



고등학생들의 과학적 역량에 있어서 과학수업 활동과 학습동기의 역할 -경로모형의 검증-

임효진¹, 장진아^{2*}, 송진웅²

¹서울교육대학교, ²서울대학교 교육종합연구원

The Roles of Science Classroom Activities and Students' Learning Motivation in Achieving Scientific Competencies: A Test of Path Model

Hyo Jin Lim¹, Jina Chang^{2*}, Jinwoong Song²

¹Seoul National University of Education, ²Center for Educational Research, Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 May 2018

Received in revised form

30 May 2018

19 June 2018

Accepted 21 June 2018

Keywords:

Science competencies, Science class, Learning motivation, Path analysis

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the roles of classroom activities in science lessons and student learning motivation in achieving students' scientific competencies, and to suggest implications for science lessons to develop scientific competencies. For this, based on the PISA 2015 data of Korean high school students, we analyzed how classroom activities in science influenced students' scientific competencies through learning motivation variables. As a result of the path analysis, the activities emphasizing interaction and a link to real life predicted intrinsic motivation, instrumental motivation, and science efficacy significantly. On the other hand, the activities that emphasize the student-led inquiry process did not show any effect on learning motivation. In addition, the higher the motivation to learn the science, the higher their scores in three scientific competencies: explaining phenomenon scientifically, evaluating and designing scientific inquiry, and interpreting data and evidence scientifically. The practices of school science lessons indirectly influenced the achievement of scientific competence through learning motivation. Specifically, the activities emphasizing interaction influenced achieving scientific competencies through intrinsic motivation, and the activities emphasizing linkage to real life influenced it through all learning motivation variables. Finally, we discussed some implications for the roles and practices of school science class for enhancing students' scientific competencies.

1. 서론

2000년대 초반 OECD의 DeSeCo(Definition and Selection of Competencies) 프로젝트 이후로, 미래 사회에서 요구되는 핵심 역량을 키우기 위한 여러 시도들이 이루어지고 있다(OECD, 2003; So *et al.*, 2010). 핵심 역량은 학생들이 향후 사회적 삶을 성공적으로 살아가기 위해 요구되는 능력으로서(Hipkins, 2006; Rychen & Salganik, 2000), 이에 근거한 '역량 기반 교육과정'에서는 학교 교육을 통해 이러한 역량을 길러내는 것을 목적으로 한다. 세계 각국에서는 역량 기반 교육과정의 구조화를 시도하였으며(New Zealand Ministry of Education, 2007; Singapore Ministry of Education, 2013), 이러한 흐름 속에서 우리나라 2015 개정 교육과정에서도 6가지 핵심 역량(자기관리 역량, 지식정보처리 역량, 창의적 사고 역량, 심미적 감성 역량, 의사소통 역량, 공동체 역량)을 기를 수 있는 교육과정을 구성한 바 있다(Ministry of Education, 2015).

이에 과학교육에서도 미래 사회에서 학생들이 실제 살아가는 데 필요한 역량에 대한 논의들이 이루어져 왔다. 기존 역량과 관련된 논의들이 공통적으로 학생들이 자신의 삶에서 요구되는 포괄적인 능

력을 강조하고 있으므로(Rychen & Salganik, 2000), 과학적 역량 역시 삶의 여러 맥락에서 과학을 통해 사고하고 행동할 수 있는 범주를 포함한다. 예를 들어, 2015 개정 과학과 교육과정에서는 과학 교과에 특화된 포괄적인 역량으로 과학적 사고력, 과학적 탐구 능력, 과학적 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 참여와 평생 학습 능력을 핵심 역량으로 제시하였다(Ministry of Education, 2015).

그렇다면 실제로 이러한 역량들을 어떻게 신장시킬 수 있을까? 최근까지는 역량들의 속성이나 유형에 대한 탐색과 함께, 핵심 역량의 신장에 영향을 주는 요인들을 구체화하거나 이를 기르기 위한 교수학습 방안을 찾는 연구들이 이루어져 왔다(Lee *et al.*, 2015; Tsai, 2015). 예컨대 과학적 역량을 향상시키기 위해 교수학습 전략이나 프로그램을 개발, 적용하고 효과를 탐색한 연구들 중 정보 활용 역량을 높이기 위해 스마트 기기를 활용한 수업 방법의 효과를 탐색하거나, 과학적 의사소통 역량을 강조한 수업에서 과학기술과 관련된 사회정점을 활용한 수업의 효과성을 검증하는 것들이 그 예이다(Bae *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2015). 이러한 연구들은 과학 수업에서 이루어지는 교수학습 활동의 초점이나 방향에 따라 각 활동에 부합되는 과학적 역량을 신장시킬 수 있음을 보여주었다.

* 교신저자 : 장진아 (jinachang83@gmail.com)

** 이 논문은 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2016S1A3A2925401).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2018.38.3.407>

그간의 연구들은 개별 연구자가 관심을 가지고 있었던 교수학습 방법과 그에 따른 과학적 역량의 성취를 살펴본 경우가 대부분이다. 다시 말해, 각 연구에서 초점으로 하는 역량의 특징에 따라 교수학습 방법들이 제안되었기 때문에, 과학적 역량에 영향을 주고 있는, 실제로 교실에서 이루어지고 있는 일반적인 과학수업 활동들의 영향력을 살펴보기에는 제한적이었다. 기존의 과학수업 활동을 통해서 과학적 역량을 신장하기 어려운 것일까? 이에 대해 Kwak(2012)은 과학적 역량 기반 수업을 지향하고 실행했던 국내외 현장 교사들의 연구를 통해, 기존의 과학 탐구수업이나 활동을 잘 조직한다면 과학적 역량을 신장시킬 수 있을 것이라 보았다. 그러나 일반 학교 과학수업 활동의 맥락에서, 학생들의 과학적 역량의 획득에 주는 영향력을 실증적으로 살펴본 연구는 많지 않다.

이에 본 연구에서는 OECD 국가의 학생들을 대상으로 과학적 역량 획득과 관련 변수들에 대해 조사한 PISA(Programme for International Student Assessment) 2015 자료를 토대로, 학교 과학수업 활동과 학생들의 과학적 역량 획득과의 관련성을 탐색하고자 한다. 특히, 과학에 대한 태도나 흥미와 같은 과학 학습동기가 과학적 역량 형성에 있어서 중요하게 작용한다는 선행연구 결과들을 고려하여(Tsai, 2015), 학교 과학수업 활동의 특징이 학생의 과학에 대한 학습동기를 매개로 하여 학생들의 과학적 역량 획득에 주는 예측력을 분석하고, 나아가 연구결과를 토대로 학생들의 과학적 역량을 기르기 위한 과학수업 설계의 시사점을 제안하고자 하였다. 이를 위한 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 과학수업 활동은 과학 학습동기를 어떻게 예측하는가?
- 둘째, 과학 학습동기는 과학적 역량의 하위 영역들을 어떻게 예측하는가?
- 셋째, 과학수업 활동이 과학 학습동기를 매개로 하여 과학적 역량 획득에 미치는 간접효과는 어떻게 나타나는가?

II. 이론적 배경

1. 과학적 역량의 요소와 특징

과학적 역량(scientific competencies)이란, “과학적으로 현상을 설명하고, 과학탐구를 고안하며, 자료와 증거들을 과학적으로 해석하는 능력(OECD, 2017, p. 25)”을 말한다. 이러한 과학적 역량은 우리가 자연 세계에 대해 이해하고, 인간 활동을 통해 자연 세계를 변화시키

거나 결정하는 데에 있어서, 과학적 지식을 활용하고 문제 상황을 밝혀, 증거를 기반으로 결론을 이끌어낼 수 있는 과학적 소양의 토대가 된다(OECD, 2017). 역량에 대한 관심이 늘어나면서, 국내외 여러 나라에서 과학적 역량에 대한 연구가 활발히 이루어졌는데, 역량의 특징과 요소들은 기관이나 국가별 교육과정의 강조점에 따라 조금씩 달라진다. Table 1에 제시된 바와 같이, 용어 또한 ‘과학적 역량’, ‘핵심 역량(key competencies)’, ‘과학과 핵심 역량’, ‘핵심 기능(key skills)’, ‘필수 기능(essential skills)’ 등으로 다양하게 불리고 있으며, 그 개념의 범위와 하위 요소들도 조금씩 차이가 있다. 본 연구에서는 가장 보편적으로 사용되면서도 연구의 대상이 된 PISA에서의 개념과 범주들에 초점을 맞추어 ‘과학적 역량’이라는 용어를 사용하였다.

PISA에서의 과학적 역량은 교과 내용에 국한된 기능을 넘어서 일상생활의 다양한 맥락에서 요구되는 능력으로서, 생활 속에서 현상을 과학적으로 해석하고, 유추하고, 결과를 예측하는 포괄적인 역량을 의미한다(OECD, 2017). 이에 과학적 역량의 하위 요소로 제시된 것은 ‘과학적으로 현상을 설명하기(Explain phenomena scientifically)’, ‘과학적 탐구 과정을 평가하고 계획하기(Evaluate and design scientific inquiry)’, ‘과학적으로 데이터와 증거를 해석하기(Interpret data and evidence scientifically)’이다. 한편, 우리나라 2015 개정 과학과 교육과정에서는 ‘과학과 핵심 역량’이라는 용어를 사용하여, 과학적 사고력, 과학적 탐구력, 과학적 의사소통 능력, 과학적 문제해결력, 과학적 참여와 평생 학습 능력들을 기술하고 있다.

지금까지 국내외에서 제안된 과학적 역량의 특성은 다음과 같은 네 가지 특징으로 정리될 수 있다(Koh & Jeong, 2014). 첫째, 대부분이 범교과적 관점에서의 핵심역량과 관련되어 기술된다. 예를 들어, 영국의 과학과 교육과정에서는 ‘의사소통’과 ‘사고기능’과 같이 범교과적 핵심역량이 과학과에 그대로 반영되거나, 범교과적 핵심역량의 ‘수의 응용’과 과학과 핵심역량인 ‘증거의 비판적 이해’와 같이 역량의 특징들이 서로 연결되는 것이 다수이다(Qualifications and Curriculum Authority, 2004). 또한 영국과 비슷하게 싱가포르와 뉴질랜드에서도 범교과적으로 통용되는 핵심 역량을 전제로 하여 과학 교과의 성취 목표와 범주가 기술되고 있다. 둘째, 과학적 역량을 과학 개념과 과학 활동을 융합하여 개념화한다. 이는 대부분의 연구자들이 역량을 학생이 ‘할 수 있는 것’을 넘어서 학생이 자신의 삶에서, 그리고 앞으로의 사회에서 ‘필요로 하는 것’으로 간주하기 때문이며(Hipkins, 2006), 따라서 과학적 개념이나 과정, 기능들이 복합적으로 나타나게 된다. 가령, 싱가포르 교육과정에서는 과학 지식의 이해,

Table 1. Examples of the elements of competencies related to science subjects

관련 기관	과학 교과와 관련된 ‘핵심 역량’ 요소
PISA 2015 (OECD, 2017)	[과학적 역량] 1. 과학적으로 현상을 설명하기 2. 과학탐구 과정을 평가하고 설계하기 3. 자료와 증거를 과학적으로 해석하기
2015 개정 과학과 교육과정 (Ministry of Education, 2015)	[과학과 핵심 역량] 1. 과학적 사고력 2. 과학적 탐구력 3. 과학적 의사소통 능력 4. 과학적 문제해결력 5. 과학적 참여와 평생 학습 능력
싱가포르 (Singapore Ministry of Education, 2013)	[(범교과적) 핵심 역량] 1. 자기 인식 2. 자기 관리 3. 책임 있는 의사 결정 4. 사회적 인식 5. 사회적 관계 관리 ※ 과학교육과정 3개 영역(지식과 이해, 적용, 기능과 과정, 윤리와 태도)을 통해 과학적 소양을 양성할 수 있으며, 이것이 핵심 역량 신장에 기여함
뉴질랜드 (New Zealand Ministry of Education, 2007)	[(범교과적) 핵심 역량] 1. 사고력 2. 언어와 상징, 텍스트의 활용 3. 자기관리 4. 타인과 관계 맺기 5. 참여와 공헌 ※ 핵심역량을 달성하기 위한 과학과의 성취 목표(1. 과학에 대해 이해하기 2. 과학에 대해 탐구하기 3. 과학에 대해 소통하기 4. 참여하고 기여하기) 제시

적용, 기능과 과정, 윤리와 태도 등의 영역들이 통합적으로 범교과적인 핵심 역량을 신장시키는 데에 기여한다고 보았다(Singapore Ministry of Education, 2013). 셋째, 과학적 역량의 하위 요소 중에서도 의사소통 능력이 공통적으로 중요하게 여겨진다. Table 1에도 나와있듯이 거의 대부분의 나라에서 과학적 역량의 하위 요소로서 의사소통 능력이 포함되어 있음을 알 수 있다. 넷째, 과학적 역량의 수준과 단계에 구분을 둔다. 가령, 뉴질랜드 교육과정에서는 학년에 따라 학생들이 성취해야할 과학적 역량의 수준을 제시하였다(New Zealand Ministry of Education, 2007).

요컨대, 우리가 보아야 하는 과학적 역량은 과학개념, 지식과 활동이 통합된 범교과적인 핵심역량과 연계해서 보아야 하며, 이러한 역량들은 학년이나 학습자의 개인차(환경적 배경, 학습동기 등)에 따라 다양한 수준으로 발달하는 특성을 지닌다. 학생들의 과학적 역량을 신장시키기 위해서는 과학적 역량이 지닌 위와 같은 특성들을 인식할 필요가 있다.

2. 과학적 역량과 수업활동, 학습동기의 관계

PISA에서는 과학적 역량과 관련된 요인들로서 과학에 대한 지식(내용, 절차, 인식론 등)과 태도(흥미, 가치, 환경인식 등)를 들고 있다(OECD, 2017). 본 연구에서는 여러 요인들 중에서도 과학에 대해 학생들이 지닌 학습동기와 학교 과학수업을 통해 제공되는 교수학습 활동의 특성에 초점을 맞추고 이들 사이의 관계를 탐색하고자 한다. 먼저, 과학적 역량과 과학수업 활동, 그리고 학생의 학습동기에 대한 기존 연구 결과들을 정리하면 다음과 같다.

가. 과학적 역량과 과학수업 활동

과학적 역량에 영향을 주는 인지적, 사회적, 정서적 요인들은 다양하며, 이러한 요인들은 교수학습이 발생하는 상황이나 수업 활동에 따라 여러 방식으로 영향을 준다(Lin *et al.*, 2013). 이에 학생들의 과학적 역량을 신장시키기 위하여 논변 활동, 과학과 관련한 사회적 쟁점들의 논의, 자유탐구 등을 포함한 수업과 같이 다양한 과학수업 방법과 전략들이 개발되어 왔다(Bae *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2015; Tsai, 2015). 학습자의 과학적 역량을 개발하기 위해서는 수업을 통해 인지적, 정서적 자극을 충분히 줄 수 있는 다양한 경험을 제공해야 하며, 이러한 맥락에서 학생 중심, 활동 중심, 협력 중심 수업 환경을 조성하는 것이 중요하다(Kwak, 2012).

앞서 Table 1에서 보았던 바와 같이 과학적 역량에도 다양한 하위 요소들이 있고, 조성된 수업 환경이나 활동의 특징에 따라 과학적 역량의 서로 다른 측면들이 발달되기 때문에(Tasi, 2015), 선행연구들에서는 연구의 목적과 활동에 맞는 특정 역량들에 초점을 맞춘 경우가 많다. 예를 들어, 과학기술 관련 사회쟁점 수업 연구에서는 의사소통이나 사회적 소통과 관련된 역량을 중심으로 수업의 효과를 검증하였으며, 스마트 기기 활용 프로그램 개발 연구에서는 정보 활용 역량에 초점을 맞추어 수업효과를 분석하였다(Bae *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2015). 다른 연구에서는 논변 활동은 과학적 증거를 활용하는 역량이나 과학적 이슈를 탐구하는 역량을 신장시키는 데에는 효과가 있었으나, 현상을 과학적으로 설명하는 역량에 대해서는 유의한 효과

가 없었다는 결과도 있었다(Tsai, 2015). 이러한 점들을 고려할 때, 과학수업에서 제공하는 활동의 특징에 따라 과학적 역량이 어떠한 차이를 보이는지 살펴볼 필요가 있으며, 이는 과학적 역량을 신장시키기 위한 구체적인 수업 설계에 시사점을 제공할 수 있다.

나. 과학적 역량과 학습동기

학습동기는 학생의 인지적, 정의적 성장에 영향을 주는 핵심 변수로서 학생들의 학업 활동과 학업성취 정도를 결정하고, 이를 유지하는 역할을 한다(Krapp & Prenzel, 2011). 실제로 한국 학생들의 또 다른 국제학업성취도 결과인 TIMSS(Trends in International Mathematics and Science Study) 분석 결과, 과학 학업성취와 학습동기는 서로 정적으로 높은 상관관을 보였으며, TIMSS 2003, 2007, 2011로 갈수록 이러한 상관관계가 점점 높아지는 것으로 보고되었다(Lim, 2014). 성취와 관련된 중요한 학습동기는 과학적 흥미(scientific interest), 과학의 도구적 동기(instrumental motivation), 과학에 대한 자기효능감(self-efficacy) 등이며, 이는 모두 학생들의 과학적 역량 형성에 있어서 중요한 역할을 하고 있다(Hacieminoglu, 2016; Ratelle *et al.*, 2007).

먼저, 과학 학습에 대한 즐거움이나 흥미가 높을수록 과학적 성취가 높아진다는 결과는 자주 발견된다(Dierks *et al.*, 2016; Güzeller, Eser, & Aksu, 2016). 즐거움, 흥미 등은 과제 자체에 대한 동기인 내재적 동기와 관련이 높으며, 과학 학습에 있어서 높은 성취를 나타내는 학생들은 과학에 대한 흥미도 높으며, 과학 학습에 흥미와 즐거움을 느끼는 학생들은 과학 문제를 창의적으로 해결하거나, 과학 학습의 과정을 잘 조절하는 등의 높은 수준의 과학적 역량을 가지고 있다(Pekrun *et al.*, 2002). 다시 말해, 학생들의 과학에 대한 흥미는 과학적 역량과 관련이 높으면서도 개인적 특성으로서 성취를 예측하는 중요한 변수라고 볼 수 있다(Lin *et al.*, 2013).

과학에 대한 도구적 동기는 개인 내적으로 이끌어진 내재적 동기와는 다르게, 과학이 '미래의 진로나 직업 선택에 도움이 되는 정도'와 같이 외적인 요인들에 의해서 이끌어진 동기이다(Hudson *et al.*, 2000). 기존 연구들에서는 일반적으로 도구적 동기가 내재적 동기보다 더 약한 예측 요인으로 보고되어 왔다(Gardner, 1983; Yu, 2017). 하지만 한국 학생들은 과학 교과에 대한 도구적 가치에 더 큰 의미를 두고 있음이 보고되었는데, 일례로 TIMSS 2011과 TIMSS 2015 결과에서 전반적으로 한국 학생들이 가진 과학에 대한 흥미는 저하된 반면, 과학 교과에 대한 도구적 가치 인식은 증가하였다(Kwak, 2017). 또한 PISA 결과를 보면, 한국 학생들은 과학이 사회적으로 필요한 도구라는 사실은 평균적으로 인식하고는 있지만, 자신에게 개인적으로 필요한 도구라는 사실에는 그다지 긍정적으로 인식하고 있지 않다(Cho *et al.*, 2012). 따라서 한국 학생들의 경우 과학에 대한 다른 정의적 변수들을 고려하여 도구적 동기에 대한 영향력을 좀더 구체적으로 살펴볼 필요가 있다.

또한 과학에 대한 자기효능감은 학생들의 학습을 촉진시키는 중요한 동기 요인 중 하나이다. 과학 학습에 높은 자신감을 가진 학생은 과학 학업 성취가 높으니까(House, 2011; Mohammadpour *et al.*, 2015), 이는 학습에 대한 자기효능감이 학생들이 과학 학습에 대한 참여를 조절하고 관리하는 능력과 관련되기 때문이다(Evans, 2015). 일반적

인 자신감(confidence)이나 자기개념(self-concept)과는 달리, 자기효능감은 ‘특정과제’를 수행하는데 필요한 능력에 대한 신념의 정도(Bandura, 1982)를 나타내기 때문에 교과에서의 성취에 대한 예언력도 가장 크다. 같은 맥락에서 특정한 과학과제에 대한 효능감 역시 과학 성취에 긍정적 영향을 주기 때문에(Jo, 2011), 과학적 역량 획득에 있어서도 자기효능감은 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

III. 연구 방법

1. 연구 자료

OECD 참여 국가들의 만 15세 이상 학생들을 대상으로 실시하는 PISA는 읽기, 수학, 과학에 대해 3년마다 주 영역을 설정하여 해당 영역의 성취도를 평가한 결과를 제시한다. 자료의 표집은 2단계 층화표본추출단계를 거치는데, 먼저 사전에 규정된 모집단과 표집기준(예: 검사시기의 연령이 만 15세일 것, 해당국가의 교육기관에 재학 중인 것, 7학년 즉 우리나라의 경우 중학교 1학년 이상에 해당할 것)에 의하여 학교 표본을 선정하고, 표집된 학교들의 해당학생 중 일정수(약 35명)의 조사대상 학생을 임의표집하여 이루어진다. 본 연구를 위해서는 과학이 주 영역이었던 PISA 2015의 자료 중 고등학교 학생 총 5,581명의 응답자료에서 해당 연구변수들을 추출하여 사용하였고, 결측치는 listwise 방법으로 처리하였다. 연구대상중 남학생은 52.2%, 여학생은 47.8%였다.

2. 분석에 사용된 변수

가. 과학적 역량

본 연구에서는 PISA에서 제시한 세 가지 과학적 역량들과 관련된 변수들을 사용하였다. Table 2에 제시되었듯 ‘과학적으로 현상을 설명하기’, ‘과학탐구 과정을 평가하고 설계하기’, ‘자료와 증거를 과학적으로 해석하기’로 구성된 과학적 역량의 하위영역들은 과학 교과에서 공통적으로 나타나는 사회적, 인식론적 실행들(practices)로 구성된다(OECD, 2017).

구체적으로 살펴보면, ‘과학적으로 현상을 설명하기(현상설명)’는 다양한 자연과 기술에 대한 현상들에 대한 설명을 이해하고 제안하며 평가하는 능력이고, ‘과학탐구 과정을 평가하고 설계하기(설계평가)’는 과학탐구 과정에 대해 설명하고 분석할 수 있으며, 제시된 과학 문제를 해결하기 위한 방법들을 제안하는 능력이며, ‘자료와 증거를 과학적으로 해석하기(자료해석)’는 다양한 표상으로 된 과학 자료들과 주장들을 분석하고 평가하며, 적절한 결론을 이끌어내는 것을 말한다. 위의 세 가지 변수는 모두 유의측정값(plausible value)으로, 평균 500, 표준편차 100인 점수로 제시되어 있다.

여기서 한 가지 고려해야 할 사항은, 앞서 정의된 과학적 역량은 과학개념과 활동이 다른 분야의 맥락들과 통합된 복합적 능력(예: 문제해결력)을 말하거나, 범교과적인 핵심역량과 연계되어 과학 활동을 넘어서 사회 활동과의 연계된 실천과 참여 모습까지도 포함할 능력(예: 과학적 참여와 평생학습 능력)이라는 점이다. 본 연구에서는 PISA 자료에서 제시된 ‘scientific competencies’의 용어를 따랐으나 이는 위에서 말한 역량의 정의를 포괄하는 데는 한계가 있다. PISA에서의 과학적 역량은 과학적 실행과 탐구 활동의 맥락에서 학생들에게 요구되는 역량이며, 2015 개정 과학과 교육과정에서의 과학과 핵심역량에 비추어보면 ‘과학적 사고력’, ‘과학적 탐구력’, ‘과학적 의사소통 능력’에 가깝다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 정의한 과학적 역량의 범주를 고려하여 분석 결과를 해석할 필요가 있다.

나. 과학수업 활동의 특징

본 연구에서는 선행연구 결과들을 참고하여(Sohn & Park, 2017), 과학적 역량 신장에 영향을 주는 과학수업 활동의 특징을 ‘상호작용이 강조된 수업 활동(상호작용 활동)’, ‘학생 주도의 탐구과정이 강조된 수업 활동(학생주도 탐구활동)’, ‘실생활과의 연계가 강조된 수업 활동(실생활연계 활동)’으로 유형화하여 분석하였다. 이를 위하여 PISA 2015의 학생질문지 중에서 학교 과학수업의 세 가지 측면을 드러낼 수 있는 문항들을 추출하여 사용하였다(Table 3).

각 교수학습 활동들의 유형별 특징과 과학적 역량과의 관련성을 살펴보면, 먼저 ‘상호작용 활동’은 과학수업 활동에서 학생들끼리 과학적인 현상이나 문제에 대해 설명하고 토론하는 등 의사소통적 측면이 강조된 활동을 의미한다. 의사소통 능력은 영국, 캐나다, 뉴질랜드

Table 2. Characteristics of three scientific competencies in PISA 2015 (OECD, 2017)

과학적 역량(사용변수)	특징
과학적으로 현상을 설명하기 (현상설명)	<ul style="list-style-type: none"> - 적절한 과학 지식을 떠올리고 적용할 수 있다. - 설명력 있는 모델과 표상을 이해하고, 사용하며, 만들 수 있다. - 적절한 예상을 하거나 정당화할 수 있다. - 설명력 있는 가설을 제안할 수 있다. - 과학 지식이 사회에 미치는 잠재적 영향력을 설명할 수 있다.
과학탐구 과정을 평가하고 설계하기 (설계평가)	<ul style="list-style-type: none"> - 주어진 과학 연구에서 탐색할 연구 문제를 밝힐 수 있다. - 과학적으로 탐구할 수 있는 연구 문제를 기술할 수 있다. - 주어진 문제를 과학적으로 해결하기 위한 방법을 제안할 수 있다. - 주어진 문제를 과학적으로 탐색하기 위한 방법을 평가할 수 있다. - 과학자들이 자료의 신뢰도, 설명의 객관성과 일반화 가능성을 확인하는 방법을 설명하고 평가할 수 있다.
자료와 증거를 과학적으로 해석하기 (자료해석)	<ul style="list-style-type: none"> - 자료의 표상을 다른 형태로 바꿀 수 있다. - 자료를 분석하고 해석할 수 있으며, 적절한 결론을 이끌어낼 수 있다. - 과학과 관련된 글에서의 가정, 증거, 추론 과정을 밝힐 수 있다. - 과학적 증거를 토대로 한 주장(arguments)과 다른 요인들을 토대로 한 이론이나 주장들을 구별할 수 있다. - 여러 자료들(예: 신문, 인터넷, 잡지)의 과학적 주장이나 증거들을 평가할 수 있다.

를 비롯한 국내외 교육과정에 공통적으로 포함된 역량 요소이다(New Zealand Ministry of Education, 2007; Qualifications and Curriculum Authority, 2004; Singapore Ministry of Education, 2013). 또한 과학 기술 관련 사회쟁점 수업이나 논변 활동에서 보여지듯 과학수업의 여러 활동에서 상호작용 측면이 중요하게 고려되기 때문에(Bae et al., 2015; Lee et al., 2015; Tsai, 2015), 대표적인 과학수업 활동 유형으로 추출하였다. PISA에서 상호작용 활동과 관련한 특성은 ‘학생들에게 과학적 질문에 대해 논의하도록 한다.’를 포함한 3개 문항을 통해 조사되었다.

‘학생주도 탐구활동’에서는 학교 과학수업에서 과학탐구의 과정을 학생들이 얼마나 주도적으로 경험하고 있는지 탐색하기 위한 변수로서, 선행연구에서 관련 문항의 일부가 탐구(investigation) 혹은 학생 연구 활동으로 확인된 바 있다(Lau et al., 2015; Sohn & Park, 2017). 이 변수는 탐구 과정에 대한 의사소통을 수반하는 사회적 측면보다는, 탐구 과정에서 현상을 해석하고 자료를 해석하여 결론으로 이끄는 개인의 인지적이고 인식론적인 측면에 초점을 맞추고 있다. 학생에게 의미 있는 과학탐구 경험을 제공하는 것은 학교 과학교육에서 지속적으로 강조되어 왔으며(Bybee & DeBoer, 1994; National Research Council, 2000), 학생 중심의 과학탐구 활동들은 학생들에게 과학적 사고력을 길러줄 수 있다는 점에서 과학적 역량 강화의 방안이 될 수 있다(Kwak, 2012). 본 연구에서는 학생 개인이 주도적으로 실험을 계획하고, 자신의 생각을 검증하고, 결론을 이끌어내는 탐구활동으로서, 또래간의 상호작용이 강조된 탐구 활동과 구분하여 ‘학생주도 탐구활동’이라고 명명하고 PISA에서 측정된 ‘학생들에게 나만의 실험을 계획하도록 한다.’와 같은 3개 문항들을 사용하였다.

‘실생활연계 활동’은 학교 수업에서 이루어지는 교수학습 활동이 학생들의 생활과 얼마나 밀접하게 관련되는지 묻는 변수이며, 과학적 역량이 소수의 과학자를 길러내기 위한 교육이 아니라 과학적 소양을 지닌 시민 양성을 지향한다는 점을 고려한 것이다(OECD, 2017). 핵심 역량의 신장을 위해서는 과학을 전공하지 않을 학생들에게도 의미가 있는 경험을 제공하는 것이 중요하며, 이에 실제 세계와 연계된 활동 구성이 중요하다(Kwak, 2012). 뿐만 아니라, 과학수업이 실생활

과의 관련이 높을수록 학생들의 참여와 흥미가 높아진다는 점을 고려할 때, 실생활과 연계된 과학수업 활동의 구성은 학생들의 성장에 직, 간접적으로 영향을 미칠 것으로 예상된다. 본 연구에서는 ‘학생들에게 학교과학의 내용이 다른 현상에 어떻게 적용되는지 설명한다.’를 비롯한 2개 문항을 사용하였다.

이상 과학수업 활동과 관련한 변수들은 모두 4점 Likert 척도(1= ‘매 수업시간에 사용한다.’ 4= ‘수업시간에 사용하지 않는다.’)로 응답하도록 되어 있어서 역산하여 평균점수를 사용하였다. 분석을 위해 위의 수업 활동들을 각각의 요인(factor)으로 간주하기 위해 필요한 최소한의 지표(문항) 수는 최소한 2개로, 3개 이상이 되면 더 좋다고 보고된 바 있다(Kenny, 1979; Kline, 2011). 본 연구에서는 요인점수를 사용한 것이 아니라 문항들의 평균 통합점수(composite score)를 분석에 사용하여 발생할 수 있는 문제 상황을 최소화하고자 하였다. 또한 각 활동별로 신뢰도(Cronbach's alpha)를 살펴본 결과 상호작용 활동=.78, 학생주도탐구활동=.87, 실생활적용활동=.76으로 양호수준에 근접하며 평정척도의 최소한의 기준(.70)을 넘었기에(Murphy & Davidshofer, 1994), 활동별로 통합점수를 변수로 간주하여 모형에 투입가능하다고 판단하였다.

다. 과학학습동기와 통제변수

학습동기를 측정하기 위해 선택된 변수는 내재적 동기, 도구적 동기, 자기효능감이다. 이들 변수들은 과학교과의 영역 특수적인 질문으로 구성되어 있는데, 먼저 내재적 동기(intrinsic motivation)는 일반적인 과학학습이나 활동에 대한 흥미, 즐거움 등을 측정하는 5문항(예: ‘나는 과학을 배우는 것에 흥미를 가지고 있다’)으로, 도구적 동기(instrumental motivation)는 과학학습이 이후의 진로나 직업에 도움이 되는지를 묻는 4문항(예: ‘과학에서 배우는 많은 것들은 내가 직업을 얻는데 도움을 줄 것이다’)으로 구성되었으며, 모두 4점 리커트 척도(1= ‘매우 아니다’ 4= ‘매우 그렇다’)로 평정하도록 되어 있다. 과학효능감은 과학에 대한 자기효능감(scientific self-efficacy)을 의미하는데, 실제 과학문제를 성공적으로 풀 수 있는 신념의 정도를

Table 3. Types and characteristics of science lessons' activities

문항번호	문항	과학수업 활동의 특징	
		유형	특징
ST098Q01TA	학생들에게 자신의 생각을 설명할 기회가 주어진다.	상호작용적 활동	상호작용 과정이 강조된 수업 활동
ST098Q03TA	학생들은 과학 문제에 대해 토론해야 한다.	상호작용적 활동	상호작용 과정이 강조된 수업 활동
ST098Q05TA	학생들은 자신이 한 실험으로부터 결론을 도출해야 한다.	학생주도 탐구활동	학생 주도의 탐구 과정이 강조된 수업 활동
ST098Q06TA	과학 과목에서 배우는 과학 개념이 다양한 현상(예: 물체의 운동, 비슷한 성질을 가진 물질)에 어떻게 적용될 수 있는지를 선생님께서 설명해 주신다.	실생활연계 활동	실생활 연계된 수업 활동
ST098Q07TA	학생들이 자기 나름대로 실험을 설계하는 것이 허용된다.	학생주도 탐구활동	학생 주도의 탐구 과정이 강조된 수업 활동
ST098Q08TA	탐구 조사에 관해 토론을 한다.	상호작용적 활동	상호작용 과정이 강조된 수업 활동
ST098Q09TA	선생님께서서는 과학 개념이 일상 생활과 관련이 있음을 분명하게 설명해주신다.	실생활연계 활동	실생활 연계된 수업 활동
ST098Q10TA	학생들은 아이디어를 점검하기 위해 탐구 조사할 것을 요구 받는다.	학생주도 탐구활동	학생 주도의 탐구 과정이 강조된 수업 활동

측정하는 8문항(예: ‘환경의 변화가 특정한 종의 생존에 어떻게 영향을 미칠 것인지 예측할 수 있다’)으로 측정하였고 4점 리커트 척도(1= ‘쉽게 풀 수 있다’ 4= ‘풀 수 없다’)로 평정하도록 되어 있다.

과학수업 활동과 학습동기가 성취에 미치는 영향을 좀 더 자세히 알아보기 위해, 성별과 사회경제적배경(SES)을 통제변수로 사용하였다. 성별은 남=0, 여=1로 코딩된 이분변수이며, SES는 부모의 직업, 부모의 교육수준, 가정의 보유자산을 합쳐서 PISA에서 지표로 제공된 변수(ESCS)를 사용하였다. 학습동기와 통제변수들은 학생들의 응답을 바탕으로 Rasch 모형에 기반한 문항반응이론(Item Response Theory)으로 도출된 점수로서, OECD 국가들을 기준으로 평균 0, 표준편차 1로 척도화한 점수이다. 따라서 이 점수가 양수이면 OECD 평균보다 높고 음수이면 평균보다 낮은 것으로 해석된다(구체적 문항내용과 신뢰도는 OECD[2017]의 PISA 2015 Technical Report에 제시됨).

3. 연구모형과 자료분석 방법

본 연구에서는 앞서 설명한 3가지 관심 요인과 각 변수별 하위 요인들을 토대로, 교수학습의 과정에서 나타나는 투입(input)-과정(process)-산출(output)의 관계를 가정하였다. 구체적으로, 학생들에게 제공되는 과학수업에서의 활동들은 학생들이 가지게 되는 정의적, 동기적인 과정을 거쳐 과학적 역량을 예측하는 모형을 설정하였으며, 이를 도식화하면 Figure 1과 같다.

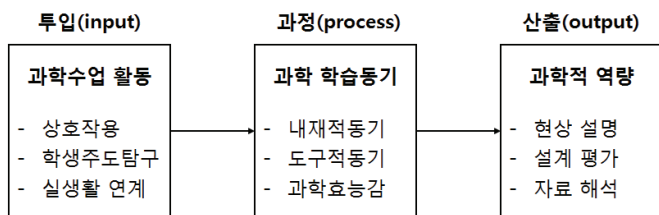


Figure 1. Research model

이러 OECD의 웹사이트에 공개된 자료를 다운로드받아 필요한 연구변수들을 추출하여 분석에 사용하였다. 분석절차는 먼저 SPSS 24.0 통계프로그램을 이용하여 기술통계치를 확인한 뒤 상관분석을 실시하여 변수들 간의 상관관계를 알아보고, 이어서 연구모형의 검증에 위해 경로분석(path analysis)을 실시하였다. 경로분석 시에는 해당변수의 특정경로를 통한 간접효과(특정간접효과: specific indirect effect)를 얻기 위해 Mplus 8.0 통계프로그램을 이용하였다. 이 때, 간접 효과의 통계적 유의성을 검증하기 위해 붓스트래핑(Bootstrapping)을 실시하였는데, 붓스트래핑 검증방식은 변수의 분포나 추정치의 표집분포에 정규성 가정을 필요로 하지 않으며 간접효과를 비교적 정확하게 추정할 수 있어 상대적으로 검증력이 높은 것으로 알려져 있다(Preacher & Hayes, 2004). 본 연구에서 붓스트랩 표본 값은 5,000개로 설정하였으며, 95% 신뢰구간 내 간접효과 계수의 하한값과 상한값 신뢰구간 사이에 0을 포함하고 있지 않으면 통계적으로 유의한 효과가 있다고 본다.

IV. 연구 결과

1. 기술통계와 상관 분석

본 연구에서 다루어진 핵심 변수들의 설명 및 기술통계와 상관분석 결과는 Table 4에 제시되어 있다. 먼저 기술통계 결과에서 특별히 정규분포에 이상을 보이는 통계치는 나타나지 않았다. 상관분석 결과를 살펴보면, 과학수업 활동과 관련된 세부 변수들인 상호작용 활동(3)과 학생주도 탐구활동(4), 실생활연계 활동(5)은 서로 정적인 상관을 나타내었다(rs=.43 ~.82).

한편, 과학수업 활동과 과학적 역량의 하위 변수들 간의 상관관계를 살펴보면, 실생활연계 활동(5)은 과학적 역량의 세 가지 하위 영역(9, 10, 11) 모두와 정적인 상관관(rs=.09~.11) 나타낸 반면, 나머지 두 활동인 상호작용 활동(3)과 학생주도 탐구활동(4)은 과학적 역량의 하위 영역들(9, 10, 11)과 부적인 상관을 보였다(rs=-.17~-0.26).

Table 4. Descriptive statistics and correlation coefficients of research variables

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. 성별	1										
2. SES	-.03*	1									
3. 상호작용	.17***	.00	1								
4. 학생주도탐구	.17***	.02	.82****	1							
5. 실생활연계	-.02	.07***	.48****	.43****	1						
6. 내재동기	.16***	.15***	.18***	.16***	.19***	1					
7. 도구동기	.11***	.12***	.14***	.12***	.18***	.50***	1				
8. 과학효능감	-.01	.22***	.10***	.10***	.15***	.40***	.38***	1			
9. 현상설명	.01	.30***	-.17***	-.22***	.09***	.27***	.23***	.27***	1		
10. 설계평가	-.01***	.29***	-.21***	-.27***	.11***	.21***	.17***	.23***	.91***	1	
11. 자료해석	-.09***	.28***	-.20***	-.26***	.11***	.23***	.21***	.24***	.93***	.93***	1
평균	1.52	-0.20	1.83	1.59	2.50	-0.70	0.03	-0.02	510.08	514.46	521.09
표준편차	0.50	0.68	0.72	0.72	0.84	0.98	1.00	1.23	98.14	99.49	99.39
왜도	-0.09	-0.00	1.01	1.42	0.07	-0.53	-0.05	-0.25	-0.07	-0.21	-0.22
첨도	-1.99	-0.10	0.79	1.71	-0.70	1.20	-0.43	2.58	-0.03	-0.21	-0.17

*p<.05, ***p<.001

이어서 학습동기의 하위 변수인 내재적 동기(6), 도구적 동기(7), 과학효능감(8)은 서로 정적인 상관($r_s=.38 \sim .50$)을 보였고, 과학적 역량 하위 영역들(9, 10, 11)과도 정적인 상관($r_s=.17 \sim .27$)을 보였다. 마지막으로 과학수업 활동과 관련한 변수들(3, 4, 5)과 학습동기와 관련된 변수들(6, 7, 8)끼리도 전체적으로는 유의한 정적 상관($r_s=.10 \sim .19$)을 보였다.

2. 경로모형 검증 결과

본 연구에서 설정한 경로모형에 대한 검증 결과는 Table 5 및 Figure 2와 같다. 과학수업 활동이 학생들의 과학 학습동기에 미치는 영향, 그리고 학습동기를 매개로 하여 과학적 역량에 대해 갖는 영향력을 세부 변수별로 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 과학수업 활동이 학생들의 과학 학습동기에 갖는 예측력을 분석한 결과, 과학수업 활동은 학습동기에 대체로 정적인 영향을 미치고 있었다. 하지만 수업 활동의 유형에 따라 차별적 예측력을 보였는데, 구체적으로 상호작용 활동은 내재적 동기($\beta=.08, p<.01$)와 도구적 동기($\beta=.05, p<.05$)를 정적으로 예측하고 있었다. 이는 과학수업 시간에 상호작용이 강조된 활동이 많아질수록 학생들이 과학에 대한 흥미, 유용성을 높게 지각한다는 것을 의미한다.

한편, 실생활연계 활동은 내재적, 도구적 동기뿐 아니라 과학효능감도 유의하게 예측하였다($\beta_{내재}=.13, p<.001, \beta_{도구}=.14, p<.001, \beta_{효}$

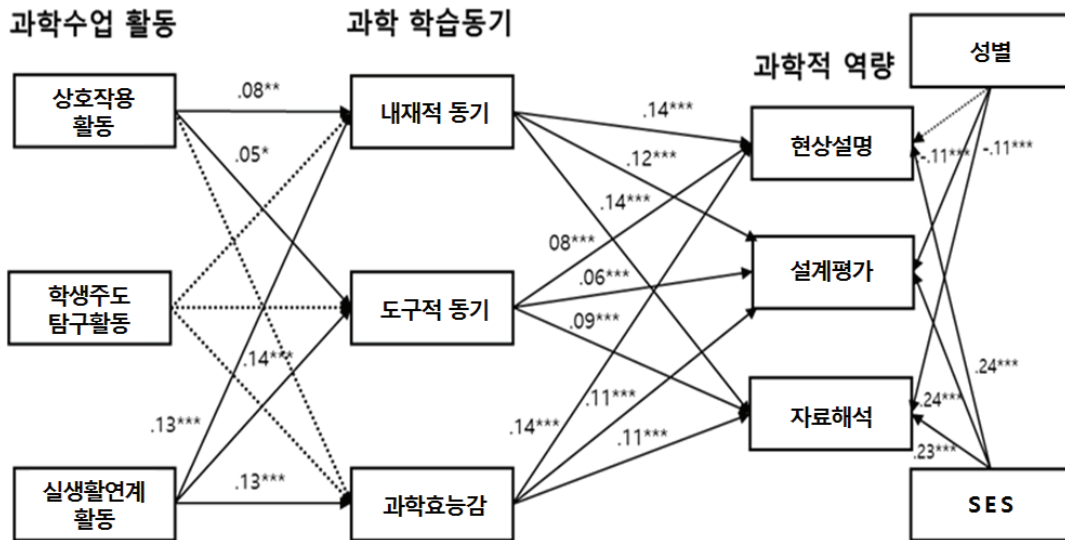
$\beta=.13, p<.001$). 다시 말해, 과학수업에서 실생활과 연계된 교수학습 활동을 많이 할수록 학생들이 과학에 대해 높은 흥미와 가치, 자신감을 갖고 있는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 과학수업이 실생활과 관련될수록 학생들의 참여와 흥미가 높아진다는 선행연구의 결과와 일치한다(Palmer, 2007). 또한 실생활연계 활동의 경로계수들은 상호작용 활동에 비해 상대적으로 더 크게 나타났다. 이는 실생활과 연계된 과학수업 활동이 상호작용이 강조된 과학수업 활동보다 학습 동기를 이끌어내는 데에 더 효과적이라는 것을 시사한다.

이에 비해 학생의 주도적인 탐구가 강조된 활동(학생주도 탐구활동)은 내재적 동기, 도구적 동기, 과학효능감에 모두 유의하지 않은 예측력을 보였다. 이러한 결과는 탐구활동이 학생들의 과학학습에 대한 흥미와 태도를 신장시키는 것으로 보고했던 여러 연구들의 결과들과는 상이하다(Gibson & Chase, 2002; Wolf & Fraser, 2008). 반면, 한국과 일본을 비롯한 동아시아 학생들에게 있어서 탐구활동이 학업 성취나 과학적 흥미와 부적 상관이 있음을 보고했던 Lau et al.(2015)의 연구 결과와는 상통한다고 볼 수 있다. 그럼에도 불구하고 Table 3에서 언급했듯이, 본 연구에서의 ‘학생주도 탐구활동’ 영역은 탐구 과정의 사회적 측면을 제외한 것으로서, 개인 내적으로 이루어지는 인지적이고 인식론적 활동을 의미한다. 따라서 본 연구 결과에서 과학 학습동기에 낮은 예측력을 보이는 것으로 나타난 과학탐구 활동은 개인의 인지적 측면에 국한되어 해석되어야 한다. 즉, 본 연구의 결과는 논변 활동, 과학 글쓰기 등과 같이 사회적 상호작용이 수반된 탐구

Table 5. The standardization beta coefficients in path model (The correlation coefficient between variables is omitted)

		β	SE	t	p
현상설명	←내재적동기	0.144***	0.017	8.565	.000
	←도구적동기	0.081***	0.015	5.526	.000
	←과학효능감	0.135***	0.014	9.956	.000
	←성별	-0.009	0.012	-0.694	.488
	←SES	0.244***	0.013	19.082	.000
설계평가	←내재적동기	0.120***	0.017	7.083	.000
	←도구적동기	0.057***	0.015	3.870	.000
	←과학효능감	0.108***	0.014	7.530	.000
	←성별	-0.113***	0.013	-9.020	.000
	←SES	0.243***	0.013	18.783	.000
자료해석	←내재적동기	0.126***	0.017	7.216	.000
	←도구적동기	0.087***	0.015	5.908	.000
	←과학효능감	0.108***	0.015	7.371	.000
	←성별	-0.108***	0.013	-8.573	.000
	←SES	0.229***	0.013	17.819	.000
내재적동기	←상호작용	0.081**	0.026	3.058	.002
	←학생주도탐구	0.041	0.025	1.644	.100
	←실생활연계	0.133***	0.017	8.011	.000
도구적동기	←상호작용	0.051*	0.026	1.969	.049
	←학생주도탐구	0.020	0.025	0.821	.411
	←실생활연계	0.142***	0.016	8.694	.000
과학효능감	←상호작용	-0.001	0.027	-0.025	.980
	←학생주도탐구	0.049	0.026	1.878	.060
	←실생활연계	0.132***	0.018	7.512	.000

* $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$



(Correlations among variables are omitted and non-significant paths are indicated by dotted lines)

Figure 2. Path model(standardized coefficient) of science class activity, motivation for learning science, and scientific competencies

활동에는 해당되지 않으며, 개별 학생들의 주도로 이루어지는 탐구 활동이 갖는 학습동기에 대한 예측이 낮다는 것을 의미한다.

다음으로, 과학 학습동기의 변수들이 과학적 역량에 대해 갖는 예측력을 살펴보면, 성별과 SES 변수를 통제했을 때, 학습동기는 과학적 역량의 하위 영역들인 ‘과학적으로 현상을 설명하기(현상설명)’, ‘과학 탐구 과정을 평가하고 설계하기(설계평가)’, ‘자료와 증거를 과학적으로 해석하기(자료해석)’의 영역을 정적으로 예측하고 있는 것으로 보고 되었다. 이러한 결과는 학습동기가 높다고 응답한 학생일수록 각 역량 별로 높은 수준의 과학적 역량을 가지고 있다는 것을 의미한다.

주목할 점은 학습동기의 하위 변수들이 과학적 역량 획득에 대해서 갖는 예측력이 또한 차별적으로 나타났다는 것이다. 구체적으로 내재적 동기($\beta_{\text{설명}}=.14, p<.001, \beta_{\text{설계}}=.12, p<.001, \beta_{\text{자료}}=.14, p<.001$)와 과학효능감($\beta_{\text{설명}}=.14, p<.001, \beta_{\text{설계}}=.11, p<.001, \beta_{\text{자료}}=.11, p<.001$)은 비슷한 수준의 예측력을 보였다. 이에 비해 도구적 동기는 과학적 역량 획득에 대해 약간 낮은 예측력을 보였다($\beta_{\text{설명}}=.08, p<.001, \beta_{\text{설계}}=.06, p<.001, \beta_{\text{자료}}=.09, p<.001$).

이러한 결과는 도구적 동기 요인이 내재적 동기 요인보다 학업성취에서의 예측력이 약하다고 보고한 선행연구의 결과와 동일하다(Gardner, 1983; Yu, 2017). 나아가 비록 한국 학생들이 도구적 가치와 동기에 대한 인식이 증가했는지라도 (Kwak, 2017), 여전히 내재적 동기에 비해서는 도구적 동기의 예측력이 상대적으로 낮다는 점을 알 수 있다.

3. 과학수업 활동의 간접효과 검증

다음으로 과학수업 활동 변수들에 대한 간접효과의 유의성을 Bootstrapping 방법으로 알아보았다. Table 6에서는 신뢰구간이 0을 포함하지 않는 간접효과로 유의하게 나타난 경로만 제시되어 있다. 즉, 경로별 특정간접효과를 과학적 역량 영역별로 살펴볼 때, 모든 영역에서 유의한 간접효과는 상호작용 활동과 실생활연계 활동에서만 나타나기 때문에(Table 5 참고), 이를 중심으로 효과크기를 살펴보았다.

Table 6. The specific indirect effect coefficient of each scientific competency on science class activity

과학적 역량	간접효과경로	Bootstrapp계수	S.E.	LLCI	ULCI
현상설명	상호작용→내재적동기→현상설명	.012	.004	.005	.018
	실생활연계→내재적동기→현상설명	.019	.003	.013	.025
	실생활연계→도구적동기→현상설명	.012	.003	.007	.016
	실생활연계→과학효능감→현상설명	.018	.003	.012	.023
설계평가	상호작용→내재적동기→설계평가	.010	.004	.004	.015
	실생활연계→내재적동기→설계평가	.016	.003	.011	.022
	실생활연계→도구적동기→설계평가	.008	.002	.004	.012
	실생활연계→과학효능감→설계평가	.014	.003	.009	.019
자료해석	상호작용→내재적동기→자료해석	.010	.004	.004	.016
	실생활연계→내재적동기→자료해석	.017	.003	.011	.022
	실생활연계→도구적동기→자료해석	.012	.003	.008	.017
	실생활연계→과학효능감→자료해석	.014	.003	.009	.019

LLCI : 95% 신뢰구간 내 매개효과 계수 하한값, ULCI : 95% 신뢰구간 내 매개효과 계수 상한값

우선, 과학적 역량 중에서도, 현상설명 영역에 영향을 미치는 상호작용 활동의 간접효과는 내재적 동기를 통해서만 통계적으로 유의하게 나타났다($B=.012$). 반면 실생활연계 활동은 학습동기 모든 변수를 통한 간접효과가 유의하였는데, 내재적 동기($B=.019$), 과학효능감($B=.018$), 도구적 동기($B=.012$)의 순으로 나타났다.

이러한 패턴은 설계평가 영역이나 자료해석 영역에서도 동일한 결과를 보인다. 즉, 상호작용 활동은 내재적 동기를 통해서만 두 과학적 역량 영역에 유의한 간접효과를 보이며($B_{설계}=.010$, $B_{자료}=.010$), 실생활연계 활동은 내재적동기($B_{설계}=.016$, $B_{자료}=.017$), 과학효능감($B_{설계}=.014$, $B_{자료}=.014$), 도구적 동기($B_{설계}=.008$, $B_{자료}=.012$)를 통해서 유의한 간접효과를 보이고 있다.

요약하면, 과학수업 활동의 유형에 따라 과학 학습동기에 미치는 예측력이 차별적이었듯이, 과학수업 활동의 유형들이 과학적 역량의 하위 영역들에 대해 예측하는 정도가 다르게 나타남을 알 수 있다. 학습동기 중에서는 내재적 동기가 과학수업 활동과 과학적 역량을 매개하는 효과가 가장 두드러지게 나타났으며, 모든 과학적 역량의 하위 영역에 유의한 간접효과를 보였던 실생활연계 활동과 과학적 역량 간의 관계는 내재적 동기, 도구적 동기, 과학효능감 모두에 의해 유의하게 매개되고 있음을 보여준다.

V. 결론 및 논의

본 연구에서는 최근 관심이 증대되고 있는 과학적 역량 획득에 있어서 학교 과학수업 활동과 학생들이 지닌 학습동기의 영향을 탐색하기 위하여, PISA 2015 결과 자료를 중심으로 관련 변수들에 대한 경로분석을 실행하였다. 특히 학교에서 이루어지는 과학수업 활동들을 ‘상호작용이 강조된 과학수업(상호작용)’, ‘학생의 주도적인 탐구가 강조된 과학수업(학생주도탐구)’, ‘실생활연계 활동이 강조된 과학수업(실생활연계)’을 중심으로 유형화하고, 각 과학수업 활동에 따라 학습동기 및 과학적 역량의 하위 영역에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과, 각 과학수업 활동들은 학습동기와 과학적 역량 획득에 대해 하위 영역별 특성에 따라 차별적으로 예측하고 있었다. 이와 관련하여 구체적인 결과를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 한국 고등학생들의 과학 학습동기와 과학적 역량 획득에 가장 높은 예측력을 보인 수업 활동은 실생활과 연계한 활동이었다. 실생활연계 활동은 학습동기와 관련한 모든 하위 영역들(내재적 동기, 도구적 동기, 과학효능감)에서도 높은 예측력을 보였으며, 과학적 역량의 성취에 미치는 영향력도 가장 컸다. 이는 학교에서의 과학수업이 실제 학생들의 삶과 충분히 관련될 때 학습동기가 증가한다는 기존 주장(Palmer, 2007)을 지지하고 있다. Stuckey *et al.*(2013)에 의하면, 과학수업 내용과 실생활을 연계시키기 위해서는 개인적, 사회적, 직업적 차원에서의 관련성 뿐 아니라 개인 내적/외적인 관련성을 다차원적으로 고려해야 한다. 따라서 본 연구의 결과를 토대로 할 때 과학수업에서의 실생활 연계 활동을 적극적으로 구안해야 할 필요가 있으며, 이 때 학생들의 연령, 발달수준, 관심 분야 등을 함께 살펴볼 필요가 있다.

둘째, 반면 학생 주도로 이루어지는 탐구과정이 강조된 과학수업 활동의 경우 학습동기와 관련한 모든 하위 영역들에 유의한 영향을 미치지 못했다. 본 연구에서 사용한 PISA의 학생주도 탐구활동 관련

문항은 탐구의 사회적 측면을 제외한 ‘개인의 인지적 과정’을 측정하였기 때문에, 연구결과만 보면 사회적 상호작용이 포함되지 않은 개인적 탐구활동만으로는 학생의 학습동기와 과학적 역량을 성장시키는 것이 제한적이라고 해석할 수 있다. 그러나 탐구라는 개념의 범주와 속성이 다양하기 때문에(Duschl & Grandy, 2008), 본 연구의 결과만으로 이 같은 결론을 내리기는 힘들다. 가령, Kobarg *et al.*(2011)의 연구에서는 PISA 2006 문항을 토대로, 탐구 기반 과학수업의 다양한 양상을 핸드온(hands-on), 개인탐구, 실생활, 상호작용으로 유형화하고, 각 수업 유형에 따라 학생의 과학적 역량, 지식, 태도에 차별적으로 영향을 준다고 보고하였다. 나아가 Sohn & Park(2017)는 Kobarg *et al.*(2011)가 제시한 4가지 국면의 탐구 기반 수업 유형을 토대로, 싱가포르 학생들에 비해 한국 학생들이 여러 유형의 탐구 기반 수업을 고르게 경험하지 못하고 있으며, 이러한 제한적인 경험이 학생들의 정의적 특성 발달에 부정적인 영향을 준다는 것을 보고하였다. 한편, Lau *et al.*(2015)는 PISA 2006의 홍콩, 대만, 한국, 일본과 같은 동아시아 학생들의 결과에서 실험 활동 전반을 학생이 모두 주도하는 탐구활동은 학생의 과학에 대한 흥미 및 학업성취에 부정 상관을 보인다고 보고하기도 하였다. 이러한 연구들의 연장선상에서 볼 때 본 연구의 결과는 탐구 기반 과학 수업의 또 다른 세부적인 특성으로서, 개인적 활동에 한정하여, 학생 주도로만 이루어지는 탐구 활동이 학생들의 인지적, 정의적 성장에 미치는 영향을 밝혔다는 점에서 의미가 있다. 이는 최근 과학수업 및 탐구에서 상호작용 과정에 대해 강조하는 것과 맥을 같이 하며, 추후 연구를 통해 탐구 활동에서의 학생 개인의 인지적 과정과 사회적 상호작용 과정이 어떤 관계 속에서 학생들의 과학적 역량 획득에 어떤 영향을 주는지에 대한 심층 분석이 필요하다.

셋째, 상호작용이 강조된 과학수업 활동의 경우, 학습동기와 과학적 역량 획득에 차별적인 영향을 미쳤다. 사회적 상호작용이 강조된 수업 활동은 직접적으로는 내재적, 도구적 동기에 보다 관련이 있었고, 역량획득에는 내재적 동기를 통해서만 간접적인 영향을 주었다. 반면 상호작용 활동은 과학효능감을 유의하게 예측하지 못하였는데, 이는 자기효능감의 원인이 되는 요인 중 이전의 성공경험이나 언어적 피드백이 보다 관련이 깊다(Bandura, 1982)는 측면에서 설명할 수 있다. 즉 사회적 상호작용 활동은 과학과제나 실험이 제시된 상황을 보다 재미있고 즐겁게 만들어주는 역할을 하며, 이러한 호기심과 흥미는 긍정적 정서와 반응하여 내재적, 도구적 동기를 높이는 데에는 직접적인 영향이 있으나 학생이 실제로 과학과제를 해결할 수 있는 유능감을 높이는 데에는 상대적으로 한계가 있다는 것이다. 활동을 통해 과학효능감을 높이기 위해서는 학생의 수준에 맞는 과제를 제시하여 성공경험을 높이고, 이에 대한 적절한 칭찬과 보상을 통해 ‘할 수 있다’라는 태도를 심어주는 것이 중요할 것이다.

넷째, 본 연구의 결과로 학습동기의 예측력을 보다 구체적으로 살펴볼 수 있다. 기존 연구들은 교과 간 학습동기의 영향력이 다를 수 있다는 점만을 보고하였는데, 가령 교과별로 학습동기에 대한 하위 영역들 중 흥미가 달라진다는 결과(Yoon & Kim, 2003), 수학과 영어 교과에서 유용성 가치(도구적 동기와 유사)가 차이를 보였다는 결과(Woo & Kim, 2015), 혹은 자기효능감이 수학과 영어교과에 미치는 종단적 효과가 차이를 보였다는 결과(Lim & Lee, 2016) 등은 학생들이 가진 학습동기가 교과별로 차이가 있음을 보여준다. 본 연구의

결과는 이에 더하여 한 교과 내에서도 학습동기를 통해 나타나는 특성과 효과가 다를 수 있다는 가능성을 제시한다. 한 교과 영역 내에서 학습동기의 예측력과 효과를 세분화하여 살펴본 연구는 아직까지 많지 않는데, 연구결과 설계평가나 자료해석과 관련된 과학적 역량에서는 내재적 동기가 가장 높은 예측력과 설명력을 나타냈으며, 과학효능감과 도구적 동기가 뒤를 이었다. 한편, 현상을 과학적으로 설명하는 역량에서는 과학효능감의 효과가 내재적 동기의 효과와 비슷했고, 도구적 동기는 과학적 역량 획득에 유의한 영향을 주지 못했다. 세 가지 종류의 학습동기가 서로 관련이 높고, 성취에 정적인 상관관계가 있다는 기존 연구들의 결과가 있으나(Park, 2008), 본 연구에서 이처럼 상대적 예측력의 차이가 나타난 것은 세부적으로 구분된 역량의 영역에서 학생들이 가지고 있는 인지적, 탐구적 기능 수준이나 사전 경험의 질이 다를 수 있기 때문으로 추측된다. 따라서, 이 부분을 고려하여 결과를 해석할 필요가 있다.

본 연구의 결과들은 전체적으로 과학학습에 있어서 매우 낮은 동기와 흥미를 나타내는 한국 학생들(Song, 2013)이 지닌 특징을 고려하여 맞춤형 교수학습 전략을 세우고 실행할 필요가 있음을 보여준다. 예컨대, 과학적 역량의 획득을 위해서 가장 예측력이 높았던 것으로 나타난 실생활연계 활동에 주목하여, 내재적, 도구적 동기와 자기효능감을 높일 수 있는 방안을 살펴보아야 한다. 반면 상호작용 활동을 강조한 수업에서는 학생이 지닌 정의적 특성에 따라 효과가 달라질 수 있다는 사실을 고려하여 전략을 세울 필요가 있다. 기존 연구에서도 상호작용을 강조한 과학실험 수업에서 8개의 학습동기 영역 중 오직 2개 영역(자아개념 및 학습목표 지향)에서만 유의미한 차이를 보였으며, 높은 인지수준을 가진 학생들에게만 의미 있는 학업성취 향상이 있음이 보고된 바 있다(Kim et al., 2002). 이러한 맥락에서 본 연구의 결과는 개별 학생들의 특징에 맞는 과학수업 상호작용 활동 방안 마련을 위한 기초 자료가 될 수 있다는 점에서 의미가 있다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 과학적 역량을 평가하는데 중요한 요인인 학생들의 사전지식을 통제하지 못했기 때문에, 결과의 해석에 있어서 성취수준 별로 활동 - 동기 - 역량의 관계가 달라질 수 있음을 고려해야 할 것이다. 더구나 학생의 성취(역량)수준은 학생들이 가진 동기나 활동 참여에 영향을 줄 수 있으므로, 경로설정에 있어서 요인들의 선후 관계가 달라질 여지 또한 존재한다. 둘째, PISA에서 정의한 과학적 역량의 범주는 과학적 실험이나 탐구 맥락에 제한되기 때문에, 확장된 역량 개념을 활용한 연구들에서 활동이나 동기의 효과가 어떻게 나타나는지 비교할 필요가 있다. 같은 맥락에서 본 연구에서 제시한 세 가지 활동 말고도, 토론, 과학글쓰기, 과학 논변 활동과 같이 상호작용, 탐구, 실생활 연계 측면이 복합적으로 융합된, 실제 과학수업 활동을 포함한 연구가 실행되어야 할 것이다. 마지막으로 PISA의 자료는 학생수준과 학교수준의 변수를 포함하고 있으나 본 연구에서는 이러한 다층적(multi-level) 자료의 속성을 반영하지 못한 경로분석을 실시하였다. 특히 과학수업과 관련된 활동은 학교특성이나 학교환경 등에 의해 영향을 받을 가능성이 크기 때문에, 후속 연구에서는 다층모형을 활용하여 자료를 분석할 필요가 있다.

국문요약

미래 사회에서 요구되는 핵심역량을 기반으로 한 교육이 국내외에서 강조되면서, 과학 교과에서도 학생들의 ‘과학적 역량’ 신장을 위한 교육과정과 교수학습 활동에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구에서는 학생들의 과학적 역량 획득에 있어서 학교 과학수업 활동과 학생의 학습동기가 갖는 역할을 분석하고, 과학적 역량을 기를 수 있는 과학수업을 위한 시사점을 제안하고자 하였다. 이를 위하여, 이 연구에서는 한국 고등학교 학생들의 PISA 2015 결과 자료를 토대로 학교 과학수업에서의 교수학습 활동이 학생의 학습동기 변수들을 매개로 하여 과학적 역량에 어떤 영향을 주는지 통계적으로 분석하였다. 경로 분석 결과, 과학수업에서 상호작용이 강조된 활동과 실생활연계가 강조된 활동은 내재적 동기와 도구적 동기, 과학효능감을 유의하게 정적으로 예측하고 있었다. 이에 비해 학생의 주도로 이루어지는 탐구활동은 학습동기에 미치는 영향이 나타나지 않았다. 또한 과학에 대한 학습동기가 높을수록 과학적 역량의 세 영역인 ‘현상에 대해 설명하기’, ‘과학탐구 과정을 평가하고 설계하기’, ‘증거와 자료를 과학적으로 해석하기’ 영역들의 점수가 높아졌다. 마지막으로 학교 과학수업의 실행은 학습동기를 통해 과학적 역량 획득에 간접적인 영향을 주고 있었는데, 구체적으로 상호작용이 강조된 활동은 내재적 동기를 통해서, 실생활과 연계된 수업 활동은 모든 학습동기 변수들을 통해서 성취에 긍정적으로 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 끝으로 이러한 결과들이 학생의 과학적 역량 신장을 위한 학교 과학수업의 설계와 역할에 주는 시사점을 논의하였다.

주제어 : 과학적 역량, 과학수업, 학습동기, 경로분석

References

- Bae et al., J., Kim, J., Kim, E., & So, K. H. (2015). The effect of elementary free inquiry lessons utilizing flipped learning with smart devices on the elementary students' digital literacy, 21st century skills and scientific attitude. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 34(4), 476-485.
- Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American Psychologist*, 37(2), 122-147.
- Bybee, R. W., & DeBoer, G. (1994). Research on the goals for science education. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on teaching and learning of science* (pp. 357-387). New York, NY: Macmillan.
- Cho, J. M., Ok, H. J., Lee, S. H., Lim, H. J., Cha, S. H., Kim, D. W., Lim, J. K., & Son, S. K. (2012). A study on the improvement plans of education policy-based on the results of PISA. Korea Institute for Curriculum and Evaluation. Research Report CRE 2012_1.
- Dierks, P. O., Höffler, T. N., Blankenburg, J. S., Peters, H., & Parchmann, I. (2016). Interest in science: A RIASEC-based analysis of students' interests. *International Journal of Science Education*, 38(2), 238-258.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 1-37). Rotterdam: Sense Publishers.
- Evans, R. (2015). Self-efficacy in learning science. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 961-964). Dordrecht: Springer.
- Gardner, R. C. (1983). Learning another language: A true social psychological experiment. *Journal of Language and Social Psychology*, 2(2-3-4), 219-239.
- Gibson, H. L., & Chase, C. (2002). Longitudinal impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes towards science. *Science Education*, 86(5), 693-705.
- Güzeller, C. O., Eser, M. T., & Aksu, G. (2016). Study of the factors affecting the mathematics achievement of Turkish students according to data

- from the Programme for International Student Assessment (PISA) 2012. *International Journal of Progressive Education*, 12(2), 78-88.
- Hacieminoglu, E. (2016). Elementary school students' attitude toward science and related variables. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(2), 35-52.
- Hipkins, R. (2006). *The nature of the key competencies: A background paper*. Wellington: New Zealand Council for Educational Research.
- House, J. D. (2011). Effects of computer activities and classroom instructional strategies on science achievement of eighth-grade students in the United States and Korea: Results from the TIMSS 2007 assessment. *International Journal of Instructional Media*, 38, 197-208.
- Hudson, P. T. W., Parker, D., Lawton, R., Verschuur, W. L. G., Van der Graaf, G. C., & Kalf, J. (2000, January). The hearts and minds project: Creating intrinsic motivation for HSE. Paper presented in SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production. Stavanger, Norway: Society of Petroleum Engineers.
- Jo, S. (2011). The mediation effect of cognitive self-regulated learning strategy in the relationships between self-efficacy and achievement in science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(6), 958-969.
- Kenny, D. A. (1979). *Correlation and causality*. New York, NY: Wiley.
- Kim, J.-Y., Seong, S.-K., P, J.-Y., Choi, B.-S. (2002). The effects of scientific inquiry experiments emphasizing social interaction. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 22(4), 757-767.
- Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (3rd ed.). New York, NY: Guilford Press.
- Koh, E. J., & Jeong, D. H. (2014). Study on Korean science teachers' perception in accordance with the trends of core competencies in science education worldwide. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(6), 535-547.
- Kobarg, M., Prenzel, M., Seidel, T., Walker, M., McCrae, B., Cresswell, J., & Wittwer, J. (2011). *An international comparison of science teaching and learning: Further results from PISA 2006*. Münster: Waxmann Verlag.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on interest in science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27-50.
- Kwak, Y. (2012). Research on ways to improve science teaching methods to develop students' key competencies. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(5), 855-865.
- Kwak, Y. (2017). Exploration of features of Korean eighth grade students' attitudes toward science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 135-142.
- Lau, K. C., Ho, E. S. C., & Lam, T. Y. P. (2015). Effective classroom pedagogy and beyond for promoting scientific literacy: Is there an East Asian model?. In M. S. Khine (Ed.), *Science Education in East Asia* (pp. 13-40). Cham: Springer.
- Lee, H., Choi, Y., & Ko, Y. (2015). Effects of collective intelligence-based SSI instruction on promoting middle school students' key competencies as citizens. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 431-442.
- Lim, Y. N. (2014). The trends in the Korean middle school students affective characteristics toward Science and its correlation and effect on their science achievement: Utilizing the results of TIMSS 2003, 2007 and 2011. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(6), 1-21.
- Lim, H. J., & Lee, J.-E. (2016). The longitudinal changes of students' perception on teachers' teaching ability, self-efficacy, and academic achievement. *Korean Journal of Youth Studies*, 23(6), 71-95.
- Lin, H. S., Lawrenz, F., Lin, S. F., & Hong, Z. R. (2013). Relationships among affective factors and preferred engagement in science-related activities. *Understanding of Science*, 22, 941-954.
- Ministry of Education (2015). *2015 revised curriculum: Science*. Seoul: Ministry of Education.
- Mohammadpour, E., Shekarchizadeh, A., & Kalantarrashidi, S. A. (2015). Multilevel modeling of science achievement in the TIMSS participating countries. *Journal of Educational Research*, 108, 449-464.
- Murphy, K. R., & Davidshofer, C. O. (1994). *Psychological testing: Principles and applications* (3rd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- New Zealand Ministry of Education. (2007). *New Zealand primary and secondary (Level 1-8) curriculum*. Wellington: New Zealand Ministry of Education.
- OECD (2003). *Definition and selection of competencies: Theoretical and conceptual foundation*. Paris: OECD Publishing.
- OECD (2017). *PISA 2015 assessment and analytical framework: Science, reading, mathematics, financial literacy and collaborative problem solving*. Paris: OECD Publishing.
- Palmer, D. (2007). What is the best way to motivate students in science?. *Teaching Science: The Journal of the Australian Science Teachers Association*, 53(1), 38-42.
- Park, H.-J. (2008). Test of group invariance for the structural model among motivation, self-concept and student achievement: Using PISA 2006 data. *Journal of Educational Evaluation*, 21(3), 43-67.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91-105.
- Preacher, K. J., & Hayes, A. F. (2004). SPSS and SAS procedures for estimating indirect effects in simple mediation models. *Behavioral Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(4), 717-731.
- Qualifications and Curriculum Authority. (2004). *The national curriculum: Handbook for secondary teachers in England*. London: Department for Education and Skills.
- Ratelle, C. F., Guay, F., Vallerand, R. J., Larose, S., & Senécal, C. (2007). Autonomous, controlled, and amotivated types of academic motivation: A person-oriented analysis. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 734-746.
- Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (2000). Definition and selection of key competencies. Paper presented in the Fourth General Assembly of the OCDE Education Indicators Programme (pp. 61-73). Paris: OCDE.
- Singapore Ministry of Education. (2013). *Science Syllabus Primary 2014*. Singapore: Singapore Ministry of Education.
- So, K.-H., Lee, S.-E., Lee, J.-H., & Heo, H.-I. (2010). Review on curriculum reform in the New Zealand: Implementation of key competencies-based curriculum. *Korean Journal of Comparative Education* 20(2), 27-50.
- Sohn, W., & Park, C. (2017). A latent profile analysis of inquiry-based science teaching and learning practices: A comparative analysis of PISA 2015 data of Korea and Singapore. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 21(6), 698-707.
- Song, J. (2013). The disparity between achievement and engagement in students' science learning: A case of East-Asian regions. In C. Deborah, R. Gunstone, A. Jones (Eds.), *Valuing Assessment in Science Education: Pedagogy, Curriculum, Policy* (pp. 285-306). Dordrecht: Springer.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1-34.
- Tsai, C. Y. (2015). Improving students' PISA scientific competencies through online argumentation. *International Journal of Science Education*, 37(2), 321-339.
- Wolf, S. J., & Fraser, B. J. (2008). Learning environment, attitudes and achievement among middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education*, 38(3), 321-341.
- Woo, Y., & Kim, S. (2015). Structural relationship among academic motivation, engagement and achievement: Domain comparison between mathematics and English. *The Korean Journal of Educational Methodology Studies*, 27(2), 253-273.
- Yoon, M.-S., & Kim, S.-I. (2003). A study on constructs of subject-specific interests and its relationship with academic achievement. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 17(3), 271-290.
- Yu, H. (2017). Motivation behind China's 'One Belt, One Road' initiatives and establishment of the Asian infrastructure investment bank. *Journal of Contemporary China*, 26(105), 353-368.