



예술적 상황과 기술적 상황이 고등학생들의 물리 문제해결에 미치는 효과

이수아, 박윤배*
경북대학교

Effects of Artistic and Technological Context on Physics Problem Solving for High School Students

Sua Lee, Yunebae Park*
Kyungpook National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 November 2015

Received in revised form

12 December 2015

25 December 2015

Accepted 28 December 2015

Keywords:

artistic context,
technological context,
artistic technology context,
problem solving process,
creative thinking,
integrated thinking

ABSTRACT

This study examines the effects of the introduction of artistic and technological factors on science problems for the activation of creative and integrated thinking. We developed problems consisting of STA(problems that introduced technological and artistic factors on the College Scholastic Ability Test) and TA(problems that introduced artistic factors in a technological context). Subjects of the study included 60 high school senior students in Daegu. Their problem solving processes for STA were examined. Four students were interviewed using the retrospective interview method. Also, after finishing TA, the problem solving processes of four students were examined. The results of the study are as follows. First, students selected scientific context more than artistic and technological contexts. It was found that students preferred short length problem in order to solve problems in a short time. Second, students were more interested in artistic and technological contexts of STA than scientific context, but felt that they were more difficult. Moreover, students were more interested about the context of TA than scientific context. Third, irrespective of the given contexts in STA, students have a tendency to solve problems through relatively brief ways by using core scientific knowledge. This can seem to mean that there is a possibility to stereotype the problem solving process through repeated learning. Logical thinking and elaboration were observed, but creativity was not conspicuous. In addition, integrated thinking was not observed in all contexts of STA. Fourth, science related problems of TA showed similar results. However, in problems related to everyday life, students made original descriptions that they based on their daily lives. Particularly, in creative design, original ideas and integrated thinking were observed.

1. 서론

갈수록 복잡해지는 현대사회의 문제들을 해결하기 위해서는 논리적 사고뿐만 아니라 창의적 사고가 필요하다고 할 수 있으며(Marzano, 1988; Hurd, 1991; Lehman, 1994; Treffinger, 2004) 다양한 영역을 통한 탐구방식이 대두되면서 통합적 사고(integrated thinking)의 필요성도 절실해지고 있다고 볼 수 있다(Lee, 2007). 최근 우리나라는 문·이과 통합형 교육과정이 제시됨에 따라 과학교육도 창의·융합적 인재양성을 위해 나아가야 할 필요가 있다고 할 수 있다. 우리나라의 과학성취도는 교과서에서 배운 과학적 상황(scientific context)이 주로 제시되는 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study)에서는 높게 나타나지만 다양한 상황이 제시되는 PISA(Programme for International Student Assessment)에서는 낮게 나타나는 경향이 있다. 즉, PISA 과학문항은 TIMSS 과학문항에 비해 일상적, 기술적, 사회적, 가상적 상황 등과 같은 다양한 상황을 제시한다고 볼 수 있으며 과학과 관련된 수학문항에서는 달팽이 도표와 같은 예술적 요소를 도입하기도 하였다(Lee, 2007). 상황에 대한 연구(Lee & Park, 2008)에 의하면, 학생들은 흔히 접할 수 있는 과학적 상황을 반복 학습하는 경향이 있으며 이는 표면적인 과학성취도를 높여주지만 과학에 대한 태도에

긍정적인 영향을 미치기 어렵다고 볼 수 있다. 문제에 주어지는 상황(context)은 학생들의 과학학습과 사고에 중요한 역할을 한다고 할 수 있다(Song, 1997). 그렇다면, 어떤 상황의 도입이 학생들의 창의적이고 통합적인 사고에 도움이 될 수 있을까? 뉴턴(Isaac Newton)은 “나는 바닷가에서 아름다운 조개나 매끄러운 조약돌을 찾아 헤매는 소년과 같다. 내 눈앞에는 미지의 진리가 가득한 바다가 펼쳐져 있다...”고 하며 과학의 아름다움을 이야기하였다. 즉, 창의적 과학자는 진리뿐만 아니라 아름다움도 추구한다고 볼 수 있다(Park, 2011). 다시 말하면, 고대 그리스 이후 과학과 예술은 세계에 대한 해석에 유사성을 보이며 상보적으로 발전해 왔다고 볼 수 있다(Hong, 2005). 과학과 예술에 대한 연구에 의하면, 예술 작품을 통해 과학개념을 설명하는 것은 학생들의 흥미와 상상력을 일깨울 수 있으며(Cohen & Galili, 2001) 지호준 작가의 작품 ‘Cion invasion(2013)’에서는 광학 현미경을 통해 ‘나노(nano)’단위로 찍은 동전에 노예 해방을 주장한 링컨과 최초의 흑인 대통령인 오바마의 사진을 대비시킴으로써 미국의 역사를 과학과 예술을 통해 아름답게 조명하기도 하였다. 즉, 과학과 예술은 서로 상호작용을 한다고 볼 수 있으며 예술 작품에 내재되어 있는 작가의 의도는 감동을 불러일으킨다고 할 수 있다(Kim et al., 1992). 학생들은 이러한 긍정적 감성을 느낄 때 창의적 문제해결력이 향상된

* 교신저자 : 박윤배 (ypark@knu.ac.kr)
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2015.35.6.0985

다고 볼 수 있다(Isen & Baron, 1991; Isen *et al.*, 1991). 그러나 기술적 상황(technological context)을 적극적으로 도입한 2009 개정 교육과정 과학영역에서는 예술적 상황(artistic context)이 두드러지지 않았으며 특히, 우리나라의 과학교육은 입시에 영향을 받는다고 볼 수 있는데 대학수능시험(이하 수능)의 물리문항에서는 이 상황이 나타나지 않았다(Yang, 2003). 문제에 주어지는 상황은 학생들의 문제해결에 영향을 준다고 볼 수 있다(Park, 1991). 다시 말하면, 문제해결이란 주어진 상황과 관련이 있는 사실과 개념 등을 활용하여 상호 관계를 맺어주고 조직함으로써 목표에 이르는 사고 과정이라고 할 수 있으며(Park & Kwon, 1990) 창의적 사고는 이러한 문제해결 과정에서 표현된다고 할 수 있다(Harwood, 2004). 우리나라의 수능은 문제해결 과정보다는 정답에 초점이 맞추어져 있다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 수능을 기반으로 예술적 요소와 기술적 요소가 도입된 과학문항(이하 STA: problems for Scientific context that introduced Technological and Artistic factors)을 제작하여 학생들의 문제해결 과정에 나타난 다양한 사고를 살펴보고자 하였다.

또한, 최근 활발해지고 있는 과학과 예술에 관한 전시는 예술을 중심으로 기술적 요소가 도입된 것이라 볼 수 있다. 즉, 거울과 빛의 원리를 이용한 쿠사마 야요이의 작품 ‘무한 거울의 방(2014)’의 경우 예술적 표현을 위해 과학의 원리가 도입된 것이라고 볼 수 있다. 그런데, 과학교육의 활성화를 위해서는 과학을 중심으로 예술적 요소를 도입할 필요가 있다. 이를 위해 본 연구는 STA의 평가결과를 기반으로 기술적 상황에 예술적 감각을 도입한 문항(이하 TA: problems for Technological context that introduced Artistic factors)을 개발하여 학생들의 다양한 사고를 살펴보고자 하였다. 창의적 사고의 공통적 요소는 독창성과 정교성이라고 할 수 있으며(Park, 2001) 특히, 학생들 스스로 생각해 낸 독특한 아이디어는 국제적인 경쟁력을 확보하기 위한 ‘특허 교육’에 발판이 된다고 볼 수 있다. 즉, 최근 국내외적으로 활발해지고 있는 특허 출원의 경우, 그 가능성을 판단하기 위해 제시된 아이디어의 신규성과 기존의 기술에 비해 상승된 효과를 가지고 있는(진보성)을 살펴본다고 할 수 있다(Kim, 2001). 따라서 제작된 TA는 학생들로 하여금 자신의 아이디어를 표현할 수 있도록 고려하였다. 다시 말하면, 본 연구는 수능을 기반으로 한 과학적 상황에 예술적 요소와 기술적 요소를 도입한 문항(STA)을 제작하고 그 분석 결과를 기반으로 기술적 상황에 대한 예술적 접근(TA)을 시도함으로써 학생들의 문제해결 과정에 나타난 다양한 사고를 통해 과학수업 및 평가에 시사점을 제시하고자 하였다. 연구 문제는 다음과 같다.

- (1) STA에 주어진 3가지 상황(과학적, 예술적, 기술적)에 대한 선택률과 선택한 요인은 무엇인가?
- (2) STA의 문제해결 과정에 나타난 학생들의 논리적·창의적·통합적 사고는 어떠한가?
- (3) TA에 주어진 상황에 대한 학생들의 감상은 어떠한가?
- (4) TA의 문제해결 과정에 나타난 학생들의 논리적·창의적·통합적 사고는 어떠한가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

대구시 소재 고등학교 3학년 중 수능 과학탐구 영역에서 물리 과목을 선택한 학생을 추출한 다음 문제해결 과정을 서술한 60명(남: 39명, 여: 21명)을 대상으로 2012년 10월에 제작된 4개의 문항(STA)으로 약 40분 동안 평가를 실시하였다. 상세한 분석을 위해 성취도가 상과 중에 해당하는 남학생 2명과 여학생 2명을 선정하여 설문 조사와 면담도 실시하였다. 또한, STA에 대한 분석 결과를 기반으로 3개 문항(TA)을 개발하고 위에서 선정한 학생 4명을 대상으로 약 30분 동안 위와 마찬가지로 평가 및 면담을 실시하였다.

2. 연구 절차

평가문항 제작은 여러 가지 상황을 도입하기 위해 다음과 같은 사항을 고려한 후 과학교육 전문가 3인의 검토를 거쳤다.

가. STA의 개발

본 연구는 과학적 문항에 예술적·기술적 요소의 도입에 따른 문제점을 살펴보기 위해 Figure 1에서 보는 바와 같이 3가지 상황(과학적, 예술적, 기술적 상황)을 제시하였다. 상황에 대한 통일된 분류틀은 아직 존재하지 않는다고 볼 수 있으며(Song, 1997) 수능에서 과학적 상황은 순수 과학적 상황과 실험실 상황을 합한 것을 의미하며 기술적 상황은 과학지식이나 방법이 산업이나 실용적 목적으로 응용되는 상황을 의미한다(Goo, 1993). 또한, 예술 관련 문항이란 음악, 미술, 무용, 영화 등의 예술 장르의 인명이나 관련 전문 용어, 예술 이론과 그림, 사진, 기호, 소리 등을 포함하고 있는 문항을 의미한다고 할 수 있다(Yang, 2003). 일반적으로 예술은 미(美)를 추구하고 과학은 진리를 추구한다고 볼 수 있다. 그런데 미란 예술이 아닌 자연현상의 일종이라고 볼 수 있으며(Park, 2000) 창의적 과학자는 아름다움도 추구한다고 할 수 있다(Park, 2001). 따라서 과학교육이 새로운 아름다움을 추구하기 위해서는 일상생활과 같이 자연스러운 아름다움을 추구할 필요가 있다고 할 수 있다. 본 연구의 예술적 상황은 예술작품의 도입이 아닌 과학문항의 아름다움을 추구하기 위하여 수능을 기반으로 한 과학적 문항에 예술적 요소를 도입하고자 하였다. 다시 말하면, 본 연구의 과학적 상황은 평가하고자 하는 물리 개념에 적합한 문항을 수능에서 선별하여 그대로 사용하거나 수정 보완하였으며 예술적 상황의 경우, 상황에 대한 연구(Lee & Park, 2011)에서 TIMSS를 기반으로 한 과학적 상황에 남성적 요소와 여성적 요소를 도입하는 것과 마찬가지로 수능을 기반으로 한 과학적 상황에 영화, 문학 등과 같은 예술적 요소를 도입하고 시각적인 자료나 스토리, 설명과 함께 제시한 것을 말한다. 기술적 상황도 위와 마찬가지로 과학적 상황에 기술적 요소를 도입하여 제시한 경우를 의미한다. 다시 말하면, 1번 문항의 예술적 상황은 운동량에 대한 개념을 묻는 과학적 상황에 Figure 1(b)에서 보는 바와 같이 ‘토끼와 거북이’라는 예술적 요소를 도입하고 이야기의 내용에 맞추어 그래프에서 토끼와 거북이의 출발점을 일치시켰다. 이 이솝우화는 미국 디즈니(Disney)사에서 애니메이션으로 제작하여 아카데미상을 수상하기도 하였다. 이 문항은 과학에 대한 흥미와 함께 이 이솝우화의 교훈인 ‘인내(patience)’의 의미도 느끼게 한다고 볼

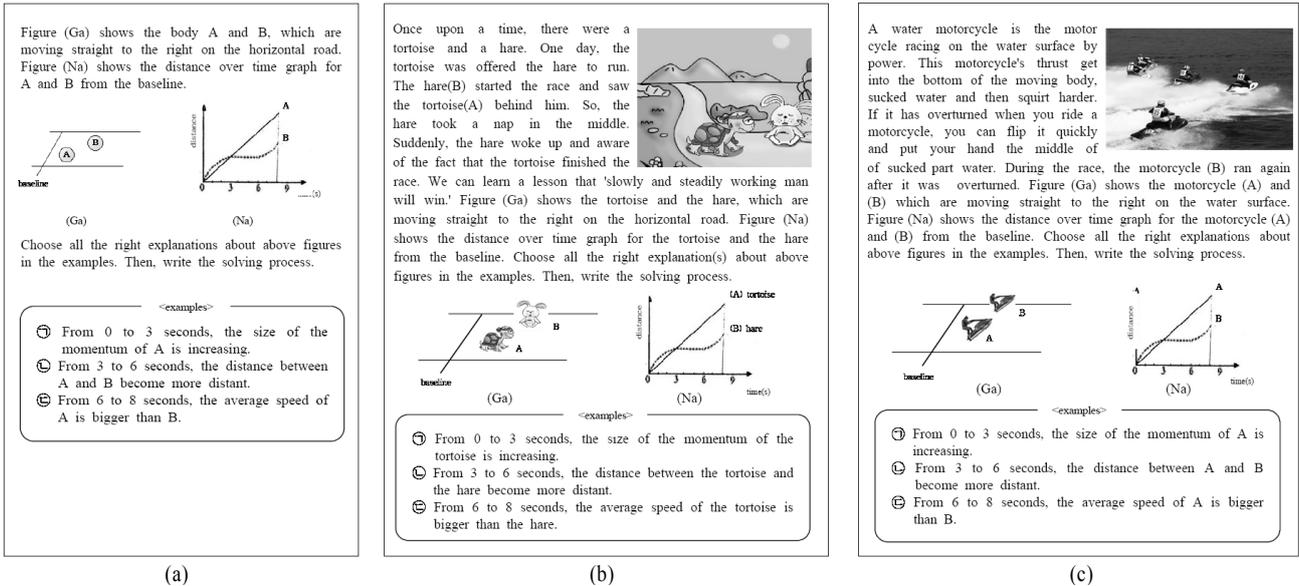


Figure 1. Example of each context for problem 1 on STA

Table 1. Classification between artistic and technological contexts of STA

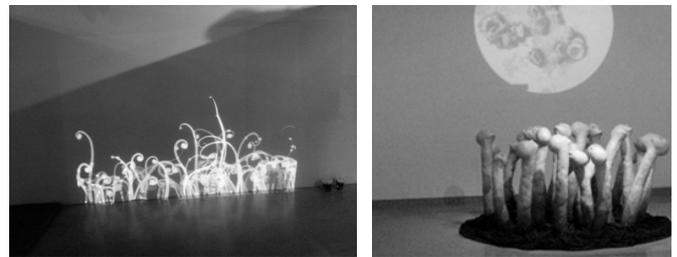
No.	Artistic context		Technological context	
	Item	classification	Item	classification
1	The tortoise and the hare	literature	Personal water craft	conventional technology
2	The six ways to cross desert	literature	Motor car	conventional technology
3	Aleph(the trans-siberian express)	literature	Train	conventional technology
4	The Great adventure (March Of The Penguins, 2005)	movie	High-tech outfits for mountaineers	High technology

수 있다. 기술적 상황도 과학적 상황에 ‘수상 오토바이’라는 기술적 요소를 도입하고 위와 마찬가지로 문항을 수정하였다(Figure 1(c)). 본 연구에서 도입한 각 문항에 따른 예술적 요소와 기술적 요소는 Table 1과 같다.

2번 문항은 그래프의 해석을 묻는 과학적 상황에 사막을 건너는 6가지 방법(수필)에 나오는 ‘낙타’와 ‘경주용 자동차’를 도입하였으며 3번 문항의 경우, 작용·반작용의 법칙을 묻는 과학적 상황에 알레프(소설)의 ‘시베리아 횡단 열차’와 ‘기차’를 도입하였고 4번 문항은 마찰력을 묻는 과학적 상황에 위대한 탄생(영화)의 ‘팽관’과 ‘고산 등산 장비’를 도입하였다. 본 연구는 주어진 상황에 대한 학생들의 선택물을 알아보기 위해 각 문항에서 상황별 과학개념은 동일하게 제시하였다. 다시 말하면, 학생들로 하여금 각 문항마다 주어진 3가지 상황(과학적, 예술적, 기술적 상황)중 한 가지를 선택하게 한 후 상황에 대한 연구(Lee & Park, 2011)를 기반으로 다음과 같이 선택한 이유를 제시하고 표기하도록 하였다. 즉, 연구 결과 학생들은 과학적 상황을 선택한 이유가 ‘문제가 쉬워 보여서’라는 의견이 많았으며 면담 결과 ‘문제의 길이가 짧아서’라는 답변도 많이 나타나서 보기에 포함시켰다.

- ① 언젠가 풀어본 듯하고 쉬워보여서
- ② 문제가 짧아서
- ③ 문제의 내용이 친근감과 흥미가 있어서
- ④ 기타 (이유:)

그리고 학생들로 하여금 선택한 상황에 대한 문항을 읽게 한 후 문제해결 과정을 종이에서 서술하도록 하였다. 또한, 상세한 분석을 위해 학생



(a) forest of firefly (b) age of nano revolution

Figure 2. Work examples of science and arts

4명을 대상으로 서술한 문제해결 과정을 기반으로 면담을 실시하였다.

나. TA의 개발

예술 관련 문항은 예술적 요소를 도입한 과학문항과 예술작품 자체를 과학적으로 분석하는 문항으로 구분할 수 있다. 최근 활발해지고 있는 과학과 예술에 관한 전시는 과학교육에 대한 예술적 접근이라기보다 예술 작품을 아름답고 독창적으로 표현하기 위해 과학기술을 도입했다고 볼 수 있다. 다시 말하면, Figure 2(a)에 나타난 바와 같이 최승준 작가(2012)의 작품은 관람객이 다가가면 센서가 작동하여 반딧불이 날아다니며 음악이 흘러나오는 상호작용으로 새로움을 주었는데 이는 기술적 요소를 도입한 예술 작품이라고 할 수 있다. 반면에 노진아 작가(2012)의 작품(b)은 예술적 요소를 도입하여 과학 현상을 극대화 하였다고 볼 수 있다. 즉, ‘나노(10^{-9})’라는 눈에 보이지 않는 미시의 세계의 입자들이 새로운 특성을 구현하는 과학 현상을 예술가

As shown in the Figure, advanced cars, similar to egg-shaped as shown, can be transformed into a house, unlike general cars. This car is a concept car which is designed by design company of America. Also, it is a futuristic advanced car that reflects the lifestyle of modern people who is frequently move their life space. In other words, it can be seen as a new car that fused the concepts of camper van. Fuel of this car use electrical energy, instead of gasoline or diesel. This electrical energy use ways to get the energy from charging electric battery through electricity charging station and a solar panel of the car. That is, it is an eco-friendly car. The car which is able to board up to 4 people can be used as a house. It is designed to raised the rear end of the car when it is parking. So, it creates the capacity to move standing person, and it installed the bed, showers and toilet inside the car. It has enough space for 2 people to live. The day that these advanced car is running on the street is not as far as it seems.



※ Write down the problem solving process of the following questions.

- ① A 200kg car moving at 36km/h collides with a motorcycle. It took 10 seconds to stop the collision with the motor cycle. Then what is the car's impulse and shock power? ② If the car is moving at 72km/h and it took 10 seconds to stop the collision with the motor cycle. Then what is the car's impulse and force?
- What are the measures that can prevent a car accident? Or, what are the measures for increasing the stability? Please write as you know.
- If you develops a future car, what kind of car would you like to create? Write your thoughts.

Figure 3. TA: a set of three problems that introduced artistic factors on technological context

가 상상력을 통해 그 입자에 생명을 불어넣어 학생들로 하여금 새로운 시각으로 과학(나노)의 세계를 관찰할 수 있도록 하였다고 볼 수 있다.

본 연구에서 개발한 TA는 과학(기술적 상황)을 중심으로 예술적 요소를 도입하고자 Figure 3에서 보는 바와 같이 미국 산업 디자인 회사 NAU가 제시한 아름다운 ‘미래 첨단 자동차’를 제시하였다. 또한, STA에 대한 평가 결과, 학생들의 문제해결 과정이 대부분 과학지식에 구속되는 경향이 나타났으므로 창의적이고 폭넓은 사고를 활성화하기 위해서 과학뿐만 아니라 일상생활과 관련된 문항을 제시하였으며 학생들 스스로 독창적인 아이디어를 생각할 수 있도록 ‘본인이 개발하고 싶은 자동차’에 대해서 구상하도록 하였다. 즉, 제작된 TA는 주어진 상황에 대한 3개의 문항(과학과 관련된 문항, 일상생활과 관련된 문항, 창의적 설계)으로 이루어졌다.

다. 분석 방법

1단계에서는 STA에 각각 주어진 3가지 상황 중 한 가지를 선택한 비율과 이유, 정답률 및 학생들이 종이에 서술한 문제해결 과정에 나타난 논리적, 창의적 사고(독창성, 정교성) 및 통합적 사고에 대해 살펴본 다음 유의미성을 알아보기 위해 카이제곱 검증을 실시하였다. 본 연구에서 논리적 사고란 생각에 기반을 두고 논리를 사용한 주장 즉, ‘변인 통제를 제대로 하였는가’를 의미한다(Kim & Lee, 2001). 독창성은 ‘얼마나 새롭게 접근하였는가’를 의미하며 5% 기준을 사용할 경우 100명 중 5명 미만의 아이디어에 해당하며 선발 시에는 1~2%를 기준으로 사용할 수도 있다(Park, 2004). 그런데, 특허의 가능성을 판단할 때는 제시된 아이디어가 얼마나 새롭고 유일한 것인가를 중요하게 다룬다고 볼 수 있다(Kim, 2001). 따라서 본 연구에서 독창성은 문제해결 시 사용한 아이디어가 다른 학생들에 비해 ‘얼마나 새로운가’를 살펴 보았다. 정교성은 ‘얼마나 상세히 서술하였는가’를 의미한다고 볼 수

있는데(Park, 2004), 본 연구에서 정교성은 간단한 과학지식을 사용하여 정답을 구하기보다는 문제해결 과정을 상세히 서술한 경우를 말한다. 또한, 통합성이 구조화된 아이디어의 수를 의미하며(Park, 2011) 통합교육이 각 교과 지식, 경험, 교육 내용들을 일정한 경계나 구분 없이 결합하여 전체를 만들어야 함을 의미한다고 볼 수 있으므로(Bang et al., 2013) 본 연구의 통합적 사고는 문제해결을 위해서 ‘얼마나 다양한 영역을 사용하였는가’를 살펴보았다(Lee et al., 2014). 아울러 평가를 실시한 학생들 중 4명을 대상으로 설문 조사와 회상면접법을 이용하여 면담을 실시한 후 검증 결과와 비교 분석하였다. 2단계에서도 위에서 선정한 학생 4명을 대상으로 TA의 문제해결 과정에 나타난 다양한 사고를 살펴보았으며 주어진 상황에 대한 감상(appreciation)과 평가 결과에 대한 면담도 실시하였다.

III. 결과 및 논의

1. STA 문제해결 결과

가. 상황의 선택

STA에 주어진 상황에 대한 학생들의 선택률은 Table 2에서 보는 바와 같이 과학적 상황(66.7%), 예술적 상황(25.8%), 기술적 상황(7.5%)의 순으로 나타났다. 다시 말하면, 과학적 상황을 예술적 상황이나 기술적 상황보다 훨씬 많이 선택하였으며 이는 통계적으로 유의미하였다($p < .05$).

이것은 상황에 대한 연구(Lee & Park, 2011)에서 과학적 상황보다 기술적 상황에 대한 학생들의 선택률이 높게 나타난다는 결과와는 상반된 것이므로 이 상황을 선택한 이유에 대해 살펴보았다. 과학적 상황을 선택한 이유는 Table 3에서 보는 바와 같이 ‘문제가 짧아서(56.3%)’

Table 2. Selection rate and Correct answer rate to each context of STA
(S: Scientific context, A: Artistic context, T: Technological context)

No.	context	Selection rate			Correct answer rate				
		S	A	T	S	A	T		
1	㉠	36/60	21/60	3/60	83/108	47/63	19/21	7/9	3/3
	㉡	(60.0%)	(35.0%)	(5.0%)	(76.9%)	(74.6%)		(77.8%)	3/3
	㉢					12/36	7/21		1/3
2	㉠	34/60	21/60	5/60	101/102	61/63	21/21	15/15	5/5
	㉡	(56.7%)	(35.0%)	(8.3%)	(99.0%)	(96.8%)		(100.0%)	5/5
	㉢					34/34	19/21		5/5
3	㉠	42/60	11/60	7/60	110/126	32/33	11/11	18/21	7/7
	㉡	(70.0%)	(18.3%)	(11.7%)	(87.3%)	(97.0%)		(85.7%)	7/7
	㉢					36/42	11/11		4/7
4	㉠	48/60	9/60	3/60	139/144	48/48	9/9	9/9	3/3
	㉡	(80.0%)	(15.0%)	(5.0%)	(96.5%)	(100.0%)		(100.0%)	3/3
	㉢					47/48	9/9		3/3
Total					44/48	9/9		3/3	
Total		160/240 (66.7%)	62/240 (25.8)	18/240 (7.5%)	433/480 (90.2%)	167/186 (89.8)	49/54 (90.7%)		

Table 3. Reasons for choosing certain context on STA
(total: n=240)

reason for selection	context	Scientific	Artistic	Technological
① It seems relatively easy as it solved before		35/160 (21.9%)	10/62 (16.1%)	6/18 (33.3%)
② short		90/160 (56.3%)	2/62 (3.2%)	0/18 (0.0)
③ Having a sense of intimacy and interesting to the contents		14/160 (8.8%)	47/62 (75.8%)	8/18 (44.5%)
④ others		21/160 (13.0%)	3/62 (4.9%)	4/18 (22.2%)

로 가장 높게 나타났다. 면담 결과에서도 학생 네 명 모두 짧은 시간 동안 빠르고 정확하게 문제를 풀기 위해 이 상황을 선택하였다고 답하였다. 우리나라의 과학교육은 입시의 영향을 받는다고 볼 수 있는데, 수능 과학영역의 경우 각 문항 당 약 1.5분의 문제해결 시간이 주어진다고 볼 수 있다. 따라서 학생들은 문제해결 시간에 쫓겨서 길이가 짧은 문항을 선호한다고 볼 수 있다. 또한, 학생들은 네 명 모두 과학적 상황을 예술적 상황과 기술적 상황보다 쉽게 생각한다고 답변하였다. 학생들은 익숙한 유형의 문항을 새로운 문항보다 쉽게 생각하며(Lee & Park, 2008) 과학적 상황을 일상적 상황보다 쉽게 생각하는 경향이 있다고 볼 수 있으므로(Lee & Park, 2011) 학생들이 흔히 접할 수 있는 과학적 상황을 예술적 상황과 기술적 상황보다 쉽게 생각할 가능성이 있다고 볼 수 있다.

예술적 상황과 기술적 상황을 선택한 이유는 ‘문제의 내용이 친근하고 흥미가 있어서’가 가장 높게 나타났다(Table 3). 이것은 학생들이 기술적 상황을 과학적 상황보다 흥미롭게 느끼는 경향이 있으며(Lee & Park, 2011), 과학과 예술을 연계한 수업이 학생들의 흥미를 높일 수 있다는 연구(Cohen & Galili, 2001)와 같은 맥락이라고 할 수 있다. 그런데, 중학교 3학년을 대상으로 한 상황에 대한 연구(Lee & Park, 2011)에서는 과학적 상황보다 기술적 상황에 대한 흥미가 높았으며 선택률도 높게 나타났으나 고등학교 3학년을 대상으로 한 본 연구의 경우 다른 결과가 나타났다. 이것은 고3 학생들은 예술적 상황과 기술적 상황을 과학적 상황보다 흥미롭게 생각하는데도 불구하고 빠른 시간에 문제를 해결하기 위해 쉽게 생각되는 과학적 상황을 더 많이 선택했음을 의미한다고 볼 수 있다. 학생들은 과학적 상황보다 기술적

Table 4. Scientific concepts in STA

context No.	Scientific	Artistic	Technological
1	· distance-time graph	· distance-time graph	· distance-time graph
	· momentum	· momentum	· momentum
2	· momentum	· meaning of a reference point	· meaning of a reference point
			· principle of a personal water craft
3	· velocity-time graph	· velocity-time graph	· velocity - time graph
		· the role of the camel hump	
4	· kinds of force	· kinds of force	· kinds of force
	· the law of motion	· the law of motion	· the law of motion
	· incubation of the penguins		· relationship between climbing high mountain and weight

상황에서 과학 개념과 관련짓는 것을 어려워한다고 볼 수 있는데 (Hong & Park, 1994) 면담 결과, 본 연구에서도 학생들은 문제해결과 직접적으로 관련이 없음에도 불구하고 추가된 물리 개념들로 인해 과학적 상황보다 예술적 상황과 기술적 상황을 더 어렵게 느낀다고 답변하였다. 과학적 상황에 예술적 요소와 기술적 요소를 도입함으로써 추가되는 과학개념은 Table 4에 나타난 바와 같다. 다시 말하면, 예술적 요소와 기술적 요소가 학생들로 하여금 문제를 어렵게 인식하게 함으로써 문제 해결을 방해하는 요인으로 작용할 가능성이 있다고 볼 수 있다. 그러나 학생들의 선입감과는 달리 상황에 따른 정답률에 차이는 두드러지지 않았다(Table 2). 이것은 중학교 3학년을 대상으로 한 연구에서는 과학적 상황의 정답률이 일상적 상황보다 높게 나타난다는 연구와는 다른 결과이다(Lee & Park, 2008; Lee & Park, 2011). 다시 말하면, 수능에서 일상적 상황, 기술적 상황 등과 같은 다양한 상황이 제시되고 있지만(Woo *et al.*, 1996) 학생들의 과학학습은 상황에 관계없이 과학개념을 중심으로 반복 학습이 이루어 질 가능성이 있다고 볼 수 있다. 상세한 분석을 위해 학생들의 문제해결 과정을 살펴보았다.

나. 문제해결 과정

일반적으로 문제해결자는 문제가 주어지면 다양한 사전지식과 신

Table 5. Science knowledge used in problem solving process of STA
(S: Scientific context, A: Artistic context, T: Technological context)

No.	problem solving process (n=720)	S	A	T
1	ⓐ · the slope in S - t graph is the speed · $P = mv$	6/36 15/36	9/21 11/21	1/3 0/3
	ⓑ · the gap in S - t graph is the difference between distance · the distance in uniform motion is increased	10/36 4/36	4/21 3/21	0/3 0/3
	ⓒ · the slope in S - t graph is the speed · $v = \frac{S}{t}$	10/36 5/36	3/21 5/21	0/3 0/3
	2	ⓐ · the slope in v - t graph is acceleration · $a = \frac{\Delta v}{t}$	13/34 9/34	8/21 3/21
ⓑ · the area in v - t graph is distance · $S = v_0t + \frac{1}{2}at^2$		8/34 0/34	4/21 0/21	1/5 1/5
ⓒ · the slope in v - t graph is acceleration · $F = ma$		4/34 19/34	0/21 7/21	0/5 5/5
3	ⓐ · the slope in v - t graph is acceleration · $a = \frac{\Delta v}{t}$	14/42 11/42	4/11 3/11	3/7 1/7
	ⓑ · $F = ma$	14/42	6/11	3/7
	ⓒ · the area in v - t graph is distance	22/42	7/11	4/7
4	ⓐ · the law of action and reaction · the force that A applied to B is same as the force that B applied to A · tension is the force that the rope pulls the object	31/48 18/48 5/48	3/9 0/9 1/9	2/3 3/3 0/3
	ⓑ · the net force of uniform motion is 0	39/48	5/9	3/3
	ⓒ · the net force of uniform motion is 0	35/48	7/9	3/3

념을 사용하여 표상(representation)을 만들며 문제해결 전략을 동원하여 해결책을 탐색하며(Park & Cho, 2005) 창의적 사고는 문제를 해결하는 과정에서 발견된다고 할 수 있다(Harwood, 2004). 여기서, 문제해결 전략은 지식-개발(이하 K-D: Knowledge-Development), 수단-목적(이하 M-E: Means-End), 임의(이하 RA: Random) 전략으로 구분할 수 있는데 K-D 전략은 주어진 물리량을 포함하는 식에서 기대하는 물리량으로 가는 전진 방안을 의미하며 성공하는 문제해결자들이 사용하는 경향이 있다고 한다. M-E 전략은 최종적으로 기대하는 물리량을 포함하고 있는 식을 찾은 후 그 식에서 모르는 물리량을 포함한 식을 찾는 역진 방안을 의미하며 RA 전략은 도움이 되리라고 여겨지는 물리량을 떠올리며 단서를 찾으려는 방안을 말한다. M-E와 RA 전략은 초보자나 문제를 어렵게 느끼는 학생들이 주로 사용한다고 한다(Park & Cho, 2005). 제작한 STA의 1번 ㉠ 문항에서 운동량의 크기를 묻는 질문에 대하여 학생들은 다음과 같이 서술하였다.

- A: 거리와 시간의 그래프에서 기울기는 속도를 의미하는데 기울기가 일정하므로 운동량은 일정하다.
- B: 운동량은 질량과 속도의 곱인데, 질량은 변하지 않고 속도도 일정하므로 운동량도 일정하다.
- C: 운동량은 질량과 속도에 비례하는데 거북이의 질량은 변화가 없고 속력은 거리 - 시간의 그래프에서 기울기가 일정하므로 거북이의 운동량의 크기는 일정하다.

다시 말하면, 학생(A)는 Table 5에 나타난 바와 같이 ‘거리-시간 그래프에서 기울기는 속도이다, $P = mv$ ’ 등과 같이 정답을 도출하는데 필요한 핵심적인 과학지식을 사용하여 주어진 물리량(속도)으로부터 기대하는 물리량(운동량)으로 가는 방법을 사용하였다고 볼 수 있

다(Table 6). 그런데 이 학생의 문제해결 과정은 비교적 짧게 나타났으므로 점진적으로 나아가는 K-D 전략을 사용했다고 보기는 어렵다. 따라서 이 학생은 간단한 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제해결을 하였다고 볼 수 있다. 학생(B)도 운동량의 정의만을 사용하여 최종적으로 기대하는 물리량(운동량)으로부터 모르는 물리량(속도)을 찾는 방법을 사용하였으나 문제해결 과정이 비교적 짧게 나타났으므로 역진(M-E)전략을 사용했다기보다는 간단한 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제해결을 했다고 볼 수 있다. 따라서 학생들은 대부분 Table 5와 6에 나타난 바와 같이 간단한 과학지식을 사용하여 몇 개의 정형화된 문제해결 방법으로 정답에 이르렀다고 볼 수 있으며 문제해결 과정을 알 수 없을 정도(unknown)로 별다른 과정 없이 직관적으로 문제해결을 하는 학생들도 26.1%(47/180)로 나타났다. 상황에 따라 학생들이 사용한 과학지식의 수(과학적:6개, 예술적:6개, 기술적:1개)와 문제해결 방법(과학적:9개, 예술적:10개, 기술적:5개)의 종류도 큰 차이가 나타나지 않았다(Table 5,6). 이것은 예술적 상황과 기술적 상황에 대한 흥미에도 불구하고 과학적 상황을 선택하는 경향으로 비추어 볼 때, 학생들은 상황에 관계없이 빠른 시간 내에 정답에 도달하기 위한 지름길을 사용했을 가능성을 의미한다고 할 수 있다. 즉, 학생들은 반복학습에 의해 흔히 접할 수 있는 문항을 쉽게 생각하는 경향이 있다고 볼 수 있는데(Lee & Park, 2008) 이 문항이 수능을 기반으로 제작되었으므로 학생들의 문제해결 과정이 수능의 과학개념을 중심으로 한 반복 학습에 의해 정형화 되었을 가능성이 있다고 볼 수 있다. 이 문항의 논리적 사고와 창의적 사고 중 정교성은 Table 7에서 보는 바와 같이 21.6%로 나타났으며 독창성(1.1%)은 두드러지지 않았고 통합적 사고는 나타나지 않았다. 예를 들어 위에서 서술한 학생(C)의 경우 통제 변인(질량), 조작 변인(속도), 종속 변인(운동량)과 같은 변인 통제를 하며 상세히 문제해결을 하였으므로 논리적 사고

Table 6. The problem solving methods in problem solving process of STA (S: Scientific context, A: Artistic context, T: Technological context)

No.	the problem solving methods (n=720)	S	A	T	
1	㉠ · analyze the distance - time graph (slope) · describe the variation of velocity from the definition of momentum · describe the variation of momentum from the variation of velocity · unknown	6/36	8/21	1/3	
		10/36	3/21	0/3	
		10/36	3/21	1/3	
		10/36	7/21	1/3	
	㉡ · analyze the distance - time graph (gap) · describe the motion of object · unknown	10/36	4/21	0/3	
		16/36	11/21	2/3	
		10/36	6/21	1/3	
	㉢ · analyze the distance - time graph (y-coordinates) · analyze the distance - time graph (slope) · after defining the definition of average velocity, distance was discussed · after discussing the distance, average velocity was described · describe the motion of object · unknown	5/36	7/21	0/3	
		10/36	2/21	1/3	
		4/36	3/21	0/3	
		11/36	3/21	1/3	
		0/36	1/21	0/3	
2	㉠ · analyze the velocity-time graph (slope) · solve the problem by using definition of acceleration · analyze the acceleration quantitatively (calculation) · unknown	13/34	8/21	2/5	
		4/34	0/21	1/5	
		5/34	4/21	2/5	
		12/34	9/21	0/5	
	㉡ · analyze the velocity-time graph (area) · analyze the distance qualitatively · analyze the distance quantitatively (calculation) · analyze the velocity qualitatively · unknown	8/34	3/21	1/5	
		11/34	4/21	2/5	
		12/34	6/21	1/5	
		2/34	6/21	1/5	
		1/34	2/21	0/5	
	㉢ · after describing Newton's 2nd law of motion, acceleration was discussed · after discussing the acceleration, Newton's 2nd law of motion was described · analyze the velocity-time graph (slope) · unknown	16/34	10/21	4/5	
		12/34	5/21	1/5	
		2/34	0/21	0/5	
4/34		6/21	0/5		
3	㉠ · analyze the velocity-time graph (slope) · analyze the acceleration quantitatively (calculation) · analyze the acceleration qualitatively · unknown	14/42	4/11	3/7	
		15/42	3/11	2/7	
		1/42	0/11	0/7	
		12/42	4/11	2/7	
	㉡ · after describing Newton's 2nd law of motion, acceleration was discussed · after discussing the acceleration, Newton's 2nd law of motion was described · unknown	25/42	5/11	4/7	
		8/42	1/11	2/7	
		9/42	5/11	1/7	
	㉢ · analyze the velocity-time graph (area) · unknown	22/42	7/11	4/7	
		20/42	4/11	3/7	
	4	㉠ · law of action and reaction was described · solve the problem by using tension · describe the motion of object · unknown	35/48	3/9	3/3
			5/48	1/9	0/3
			0/48	1/9	0/3
8/48			4/9	0/3	
㉡ · after describing uniform motion, 'acceleration=0' was disclosed and described the 'net force=0.' · after describing uniform motion, described the 'net force = 0.' · the meaning of net force · unknown		9/48	0/9	2/3	
		30/48	5/9	1/3	
		3/48	1/9	0/3	
		6/48	3/9	0/3	
㉢ · after describing uniform motion, 'acceleration=0' was disclosed and described the 'net force=0.' · after describing uniform motion, described the 'net force = 0.' · the meaning of net force · unknown		6/48	0/9	1/3	
		29/48	7/9	2/3	
		1/48	0/9	0/3	
		12/48	2/9	0/3	

Table 7. Various thinking which shown in the problem solving process per each problem of STA (E: Elaboration, O: Originality)

No.	thinking	Logical	Creative		Integrated
			E	O	
1		39(21.6%)	43(23.9%)	2(1.1%)	.
2		45(22.2%)	73(40.6%)	.	.
3		13(7.2%)	37(17.8%)	1(0.6%)	.
4		31(17.2%)	24(20.6%)	.	.
Total		128(17.8%)	177(24.6%)	3(0.4%)	.

(total: n=180)

와 정교성이 나타났다고 볼 수 있다. 특히, 평균 속력에 대한 질문에서 학생들은 대부분 평균 속력의 정의를 사용하였는데 학생(D)의 경우

“거북이는 느리지만 이동 거리가 크고 토끼는 빠르지만 이동 거리가 짧다. 즉, 거북이는 완주하였고 토끼는 완주하지 못하였다. 그러므로 평균 속력은 거북이가 토끼보다 빠를 것 같다.”고 서술하였다. 즉, 이 학생은 토끼와 거북이의 특성과 상황을 고려하여 문제를 해결하였으므로 간단한 과학지식(수식)을 사용한 다른 학생들에 비해 비교적 독창적으로 문제를 해결하였다고 볼 수 있다. 논리적 사고와 독창성은 예술적 상황에서 가장 높게 나타났으며 정교성은 기술적 상황에서 가장 높게 나타났으나 유의미하지는 않았다(Table 8). 이것은 수능을 기반으로 한 과학적 상황에 예술적 요소와 기술적 요소의 도입하는 것만으로는 학생들의 독창성과 통합적 사고에 긍정적인 영향을 미치지 어려울 가능성이 있음을 의미한다고 할 수 있다. 또한, ㉠의 정답률은 33.3%(20/60)로 매우 낮게 나타났는데(Table 2), 그 이유는 오답을 한

Table 8. Various thinking which shown in the problem solving process per each context of STA
(L: Logical thinking, C: Creative thinking, I: Integrated thinking, E: Elaboration, O: Originality)

No.	Scientific				Artistic				Technological			
	L	C	E	O	L	C	E	O	L	C	E	O
1	21/108 (19.4%)	15/108 (13.9%)	.	.	16/63 (25.4%)	24/63 (38.1%)	2/63 (3.2%)	.	2/9 (22.2%)	4/9 (44.4%)	.	.
2	27/102 (26.5%)	40/102 (39.2%)	.	.	11/63 (17.5%)	21/63 (33.3%)	.	.	7/15 (46.7%)	12/15 (80.0%)	.	.
3	11/126 (8.7%)	31/126 (24.6%)	1/126 (0.8)	.	2/33 (6.1%)	4/33 (12.1%)	.	.	.	2/21 (9.5%)	.	.
4	26/144 (18.1%)	19/144 (13.2%)	.	.	.	2/27 (7.4%)	.	.	5/9 (55.6%)	3/9 (33.3%)	.	.
Total	85/480 (17.7%)	105/480 (21.9%)	1/480 (0.2)	.	29/186 (15.6%)	51/186 (27.4%)	2/186 (1.1%)	.	14/54 (25.9)	22/54 (40.7%)	.	.

(total: n=180)

학생들 중에서 거리-시간 그래프의 Y축 좌표 값이 제시되지 않았는데도 불구하고 속력의 크기를 눈대중으로 구하여 문제를 해결하려는 학생들이 많기 때문인 것으로 나타났다(47.5%(19/40)). 즉, 학생들은 정성적인 분석을 요구하는 문제의 의도와는 달리 정량적으로 문제해결을 하려는 경향이 있는 것으로 나타났다. 따라서 1번 문항에서 학생들은 상황에 관계없이 핵심적인 과학지식만으로 비교적 간략하게 문제 해결을 하였다고 볼 수 있으며 논리적 사고와 정교성은 나타났으나 독창성은 두드러지지 않았고 통합적 사고는 나타나지 않았다.

문항 2에서도 학생들은 ‘가속도=속도의 변화량/시간, $F=ma$, 속도-시간 그래프에서 기울기는 가속도이다, 속도-시간 그래프에서 면적은 거리이다.’ 등과 같은 간단한 과학지식을 사용하여 4개 이하의 문제 해결 방법으로 비교적 간략하게 문제해결을 한 것으로 나타났다. 별다른 과정 없이 직관적으로 문제를 해결하는 학생들(unknown)은 18.9%(34/180)로 나타났다(Table 6). 다시 말하면, 학생들은 1번 문항과 마찬가지로 모든 상황에서 정답을 찾는 데 필요한 핵심적인 과학지식(과학적:5개, 예술적:4개, 기술적:5개)을 사용하여 비교적 정형화된 방법(과학적:10개, 예술적:8개, 기술적:9개)으로 간략하게 문제를 해결하는 경향이 있다고 볼 수 있다(Table 5,6). 이 문항의 논리적 사고와 정교성은 각각 22.2%, 40.6%로 나타났으며 독창성과 통합적 사고는 나타나지 않았다(Table 7). 기술적 상황에서 논리적 사고와 정교성이 가장 높게 나타났으나 유의미하지는 않았다(Table 8). 또한, ㉠의 경우 1번 문항과 마찬가지로 정성적 분석을 요구하는 문제 의도와는 달리 속도-시간 그래프에서 면적(거리)을 직접 계산하려는 학생들이 31.7%(19/60)로 나타났다(Table 6).

문항 3도 위와 마찬가지로 학생들은 상황에 관계없이 간단한 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제를 해결한 것으로 나타났으며 직관적으로 문제해결을 하는 학생들(unknown)도 33.3%(60/180)로 나타났다(Table 6). 이 문항도 1번 문항과 마찬가지로 논리적 사고와 정교성은 나타났으나 독창성은 두드러지지 않았으며 통합적 사고는 나타나지 않았다. 과학적 상황에서 논리적 사고와 정교성, 독창성이 가장 높게 나타났으며 유의미하지는 않았다. ㉡의 ‘1초에서 3초까지의 거리’에 대한 질문에서 오답을 한 학생들의 66.7%(16/24)는 ‘0초에서 3초까지의 거리’를 구하는 실수를 한 것으로 나타났다. 이것은 문제가 비교적 짧게 제시되었는데도 불구하고 학생들이 정확하게 읽지 않음을 의미한다고 볼 수 있다.

문항 4에서도 상황에 관계없이 ‘작용-반작용의 법칙, 장력의 의미,

등속이면 알짜힘이 0이다’ 등과 같이 정답을 구하는데 필요한 핵심적 과학지식을 사용하여 정형화된 문제해결 방법으로 비교적 간략하게 문제해결을 한 것으로 나타났으며 직관적으로 문제를 해결하는 학생들(unknown)도 19.4%(35/180)로 나타났다(Table 6). 이 문항도 2번 문항과 마찬가지로 논리적 사고와 정교성은 나타났으나 독창성과 통합적 사고는 나타나지 않았다. 기술적 상황에서 논리적 사고와 정교성이 가장 높게 나타났으며 유의미하지는 않았다. 특히, ㉢과 ㉣에서는 정답률(95.0%, 93.3%)은 매우 높게 나타났는데 문제해결 과정을 살펴본 결과 원리에 따라 접근하기보다는 ‘등속 운동이면 알짜힘이 0이다.’와 같은 과학지식을 암기하여 문제해결을 하는 경향이 각각 60%(36/60), 63.3%(38/60)로 나타났다(Table 6). 따라서 수능을 기반으로 예술적 요소와 기술적 요소의 도입함에 따른 문제해결 과정에서 학생들은 예술적 상황과 기술적 상황에 대한 흥미가 높음에도 불구하고 상황에 관계없이 정답을 도출하는데 필요한 핵심적 과학지식을 사용하여 정형화된 문제해결 방법으로 비교적 간략하게 문제를 해결하는 경향이 있는 것으로 나타났으며 직관적으로 문제를 해결하는 학생들도 24.4%(176/720)로 나타났다(Table 6). 즉, 상황에 따라 학생들이 사용한 과학지식의 수(과학적:13개, 예술적:12개, 기술적:9개)와 문제해결 방법(과학적:22개, 예술적:21개, 기술적:16개)의 종류에 대한 차이는 두드러지지 않았다(Table 5,6). 또한, 제작된 STA는 학생들의 논리적 사고와 정교성에는 도움이 되지만 독창성과 통합적 사고에는 긍정적 영향을 미치지 어려움을 알 수 있었다. 따라서 예술적 상황과 기술적 상황에 대한 학생들의 흥미가 과학학습에 긍정적인 영향을 미치기 위해서는 좀 더 적극적으로 문항에 도입될 필요가 있다고 할 수 있다.

2. TA 문제해결 결과

가. 상황에 대한 감상

면담 결과, 학생들은 문항에 주어진 ‘예술적 요소가 도입된 기술적 상황(미래 첨단 자동차)’에 대하여 네 명 모두 흔히 접할 수 있는 과학적 상황보다 아름답고 흥미롭게 생각한다고 답변하였다. ‘캠핑카(camping car)’라는 아이디어는 쥘 베른 작가의 ‘증기의 집(1887)’에서 사용하였으며 실제로 사용할 수 있는 최초의 캠핑카는 미국에서 캠핑용 또는 노동자들의 숙소로 개발되었다가 세계 2차 대전을 거친 후

Table 9. Various thinking which shown in problem solving process of TA (E: Elaboration, O: Originality)

	thinking	Logical	Creative		Integrated
			E	O	
science related question	①	K	○	○	·
		W	·	·	·
		J	·	·	·
		A	·	·	·
	②	K	○	·	·
		W	·	·	·
		J	○	·	·
		A	·	·	·
	everyday life related question	K	○	○	·
		W	○	·	○
		J	·	·	·
		A	○	·	○
creative design	K	·	·	·	○
	W	·	·	·	·
	J	○	○	○	○
	A	·	·	·	○

점차 다양한 형태로 발달하였다(Kim, 2013). 면담 결과 학생(W)와 (A)도 이러한 첨단 캠핑카를 실제로 제작할 수 있을지에 대해 의문을 가지는 것으로 나타났으며 특히, 학생(W)는 새처럼 날 수 있는 자동차에 대하여 구상하였다. 예술적 상황의 도입은 학생들의 과학에 대한 흥미와 상상력을 일깨우는데 도움이 된다고 할 수 있으며(Cohen & Galili, 2001), 학생들이 긍정적 감성을 느낄 때 창의적 문제해결력이 향상된다고 볼 수 있다(Isen & Baron, 1991; Isen et al., 1991). 따라서 이 상황을 통해 과학에 대한 흥미와 상상력을 느낄 가능성이 있다고 할 수 있다.

나. 문제해결 과정

TA의 과학과 관련된 문항에서 학생들은 앞에서 논의한 STA의 문제해결 과정과 마찬가지로 정답을 도출하는데 필요한 핵심적 과학지식을 사용하여 특별한 문제해결 전략없이 비교적 간략하게 문제해결을 한 것으로 나타났다. 다시 말하면, 충격량과 충격력의 크기에 대한 질문에서 학생(K)는 “충격량은 운동량의 변화량이므로 $0 - (200\text{kg} \times 36\text{ km/h}) = 7200\text{kg} \cdot \text{km/h}$ 이다. 충격력은 충격량에 걸린 시간을 나눈 값으로 720N이다.” 라고 서술하였다. 즉, 이 학생은 ‘운동량의 정의, 충격량의 정의, 운동량과 충격량의 관계’와 같은 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제해결을 했다고 볼 수 있다. 또한, 이 학생은 논리적이고 상세히 서술하였으나 독창성과 통합적 사고는 나타나지 않았다(Table 9). 학생(J)도 위와 마찬가지로 핵심적 과학지식을 사용하여 논리적이고 간략하게 문제를 해결하였으며 창의적 사고와 통합적 사고는 나타나지 않았다. 학생(W)와 (A)는 별다른 과정 없이 직관적으로 문제를 해결하였다. 따라서 TA의 과학과 관련된 문항에 대한 문제해결 과정은 STA와 마찬가지로 간단한 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제해결을 한 것으로 나타났다. 또한, 학생들은 모두 충격량과 충격력에 대한 과학개념을 알고 있었지만, 일상생활에서 사용하는 빠르기의 단위인 시속을 초속으로 전환하지 않아 네 명 모두 틀린 것으로 나타났다. 따라서 일상생활에서 단위에 대한 교육이 필요함을 알 수 있었다.

소질문 ①과 ②에서는 연속적으로 처음 속도의 크기를 점점 크게 제시 하였는데, 면담 결과 학생들은 자동차의 속도의 증가에 따른 충격력의 변화를 느낄 수 있었다고 답변하였다. 물리와 관련된 PISA 수학문항에서도 연속적인 숫자의 변화를 통한 개념의 이해를 확인할 수 있었다(Lee, 2007). 즉, 문제에 제시하는 숫자의 변화를 통해 학생들이 자동차의 운동을 가깝게 느낄 가능성이 있다고 할 수 있다. 따라서 새로운 상황을 도입할 지라도 과학과 관련된 문항만으로는 독창성과 통합적 사고를 기대하기 어려울 가능성이 있다고 할 수 있다.

일상생활과 관련된 문항에서 자동차의 안전성을 유지하기 위한 방법에 대하여 학생들은 아래와 같이 서술하였으며 면담 결과, 학생 네 명 모두 일상생활에서 느꼈던 경험을 기반으로 문제해결을 하였다고 답변하였다.

- K: 운전자는 사고가 나지 않도록 주의를 기울이며 정기적으로 자동차 검사를 받는다. 그리고 자동차 제작 기업에서는 결함이 발생하지 않도록 한다.
- W: 방지턱을 많이 설치하고 도로를 구불구불하게 만들어서 속도를 높이지 못하게 한다.
- J: 빨리 멈추게 하여 성능을 높인다.
- A: 앞 범퍼에 충격을 더 잘 흡수할 수 있는 소재를 이용한다.

다시 말하면, 학생(K)의 경우 운전자가 지켜야 할 자세와 기업의 윤리에 대해 이야기 하였으며 학생(J)는 자동차의 성능을 증가시키기 위해 가속도가 큰 브레이크를 개발할 필요가 있다고 이야기하였다. 또한, 창의성은 일상생활에서 나타난다고 볼 수 있는데(Jee & Park, 2014) 학생(A)는 새로운 소재(첨단기술)의 필요성을 독창적으로 서술 하였으며 학생(W)는 도로의 상태를 변화시켜 자동차의 과속을 막는 방법을 제시하여 자신의 아이디어를 논리적이고 독창적으로 서술하였다(Table 9). 따라서 학생들은 일상생활과 관련된 문항에서 독창적으로 문제를 해결할 가능성이 있다고 볼 수 있다.

창의적 설계 문항으로 본인이 개발하고 싶은 자동차에 대하여 학생들은 아래와 같이 친환경 자동차(물리, 환경), 자기부상 자동차(첨단기술), 미래 첨단 자동차(첨단기술, 설계) 등과 같은 다양한 영역을 도입하여 문제해결을 하였다고 볼 수 있다.

- K: 친환경적이고 사용자의 편의를 위한 자동차
- W: 자기부상 자동차
- J: 바다로 가면 배로 변하고 필요할 때 날 수도 있는 자동차, 연료는 부족하지 않도록 공기 중의 질소를 친환경적으로 사용한다.
- A: 초등학교 때 만화 영화 ‘드래곤 볼(Dragon Ball)’에 나왔던 캡슐(capsule) 자동차, 필요할 때 집으로도 변형될 수 있다.

면담 결과 학생(K)와 (J)는 과학이 발달할수록 자동차의 성능을 증가시키고 동시에 환경을 고려하여야 한다고 답변하였으므로 과학의 윤리를 언급하였다고 볼 수 있다. 또한, 특허의 가능성을 판단하기 위해서는 제시한 아이디어의 신규성과 진보성을 고려한다고 볼 수 있는데(Kim, 2001) 학생(W)와 학생(J),(A)는 첨단 자동차에 대해 언급하였으며, 학생(J)는 바다와 하늘을 자유롭게 나는 자동차를 상상하며 독창적이고 상세히 서술하였으며 화학(연료의 연소)과 환경(친환경적 연료) 등과 같은 다양한 영역을 통해 통합적 사고를 하였다고 볼 수

있다(Table 9). 즉, 창의적이고 통합적인 사고를 위해서는 학생들의 작은 아이디어 하나에도 관심을 기울일 필요가 있음을 알 수 있었다. 따라서 개발된 TA는 과학개념에 대한 이해와 일상생활 적용, 교과서 밖의 과학지식에 대한 관심 등과 같이 학생들의 창의적이고 통합적인 사고를 활성화시키며 특히 교육의 가능성을 보여준다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 수능을 기반으로 한 STA를 개발하고 이에 대한 평가 결과를 기반으로 개발된 TA에 대한 연구를 통해 학생들의 문제해결 과정에 나타난 창의적이고 통합적인 사고를 살펴보고자 하였다. 결론은 다음과 같다.

먼저, 학생들은 STA에서 과학적 상황을 예술적 상황과 기술적 상황보다 많이 선택하였는데, 그 이유는 빠른 시간 내에 문제해결을 하기 위해 문제의 길이가 짧은 상황을 선호하기 때문인 것으로 나타났다. 따라서 학생들에게 문제해결 시간을 충분히 할애할 필요가 있음을 알 수 있었다. 둘째, STA에서 학생들은 예술적 상황과 기술적 상황을 흥미롭게 느끼지만 어려워하는 것으로 나타났다. 따라서 이러한 상황들을 과학교육에 효과적으로 도입하기 위해서는 학생들이 쉽게 느끼는 과학적 상황에서 단계적으로 예술적 상황과 기술적 상황을 도입하는 등 문항에 제시하는 상황의 수준에 대한 연구가 필요함을 알 수 있었다. 셋째, STA의 문제해결 과정에서 학생들은 예술적 상황과 기술적 상황을 흥미롭게 느끼는 데도 불구하고 문제에 주어진 상황과 관계없이 정답에 도달하는데 필요한 핵심적 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제를 해결한다고 볼 수 있다. 이것은 수능이 다양한 상황을 제시함에도 불구하고 학생들의 과학학습이 수능의 과학개념을 중심으로 반복되어 문제해결 과정을 정형화시켰을 가능성이 있음을 의미한다고 볼 수 있다. 따라서 상황의 도입이 과학학습에 긍정적인 영향을 미치기 위해서는 반복 학습을 지양하고 새롭고 다양한 문항을 제시할 필요가 있으며 문제해결 과정이 문제해결 전략을 따라 점진적으로 전개될 수 있도록 문항의 난이도를 조절할 필요가 있음을 알 수 있었다. 넷째, STA의 문제해결 과정에서 학생들은 모든 상황에서 논리적 사고와 정교성은 나타났으나 독창성은 두드러지지 않았으며 통합적 사고는 나타나지 않았다. 즉, 수능을 기반으로 한 과학적 상황에 예술적 요소와 기술적 요소를 도입하는 것만으로는 논리적 사고와 정교성에는 도움이 되지만 독창성과 통합적 사고는 활성화시키기는 어렵다고 할 수 있다. 따라서 예술적 상황과 기술적 상황을 과학교육에 효과적으로 도입하기 위해서는 이러한 상황들은 적극적으로 문항에 도입할 필요가 있음을 알 수 있었다. 다섯째, TA의 과학과 관련된 문항에 대한 문제해결 과정에서도 위와 유사한 결과가 나타났다. 이는 새로운 상황이 제시된다 할지라도 과학과 관련된 문항만으로는 학생들의 독창성과 통합적 사고를 이끌어내기 어려울 가능성이 있다고 할 수 있다. 따라서 창의적이고 통합적인 사고를 활성화하기 위해서는 폭넓은 질문을 통해 다양한 사고를 유도할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다고 할 수 있다. 여섯째, TA의 일상생활과 관련된 문항에서 학생들은 일상생활에서의 경험을 기반으로 문제해결을 하였으며 독창성이 나타났다고 볼 수 있다. 따라서 창의적 사고를 활성화하기 위해서는 일상적 상황에 대한 문항의 개발과 더불어 일상생활에서 다양한 경험을 할 수 있는 프로그램이 개발될 필요가 있음을 알 수 있었다. 특히, TA의

창의적 설계에서 학생들은 독창적인 아이디어와 다양한 영역(물리, 화학, 환경, 첨단기술)의 도입을 통한 통합적 사고가 나타났으므로 학생들이 스스로 생각해 낸 아이디어의 소중함을 알고 지속적으로 노력할 수 있도록 평가에 도입하는 방안에 대한 연구가 필요함을 알 수 있었다.

이상에서 살펴본 바와 같이 예술적·기술적 상황을 과학교육에 효과적으로 도입하기 위해서는 수능의 과학개념을 중심으로 한 반복 학습을 지양하고 다양한 상황과 폭넓은 문항을 개발할 필요가 있으며 특히, 독창성과 통합적 사고를 활성화하기 위해서 창의적 설계를 평가에 도입하는 등 학생 주도적인 학습을 위한 적극적인 변화가 필요하다고 할 수 있다.

국문요약

본 연구는 창의적이고 통합적인 사고의 활성화를 위하여 과학 문항에 예술적 요소와 기술적 요소를 도입함에 따른 효과를 알아보기 위한 것이다. 평가 문항은 수능에 예술적 요소와 기술적 요소를 도입한 4개의 문항(STA)과 기술적 상황에 예술적 요소를 도입한 문항(TA)으로 이루어져 있다. 특히, TA는 3개의 문항(과학 및 일상생활과 관련된 문항, 창의적 설계)으로 이루어져 있다. 대구시 소재 고등학교 3학년 학생 60명(남:39명, 여:21명)을 대상으로 STA에 대한 문제해결 과정을 살펴보았으며 상세한 분석을 위해 이 학생들 중 4명을 추출하여 회상면접법을 이용하여 면담도 실시하였다. 또한, STA에 대한 분석 결과를 기반으로 TA를 제작하여 위의 학생 4명을 대상으로 문제해결 과정을 살펴보았으며 위와 마찬가지로 면담도 실시하였다. 연구 결과는 다음과 같다. 첫째, 학생들은 과학적 상황을 예술적 상황과 기술적 상황보다 많이 선택하였으며 그 이유는 빠른 시간 내에 문제를 해결하기 위해 문제의 길이가 짧은 상황을 선호하기 때문인 것으로 나타났다. 둘째, STA의 예술적 상황과 기술적 상황을 과학적 상황보다 흥미롭지만 어렵게 느끼는 것으로 나타났으며 TA의 예술적 요소를 도입한 기술적 상황도 과학적 상황보다 흥미롭게 느끼는 것으로 나타났다. 셋째, 학생들은 STA에서 주어진 상황에 관계없이 문제해결에 필요한 핵심적 과학지식을 사용하여 비교적 간략하게 문제를 해결하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 이는 학생들의 문제해결 과정이 반복학습에 의해 정형화되었을 가능성이 있음을 의미한다고 볼 수 있다. STA의 모든 상황에서 논리적 사고와 정교성은 나타났으나 독창성은 두드러지지 않았고 통합적 사고는 나타나지 않았다. 넷째, TA의 과학과 관련된 문항에서는 위와 유사한 결과가 나타났으나 일상생활과 관련된 문항의 경우 학생들은 일상생활을 기반으로 서술하였으며 독창성이 나타났으며 특히, 창의적 설계에서는 학생들의 독창적인 아이디어와 통합적 사고가 나타났다.

주제어 : 예술적 상황, 기술적 상황, 예술적 기술 상황, 문제해결 과정, 창의적사고, 통합적 사고

References

- Bang, D., Park, E., Yoon, H., Kim, J., Lee, Y., Park, J., Song, J., Dong, H., Shim, B., Lim, H., & Lee, H. (2013). The design of curricular

- framework for integrated science education framework based on big ideas. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 33(5), 1041-1054.
- Cohen, A. & Galili, I. (2001). Where is the sky? *The Physics Teacher*, 39(2), 92-97.
- Goo, C., (1993). Direction of the science inquiry items in scholastic ability test for college. Paper presented at conference of the Korean Association for Science Education.
- Woo, J., Goo, C., & Lee, H. (1996). Longitudinal study about science process skills item forms transition before and after Scholastic Ability Test for College. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 16(3), 314-328.
- Harwood, W. (2004). An activity model for scientific inquiry. *The Science Teacher*, 71(1), 44-46.
- Hong, S. (2005). Science & arts. *Journal of Science & Technology Studies*, 5, 1-30.
- Hong, M., & Park, Y. (1994). Analysis of characteristics of problem solving process in gas phase problems of college students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 14(2), 143-158.
- Hurd, P. D. (1991). Why we must transform science education? *Educational Leadership*, 49(2), 33-35.
- Isen, A. M., & Baron, R. A. (1991). Positive effect as a factor in organizational behavior. *Research in Organizational Behavior*, 13, 1-53.
- Isen, A. M., Rosenzweig, A. S., & Young, M. J. (1991). The influence of positive effect on clinical problem solving. *Medical Decision Making*, 11, 221-227.
- Jee, K., & Park, J. (2014). An application effect of family activity for improving scientific creativity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(3), 213-220.
- Kim, G. (2013). A study of Korean-style camping trailer design. Hongik University, Master thesis, Seoul, Korea.
- Kim, K., Lee, B., & Lee, S. (1992). A study on the sources of the aesthetic pleasure in Dong Ju Youn's poems. *Journal of the Korean Neuropsychiatr Assoc*, 31(4), 785-799.
- Kim, K. (2001). A study on the standard of the patentability determination of invention. Yonsei University. Master thesis, Seoul, Korea.
- Kim, Y., & Lee, S. (2001). A study on the relationship between logical thinking level and the achievement in enrichment physics of school science high achievers. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(4), 677-688.
- Lee, H. (2007). Research in integrated interactive science and art education. Hanyang University, Master thesis, Seoul, Korea.
- Lee, M. (2007). Analysis of OECD/PISA framework and released items.(KICE Reseach report ORM 2007-25). Seoul: KICE.
- Lee, S., & Park, Y. (2008). Analysis of gender differences by context for Korean middle school students in TIMSS 2003 physics released items. *New Physics: Sae Mulli*, 56(4), 334-342.
- Lee, S., & Park, Y. (2011). Selection of context to solve physics problems by and rate of correct answers given by male and female middle school students. *New Physics: Sae Mulli*, 61(11), 1017-1024.
- Lee, S., Seok, C., Jung, E., Hwang, D., & Choi, J. (2014). The effects of everyday life context that introduced artistic factors on problem solving. Paper presented at conference of the Korean Association for Science Education.
- Lehman, J. R. (1994). Integrating science and mathematics: Perceptions of preservice and practicing elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 99(9), 642-649.
- Marzano, R. J. (1988). *Dimensions of thing: A framework for curriculum and instruction*. VA: ASCD.
- Park, E. (2000). Scientific character of arts and artistic acceptance of science/technology, *Korean Journal for the Philosophy of Science*, 3(1), 65-81.
- Park, H., & Kwon, J. (1990). A study on analysis of novice's protocol in solving physics problems. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 10(1), 57-64.
- Park, J. (2004). A suggestion of cognitive model of scientific creativity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 24(2), 375-386.
- Park, J. (2011). Understanding and teaching scientific creativity in schools. *New Physics: Sae Mulli*, 61(10), 947-961.
- Park, Y. (1991). Error patterns in mechanics problem solving. *Journal of Physics Education*, 9(1), 14-23.
- Park, Y., & Cho, Y. (2005). Analysis of physics problem solving processes of high school students to qualitative and quantitative problems. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 25(4), 526-532.
- Song, J. (1997). Review and analysis of the studies on contexts in science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(2), 357-384.
- Treffinger, D. J. (2004). *Creativity and giftedness*. CA: Corwin Press.
- Yang, J. (2003). The analysis of items on art in the College Scholastic Ability Test. KICE research report.