



예비초등교사의 ‘과학 창의성’과 ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식의 연관성 —틀 내 및 틀 간 창의성을 중심으로—

최취임¹, 박지영², 이선경^{1*}

¹서울대학교, ²전남대학교

The Relationship between the Perception of Pre-Service Elementary School Teachers’ ‘Scientific Creativity’ and ‘Scientific Creativity Education’: Focus on Creativity ‘within a Frame’ and ‘between Frames’

Chuiim Choi¹, Jee-young Park², Sun-Kyung Lee^{1*}

¹Seoul National University, ²Chonnam National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 August 2022

Received in revised form

14 September 2022

12 October 2022

Accepted 19 October 2022

Keywords:

scientific creativity, within a frame, between frames, experimental creativity, scientific creativity education

ABSTRACT

In this study, the relationship between the perception of ‘scientific creativity’ and ‘scientific creativity education’ of pre-service elementary school teachers was explored, focusing on the creativity within and between the framework. Within-frame creativity is divided into theoretical creativity and experimental creativity that operate within the paradigm, and between-frame creativity refers to theoretical creativity that brings about paradigm shift. Data collection was conducted through in-depth interviews, and the analysis was performed based on the categories within and between the frames. As a result, pre-service elementary school teachers mainly understood scientific creativity as the scientific creativity within a frame. And they consider scientific creativity in various ways in experimental and theoretical creativity aspects within a frame. On the other hand, they thought that scientific creativity education was possible in terms of experimental creativity within a frame. Based on the results of this study, we would like to discuss the attributes of scientific creativity that can be considered in science education and its educational direction.

1. 서론

20세기 전후에 등장한 창의성 연구는 독립적인 학문영역에서 성공적인 또는 새로운 성과가 개인의 특수한 능력으로부터 산출되었다고 전제하고, 천재성을 신화적 해석 또는 심리학의 하나의 관점으로 설명하는 부차적이고 간접적인 시도였다. 반면 20세기 중반에 이르러 창의성 연구는 과학에 대한 사회문화적 연구를 통해 엮고, 창의성을 “문제해결 능력”이라는 구체적인 의미로 사용했다. 이 시기 창의성 연구는 사회문제의 해결이라는 필요성이 제기되면서 촉발되었고, 창의적 인재양성이라는 특수한 목표를 달성하기 위한 직접적인 시도로 이어졌다(Kim, 2010).

이러한 흐름은 교육에 반영되어, 1995년 ‘5·31 교육개혁안’(Education Reform Committee, 1995)에서 창의성 교육이 본격적인 국가 교육 정책의 핵심 의제로 등장한 이후, 창의성 교육 정책은 급격히 발전하고 확산되어 왔다(So, 2016). 과학 교과에서 창의성은 문제해결력의 중요한 특성으로 간주되고 있는데, 이는 20세기 중반 이후 창의성을 문제해결능력으로 본 것과 유사하다. 구체적으로 과학과 교육의 목표는 ‘... 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결하기 위한 과학적 소양을 기른다’라고 명시되어 있다(Ministry of Education, 2015). 더 나아가 최근 한국 과학교육과정 개발과 과학교

육정책 입안에 가이드라인 제공을 목적으로 마련된 ‘미래세대 과학교육표준’(Korean Science Education Standards for the Next Generation, KSES)은 미래 과학교육이 추구하는 인간상을 ‘과학적 소양을 갖추고 더불어 살아가는 창의적인 사람’으로 설정한 바 있다(Song, *et al.*, 2019). 이때 창의성은 문제해결력과 더불어, 협력과 소통을 바탕으로 삶과 사회의 문제해결을 할 수 있는 능력을 의미한다(Choi, *et al.*, 2011; Partnership for 21st Century Skills, 2010; Song *et al.*, 2019; Trilling & Fadel, 2009).

이처럼 창의성이 국가교육과정의 핵심 용어로 자리하고 미래세대가 필히 갖추어야 할 역량으로 간주되는 만큼, 과학교육에서도 창의성에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 과학 창의성이 무엇인지를 밝히는 연구(Park, 2004), 교사와 학생 그리고 학부모의 과학 창의성에 대한 인식을 탐색하는 연구(Park & Jee, 2015; Park, Park & Lee, 2018), 과학 창의성 계발을 위한 프로그램 개발(Jung, *et al.*, 2002; Park & Kim, 2013; Yoon & Woo, 2011) 등 전방위에 걸쳐 연구가 수행되고 있다. 이들 연구의 대부분은 과학 창의성을 영역 특수성(domain-specificity) 안에서 이해하며(Plucker, 2004; Wang & Hornig, 2002; Weisberg, 2006) 문제해결 관점을 기반으로 하였다(Mumford, *et al.*, 1991). 과학 창의성의 주요 요소는 창의적 사고와 함께 과학 지식 내용(Park, 2004; Yoon & Woo, 2011)과 탐구 기능(Dunbar,

* 이 논문은 2020년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2020R111A1A01066598).

교신저자 : 이선경 (sunlee2061@gmail.com)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.5.515>

1999; Hoover & Feldhusen, 1994; Nickerson, 1999)으로 다루어졌으며, 그 외에 다양한 문제해결 상황에서 발현되는 창의성의 특징을 조명해왔다(Hong, Heo, & Lee, 2016; Lee, *et al.*, 2017; Park, Choe, & Kim, 2020; Yoo, Kang, & Kim, 2013).

한편, 창의성에 대한 관점도 인지심리학과 사회문화적 연구의 흐름과 유사하게 비범한 창의성(Big-C)에서 일상적 창의성(little-c)으로 옮겨가고 있으며(Beghetto, & Kaufman, 2007; Cho, 2013; Kaufman & Beghetto, 2009; So, 2016), 최근 교육에서 추구해야 할 창의성으로 과정적 창의성(mini-c)과 전문적(Pro-c) 창의성에 대한 담론이 이루어지고 있는 점은 주목할 만하다(Beghetto & Kaufman, 2007; Kaufman & Beghetto, 2009; Reilly *et al.*, 2011; Runco, 1996). Kaufman & Beghetto(2009)는 그동안의 창의성 논의가 비범한 창의성(Big-C)과 일상적 창의성(little-c)의 이분법적 구분에 그치는 것을 비판하면서, 창의성의 과정적(mini-c) 및 전문적(Pro-c) 차원을 포괄하는 4C 모델을 제안하였다. 4C 모델에 따르면 모든 사람들이 동의하는 창의성이 아니라도 한 개인의 경험, 행동, 사건에 대한 새로운 시각을 기르는 활동은 창의성이라고 볼 수 있는데, 교육적 맥락에서 학습은 과정적 창의성(mini-c)에서 출발하며 꾸준한 노력을 통해서 전문적 창의성(Pro-c)에 도달할 수도 있다고 본다. 따라서 과정적 및 전문적 창의성 관점을 취하면 과학교육의 맥락에서 창의성 교육이 실천되어야 할 방향을 포착할 수 있다.

과정적 및 전문적 창의성 관점에서, 과학교과에서 전문적 창의성은 일상적 창의성을 넘어 발전하려고 노력하는 것으로서 누적적인 지식 기반을 통해 도약적 발현이 가능한 것으로 이해된다. 학생들은 과학 학습에서 과정적 창의성으로 출발하며 일상적 창의성 혹은 전문적 창의성으로 이동할 수 있는 교육적 기회를 가져야 하는 데, 여기서 중요한 점은 과학 지식의 생성은 결과물이 아니라 그 생성 과정 자체가 창의적이어야 한다는 점이다(Park *et al.*, 2019). 즉, 과학 교육에서 중요하게 다루어야 할 지점은 지식의 발전이 이루어지는 과정이지만 과학의 영역 특이성으로 인한 과정을 반영할 때, 지식, 실험, 도구의 입체적 관계를 살펴야 하며, 그 관계가 증층적으로 작동하는 과학 활동의 작은 과정적 창의성이 쌓이고 쌓일 때(Hayes, 1989) 전문적 창의성으로 이어진다는 점에 주목해야 할 것이다.

이상 살펴본 바와 같이, 과정적 및 전문적 창의성 관점에서 과학적 창의성의 교육적 의미와 실천을 탐색하기 위해서는 과학적 창의성의 성격이 이론, 실험, 도구 등을 중심으로 펼쳐지는 과학 활동 과정에서 어떻게 창발되는지를 조명해야 할 것이다. 그렇게 하기 위한 하나의 방법으로 본 연구에서는 과학 활동과 발달의 중심인 패러다임(Kuhn, 1970)으로 창의성의 성격을 검토한 Lee(2017)의 ‘틀 내’ 및 ‘틀 간’을 기준으로 하여 ‘과학 창의성’과 ‘과학 창의성 교육’을 탐색하고자 한다. 패러다임은 과학자의 정상과학 활동이 이루어지는 이론적, 실험 방법적, 도구적 매트릭스를 의미하기 때문에, 패러다임이라는 틀 내 및 틀 간에서 창발되는 과학 창의성을 과학자 활동의 스펙트럼, 즉 특정 상황의 문제해결이라는 활동으로부터 큰 이론의 혁명적 변화에 이르기까지 다양한 차원의 활동을 여러 시각으로 조망할 수 있도록 해준다. Lee(2017)가 제시한 틀 내 창의성은 특정 패러다임 내에서 정상과학을 정교화하고 확장시키는 새로운 활동을 의미하며 ‘이론적’ 및 ‘실험적’ 창의성이 발생한다고 보았다. 그와 달리, 틀 간 창의성은 하나의 틀을 다른 틀로, 즉 특정 패러다임을 또 다른 특정 패러다임으로 대체하는 의미로서의 새로움을 의미한다. 틀 간 창의성은 혁명과

학의 의미로서 틀을 전환(shift)하는 차원의 이론적 변화를 이끄는 창의성을 의미한다. 일률적으로 재단할 수는 없겠지만, 틀 내 창의성은 과정적 및 일상적 창의성에 해당되고 틀 간 창의성은 비범한 혹은 전문적 창의성에 해당되는데, 과학 창의성의 교육적 실천은 과학 학습에서 과정적 창의성을 논하고, 과정적 창의성의 작은 성취들이 비약적 발달하여 전문적 창의성의 창발을 꾀하는데 있다. 이에 따라, 구체적으로 틀 내 창의성(이론적 및 실험적)과 틀 간 창의성으로 구분하여 과학 활동 및 과학 발달에서 나타나는 창의성의 특징을 살펴볼 필요가 있다.

초등예비교사가 갖는 ‘과학 창의성’에 대한 인식은 다양한 경로로 형성될 수 있는데, 이들은 대학생이 되기 이전의 창의성 교육(과 관련되는) 경험, 예비교사 교육과정 중에 접하게 되는 창의성의 중요성 및 창의성 함양을 위한 교육 커리큘럼의 영향, 그리고 교사로서의 개인적인 지향의 일부분 등으로 복합적이다. 예비교사의 창의성에 대한 인식이 복잡성을 띠고 있다는 것을 전제로 하여(Park, Park & Lee, 2018), 본 연구는 예비교사의 개인적 변인과 창의성에 대한 인식의 인과관계를 구하기보다는 연구 당시에 초등교육을 전공하는 대학생이 갖는 ‘과학 창의성’에 대한 관점 및 실행에 대한 인식의 연관성에 주목하고자 한다. 어느 부분에서 인식의 연관성이 일치하는지 혹은 어긋나는지에 관한 고찰은 ‘과학 창의성’에 대한 담론에서 제한된 속성이 무엇인지, 그리고 과학교육에서 ‘과학 창의성’의 교육적 실행을 위해 부가되어야 할 논의가 무엇인지 등에 대한 중요한 연결고리가 될 수 있다.

이에, 본 연구는 초등예비교사의 과학 활동에서 이루어지는 ‘과학 창의성’에 대한 인식 및 과학교육적 실행인 ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식의 연관성을 탐색하고자 한다. Kuhn의 논의 즉, 과학 발달의 과학사적 견해를 중심으로 과학의 특성 및 과학 창의성의 특성을 제시한 틀 내 및 틀 간 창의성으로 살펴보고자 한다. 이를 위한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 틀 내 및 틀 간 창의성의 관점에서, 예비초등교사들은 ‘과학 창의성’을 어떻게 인식하는가?

둘째, 틀 내 및 틀 간 창의성의 관점에서, 예비초등교사들은 ‘과학 창의성 교육’을 어떻게 인식하는가?

셋째, 예비초등교사들의 ‘과학 창의성’과 ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식의 연관성은 어떠한가?

II. 연구방법

1. 연구 참여자

본 연구의 목적에 동의하고 자발적으로 면담에 참여한 예비교사들은 교육대학교에 재학 중인 3학년 7명으로 1명의 남학생과 6명의 여학생으로 구성되었다. 연구에 참여한 예비교사들은 미술교육 혹은 음악교육 전공으로 모두 창의성을 강조하기 시작한 비교적 최근의 교육과정을 학생으로서 경험했고, 교육대학의 여러 교과목에서 창의성 교육을 접했으나, 창의성 특히 과학 창의성에 대한 토론이나 특정 교육 프로그램을 접한 경험은 없었다.

2. 자료 수집

자료 수집의 주된 방법은 심층 면담으로 이루어졌다. 심층 면담은

연구 참여자의 사정을 고려하여 개별 혹은 2-3명이 짝이 되어 약속 시간을 잡고 타인의 방해 없는 조용한 장소에서 진행되었다. 면담 시간은 상황에 따라 조금 차이가 있었으나 대체로 2시간 동안 진행되었다. 심층 면담은 반구조화된 방식(semi-structured interview)으로 실시되었고, 주요 질문은 1) 창의성하면 떠오르는 단어는 무엇이며, 그 이유는 무엇인가, 2) 창의성은 언제, 어떻게 발현되는가?, 3) 과학 창의성은 무엇이며, 어떤 맥락에서 발현되는가?, 4) 과학 창의성은 교육을 통해 함양할 수 있는가? 5) 일상적 창의성과 과학적 창의성은 다르다고 생각하는가? 6) 교육에서 과학적 창의성은 어떻게 함양되는가?, 7) 탐구활동을 할 때 어떤 상황에서 학생의 창의성이 발휘되는가?, 8) 과학 탐구활동을 할 때 창의성을 발휘해 본 경험이 있는가? 등으로 구성되었다. 주요 질문을 축으로 하여, 각 질문에 대한 응답을 듣고 그렇게 생각하는 이유와 구체적 예시를 요청하는 등의 추가 질문을 제시하였다. 또한 연구 참여자의 응답이 명확하지 않거나 질문이 너무 포괄적이어서 연구 참여자가 적절하게 응하지 못할 경우, 면담자는 표현 방식을 달리하거나 여러 방향으로 재질문하였다. 다른 방식으로 질문해도 연구 참여자의 응답 내용이 수렴하여 면담이 충분히 이루어졌다고 판단되었을 때 면담이 종료되었다. 모든 면담 내용은 연구 참여자의 동의를 얻어 녹취되고, 즉시 전사되었다.

3. 자료 분석

자료 분석은 예비초등교사의 '과학 창의성'에 대한 인식과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식을 중심으로 이루어졌다. 분석을 위한 개략적인 도구는 Kuhn(1970)의 패러다임 설명을 기반으로 과학적 창의성의 성격을 검토한 Lee(2017)의 틀 내 및 틀 간 창의성을 활용하였다. 틀 내 창의성은 특정 패러다임을 벗어나지 않고 이를 발전시키는 창의성을 뜻하며, '이론적' 및 '실험적' 창의성으로 세분될 수 있다. 우선, '이론적' 창의성은 '이론 자체의 세련화와 관련된' 창의성으로서, '이론적 명료화'의 진전을 이루는 경우이다. 뉴턴 역학이라는 패러다임 내에서 다양한 상황의 이론적(개념, 법칙 등) 문제 풀이, 이를 테면 지구에 대해 진자와 조수의 간만에 관한 몇몇 단편적 관찰 결과들을 수학적으로 이끌어 내는 것 등이 포함된다. 이처럼 뉴턴 역학의 관점에서 볼 때 충분히 과학적 관심이 될 수 있는, 또 해결이 되어야 할 것으로 보이는 구체적 문제에 대해 뉴턴적 패러다임을 쓰는 것이 바로 Kuhn이 말하는 이론적 명료화 작업에 해당한다. 다음으로, '실험적' 창의성은 '이론이 말해주는 바와 사실 간의 맞음의 정확성을 높이

는 경우'로서, 일례로 푸코가 빛의 속도가 물속에서보다 공기 중에서 더 빠르다는 것을 증명한 '실험 도구를 개발'한 것을 들 수 있다. 이 사례는 패러다임 내에서의 특정 문제 풀이(problem solving), 즉 물속과 공기 중의 빛의 속도를 측정하는 문제 상황을 풀기 위해 실험 도구를 개발한 '실험적' 창의성의 예가 된다.

틀 내의 '실험적' 및 '이론적' 창의성이 특정 패러다임 내에서 발현되는 것과 달리, 틀 간 창의성은 특정 패러다임을 대체하는 새로운 패러다임을 제시하는 창의성을 의미한다. 새롭고 뜻밖의 현상이 과학 연구에 의해 끊임없이 드러나게 되고, 과학자에 의해 근본적으로 새로운 이론이 다시 그리고 또다시 만들어지는 것으로 볼 수 있다. 널리 알려져 있듯이, 뉴턴 역학에서 양자역학으로, 천동설에서 지동설로의 혁명적 변화가 틀 간 창의성이 발휘된 과학사적 사건이 된다. 이런 혁명적인 변화 뿐 아니라 작은 혁명적 변화도 틀 간 창의성의 발휘를 필요로 하는 것으로 볼 수 있다.

이상, 틀 내(실험적, 이론적) 및 틀 간 창의성이라는 개념적 도구를 이용하여, 연구 참여자의 '과학 창의성'에 대한 인식과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식을 분석하고, '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육' 인식의 연관성을 탐색하였다. 분석을 위한 개념적 도구는 면담 기록물을 분석을 통해 정교화되었다. 우선, 연구 참여자의 면담 기록물을 주제에 따라 답화 단편(sequence)으로 구분하고, 각 단편에 대해 1) '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'을 범주화하고, 2) 범주별 틀 내(이론적, 실험적) 및 틀 간의 하위 범주로 세분화하였다. 면담 기록물을 범주화하면서 동시에 범주화를 통해 각 범주 및 하위 범주를 유목화 할 수 있었다. 이를 테면, 틀 내 실험적 창의성은 '실험 방법', '실험 조건', '실험 도구', '실험 산출물'로 유목화되었다. 틀 내 및 틀 간 과학 창의성의 범주 및 하위 범주와 각 범주에 해당하는 면담 발췌물의 예는 Table 1과 같다. 이 분석물을 토대로, '과학 창의성', '과학 창의성 교육'에 대한 연구 참여자의 인식을 분석하고, 개별 참여자 및 참여자 간 비교를 통해 '과학 창의성'에 대한 인식과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식의 연관성을 논의하였다.

III. 연구 결과

1. '과학 창의성'에 대한 인식

연구에 참여한 예비초등교사들의 면담 내용을 바탕으로 이들이 과학 창의성에 대해 어떻게 인식하고 있는지를 분석하였다. 그 결과

Table 1. Categories and examples of scientific creativity

과학 창의성 유형	예시
틀 내 창의성 실험적 창의성	실험 방법 실험 조건 실험 도구 실험 산출물 결과를 도달할 수 있는 방법자체를 효과적으로 좀 생각을 해 본다던가 아니면 남들이 계속 이 방법을 실패했는데 다른 방법을 이렇게 끌어다온다던가. 이런 거 자체가 창의성이라고 생각을 하고요
틀 내 창의성 이론적 창의성	문제 풀이 이론의 점진적 변화 개념 병합 이미 발견해 둔 수많은 지식들이 있었어요. 거기에서 뭔가 그냥 전혀 아무관련이 없다고 생각했는데 내가 아니면 과학자가 갑자기 두 개 뭔가 연결고리가 있지 않을까 생각을 해서 정말 실험을 했더니 유의미한 관계가 있었던 거예요. 그런 거를 찾아낼 수 있는 거?
틀 간 창의성	이론의 혁명적 변화 진짜 근대 그때 라부아지에 뭔가 어려운 상황에 부딪혔다고 생각할 수 있을 것 같은 뭐라고 해야 되지 자기이론이 그 이론 만약에 패러다임에 부딪히잖아요. 패러다임에 부딪히면 어디 하나 종말 되잖아요. 프리스틀리가 이기면 자기는 끝 라부아지에 이기면 프리스틀리가 끝이니깐 아 이거 어떡하지? 그런 생각이 들기도 했을 거 같은데. 개혁이라는 관점은 자기 그 원래 플로지스톤 패러다임에서 이제 자기 산소 패러다임을 아예 바꿔버리는 거잖아요.

예비초등교사들은 과학 창의성을 틀 내 실험적 창의성, 틀 내 이론적 창의성, 틀 간 창의성 등 다양한 관점으로 인식하고 있었고, 둘 이상의 관점을 동시에 보이기도 했다. 그러나 대부분은 과학 창의성을 혁명적인 변화를 이끄는 새로운 이론을 만들어내는 틀 간 창의성으로 인식하기보다는, 이론적 및 실험적 차원에서 패러다임의 정교화와 확장에 기여하는 틀 내 창의성으로 인식하고 있었다.

가. 틀 내 창의성

틀 내 이론적 창의성

예비초등교사들의 과학 창의성에 대한 관점 중에서, 틀 내 이론적 창의성에 대한 인식은 크게 세 가지 유형으로 구분되었다. 첫 번째는 패러다임, 즉 정상과학에서 제기되는 문제를 푸는 것으로 과학 창의성을 설명하고 있는 경우이다. 예비초등교사 A가 인식하고 있는 과학 창의성이 여기에 해당한다고 볼 수 있다. 그는 완전히 새로운 것은 없다고 생각하고 있었으며, 기존 개념에 더해지는 것이 창의성이라고 봤다. 또한 과학 창의성은 ‘효과적인 풀이’, ‘난제를 푸는 과정’에서 발휘된다고 생각하며, 이러한 난제를 풀 수 있는 해결과정이 떠오르거나 응용해서 발견하는 것을 과학이라고 생각하고 있었다. 여기서 난제를 푸는 과정은 난제를 해결하는 것을 통해서 새로운 패러다임을 제시하는 것보다는 기존 이론을 바탕으로 문제를 풀어 해결하는 것으로 볼 수 있다.

예비초등교사 A: 일단 아까 말했듯이 난제를 푸는 과정이란 그런 거? 그런 거 뭐 의의도 결국 과학 쪽이잖아요. 몸이나 그런 거? 그런 난제가 아직도 가지고 있는 난제들을 풀 수 있는 해결과정을 떠오르게 하는 거나 그거를 응용할 수 있는 응용해서? 발견해내는 거를 과학이라 생각했는데...

두 번째 틀 내 이론적 창의성에 대한 관점은 과학 창의성을 이론의 점진적 변화와 발달로 보는 경우이다. 예비초등교사 B는 예비초등교사 A와 같이 과학에서 새로운 무언가가 나오는 것은 극소수이며, 뉴턴 역학에서 양자역학으로 변화한 것과 달리, 패러다임 내에서 이론이 확장해 나가며 조금씩 바뀌어 나가는 과정에서 창의성이 발현된다고 생각하고 있었다.

예비초등교사 B: 유연처럼 새로운 게 확 나올까? 획기적인 게? 이게 여러 번 하다 보니까 조금조금 바꾸다가 결국엔 도달하는 것이 아닐까? 과학에 있어서? 과학자들은 새로운 거를 내기엔 내는 거는 저희도 이미 양자역학에 좀 더 진화되어 있잖아요. 양자역학으로 갔잖아요. 근데 그런 거는 극소수고 오히려 이런 게 극소수인 거 같아요. 과학에 있어서 창의성이라는 게 일반예술타나 일반 우리가 살아가는 게 과학에 있어서 더 판을 뒤집기가 어렵게 느껴져요.

세 번째는 기존의 두 개의 이론을 연결하여 기존의 이론을 확장하는 것이 과학 창의성이라고 생각하는 경우이다. 예비초등교사 E가 여기에 해당된다. 그는 존재하고 있는 이론들이 관계가 없다고 생각했는데 그 이론들이 유의미한 관계가 있다는 것을 찾는 과정이 과학 창의성이라고 생각하고 있었다.

예비초등교사 E: 그냥 이미 발견해 둔 수많은 지식들이 있잖아요. 거기에서 뭔가 그냥 전혀 아무 관련이 없다고 생각했는데 내가 아니면 과학자가 갑자기 두 개 뭔가 연결고리가 있지 않을까 생각을 해서 정말 실험을 했더니 유의미한 관계가 있었던 거예요. 그런 거 찾아낼 수 있는 거?

틀 내 실험적 창의성

틀 내 실험적 창의성 범주에 해당하는 예비초등교사들의 과학 창의성에 대한 인식은 이론을 확인할 수 있는 실험 방법을 고안하는 것, 이론의 정확성을 더해 줄 새로운 실험 방법을 찾는 것, 실험 방법에서 도구를 바꾸는 것, 실험 조건을 바꾸는 것, 실험의 산출물을 얻는 것으로 총 다섯 가지 경우로 분류할 수 있다.

첫 번째는 이론 확인을 위한 자료를 수집하기 위해 새로운 실험 방법을 시도하는 것을 과학 창의성으로 인식하는 것이다. 예비초등교사 A는 예측한 것을 얻기 위한 실험 방법을 고안하는 것을 과학 창의성으로 인식하고 있었다. 즉, 예비초등교사 A는 원하는 결과가 있다고 하면 이 결과에 도달할 수 있는 방법을 생각해내거나 효과적인 방법이 무엇인지를 생각해보고 시도할 때 창의성이 필요하다고 생각하고 있었다.

예비초등교사 A: 그거 방법자체가 일단은 너무 뜬금없는 방법은 아니면 뭔가 그렇게 근거가 있는 방법이면 시도하는 여러 방법 자체가 창의성으로 인해서 효과적인 방법을 좀 시도를 해볼 수 있다고 해야 되나? 뭔가 아무것도 모르게 제가 생각하기에 아무것도 모르면 이거를 가지고 원하는 결과가 있다고 치면 이 결과에 도달할 수 있는 방법을 모를 것 같은데 뭔가 지식이 있고 창의성이 있고 이러면 결과를 도달할 수 있는 방법 자체를 효과적으로 좀 생각을 해 본다던가 아니면 남들이 계속 이 방법을 실패했는데 다른 방법을 이렇게 끌어다온다던가. 이런 거 자체가 창의성이라고 생각을 하고요.

두 번째는 이론의 정확성을 더해 줄 결과를 얻을 수 있는 새로운 실험 방법을 찾는 것이다. 예비초등교사 F가 생각하고 있는 과학 창의성은 여기에 해당한다고 볼 수 있다. 그는 한 이론을 바탕으로 실험을 해서 얻은 실험 결과와 동일한 실험 결과를 얻을 수 있는 방법을 찾는 것을 과학 창의성으로 보고 있었다. 즉 R이라는 결과를 얻는 실험이 있고, 그 실험에 기반이 되는 이론 T1이 있는데, 결과 R을 얻는 새로운 실험을 찾았고 그 실험이 다른 프레임 즉 다른 이론 T2를 기반으로 했다면, 기존 이론 T1과 새 이론 T2가 연결되어 있다는 것을 창안해낼 수 있다고 보았다.

예비초등교사 F: 이런 틀을 가지고 이런 프레임으로 가지고 실험을 하면은 하나의 결과가 이런 결과가 나왔으면은 이런 프레임으로 가지고 실험을 했을 거다 이게 고정관념이라면 이런 [다른] 프레임으로 가지고도 실험을 했다면 이런 결과가 나올 수 있다 이거를 찾아내는...

세 번째는 자료를 수집하는 도구의 변화의 관점으로 과학 창의성을 인식하고 있는 경우이다. 예비초등교사 C와 D가 대표적이다. 이들은 기존에 측정암을 발견할 수 있는 방법을 바꿔 측정암을 초기에 진단할 수 있는 키트를 만드는 것(이를 예로 들면서 실험도구를 기존의

1) 2012년에 15살 나이의 Jack Andraka는 측정암을 초기에 진단하는 키트를

방식대로 사용하는 것에서 벗어나 변형을 해서 실험을 할 때, 또는 결과를 얻을 수 있는 새로운 도구를 만들거나 발견하는 과정에서 과학 창의성이 발휘되는 것이라고 생각하고 있었다.

예비초등교사 C: 그 우연한 도구를 바꾼 그게 엄청난 그게 pH종이가 취장암을 발견할 수 있었던 것처럼 우연한 도구의 체인지가 그렇게 할 수 있을지도 모르는데 그게 창의적인 발견이죠. 근데 저는 바꾼 행위 자체가 창의적인가? 도구가 뻗은 거라서 그런가? 그런 행위자체는 ... [중략]... 기존에 있는 방식대로 이용하는 거는 약간 창의적인 게 아니라

예비초등교사 D: 뭔가 창의성이 발휘되면 그 결국에는 다른 결과물이 나올 수 있다고 생각해요. 사실 옛날에는 취장암 비슷한 도구를 바꾸는 거잖아요. 도구를 바꿔서 결국에는 검사 결과 방법을 바꾸는 거니까 그 자체가 이런 조금한 행동 이런 것들 다 결과나 이론을 나타낼 수 있을 것 같아요.

네 번째는 특정 결과를 얻기 위해 실험 방법에서 조건 변화를 주는 것이다. 예비초등교사 B는 과학자가 특정 결과를 얻기 위해 똑같은 실험을 하지만 이 실험에서 조건을 바꾸고 지속적으로 검토하는 것이 과학 창의성이라고 생각하고 있었다.

예비초등교사 B: 제가 보는 과학자들이 하는 실험은 제가 어렸을 때 생각하던 그런 과학자 같은 실험이 아니라 엄청 특정한 결과물을 내기 위한 끝없는 똑같은 일을 하는 거고 조건만 바꿔서 계속 계속하고 진짜 창의성이 그것도 창의성이긴 한데 창의성이 과연 필요한가라고 생각이 들 정도로 조금씩만 바꿔서 계속 계속 하는 게 많더라구요. 제가 느낀 그런 많은 실험들 같은 게?

다섯 번째는 실험의 산출물, 즉 제품과 같은 인공물을 발견하거나 발명하는 것을 과학 창의성으로 인식하고 있었다. 예비초등교사 E는 새로운 발명품을 발견하는 것도 과학 창의성이라고 볼 수 있다고 생각하고 있으며, 예비초등교사 G는 과학 창의성은 과학에만 머무는 것이 아니라 기술과 연계되어 새로운 상품이 개발되는 것처럼 기술로 표출되어야 한다고 생각하고 있었다. 또한 예비초등교사 F는 문제 상황을 발견하는 능력을 과학 창의성에서 중요한 것으로 보고, 지식을 알고 있는 것은 창의적인 것이 아니라 이를 적용하여 불편하거나 싫은 거를 개선하는 것이 창의적인 것이라고 생각하고 있었다. 예비초등교사 C도 과학 창의성을 F와 유사하게 인식하고 있는 것으로 볼 수 있다. C는 일상의 불편함을 개선하기 위해 무언가를 개선하거나 그 불편함을 해결하기 위한 무언가를 만들어 내는 것 보다는 기존의 쓰임과 다른 새로운 쓰임을 만드는 것을 창의성이라고 하면서, 과학 창의성도 같은 맥락에서 인식하고 있었다. 그런 의미에서 C가 인식하기에 과학 창의성은 지식이 있어야 무언가를 발견해 나갈 수 있는 것으로, 구체적으로는 과학 지식을 바탕으로 새로운 인공물을

발견해 나가는 것을 의미했다.

예비초등교사 E: 저는 과학에서 창의성이라고 하면 그 친구처럼 그 한 새로운 그런 발명품을 발견하는 뭐 과학에서 창의성이라고 할 수는 있겠지만 그냥 학교에서 배우는 지식에 그치지 않고 삶속에서 과학적인 것들과 연관시킬 수 있는 거? 그것도 창의성이라고 볼 수 있을 것 같아요.

예비초등교사 G: 그렇게 그런걸 쌓아가서 그거를 과학에만 머무는 것이 아니라 기술로 표출을 해줘야지

예비초등교사 F: 저도 과학이 과학에 대해서 창의성 그 어떤 원리를 배우고 적용하고 끝나는 건 창의적이지 않다고 생각을 하고. 창의성이 결국은 다 연결되는 말인데 좀 좋고 싫음이 분명해야 내가 좋아하는 거 내가 싫은 거 내가 불편한 거 내가 편한 거 이런 것들이 좀 확실하면 불편하거나 싫은 거를 개선하려고 노력할 거 아니에요. 그 과정에서 자신이 알고 있는 지식을 이용하는 거지 결국 핵심은 문제 상황을 발견해내는 능력?

예비초등교사 C: 약간 다른 것은 뭐 펜이 불편해서 고친다던가 이런 거 말고 진짜 남들이 생각을 못해내는걸 하는 거예요. 저 옛날에 달인을 본적이 있는데 옷걸이를 뭘 어떻게 구부려서 별걸 다 만들어요. 막 컵홀더도 만들고 지하철에서 줄다가 쓰러지지 않게 하는 우산도 별걸 다 만드는데, 그냥 내가 뭔가 불편해서 바꾼다는 것 보다는 아무런 관련이 없는 소품을 가지고 기발하게 만들어 내는 게 약간 일상적 창의성이 아닐까 생각을 하고 과학은 똑같아요. 지식이 있어야 그 안에서 무언가를 과학을 무언가를 발견해 내는 것이 때문에 지식이 있어야 되지 않을까 생각이 듭니다.

이상, 틀 내 창의성의 범주에 해당하는 예비초등교사들의 인식을 살펴본 바에 따르면, 틀 내의 이론적 및 실험적 창의성은 매우 다양하게 나타났다. 틀 내 이론적 창의성에 해당되는 인식은 과학 창의성을 패러다임 내에서 문제풀이나 이론을 확장하는 등의 조금씩의 점진적인 변화를 가져오는 것을 의미했다. 틀 내 실험적 창의성에 대한 인식은 좀 더 다양했는데 패러다임 내에서 이론의 명료화를 위해 자료를 수집하는 방법을 고안하거나, 이미 알려진 사실들을 재정립하는데 필요한 보다 정밀하고, 신뢰도가 크고, 적용 범위가 넓은 방법을 찾고, 실험을 통해 인공물과 같은 산출물을 만들어내는 것 등으로 드러났다.

예비초등교사의 과학 창의성에 대한 인식을 틀 내 이론적인 범주와 실험적인 범주를 나누어 제시했다 하더라도, 개별 예비초등교사의 발췌문을 검토하면 두 범주의 인식이 틀 내 이론과 실험의 범주에 어떻게 연결되는지를 알 수 있다. 예비초등교사 A, B, E의 과학 창의성에 대한 인식은 틀 내 이론적이고 실험적인 범주에 모두 해당되었으나, C와 F의 인식은 틀 내 실험적 범주에만 해당되었다. 한편, D는 틀 내 실험적이면서 틀 간 이론적 창의성에 해당되는 인식을 보여주었고, G는 틀 간 이론적 창의성에 해당되는 인식만을 드러냈다.

틀 내 이론적 및 실험적 창의성은 창의성의 4C 모델 중에서 과학 창의성의 과정적(mini-c)의 성격을 구체화해준다. 틀 내 이론적 창의성에 대한 인식은 좀 막연해서 언어적으로 상제화되거나 실제 상황에서 이미지화할 수 있는 구체성이 더 요구된다. 그에 비해, 실험적 창의성에 대한 인식은 과학 활동의 구체적 모습을 드러내며 조금씩의 변화를 도모하는 과정적 창의성을 잘 보여준다. 패러다임 내에서 새로운 실험 방법의 고안이나 도구에 변화를 준다거나, 혹은 지식을 활용

발명한 것으로 국제과학경진대회의 우수상을 받았고 세계적인 주목을 받았다. 이 키트는 취장암 초기에 발견되는 것으로 알려진 메소텔린 단백질을 인식하는 항체를 종이를 기반으로 탄소나노 튜브에 입힌 것이다. 기존의 검사 방식보다 저렴한 가격으로 초기에 진단이 가능하다는 기대를 받고 있지만 인간을 대상으로 임상승인이 된 것은 아니다. 연구대상자가 기술한 것과 같이 pH 종이를 우연히 변형하여 발견한 것은 아니다. 진단 키트의 작용 원리에 대해서 명확히 이해하고 있는 것은 아니지만, 종이를 된 취장암 진단 키트의 고안을 창의적 도구 사용으로 인식하는 것은 실험적인 창의성의 한 예로 볼 수 있다.

하여 산출물을 만드는 방식의 실험적 창의성은 패러다임이라는 큰 틀을 변화하지 않으면서 이론과 연관된 다양한 실험 측면의 창의적 모색을 하는 것이다. 즉, 과학자의 실험뿐 아니라 과학 교과에서 다루는 탐구 실험 내에서 가능한 과학 창의성을 과정적 창의성으로 개념화하고 교육적 실천으로 연결할 수 있는 인식의 확장 가능성을 보여 주었다.

나. 틀 간 창의성

연구 참여자 중 일부는 과학 창의성을 틀 간으로 인식하고 있었는데, 특히 예비초등교사 D와 G가 이 관점을 드러내었다. 예비초등교사 G는 플로지스톤이 폐기되고 라부아지에에 의해서 새롭게 제기된 산소 패러다임으로 전환된 과학사의 사례를 들면서, 패러다임 전환이라는 Kuhn의 과학 혁명의 관점으로 과학 창의성을 인식하고 있었다. 예비초등교사 D는 기존의 지식을 통달하고 그 지식에 의문을 갖게 되면서 새로운 생각으로 전환되고 무언가를 만들어 냈을 때 창의적 결과물이 나오는 것을 창의성으로 보고 있었다. 여기서 무언가를 만들어 낸다는 것의 의미가 기존 틀 내에서 새로운 생각으로 결과물을 만들어 내는 것에 한정하지 않고, “과학에 있어서 뭔가를 개발”하거나 “뭔가 새로운 이론을 개발”하는 것으로서 기존 지식에 의문이 들어서 새로운 생각으로 전환하는 것을 과학 창의성이라고 인식하고 있었다.

예비초등교사 G: 그거 있잖아요.(중략)... 바뀌어버린 거잖아요. 개혁이라는 관점은 자기 그 원래 플로지스톤 패러다임에서 그 이제 자기 이제 산소 패러다임으로 이에 바뀌버리는 거잖아요. 바뀌어버린 거잖아요. 자기가 이렇게 별거 아닌 거 같은데 별거 아닌 생각을 통해서 자기 이론으로 탁탁탁 정립해 버린 거니까 플로지스톤 패러다임에서 산소 패러다임으로 이동 완전히 개혁해가지고

예비초등교사 D: 과학에 있어서 뭔가를 개발하는 사람은 뭔가 새로운 이론을 개발하는 사람들... 통달을 해야지 뭔가 거기서 새로운 것을 의문이 생기고 그럴 텐데 그리고 왜냐하면 또 과학은 여기까지 배웠는데 이거보다 중학교 때 여기까지 배웠어요. 근데 나중에 보니까 고등학교 때 뭔가 또 있어. 내가 여기서 이런 생각을 했다고 해도 되게 체계적인 결과물이 나올 수 있는 게 아니니까 그 분야에서는 다 뭔가 통달을 해야지 거기서 뭔가 거기서 의문이 들어서 새로운 생각을 해서 무언가를 만들어 냈을 때 창의성이 결과물이 나올 수 있을 때

틀 간 창의성 범주는 예비초등교사 G의 경우 과학사의 사례를 들면서 혁명적 과정으로 과학 창의성을 설명하고 있어 비범한 창의성(Big-C)을 의미하며, D의 경우 (오랜 학습을 통한) 지식의 통달을 거쳐 새로운 이론을 개발하는 것을 설명하고 있어 전문적 창의성(pro-C)에 해당된다고 볼 수 있다. G와 D가 과학 창의성을 제시하는 맥락이 과학사 사례 혹은 과학 학습으로 다르긴 하지만, 과학 창의성의 핵심으로 틀을 깨고 새로운 이론이나 새로운 결과물을 창출하는 것에 초점을 두고 있음을 알 수 있다.

2. ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식

예비초등교사들은 교과서에 실험 과정이 제시되어 있고 실험에서 안전의 문제 그리고 시간이 부족하기 때문에, 창의성이 발현되고 창

의성을 발달시키는 과학수업이 어렵다고 생각하고 있었다. 그들은 그런 생각을 하면서도 과학 창의성 교육이 가능하다고 보았는데, 틀 내 실험적 창의성의 관점에서 창의성이 발현되거나 발달시킬 수 있는 과학 수업의 가능성을 인식하고 있었다. 즉, 예비초등교사들은 과학 창의성 교육에서 과학 실험이 다양한 가능성이 있고 이를 통해 과학 창의성을 발달시킬 수 있다고 보고 있었다. 구체적으로 네 가지 방식의 인식이 드러났다.

첫째, 실험 주제가 있고 실험 방법도 제시되어 있지만, 그 실험을 변형하는 등의 실험에 대해 생각할 기회를 제공하는 수업을 통해 과학 창의성 교육이 가능할 것이라는 인식이다. 예비초등교사 A가 여기에 해당되는데, 그는 탐구 활동에서 제시된 실험을 더 효과적으로 할 수 있는 방법을 찾아보도록 안내함으로써 학생들의 사고를 촉진하는 방식으로 과학 창의성 교육이 가능하다고 인식하였다. 이와 유사하게, 예비초등교사 E는 실험주제가 있고 그에 해당하는 실험을 하는 과정에서 학생들에게 스스로 생각을 할 수 있는 질문을 함으로써 과학 창의성 교육이 이루어질 수 있다고 보았다.

예비초등교사 A: ... 그냥 교과서에 있는 거 그대로 하고 과학도 그대로 하고 그런데 뭔가 조를 나눠서 과학실험을 더 효과적으로 해보라던지 경쟁도 붙여주기도 하고 이러면 애들이 일단 생각하는 거를 시도할 수 있는 시작자체가 뭐 교사의 영향이라고 해야 되나? 수업을 재구성해서 이런 거 교육에서, 교육부에서 이렇게 지침이 내려오면 한번쯤 교사가 그거에 대해서 생각을 해서 시도를 하는 게 어떤가...

예비초등교사 E: ‘그 틀린 거고, 이거 실험은 이렇게 해야 돼 애들아.’ 이렇게 말하는 게 아니라 ‘너네가 이렇게 실험을 했던 이유가 뭐야?’ 이렇게 물어보고 애들이 입에서 ‘저희는 이렇게 생각을 했어요.’ 이러는데 ‘아 그렇게 되려면 이 부분은 어떻게 돼?’ 이런 식으로 조금 스스로 알게끔 ‘잘못됐나?’ 이런 생각을 할 수 있게 질문을 계속 던져주는 거? 실험을 하는 과정에서? 근데 그 대신 절차나 이런 것들도 너무 많이..

두 번째는 첫 번째와 동일하게 실험의 주제가 있지만 방법을 제시하지 않고 그 문제를 해결하기 위해 다양한 방법을 생각하도록 함으로써 과학 창의성 교육이 가능할 것으로 보고 있었다. 예를 들면, 예비초등교사 D의 경우 얼음을 빨리 녹이는 것을 주제로 하고 있지만 방법을 제시하지 않고 학생들에게 생각을 해보도록 함으로써 과학 창의성 교육을 할 수 있다고 생각하고 있었다. 마찬가지로, 예비교사 B도 학생들에게 문제 상황을 제시하고 이를 해결하는 방법을 고안하도록 하는 수업을 과학 창의성 수업이라고 생각하고 있었다.

예비초등교사 D: 얼음을 누가 더 빨리 녹이나 이런 게임을 했어요. 6모둠에서. 근데 방법이 다 다른 거예요. 어떤 애들은 뜨거운 물에 담그고 있고 어떤 애는 몸 안에 집어넣고 어떤 애들은 선풍기 앞에 가져다놓고. 그런 게 창의성 교육이 될 수 있지 않나 싶어요.

예비초등교사 B: 한, 두 가지 정도를 생각해볼 수 있을 거 같은데 그냥 문제가 문제를 가상적인 상황을 주고 이거를 어떻게 하면 해결할 수 있을까? 예를 들어서 마선 같이 내가 화성에 떨어졌다면 어떻게 해서 살 수 있을까? 그러면 좀 과학적 지식이 활용이 되잖아요. 그런데 만약에 이미 아는 게 너무 적은 거 같아요. 제 생각에 초등학생 애들은 그래서 한정적이겠지만 지식도 적고 이러니까 좀 더 과학 자체로만 창의성을 발현해야 된다 이런 거는 저는 힘들 것 같구요. 그런 것처럼 왜 그랬을

Table 2. Perception of pre-service elementary school teachers about scientific creativity and scientific creativity education

예비교사	과학 창의성에 대한 인식			과학 창의성 교육에 대한 인식		
	틀 내		틀 간 이론적	틀 내		틀 간 이론적
	이론적	실험적		이론적	실험적	
A	✓	✓			✓	
B	✓	✓			✓	
C		✓			✓	
D		✓	✓		✓	
E	✓	✓			✓	
F		✓			✓	
G			✓			

까? 탐구해보거나 문제 상황을 주는 거예요. 그러면 어떻게 해보는 걸까?

두 번째가 문제를 해결할 수 있는 실험 방법을 고안하는 것에 초점을 두고 있는 반면, 세 번째는 도구 발생(*instrumental genesis*)²⁾을 통해 과학 창의성을 교육시킬 수 있다고 생각하는 경우이다. 예비초등교사 C는 학생들이 원하는 목표가 있고 그 목표를 실현할 수 있는 실험에 필요한 도구를 직접 만들어 봄으로써 학생들이 과학 창의성이 발달할 수 있다고 생각하고 있었다. 즉 기존의 실험 도구의 한계로 인해 학습자는 실험하는 데 제한을 받게 되어 적합한 새로운 도구를 고안하는 과정에서 과학 창의성이 발달할 수 있다고 생각하는 것으로 해석할 수 있다.

예비초등교사 C: 온갖 도구들이랑 풀 가위 이런 걸 다 가져다놓고 직접 뭔가를 만들어보게 하는 거예요. 내가 어떤 목표가 있어 나는 이걸 이렇게 해 볼거야 할거면 그거에 도달하기 위해서는 어떤 실험도구가 있어야 실험을 진행할 수 있을지 플라스크만 있으면 안돼요. 내가 뭔가를 어떻게 해가지고 붙이고 해서 내 생각대로 실행시킬 수 있는 실험도구를 만들어오는 거요. 그러면 그 과정에서 계속생각하고 틀리면 또 생각하고 방법 바꿔보다가 연습을 실패할 수 있지만 실패도 하나의 자기의 새로운 사고의 거름이 되지 않을까 합니다.

네 번째는 앞 선 사례들과 다르게 교사가 주제를 제시하는 것이 아니라 학생들이 탐구하고자 하는 주제를 직접 정하고, 그 주제에 대한 문제를 해결하기 방법을 찾는 것을 통해서 과학 창의성 교육이 가능하다고 생각하는 경우이다. 예비교사 F는 탐구할 주제를 교사가 제시하는 것이 아니라 학생들이 결정을 하고 학생들이 실험을 설계하고 문제를 해결하도록 하는 수업을 하는 것을 과학 창의성을 위한 수업이라고 생각했다.

예비초등교사 F: 애들한테는 칠판에 칠판이나 화이트보드 같은 걸 걸어 놓고 너네가 지내면서 궁금한 것들을 적어봐라. 그래서 뭐 시간이 지나

그런 것들이 좀 쌓일 거 아니에요. 그걸 다 읽어주고 애들한테 제일 흥미로운 주제를 투표를 시켜서 그거를 밝혀내는 프로젝트나 실험을 직접 처음부터 애네가 설계하고 알아낼 수 있게 그런 거를 할 것 같아요.

이처럼 예비초등교사의 과학 창의성 교육에 대한 인식은 모두 틀 내 실험적 창의성에 해당되었으며 구체적인 교수학습 상황으로 전개되었다. 현 교육과정에서 제시하는 실험을 따르되, 주어진 문제 상황에서 실험 방법이나 도구 등의 다양한 시도를 허용하는 방식이 가능하다고 인식하였다. 또는 문제 상황을 학생들이 스스로 궁금한 것으로부터 출발하는 실험 방식도 가능하다는 인식을 보여주었다. 이러한 인식은 과학 내용지식이나 이론보다는 실험 과정에 참여하는 방식에 있어서의 조금씩의 변화를 의미하므로, 과정적 창의성의 발현과 축적이 교육적으로 가능하다는 판단을 보여준다 하겠다.

3. '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식의 연관성

예비초등교사들의 과학 창의성에 대한 인식이 과학 창의성 교육에 대한 인식과 연관성이 있는지를 살펴보았다. Table 2에서 볼 수 있듯이, 초등예비교사들의 과학 창의성에 대한 인식은 틀 내 이론적 창의성(A, B, E), 실험적 창의성(A, B, C, D, E, F), 틀 내 틀 간 창의성(D, G)로 다양하게 나타났다. 그와 달리, 과학 창의성 교육에 대한 인식에 있어서는 자신의 생각을 드러내지 않은 G를 제외한 모든 예비초등교사가 틀 내 실험적 관점에 국한해서 과학 창의성 교육의 가능성을 인식하고 있었다. 이처럼 예비초등교사들이 인식하고 있는 과학 창의성의 스펙트럼은 넓은 반면, 과학 창의성 교육은 제한적으로 나타났다. 즉, 과학 창의성과 과학 창의성 교육에 대한 인식이 틀 내 실험적 관점으로 일관성 있게 나타난 반면(A, B, C, D, E, F), 과학 창의성에 대한 인식이 틀 내 이론적 관점 또는 틀 간 창의성에도 해당되었지만 과학 창의성 교육에는 반영되지 않는 인식도 드러났다(A, B, D, E, F).

예비초등교사별로 과학 창의성과 과학 창의성 교육에 대한 인식의 연관성을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 예비초등교사 A는 과학 창의성을 틀 내 실험적 및 이론적 차원에서 인식하고 있었고, 과학 창의성 교육에 대한 인식은 틀 내 실험적 창의성의 범주에 해당되었다. A는 주제가 정해져 있을 때 결과가 정해져 있더라도 그 방법을 찾는 것 즉 다양한 방법을 시도해 보는 것, 다양한 실험을 해보는 것 자체가 과학 창의성이라고 생각하고 있었다. 그리고 주제가 정해져 있지 않을 경우 다른 사람들이 해보지 않은 것을 선정하기 때문에 주제 선정부터 창의적이고 생각하고 있었다. 그러한 과학 창의성에

2) Autigüe(2002)는 수학 학습에서 인공물 즉 도구의 연관성을 살펴보는 연구에서 도구 발생(*instrumental genesis*)을 제시하였다. 도구 발생은 사용자가 인공물과 상호작용하며 인공물을 도구로 통합시키는 과정(Lee, Noh, & Lee, 2017)으로 '도구 조정화'와 '도구 전용화'로 작동한다고 보고 있다. 본 연구에서 예비초등교사가 기존의 실험도구만을 활용하는 것을 넘어서 탐구 즉 실험을 하는데 필요한 도구를 고안하는 것이라고 보는 것은 탐구와 실험에서 실험 도구가 단순히 보조물이라고 볼 수 없다고 할 수 있어 도구 발생의 관점으로 해석을 하였다.

대한 인식과 일관되게, 과학 수업에서 탐구할 주제가 정해져 있을 때, 자유롭게 실험을 해보거나, 주제가 정해져 있지 않을 경우 주제를 선정하는 것을 통해서 창의성 교육이 이루어질 수 있다고 했다.

예비초등교사 B는 A와 마찬가지로 과학 창의성에 대해 틀 내 실험적 및 이론적 창의성으로 인식했고, 과학 창의성 교육에 대한 인식은 틀 내 실험적 창의성의 관점을 가지고 있는 것으로 드러났다. B는 실험 조건을 조금씩 바꿔가며 실험을 수행하는 것이 과학 창의성이라고 인식하고 있고, 과학 수업에서 문제 상황을 주고 그 문제를 어떻게 해결할지, 혹은 어떤 실험을 할지 생각해보도록 하는 것이 과학 창의성 교육이라고 보고 있어서, 실험과 관련된 과학 창의성의 인식이 과학 창의성 교육에 대한 인식과 일치하고 있었다. 그와 더불어, 과학 창의성 교육에 대한 인식은 과학 창의성에 대한 인식의 범위보다 더 크게 나타났는데, 창의성 교육 실천에 있어서 특정 실험에서 변화를 주는 것으로 한정하지 않고 다양한 실험을 시도하는 것으로 확장되어 있었다.

예비초등교사 C는 과학실험 과정에서 도구의 변화를 주는 것 즉 도구 발생이 일어나는 것을 과학 창의성이라고 인식하고 있었으며, 과학 창의성 교육도 이러한 인식과 동일하게 결과를 얻을 수 있는 필요한 도구를 만드는 것으로부터 가능하다고 생각했다. 도구의 발생이라는 측면에서는 동일하지만, 구체적으로는 다소 차이가 있었는데, 이를 테면 과학 창의성에 대한 인식에서는 측정암을 진단하는데 pH 시험지로 변형한 사례를 들면서 창의성을 설명하고 있었다. 즉, 용액의 액성이 얼마나 산성인지 염기성인지 판단하는데 사용하는 도구를 변용하여 측정암을 진단하는데 사용하는 것을 의미하는 ‘도구 전용화’(Lee et al., 2017)로 과학 창의성을 설명하고 있었다. 그와 달리, 과학 창의성 교육에서는 내 생각대로 사용할 수 있는 실험도구를 만드는 것, 즉 실험 도구의 한계로 인해 실험에 적합하지 않은 도구를 개선을 하거나 새로운 도구를 만들어내는 ‘도구 조정화’(Lee et al., 2017)의 측면으로 과학 창의성 교육이 가능할 것이라고 생각하고 있었다.

예비초등교사 D의 경우, 과학 창의성은 틀 내 실험적 창의성과 틀 간 이론적 창의성의 관점으로 인식되고 있었지만, 틀 내 실험적 창의성의 관점에서 과학 수업에서 과학 창의성 교육이 가능할 것이라고 여겨졌다. D의 과학 창의성과 과학 창의성 교육에 대한 인식은 틀 내 실험적 관점은 동일하지만 구체적인 면에서는 차이를 보이고 있었다. 그는 어떤 문제를 해결하기 위해서 기존의 방법에서 도구를 변화시켜 도구 발생이 일어나는 것을 과학 창의성으로 생각하고 있었고, 과학 수업에서 주제를 주고 어떻게 그 방법을 해결할 수 있을지 다양한 실험 방법을 생각하게 해서 과학 창의성을 키워줄 수 있을 것으로 생각하고 있다.

예비초등교사 E는 A, B의 인식과 유사하게 과학 창의성을 틀 내 이론적 및 실험적 창의성으로 생각하고 있었으며, 과학 창의성 교육에서는 틀 내 실험적 창의성의 관점이 반영되어 있었다. 틀 내 관점에서 서로 다른 지식을 연관한다거나 지식을 일상에서 적용하고 기술을 발휘하여 실험 산출물을 만들어내는 것을 과학 창의성으로 인식하고 학생들에게 질문을 해서 실험 주제를 그대로 따라가는 것이 아니라 그 과정에 대해 사고하게 해주는 방식의 과학 창의성 교육을 제시했다.

마지막으로 예비초등교사 F는 과학자들이 과학 활동을 할 때 정해진 공식이나 고정관념에서 벗어난 실험을 해서 어떤 결과가 나올 수

있는지를 찾아내는 것, 즉 기존 실험과 다른 구성을 해보는 것을 과학 창의성이라고 생각하고 있었다. 예비초등교사 F의 과학 창의성에 대한 이러한 인식은 과학 창의성 교육에 일관적으로 반영되어 있었다. 그는 탄산음료를 보관할 때 어떻게 하면 제일 탄산이 덜 빠질 수 있는지와 같은 주제를 가지고 다양한 방법으로 실험을 설계해보면서 과학 창의성을 키워줄 수 있다고 인식하였다. 더 나아가, 학생들이 프로젝트 주제를 직접 정하고 실행하면 기존에 제시된 주제를 따라하는 것보다 훨씬 창의적으로 문제를 해결할 수 있을 것이라고 보았다.

이처럼 예비초등교사들의 과학 창의성에 대한 인식은 이론과 실험의 영역에 걸쳐 다양하게 나타났지만, 이러한 인식이 과학 창의성 교육에는 부분적으로 반영되어 있었다. 또한 이들은 ‘이게 맞는지는 모르겠지만’, 또는 ‘과학을 잘 몰라서’라는 표현을 하면서 자신들이 생각하는 과학 창의성에 대해서 확신을 가지고 있지 않은 모습을 보이기도 했다. 예를 들면 예비초등교사 B는 조건을 바꾸면서 실험을 하는 것이 과학 창의성이라고 생각한다고 하면서도 ‘이게 창의적이라고 볼 수 있는지 모르겠다’는 표현을 하면서 자신의 생각에 대해서 확신을 가지고 있지 않았다. 이는 예비교사들은 과학 창의성에 대한 이론적 논의 또는 이에 대한 경험이 부족해서 자신의 생각에 대한 확신을 가지고 있지 않았을 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 예비초등교사들은 과학 창의성 교육을 다각적인 측면에서 접근하기보다는 실험과 같은 가시적인 활동에서 가능한 것으로 인식하고 있었다. 이는 예비초등교사들이 과학 창의성에 대한 다각적 이해가 과학 창의성 교육의 구체적 실행 장면으로 연계될 수 있는 담론의 전개와 경험의 필요성을 방증한다고 하겠다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 교사의 인식이 실행에 토대가 된다는 점을 전제로, 예비초등교사의 ‘과학 창의성’에 대한 인식, ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식, 그리고 그 두 인식의 연관성을 탐색하고자 하였다. 예비초등교사들의 ‘과학 창의성’ 및 ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식을 탐색하기 위한 개념적 도구는 틀 내 및 틀 간 창의성을 사용하였다. 틀 내 창의성 범주는 ‘이론적 창의성’과 ‘실험적 창의성’을 포괄하고 틀 간 창의성 범주는 ‘이론적 창의성’을 의미하였으며, 각 범주 및 소범주에 해당하는 예비초등교사 인식의 내용과 특징을 살펴보았다.

연구 결과는 첫째, 예비초등교사들의 과학 창의성에 대한 인식은 틀 내 및 틀 간 창의성의 범주에 걸쳐 다양하게 드러났다. 틀 내 이론적 창의성에 해당하는 것으로, ‘정상 과학 내에서의 문제풀이’, ‘이론의 점진적 변화와 발달’, ‘기존 이론의 확장’이라는 인식을 갖고 있었다. 틀 내 실험적 창의성에 대해서는 ‘이론 확인을 위한 실험 방법 고안’, ‘이론의 정확성을 높이는 새로운 실험 방법 모색’, ‘실험 조건이나 도구의 정교화’, ‘실험의 산출물을 얻는 것’이라는 인식을 보여주었다. 틀 간 이론적 창의성에 대해서는 ‘과학 이론의 개혁’, ‘통달을 통한 새로운 사고와 결과물 생성’이 제시되었다.

둘째, 예비초등교사들의 ‘과학 창의성 교육’에 있어서는 틀 내 실험적 창의성에 대한 인식만 나타났다. 과학 창의성 교육적 차원에서는 실험적인 방안이 구체적으로 제시되었는데, 이를 테면 주어진 주제에 대해 기존의 실험 방법을 변형하거나 도구의 다양한 쓰임새를 고안하는 것, 문제 해결의 방법을 찾아내기, 그리고 문제 제기부터 탐구의

전 과정에서 학생이 주도적으로 진행하는 방법 등이다. 즉, 과학 창의성에 대한 인식이 틀 내 및 틀 간에 걸쳐 다양하게 드러난 것과 달리, 과학 창의성 교육은 틀 내 실험적 창의성에 국한해서 드러났지만 그 다양성은 매우 구체적으로 제시되었다.

셋째, 예비과학교사의 '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식의 연관성은 매우 국소적으로 나타났다. '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'에 대한 예비초등교사의 인식은 틀 내 실험적 창의성이라는 영역에서는 매우 연관되지만, 틀 내 이론적 창의성이나 틀 간 창의성 범주에서는 연관성이 거의 없는 것으로 드러났다. 그 이유는 앞서 제시되었듯이, '과학 창의성'에 대한 인식의 스펙트럼이 틀 내에서 틀 간에 걸쳐 넓게 드러난 것에 비해, '과학 창의성 교육'에 대한 인식은 틀 내 실험적 창의성에 제한되어 나타났기 때문이다. 그러나 인식의 스펙트럼 차이와 별개로, '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식의 연관성이 드러난 실험적 창의성의 방식은 매우 유사했다. 이를 보면, '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'이 가능한 실험적 측면에 대해 '실험 방법', '실험 조건', '실험 도구'의 변화, '실험 산출물 생성'이라는 방식으로 유사하게 인식하고 있었다.

이상의 연구 결과로부터 도출된 교육적 함의는, 첫째 예비초등교사의 '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'에 대한 인식의 연관성을 높이기 위해서는 구체적 수준의 논의로부터 출발해야 한다는 점이다. '과학 창의성'에 대한 인식은 틀 내 및 틀 간의 범주에 걸쳐 나타나는 것에 비해 '과학 창의성 교육'은 틀 내 실험적 창의성에 국한하여 나타나는 것을 볼 때, 예비초등교사의 폭넓은 '과학 창의성'에 대한 인식이 교육적 실천으로 구체화될 때 그 인식이 매우 협소해진다는 것을 의미한다. 즉, '과학 창의성'에 대한 인식은 구체적 차원과 추상적 차원을 포괄하는데 반해, '과학 창의성 교육'에 대한 인식은 구체적 위상을 가지기 때문에, 구체와 추상을 오가는 교육적 실재는 고려되기 어렵다. 따라서 '과학 창의성'에 대한 인식이 교육적 실재로 이어지는 '과학 창의성 교육'에 대한 인식으로 겹쳐질 수 있도록, 즉 간극을 좁히고 상호연관성의 두께를 넓혀갈 수 있는 담론의 전개와 교육적 경험이 필요할 것이다. 예를 들어, 패러다임 내에서 새로운 문제를 풀어나가는 것과 같은 틀 내 이론적 창의성을 '과학 창의성 교육'에서 구체화하는 논의와 실재가 요구되는 것이다. 이 연구의 결과에서 보여주는 '과학 창의성'과 '과학 창의성 교육'의 교집합 뿐 아니라 여집합을 통합해 갈 수 있는 실천적 연구와 교육이 이루어져야 할 것이다.

둘째, 본 연구가 예비초등교사의 인식에 초점을 둔 것처럼, 과학 교과를 담당하는 교사는 과학 창의성 교육에 핵심적인 역할을 한다고 할 수 있다. 본 연구의 결과에서 볼 수 있듯이, 예비초등교사가 틀 내 실험적 창의성에 대한 교육의 가능성에 대한 인식을 지니고 있음에 따라, 그 인식을 중심으로 과학 실험에서 구체화할 수 있는 상황과 과정에 대한 상세한 논의가 요구된다. 특히 앞서 언급된 바와 같이, 예비초등교사의 '과학 창의성 교육'에 대한 인식이 '실험적 창의성'에 국한해서 나타난 것에 주목하면, 대체로 이론과 실험을 구분 짓고 실험의 다양한 과정에 대한 인식으로부터 결과한 것으로 추론해 볼 수 있다. 그러나 과학교육에서 이론과 실험은 서로를 생성하고 발달시키는 얽힌 관계에 있다고 볼 때, '과학 창의성 교육'에 대한 인식을 '실험'을 중심으로 지식과 어떻게 얽혀 작동하는 지를 더불어 논의하는 것도 하나의 접근이 될 것이다. 즉, 실험 조건의 변화에 관여하는

지식은 물론이고, 실험 조건의 변화가 가져오는 새로운 지식의 변화 등을 함께 고려할 때, 과학 창의성 교육에 대한 인식의 지평이 넓어지고 재편될 것이다. 따라서 예비초등교사의 '과학 창의성 교육'에 대한 인식으로 드러난 틀 내 실험적 영역을 중심으로 틀 내 이론적 및 틀 간 이론적 담론으로 전개해 확장시킬 필요가 있다.

셋째, 창의성에 대한 담론의 중심이 틀 간 창의성과 같은 비범한(Big-C) 혹은 일상적(little-c) 창의성에서 과정적 창의성(mini-c)으로, 더 나아가 전문적 창의성(Pro-c)으로 이동을 하고 있다는 점에서, 이 연구의 결과는 예비초등교사의 인식에 터하여 과정적 및 전문적 창의성을 논할 수 있는 교육적 가능성을 보여주었다. 과정적 및 전문적 창의성의 관점에 따르면, 창의성은 학습에서 발견되고 교육을 통해서 발달 가능하며, 과학 창의성은 도제방식의 과학 교육을 통해서 발달할 수 있다(Kaufman & Beghetto, 2009). 예비초등교사가 과학 창의성 및 교육적 실천을 틀 내 실험적인 맥락에서 인식하는 것은 과학 교과와 과정적 창의성과 잘 부합한다. 그러나 틀 내 이론적 창의성이 과학 창의성에서는 인식되지만 과학 창의성 교육에서 나타나지 않는 것에 주목하면, 예비초등교사의 생각 차원과 실제의 차원에서 인식의 간극이 있는 셈이다. 그것은 틀 내 이론적 창의성에 해당하는 과학 창의성이 실제적 이미지나 경험으로 구체화되지 못한 상태라는 것을 말해준다. 틀 내 이론적 창의성에 해당하는 패러다임 내에서 수행되는 문제 풀이가 학습에서 발견되는 과정적 창의성의 한 양상으로 이해될 필요가 있다. 더 나아가 문제풀이의 맥락이 추상적인 수학적 법칙을 새롭게 적용하는 것에 국한되지 않고 관련된 실험이 병행된다면, 실험과 이론은 분리된 것이 아니라 상호 그물망처럼 얽혀있는 것으로 조명될 수 있다. 이처럼 여러 문제 상황에서 발생하는 과학 창의성을 다각도로 이론과 실험의 유기적 관계를 조명하고 학습에의 의미를 추구하는 과정적 창의성에 대한 연구와 교육적 논의가 활발히 이루어져야 할 것이다.

이 연구를 정리하면서 새롭게 제기된 질문은 "예비초등교사들의 과학 창의성에 대한 인식이 다양하게 나타난 것에 비해, 과학 창의성 교육에 대한 인식이 실험적 측면에만 국한된 이유는 무엇일까?"이다. 이 연구에서는 연구 참여자의 개인 배경이나 사전지식 혹은 교육적 경험에 대한 자료가 충분하지 않기 때문에 이 질문에 대한 합당한 논거를 찾기 어렵다. 따라서 이 질문은 후속 연구로 다루어져야 하겠지만, 한 가지 예상되는 추론은 예비초등교사가 과학 창의성 교육에 대해서 실험하는 상황만 고려한 것은 자신들의 교육경험을 반영한다는 점이다. 이를 보면, 연구 참여자들이 단편적으로 제시한 내용에 따르면, 그들이 과학 창의성에 대한 질문을 받았을 때 떠오른 교육적 상황은 그들이 학생이었을 때 받았던 실험 중심의 영재수업, 교생실습 중의 실험 수업, 그리고 대학의 인상적이었던 실험 수업 등이었다. 즉, 여러 과학 수업들 중 인상 깊었던 실험 수업에서의 경험들이 실험을 통해서 과학 창의성이 발달할 수 있게 한다는 인식으로 이어진 것으로 조심스럽게 추론해 볼 수 있다. 따라서 후속 연구로서 개인의 배경 지식과 다양한 교육적 경험 등이 과학 창의성 및 교육적 인식에 어떠한 영향을 미쳤는지를 알아보는 연구가 새롭게 계획되고 수행될 필요가 있다. 그와 더불어, 초등뿐 아니라 중등 예비교사의 인식은 어떤지, 그들의 인식에 영향을 준 개인적 및 사회적 환경적 요인 등에 대한 연구도 이루어질 필요가 있다. 인식에 터하여 실행이 이루어지고 실행은 또다시 인식에 영향을 주므로, 예비 및 현직 초중등 과학교

사의 ‘과학 창의성’과 ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식은 어떠하며 그 연관성에 대한 연구가 다각적으로 시도되고, 인식이 실제 교육적 실천으로 어떻게 이어지는지에 대한 연구도 이루어져야 할 것이다.

국문요약

본 연구에서는 예비초등교사의 ‘과학 창의성’과 ‘과학 창의성 교육’에 대한 인식의 연관성을 틀 내 및 틀 간 창의성을 중심으로 탐색하였다. 틀 내 창의성은 패러다임 내에서 작동하는 이론적 창의성과 실험적 창의성으로 구분되고, 틀 간 창의성을 패러다임의 변화를 가져오는 이론적 창의성을 의미한다. 자료 수집은 심층 면담으로 이루어졌으며, 분석은 틀 내 및 틀 간 범주를 토대로 수행되었다. 연구 결과, 예비초등교사들은 주로 틀 내 창의성의 관점에서 ‘과학 창의성’을 인식하고 있었다. 또한 이들은 ‘과학 창의성’을 틀 내 창의성 관점에서 실험적 창의성과 이론적 창의성의 관점에서 다양하게 생각하고 있었다. 반면 예비초등교사들은 ‘과학 창의성 교육’은 틀 내 실험적 창의성의 관점에서 가능하다고 인식하고 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 과학 교육에서 고려할 수 있는 과학 창의성의 특성과 이를 위한 과학교육의 방향에 대해서 논의하고자 한다.

주제어 : 과학 창의성, 틀 내, 틀 간, 실험적 창의성, 과학 창의성 교육

References

- Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245-274.
- Beghetto, R. A., & Kaufman, J. C. (2007). Toward a broader conception of creativity: A case for ‘mini-c’ creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 1, 73-79.
- Cho, Y. (2013). Inquiry of teaching-learning model nurturing student creativity. *Thinking Development*, 9(2), 1-22.
- Choi, S.-D., Kim, J.-Y., Ban, S.-J., Lee, K.-J., Lee, S.-J., & Choi, H.-Y. (2011). Education strategy to foster creative talent for the 21st century. KEDI RRC 2011-01.
- Dunbar, K. (1999). Science. In M. A. Runco, & S. R. Pritzker (Eds.) *Encyclopedia of Creativity* (pp.525-531). CA: Academic Press.
- Education Reform Committee (1995). Educational reform plan to establish new educational systems guided globalization and informatization era: the 2nd president report.
- Hayes, J. R. (1989). *The complete problem solver* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Hong, E., Heo, N., & Lee, B. (2016). Investigation of ‘group scientific creativity’ factors in gifted students’ creative project solving context. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(4), 527-538.
- Hoover, S. M., & Feldhusen, J. F. (1994). Scientific problem solving and problem finding: A theoretical model. In M. A. Runco, (Eds.) *Problem finding, problem solving and creativity* (pp. 201-219). NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Jung, H.-C., Han, K.-S., Kim, B.-N., & Choe, S.-U. (2002). Development of programs to enhance the scientific creativity -Based on theory and examples-. *Journal of Korean Earth Science Society*, 23(4), 334-348.
- Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four C model of creativity. *Review of General Psychology*, 13(1), 1-12.
- Kim, H.-S. (2010). A philosophical approach for creativity of science: A relationship between creativity research and scientific discovery. *Korean Journal for the Philosophy of Science*, 13(2), 117-146.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. (2nd edition) Chicago: University of Chicago Press.
- Lee, S. (2017). Scientific creativity ‘within a frame’ and ‘between frames’-Paradigm and scientific creativity-. *Journal of Humanities*, 67, 35-59.
- Lee, S., Kim, N., Lee, Y., & Lee, S. (2017). A meta-analysis of the effect for creativity, creative problem solving abilities in STEAM. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 87~101.
- Lee J., Noh T., & Lee S.-K. (2017). The characteristics of instrumental genesis appearing in the processes of high school students’ school scientific inquiries. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(6), 971-980.
- Ministry of education (2015). *The 2015 revised curriculum: science*. Seoul: Ministry of education.
- Mumford, M. D., Mobley, M. I., Uhlman, C. E., Reiter-Pal-mon, R. & Doares, L. M. (1991). Process analytic models of creative capacities. *Creativity Research Journal*, 4(2), 91-122.
- Nickerson, R. S. (1999). Enhancing creativity. In R. J. Sternberg (Eds.) *Handbook of creativity* (pp.392-430). Cambridge University Press.
- Park, J. (2004). A suggestion of cognitive model of scientific creativity (CMSC). *Journal of Korean Association for Science Education*, 24(2), 375-386.
- Park, S. H., Choe, S. U., & Kim, C. J. (2020). Elementary students’ creativity appear in small group interactions during model-based classrooms on terraforming. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(6), 611-620.
- Park, J. & Kim, J. (2013). Development and analysis of various activity types for teaching scientific creativity. *Journal of Korean Association for Science Education*, 33(2), 310-327.
- Park, J., & Jee, K. (2015). Investigating students, teachers, and parents’ recognition of contrary views on scientific creativity. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 395-402.
- Park, J., Jung, H., Kim, D. Y., Kim, J. Y., Seo, Y. S., Lee, S. A., & Lee, S.-K. (2019). Micro-discourses on creativity by elementary school teachers. *The Journal of Korean Teacher Education*, 36(3), 259-288.
- Park, J., Park, E. J., & Lee, S.-K. (2018). Perception of pre-service elementary school teachers on creativity and scientific creativity education. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18(12), 241-267.
- Partnership for 21st Century Skills (2010). *Framework for 21st century learning*. Retrieved from <http://www.p21.org/about-us/p21-framework>.
- Plucker, J. A. (2004). Generalization of creativity across domains: Examination of the method effect hypothesis. *Journal of Creative Behavior*, 38, 1-12.
- Reilly, R., Lilly, F., Bramwell, G., & Kronish, N. (2011). A synthesis of research concerning creative teachers in a Canadian context. *Teaching and Teacher Education*, 27(3), 533-542.
- Runco, M. A. (1996). Creativity and development: Recommendations. *New Directions for Child Development*, 72, 87-90.
- So, K. (2016). A review of main issues surrounding creativity in school education: Implications for curriculum study. *The Journal of Curriculum Studies*, 34(4), 99-119.
- Song, J., Kang, S.-J., Kwak, Y., Kim, D., Kim, S., Na, J., Do, J.-H., Min, B.-G., Park, S. C., Bae, S.-M., Son, Y.-A., Son, J. W., Oh, P. S., Lee, J.-K., Lee, H. J., Ihm, H., Jeong, D. H., Jung, J. H., Kim, J., & Joong, Y. J. (2019). Contents and features of ‘Korean Science Education Standards (KSES)’ for the next generation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(3), 465~478.
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills - Learning for life in our times*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Yoo, Y., Kang, Y.J., & Kim, J. (2013). The relationships among scientific creativity and general creativity, meta-cognition, and affective characteristics. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 17(1), 109-128.
- Yoon, H. & Woo, A. J. (2011). The development and implementation of teaching-learning program for enhancement of scientific creativity. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(2), 115-138.
- Wang, C. W., & Homg, R. Y. (2002) The effects of creative problem solving training on creativity, cognitive type and R&D performance. *R&D Management*, 32, 35-45.
- Weisberg, R. W. (2006). *Creativity: Understanding innovation in problem solving, science, invention, and the arts*. NJ: John Wiley & Sons.

저자정보

최취임(서울대학교 강사)
박지영(전남대학교 연구교수)
이선경(서울대학교 교육종합연구원 책임연구원)