

# 초등학생들의 창의적 과학 문제 해결 과정에서 나타나는 시각화 활동 분석

김지수 · 장신호<sup>†</sup>  
(서울교육대학교)

## Analysis of Elementary Students' Visualization Process of Creative Problem Solving in Science

Kim, Jisoo · Jang, Shinho<sup>†</sup>  
(Seoul National University of Education)

### ABSTRACT

Cultivating creativity is one of the goals in science education. Previous studies report that students use visualization while they solve the creative science problem and it looks helpful to make them think more. For this study three 6<sup>th</sup> grade students were selected in the consideration of pre-test through the qualitative think-aloud method. The results show that even though students have many ideas in planning stage in problem solving, they appeared to visualize familiar and empirical ideas at first. So if teachers want to watch another creative ideas, they tended to give enough time to visualize many ideas. Students drew lines, circles, "X"marks to select or remove information during their problem solving works. They said these marks seem to be useful to understand question. However, removal marks sometimes turn out to block another chance to re-think. Also students did not have a chance to reflect what they did. It means that they lose the chance to do convergent thinking. The implications of this study include the importance of students' visualization works to facilitate their creative ideas and support their problem solving strategies. In this study, we discuss the meaningful messages for teachers who construct science classroom for creativity.

**Key words:** visualization, creative problem solving, think aloud

### I. 서 론

창의적 문제해결은 일반적 영역의 지식, 기능, 동기적 요인뿐만 아니라, 과학과 같은 특정 영역의 지식과 기능을 기반으로 확산적 사고와 비판적 사고가 역동적으로 상호작용하는 과정이다(Cho *et al.*, 2000). 학생들의 창의적 문제해결 과정을 의미 있게 촉진하는 방법에 대한 다양한 연구가 지속적으로 진행되어 왔으며, 최근 시각화 활동의 효과성에 대한 연구가 관심을 받고 있다(Huh, 2006; Na *et al.*, 2015; Suh & Kang, 2015). 시각화 활동은 학생들의 다양한

사고를 촉진시킨다는 점에서 창의적 문제 해결과 연관이 있는 것으로 보이며, 문제 해결 과정에 도움이 되는 요소들을 종합하고 재구성하여 전체적으로 문제를 바라보고 직관적으로 해결하는데 도움을 주는 것으로 알려져 있다(Kim, 2011).

시각화란 단순히 손으로만 무언가를 써내려가는 외적 행위가 아니라, 학습자가 생각하고 마음으로 느낀 이미지가 감각기관을 통해 표현해 내는 것으로, 내적인 정보와 외적인 이미지를 연결하는 복합적인 과정을 말한다(Ju, 2012). 시각화 활동은 마음 속에 생각하고 머릿속에 상상한 그림을 바깥으로

2017.1.26(접수), 2017.2.13(1심통과), 2017.2.20(2심통과), 2017.2.24(최종통과)

이 논문은 김지수의 2016학년도 석사학위 논문에서 발췌 정리하였음.

E-mail: shjang@snu.ac.kr(장신호)

표현해냄으로써 자신의 생각을 명확하게 드러내며, 시각화 활동 분석을 통해 학생들의 문제해결 과정을 살펴보고, 구체적인 사고 과정을 알 수 있다는 점에서 중요성을 가진다.

선행 연구들에 따르면, 해결해야 하는 문제가 추상적이고 눈에 보이지 않는 경우 그림을 통해 문제 해결 목표를 명확히 확인하고, 과제와 관련된 내용을 선택적으로 인식할 수 있는 것으로 보고되었다(Yoo *et al.*, 2011). 시각화 활동은 문제 해결의 아이디어를 찾고 문제의 구조를 파악하는데 매우 유용하게 활용되며(Lee *et al.*, 2007), 문제 해결 과정을 구체적으로 나타냄으로써 문제 해결에 필요한 자원, 조건 등의 구조적 관계를 파악하고, 효율적 해결 전략을 탐색할 수 있는 장점이 있어(Huh, 2006) 학생들의 창의적 문제 해결 능력이 신장될 수 있는 것으로 알려져 있다(Suh & Kang, 2015).

학생들의 시각화 활동은 문제를 이해하고 해결의 실마리를 찾는 데에 있어 유용하게 활용되는 경우가 많고(Shim & Jang, 2007), 학습 내용을 이해하고 처리, 표현하는데 있어서 언어적 방법을 이용하는 것보다 학습효과가 높다(Kim, 1994; Park, 2010). 문제 해결 과정에서는 시각화 활동을 통해 다양한 아이디어를 머릿속으로 떠올리는 확산적 사고 과정을 경험할 수 있다(Kim, 2016). 논리와 관련된 좌반구와 감각과 관련된 우반구의 균형 잡힌 결합이 있을 때 보다 창의적 사고를 할 수 있는데, 대다수의 학교 현장에서는 좌반구 발달과 연계된 언어 중심의 학습이 더 많이 이루어지고 있다. 따라서 우반구 발달과 관련된 시각화 활동을 통해 양반구의 균형을 기른다면, 학생들의 뇌를 고르게 발전시켜 창의성을 촉진할 수 있을 것으로 기대된다(Kang, 1991).

하지만 시각화 활동은 학생들이 문제를 어떻게 해결해 나가는지, 창의적 문제 해결 과정을 구체적으로 살펴 볼 수 있다는 중요성에도 불구하고, 선행연구들을 보면, ‘그림을 좋아한다.’, ‘좋아하지 않는다’와 같은 일반적인 선호도 분석으로 시각화의 필요성만 제시하는 경우가 많았다(Park, 2012). 시각화 활동이 문제해결 과정에 도움이 될 것이라는 선언적 연구가 주가 되거나, 문제 해결 과정 중 어느 요소에서 구체적으로 그 효과가 나타나며 해결 전략으로서 어떤 도움을 주는가에 대한 구체적인 연구는 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 초등학생들이 창의적 과

학 문제 해결 과정에서 시각화 활동을 사용했을 때 어떠한 특징이 나타나는지를 구체적으로 분석하였다. 이를 위하여 초등학생들의 시각화를 이용한 창의적 과학 문제 해결 과정에서 나타나는 시간에 따른 문제해결 과정요소의 변화를 측정하였으며, 시각화 활동이 나타나는 과정과 결과를 정성적으로 살펴보고자 하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구에서는 연구 초기 서울시 북부에 위치한 A 초등학교 6학년 24명의 학생들을 대상으로 창의적 과학문제해결 과정 속에 나타나는 학생들의 시각화 활동을 분석하기 위하여 발생사고법을 이용하였다. 학생들은 말을 하면서 문제를 풀어나가는 발생사고법에 익숙하지 않았으므로 본 연구가 시작되기 전에 반복적으로 연습을 하였다(Yoo, 2011). 학생들에게 총 5타에 걸쳐 사전 연습 문항을 투입하여, 주어진 문제를 해결하는 과정에서 자신의 생각을 말하면서 표현하는 과정에 익숙해지도록 하였다. 그 중에서 그림을 그리면서 동시에 자신의 생각을 자연스럽게 말할 수 있는 남학생 1명(성진), 여학생 2명(민아, 주혜)을 선발하여 시각화 활동을 통한 창의적 문제해결 과정을 구체적으로 분석하고자 하였다. 최종 투입 문항은 6학년 2학기 ‘계절의 변화’ 단원과 관련이 있는 ‘나만의 헤시계 디자인하기’ 문항이었다.

민아는 과학 교과 성적이 중상위권인 학생으로 수업 활동에 적극적으로 참여하는 편이었다. 과학 교과에 대한 지식은 부족하지만, 문제 해결에 대한 흥미도는 높은 편이었다. 평소 과학 시간에 발표 및 실험 활동에 관심이 있는 편이지만, 낮은 실험 도구에 대해서는 경계심을 가지는 편이었다. 주혜는 과학교과에 대한 흥미도가 높고, 계산능력 및 문제 해결 능력이 뛰어났다. 그림을 그리면서 문제를 해결하는 경우가 많았다. 평소 과학관, 박물관 견학을 가족들과 함께 하는 편이며, 책을 많이 읽는 편이었다. 성진은 과학 성적이 높으며, 과학 관련 학교행사에 적극적으로 참여하였다. 무언가를 그리는 행위 자체를 어려워하고, 생각하는 것과 그림으로 나타나는 것의 차이를 인식하며, 그림그리기

를 자신 없어 하였다. 하지만 새로운 것을 알고 싶어하는 호기심이 강하고, 과제 집착력이 뛰어났다.

## 2. 시각화 활동 분석틀

시각화를 이용한 창의적 문제해결 과정을 분석하기 위하여 Polya의 문제해결 4단계에 대해 문헌연구 및 사전 연구를 실시한 뒤, 이 연구의 목적인 학생들의 창의적 문제 해결과정을 시각화 활동 관점에서 분석하기 적합하도록 분석틀을 수정 보완하여 Table 1과 같이 사용하였다(Kim *et al.*, 2005; Kim, 2016; Noh *et al.*, 2000; Shim & Jang, 2007; Jeon *et al.*, 2002).

문제 해결 과정의 첫번째 과정요소인 문제 읽기(Aa)는 처음 문제를 소리 내며 읽는 단계이다. 두번째 문제 확인(Ab) 과정요소는 학생이 다시 문제를 읽는 과정으로 중요하다고 생각되는 부분을 밑줄, 동그라미, 엑스표하는 시각화하는 활동이 포함된다. 또한 문제의 조건이나 재료 등을 반복적으로 살펴봄, 세부 문제를 확인하는 문제 확인 과정이 포함된다.

관련개념회상(Ba) 단계는 실생활 경험을 통해 학생이 알고 있는 것에 대해 언급하거나, 자연 현상에 대한 생각을 나타낸다. 그 다음은 아이디어를 산출(Bb)하는 것으로 다양한 방법을 확산적으로 생각해 보는 과정이다. 이 때 머릿속에 있던 다양한 이미지들을 단순한 선이나 도형으로 나타내거나, 문제 해결에 필요한 간단한 재료들을 종이 위에 그

리기도 한다.

수행(C) 단계는 이제까지 계획했던 것들을 보다 구체적으로 종이위에 나타내는 단계이다. 계획단계의 디자인이 드러나는 부분으로 학생이 문제에 대한 답안을 작성하는 부분이기도 하며, 수행과정에서 나타낸 내용을 토대로 교사는 학생의 아이디어가 무엇인지 직접적으로 알 수 있다. 또한 사고 과정이 어떻게 진행되고 있는지 보다 자세하게 살펴볼 수 있다. 학생들은 자신의 계획을 시각화 하면서 기호, 선, 낱말 등을 이용하여 문제를 해결한다.

아이디어 검증(Da), 아이디어 평가(Db)는 반성적 사고 과정과 관련 있는 검토 단계이다. 아이디어 검증 과정에서 학생은 자신이 그린 그림을 다시 보면서 구체적으로 사용방법을 말하고 그림을 다시 그리거나 수정하는 모습을 보인다. 마지막 아이디어 평가 과정요소에서 자신의 생각을 비판적으로 살펴본다. “이거 잘못된 거 같아요.,” “이게 제일 좋은 것 같아요”와 같이 말하며, 더 나은 방법으로 아이디어를 수정하거나, 문제 해결을 종료하는 단계이다.

## 3. 자료수집과 분석

학생들의 5차에 걸친 발성 사고 연습 문제를 투입하면서 중요하다고 생각되는 면담 시나리오를 작성하였다. 문제 해결하는 과정을 동영상으로 촬영하였으며, 이미지로 캡처하여 시각화 활동 과정을 구체적으로 분석하였다. 문제 해결 과정 동안에 학

Table 1. Analysis framework for creative science problem solving for visualization

Problem solving stages	Process components	Contents of visualization
A. Understand the problem	Aa. Question reading	· Read the question · Draw lines or circles while reading question
	Ab. Question check	· Check the question condition · Draw lines, circles or erase marks to check the points unaware
B. Devise a plan	Ba. Concept retrieval	· Retrieve concepts, laws, real-life experiences
	Bb. Idea producing	· Think about a variety of ways for problem solving · Write or draw simple materials of idea
C. Carry out the plan	C. Idea visualization	· Visualize the ideas in detail · Draw symbols, words or lines to visualize their plan
D. Look back	Da. Idea re-check	· Verify the ideas produced · Explain the meanings of the idea · Re-visualize the idea
	Db. Idea evaluation	· Evaluate the results critically

생들의 시각화 활동이 시간 순서대로 어떻게 변화하여 진행되었는지를 알아보기 위하여 과학교육 전공자 3인과 함께 교차 검토를 반복하였으며, 이 과정에서 분석자간 신뢰도(0.9)를 확보하였다. 발생 사고법에 의해 문제 해결하는 과정을 1초 단위로 전사한 후, 분석틀을 통해 사고 과정 요소 변화를 숫자로 분석한 뒤, 시간에 따른 변화 그래프로 나타내었다. 이러한 과정을 통해 명확하게 이해되지 않는 문제해결과정이나 시각화 내용들이 있는 경우에는 추후 면담을 통해 학생들의 시각화 활동을 추가적으로 이해하는 과정을 진행하였다.

본 연구에서는 대학생들의 공학적 문제 해결과정을 분석, 제시했던 Roth(1994)와 Roth & Lee(2004) 연구를 참고하여 초등학생들의 문제해결과정을 시간 흐름에 따라 제시하는 방식을 선택하였다. 이를 위하여 창의적 과학 문제 해결과정에서 나타난 학생들의 시각화 활동을 창의적 문제해결 과정 행동, 답안 내용, 시간에 따른 과정요소 등 세 가지 분석 과정으로 구분하였다.

첫째, 학생들의 창의적 문제해결 과정 행동을 분석하기 위하여 시각화 활동 이미지, 발생사고 내용을 함께 제시하였다. 발생사고 내용이 분석틀에서 제시된 문제 해결 과정요소의 어느 부분과 관련이 있는지 분석함으로써 학생들이 생각하는 사고 과정이 문제 해결 행동과 함께 연결되어 나타날 수 있도록 하였다. 둘째, 학생들의 답안 내용 분석은 투입된 문항 및 문제 해결을 시작한 때부터 문제 해결을 마칠 때까지 종이 위에 그리거나, 적은 내용을 대상으로 하였다. 문제 해결 과정에서 학생들의 생각이 반영된 단순한 선이나 낱말, 배경, 표식 등도 분석과정에 포함하였고, 해시계 디자인을 구체화한 순서에 따라 숫자로 그 흐름을 표시하였다. 셋째, 시간 흐름에 따른 과정요소 분석은 학생들의 발생사고 전사내용을 창의적 문제 해결 분석틀의 과정요소별로 살펴 본 뒤, 시간에 따른 변화 그래프로 나타내었다. 그래프를 이용하여 학생들의 사고 흐름이 어떻게 진행되었는지 알아보고, 창의적 과학문제 해결 과정에서 나타나는 시각화 활동의 특징을 제시하였다.

### III 결과 및 논의

민아, 주혜, 성진 세 명 초등학생들의 창의적 과학문제 해결과정에서 나타난 시각화 활동을 분석하기 위하여 (a) 문제해결 과정에서 나타난 행동 분석, (b) 답안 내용 분석, (c) 시간에 따른 과정요소의 측면에서 분석한 연구 결과는 다음과 같다.

#### 1. 민아의 시각화 활동 분석

민아의 문제해결과정을 시각화 활동의 관점에서 분석한 과정을 요약한 Fig. 1을 보면 문제 확인(Ab) 과정이 많이 나타남을 알 수 있다.

민아는 주어진 재료나 조건이 이미 사용되었거나 필요없다고 생각되는 경우 문제 확인(Ab)를 반복하였다. 면담 결과, 민아는 문제에 삭제 표시를 하는 것이 아직 사용하지 않은 재료와 사용할 재료를 구분할 수 있기 때문에, 문제 해결에 도움이 되는 것 같다고 말하였다. 하지만 이러한 삭제 관련 표시는 재료나 문제에 주어진 조건을 반복해서 생




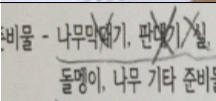
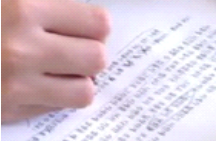

1		*01:04(C): 그러면은 먼저 *판대기에 <판대기 그리기>
2		*02:45(C): 아... 나무막대기를 세우고
3		*02:47(Ab): "나무막대기" 엑스 표시
4		*01:13(Ab): 문제에 있는 "판대기"에 엑스 표시
5		*03:04(Ab): 동근그릇? *03:12(Ab): 동근그릇을...* 놓은 다음에 그다음에 빨대?
6		*04:03(Ab→C): 길이를 다시 정 확하게 재고 위에서(줄자그림) 줄자를 이용해서 그림자를 재 면(8/15, 12시, 12 cm) *04:15(Da): 된 거 같아요.

Fig. 1. Mina's visualization and think-aloud process.

각하는 과정을 제한하여 다양한 아이디어를 생각하는데 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다.

민아가 작성한 답안내용은 Fig. 2와 같다. 분석결과, 막대기의 그림자 길이를 측정한 하나의 해시계를 찾아 볼 수 있었다. 또한 해시계를 사용할 수 있는 구체적인 상황으로 ‘낮’을 표시하였으며, 답안지 오른쪽 위에 해를 그렸다. 시각화 활동을 통해 문제 해결을 보다 구체적으로 하였음을 알 수 있었다. 낮에 태양이 있는 경우 그림자의 길이를 줄자로 측정하였을 때를 예상하여 답안지 옆면에 8/15, 12시 측정하는 경우 7 cm를 적으며, 시계 활용 방법을 시각화 활동 과정 중 자세하게 드러냈다.

민아의 경우 시각화 활동을 문제 해결 과정에 적극적으로 활용함으로써 문제 해결을 위한 사고 과정, 자기 주도적인 상황 및 전략 설정 등을 표현하였음을 확인할 수 있었다. 하지만 민아는 기본 준비물에 엑스 표시를 다 하고 난 뒤 다시 문제의 조건을 확인해 보지 않았으며 문제 해결을 마쳤다. 시간 흐름에 따른 문제해결 과정요소를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 민아는 문제 해결하는데 5분이 채 걸리지 않았다. 반복적인 문제확인(Ab) 과정에서는 매우 짧은 시간동안 기본 준비물에 삭제 표시만 한 뒤 바로 아이디어시각화(C)과정으로 돌아가는 것으로 분석되었다.

민아는 문제 확인 과정에서 실시해야 할 다양한

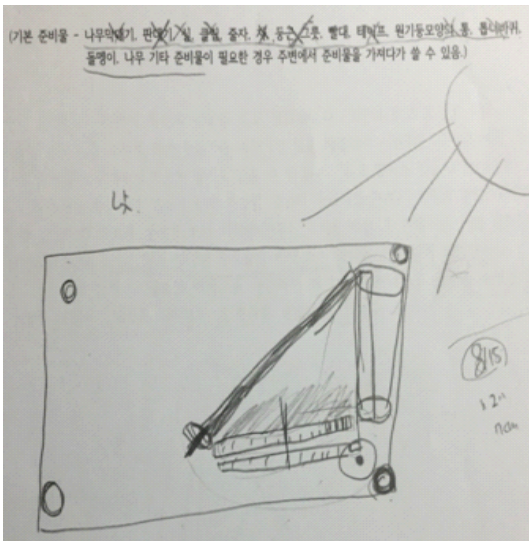


Fig. 2. Mina's answer on creative science problem solving using visualization.

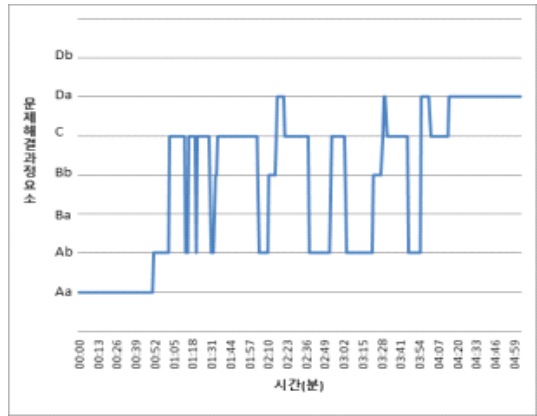


Fig. 3. Mina's change in problem solving elements over time.

문제의 조건, 정보 획득이 제대로 이루어지지 않았고, 오히려 주어진 정보를 시각적으로 삭제하는 활동이 나타났다. 시각화 활동은 직관적으로 문제를 해결하는데 도움을 주고 문제를 이해하며, 주요 내용을 확인하는데 효과적으로 나타나 있다(Lee & Park, 2001). 또한 문제 해결을 위한 구체적인 상황을 그려내고 자신만의 해결 전략을 세우는 것에는 도움이 되는 것으로 드러났다. 하지만 민아와 같이 문제 해결 초기에 조건을 삭제해 버리는 시각화 활동은 오히려 창의적 사고의 특성 중 다양성과 관련된 부분을 차단해 버릴 수도 있는 것으로 나타났다. 기본준비물에 삭제 관련 표시가 모두 이루어진 뒤 문제 해결을 그냥 끝마쳐 버렸다는 점에서 다양한 해시계에 대한 다양한 아이디어를 계획하는 확산적 사고를 경험할 시간이 부족했던 것으로 보였다. 또한 검증(Da), 평가(Db)하는 반성적 사고과정이 거의 나타나지 않았기 때문에 문제에 대하여 깊이 있게 생각하는 시간이 부족했고, 문제 해결 소요 시간이 적었던 것으로 나타났다.

## 2. 주혜의 시각화 활동 분석

주혜의 문제해결과정을 시각화 활동의 관점에서 분석한 과정을 Fig. 4에 요약하여 나타내었다.

주혜는 관련개념회상(Bb) 과정을 반복하였고, 발생 사고 내용 분석결과, 기존 지식이나 경험, 책에서 보았던 것들을 계획 과정에서 적극적으로 활용하였다.

계획과정에서 다양한 확산적 사고 과정을 살펴볼 수 있는데, 문제 해결 과정 중 우리나라 해시계,



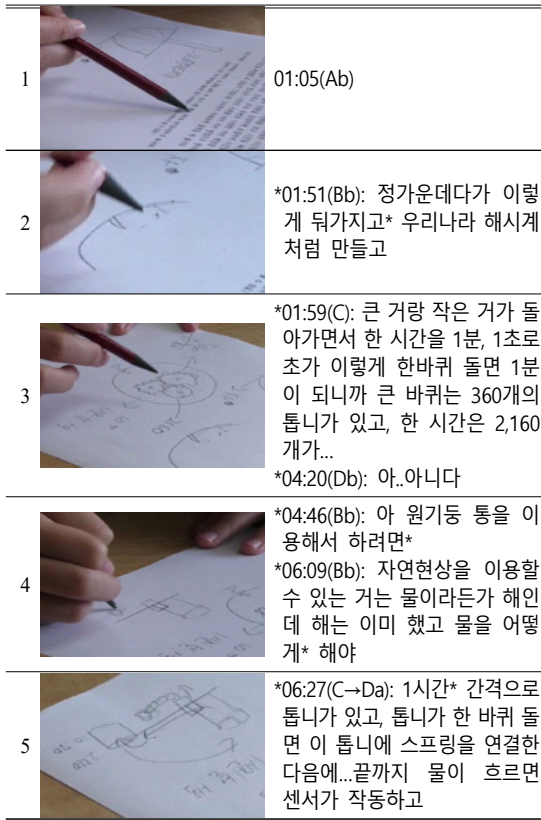


Fig. 4. Juhae's visualization and think-aloud process.

원기둥, 센서 등과 같은 다양한 아이디어를 시각화함으로써 해시계 디자인 및 작동 방법을 구체적으로 표현해내는 것을 살펴 볼 수 있다. 주혜의 면담 결과, 방과 후 활동에서 접한 센서, 책에서 본 톱니바퀴 등이 문제를 해결하는데 도움을 주었다고 말하였다. 심혜진과 장신호(2007)의 연구결과에서는 창의적 과학 문제 해결을 위한 과학 내용지식의 필요성을 제시하였는데, Fig. 4의 시각화 활동 분석결과에서도 학생의 경험이나 기본 지식들이 다양한 문제 해결방법들을 계획하는데 반드시 필요한 것임을 확인할 수 있었다.

주혜의 답안 내용은 Fig. 5와 같다. 주혜는 계획 과정에서 “이 기본 재료를 이렇게 해보면 어떻게? 이거를 이렇게 하면 어떻게 될까?” 다양한 방법들을 고민하는 모습을 보였으며, 수행과정에서는 머릿속으로 계획했던 아이디어들 중 정답일 확률이 가장 높다고 생각이 되는 것을 순서대로 그림을 그려냈다.

면담에서 주혜는 ‘어떻게 될지 머릿속에서 그려

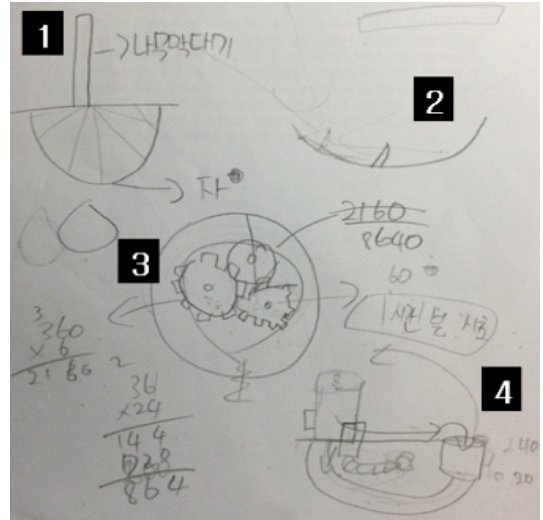


Fig. 5. Juhae's answer on creative science problem solving using visualization.

본다'라고 말하였는데, 이러한 언급은 시각화 활동이 외적으로 이미지를 생성하기 전에 기본적으로 정신적 이미지를 생성한다는 연구 결과와도 관련이 있다(Ju et al., 2012). Nah et al.(2010)에 따르면 문제 해결을 위해서는 주어진 상황이나 장애요소, 목적에 따라 주어진 조건과 기회를 적절히 활용하려는 노력이 필요하며, 문제를 해결하기 위해 머릿속에서 다양한 이미지를 생성해내는 복잡한 사고 과정을 거친다. 주혜의 답안 분석 결과, 머릿속의 복잡한 사고 과정을 통해 스스로 가장 확신이 드는 해결 방안을 결정하고, 답안으로 나타내는 것으로 분석되었다.

답안 내용을 살펴보면 처음 [1], [2] 시계디자인은 수업시간에 막대기의 그림자를 이용하여 배운 내용과 밀접하게 관련이 있는 것이다. [1], [2] 시계 디자인의 경우 답일 가능성은 높으나, 기존에 제시된 답이거나 학생 스스로 작동 방법 및 원리, 활용 방안 등을 생각할 여지가 낮았다면 [3], [4] 시계 디자인의 경우 학생 스스로 알고 있는 지식을 활용하여 작동 원리를 만들어낸 것으로 시각화 활동을 통해 구체화, 조직화 되었으며, 창의적 사고가 보다 많이 반영된 답안이라고 볼 수 있다. 구체적으로 주혜의 답안을 살펴보면 [3] 시계 디자인의 작동 원리를 학생 스스로 생각하고 설명하기 위하여 톱니의 개수 및 시, 분, 초와 관련된 톱니가 무엇이고 크기는 어떻게 하며, 몇 바퀴를 돌아야 하는지 숫자 및 수식으로

시각화함으로써 문제 해결을 실시하였다. [4]에 나타난 시계도 마찬가지로 화살표 및 숫자, 작동 원리 관련 화살표 등과 같은 시각화 활동이 학생의 사고 과정 및 해결 방법을 설명하는데 도움이 되었음을 확인할 수 있다.

시간 흐름에 따른 문제해결 과정요소를 분석한 결과는 Fig. 6에 제시하였다. 주혜는 문제해결에 총 8분 20초를 소요하였다. 주혜의 경우, 수행 단계(C)가 길게 나타났는데, 계산 과정을 거치며 톱니의 개수를 어떻게 해야 작동을 할 수 있는지 확인해보는 과정이 함께 나타났기 때문에 나타났다. 4분 33초부터는 물을 이용한 시계를 디자인하였는데, 이전 시계를 디자인 할 때 보다 더 복잡한 문제 해결 과정 요소 변화를 보인다. 물을 이용한 시계 디자인을 8분 14초에 마침으로써 이전 해시계 디자인에 비하여 많은 시간을 소요한 것으로 나타났다. 또한 수행(C) 전 문제확인(Ab), 아이디어 산출(Bb)을 반복하며 다양한 사고 과정을 거쳤음을 확인할 수 있다. 이것은 시각화 활동을 통해 문제를 해결하는 과정에서 문제 해결의 뒤쪽으로 갈수록 하나의 아이디어에 보다 긴 시간동안 깊이 있게 생각하고 구체화하여 나타내었기 때문에 분석된다. 하지만 검토 과정의 검증(Da), 평가(Db) 활동은 거의 이루어지지 않았다.

### 3. 성진의 시각화 활동 분석

성진의 문제해결과정을 시각화 활동의 관점에서 분석한 과정은 Fig. 7과 같다. 성진은 주혜와 마찬가지로 문제확인(Bb) 과정에서 “교과서에 나왔던 건데요”, “생활에서는 건전지를 쓰면 되는데, 여기서는 그런 게 없으니까…”라고 말하며, 관련 경험 및 지식을 활용해 확산적으로 사고하는 모습이 드러났다.

성진이는 다른 학생들과는 달리 기본 준비물에는 제시되지 않은 새로운 재료에 대한 아이디어를 고민하기도 했는데, ‘일정하게 움직이는 것, 제자리로 돌아오는 것’에 대해 문제 해결 초기부터 머릿속에서 떠올리는 과정을 살펴 볼 수 있었다. 특히 Fig. 7의 5번째 시각화 활동 발생 사고에서 드러난 ‘진자’는 성진이가 정확한 이름을 떠올릴 수 없음에도 불구하고, 시각화를 통해 문제 해결에 도움이 될 수 있는 주요 재료로 등장한다.

문제확인(Bb)을 통해 사용할 수 있는 추가적인 재료들을 계속 확인하고, 다양한 아이디어를 산출하는 과정이 수행(C) 과정 전에 다양하게 나타났다. 또한 자신의 머릿속 생각들을 답안지 위에 다양하게 시각화함으로써 창의적으로 문제를 해결해 가는 과정을 살펴 볼 수 있었다.

성진의 문제해결 답안은 Fig. 8과 같다. 주혜와 성진 두 학생은 서로 다른 경험 및 아이디어들을 가지고 문제를 해결했음에도 불구하고, [1]에 나타난 해시계 디자인은 나무막대기를 이용한 것으로 주혜

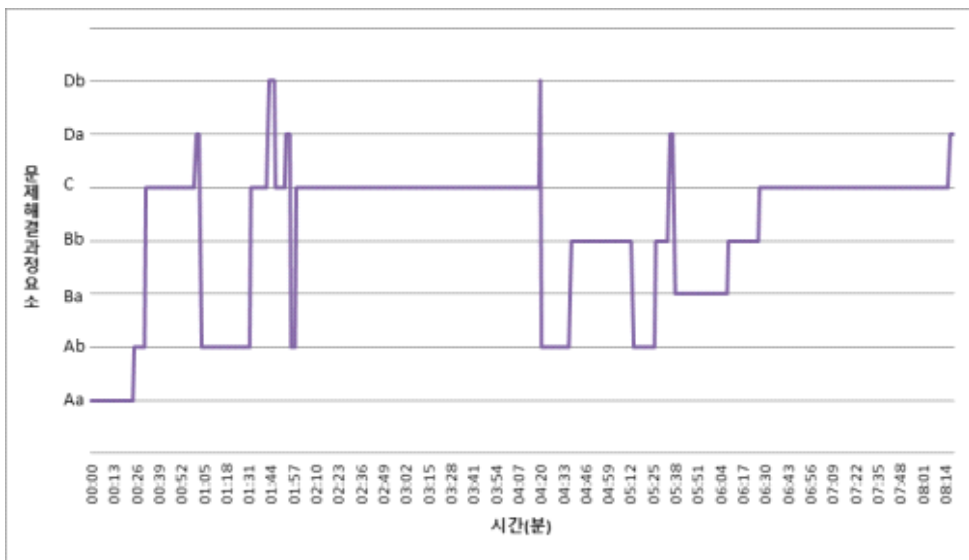


Fig. 6. Juhae's change in problem solving elements over time.

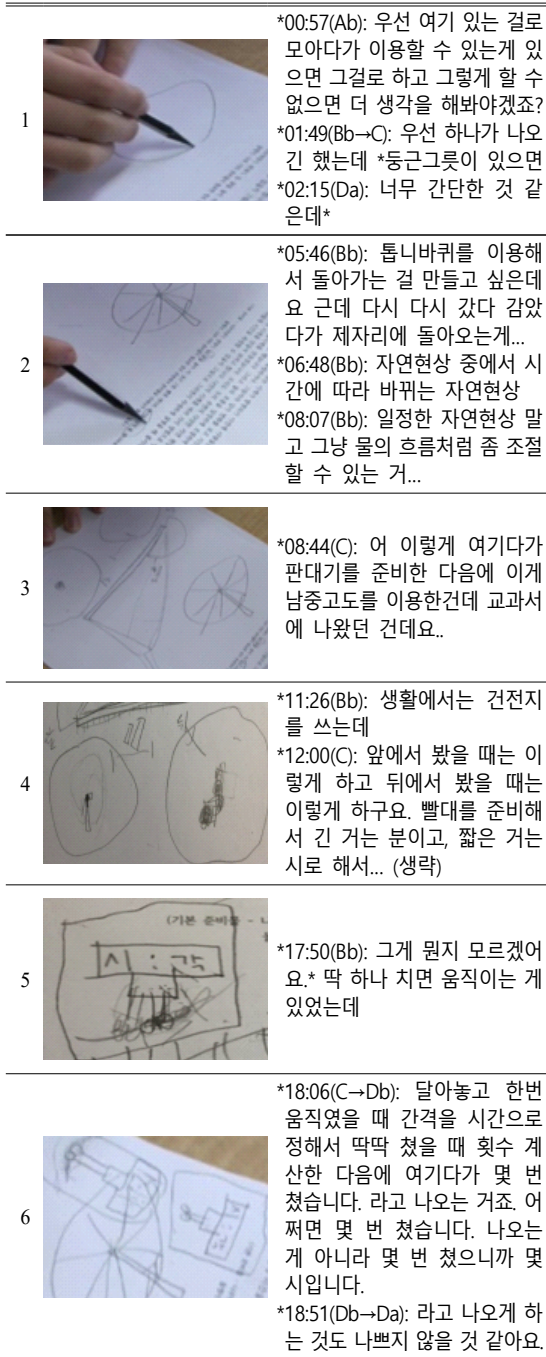


Fig. 7. Seongjin's visualization and think-aloud process.

와 동일하게 나타났다. 이것은 관련 단원 학습 및 활동을 함께 배웠기 때문에 두 학생 모두 답일 확률이 가장 높은 것으로 수업 활동 내 탐구 활동으로 실시하였던 그림자를 이용한 시계 디자인을 선택한 것으로 보인다.

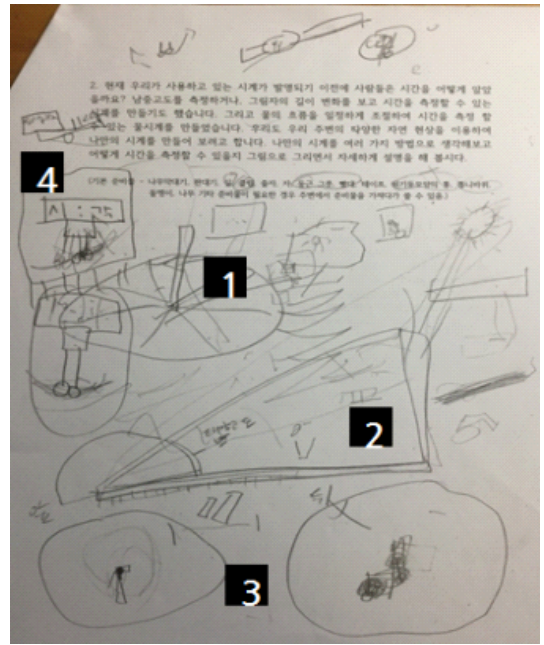


Fig. 8. Seongjin's answer on creative science problem solving using visualization.

성진이의 문제 해결 답안에는 [1], [2], [3], [4]로 표시된 시계 디자인뿐만 아니라, 다양한 기호와 추가적인 표시, 그림들이 다양하게 드러나 있다. [2] 번째 시계 디자인의 경우, 민아의 답안과 마찬가지로 오른쪽 위에 해가 표시되어 있으며, 그림자의 길이, 각도기의 활용 부분을 시각화함으로써 그 작동 및 사용 방법을 명확하게 나타냈다. [3] 번째 시계의 경우, 톱니바퀴를 활용하였을 때 앞, 뒤의 디자인을 양쪽에 나누어 제시함으로써 뒷면의 톱니가 작동하는 경우, 앞면의 초침, 분침, 시침이 어떻게 돌아가는지 시각화하는 과정을 확인할 수 있다. 마지막 [4]의 경우, 이름은 정확하게 모르지만 ‘탁 치면 일정하게 왔다갔다하는 그것’을 이용하여 시, 각을 알아낼 수 있을 것이라고 나타냈다.

성진이의 경우, 그림 실력 자체에 대한 자신감과 실력은 부족하지만, 단순한 선, 낱말, 화살표 등을 적극적으로 활용함으로써 자신의 사고 과정을 보다 자세히 나타내고자 하였다. 시각화를 활용하여 창의적 문제를 해결하는 경우, 하나의 정답만 체크하거나 완성된 하나의 작품을 그려내는 것이 아니라, 다양한 사고의 흐름을 파악할 수 있으며 완벽하지는 않지만 문제 해결을 위해 생각했던 사고의 조각들이 다양하게 드러날 수 있음을 확인할 수



있었다. 또한 문제 해결 뒤쪽으로 갈수록 시계 작동 방법 및 부품 활용, 실제 활용 가능한 상황에 대해 복합적인 생각을 하는 것으로 나타났다.

성진의 시간 흐름에 따른 문제해결 과정요소를 분석한 결과를 Fig. 9에서 보여준다. 그래프를 살펴보면 문제 해결을 위해 머릿속으로 사고하는 과정은 특정 단계나 반드시 지켜야할 순서가 정해져 있지 않으며, 건너뛰고 되풀이가 반복되는 복합적인 과정임이 나타난다. 또한 문제 해결 뒤쪽으로 갈수록 더 많은 과정요소들을 되풀이하여 사고 과정의 변화가 더 많이 분석되었다. 이것은 시각화 활동은 점차 확장되고 복합적으로 이루어지는 사고 활동에 도움을 주고, 시각적 조직화가 지식확장, 조절, 재생성을 쉽게 하며, 복잡한 문제를 해결하는데 도움을 준다는 연구 결과와도 관련이 있는 것으로 나타났다(Noh *et al.*, 2000).

하지만 성진도 검증(Da) 및 평가(Db) 과정이 부족하였다. 평가(Db) 과정으로 분석된 발성사고 내용도 “아닌 것 같아.”, “웬지 맞는 것 같아”라고 말하는 것에 그쳤다. 검토과정을 그저 단순하게 자신의 감정이나 직관으로 넘어가는 경우가 대다수였다. 성공적으로 문제를 해결하는 학생일수록 반성적으로 검토하는 과정을 거치는 횟수가 많다는 Lim & Lim(2011)의 연구 결과를 고려할 때 학생들이 반성적 사고를 다양하고 체계적으로 경험해 볼 수 있도

록 지도할 필요가 있는 것으로 나타났다.

#### 4. 민아, 주혜, 성진의 시각화 활동 비교

학생들은 문제 해결 과정에서 다양한 시각화 활동을 통해 자신만의 문제 해결 전략을 세우거나, 다양한 아이디어를 내는 것으로 분석되었다. 민아, 주혜, 성진의 시각화 활동을 비교한 결과는 Table 2와 같다.

문제이해 과정 비교 결과 세 학생 모두 제시된 문항에 동그라미, 밑줄, 엑스 표시를 함으로써 문제에서 제시되는 정보를 스스로 선택하고 집중하는 모습을 보였다. 민아의 경우, 주혜, 성진에 비하여 주어진 정보를 삭제하는 시각화 활동을 많이 보였는데, 이것은 계획수립과정에서 관련 경험 및 지식을 활용하여 다양한 문제 해결 방법을 생각해 내는 것에 제약을 준 것으로 나타났다. 주혜와 성진은 계획수립 과정에서 생활 속 경험과 수업활동, 방과 후에서 배운 지식들을 활용하여 확산적으로 아이디어를 산출하는 모습을 보였다.

수행 단계에서는 계획수립 과정에서 머릿속에 생각해 두었던 다양한 아이디어들 중 가장 확신이 드는 답부터 시각화하는 경향을 찾아 볼 수 있었다. 문제를 해결하기 위해 얻은 재료 관련 정보나 시계의 작동 방법 및 원리에 대한 아이디어를 개인별 특성에 따라 계산이나 수식, 글, 낱말 등을 이용하

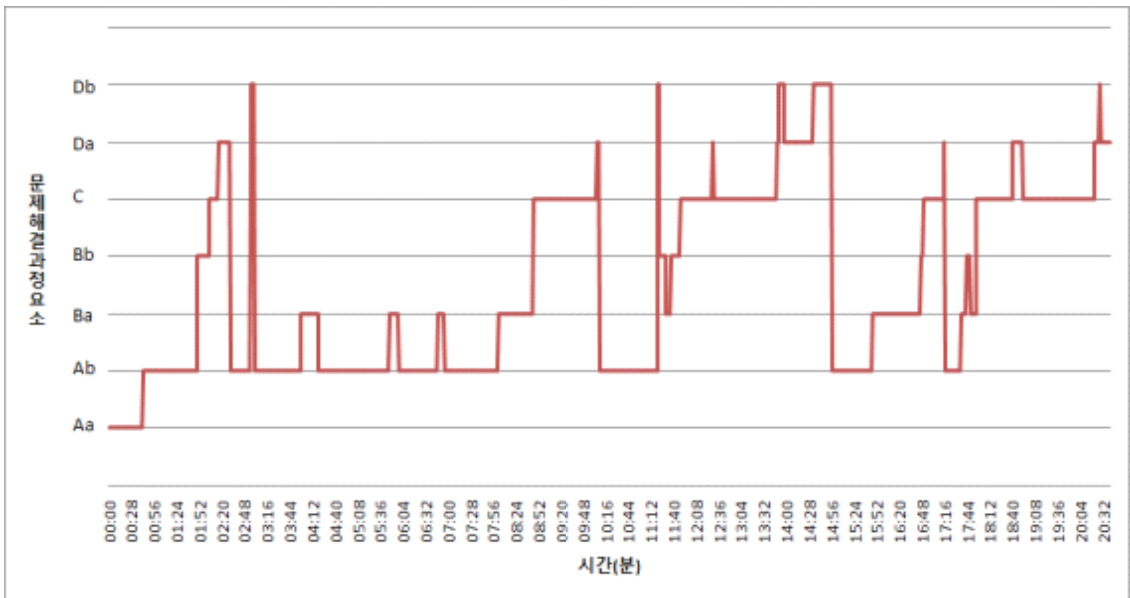


Fig. 9. Seongjin's change in problem solving elements over time.

Table 2. Comparison for three students' problem solving process

	민아	주혜	성진
Understand the problem	· 반복적으로 문제확인을 하되 'x' 표시를 적극적으로 활용함.	· 계획수립에 필요한 정보가 없는지 밑줄을 치며 반복적으로 확인함.	· 밑줄, 동그라미 표시를 활용하여 문제를 반복적으로 확인함.
Devise a plan	· 계획수립이 거의 드러나지 않으며, 관련 경험을 떠올리지 못함.	· 생활 속 경험 및 관련 지식을 활용하여 문제 해결을 함.	· 생활 속 경험을 적극적으로 활용하고, 문제 해결 과정에서 가장 많은 시간을 들임.
Carry out the plan	· 하나의 주요 재료를 활용한 아이디어를 시각화함. · 낱말로 추가 내용을 적음. · 시계 활용 방법 및 상황 등의 배경을 그려냄.	· 4개의 주요 재료를 활용한 아이디어를 시각화함. · 계산, 수식, 선 등을 활용함. · 계획단계의 다양한 아이디어들 중 가장 확실하는 답부터 그려냄.	· 4개의 주요 재료를 활용한 아이디어를 시각화함. · 선, 화살표, 낱말 등을 활용함. · 부품, 재료 활용 방법 및 작동 원리에 대해 다양하게 그려냄.
Look back	· 검증, 평가 과정이 거의 드러나지 않음.	· 검증, 평가 과정이 거의 드러나지 않음.	· 검증, 평가 과정이 거의 드러나지 않음.
Change in problem solving elements over time	· 문제확인(Ab) → 수행(C) 과정 반복이 많음. · 각 과정요소별 머무르는 시간이 짧음.	· 수행(C) 과정에 걸리는 시간이 길게 나타남. · 문제해결 단계를 거듭할수록 사고 과정요소 반복 및 변화가 다양하게 나타남.	· 문제확인(Ab) → 관련개념회상(Ba) 반복이 많음. · 문제해결 단계를 거듭할수록 사고 과정요소 반복 및 변화가 다양하게 나타남.

여 종이위에 답안을 적어내었다.

검토 단계는 세 학생 모두 명확히 보이지는 않았으며, 반성적 사고 과정이 부족한 것으로 나타났다. 자신이 그려낸 아이디어가 잘못되었다고 판단되면 수정 방법을 생각하기보다는 포기하고 다른 재료가 없을지 문제 확인으로 되돌아가는 모습을 보였다.

시간에 따른 과정요소를 비교한 결과, 특정 과정요소를 반복하며, 다양한 시도를 하거나, 머무르는 시간이 오래 걸리는 경우를 보이는 등 학생마다 문제해결 과정 및 단계를 거치는 특징이 다르게 나타났다. 하지만 주혜와 성진의 경우, 문제 해결 뒤쪽으로 갈수록 사고과정요소 반복 및 변화가 문제 해결 초기에 비해 심화되어 다양하게 나타났음을 알 수 있었다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학생들의 창의적 과학 문제 해결 과정에서 시각화 활동을 사용했을 때 나타나는 특징들을 분석하였다. 창의적 과학 문제를 투입하여 학생들의 문제해결과정을 문제해결 행동, 답안 내용, 시간에 따른 과정요소 등 시각화 활동의 관점에서 분석하였다. 분석 결과에 따라 얻은 결론은 다음과 같다.

문제 해결 과정에서 학생들은 가장 첫 번째 단계

인 문제 확인과정을 끊임없이 반복하지만, 학생마다 문제 확인을 하는 이유는 다르게 나타났다. 민아의 경우 사용된 재료를 삭제하기 위해 다시 문제 확인으로 돌아갔는데, 이것은 오히려 다양한 사고의 기회를 스스로 제한하였다. 주혜와 성진의 경우 문제 확인 과정에서 다른 아이디어를 내는데 도움이 될 만한 조건이나 재료가 없는지 살펴봄으로써 다양한 아이디어를 계획과정에서 생각할 수 있었다. 즉, 시각화 활동은 학생의 사고를 확장시키고 문제를 효율적으로 해결하기 위한 전략이 될 수 있으나, 문제에 대한 충분한 이해 없이 이루어진 삭제 관련 활동은 오히려 확산적 아이디어를 내는데 제한을 줄 수 있다.

계획 단계에서는 관련 경험, 사전 지식 등을 활용하며, 확산적으로 사고하는 특징을 보였다. 주혜와 성진의 결과를 살펴보면 다양한 아이디어들 중 가장 먼저 수행과정에서 나타나는 아이디어는 수업시간에 직접 활동을 통해 학습한 해시계 디자인이었다. 머릿속에 그려보았던 다양한 아이디어들 중에서 답일 '확률'이 높은 것을 선택하여 종이 위에 시각화하여 나타내는 것이다. Sternberg(2003)에 따르면 창의성은 주변의 분위기나 주어진 시간과 같은 환경 요소에 따라 긍정적, 부정적인 영향을 받는다. 그러므로 계획 단계에서 산출해낸 학생들의 다양한 창의적 아이디어들이 실험관찰이나 학

습지에 구체적으로 표현되기 위해서 교사는 충분한 수행 시간과 자유로운 학습 분위기를 제공할 필요가 있다.

시간에 따른 사고 과정요소 변화를 살펴보면, 세 학생 모두 검토하는 과정이 부족한 것으로 나타났다. Polya(1973)에 따르면 검토 과정은 스스로 답이 맞는지 확인할 뿐만 아니라, 다른 문제에 적용, 응용하는 것이 포함되는 것으로 중요한 과정이다. 그러나 분석 결과, 학생들은 ‘아닌 것 같다’와 같이 느낌을 나타내는 정도로만 나타내며, 그 횟수가 매우 적은 것으로 분석되었다. 그리기는 제공된 정보에 대한 학생 자신의 정신 모형을 다른 형태로 표현하게 함으로써 자신의 정신 모형을 반성적으로 사고하게 한다(Kang, et al., 2006). 문제 해결에 성공하는 학생들의 경우 자신이 유도해낸 문제 해결 방식의 의미를 파악하는 행동을 많이 나타내지만, 실패하는 경우 단순히 훑어보는 정도에 그친다고 한다(Jeon, et al., 2004). 따라서 초등학생들에게 시각화 활동을 통해 반성적으로 사고할 수 있는 다양한 기회를 제공할 필요가 있다. 학생들에게 자신이 그린 것을 다시 살펴보도록 안내하거나, 친구들 간에 그림에 대해 서로 질문을 하는 체계적인 활동 등을 교사가 안내하는 과정이 수반되어야 할 것으로 보인다.

시각화 활동은 머릿속에서 생각한 다양한 문제 해결 방법 및 전략들을 표현해낸다는 점에서 그 사고 과정 자체에 의미가 있다. 따라서 교사가 답안, 실험관찰에 기록된 시각화활동의 결과물들을 단순히 평가 대상으로만 삼는 것은 바람직하지 않으며, 학생들이 머릿속에서 상상하는 다양한 이미지들이 보다 구체적으로 표현될 수 있도록 창의적 사고 과정에 관심을 가질 필요가 있다. 또한 시각화 활동이 학생들의 다양한 사고 경험을 촉진시키고, 창의적 문제 해결력을 기를 수 있음을 고려할 때 효과적인 교수활동을 위해서 학생들의 시각화 활동을 더 많이 이해하고 경험하는 기회를 가질 수 있도록 앞으로 심층적인 연구자료 및 교수학습 자료의 제공이 필요할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

Cho, Y., Sung, J., Chae, J. & Ku, S. (2000). Development and application of elementary science curriculum

to enhance creative problem solving abilities. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 20(2), 307-328.

Huh, K. (2006). Study on the visualization process of verbal information through the protocol analysis for ICT use in education visual intelligence. Doctoral dissertation. Seoul National University.

Jeon, K. & Noh, T. (2002). Small group processes in paired think-aloud problem solving. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(3), 411-421.

Jeon, K., Kang, H. & Noh, T. (2004). The instructional effect of problem-solving strategy emphasizing planning and checking stages. *Journal of the Korean Chemical Society*, 48(2).

Ju, H. & Kwon, H. (2012). Analysis on factors and the application of mathematical visualization in problem solving process. *Journal of the Korean Association for Research in Mathematics Education*, 14(1), 1-28.

Kang, H. (1991). The effects of teaching strategies of brain's function specialization on creativity, science and academic achievement. Doctoral dissertation. Seoul National University.

Kang, H., Lee, S. & Noh, T. (2006). The instructional effect of varying visuals in drawing and writing applied to learning with multiple representations. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 367-375.

Kim, J. (2016). Analysis of elementary students' visualization process of creative problem solving in science. Master's thesis, Seoul National University of Education, South Korea.

Kim, M., Jung, H. & Min, S. (2011). Relationship between the creative personality and use of the whole brain for students in the university of education. *Practical Courses Education Research*, 17(1), 1-22.

Kim, T. & Kim, B. (2005). Analysis of interpretation processes through readers' thinking aloud in science-related line graphs. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 25(2), 122-132.

Kim, Y. (1994). Educational technology theory. Seoul: Education Science Publisher.

Lee, D. & Park, B. (2001). Considerations on insight and its errors in mathematics education. *Korean Association for Research in Mathematics Education*, 40(1), 15-25.

Lee, K., Choi, N., & Song, S. (2007). Mathematically gifted students' justification patterns and mathematical representation on a task of spatial geometry. *Journal of*

- the Korean Association for Research in Mathematics Education*, 9(4), 487-506.
- Lim, C. & Lim, G. (2011). Analysis on science problem solving process of the elementary science gifted students. *Elementary Science Education*, 30(2), 213-231.
- Nah, I., Sung, E. & Park, S. (2010). Relationships between elementary students' visualization tendency and problem-solving ability. *Elementary Education Research*, 23(4), 509-534.
- Noh, T., Yeo, K., Jeon, K., Kim, C. & Ahn, C. (2000). The effects of visual organization and cooperative learning in problem-solving strategy. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 20(4), 519-526.
- Park, H. (2010). An analysis of students' drawing outcomes and drawing activities in the first term of 3~4th grade teacher's guide and supplementary book. *Elementary Science Education*, 29(4), 496-504.
- Park, H. (2012). Development and application of the teaching program for improving science drawing skills. *Elementary Science Education*, 31(4), 532-540.
- Polya, G. (1973). How to solve it-A new aspect of mathematical method. New Jersey: Princeton University Press.
- Roth, W. M. (1994). Student views of collaborative concept mapping: An emancipatory research project. *Science Education*, 78(1), 1-34.
- Roth, W. M. & Lee, Y. J.(2004). Interpreting unfamiliar graphs: A generative, activity theoretic model. *Educational Studies in Mathematics*, 57, 265-290.
- Shim, H. & Jang, S. (2007). A case study on the scientifically-gifted students' and average student's creative science problem solving processes and skills. *Elementary Science Education*, 25(5), 532-547.
- Sternberg, R. J.(2003). Wisdom, intelligence, and creativity, synthesis. New York: Cambridge University Press.
- Suh, J. & Kang, H. (2015). Development and application of elementary gifted program for enhancing creative problem solving ability based on visualization thinking strategy. *Creativity Education Research*, 15(4), 23-40.
- Yoo, J., Park, Y., Yang, C. & Noh, T. (2011). The components and the characteristics revealed at the processes of designing application experiments of science-gifted students. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(4), 528-538.