



과학교육에서 탐구 관련 국외 연구 동향 -탐구의 인식과 관점, 전략과 지원, 교사 전문성의 관점에서-

유은정, 변태진, 백종호, 심현표, 유금복, 이동원*
한국교육과정평가원

International Research Trends Related to Inquiry in Science Education: Perception and Perspective on Inquiry, Support and Strategy for Inquiry, and Teacher Professional Development for Inquiry

Eun-Jeong Yu, Taejin Byun, Jongho Baek, Hyeon-Pyo Shim, Kumbok Ryu, Dongwon Lee*
Korea Institute for Curriculum and Evaluation

ARTICLE INFO

Article history:

Received 13 January 2021
Received in revised form
26 January 2021
10 February 2021
Accepted 15 February 2021

Keywords:

research trends, inquiry,
science education

ABSTRACT

Inquiry occupies an important place in science education, and research related to inquiry is widely conducted. However, due to the inclusiveness of the concept of “exploration,” each researcher perceives its meaning differently, and approaches may vary. In addition, criticisms have been raised that the results of classes using inquiry in science education do not guarantee meaningful changes to students. Therefore, this study attempts to identify the trend of SSCI-level research papers dealing with inquiry in science education over the past three years to confirm the current status and effectiveness of the inquiry. Researches used in the analysis are International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Research in Science Education, and Science Education, and limited to those that directly suggest “inquiry (enquiry)” as a keyword. Based on extracted 75 papers, the classification process was conducted, and an analysis frame was derived inductively by reflecting the subject and characteristics. Specific cases for each category were presented by dividing into three aspects: perception and perspective on inquiry, support and strategy for inquiry, and teacher professional development for inquiry. The results of examining the implications for scientific inquiry are as follows: First, rather than defining inquiry as an implicit proposition or presenting it as a step-by-step procedure, it was induced to grasp the meaning of inquiry more comprehensively and holistically. Second, as to whether the inquiry-based instruction is effective in all aspects of the cognitive, functional, and affective domains of science, the limitations are clearly presented, and the context-dependent and subject-specific properties and limitations of inquiry are emphasized. Third, uncertainty in science inquiry-based instruction can help learners to begin their inquiry and develop interest, but in the process of recognizing data and restructuring knowledge, explicit and specific guidance and scaffolding should be provided at an appropriate timing.

1. 서론

인류 최초의 인공위성인 러시아의 스푸트니크호는 미국의 교육 사조를 학문 중심 교육과정으로 변화하게 하는 기폭제가 되었다(McCormack, 1992). 인공위성 발사 2년 뒤 미국 과학아카데미는 워드홀에서 각계 전문가를 모아 회의를 열었고, 이 회의의 보고서인 ‘교육의 과정(The Process of Education)’은 지식의 구조와 발견학습을 강조하는 학문 중심 교육으로의 변화를 알렸다(Bruner, 1963). 학문 중심 교육 철학의 영향으로 과학교육에서는 학생들 역시 ‘실제 과학자들이 자연을 탐구하는 방식’을 따라 과학적인 방법을 익히고, 과학적 사고와 소양을 기를 수 있도록 하는 것이 강조되었다. 이후 ‘탐구’는 과학교육에서 꾸준히 주요 키워드의 지위를 유지하고 있으며, 우리나라에서도 제 3차 교육과정 이후 과학과의 주요 목표 중 하나로 탐구를 강조하고 있다(Lee & Kang, 2012). 이와 같이 과학교육에 있어서 탐구의 중요성은 국가 교육과정에서도 지속적으로 반영

되어 2015 개정 교육과정에 이르러서는 ‘과학탐구실험’ 교과가 신설되었고(MOE, 2015), 이 교과를 바탕으로 학교 탐구 교육의 실천 양상이나 평가 실태에 대한 연구도 진행되었다(Baek *et al.*, 2020; Byun *et al.*, 2019).

이와 같이 과학교육에 있어 ‘탐구’의 중요성은 오랫동안 강조된 반면, 과학적 탐구가 가진 개념의 포괄성으로 인해 ‘탐구’를 한 마디로 규정하는 일은 매우 어려워 연구자들마다 다양하게 정의해왔다. Welch(1981)는 탐구를 정보와 이해를 찾는 일반적 과정으로 보다 넓은 의미의 사고 방법으로 정의하였고, Collette & Chiappetta(1989)는 지식과 이해의 탐색, 그리고 자연을 이해하는 과정으로 보았다. 과학 탐구에 대한 정의뿐만 아니라 탐구 요소에 대한 이해의 범위도 다양하여 Association for Science Education(ASE), Science A Process Approach(SAPA)에서는 탐구 요소에 해당하는 용어가 기능(skill)으로 불리며 사용된다(Nellist & Nicholl, 1987, Sanderson & Kratochvil, 1971), 미국 차세대 과학교육 기준(NGSS)의 기초가 된

* 교신저자 : 이동원 (dwlee@kice.re.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2021.41.1.33>

‘A framework for K-12 science education’에서는 실천(practice)이라는 용어가 사용되었다(NRC, 2012). 더불어 각 탐구 기능의 하위요소가 연구자별로 다양하게 설정되고 해석된다는 것을 여러 연구를 통해 확인 할 수 있다(Lee & Kang, 2012; Lee, Park, & Kim, 2007). 탐구에 대한 다양한 정의와 해석은 탐구를 수업에 적용하는 방법과 절차에 다양성을 제공할 수 있지만, 동일한 단어가 의미하는 범위가 지나치게 넓은 경우 사용하는 단어는 같다고 하더라도 실제 연구에서 다루는 내용이나 지향점이 다를 수 있기 때문에 탐구와 관련된 연구를 진행하기 위해서는 이에 대한 정의나 방향성을 정립하는 것이 필요하다.

과학교육에서 탐구를 활용한 수업 전략은 STEM 주제를 활용하거나, 시각화 자료를 사용한다든지, 또는 웹 기반 도구를 사용한다든지 탐구 주제의 범위와 학습 도구의 형태를 다양하게 확장해 가고 있지만(Lämsä *et al.*, 2018; Balgopal *et al.*, 2017; Ryoo & Bedell, 2019), 탐구에 기반한 수업 전략이 수업에 참여하는 학생들에게 항상 긍정적인 측면에서 유의미한 변화를 보장하는 것은 아니라는 부분도 고민할 필요가 있다(Carins, 2019). 탐구를 수업에 활용한 것만으론 원하는 효과를 담보 받을 수 없다면, 탐구를 활용한 수업이 효과적이기 위해서는 탐구와 관련하여 어떠한 측면에서 연구가 진행되었는지 그리고 각 연구에서 실제로 효과를 기대할 수 있는 부분과 효과를 얻기 위해서 추가적으로 고려해야 하는 부분에 대한 검토가 필요하다.

구성주의 교육의 관점에서 지식을 구성하는 주체가 학생임을 되새긴다면, 탐구 교육을 실천하는 교사는 수업 내에서 조력자, 안내자로서 스캐폴딩의 역할이 강조된다(van Uum, Verhoeff, & Peeters, 2017; Vygotsky, 1978). 탐구를 활용한 수업이 효과적이기 위해서는 적절한 수업 전략의 설계와 함께 학생의 특성과 같이 세부적인 측면까지 고려하는 교사의 교수학적 전문성(Pedagogical Content Knowledge; PCK)과 전문성 개발(Professional Development; PD)이 무엇보다도 중요하다(Shulman, 1986; Postholm, 2012). 교사의 역량과 수업에 대한 전문성은 수업의 효과에 주요한 요인으로 작용하기에, 교사의 탐구에 대한 인식과 탐구를 활용한 수업에서의 전문성 발달에 대한 지원 방법에 대한 고민이 필요하다.

국내에서 과학 교육의 동향을 조사하고 정리한 연구가 꾸준히 수행되고 있지만(Byun, 2017; Hwang, 2018; Jho, 2015; Kwon & Ahn, 2012), 탐구를 주제로 국외 연구를 조사한 연구는 웹기반 탐구학습의 효과성에 대한 문헌 연구를 수행한 Lee *et al.*(2015)의 연구가 가장 최근의 것이다. 이에 본 연구에서는 탐구에 대한 연구 동향을 살펴봄으로써 교육 주체들이 탐구에 대해 어떻게 인식하는지, 실제 수업 상황에서 탐구를 활용한 수업이 효과적이기 위해서는 어떠한 전략과 지원이 필요한지, 수업을 진행하는 교사는 어떠한 전문성을 가져야 하는지 살펴보고 이를 통해 최종적으로는 과학교육에서 탐구가 어떻게 활용되어야 하는지에 대한 답을 탐색하고자 하였다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위해 본 연구에서는 최근 3년간 탐구를 주제로 다루고 있는 SSCI급 학술지의 연구논문 동향을 파악하여 최근 과학교육에서 탐구가 어떤 측면에서 연구되고 있고 실제 학교 교육에서 탐구가 교육에서 의미 있게 활용되기 위해서는 어떤 부분을 고려해야 할지 탐색하였다.

II. 연구 방법

1. 분석 대상

본 연구에서는 과학교육에서 탐구(inquiry, enquiry)에 대한 해외 연구 동향을 분석하기 위해 SSCI(Social Science Citation Index)에 속하는 학술지 중 영향력이 상대적으로 높은 International Journal of Science Education(IJSE), Journal of Research in Science Teaching(JRST), Research in Science Education(RISE), Science Education(SE)의 논문을 분석하였다. 본 연구의 시작 시점인 2020년 1월을 기준으로 2017년 1월부터 2019년 12월까지 3년 간 상기 4종의 학술지에 게재된 논문을 검토하였고, 주제어(keywords)에 ‘inquiry(enquiry)’가 제시된 논문 93편을 추출하였다. 이 중 실질적으로 탐구에 대한 연구가 이루어진 논문을 선별하기 위하여 editorial나 response의 성격을 가지는 논문이나 ‘내러티브 탐구(narrative inquiry)’ 등 연구 방법 자체로 주제어에 탐구가 포함된 논문의 경우 분석 대상에서 제외하였다. 또한, 초록과 연구 결과를 검토하여 ‘조사(investigation)’나 ‘질문(question)’ 등 ‘inquiry’를 제한적인 의미로만 사용된 논문을 분석에서 제외하였다. 이러한 과정을 통해 최종적으로 IJSE에서 33편, JRST에서 15편, RISE에서 22편, SE에서 5편의 총 75편의 논문을 분석 대상으로 최종 확정하였다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 최근 탐구의 연구 동향을 살피기 위하여 분석 대상 논문의 목적과 주요 특징을 분석하였다. 분석의 초기 단계에서는 탐구 동향에 대한 분류 기준을 설정하고 논문에 대한 기초적인 정보를 수집하였다. 먼저 논문의 연구 방법, 연구 참여자, 수집한 자료에 대하여 현황을 파악하였고, inquiry(enquiry)와 함께 제시한 논문의 핵심어와 더불어 연구된 교과(영역)를 확인하였다. 이러한 과정은 연구 목적과 경향을 파악하여 연구물들을 범주화하기 위한 기초 작업으로 이루어졌다. 더불어 연도별, 국가별 연구물의 개수 등 기본적인 정보를 수집하였다.

다음으로 분석 대상 논문들의 연구 동향 및 특징을 분석하기 위하여 각 논문의 연구 내용을 세밀하게 검토하였다. 이 과정에서는 연구 문제와 연구의 초점 대상, 구체적 연구 방법, 연구의 결과 및 함의를 정리하여 유사 연구물들의 분류를 시도하였다. 앞서 이루어진 개괄적 범주에 해당 연구물의 포함 여부를 판단하였고, 동일 범주에 해당하는 연구물 사이의 관련성을 고려하여 연구 동향을 파악하고자 하였다. 과학교육전문가 6인은 75편의 논문에 대하여 개별로 분류 범주를 설정하였고, 논의를 통해 분석틀을 확정하였다. 분석틀 구성은 분석에 참여한 연구자들이 논문의 개요를 발제하여 목적과 함의를 공유하고 구조화된 범주의 타당성 여부를 검토하는 방식으로 이루어졌으며, 분석한 내용을 바탕으로 대범주와 하위 범주를 구분하였다. 또한 분석 과정의 신뢰도를 높이기 위하여 연구자 삼각화(Paccon, 2002)를 실시하였다. 분석의 적절성과 타당성을 확보하기 위하여 논문의 상세 내용에 대해 개별 검토와 교차 검토를 반복하였다. 이 과정에서 분석틀 확정, 개별 논문 분류의 적절성 검토, 각 논문의 결과 및 함의에 대한 확인 등의 과정을 거쳐 탐구 관련 연구들의 동향을 유목화하고,

검토하는 과정을 진행하였다. 분석에 대한 상세한 과정은 아래와 같다.

첫째, 탐구 연구의 범주화를 위해 추출된 75개의 논문을 6인의 연구진이 나누어 개별 분석을 실시하였다. 개별 분석에는 논문의 제목과 주제어, 초록, 연구 문제, 연구 방법, 참여자, 수집한 자료의 종류, 연구의 맥락, 결과, 제한점과 함의 등을 분석할 수 있는 틀을 활용하였다. 1차 논문 분석자가 기록한 세부 정보를 바탕으로 전체 연구진이 75편의 논문과 관련한 주제별 키워드를 나열하고 유사한 항목을 반복적으로 수합하는 귀납적 범주화 과정을 진행하였다. 연구 초기 탐구 동향에 대한 범주는 총 6가지로 제시되었으나 각 범주들의 연관성과 포괄성을 협의하여 최종적으로 ‘탐구에 대한 인식 및 관점’, ‘탐구 학습을 위한 전략 및 지원’, ‘탐구 수업을 위한 교사 전문성 발달’의 3가지 주제별 대범주를 도출하였다. 이와 함께 동일 논문을 2인의 연구자가 개별 검토와 교차 검토를 통해 최종적으로 각 논문이 포함될 주제별 대범주를 확정하였다.

둘째, 대범주의 세분화를 실시하였다. 세 가지 주제별 대범주에 맞추어 연구진 그룹을 만들고, 그룹별로 개별 논문의 주요 이슈를 재정리하는 과정을 통해 하위 범주 세분화를 검토하였다. 그 결과 ‘탐구에 대한 인식 및 관점’의 대범주는 ‘탐구에 대한 학생의 인식’과 ‘탐구 기반 수업에 대한 교사들의 관점’으로 분류하였다. ‘탐구 학습을 위한 전략 및 지원’의 대범주는 ‘탐구 기반 수업의 효과와 제한점’, ‘정리적 영역이 탐구 기반 수업에 미치는 영향’, ‘탐구 기반 수업에서 시각화, 표상, 모델링의 활용’, ‘탐구 기반 수업에서의 안내와 비계 설정’의 4가지 하위 항목으로 세분화 할 수 있었다. 또한 ‘탐구 수업을 위한 교사 전문성 발달’ 관련 연구들은 ‘탐구 기반 수업에 필요한 교사 전문성 탐색’, ‘탐구 교수 실천을 위한 교사 전문성의 발달’, ‘교사 전문성 프로그램의 운영 및 효과’로 구분할 수 있었다. 하위 범주 세분화 과정에서 해당 논문의 대범주 적합성을 재검토 하였고, 연구진 전체 협의를 통해 대범주와 하위 범주를 확정하였다. Table 1은 분석 대상 논문을 대범주로 구분하여 학술지와 분석 기준, 연도에 따라 나타낸 것이다.

마지막으로 하위 범주별 개별 논문의 분석은 개별 연구자가 해당 논문의 의의와 함의를 작성하여 연구진 전체와 공유하였다. 이 과정에서 범주의 적절성을 반복적으로 논의하였고 하위 범주별 함의와

대범주의 의의를 추출하였다. 이러한 일련의 과정을 통해 2017년부터 2019년까지 3년간의 과학교육에서 탐구 관련 연구의 국제적인 동향을 파악하여 정리하였다.

III. 연구 결과

최근 3년간의 탐구 관련 연구들을 분석한 결과, 앞서 제시한 세 가지 범주로 구분하는 것이 가능하였다. 그 중, 탐구에 대한 인식 및 관점에 대해 10편, 탐구 학습을 위한 전략 및 지원에 대한 논문이 48편, 탐구 수업을 위한 교사 전문성 발달 관련 논문이 17편으로 나타났다. 내용적으로는 이전의 탐구 관련 연구에서 연구 주제에 대한 세부 요소에 대한 논의를 구체화하여 제시하는 경우가 있었다. 또한 과학 학습을 보다 실천적 맥락에서 바라보는 관점의 변화를 반영하거나, 적극적으로 탐구 관련 기능에서 인식적 실행을 포함하는 한편, 기술적 진보와 같은 사회적 변화를 수반시키고자하는 특성들이 나타났다.

연구 결과에서는 분석한 내용을 탐구에 대한 인식 및 관점, 탐구 학습을 위한 전략 및 지원, 탐구 수업을 위한 교사 전문성 발달 측면으로 나누어 기술하였다.

1. 탐구에 대한 인식 및 관점

최근 3년간 4개 학술지에서 발표된 논문 중 탐구와 관련된 인식과 관련된 연구들은 총 10편이었으며, IJSE에 3편, JRST에 2편, RISE에 5편이 게재되었다. 탐구에 대한 인식과 관련된 논문은 탐구 혹은 과학에 대한 이해와 신념을 파악하기 위한 목적의 인식론과 관련된 연구에서부터 탐구에 대한 생각을 묻는 연구까지 다양하고 포괄적인 주제를 다루었다. ‘인식’ 범주와 관련하여 분석한 10편의 논문들은 크게 인식론적 측면에 대한 5편의 연구와 탐구를 교수 학습의 차원에서 실행할 때 바라보는 관점에 대한 5편의 논문으로 구분할 수 있었다. 인식론적 측면에 대한 연구들은 그 수가 많지 않아 두드러지는 핵심어를 제시하긴 어려우나, 신념(beliefs), 인식론(epistemology), 탐구에 대한 관점(views of scientific inquiry), 소양(literacy) 등의 핵심어를

Table 1. The number of articles categorized by journal, classification criteria, and year

	year	Perception and perspective on inquiry		Support and strategy for inquiry learning		Teacher professional development for inquiry teaching,		total
IJSE	17	0	3	4	24	6	6	33
	18	1		12		0		
	19	2		8		0		
JRST	17	0	2	5	10	1	3	15
	18	0		4		0		
	19	2		1		2		
RISE	17	0	5	2	10	4	7	22
	18	1		1		2		
	19	4		7		1		
SE	17	0	0	0	4	0	1	5
	18	0		4		1		
	19	0		0		0		
total		10		48		17		75

확인할 수 있었다. 연구 참여자의 측면에서 탐구에 대한 이해와 신념을 파악하고 분석하는 연구는 모두 초등 또는 중등학교 학생들을 대상으로 진행되었다. 그리고 교수자의 측면에서 탐구와 교수 학습 맥락이 맞닿을 때 발생하는 사안들을 바라보는 관점에 대한 논문들 중, 4편은 교사를 대상으로 하였으며, 1편은 예비교사를 연구 참여자로 계획한 연구들이었다. 자료 수집의 측면에서 인식론과 관련된 연구들은 검사 도구의 타당도를 파악하기 위한 목적을 가지거나 PISA (Programme for International Student Assessment) 자료를 이용하였기에 대규모의 설문이나 검사를 통해 수행하는 경향이 있었다. 교수 학습 차원에서의 관점에 대한 연구들은 교사들의 생각을 구체적으로 파악하기 위한 목적에서 이루어진 경우가 많아, 참여 관찰, 면담 등의 방법을 이용하여 자료를 수집하는 경향이 있었다.

탐구에 대한 인식 및 관점과 관련한 연구는 어떤 대상에 관심을 두는지에 따라 탐구와 관련한 학생의 인식에 대한 연구와 탐구 수업에 대한 교사의 관점에 대한 연구로 나눌 수 있다. 학생의 인식과 관련한 연구에서는 학생들의 탐구에 대한 인식과 관련된 내용이 주를 이루며, 교사의 인식과 관련한 연구는 탐구 자체에 대한 교사의 인식이나 탐구 기반 수업에서 활용하는 교수 학습 방법에 대한 인식으로 구분할 수 있다. 이러한 연구의 흐름은 탐구나 탐구 기반 수업에 대한 교사의 관점과 학생들이 가지고 있는 탐구에 대한 인식과 이해 정도가 탐구에 기반을 둔 교수 학습 활동의 성과와 관련이 있다고 보인다.

가. 탐구에 대한 학생의 인식

인식론적 측면의 연구들은 과학교육의 다양한 목표 중 과학의 변화와 발전, 지식의 생성, 과학의 활용 등의 차원을 달성하기 위해 과학이란 무엇인가에 대한 이해가 필요하다는 점을 언급한다(Hodson, 2009). 탐구는 과학적 방법의 운용, 자료와 이론 간의 관계에 대한 탐색과 비판적 검증, 논변 등과 같이 과학 지식의 구성과 정당화의 과정을 다루며(Han, Choi, & Noh, 2012), 이는 과학 탐구의 본성(Schwartz & Lederman, 2008)과 연관이 있다.

탐구에 대한 학생들의 인식과 관련하여 최근 3년간의 연구에서 두드러지는 점은 인식론적 이해를 살펴볼 수 있는 도구를 활용할 수 있도록 대규모 학생 집단을 대상으로 한 연구들이 이루어졌다는 점이다. 탐구에 대한 인식을 확인할 수 있도록 마련된 평가 도구(View About Scientific Inquiry(VASI); Lederman *et al.*, 2014)가 개발된 이후, 이 도구의 가능성을 탐색하기 위하여 총 18개 국가에서 약 2,600여명의 7학년 학생들을 대상으로 탐구에 대한 이해를 확인하는 연구가 이루어졌다(Lederman *et al.*, 2019). 이 연구 결과로부터 중·고등학교에서의 과학 학습의 방향을 결정하기 위한 일종의 시작 지점을 지칭하는 기준 선을 확인할 수 있으며, 향후 VASI의 활용 방안을 확장하기 위한 방향을 살펴볼 수 있다. 또한 과학에 대한 인식을 일반적인 차원이 아닌 자신의 활동 속에서 살펴보기 위한 목적에서 강조되는 실천적 인식론(Sandoval, 2005)을 확인할 수 있는 도구의 개발과 적용도 이루어지고 있었다. 실천적 인식론을 확인하기 위한 목적에서 개발된 도구(Practical Epistemology in Science Survey: PESS)는 4~6학년 학생들을 대상으로 적용되었고, 그 결과로부터 교실에서의 과학 활동 참여를 바라보는 관점을 이해할 수 있음을 보여주었다(Villanueva *et al.*, 2019). PESS는 Likert형 자기 검사지로 구성되어

특히 개인적 인식론, 지식의 본성과 학습의 본성에 대한 관점 등을 파악할 수 있도록 구성되었는데, 개인의 실천이 더욱 강조되는 최근의 경향에 따라 그 적용 가능성이 더욱 높아졌다고 볼 수 있다. 한편, She *et al.*(2019)의 연구에서는 2015 PISA의 자료를 분석하여 과학적 소양과 관련된 변인들을 탐색하였는데, 그 중 과학에 대한 인식론적 신념이 다른 요인들보다 우선시됨을 설명하였다. 이들의 연구는 약 8,000여명의 학생 자료를 폭넓게 분석하여 이루어졌다는 측면에서, 향후 인식론적 신념과 다른 요인들 간의 관계를 세부적으로 살펴볼 수 있도록 방향을 제공한다는 측면에서 살펴볼 필요가 있다.

대규모 집단을 대상으로 한 연구 이외에도 탐구가 진행되는 맥락에서 학습자들의 인식을 살펴보는 연구들도 여전히 지속되고 있다. 그 수가 많지 않다는 점에서 제한적이거나, 학교에서의 활동을 벗어나 이루어지는 탐구를 중심으로 연구들이 보고되었다. 과학 캠프에서 탐구 활동을 수행한 6~7학년 학생들은 탐구 문제의 중요성을 인지하고, 과학의 방법은 다양하며, 자료와 증거의 차이에 대해 이해하고 그 이해를 오랫동안 유지하였음이 보고되었다(Leblebicioglu *et al.*, 2019). 또한 대학의 연구실에 방문한 고등학생들이 과학의 본성에 대한 이해가 크게 향상되었다는 연구 결과는 과학의 본성에 대한 이해가 탐구 능력 향상에 도움이 될 수 있음을 강조하고 있다(Tsybulsky, Dodick, & Camhi, 2018). 이러한 연구들은 실제 과학 탐구가 이루어지는 장소를 방문하는 활동은 학생의 탐구 능력 향상에 긍정적인 역할을 할 수 있음을 보여준다. 또한 장기적으로는 학생들의 과학의 본성에 대한 이해와 탐구 능력 함양을 위해 학교에서의 활동과 학교 밖 활동이 포괄적으로 이루어지는 것이 필요함을 시사한다.

나. 탐구 기반 수업에 대한 교사들의 관점

탐구를 교수 학습의 맥락에서 활용할 때 교사들이 바라보는 관점에 대한 연구는 주로 탐구 기반 수업을 저해하는 요인들을 분석하고, 이를 지원하기 위한 방안이 무엇인지 논의하기 위한 목적에서 이루어졌다. 각 논문에서 분석한 연구 결과에 따르면 교사에게 주어지는 시간 부족과 자신감 결여의 문제(Bevins, Price, & Booth, 2019), 교수 능력 개발 기회와 다양한 사례 및 수업을 위한 자원, 시간의 부족(Fitzgerald, Danaia, & McKinnon, 2019)을 저해 요인으로 꼽았다. 이러한 저해 요인들이 존재하는 가운데, 실제 탐구 기반의 수업에서 교사들은 메타모델링 담화와 같이 학생들로 하여금 인식론적 실천으로 나아가기 위한 전략을 활용하고 있지 않음이 드러나, 보다 명시적이고 적극적으로 자료와 원인간의 관계를 밝히는 담화 전략의 활용이 제안되기도 하였다(Gray & Rogan-Klyve, 2018). 더불어 예비교사의 교육 단계에서 교수능력 개발을 위해 선언적 지식 이외에도 각 수업에서 필요한 맥락적 지식과 같이 PCK의 습득과 개발이 예비교사의 교육 단계에서 필요하다고도 볼 수 있다(Herranen *et al.*, 2019). 이러한 선상에서 Martin, Park, & Hand(2019)의 연구는 주목할 필요가 있다. 이들은 초등 경력 교사들을 대상으로 한 연구를 통해 탐구 기반 수업에서 이들이 보이는 교수 학습과 과학탐구 등에 대한 신념 구조가 서로 얽혀 있음을 드러내고, 지향하는 바와 실천으로 이루어지는 바의 복잡성을 설명하였다. 즉, 교사가 갖는 신념이 실천으로 드러나는 과정에 대해 연구자들이 보다 적극적으로 관심을 가질 필요가 있다.

2. 탐구 학습을 위한 전략 및 지원

탐구 학습을 위한 전략 및 지원과 관련된 연구들은 총 48편이었으며, IJSE에 24편, JRST에 10편, RISE에 10편, SE에 4편이 게재되었다. 분석한 논문을 주제별로 나누었을 때 학생 특성으로 인한 집단 간의 격차를 줄이는 방법으로써 탐구 기반 수업 지원의 효과와 관련된 연구가 총 14편, 정의적 영역이 탐구 기반 수업에 미치는 영향과 관련된 연구는 7편, 탐구 기반 수업에서 시각화, 표상, 모델링의 활용과 관련된 연구는 9편, 탐구 기반 수업에서의 안내와 비계 설정과 관련된 연구가 18편이었다. 이들 논문에서 나타나는 주요 핵심어는 탐구 기반 과학 수업(inquiry-based science instruction), 과학에서의 성취(science achievement) 등이며, 세부적으로는 호기심(curiosity), 논증(argumentation), 모델(model), 안내(guidance) 등의 핵심어가 있었다. 연구 참여자의 경우 연구의 주제가 다양하기 때문에 일반화시키기 어려우나 대부분 중학생과 고등학생을 대상으로 진행하였으며 초등학생과 대학생을 대상으로 한 연구도 일부 존재한다.

탐구 학습을 위한 전략 및 지원과 관련된 연구는 크게 탐구 기반 수업의 효과와 제한점, 정의적 영역이 탐구 기반 수업에 미치는 영향, 탐구 기반 수업에서 시각화, 표상, 모델링의 활용, 탐구 기반 수업에서의 안내와 비계 설정에 대한 내용으로 나눌 수 있었다. 교수 학습 맥락에서 탐구를 활용한 수업의 효과를 보고한 연구는 많이 있으며 본 연구에서 분석한 논문의 대부분이 탐구가 학생들에게 긍정적인 영향을 주는 결과를 제시하고 있었다. 그럼에도 불구하고 탐구 기반 수업의 효과와 관련하여 뚜렷한 향상이 나타나지 않는 경우가 존재하며 이러한 상황을 극복하기 위해서 교사와 학생의 특성을 세부적으로 분류하고 새로운 교수 학습 전략을 제시하며, 탐구 기반 수업을 진행하는데 필요한 구체적인 지원 전략에 대한 탐색이 이루어지고 있었다.

가. 탐구 기반 수업의 효과와 제한점

탐구 기반 수업은 학생들의 기질, 성향, 특성과 관련이 있지만 단순히 탐구 기반의 수업을 제공하는 것만으로는 학업 성취의 측면에서 성과를 담보하기 어렵다(Cairns & Areepattamannil, 2019; Cairns, 2019; Peel et al., 2019; Stender et al., 2018). 탐구 기반 교육에서 학생들의 과학 성취와 성향(disposition)과의 관계를 조사한 연구(Cairns & Areepattamannil, 2019) 결과에 따르면, 탐구 기반 과학 교육은 과학 성취와 부정적인 관계에 있으며, 과학 학습에 대한 관심과 즐거움, 도구 및 미래 지향적 과학 동기 부여, 과학 자체 개념 및 자기 효능감과 같은 과학에 대한 성향과는 긍정적인 관련이 있는 것으로 나타났다. 탐구 기반 수업에서 인지 기술(cognitive skills)이 내용 지식 학습에는 직접적인 영향을 주지 못하거나(Stender et al., 2018) 수업에서 탐구의 활용이 학생들의 내용 이해를 도울 수 있지만, 이해한 내용을 다른 상황에 아이디어를 적용시키는 데는 한계를 보이는 경우도 있었다(Peel et al., 2019). 또한 탐구 실천(practices) 빈도가 높은 것이 학생의 높은 성취도를 보장해 주지 않으며(Cairns, 2019), 전체 교육과정 중 일정 부분만 실험 수업을 수행한 학생이 모든 수업에서 실험을 수행하는 학생보다 성취도가 높은 것으로 나타났다.

탐구 기반 수업이 학생들의 학업 성취에 제한적이라는 연구 결과에도 불구하고 탐구 기반 수업은 학생들의 진로에 영향을 미치며 특정

집단 간의 격차를 완화시키는데 긍정적일 수 있다(Chi et al., 2018; Doria et al., 2018; Tang et al., 2019). 탐구 기반 학습 경험은 과학 관련 진로와 높은 상관관계를 가지며(Kang & Keinonen, 2017), 탐구 기반 교육은 사회경제적지위(SES)로 인한 격차를 줄이는데 기여할 수 있다(Tang et al., 2019). 긍정적인 수업 분위기(disciplinary climate)는 탐구 기반 과학 활동과 성별에 따른 과학 성취도 사이의 연관성을 완화시킬 수 있으며(Chi et al., 2018), 성 불평등을 해소할 수 있는 가능성을 보여주기도 한다(Doria et al., 2018). 또한 탐구 기반 수업은 의사소통을 촉진하고 언어적 측면에서의 차이를 해소하는데 도움이 된다(Terrazas-Arellanesa et al., 2018; Wilmes & Siry, 2018). 소그룹 과학 탐구는 동료 학생들과의 상호작용을 도와주며(Wilmes & Siry, 2018), 영어를 사용하는 수업에서 학습 장애 학생(learning disabilities)과 영어가 모국어인 아닌 학생들에게 대화의 기회를 제공함으로써 학습에 도움이 된다.

학생들이 각자 가지고 있는 특성들은 다양하기 때문에 개별적인 특성을 교사가 확인하는 것이 중요하지만 교사들이 모든 학생들의 능력을 정확하게 판단하기는 쉽지 않다(Le Hebel et al., 2019). Le Hebel et al.(2019)의 연구에서 교사들은 중하위의 성취를 보이는 학생들이 겪은 본질적인 어려움을 잘 인식하지 못하였고, 역량을 식별하는 데 있어서도 한계를 보였다. 이러한 연구들은 탐구 기반 수업을 학습에 적용하는 데 효과와 한계를 인식하여, 수업 목적과 대상 설정에 전략적으로 접근하는 것이 필요함을 보여준다.

나. 정의적 영역이 탐구 기반 수업에 미치는 영향

탐구 기반 수업은 중고등학생의 정서적(emotional), 동기적(motivational) 측면과 성취 목표(achievement goal), 호기심(curiosity)에 영향을 미치며, 문화적 환경에 대한 고려 등은 학생들의 과학 탐구에 도움이 될 수 있다(Adler et al., 2018; Azevedo, 2018; Brown, 2017; Davis & Bellocchi, 2018; Moote, 2019; Mupira & Ramnarain, 2018; Schmid & Bogner, 2017; van Schijndel, Jansen & Raijmakers, 2018; Wu et al., 2018)

학생들은 탐구 기반 학습에 참여함으로써 과학 학습에 대한 동기를 가질 수 있고 탐구 학습 맥락에서 발달된 자기조절능력은 즉각적으로 사라지지 않는다(Moote, 2019). 수업과 관련된 상황에 대한 관심과 학생들이 지향하는 성취 목표의 성격은 학생들의 수행에 영향을 미친다(Azevedo, 2018; Mupira & Ramnarain, 2018). 상황에 대한 관심은 학생 개인이 가지고 있는 관심사와 연관이 있으며, 학생들은 개인의 관심사와 관련된 활동을 수행하고 이렇게 쌓인 경험은 수업에 참여하는 과정에서 특정 상황에 대한 관심을 크게 만들 수 있다(Azevedo, 2018). 탐구 기반 학습을 경험한 학생들의 경우 학습 내용을 내재화하려는 동기가 증가하였으나, 전통적인 강의 중심 과학 수업에 참여한 학생들의 경우 내용의 이해보다는 수행의 결과를 중요시 여겨 실패를 회피하려는 동기가 더 강화되는 것으로 나타났다(Mupira & Ramnarain, 2018).

호기심은 탐구 실험에 학생을 참여하게 만들고 이를 통해 학생들은 탐구 능력의 향상과 지식의 습득에 도움을 받을 수 있으며(van Schijndel, Jansen & Raijmakers, 2018; Wu et al., 2018), 학생들의 감정적인 경험은 객관성(objectivity)을 형성하는 기반으로 활용될 수

있다(Davis & Bellocchi, 2018). 탐구 기반 수업에서 학생들은 과학적 현상에 대해 주장을 하거나 정보를 얻고 전달할 때 과학에서 사용하는 개념과 자신의 문화적 배경에서 활용되는 지식을 사용하는 모습을 보인다(Brown, 2017). 이처럼 학생들은 다양한 배경을 가지고 있으며 각자 익숙한 문화와 지식이 다르기 때문에 학생들이 지닌 다양성을 문화적인 측면에서 학습에 반영할 필요가 있으며(Brown, 2017), 탐구의 과정에서 학생 스스로가 인식하고 수행을 통제할 수 있는 자기 결정력이 탐구 수행에 긍정적 영향을 미치기 때문에 탐구 과정에서 학생들의 의견을 반영할 수 있도록 수업을 진행할 필요가 있다(Schmid & Bogner, 2017). 반면, 탐구를 수행하는 과정에서 학생들은 여러 가지 어려움들에 직면하게 되고 학생들이 겪게 되는 어려움들은 학생들의 동기와 의욕을 감소시키는 장애 요인이 되기도 한다(Adler *et al.*, 2018). 이때 교사는 어려움을 겪고 있는 학생들에게 명시적인 비계를 제시하여 학생들의 학습 의욕을 고취시킬 수 있다(Adler *et al.*, 2018). 상기 연구들은 중장기적 관점에서 학습자의 동기와 의욕에 긍정적 영향을 미칠 수 있도록 탐구 기반 수업이 활용될 수 있음을 보여준다.

다. 탐구 기반 수업에서 시각화, 표상, 모델링의 활용

탐구 기반 수업에서 시각화, 표상, 모델링 등의 활용은 과학 지식 획득과 탐구 수행 능력의 향상에 효과적이며 학생들에게 흥미나 정서적인 영역에서도 긍정적인 영향을 줄 수 있다(Chen *et al.*, 2018; Hong *et al.*, 2017; Kluge, 2019; Ryoo & Bedell, 2017; Ryoo & Bedell, 2019; Wagh, Cook-Whitt, & Wilensky, 2017).

탐구 기반 수업에서 표상을 활용할 때는 개념도만 활용하는 것보다 추론도와 자료 표 등 추가적인 정보들로 통합된 형태의 표상 도구를 활용하는 것이 더 효과적이다(Chen *et al.*, 2018). 시뮬레이션의 활용은 중등학교 수준의 개념 학습에도 효과적이며(Kluge, 2019), 학습 과정에서 이루어지는 논의를 진행하는데 유용하게 사용될 수 있다(Wagh, Cook-Whitt, & Wilensky, 2017). 대화형 디지털 시뮬레이터를 활용하는 경우 과학 용어를 사용하여 자신이 알고 있는 개념을 적용하여 해석하는 과정에서 개념 공유의 과정이 나타났으며(Kluge, 2019), 현상을 학생들이 시각화하는 과정은 현상에 대한 흥미와 질문을 가지게 하고 더 나아가 관련된 개념을 포용하는데 도움이 된다(Battaglia *et al.*, 2019; Wagh, Cook-Whitt, & Wilensky, 2017). 새롭게 학습하는 이론과 학생들이 가지고 있는 선지식 사이의 상호작용을 발생시키고 공동체 내에서 동일 주제에 대한 논의를 심화시키기 위한 방법으로써 시각화 전략과 표상과 모델의 활용은 논의 대상이 되는 현상에 대한 자신의 의견을 구성하거나 공유하는데 도움을 주고 학생들의 과학 개념 학습에 효과적일 수 있다(Kluge, 2019; Wagh, Cook-Whitt, & Wilensky, 2017). 또한 디지털 어플리케이션의 활용은 과학 학습에 대한 흥미를 증진시키며 인지 불안(cognitive anxiety)과 외부 인지 부담(extraneous cognitive load)을 줄여줄 수 있다(Hong *et al.*, 2017). 다만 학생들의 목표 개념에 대한 이해는 각자의 관점을 비교하고 조정하는 과정에서 이루어질 수 있으나 이 과정 역시 명시적인 절차 제공과 같은 도움이 없으면 반성이 일어나기 어려울 수 있다(Ryoo & Bedell, 2017).

시각화, 표상, 모델링을 활용한 전략이 탐구 기반 수업에서 효과적

이기 위해서는 자료로부터 자신의 생각을 재구성하고 결과물에 대해 스스로 수정과 검증할 기회를 제공하는 것이 필요하다(Fuhrmann, Schneider, & Blikstein, 2018; Ryoo & Bedell, 2019; Samarapungavan, Bryan & Wills, 2017). 이러한 활동은 과학 개념에 대한 이해와 함께 모델이 가지는 한계와 속성에 대한 이해도 도울 수 있다(Fuhrmann, Schneider, & Blikstein, 2018; Samarapungavan, Bryan & Wills, 2017). 눈으로 직접적으로 관찰할 수 없는 과학적 현상에 대해 시각화 자료를 활용하는 경우 과학적 현상에 대한 설명을 스스로 구성한 학생들은 자신의 생각을 판단하기 위해 다양한 자료들을 평가하고 비교하여 대화에 참여함으로써 획득하고자 하는 개념에 대한 이해를 넓힐 수 있다(Ryoo & Bedell, 2019). 시각화의 형태도 학습에서 나타나는 학생들의 반응에 영향을 미친다(Ryoo & Bedell, 2017). 형태의 측면에서 시각화를 정적 시각화와 동적 시각화로 구분할 때 동적 시각화와 정적 시각화 모두 학생들에게 도움이 될 수 있지만 동적 시각화는 연속적인 흐름과 요소 사이의 상호작용을 잘 표현할 수 있으며, 과학 현상을 설명할 때 정적 시각화를 활용할 때보다 동적 시각화를 활용한 경우 다양한 표현을 골고루 활용하고 다양한 아이디어들을 더 잘 통합하였다(Ryoo & Bedell, 2017).

메타 모델링 지식은 이러한 모델의 본질과 한계를 이해하는 것과 연관이 있으며, 모델링을 활용하고 모델을 스스로 설계한 학생들이 과학 내용에 대한 지식과 메타 모델링 지식이 향상된 것으로 나타났다(Fuhrmann, Schneider, & Blikstein, 2018). 교사가 학생들에게 적절한 학습 자료와 비계를 제공한다면 상태에 따른 입자 운동과 형태, 상태 변화에 영향을 주고받는 인자들과 같이 저학년에서 학습이 어렵다고 여겨지는 설명도 학생들이 구성할 수 있으며, 이는 난이도가 있거나 고차원의 과학 개념이라도 학년 수준에 맞는 모델링을 통한 과학 탐구가 학습에 유용하게 이용될 수 있음을 보여준다(Samarapungavan, Bryan, & Wills, 2017). 또한 현상에 대한 증거를 설명하는 모델을 만드는 과정에서 학생들은 영역 특이적인 지식을 기반으로 증거를 통합하여 원리를 구축하는 것을 확인하였다. 이는 모델 구축에 영역 특이적 지식의 역할을 보여주며, 이는 과학적 탐구 과정에서 논리적 추론의 기반이 됨을 시사한다(Ruppert, Duncan, & Chinn, 2019). 이러한 연구들에 의하면, 시각화, 표상, 모델링을 비롯한 다양한 형태의 자료나 도구는 탐구 기반 수업에서 효과적으로 활용될 수 있으며, 이 과정에서 의사소통을 기반으로 하는 의견 공유와 반성이 학습에 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 보여준다.

라. 탐구 기반 수업에서의 안내와 비계 설정

탐구 기반 수업에서 안내를 제공하거나 비계를 설정할 때 교사의 구체적이고 명시적인 안내가 필요하며(Balgopal *et al.*, 2017; van Uum, Verhoeff, & Peeters, 2017), 적절한 수준의 안내는 학생들이 겪게 되는 불확실성을 줄여줄 수 있다(Zhang, 2018). 명시적인 안내는 특히 탐구 기능과 같이 탐구를 수행하는데 필요한 절차나 방법에 대한 안내에서 중요하며 이러한 세부적인 절차들은 학생들에게 어려운 과제를 수행하는데도 도움이 될 수 있다(Kruit *et al.*, 2018; Moon *et al.*, 2017). 학생들이 탐구 과정이나 절차를 내면화시키기 위해서는 지속적인 안내가 필요하다(Crujeiras-Pérez, & Jiménez-Aleixandre, 2019). 다만 수업의 목적 측면에서 어느 부분을 강조할지에 따라 안내

의 형태는 달라질 필요가 있다(Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019).

탐구 기반 학습에서 교사의 비계를 구조화하여 제공할 때 학생들이 탐구를 즐기며 과학적 이해가 증진되고, 교사와 학생이 함께 실험의 과정을 구성하는 정도가 높아지는 것으로 나타났다(van Uum, Verhoeff, & Peeters, 2017). 안내된 탐구와 열린 탐구에 참여하는 학생들을 비교한 결과, 안내된 탐구에 참여하는 학생들은 자신의 기대를 명확히 하고 배움에 대한 주인의식을 가지고 질문을 제기하는 등 문제 해결을 위한 담화에 적극적으로 참여하는 경향이 나타났다. 또한 학생들은 일의 분배 및 연구 설계 등 탐구의 세부 사항에 대해 더 적극적으로 논의하고 더 높은 수준의 담화와 수행 능력을 보여주었다(Balgopal *et al.*, 2017).

적절한 안내는 탐구 수행 과정에서 학생들이 겪게 되는 과도한 모호함을 줄여주게 되어 자신들의 수행에 자신감을 가지게 한다(Zhang, 2018). 초등학생을 대상으로 한 빛 관련 hands-on 탐구에서 학생의 질문에 대해 교사가 정답을 보류하는 경우와 정답을 보류하지 않고 제시하는 두 가지 실험집단과 no hands-on 교수법으로 직접 답을 가르쳐주는 대조집단을 비교한 결과 hands-on 탐구 과제에서 교사가 학생 질문에 대해 정답을 보류하지 않은 실험 집단이 과학 내용 지식과 추론 능력에 있어 가장 유의미한 효과가 나타났으며, 실생활 적용에 있어서는 3개의 그룹이 모두 유의미한 차이가 나타나지 않았다(Zhang, 2018).

학생들에게 익숙하지 않은 주제가 제시된 상황에서 탐구 기능에 대한 명시적인 교육은 비명시적으로 교육을 받은 학생들보다 높은 학습 효과를 나타냈다(Kruit *et al.*, 2018). 탐구 수업에서 제공하는 절차적인 방법이 탐구 수업에서 학생들이 증거를 사용하는 방법과 추론 내용을 어떻게 지원하거나 제한 할 수 있는지 분석한 연구 결과, 수행 단계에 대한 이해 각 단계에서 학생들에게 제시되는 세부적인 절차들은 협업이 필요한 어려운 과제를 수행하는 학생들에게도 도움이 될 수 있다는 점을 확인하였다(Moon *et al.*, 2017).

탐구 과제에서 변칙 사례를 모니터링하는 능력의 발달 정도를 2년 동안 고등학생을 대상으로 살펴본 결과, 학생들 간의 논의와 지식 공유가 활발하도록 지속적으로 비계를 설정해 준 그룹의 경우 첫 해와 달리 두 번째 해에 탐구 과제에서는 변칙 결과를 인지하고, 그 이유를 평가하고, 대안을 제시하는 등의 탐구 능력이 향상되는 것을 발견할 수 있었다. 그러나 학생들이 탐구 과제에 대해 흥미를 잃고 팀원의 담화가 공유되기 보다는 특정 학생의 담화가 독점되는 경우는 변칙 결과를 모니터링 하는 능력이 향상되지 못했음을 발견하였다(Crujeiras-Pérez, & Jiménez-Aleixandre, 2019). 탐구 기반 수업에서 교사의 지원을 자율성, 명시성, 인지적 영역들로 분석한 결과 과학 개념 이해가 목적인 경우 교사의 비계가 보다 명시적으로 제공되어야 하며, 과학적 탐구 기능 습득이 목적인 경우 교사의 비계가 암묵적으로 제공되는 사례를 제시하며, 탐구의 목적이 과정 영역인지 내용 영역인지에 따라 학생의 자율성 정도와 교사의 정보 제공 정도가 달라질 수 있음을 언급하였다(Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019).

논증(argument)과 글쓰기는 탐구 기반 수업에서 절차적인 측면에 대한 안내를 돕고 학생의 생각을 재구성하는데 효과적인 도구로 사용될 수 있다(Cetin *et al.*, 2018, Jang & Hand, 2017). 논증 기반 탐구는 탐구의 실제적 측면인 질문하기, 설계하기, 자료 기반 논증 구성하기, 자신의 주장 지지를 위한 과학적 글쓰기, 상호 평가하기 등의 다양한

과학적 실행을 학생들이 경험하기 때문에 효과적으로 탐구 능력을 향상시킬 수 있으며 과학 개념 향상에도 도움이 된다(Cetin *et al.*, 2018). 글쓰기를 활용하여 비계를 제공하는 수업에서 글쓰기 방법을 논쟁적에서 설명적으로 전환하는 과정에 SCF(enembedded Scaffolded Critique Framework)를 사용했을 경우, 학생들이 자신의 생각을 평가하고 주장과 근거의 일관성을 고려하여 글쓰기가 이루어지게 되는 결과를 제시하며 SCF가 개념 지식의 이해와 논쟁의 구조를 비계하는 도구로써 학생들의 복합 탐구 역량 개발에 도움을 제공하는 것을 보여주었다(Jang & Hand, 2017).

특정 교과 맥락에 따라 탐구 역량이 미치는 영향은 다르게 나타난다(Chi, Wang, & Liu, 2019). 또한 학생들이 아직 이해하지 못한 부분(불명확한 부분)에 대한 의미를 되새겨볼 필요가 있다. 학생들이 느끼는 불확실성이나 혼란은 일반적인 생각과 달리 탐구를 시작하고 관심을 유지시키는데 도움이 될 수 있다(Watkins *et al.*, 2018). 학생들이 이해하지 못한 부분을 드러내는 것은 탐구 문제를 구조화 하는데 도움이 될 수 있으며 이는 탐구 과정에서 서로 다른 인식 간의 차이를 좁히는 과정을 통해 과학적인 개념을 가지도록 도움을 줄 수 있다(Watkins *et al.*, 2018). 이러한 측면에서 질문의 활용은 학습자가 가지고 있는 잠재적인 질문을 드러낼 수 있으며 이를 통해 교실에서 이루어지는 과학적 발견에 교사의 질문이 중요한 역할을 할 수 있다(Bigger, 2018).

과정에 대한 안내는 새로운 단계를 수행하는 초기에 제공될 때 효과적이다(Lämsä *et al.*, 2018). 시각자료를 기반으로 한 탐구 수업에서 논의의 양상을 분석한 결과, 탐구와 테크놀로지의 활용, 협업 등 학습의 단계마다 초기 비계를 제공하는 것은 학생의 도구 활용과 참여 수준을 높이는 것을 보여 주었다(Lämsä *et al.*, 2018). 탐구 과정에서 실험을 설계하는데 필요한 안내는 학생들이 가지고 있는 사전 지식의 양에 따라 달라질 수 있다(van Riesen *et al.*, 2018). 연구 결과 모든 안내가 포함된 조건에서 수업이 진행되었을 때 중하 수준의 사전 지식을 가지고 있는 학생들이 낮은 수준의 사전 지식을 가지고 있는 학생들보다 더 많은 개념을 학습한 것으로 나타났다. 이는 단순히 자세하고 많은 양의 안내를 제공하는 것이 효과적인 학습을 보장하지 않으며 안내에 기술된 내용을 이해하고 적용할 수 있을 수준의 사전 지식을 가지고 있는 학생에게 안내를 제공하는 것이 효과적일 수 있음을 시사한다. 또한 학습에 있어서 언어는 중요한 역할을 담당하기 때문에 탐구 수업이 효과를 보기 위해서는 원활한 의사소통이 이루어질 수 있도록 언어 측면에서의 지원이 필요하다(van der Graaf *et al.*, 2019; Williams, Pringle, & Kilgore, 2019). 수업에서 모국어가 아닌 언어를 사용해야 하는 학생들은 기본적인 과학 개념을 습득하는 것부터 어려움이 있기 때문에 높은 성취를 보이기 어렵다(Williams, Pringle, & Kilgore, 2019). Williams, Pringle, & Kilgore(2019)은 모국어 스페인어인 학생들에게 스페인어와 영어를 연결 짓는 활동을 수행하였으며 이 방법은 학생들이 내용 지식과 어휘를 동시에 학습하는데 효과적이었다. 언어적인 지원을 과학적 추론을 활용한 교수법과 함께 활용할 때 학생들의 과학적 사고 능력 향상에 더 효과적일 수 있다(van der Graaf *et al.*, 2019). 학생들에게 제공하는 안내의 형태는 의사소통의 형태에도 영향을 줄 수 있다(Lehtinen, Lehesvuori, & Viiri, 2019). Lehtinen, Lehesvuori, & Viiri(2019)는 탐구 기반 수업에서 제공하는 안내의 형태와 의사소통 접근 방식 사이의 관계를 탐색

하였다. 학생들에게 어떤 행동을 유도하는 형태로 안내가 제공되었을 때 의사소통 방식은 대화식으로 이루어지며, 설명 형태의 안내가 제공되었을 때는 의사소통 방식이 권위적인 형태를 나타내었다. 지침의 형태는 수업에서 일어나는 의사소통의 방법에 영향을 미치며 수업의 단계에 따라 적절한 형태의 안내는 달라질 수 있기 때문에 수업을 설계하는 과정에서 수업의 어느 시점에서 어떠한 형태의 안내를 제공할지에 대한 고민이 필요하다.

탐구의 목적에 따라 학생 자율성 정도와 교사의 안내 정도가 달라질 수 있으며(Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019), 같은 탐구 기반 학습을 통해서 특정 교과 맥락에 따라 탐구 역량을 기르는 것이 더 용이할 수도 있지만 반대로 어려워 질 수도 있다(Chi, Wang, & Liu, 2019). 과학 교육에서 탐구 기반 수업은 다른 교과와의 연계를 통해서 더 풍성한 맥락을 제공할 수 있다(Karvanková & Popjaková, 2018). Karvanková & Popjaková(2018)의 연구에서는 초등학교 학생들을 대상으로 과학과 지리 교과를 연계한 탐구 기반 수업에서 나타나는 상황을 탐색하였다. 교과 간 연계는 탐구 기반을 둔 수업을 설계하고 운영할 때 실제적인 맥락에서 학생들이 과학 개념과 연관시키고 원리를 적용해 보는 상황을 제공할 수 있는 이점이 있기 때문에 학생들로 하여금 수업에 대한 집중도를 높일 수 있다. 이 연구의 결과는 탐구 기반의 수업을 진행할 때 학생들에게 실제적인 맥락에서 경험을 제공하고 이를 통해 학생들이 가지고 있는 핵심 역량을 활용할 수 있도록 각 과목이 가지고 있는 특성을 고려하여 설계된 융합된 형태의 수업이 가지는 가능성을 시사한다(Karvanková & Popjaková, 2018). 이러한 연구들은 탐구 기반 수업에서 교사 역할의 중요성을 드러낸다. 탐구 기반 수업을 실행하는 데 교사의 비계와 안내가 수업의 질을 결정할 수 있으므로, 수업 목적에 따라 적절한 방식의 안내를 제공하고, 학습자의 특성을 고려하여 비계가 이루어져야 함을 보여준다.

이상의 연구 결과는 모든 탐구 기반 수업에 적용될 수 있는 효과적인 탐구 지원 전략이 존재하기 보다는 과학 탐구의 목적, 학교 맥락, 과목 특이성, 개별 학생의 특수성 등 다양한 교수 학습 변인을 고려하여 과학 탐구 수업이 효과적으로 작용할 수 있는 세심한 탐구 전략과 지원이 필요함을 시사한다. 이를 위해 체계적인 더 많은 탐구 기반 과학 수업에 대한 실증적, 이론적 연구에 대한 고찰 및 다양한 시도가 이루어져야 한다.

3. 탐구 기반 수업을 위한 교사 전문성 발달

탐구 기반의 교수 실천을 위한 교사 전문성 발달의 측면에서 출판된 연구들은 총 17편이었으며, 본 연구에서는 교사 전문성의 파악을 위한 접근 방법, 교사 전문성의 발달, 교사 전문성 프로그램의 효과 측면으로 구분해서 살펴보았다. 17편의 논문이 출판된 학술지를 살펴보면 IJSE에서 6편, JRST에서 3편, RISE에서 7편, SE에서 1편의 연구를 찾아볼 수 있었다. 주요 핵심어로는 교사 전문성 신장, 교사 교육, 탐구 기반의 실험 실습, 탐구 기반의 교수 실천 등을 찾아볼 수 있었으며, 교수 설계 및 교수 실천, 교사의 신념, 교사들의 비판적 사고, 기질, 질문 생성 등과 같은 핵심어가 제시된 연구들도 찾아볼 수 있었다. 연구 참여자는 주로 교사 및 예비교사들이었으며, 일부 논문에서는 학생들도 연구 참여자로 포함되었는데 이러한 논문들에서는 학생들의 성취 변화를 결과에 포함하고 있었다.

탐구 수업을 위한 교사 전문성 발달과 관련한 연구는 탐구 기반 수업에 필요한 교사 전문성 탐색, 탐구 기반 수업 실천을 위한 교사 전문성 발달, 교사 전문성 발달 프로그램의 운영 및 효과에 대한 내용으로 나눌 수 있었다. 탐구 기반 수업에 필요한 교사 전문성 탐색과 관련하여 교사 전문성에 대한 개념을 구체화하고 교사가 겪는 어려움을 명료화하는 연구가 이루어졌다. 교사 전문성 발달과 관련해서는 교사 전문성 발달에 대한 이론적인 측면에서의 접근 및 과학과 탐구에 대한 교사의 태도와 인식에 대한 연구와 함께, 실제 수업 상황에서 활용되는 기술(technology)의 활용 방법과 효과에 대한 연구가 이루어졌다. 교사 전문성 발달 프로그램의 운영 및 효과와 관련해서는 교사 전문성 발달 프로그램의 운영 효과와 함께 교사 전문성의 변화를 분석할 때 고려해야 할 부분에 대한 연구가 진행되었다.

가. 탐구 기반 수업에 필요한 교사 전문성 탐색

교사 전문성의 발달을 촉진하기 위한 방안을 마련하기 위해서는 ‘교사 전문성’을 관찰하고 살펴보기 위한 방안의 마련이 우선적으로 필요하다. 이를 위해서는 교사 전문성을 분석하기 위한 틀(framework)이 요구되고, 구체적으로는 발달시키고자 하는 교사 전문성을 파악하는 것이 필요하다. 먼저, 교사 전문성을 관찰하고 살펴보기 위한 틀의 마련 측면에서, IMTPG(Interconnected Model of Teachers’ Professional Growth)의 활용은 교사 전문성과 관련된 요소들을 제안하고, 각 요소 사이의 상호 작용을 총체적으로 바라볼 수 있다는 점에서 의미가 있다(Teacher Professional Growth Consortium, 1994; Akuma, & Callaghan, 2019a). IMTPG는 ‘교사로서의 세계’를 구성하는 4가지 영역인 외적 영역, 개인적 영역, 실천의 영역, 결과의 영역으로 구성되어 있으며, 각 영역에 대한 실천과 반응을 통해서 교사 전문성이 발전해 나간다고 보고 있다. 이 모델은 교사들의 탐구 교수 실천을 환원적인 관점에서 살펴본 연구들과는 달리 ‘영역’과 ‘영역 사이의 상호 작용’에 초점을 두고 있다는 점에서 사례 연구와 같은 소규모의 연구 참여자를 심층적으로 들여다보기 위한 질적 연구에서의 활용이 가능해 보인다.

한편, 발달시키고자 하는 교사 전문성의 파악을 위해서는 교사들이 어떠한 어려움을 겪고 있는지를 세밀하게 파악하는 것이 필요하다. 탐구 교수를 실천하는 데 있어서 교사들에게 도전으로 인식 되는 부분을 파악하지 못한다면 교사 전문성 신장을 위한 방안을 마련하는데 제한점으로 작용할 수 있기 때문이다(Crawford, 2007; Nivalainen et al., 2010). 이러한 관점에서 교사들이 겪는 어려움을 체계적으로 나누어 살펴보는 전략은 효과를 나타낼 수 있다(Akuma, & Callaghan, 2019b, 2019c). Akuma, & Callaghan(2019c)의 연구에서는 연구 참여자들이 겪는 어려움들을 인간 발달의 생태적 이론에 기반하여 외재적인 어려움과 내재적인 어려움으로, 외재적인 어려움은 다시 거시적인 수준과 미시적인 수준으로 구분하여 분석하는 방법을 시도하였다(Akuma, & Callaghan, 2019c; Bronfenbrenner, 1993). 또한 내재적인 어려움을 분석할 때에는 그러한 어려움이 발생하는 원인을 교사들의 교수 역량과 연결시켜 조사하기도 하였는데(Akuma, & Callaghan, 2019b), 이러한 시도는 교사들이 어려움을 극복하기 위해서 구체적으로 어떠한 부분에서의 변화와 성장을 도모해야 하는지를 파악할 수 있다는 점에서 의미가 있어 보인다.

나. 탐구 기반 수업 실천을 위한 교사 전문성 발달

교사들의 탐구 수업 전문성을 파악하기 위한 방안을 살펴보았다면, 다음으로 탐구를 ‘잘’ 가르치기 위한 교사 전문성을 신장시키기 위한 방안에 대한 논의가 필요하다. 구체적으로, 본 연구에서는 어떠한 전략을 바탕으로 교사 전문성을 신장시킬 것인지와 어떠한 전문성을 발달시킬 것인가에 대한 연구들로부터 시사점을 얻을 수 있었다. 교사 전문성 발달의 전략 측면에서, 반성적 실천 이론은 교사 전문성 발달과 관련된 연구의 이론적 근거로 자주 활용되어왔다(Capps, Crawford, & Constanas, 2012; Schön, 1987). 본 연구에서도 이러한 반성적 실천에 기반하여 교사 전문성 발달 프로그램을 운영하고 그 효과를 알아본 논문들을 살펴볼 수 있었으며(Lotter & Miller, 2017; Walan & Mc Ewen, 2017), 반성과 실천의 조화를 통한 교사 전문성의 발달이 여전히 중요하게 다뤄지고 있음을 알 수 있었다. 반성적 실천 이론에서는 실행과 반성의 지속적인 순환 속에서 전문성을 갖춘 교사로 성장해 갈 수 있다는 점을 강조하는데(Freese, 1999; Schön, 1987), 이러한 관점에서 Lotter & Miller(2017)의 연구에서 이론적 틀로 활용한 Kolb’s learning cycle은 반성적 실천의 과정을 단계적으로 구분하여 교사 전문성 발달 전략을 수립하는 데 효과적일 수 있다. 구체적으로, Kolb’s learning cycle은 경험을 통한 학습, 반성적 관찰, 새로운 지식 혹은 이론의 발견, 새로운 경험으로의 전이의 총 4가지 국면으로 구성되는데(Kolb, 1984), 각 국면의 순환을 통해 교사들은 교수 실천 방법에 대해서 학습하고, 학생들의 학습 과정에서 발생하는 쟁점들에 대처할 수 있는 역량을 키워나감으로써 전문성을 신장시킬 수 있다(Lotter, & Miller, 2017). 또한, 이러한 반성적 실천을 활용한 교사 전문성 발달 프로그램의 적용을 통해서 교사들은 관성적으로 행해오던 수업의 의미에 대해서 이해할 수 있게 되고, 특히 탐구의 관점에서 활동 수업이 단순히 재미나 흥미가 아닌 탐구 활동의 중요성과 목적에 대해 분명하게 인식하는 데 도움을 줄 수 있음이 보고되었다(Walan, & Mc Ewen, 2017).

교사 전문성 발달에서 탐구 역량, 교수 실천 능력이나 교과교육학적 지식의 발달뿐만 아니라(Arsal, 2017; Cruz-Guzmán, García-Carmona, & Criado, 2017; García-Carmona, Criado, & Cruz-Guzmán, 2017; Jaber *et al.*, 2018; Merritt, *et al.*, 2018), 교사들의 과학 및 탐구에 대한 태도가 학생들의 과학에 대한 태도에도 영향을 미친다는 관점에서(Hattie, 2009; Osborne, Simon, & Collins, 2003), 교사들의 과학 및 탐구에 대한 태도의 변화를 촉진할 필요가 있음을 주장한 연구들은 주목할 만하다(Pongsophon & Herman, 2017; Smit, Rietz, & Kreis, 2018; van Aalderen-Smeets *et al.*, 2017). 과학 및 탐구에 대한 태도에는 과학 및 탐구에 대한 교사들의 신념과 동기, 흥미, 자기 효능감 등과 같은 정의적인 부분이 포함되는데, 실제로 교사들에게서 이러한 요소들이 긍정적으로 나타날 때, 탐구 수업의 수행에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(Pongsophon & Herman, 2017). 그렇기 때문에 탐구 교수 실천을 위한 교사 전문성 발달의 측면에서도 이러한 과학 및 탐구에 대한 태도의 변화를 일종의 ‘전문성 신장’ 영역으로 볼 필요가 있음을 시사한다.

이러한 관점에서 교사 전문성 프로그램을 통해서 교사들의 탐구를 수행하는 데 대한 태도의 변화를 살펴보기 위한 방법으로 “Dimension of Attitude towards Science questionnaire(DAS)”의 활용이 가능해

보인다(van Aalderen-Smeets & Walma van der Molen, 2013). DAS는 과학 교수에 대한 태도의 하위 요소로 인지적 신념, 정서적 상태, 감각적 조절을 포함하며, 측정이 어려운 정의적인 요소들을 설문을 통해 정량적이고 종합적으로 살펴볼 수 있다는 점에서 교사 전문성 발달 프로그램의 효과를 분석하기 위한 틀로 활용이 가능하다. 또한 van Aalderen-Smeets *et al.*(2017)의 연구와 같이 일부 변형을 통해 탐구 수행에 대한 태도도 함께 살펴볼 수 있다는 점에서 탐구 전문성 발달에도 활용할 수 있다는 장점을 가진다.

한편, ICT 기술의 발달로 인해 다양한 도구들을 활용한 탐구 수업의 필요성이 제기되고 있으며, 이에 따른 교사 역량의 개발이 요구되고 있다. 즉, 교수 실천 과정에서 “technology”의 활용은 더 이상 교수 학습을 보조하는 도구로서의 역할에 그치는 것이 아니라, 효과적으로 가르치기 위한 필수적인 요소로 점차 인식되고 있는 듯하다. 이에 ICT 이용에 대한 교사 전문성의 신장이 요구되고, 탐구 교육에 있어서도 해당 기술을 활용할 수 있는 역량의 발달이 요구된다(Lee, Longhurst, & Campbell, 2017). 그러나 이러한 ICT 활용이 학습자의 성취를 높이는 데 실제로 효과를 보이는지에 대해서는 아직 연구가 충분히 이루어지지 않았으며, 교사의 기술 활용 능력과 학습자의 성취와 큰 상관을 보이지 않았다는 결과는(Lee, Longhurst, & Campbell, 2017) 탐구 교육의 수행 과정에서 다양한 도구의 활용 전략에 대해 보다 구체적인 탐색이 필요함을 시사한다.

또한, 교사들의 ICT 역량 발달을 위한 지원의 관점에서도 효과가 있는 다양한 비계들을 부가적(additive)으로 제공하는 것에도 주의를 기울일 필요가 있어 보인다. 실제로 실험 역량의 발달에 기여하였던 인지적 비계, 메타-인지적 비계, 매체적 비계 등(Davis & Lin, 2000; Gunstone & Champagne, 1990)을 혼합하여 교사에게 제공하였을 때, 그 효과가 항상 긍정적인 결과를 나타내지 못하였기 때문이다(Bruckermann *et al.*, 2017). 이는 교수 역량이 충분히 발달되지 못한 상태에서 도구와 매체 활용과 같은 새로운 역량의 발달을 촉진하는 것이 오히려 인지적인 부담으로 작용할 수 있음을 시사한다(Bruckermann *et al.*, 2017). 결과적으로, 앞선 수업에서의 “technology”의 활용과 더불어, 다양한 도구의 활용, 수업 및 전문성 프로그램 등을 복합적으로 활용할 때에는 각 요소 사이의 조화를 세심하게 고려하는 것이 필요해 보이며, 대상자의 상태를 구체적으로 파악한 후 그에 따라 전체적인 계획을 수립하는 방식을 고려해야 할 것으로 판단된다.

다. 교사 전문성 발달 프로그램의 운영 및 효과

탐구 교수 능력을 신장시키기 위해 다양한 교사 전문성 발달 프로그램이 운영되고 있었으며, 국제적인 수준에서의 협업도 이루어지고 있었다. 이러한 교사 전문성 발달 프로그램에 대한 연구에서 찾아볼 수 있었던 시사점에는 크게 두 가지가 있었다. 먼저, 교사 전문성 발달 프로그램을 연구하는 데 있어서의 연구 기간이 충분히 확보될 필요가 있다는 점이다. Nichols, Burgh, & Kennedy(2017)의 연구는 2년 동안 진행되었는데, 이 연구의 1년차에는 탐구 기반의 교수 학습을 교사 집단에 적용한 후 수업을 진행하였고, 그 결과를 2년에 걸쳐서 살펴보았다. Smit, Rietz, & Kreis(2018)의 연구 또한 2년에 걸쳐 중단 연구 및 준실험 방법을 이용하여 예비교사들의 협력적 수업 계획의 효과를

살펴보았다. Smit, Rietz, & Kreis(2018)의 연구에서 흥미로운 것은 2년 동안 연구를 수행하였음에도 불구하고, 협력적 수업에 따른 효과가 크게 나타나지 않았다는 점이다. 연구자들이 분석한 원인 중에는 예비교사들 사이에 서로 영향을 주고받을 만큼의 충분한 상호작용이 이루어지지 않았다는 것이 있었는데, 이는 교사 전문성 발달 프로그램이 장기간에 걸쳐서 지속적으로 이루어질 필요가 있음을 시사한다. 즉, 교사 전문성을 단기간에 발달시키기에는 한계가 있으며, 지속적으로 교사 전문성 발달 프로그램을 운영하고 진행 상황을 점검하면서 나아가야 할 필요가 있어 보인다.

다음으로, 교사 전문성 발달을 단순히 교사의 역량이 발달하였는가를 살펴보는 것에서 나아가 학생들의 성취 변화도 어떻게 이루어졌는지를 함께 관찰하는 것도 필요해 보인다. Duncan Seraphin *et al.*(2017)은 교사들에게 수생 과학(aquatic science)에 대한 교사 전문성 신장 프로그램을 교사들에게 제공하고 이러한 프로그램의 영향이 학생들의 학습 결과에 미치는 영향을 살펴보고, 실제로 연구 결과 전문성 신장 프로그램에 의한 교사들의 변화가 학생들의 과학에 대한 본성 이해와 과학 지식의 향상에 영향을 미친 것으로 보고되었다. Nichols, Burgh, & Kennedy(2017)도 교사 전문성의 발달을 학생들의 성취 측면에서 살펴보았는데, 학생들의 탐구 관련 역량들이 비교 집단의 학생들에 비해 향상된 것으로 분석되었다. 이러한 연구들과 같이 프로그램의 효과를 단순히 교사들의 변화 측면에서만 살펴보기 보다는 교사 전문성 발달이 결과적으로는 학생들에게 좋은 교육을 제공하기 위함이라는 점을 고려하였을 때, 전문성 발달 연구에서 학생들의 성취 변화를 함께 살펴보는 것은 의미가 있어 보인다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 해외 주요 과학교육 학술지에 게재된 최근 3년 동안의 논문 75편을 중심으로 탐구(inquiry, enquiry) 관련 국외 연구의 동향을 살펴보았다. 탐구 관련 최근 연구는 탐구를 함축적 명제로 정의하거나 몇 개의 단계적 절차로 제시하기보다는 탐구의 의미를 보다 종합적이고 총체적으로 파악하도록 유도하고 있었다. 탐구 기반의 수업이 과학의 인지적, 기능적, 정의적 영역의 모든 측면에서 효과적이거나 대해서는 그 한계와 제한점을 명확히 제시하고, 맥락 의존적이고 교과 특이적인 탐구의 속성과 한계를 파악하는 것이 중요함을 강조하고 있다. 과학 탐구 기반 수업에서 불확실성이나 혼란은 학습자가 탐구를 시작하고 관심을 갖도록 하는 데에는 도움이 될 수 있으나, 자료를 인지하여 생각을 드러내고 지식을 재구성하는 과정에서는 모호함을 극복해 나갈 수 있도록 명시적이고 구체적인 안내와 비계가 적절한 타이밍에 이루어져야 함을 주지할 필요성이 있었다. 이는 단지 학습자뿐만 아니라 교수 전문성을 신장시키고자 하는 예비 교사나 현장 교사의 경우에도 자신의 관점을 공유하고 조정해 나가는 과정이 절차적으로 제공되기 위한 방안을 고민해야 할 것이다. 이러한 접근 방식은 논리적 추론과 반성적 성찰의 과정이 흥미와 참여라는 외적 동기보다는 탐구의 목적과 의의에 궁극적으로 관심을 갖고 내적 신념이 실천 의지로 드러날 수 있도록 우선적으로 고려되어야 할 것이며, 탐구 설계와 탐구 효과에 대한 메타 분석에 기반한 심층적 논의가 활발히 이루어져야 할 필요성을 시사한다.

앞장에서 고찰한 연구 결과를 바탕으로 최근의 과학 탐구 관련

국제 동향을 탐구에 대한 인식 및 관점, 탐구 학습을 위한 전략 및 지원, 탐구 기반 수업을 위한 교사 전문성 발달의 측면으로 나누어 우리나라 과학교육에서 탐구 교수 학습을 위해 국내에 적용 가능한 연구의 방향과 시사점을 제시하면 다음과 같다.

과학적 소양인으로서의 학습자 성장이라는 측면에서 과학 또는 탐구에 대한 인식에 관련된 연구들은 이전부터 이론적 측면과 실제 조사를 토대로 이루어졌다. 특히 최근 탐구를 바라보는 시각이 과학 개념, 기능, 맥락을 복합적으로 고려하는 방향으로 변화한다는 점을 고려할 때, 탐구에 대한 인식이나 이해를 보다 면밀하게 조사할 필요성이 제기된다. 최근 3개년 간의 연구에서 살펴보면, 대규모의 집단을 대상으로 한 분석과 변화하는 관점(Sandoval, 2005)을 반영한 평가 도구의 개발(Villanueva *et al.*, 2019)은 향후 연구자들이 보다 적극적으로 과학 탐구에 대한 이해를 어떻게 살펴봐야 하는지에 대한 방향을 제안한다. 특히, 특정 집단에 한정하여 진행한 것이 아니라 전세계의 학생들을 대상으로 진행한 Lederman *et al.*(2019)의 연구는 다시 세부 집단에서 구체적으로 현황을 살피고, 그에 적절한 교육과정 운영 및 교수 학습 방향을 결정함에 있어 기반이 되는 연구라고 볼 수 있다. 이와 함께 탐구에 대한 이해와 관련된 검사 도구의 개발과 활용의 측면에서, 평가 혹은 검사를 진행할 국가, 학교급, 대상 집단의 규모 등의 다양한 맥락에서 활용하기에 적절한 형태로 개선 및 재구성하고, 그 결과를 파악하는 목적의 연구가 이루어질 필요성도 존재한다. 한편, PISA나 TIMSS와 같이 대규모 검사 결과를 바탕으로 한 연구는 과거에도 이루어졌었다는 측면에서 보았을 때 새롭진 않으나, 각 국가에서 현황을 파악할 수 있는 방식을 지속적으로 안내한다는 측면에서 의미가 있다. 이러한 대규모의 조사와 병행하여 그 복잡성이 강조되는 학습자와 교사가 탐구에 대해 갖는 이해 및 신념과 실천 간의 관계, 이해와 신념의 변화 과정에 대해 살펴볼 필요성이 있다. 또한, 구성주의적 교수 학습의 측면에서 최근 대두되어 온 논증 기반 탐구 이외에도 다양한 방식으로 탐구를 적용하는 교수 학습 맥락을 만들어 학습자의 인식론적 측면들의 변화를 살펴보면서 인식 및 신념과 실천 간의 복잡한 관계를 다각화하여 살펴보는 연구들이 요구된다. 이는 이른바 ‘과학하기’에서 교사와 학생의 역할과 이를 토대로 한 과학 학습의 방향을 보다 세부적으로 설계할 수 있도록 도울 것이다.

탐구는 과학자들이 연구 하는 것과 유사한 활동을 통해 과학을 배우는 것으로, 세상에 대한 우리의 이해를 확장하는 것으로 간주되어 왔다(Barrow, 2006; Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007; Krajcik *et al.*, 1998; NRC, 1996). 표상 및 시각화, 모델링, 논증 등의 탐구 학습 전략을 활용한 수업은 학습자가 가지고 있는 생각을 표현하거나 자료를 인지하는데 필요한 부담을 줄여주어, 현상에 대한 흥미와 질문을 가지게 하고, 더 나아가 개념을 포용하게 하여 변화의 결과를 추론하고 설명하게 하는 등 학생들이 관찰한 현상에 대해 의미를 구성하며, 공동체에서 논의가 이루어지게 하여, 개념과 관련된 목표를 달성하거나, 질문을 생성할 수 있는 기회를 확장하는데 기여함을 주목할 필요가 있다. Murpia & Ramnarain(2018)의 연구에서는 역사적으로 심각한 불평등과 저성취를 보여주었던 남아공의 흑인 아프리카 학습자들이 어떻게 탐구 기반 학습을 경험함으로써 학습자의 목표 지향성이 수행보다 숙달을 지향하게 되는지를 다루었으며 이러한 연구는 국내 과학교육에서 신체적, 경제적, 지역적, 문화적, 정서적 등의 다양한 이유로 소외되어온 과학 학습의 불균형을 해소하기 위한

과학 교육의 정책적 방향을 설정하는 데 중요하게 활용 될 수 있을 것이다. 또한 열린 형태의 탐구에서 학생들이 마주하게 되는 어려움을 해소하기 위해 학생들의 동기를 지원하여 학습 의욕을 표출하게 할 수 있는 방안을 살펴본 Adler *et al.*(2018)의 연구 결과를 참고하여 교사와 학생의 동기 부여 요소를 명시적으로 측정하고 탐색하기 위한 분석틀을 제공하는 것도 고려해 볼 만하다. 학생들의 탐구 관련 호기심이 탐구 능력과 탐구 학습의 참여도에 미치는 영향을 고려하여 과학교육 공동체는 학생들에게 공식 및 비공식적인 과학 학습 기회를 제공하기 위한 협력적인 관계에 대한 제고가 필요해 보인다.

최근 연구를 메타 분석하여 탐구 기반 교육의 가이던스를 정의한 Lazonder & Harmsen(2016)의 연구를 참고하여 탐구 중심 수업에서 교사의 도움을 3차원 분석틀로 제시한 Vorholzer & von Aufschnaiter(2019)의 연구 등을 기반으로 탐구를 수행하는 과정에서 학생들에게 제공할 수 있는 자율성의 정도, 탐구 과정에서 학습자의 수행에 도움이 되는 규칙, 설명, 전략 등의 제시 수준, 절차적 지식이나 개념적 지식과 같은 인지적 차원에서의 도움의 정도 등 탐구 수업의 궁극적 목적과 학생의 상황 및 학교 맥락 등을 고려하여 교사가 제공하는 도움의 방식을 다르게 적용할 필요가 있다. 인지적 성취 외에도 호기심, 동기, 진로 지향, 성취 지향 등 학생의 정의적 특성에 탐구 학습이 효과적임을 보여준 연구 결과를 통해 구성주의 학습에서 촉진자로서의 과학 교사의 역할과 비계의 중요성을 고려하여 보다 신중하고 유연하게 교사의 도움의 정도를 조절해 나가며 구체적인 사례와 아이디어를 누적시켜야 할 것이다. Crujeiras-Pérez & Jiménez-Aleixandre(2019)는 2년에 걸친 중단 연구를 통해, 과학적 실행에 학생이 참여함으로써 과학 학습을 장려하는 접근 방식이 필요함을 제안하였다. 인식론적 관점에서, 학생들이 과학 실천에 참여한다는 것은 지식 생산 및 평가에 참여하게 됨을 의미하며, 공동체 구성원에게 지식 주장을 제안하고, 정당화하며, 평가 및 합법화하는 등 지식을 생산하고 평가하는 것을 경험하게 된다. 즉, 학생들은 그룹 구성원과 소그룹으로 과학적 실천에 참여하기 위해 상호 작용해야함을 의미하며, 이때 그룹 구성원과 학습 환경은 학습 과정에 중요한 영향을 줄 것이다. 교사가 자료에 대한 해석과 변칙 사례에 대한 인식에 더 많은 가이드를 제공한 경우 학생의 능력이 더 많이 향상되었다. 이는 반복적인 실험뿐만 아니라 데이터의 유효성과 신뢰성에 대한 성찰에 더 많은 시간이 필요함을 의미한다. 그러나 실험 결과를 해석하기에 충분한 시간을 할애하는 것이 교사에게는 매우 어려우므로, 안내 자원, 체크리스트 또는 오리엔테이션 도구와 같은 안내 도구가 필요할 것이다. 또한 이에 대한 효과를 보다 장기적이고 거시적인 관점에서 평가하고 피드백을 통해 개선 방안을 마련하기 위한 중단적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

탐구를 활용한 교수 학습의 맥락을 바라보는 시선이 보다 복합적인 것으로 변화하면서, 기존에 이루어졌던 교사들의 탐구에 대한 관점을 조사하는 연구들 역시 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 구성주의적 관점이 강조되면서 교사들로 하여금 과거보다 안내자, 촉진자 등의 역할의 비중을 늘릴 것이 요구되는 상황에서 그들이 무엇을 경험하고 교사로서 성취하며, 한계를 경험하는지 파악하는 것이 요구된다. 우리나라도 2015 개정 교육과정도 도입되면서 ‘역량’의 함양을 목적으로 ‘기능’ 요소가 교육과정 문서에서 강조되었으며, 과학탐구실험 과목이 신설되는 등의 변화가 이루어지고 있다(MOE, 2015). 따라서

변화하는 이러한 맥락 속에서 교사들이 어떻게 적응하는지 알아볼 필요성이 있다. 이를 위하여 PCK 등의 측면에서 이루어졌던 교사의 전문성 개발이 탐구와 다시 연관되는 과정에서 어떻게 재구성될지에 대해 탐색함과 동시에, 탐구가 다양한 맥락에서 진행됨을 감안하여 교사 스스로 자신의 전문성을 함양할 수 있도록 돕는 교육과 연구가 예비교사 교육 단계에서 추진되는 방안에 대해 고민하는 것이 요구된다. 다만 이러한 접근에 앞서 과거로부터 지속되어 온 문제 제기인 시간적 제약, 정책적 지원의 부족 등의 문제를 해결하면서, 변화하는 맥락에 교사가 적응할 수 있도록 안내하고 적절한 연수 등의 교사 재교육 방안을 모색하는 것이 요구된다.

탐구 수업을 잘 운영하기 위한 교사 전문성 발달 측면에서 우리나라에서도 국제적인 협력 연구, 장기간의 중단 연구 등과 같은 큰 프로젝트가 여러 연구자들의 협업 속에서 이루어질 필요가 있다. 특히, 교사 전문성이 단기간에 발달되지 않는다는 점에서 장기적인 안목에서 교사 전문성 프로그램이 설계되고 이루어져야 할 것이다. 우리나라의 사범대학에서 이루어지고 있는 ‘교원양성프로그램’을 이러한 장기적인 안목에서 제대로 설계되어 있고, 운영되고 있는지 점검하는 것이 필요해 보이며, 현직의 교원들의 역량을 발달시키기 위한 프로그램들도 단기간의 성취를 이루고자 하기 보다는 미래의 교육을 내다 보면서 구성되어야 할 것이다.

또한 교사 전문성 발달 프로그램의 내용 측면에서 수업을 운영하는 기술적 부분뿐만 아니라 태도, 신념, 자기 효능감 등 인식적, 정의적 측면에서의 접근이 활발하게 이루어지고 있다. 수업을 잘 운영하고자 하는 목적의식, 자신의 역량의 발전 가능성에 대한 믿음은 교사들의 전문성 발달을 촉진할 수 있으며, 따라서 교사 전문성 프로그램을 개발하고 운영할 때 이러한 부분도 충분히 고려될 필요가 있다. 또한, 교사 전문성 발달 프로그램의 효과를 분석할 때, 교사들의 능력 신장 측면과 함께 학습자의 성취도 살펴볼 필요가 있다. 교사의 전문성 발달은 궁극적으로 학생들의 성장을 돕는 데 있기 때문이다.

국문요약

과학교육에서 탐구는 중요한 위치를 차지하고 있으며, 탐구와 관련된 연구가 폭넓게 이루어지고 있다. 그러나 ‘탐구’라는 개념의 포괄성으로 인해 연구자마다 그 의미를 다르게 인식하고 있으며 접근 방법도 다양하다. 또한 과학교육에서 탐구를 활용한 수업의 성과가 실제 학생들에게 유의미한 변화를 보장하는 것은 아니라는 비판이 제기되고 있다. 이에 본 연구는 과학교육에서 최근 3년간 탐구를 주제로 한 SSCI급 연구 논문의 동향을 살펴봄으로써 탐구와 관련된 연구 내용을 탐색하고 추후 연구에 필요한 시사점을 도출하고자 하였다. 분석에 활용된 연구물은 International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Research in Science Education, Science Education이며, 핵심 주제어에 “inquiry(enquiry)”를 직접적으로 제시하고 있는 연구물로 한정하였다. 추출된 논문 75편을 토대로 유목화 과정이 이루어졌고, 주제와 특징을 반영하여 귀납적으로 분석틀을 도출하였다. 탐구에 대한 인식 및 관점, 탐구 학습을 위한 전략 및 지원, 탐구 기반 수업을 위한 교사 전문성 발달의 세 가지 측면으로 나누어 각 범주별 구체적인 사례를 제시하였다. 과학 탐구에 대한 시사점을 살펴본 결과는 다음과 같다. 첫째, 탐구를

함축적 명제로 정의하거나 몇 개의 단계적 절차로 제시하기보다는 탐구의 의미를 보다 종합적이고 총체적으로 파악하도록 유도하고 있었다. 둘째, 탐구 기반의 수업이 과학의 인지적, 기능적, 정의적 영역의 모든 측면에서 효과적이기에 대해서는 그 한계를 명확히 제시하고, 맥락 의존적이고 교과 특이적인 탐구의 속성과 한계를 파악할 것을 강조하였다. 셋째, 과학 탐구 기반 수업에서 불확실성은 학습자가 탐구를 시작하고 관심을 갖도록 하는 데에는 도움이 될 수 있으나, 자료를 인지하여 지식을 재구성하는 과정에서는 명시적이고 구체적인 안내와 비계가 적절한 타이밍에 이루어져야 할 것이다.

주제어: 연구 동향, 탐구, 과학교육

References

1. 분석 대상 문헌

- Adler, I., Schwartz, L., Madjar, N., & Zion, M. (2018). Reading between the lines: The effect of contextual factors on student motivation throughout an open inquiry process. *Science Education*, 102(4), 820-855.
- Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019a). Teaching practices linked to the implementation of inquiry-based practical work in certain science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(1), 64-90.
- Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019b). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(5), 619-648.
- Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019c). Characterising extrinsic challenges linked to the design and implementation of inquiry-based practical work. *Research in Science Education*, 49(6), 1677-1706.
- Arsal, Z. (2017). The impact of inquiry-based learning on the critical thinking dispositions of pre-service science teachers. *International Journal of Science Education*, 39(10), 1326-1338.
- Azevedo, F. S. (2018). An inquiry into the structure of situational interests. *Science Education*, 102(1), 108-127.
- Balgopal, M. M., Casper, A. M. A., Atadero, R. A., & Rambo-Hernandez, K. E. (2017). Responses to different types of inquiry prompts: college students' discourse, performance, and perceptions of group work in an engineering class. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1625-1647.
- Battaglia, O. R., Di Paola, B., Persano Adorno, D., Pizzolato, N., & Fazio, C. (2019). Evaluating the effectiveness of modelling-oriented workshops for engineering undergraduates in the field of thermally activated phenomena. *Research in Science Education*, 49(5), 1395-1413.
- Bevins, S., Price, G., & Booth, J. (2019). The I files, the truth is out there: science teachers' constructs of inquiry. *International Journal of Science Education*, 41(4), 533-545.
- Biggers, M. (2018). Questioning Questions: Elementary Teachers' Adaptations of Investigation Questions Across the Inquiry Continuum. *Research in Science Education*, 48(1), 1-28.
- Brown, J. C. (2017). A metasynthesis of the complementarity of culturally responsive and inquiry-based science education in K-12 settings: Implications for advancing equitable science teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(9), 1143-1173.
- Bruckermann, T., Aschermann, E., Bresges, A., & Schlüter, K. (2017). Metacognitive and multimedia support of experiments in inquiry learning for science teacher preparation. *International Journal of Science Education*, 39(6), 701-722.
- Cairns, D. (2019). Investigating the relationship between instructional practices and science achievement in an inquiry-based learning environment. *International Journal of Science Education*, 41(15), 2113-2135.
- Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2019). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 countries. *Research in Science Education*, 49(1), 1-23.
- Cetin, P. S., Eymur, G., Southerland, S. A., Walker, J., & Whittington, K. (2018). Exploring the effectiveness of engagement in a broad range of disciplinary practices on learning of Turkish high-school chemistry students. *International Journal of Science Education*, 40(5), 473-497.
- Chen, J., Wang, M., Grotzer, T. A., & Dede, C. (2018). Using a three-dimensional thinking graph to support inquiry learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(9), 1239-1263.
- Chi, S. H., Wang, Z., & Liu, X. (2019). Investigating disciplinary context effect on student scientific inquiry competence. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2736-2764.
- Chi, S., Liu, X., Wang, Z., & Won Han, S. (2018). Moderation of the effects of scientific inquiry activities on low SES students' PISA 2015 science achievement by school teacher support and disciplinary climate in science classroom across gender. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1284-1304.
- Crujeiras-Pérez, B., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2019). Students' progression in monitoring anomalous results obtained in inquiry-based laboratory tasks. *Research in Science Education*, 49(1), 243-264.
- Cruz-Guzmán, M., García-Carmona, A., & Criado, A. M. (2017). An analysis of the questions proposed by elementary pre-service teachers when designing experimental activities as inquiry. *International Journal of Science Education*, 39(13), 1755-1774.
- Davis, J. P., & Bellocchi, A. (2018). Objectivity, subjectivity, and emotion in school science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(10), 1419-1447.
- Doria, Y. J., Zohar, A., Fischer-Shachor, D., Kohan-Mass, J., & Carmi, M. (2018). Gender-fair assessment of young gifted students' scientific thinking skills. *International Journal of Science Education*, 40(6), 595-620.
- Duncan Seraphin, K., Harrison, G. M., Philippoff, J., Brandon, P. R., Nguyen, T. T. T., Lawton, B. E., & Vallin, L. M. (2017). Teaching aquatic science as inquiry through professional development: Teacher characteristics and student outcomes. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(9), 1219-1245.
- Fitzgerald, M., Danaia, L., & McKinnon, D. H. (2019). Barriers inhibiting inquiry-based science teaching and potential solutions: Perceptions of positively inclined early adopters. *Research in Science Education*, 49(2), 543-566.
- Fuhrmann, T., Schneider, B., & Blikstein, P. (2018). Should students design or interact with models? Using the bifocal modelling framework to investigate model construction in high school science. *International Journal of Science Education*, 40(8), 867-893.
- García-Carmona, A., Criado, A. M., & Cruz-Guzmán, M. (2017). Primary pre-service teachers' skills in planning a guided scientific inquiry. *Research in Science Education*, 47(5), 989-1010.
- Gray, R., & Rogan-Klyve, A. (2018). Talking modelling: examining secondary science teachers' modelling-related talk during a model-based inquiry unit. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1345-1366.
- Herranen, J., Kousa, P., Fooladi, E., & Aksela, M. (2019). Inquiry as a context-based practice - a case study of pre-service teachers' beliefs and implementation of inquiry in context-based science teaching. *International Journal of Science Education*, 41(14), 1977-1998.
- Hong, J. C., Hwang, M. Y., Tai, K. H., & Tsai, C. R. (2017). An exploration of students' science learning interest related to their cognitive anxiety, cognitive load, self-confidence and learning progress using inquiry-based learning with an iPad. *Research in Science Education*, 47(6), 1193-1212.
- Jaber, L. Z., Dini, V., Hammer, D., & Danahy, E. (2018). Targeting disciplinary practices in an online learning environment. *Science Education*, 102(4), 668-692.
- Jang, J. Y., & Hand, B. (2017). Examining the value of a scaffolded critique framework to promote argumentative and explanatory writings within an argument-based inquiry approach. *Research in Science Education*, 47(6), 1213-1231.
- Kang, & Keinonen, T. (2017). The effect of inquiry-based learning experiences on adolescents' science-related career aspiration in the Finnish context. *International Journal of Science Education*, 39(12), 1669-1689.
- Karvanková, P., & Popjaková, D. (2018). How to link geography, cross-curricular approach and inquiry in science education at the primary schools. *International Journal of Science Education*, 40(7), 707-722.
- Kluge, A. (2019). Learning science with an interactive simulator: negotiating the practice-theory barrier. *International Journal of Science Education*, 41(8), 1-25.
- Kruit, P. M., Oostdam, R. J., van den Berg, E., & Schuitema, J. A. (2018). Effects of explicit instruction on the acquisition of students' science inquiry skills in grades 5 and 6 of primary education. *International Journal of Science Education*, 40(4), 421-441.
- Lämsä, J., Hämäläinen, R., Koskinen, P., & Viiri, J. (2018). Visualising the temporal aspects of collaborative inquiry-based learning processes in

- technology-enhanced physics learning. *International Journal of Science Education*, 40(14), 1697-1717.
- Le Hebel, F., Tiberghien, A., Montpied, P., & Fontanieu, V. (2019). Teacher prediction of student difficulties while solving a science inquiry task: example of PISA science items. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1517-1540.
- Leblebicioglu, G., Abik, N. M., Capkinoglu, E., Metin, D., Dogan, E. E., Cetin, P. S., & Schwartz, R. (2019). Science Camps for Introducing Nature of Scientific Inquiry Through Student Inquiries in Nature: Two Applications with Retention Study. *Research in Science Education*, 49(5), 1231-1255.
- Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., Jimenez, J., Akubo, M., Aly, S., Bao, C., Blanquet, E., Blonder, R., Bologna Soares de Andrade, M., Bunting, C., Cakir, M., EL-Deghaidy, H., ELZorkani, A., Gaigher, E., Guo, S., Hakanen, A., Hamed Al-Lal, S., Han-Tosunoglu, C., ... Zhou, Q. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(4), 486-515.
- Lee, H., Longhurst, M., & Campbell, T. (2017). Teacher learning in technology professional development and its impact on student achievement in science. *International Journal of Science Education*, 39(10), 1282-1303.
- Lehtinen, A., Lehesvuori, S., & Viiri, J. (2019). The connection between forms of guidance for inquiry-based learning and the communicative approaches applied-a case study in the context of pre-service teachers. *Research in Science Education*, 49(6), 1547-1567.
- Lotter, C. R., & Miller, C. (2017). Improving inquiry teaching through reflection on practice. *Research in Science Education*, 47(4), 913-942.
- Martin, A., Park, S., & Hand, B. (2019). What happens when a teacher's science belief structure is in disequilibrium? entangled nature of beliefs and practice. *Research in Science Education*, 49(3), 885-920.
- Merritt, E. G., Chiu, J., Peters-Burton, E., & Bell, R. (2018). Teachers' integration of scientific and engineering practices in primary classrooms. *Research in Science Education*, 48(6), 1321-1337.
- Moon, A., Stanford, C., Cole, R., & Towns, M. (2017). Analysis of inquiry materials to explain complexity of chemical reasoning in physical chemistry students' argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1322-1346.
- Moote, J. (2019). Investigating the longer-term impact of the CREST inquiry-based learning programme on student self-regulated processes and related motivations: Views of students and teachers. *Research in Science Education*, 49(1), 265-294.
- Mupira, P., & Ramnarain, U. (2018). The effect of inquiry-based learning on the achievement goal-orientation of grade 10 physical sciences learners at township schools in South Africa. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(6), 810-825.
- Nichols, K., Burgh, G., & Kennedy, C. (2017). Comparing two inquiry professional development interventions in science on primary students' questioning and other inquiry behaviours. *Research in Science Education*, 47(1).
- Peel, A., Zangori, L., Friedrichsen, P., Hayes, E., & Sadler, T. (2019). Students' model-based explanations about natural selection and antibiotic resistance through socio-scientific issues-based learning. *International Journal of Science Education*, 41(4), 510-532.
- Pongsophon, P., & Herman, B. C. (2017). A theory of planned behaviour-based analysis of TIMSS 2011 to determine factors influencing inquiry teaching practices in high-performing countries. *International Journal of Science Education*, 39(10), 1304-1325.
- Ruppert, J., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2019). Disentangling the role of domain-specific knowledge in student modeling. *Research in Science Education*, 49(3), 921-948.
- Ryoo, K., & Bedell, K. (2017). The effects of visualizations on linguistically diverse students' understanding of energy and matter in life science. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(10), 1274-1301.
- Ryoo, K., & Bedell, K. (2019). Supporting linguistically diverse students' science learning with dynamic visualizations through discourse-rich practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(3), 270-301.
- Samarapungavan, A., Bryan, L., & Wills, J. (2017). Second graders' emerging particle models of matter in the context of learning through model-based inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(8), 988-1023.
- Schmid, S., & Bogner, F. X. (2017). How an inquiry-based classroom lesson intervenes in science efficacy, career-orientation and self-determination. *International Journal of Science Education*, 39(17), 2342-2360.
- She, H. C., Lin, H. shyang, & Huang, L. Y. (2019). Reflections on and implications of the programme for international student assessment 2015 (PISA 2015) performance of students in Taiwan: The role of epistemic beliefs about science in scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 56(10), 1309-1340.
- Smit, R., Rietz, F., & Kreis, A. (2018). What are the effects of science lesson planning in peers?-analysis of attitudes and knowledge based on an actor-partner interdependence model. *Research in Science Education*, 48(3), 619-636.
- Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry. *International Journal of Science Education*, 40(15), 1812-1831.
- Tang, N. E., Tsai, C. L., Barrow, L., & Romine, W. (2019). Impacts of enquiry-based science teaching on achievement gap between high-and-low SES students: findings from PISA 2015. *International Journal of Science Education*, 41(4), 448-470.
- Terrazas-Arellanes, F. E., Gallard M, A. J., Strycker, L. A., & Walden, E. D. (2018). Impact of interactive online units on learning science among students with learning disabilities and English learners. *International Journal of Science Education*, 40(5), 498-518.
- Tsybulsky, D., Dodick, J., & Camhi, J. (2018). The effect of field trips to university research labs on israeli high school students' NOS understanding. *Research in Science Education*, 48(6), 1247-1272.
- van Aalderen-Smeets, S. I., Walma van der Molen, J. H., van Hest, E. G. W. C. M., & Poortman, C. (2017). Primary teachers conducting inquiry projects: effects on attitudes towards teaching science and conducting inquiry. *International Journal of Science Education*, 39(2), 238-256.
- van der Graaf, J., van de Sande, E., Gijssels, M., & Segers, E. (2019). A combined approach to strengthen children's scientific thinking: direct instruction on scientific reasoning and training of teacher's verbal support. *International Journal of Science Education*, 41(9), 1119-1138.
- van Riesen, S. A. N., Gijssels, H., Anjewierden, A., & de Jong, T. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327-1344.
- van Schijndel, T. J. P., Jansen, B. R. J., & Raijmakers, M. E. J. (2018). Do individual differences in children's curiosity relate to their inquiry-based learning? *International Journal of Science Education*, 40(9), 996-1015.
- van Uum, M. S. J., Verhoeff, R. P., & Peeters, M. (2017). Inquiry-based science education: scaffolding pupils' self-directed learning in open inquiry. *International Journal of Science Education*, 39(18), 2461-2481.
- Villanueva, M. G., Hand, B., Shelley, M., & Therrian, W. (2019). The conceptualization and development of the practical epistemology in science survey(SPSS). *Research in Science Education*, 49(3), 635-655.
- Vorholzer, A., & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction-an attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562-1577.
- Wagh, A., Cook-Whitt, K., & Wilensky, U. (2017). Bridging inquiry-based science and constructionism: Exploring the alignment between students tinkering with code of computational models and goals of inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(5), 615-641.
- Walan, S., & Mc Ewen, B. (2017). Primary teachers' reflections on inquiry- and context-based science education. *Research in Science Education*, 47(2), 407-426.
- Watkins, J., Hammer, D., Radoff, J., Jaber, L. Z., & Phillips, A. M. (2018). Positioning as not-understanding: The value of showing uncertainty for engaging in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(4), 573-599.
- Williams, R. T., Pringle, R. M., & Kilgore, K. L. (2019). A Practitioner's inquiry into vocabulary building strategies for native spanish speaking ELLs in inquiry-based science. *Research in Science Education*, 49(4), 989-1000.
- Wilmes, S. E. D., & Siry, C. (2018). Interaction rituals and inquiry-based science instruction: Analysis of student participation in small-group investigations in a multilingual classroom. *Science Education*, 102(5), 1107-1128.
- Wu, P. H., Kuo, C. Y., Wu, H. K., Jen, T. H., & Hsu, Y. S. (2018). Learning benefits of secondary school students' inquiry-related curiosity: A cross-grade comparison of the relationships among learning experiences, curiosity, engagement, and inquiry abilities. *Science Education*, 102(5), 917-950.
- Zhang, L. (2018). Withholding answers during hands-on scientific investigations? Comparing effects on developing students' scientific knowledge, reasoning, and application. *International Journal of Science Education*, 40(4), 459-469.

2. 분석 대상 외 문헌

- Baek, J., Byun, T., Lee, D., & Shim, H-P. (2020). An investigation on the

assessment tool and status of assessment in the 'scientific inquiry experiment' of the 2015 revised curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(5), 515-529.

Barrow, L. H. (2006). A brief history of inquiry: From dewey to standards. *Journal of Science Teacher Education*, 17(3), 265-278.

Bronfenbrenner, U. (1993). The ecology of cognitive development: research models and fugitive findings. In R. Wozniak & K. Fischer (Eds.), *Development in context: acting and thinking in specific environments* (pp. 3-44). Hillsdale: Erlbaum.

Byun, T. (2017). A literature review on media-based learning in science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(3), 417-427.

Byun, T., Baek, J., Shim, H.-P., & Lee, D. (2019). An investigation on the implementation of the 'scientific inquiry experiment' of the 2015 revised curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 39(5), 669-679.

Capps, D. K., Crawford, B. A., & Constan, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry PD: alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23, 291-318.

Collette, A. T. & Chiappetta, E. L. (1989). *Science instruction in the middle and secondary schools* (2nd ed.). OH: Merrill Publishing Company.

Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642.

Davis, E. A., & Linn, M. C. (2000). Scaffolding students' knowledge integration: Prompts for reflection in KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 819-837.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A.W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academy Press.

Freese, A. R. (1999). The role of reflection on preservice teachers' development in the context of a professional development school. *Teaching and Teacher Education*, 15, 895-909

Gunstone, R. F., & Champagne, A. B. (1990). Promoting conceptual change in the laboratory. In E. Hegarty-Hazel (Eds.), *The student laboratory and the science curriculum* (pp. 159-182). London: Routledge.

Han, S., Choi, S., & Noh, T. (2012) Epistemological views of middle school students on scientific inquiry. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(1), 82-94.

Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses on achievement*. Abingdon: Routledge.

Hodson, D. (2009). *Teaching and learning about science: Language, theories, methods, history, traditions and values*. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

Hwang, S. (2018). Research trend on the sociocultural approaches to science learning identity for the realization of 'Science Education for All'. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(2), 187-202.

Jho, H. (2015). A literature review of studies on decision-making in socio-scientific issues. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(5), 791-936.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J. A., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 313-350.

Kwon, N. & Ahn, J. (2012). The analysis on domestic research trends for convergence and integrated science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 32(2), 265-278.

Lazonder, A., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry- The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(1), 65-83.

Lee, B., Park, B., & Kim, H. (2007). Analyses of the basic inquiry process in korean 3-10 grade science textbooks: Focused on observation and measurement. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 27(5), 421-431.

Lee, E. & Kang, S. (2012). Sub-component extraction of inquiry skills for direct teaching of inquiry skills. *Journal of the Korea Association for Science Education*, 32(2), 236-264.

Lee, J. Park, H., Jung, Y. & Noh, J. (2015). Research trends of web-based inquiry learning effectiveness in science education: A review of publications in selected journals from 2000 to 2014. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(2), 187-202. 35(4), 565-572.

McCormack, A. J. (1992). Trends and issues in science curriculum. in P. B. Uhrmacher et al., (Eds.), *Science curriculum resource handbook: A practical guide for K-12 science curriculum*, NY: Kraus International Publications, 16-41.

Ministry of Education (MOE) (2015). 2015 revised Science National Curriculum. No. 2015-74. Ministry of Education, Sejong, Korea.

National Research Council(NRC) (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core idea*. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council. (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.

Nellist, J. & Nicholl, B. (1987). *ASE Science teachers' handbook*. London: Hutchinson.

Nivalainen, V., Asikainen, M. A., Sormunen, K., & Hirvonen, P. E. (2010). Preservice and inservice teachers' challenges in the planning of practical work in physics. *Journal of Science Teacher Education*, 21(4), 393-409.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes toward science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049-1079.

Paccon, M. Q. (2002). *Qualitative research & evaluation method*. Thousand Oaks, CA: Sage Publication.

Postholm, M. B. (2012). Teachers' professional development: a theoretical review. *Educational Research*, 54(4), 405-429.

Sanderson, B. A., & Kratochvil, D. W. (1971). *Science-A Process Approach, product development report no. 8*. Washington, D.C.: Office of Program Planning and Evaluation. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 064-066)

Sandoval, W. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence. *Science Education*, 89, 634-656.

Schön, D. (1987). *A review of educating the reflective practitioner*. San Francisco: Jossey-Bass

Schwartz, R. S., & Lederman, N. G. (2008). What scientists say: Scientists' views of nature of science and relation to science context. *International Journal of Science Education*, 30(6), 727-771.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-31.

Teacher Professional Growth Consortium. (1994). *Modelling teacher professional growth*. University of Melbourne, Unpublished working document.

van Aaldereen-Smeets, S. I., & Walma van der Molen, J. H. (2013). Measuring primary teachers' attitudes toward teaching science: Development of the dimensions of attitude toward science (DAS) instrument. *International Journal of Science Education*, 35, 577-600.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. MA: Harvard University Press.

Welch, W. W. (1981). Inquiry in school science. In N. Harms, & R. Yager, *Project synthesis, What research says*, Vol. 3 NSTA.

저자 정보

- 유은정(한국교육과정평가원 부연구위원)
- 변태진(한국교육과정평가원 부연구위원)
- 백종호(한국교육과정평가원 부연구위원)
- 심현표(한국교육과정평가원 부연구위원)
- 유금복(한국교육과정평가원 부연구위원)
- 이동원(한국교육과정평가원 부연구위원)