 뿐만 아니라 최근 강조되고 있는 컴퓨터 보조 수업, e-Learning, ICT 활용 수업에서 사용할 교수·학습 자료의 개발 과정에서 실질적으로 반영되기 위해서는, 이 연구의 결과를 과학 교육 관련 학회나 웹사이트를 통해 홍보하거나 교육대학의 관련 강좌 및 교사 연수에서 연구 결과를 활용한 강의를 실시할 필요도 있다.

참고문헌

강대훈, 백성혜(2003). 용해 현상에 대한 초등학교 과학 교과서의 내용 분석 및 지도 실태. *초등과학교육*, 22(2), 138-148.

강인애(2000). 왜 구성주의인가?: 정보화 시대와 학습자 중심의 교육 환경. 서울: 문음사.

강훈식(2006). 중학교 화학 수업에서 외적 표상의 유형 변환을 촉진하는 그리기와 쓰기의 효과 및 활용 방안. 서울대학교 박사학위논문.

강훈식, 광진하, 노태희(2006). 다중 표상 학습에 적용한 그리기에서 학생들의 정신 모형을 그리는 시기 및 장의존성·장독립성에 따른 효과. *한국과학교육학회지*, 26(2), 191-199.

강훈식, 김유정, 노태희(2007). 제7차 중학교 1학년 과학 교과서의 물질 단원에서 외적 표상들의 활용 실태 분석. *한국과학교육학회지*, 27(3), 22-32.

곽영순(2004). 제7차 초등 과학과 교육과정 운영 실태 분

석. *한국과학교육학회지*, 24(5), 1028-1038.

교육인적자원부(2007). 교육인적자원부 고시 제 2007-79 과학과 교육과정. 대한교과서주식회사.

김봉순(2000). 학습자의 텍스트구조에 대한 인지도 발달 연구 -초·중·고 11개 학년을 대상으로-. *국어교육*, 102, 27-85.

김설한, 정진우, 김효남(1998). 초등학교 학생들의 귀납-연역적 추론 능력과 정신 용량 및 보속 오류와의 관계. *초등과학교육*, 17(1), 47-60.

백남권, 서승조, 조태호, 김성규, 박강은, 이경화(2002). 제 6차와 제 7차 초등학교 3, 4학년 과학 교과서의 내용과 삽화의 비교·분석. *초등과학교육*, 21(1), 61-70.

손영옥, 박운배(2002). 과학 교과서에 대한 중학교 교사와 학생들의 인식. *한국과학교육학회지*, 22(4), 740-749.

송판섭, 김정덕, 문병찬, 김해경(2003). 제 6차와 제 7차 교육과정의 슬기로운 생활 교과서 삽화 비교 분석 -1학년 교과서를 중심으로-. *초등과학교육*, 22(3), 251-259.

심순종, 정재열(1999). 초등자연과 '우주속의 지구' 단원의 탐구학습을 위한 멀티미디어 타이틀의 구현 및 적용. *한국컴퓨터교육학회논문지*, 2(2), 109-118.

이수경(1998). 애니메이션과 인지양식이 과학적 이해와 파지에 미치는 영향. *교육공학연구*, 14(2), 69-102.

이재분, 현주, 김미숙, 류덕엽(2002). 초·중학생의 지적·정의적 발달수준 분석 연구(II): 초등학생 대상. *한국교육개발원 보도자료*.

임청환, 남진수(1999). 초등학생의 정신용량과 인지양식에 따른 과학탐구능력. *한국과학교육학회지*, 19(3), 441-447.

장명덕, 정철, 정진우(1999). 초등학생의 읽기 능력과 과학 탐구 능력 및 과학 성취도와의 관계. *한국지구과학회지*, 20(2), 137-142.

정완호, 권용주, 김영신(1998). 초등학교 학생들의 비례논리 전략의 발달에 대한 연구. *초등과학교육*, 17(2), 23-31.

차정호, 김경순, 노태희(2004). 시각적 학습양식 선호도에 따른 정화상 CAI와 애니메이션 CAI의 효과 비교. *한국컴퓨터교육학회논문지*, 7(5), 1-8.

최영란, 이형철(1998). 초등학교 자연 교과서의 삽화 분석. *초등과학교육*, 17(2), 45-53.

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2/3), 131-152.

Ardac, D. & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. *International Journal of Science Education*, 27(11), 1269-1298.

Carter, P. A., Holland, S. M., Mladic, S. L., Sarbiewski, G. M. & Sebastian, D. M. (1998). *Improving student writing skills using wordless picture books*. Action Research Project, Saint Xavier University and IRI/Skylight. (ERIC Documentation Reproduction Service No.ED423525).

- Edens, K. M. & Potter, E. F. (2003). Using descriptive drawings as a conceptual change strategy in elementary science. *School Science and Mathematics, 103*(3), 135-144.
- Glynn, S. (1997). Drawing mental models. *The Science Teacher, 64*(1), 30-32.
- Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction, 13*(2), 205-226.
- 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.
- Stein, M., McNair, S. & Butcher, J. (2001). Drawing on student understanding: Using illustrations to invoke deeper thinking about animals. *Science and Children, 38*(4), 18-22.
- van Bruggen, J. M., Kirschner, P. A. & Jochems, W. (2002). External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load. *Learning and Instruction, 12*(1), 121-138.
- van Merriënboer, J. J. G. & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review, 17*(2), 147-177.
- van Meter, P. & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review, 17*(4), 285-325.
- van Someren, M. W., Reimann, P., Boshuizen, H. P. A. & de Jong, T. (1998). *Learning with multiple representations*. Oxford, UK: Elsevier.
- Veronikas, S. & Shaughnessy, M. F. (2005). An interview with Richard Mayer. *Educational Psychology Review, 17*(2), 179-189.
- Wu, H.-K., Krajcik, J. S. & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(7), 821-842.