



과학적 실행 기반의 과학 교육에서 개념 학습의 가능성 고찰 —상황 학습 이론과 개념적 행위 주체성을 중심으로—

오필석*

경인교육대학교

Possibility of Science Concept Learning in Scientific Practice-Based Science Education: A Review Focused on Situated Learning Theories and Conceptual Agency

Phil Seok Oh*

Gyeongin National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 15 June 2022

Received in revised form

27 July 2022

Accepted 30 August 2022

Keywords:

scientific practice, science concept learning, situated learning, conceptual agency

ABSTRACT

This study explored a possibility of science concept learning in scientific practice-based science instruction through the review of literature about situated learning theories and practice-based science education. It was revealed that the situated learning theories were closely related to the recent trend in science education which emphasizes students' active engagement in scientific practices. From the perspective of situated learning, concept learning occurs in the process in which learners make use of concepts as resources and further develop the concepts through the emergence of conceptual agency during their participation in practices. The study also found that the situated learning perspectives could apply to science concept learning in scientific practice-based instruction: Science concepts are used as resources in practice-based science learning, students can better engage in scientific practices as they take advantage of science concepts as resources, and the emergence of conceptual agency can facilitate science concept learning during the participation in scientific practices. Implications for school science education were suggested.

1. 시작하며

미국의 새로운 과학 교육 기준(Next Generation Science Standards [NGSS], NGSS Lead States, 2013)으로 대표되는 최근 과학 교육 개혁의 흐름은 과학 학습에서 과학 지식과 과학적 방법의 관계에 대하여 이전과는 다른 변화를 요청하고 있다(Kawasaki & Sandoval, 2020; Oh, 2020). 이러한 변화의 내용은 과학 학습의 목표와 과학적 실행의 역할 측면에서 확인할 수 있다. 먼저, NGSS와 NGSS 설계의 바탕이 되었던 'A framework for K-12 science education'(National Research Council [NRC], 2012)에서는 과학 학습의 목표를 '현상의 이해(making sense of natural phenomena)'라고 말하고 있다. 이것은 이해의 대상이 과학 지식이 아닌 자연 세계에서 일어나는 현상이라는 점을 천명한 것이다. 예컨대, 학생들은 "우리는 ... 판구조론에 대해 배우고 있다."고 하기보다 "우리는 화산 활동과 지진이 왜 어떤 특정한 부분에서 더 자주 일어나는지 더 잘 이해하려고 하고 있다."고 말할 수 있어야 한다는 것이다(Schwarz *et al.*, 2017, p. 7). 즉, 현상에 대한 이해는 자연 세계가 작동하는 원리를 알아내려는(figure out) 것으로, 단순히 과학 지식에 관해 아는 것과 구별된다. 특히 이 과정은 과학 개념을 사고의 도구로 활용하는 개념적인 과정(conceptual process)이라 할 수 있으며, 이에 따라 NGSS에서는 학생들이 학문 분야별 핵심 아이디어(disciplinary core ideas, DCIs)와 관통 개념(cross-cutting

concepts, CCCs)을 이용하여 현상을 이해하는 것을 강조한다(Konicek-Moran & Keeley, 2015; Nordine & Lee, 2021; Schwarz *et al.*, 2017).

이와 더불어 NGSS는 학생들이 과학적 실행들(science practices or scientific practices, SPs)에 참여함으로써 현상의 이해라는 목표를 이루는 데 주안점을 두고 있다. 이때 '실행(practice)'이란 용어는 어떤 목적을 이루기 위한 인식적 활동들(activities)의 정합된 집합이라고 이해할 수 있다(Chang, 2011, 2012, 2014). 또, 실행을 이루는 활동들은 지식을 생산하고 개선하기 위해 의도된 정신적, 신체적 행동들(actions or operations)의 집합이다. 즉, 실행은 총체적이고 상대적인 체계로서, 맥락에 따라 어떤 실행은 보다 큰 실행을 이루는 활동이 되기도 한다. 따라서 과학의 인식적 목적을 이루기 위한 실행은 매우 다양할 수 있는데, NGSS에서는 모델링, 논변 활동, 설명의 구성 등과 같은 것들을 과학적 실행으로 예시하고 있다. 이들은 기존에 과학 교육 분야에서 많이 언급되었던 탐구에 관한 확장된 비전을 나타내는 것으로(Schwarz *et al.*, 2017), 이에 수월하게 참여하기 위해서는 기능이나 과정뿐만 아니라 DCIs나 CCCs와 같은 지식 또한 필요하다. 이 점에서 NGSS에서 추구하는 과학 학습의 특징은 DCIs, CCCs, SPs가 유기적으로 결합된 3차원 학습(3-dimensional learning)으로 불리기도 한다(Konicek-Moran & Keeley, 2015; Nordine & Lee, 2021).

Kawasaki & Sandoval(2020)은 이와 같이 현상의 이해와 과학적

* 교신저자 : 오필석 (philoh@ginue.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.4.477>

실행을 주제로 하는 과학 교육의 새로운 변화가 요구하는 지식과 방법의 관계를 보다 일목요연하게 정리한 바 있다. 그들에 따르면, 과학 개념을 안다는 것은 개념에 상응하는 지식의 내용을 기억해 낼 수 있음을 의미하는 것이 아니라, 개념을 이용하여 현상을 설명할 수 있다는 것이다. 또, 이때 과학적 실행은 개념을 학습하는 수단이 된다. 다시 말해, 학생들은 과학적 실행에 참여하면서 개념을 발달시키고, 과학 개념을 통해 현상을 이해할 수 있게 된다.

그렇다면 과학적 실행 중심의 과학 수업에서 과학 개념 학습은 어떻게 가능한 것일까? 고금동서를 막론하고 과학 개념을 배우는 것은 과학 교육의 중요한 목표 중의 하나이다(Konicek-Moran & Keeley, 2015). 하지만 과학 개념 학습이란 목표는 종종 과학적 방법이나 탐구를 강조하는 흐름과 상충된다고 여겨지고, 체험적인 학생 활동을 강조하는 과학 수업이 개념 학습을 소홀하게 다루거나 과학 개념을 올바르게 이해하게 하는 데 어려움을 초래하는 것으로 인식되기도 하였다(Abrahams & Reiss, 2012; Kim & Tan, 2011; Manz *et al.*, 2020). 따라서 과학적 실행을 기반으로 하는 과학 수업이 단순히 새로운 활동을 적용하는 데에서 벗어나 과학 교육의 새로운 흐름으로 정착하기 위해서는, 여러 가지 작업들이 이루어져야 하지만, 그중에서도 과학 개념 학습에 대한 근거를 확고히 할 필요가 있다.

이와 관련하여 일부 연구자들은 과학적 실행 기반의 과학 교육의 이론적 근거나 과학적 실행 중심의 과학 교수·학습 방법을 설계하는 원리를 ‘상황 학습 이론’에서 찾고 있다(Aleong & Adams, 2020; Miller & Krajcik, 2019; Moore, 2019). 상황 학습 이론은 학습은 특정한 공동체를 특징짓는 실행에 참여하는 과정이며 학습자는 이 과정을 통해 개념과 기능을 학습하게 된다는 주장으로 요약된다(Scott *et al.*, 2007). 이러한 관점은 과학적 실행에 참여하는 경험을 통해 과학 개념 학습이 발생한다고 하는 새로운 과학 교육 개혁의 관점과 맥을 같이 하고 있다(Aleong & Adams, 2020). 이에 따라 본 연구에서는 과학적 실행 지향의 과학 교육 개혁이 기존의 것과 차별되는 특징을 상황 학습 이론과 과학 개념 학습의 시각에서 검토하고, 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습의 가능성을 제안하고자 한다. 즉, 본고(本稿)는 과학적 실행 중심의 수업에서도 과학 개념 학습이 가능하다는 연구자의 관점을 제시하는 논문(position paper)으로서, 관련 주제들에 관한 문헌 고찰을 통해 이루어졌다. 따라서 이어지는 본문은 연구 과정을 통해 고찰한 문헌들과 문헌의 내용에 관한 연구자의 사유의 흐름을 따라 다음과 같은 세 부분으로 구성하였다.

먼저, ‘II. 상황 학습 이론의 개괄적 특징’에서는 과학 개념 학습에 관한 서로 다른 관점들 중에서도 상황 학습 이론이 과학적 실행을 강조하는 최근의 과학 교육 개혁의 흐름과 관련이 깊다는 점을 확인함으로써 본 연구의 이론적 바탕을 제시한다. 이때는 학습의 상황적 특성을 강조하는 이론적 입장이 상황 학습(situated learning), 상황 인지(situated cognition), 상황 이론(situativity theory), 상황적 관점(situative perspective), 실행 공동체(community of practice) 이론, 활동 이론(activity theory) 등 여러 가지 명칭으로 불리고 있음에도 불구하고(예: Arnseth, 2008) 이들이 이원론적인 입장에서 학습자의 인지 구조나 개인의 지식 획득을 학습에 관한 논의의 중심에 놓아 왔던 전통적인 이론들과 차별되는 공통점이 있음에 착안하여, 이들을 ‘상황 학습 이론(situated learning theories)’ 또는 ‘상황 학습 관점(situated learning perspectives)’이라고 통칭하고 이들의 공통된 입장

을 상황 학습 이론의 개괄적 특징으로 정리하였다. 다음으로, ‘III. 상황 학습 이론과 개념 학습’에서는 본 연구에서 관심을 두고 있는 주제에 초점을 맞추어 상황 학습의 관점에서 개념 학습이 어떻게 이루어질 수 있는지 논의한다. 특히 이때는 상황 학습 이론과 개념 학습의 관계를 비교적 일관되고 심도 있게 제시해 온 Greeno와 동료들(Greeno, 1995, 1997, 2006, 2012; Greeno & Engeström, 2014; Greeno & MMAP, 1998; Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008)의 견해를 집중적으로 살펴보고, 이를 바탕으로 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습은 개념을 자원으로써 활용하며 개념적 행위 주체성을 발휘하는 과정을 통해 이루어질 수 있다는 아이디어를 제안한다. 마지막으로, ‘IV. 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습’에서는 이전에 논의한 상황 학습 이론과 개념 학습의 관계에 비추어 과학적 실행 중심의 수업에서 개념 학습의 가능성을 논의하는 데 필요한 세 가지 질문을 상정하고, 관련 문헌들을 토대로 이들 질문에 답하는 방식으로 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습이 어떤 방식으로 이루어질 수 있는지 구체적으로 논의한다.

즉, 본 논문은 상황 학습 이론과 과학적 실행 기반의 과학 교육 개혁과의 관련성으로부터 출발하여, 점차 그 초점 범위를 좁혀 상황 학습 이론에서의 개념 학습, 과학 개념 학습이라는 세부 주제로 수렴하는 방식으로 구성함으로써 과학적 실행 중심의 수업에서도 개념적 행위 주체성의 발현을 통해 과학 개념 학습이 가능하다는 점을 주장하고자 한다. 이러한 작업은 과학적 탐구를 강조하는 기존의 주장들이 과학 개념 학습과 관련하여 직면하였던 난점을 해소하고 과학적 실행 기반의 과학 교육을 위한 한 가지 이론적 근거를 제시하여 학교 교육 현장에서 과학적 실행 중심의 수업을 적극적으로 시도하는 계기를 마련하는 데 기여할 수 있을 것이다.

II. 상황 학습 이론의 개괄적 특징

새로운 이론의 등장이 대개 그러하듯이, 상황 학습 이론 또한 이전의 학습 이론들과 차별된 점을 강조하면서 주목을 받았다. 상황 학습 이론에 앞선 전통적인 학습 이론들은 대부분 학습을 ‘획득(acquisition)’의 관점에서 다루었다(Oh, 2006; Scott *et al.*, 2007; Sfard, 1998). 예를 들어, 잘 알려진 것처럼, 과학 교육에서 과학 개념 학습은 Piaget의 이론의 영향을 받아 발전하기 시작하였다. 그에 따르면, 학습은 개인의 인지 구조가 동화(assimilation)와 조절(accommodation)이라는 과정을 통해 외부 세계와 상호작용함으로써 일어난다. 이때 개인의 머릿속에 있는 인지 구조는 과학 개념을 비롯한 지식을 표상하는 것으로, 인지 구조가 외부 세계의 새로운 정보를 동화시켜 그 내용이 풍부해지거나 새로운 정보에 맞춰 인지 구조가 조절되어 달라지는 것이 곧 학습의 과정이다(Scott *et al.*, 2007).

학습을 인지 구조의 변화로 파악하는 입장은 Ausubel의 이론으로 이어진다. Ausubel(1978)은 그의 동화 이론(assimilation theory)에서 유의미한 학습은 외부 정보와 인지 구조의 상호작용을 통해 발생한다고 하고, 새로운 정보가 기존의 인지 구조에 연결되는 방식에 따라 유의미 학습(meaningful learning)의 유형을 구분하였다(Ausubel, 1978). 하지만 Ausubel의 이론은 Piaget의 이론과 구별되는 중요한 특징을 지니고 있었다. Piaget의 이론에 따르면, 개념 학습은 학습할 내용이나 영역과 독립된(content-independent or domain-general) 논

리 구조 또는 사고 기능의 발달에 의존한다. 예컨대, 학생들은 어떤 연령대에 이르러서야 비로소 형식적인 사고를 할 수 있다고 믿었고, 이 때문에 과학 교육에서는 특정한 시기에 이르기 전까지 추상적인 과학 개념을 가르치지 않는 경향도 나타나게 되었다(Bliss, 1995; Metz, 1995). 이와는 달리, Ausubel의 이론은 발달론적인 접근에 토대하고 있는 Piaget의 이론에 비판적인 입장에 있었다. 특히 개념 학습에 대해서는 영역-특이적인(domain-specific) 요인을 강조하였는데, 이와 관련된 Ausubel 이론의 핵심은 흔히 ‘학습에 영향을 미치는 가장 중요한 하나의 요소는 학습자가 이미 알고 있는 것이다.’라는 주장으로 요약되곤 한다(Novak, 2005). 이러한 관점은 과학 교육자들이 특정 주제에 관해 학생들이 가지고 있는 개념에 주목하는 데 영향을 미쳤으며, 학생들의 오개념과 개념 변화 학습에 관한 연구를 촉발하는 데 기여하였다(Eylon & Linn, 1988; Scott *et al.*, 2007). 주지하는 바와 같이, 개념 변화 학습은 학생들이 과학적인 개념을 얻게 하는 것을 목표로 하였으며, 이를 위한 여러 가지 교수법적인 전략들 중에서도 학생의 오개념을 과학적인 개념으로 대체하는 전략이 집중적으로 연구되었다(Driver & Oldham, 1986; Wandersee *et al.*, 1994).

그런데 Piaget와 Ausubel, 그리고 이후의 개념 변화 학습 이론은 어떤 방식으로든지 과학 개념을 획득하는 학습자 개인에 초점을 맞추었다는 공통점이 있다(Oh, 2006; Scott *et al.*, 2007; Sfard, 1998). 이러한 이론들과는 달리 Vygotsky의 이론은 과학 개념 학습에서 사회·문화적인 요인의 중요성을 강조하였다. Vygotsky의 관점에 따르면, 개념은 교사와 학습자가 교류하는 사회적인 장(場)에 먼저 등장하고 이것이 이후 학습자 개인의 머릿속에 내면화되어 학습이 일어난다(Vygotsky, 1978). 이러한 관점은 개념 학습에 대한 시각을 개인의 차원에서 사회·문화적인 차원으로 확대하고, 개념이 내면화 과정을 통해 구성된다는 점을 강조하였다는 점에서 의미가 있다. 그럼에도 불구하고 결국 과학 개념을 마음의 작용에 의해 개인이 성취해야 할 대상으로 보고 있다는 점에서 이전 이론들과 동일한 관점에 있다고 할 수 있다(Oh, 2006; Scott *et al.*, 2007; Sfard, 1998). 이에 대해 Sfard(1998)는 기존 이론들은 학습자가 개념을 얻는 방식을 ‘수용’, ‘구성’, ‘내면화’ 등으로 서로 다르게 지칭하였지만 그 표현 방식에 관계없이 ‘지식의 획득(acquisition of knowledge)’에 초점을 두고 있는 것이 특징이라고 지적하였다.

이러한 ‘획득으로서 학습’이라는 관점과는 달리, 상황 학습 이론은 ‘참여로서 학습’이라는 관점을 강조한다. 즉, 상황 학습 이론에서 학습이란 공동체의 실행에 참여하는 과정을 의미한다. 과학 교육을 비롯한 광범위한 범위의 교육학 분야에서 ‘상황 학습 이론’이란 용어는 서로 중첩되는 여러 가지 세부적인 관점들을 포괄하는 의미로 사용되고 있는데, 대체로 다음과 같은 핵심적인 특징을 기반으로 하고 있다.

첫째, 상황 학습 이론은 학습을 공동체와의 관계 속에서 개념화한다. 이때 공동체란 단순히 사람들이 모인 집합이 아니라, 구성원들 간에 공유하고 있는 일정한 행동 패턴, 즉 실행으로 특징지을 수 있는 ‘실행 공동체(community of practice)’를 의미한다(Greene & MMAP, 1998; Lave, 1991; Wenger, 1998). 따라서 학습을 실행 공동체의 맥락에서 개념화한다는 말은 특정한 공동체를 특징짓는 실행에 참여하는 것으로 학습을 정의한다는 의미이다. 또, 이 점에서 상황 학습 이론은 학습의 초점을 ‘획득’에서 ‘참여’로 전환시켰다고 평가 받기도 한다(Oh, 2006; Scott *et al.*, 2007; Sfard, 1998).

공동체의 실행에 참여하는 것은 해당 공동체의 구성원이 되어간다는 것을 뜻한다. 즉, 학습은 실행의 초심자에서 점차로 유능한 실행을 할 수 있는 성숙한 구성원이 되어가는 과정이라고 할 수 있다. 이 과정은 종종 주변부적인 참여(peripheral or partial participation)에서 완전한 참여(full participation)로 이행하는 과정으로 묘사되기도 한다(Lave, 1991, 1996; Lave & Wenger, 1991). 그런데 점차 완전한 참여자가 된다는 것은 개인이 실행에 유능한 공동체의 구성원으로 성장한다는 것을 의미할 뿐만 아니라, 공동체가 발전하는 데 더 효과적으로 공헌하게 된다는 것을 뜻한다(Greene & MMAP, 1998; Lave, 1991, 1996; Lave & Wenger, 1991). 왜냐하면 “마치 서로 다른 기관들이 모여 하나의 생명체를 이루는 것처럼, 학습자들은 [각각] 실행자 공동체의 존재와 역할에 기여하기”(Sfard, 1998, p. 6) 때문이다. 다시 말해, 상황 학습 이론의 관점에서 학습이란 공동체의 실행에 참여하여 개인의 정체성을 개발하는 것과 동시에 공동체의 성장에 기여하는 것이라 할 수 있다.

둘째, 상황 학습 이론의 영어 표현에 쓰인 단어 ‘situated’는 모든 종류의 학습이 특정한 상황이나 맥락에 불박여 있으며, 사회적, 문화적, 물질적 시스템의 통합된 일부라는 것을 상징적으로 보여준다. 이는, 다시 말해, 어떤 학습은 상황에 불박여 있지만 어떤 학습은 그렇지 않다는 것을 의미하지 않는다(Greene, 1995; Greene & MMAP, 1998; Lave & Wenger, 1991). 또, 상황에 불박여 있다는 말은 동일한 설명이나 이론, 기능도 어떤 맥락에 동원되느냐에 따라 그것이 발현되는 양상이나 역할이 달라질 수밖에 없다는 것을 뜻한다. 이것은 마치 물리학자가 수학을 사용하는 방식과 공학자가 수학을 사용하는 방식이 서로 다를 수밖에 없다(Brown *et al.*, 1989)는 사실을 떠올리면 어렵지 않게 이해할 수 있다.

따라서 일부 상황 학습 이론가들은 의미 있는 학습이 일어나기 위해서는 참된(authentic) 상황으로 학습 환경이 조성해야 한다고 주장한다. 이때 참된 상황이란 실제 생활 세계와 유사한 맥락에서 학생들이 복잡하고 비구조화 되었으며 다양한 해답이 있을 수 있는 문제를 경험하도록 하는 것을 의미한다(Cho & Shon, 2015; Zheng, 2010). 보다 구체적으로, 상황 학습을 옹호하는 이들은, 한계가 있음에도 불구하고(Cho & Shon, 2015), 학생들이 일상생활에서 접하는 실제적인 문제(real world problem)나 실생활의 맥락(real life context)을 토대로 수업을 구성하곤 한다. 예컨대, 과학 교육 분야에서는 상황 학습의 관점에서 과학이 관련된 사회적 쟁점들(socio-scientific issues)을 교실 공동체를 위한 실행의 맥락으로 활용하기도 하였다(Sadler, 2009).

셋째, 상황 학습 이론에 따르면, 지식과 실행은 불가분의 관계에 있다. 이와 관련하여 Brown *et al.*(1989)은 전통적인 학습 이론들은 대개 앎과 행함을 서로 분리하여 다루어 왔다고 지적하였다. 즉, 전통적인 학교 수업은 대개 잘 정의된 추상적인 개념들을 학생들에게 전달하고, 이를 교과서의 예제나 전형적인 사례를 통해 살펴보도록 하는 방식으로 이루어졌다. 그 결과 학생들은 개념의 정의나 문제 풀이 방식을 암기하고 있을 뿐, 그것을 사용하여 보다 실제적인 문제를 해결하지 못하는 경우가 적지 않았다. 그런데 Cho & Shon(2015)에 따르면, 이러한 관점은 몸과 마음, 행위자와 상황, 지식과 경험 등을 분리해서 사고하는 오랜 이원론적인 패러다임에 기인한 것이다. 이와는 달리, “상황주의 관점에서 지식은 결코 고정되어 존재하는 내면화의 대상이 아닌, 실천·실행의 과정에서 주체와 대상 간의 상호작용에

서 생성되는 가변적인 존재'(p. 203)이다. 따라서 과학 개념을 비롯한 지식은 실행의 맥락에 통합되어 그것이 사용되는 구체적인 상황에 따라 의미를 부여받고 실행과 함께 학습된다. Zheng(2010)은 상황 학습의 이러한 특징을 지식과 실행이 혼합되어(blended) 있는 것이라고 표현하기도 하였다. 또, 이러한 특징은 과학적 실행에는 지식과 기능이 결합되어 있다는 NGSS의 견해와도 맥이 통하는 것이라 할 수 있다(NGSS Lead States, 2013).

그런데 상황 학습 이론이 기존 학습 이론들과 차별되는 새로운 관점으로 주목을 받는 동안에도 이들 이론이 과학 교육, 특히 과학 개념 학습의 측면에 미친 영향은 크지 않았다. 그 까닭 중의 하나는 상황 학습 이론에서 다루는 실행이 과학적인 실행보다는 일상생활의 맥락에서 이루어지는 실행인 경우가 많았고, 이들 이론에서 다루는 개념 또한 '힘', '가속도'와 같이 우리가 흔히 과학 개념이라고 부르는 것과는 달랐기 때문이라고 할 수 있다(Greeno, 2012). 그럼에도 불구하고 상황 학습 이론의 관점은 과학적 실행을 강조하는 새로운 과학 교육 개혁의 흐름에 비추어 볼 때 개념 학습에 관한 중요한 시사점을 내포하고 있다. 다음에서는 이에 대해 집중적으로 살펴보기로 한다.

III. 상황 학습 이론과 개념 학습

상황 학습 이론과 개념 학습의 관계에 대해서는 Greeno 및 그의 동료들(Greeno, 1995, 1997, 2006, 2012; Greeno & Engeström, 2014; Greeno *et al.*, 1998; Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008)이 심도 있게 논의하였다. 특히 Hall & Greeno(2008)는 상황 학습의 관점에서 개념 학습의 특징과 시사점을 3가지로 정리하여 제시한 바 있다. 이들의 견해를 중심으로 상황 학습의 관점에서 개념 학습을 어떻게 이해할 수 있는지 살펴보기로 한다.

첫째, 개념은 실행에 참여하는 과정을 통해 학습된다(Brown *et al.*, 1989; Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 공동체의 실행은 단순히 행동의 절차나 기능을 의미하진 않는다. 공동체의 실행에는 “의사소통, 이해, 추리, 문제 해결, 의사 결정, 그리고 이들 활동에 대한 참여의 분배”(Greeno & van de Sande, 2007, p. 12) 등과 같은 다채로운 활동이 포함되고, 그 속에는 정보를 조직하는 방법, 개념을 제시하고 토론하는 방법, 개념들 간의 관계를 바탕으로 추론하는 방법, 대안적인 개념을 평가하는 방법, 구성원들이 개념을 알고 이해할 수 있도록 하는 방법들이 때로는 명시적으로 때로는 암묵적으로 내재되어 있다. 바꾸어 말하여, 개념은 실행의 내용(content)의 일부로서, 활동의 목표와 계획을 설정하고 활동을 조정하며 새로운 참여자들에게 공동체의 기능을 설명하고 서로 의사소통 하는 등 공동체의 실행을 조직하고 수행하는 데 중요한 역할을 한다. 따라서 개념은 그것을 사용하는 실행을 통해 가장 잘 이해될 수 있다(Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 예컨대, Hall & Greeno(2008)에 따르면, ‘증거’와 ‘설명’의 개념을 잘 아는 것은 주의 깊고 정확하게 실험을 수행하여 결과를 정직하게 보고하는 것과 같은 과학적 실행의 동일한 한 측면이다.

위와 같은 관점에서 Brown *et al.*(1989)은 개념적 지식은 학습의 대상이기보다 학습을 위한 “도구(tools)”(p. 33)와 유사하다고 하였다. 또, Hall & Greeno(2008)는 개념은 실행을 위한 “자원(resources)”(p. 216)으로 기능하며 그렇게 이해되어야 한다고 주장하였다. 이 같은

견해는 개념을 단순히 개인이 획득해야 할 대상으로 보는 기존의 입장과 차이가 있다. 앞서 언급한 바와 같이, 전통적인 학습 이론들은 개념을 얻는 상황과 개념을 사용하는 상황을 서로 분리하고, 학습에서 개념의 내면화 과정을 강조하여 왔다. 반면, 상황 학습 이론에 따르면, 진정한 개념 학습은 개념을 사용하는 실행의 맥락에서, 실행을 통해 이루어져야 한다. 이를 이해하기 위해서는 먼저 실행이 “상황적 각적이고 변주적인 성격이 강하다”(Cho & Shon, 2015, p. 210)는 것을 이해할 필요가 있다. 즉, 실행의 과정에서 참여자는 매 상황을 새롭게 지각하고 자신의 지식과 기술을 조율하여 다음 활동을 결정하게 되는데, 이때 개념은 다음에 어떻게 행동해야 하는지 추론하고 대응하는 데 사용되는 “자원”(p. 221)이 된다. 이 점에서 보면, 현실 세계와 유사한 상황을 미리 설계하여 학생들로 하여금 개념을 적용해 보게 하거나 형식 논리를 근거로 구조화된 절차를 따라 실생활의 문제를 해결하게 하는 시도는 여전히 학습을 지식의 내면화 과정으로 보고 실제 상황을 학습을 위한 환경적 조건이나 수단으로 보는 이론론적인 시각에 머물러 있다는 제한점이 있다(Cho & Shon, 2015). 이와는 달리 상황 학습의 관점에서는 학생들이 상황-의존적인 행위에 따라 역동적으로 변화하는 실행에 지속적으로 참여하면서 개념을 자원으로 활용하고 이를 통해 개념을 학습할 수 있도록 해야 한다(Cho & Shon, 2015; Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008).

둘째, 개념은 그것이 이용되는 매 순간 새롭게 창조되고 개념을 사용하는 활동들과 함께 계속 발전한다(Brown *et al.*, 1989; Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 개념을 사용한다는 것은 일차적으로 그 개념을 발전시켜 온 공동체의 문화를 받아들이고, 구성원들이 사회적으로 공유하고 있는 규칙적인 행동 패턴에 따라 실행에 참여하며, 해당 공동체의 시각으로 세계를 이해한다는 것을 의미한다(Brown *et al.*, 1989). 하지만 공동체의 실행은 정해진 규칙과 요령을 그대로 따르는 것에 국한되지 않는다. 오히려 실행은 상황적으로 다르게 구현되면서 계속 변화하고, 실행이 이루어지는 상황조차도 실행과 통합된 일부로서 부단히 재생산된다. 실행에 자원으로 동원되는 개념 역시 가변적인 존재로서 그 의미가 활동의 과정에서 끊임없이 재구성된다(Cho & Shon, 2015; Lave & Wenger, 1991). 따라서 유능한 구성원이라면 기존의 개념을 새롭게 창조하여 실행을 더욱 발전시키는 데 기여할 수 있어야 한다.

Greeno와 동료들(Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008)은 이러한 학습자의 역할을 Pickering(1995)의 아이디어를 빌어 ‘개념적 행위 주체성(conceptual agency)’이라는 용어로 설명하였다. 개념적 행위 주체성을 가지고 행동한다는 것은 “영역의 개념, 방법, 정보를 조정되고 평가되고 의심되고 수정될 수 있는 자원으로 다루는 것”(Greeno, 2006, p. 539)을 의미한다. 보다 구체적으로, 개념적 행위 주체성을 발현하는 참여자는 “대안적인 ... 개념들을 선택하고 변화시키며 그들의 적절성, 유용성, 관련성, 의미에 관하여 비판적으로 판단”(Greeno & van de Sande, 2007, p. 12) 할 수 있다. 또, 개념적 행위 주체성이 증대할수록 더욱 가치 있고 타당한 대안을 만들고 선택하여 풍부한 이해와 혁신이 가능하게 된다(Greeno & van de Sande, 2007). 예를 들어, Scott *et al.*(2007)의 고찰에 따르면, 일상적인 연산(arithmetic)에 능한 주체들은 상황에 따라 문제에 대한 접근 방식을 달리하면서 겉으로는 동일해 보이는 문제들을 서로 다른 전략을 통해

해결하곤 한다.

이와 같이 상황 학습의 관점에서 개념 학습 과정은 참여자의 개념적 행위 주체성의 발현을 포함한다. 이 과정은 학습자가 개념에 대한 이해를 높이는 과정일 뿐만 아니라, 개념을 자원으로 활용하는 주체에 의해 새로운 의미가 창출됨으로써 개념이 계속 진화하는 과정이라고 할 수 있다(Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 또, 이러한 관점에서 개념 학습은 학습자를 개념적 행위 주체(conceptual agent)로 자리매김하고, 다양한 개념적 변이(variations)의 생산과 더 나은 대안의 선택을 지원하여 개념의 발달을 촉진하는 방식으로 이루어져야 한다(Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 예를 들어, Greeno & van de Sande(2007)는 개념적 성장의 기회를 제공하는 상호작용의 특징으로 ‘문제 삼기(problematizing)’와 ‘해결하기(resolving)’ 전략을 제안하였다. 이때 문제 삼기는 기존 개념을 의문시하거나 그 적법성에 도전하는 상황에서 발생하며, 해결하기는 문제 삼기를 통해 제안된 대안들을 협의하는 과정에서 이루어진다. 즉, 문제 삼기와 해결하기는 학습자가 개념적 주체성의 발현을 통해 개념의 변화와 발달을 꾀하는 과정과 궤를 같이 한다는 것을 쉽게 알 수 있다.

셋째, 개념은 공동체 사이를 오가며 서로 다른 실행에 적응한다(Hall & Greeno, 2008). 이것은 교육 분야의 오랜 쟁점 중의 하나인 학습의 전이(transfer)와 관련된 것으로, 상황 학습 이론의 관점에서 개념은 한 공동체의 실행의 변화를 따라 진화할 뿐만 아니라 공동체 간의 차용(borrowing)과 적응(adaptation)을 통해서도 발전한다. 즉, 새로운 공동체의 목표와 환경, 실행 방식에 맞추어 개념을 변화시키는 과정을 통해 개념의 의미가 확장되거나 달라지고, 이렇게 함으로써 이미 학습된 개념의 전이가 가능해진다(Hall & Greeno, 2008). 이러한 견해는 지식을 고정된 내용이나 구조로 파악하고 특정 단계마다 전이의 정도를 측정해 낼 수 있다고 하는 전통적인 입장과 차이가 있다(Greeno, 1997; Zheng, 2010). 상황 학습 이론에서는 지식의 전이를 참여자가 공동체 내의 인적·물적 시스템과 상호작용하는 역동적인 과정으로 보고, 참여자가 시스템의 제한점과 가능성에 조율 또는 적응(attunement or adaptation to constraints and affordances)하여 어떻게 지식을 재창출하는가에 관심을 갖는다(Greeno, 1997; Greeno & MMAP, 1998; Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 또, 이 점에서 ‘지식의 전이’라는 쟁점은 ‘지식의 보편성(generality of knowledge)’에 관한 문제로 불리는 것이 더 적절하다고 지적하기도 한다(Greeno, 1997).

위와 같은 관점에 따르면, 개념의 전이는 앞서 언급한 개념적 행위 주체성과 밀접히 관련된다. 왜냐하면 개념을 새로운 실행에 맞추어 조율하고 발전시키는 것은 개념적 행위 주체성을 가진 학습자의 중요한 역량이기 때문이다. 이와 관련하여 Hall & Greeno(2008)는 대부분의 학교 수업의 즉각적인 목표는 학생들이 학습한 것을 시험이나 단순한 과제를 통해 나타내 보이는 것이라고 지적한다. 그 결과 개념의 이해와 사용은 수업이라는 좁은 맥락에서만 이루어져 왔고, 전형적인 수업과 차별화된 활동에 참여하는 동안 개념을 사용하고 발전시키는 기회는 매우 제한적이었다. 이와는 달리 상황 학습 이론에서는 다양한 맥락에서 개념을 사용하여 실행할 기회를 제공하도록 강조한다. 예컨대, 앞서 언급한 문제 삼기와 해결하기 전략과 같이, 전통적인 방식으로 개념을 가르치기 위해 제시한 것과는 다른 성격의 질문이나

문제를 제공하고, 개념을 생산적으로 활용하여 이를 해결하는 활동을 꾸준히 진행할 필요가 있다(Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008).

그런데 개념의 전이를 위한 수업에서는 학생들이 새롭게 발전시킨 개념과 그에 동반된 실행이 학문적으로 잘 정립된 개념이나 학문 분야를 특징짓는 실행과 모순되지 않고 일관되도록 하는 것 또한 필요하다. 이와 관련하여, 개념을 유능하게 사용하는 정도에 따라 실행의 수준 또한 달라진다는 점에 주목할 필요가 있다. 예를 들어, 공동체의 구성원은 해당 공동체가 공유하고 있는 개념의 의미를 잘 알수록 다른 구성원들과의 담화에도 수월하게 참여하여 생산적인 결론에 이르는 데 기여할 수 있다(Greeno & van de Sande, 2007; Hall & Greeno, 2008). 즉, 개념을 잘 아는 것은 공동체의 실행에 완전 참여자가 되기 위한 매우 중요한 과정이다. 하지만 단순히 학생들에게 자연 현상에 대한 설명을 구성해보라고 요구한다고 해서 그들이 과학적으로 타당한 설명을 즉각적으로 만들어 낼 것이라고는 기대할 수 없다. 오히려 학생들이 과학자 공동체의 실행에 더욱 부합하는 방식으로 현상에 대한 설명을 구성하는 데에는 교사의 교수법적인 역할이 필수적일 것이다. 예컨대, 교사가 학생들이 과학적 실행에 필요한 개념, 즉 지원을 제공하고 이를 적절하게 사용할 수 있도록 안내하는 전략을 생각해 볼 수 있을 것이다(Oh, 2015).

결론적으로, 상황 학습 이론이 과학 개념 학습에 주는 시사점은 학생들이 과학적 실행에 참여하는 동안 과학 개념을 자원으로 활용하고 개념적 행위 주체성을 발휘하여 개념을 더욱 발전시킬 수 있어야 한다는 것으로 요약할 수 있다. 그렇다면 개념 학습에 대한 상황 학습의 관점을 바탕으로 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습이 어떤 방식으로 이루어질 수 있는지 보다 구체적으로 살펴볼 필요가 있다.

IV. 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습

지금까지 살펴 본 바와 같이, 상황 학습 이론의 관점에서 개념 학습은 개념을 사용하는 실행을 기반으로 이루어진다. 이 점에서 과학적 실행에 참여하여 과학을 학습하는 것을 강조하는 입장의 이론적 근거를 상황 학습 이론에서 찾고자 하는 시도에 의미가 있다고 할 수 있다. 그런데 다수의 학자들은 과학적 실행을 단순히 기능이나 과정, 전략들의 집합으로 보고 선형적으로 처방된 구조나 규칙을 따라 실행에 참여하도록 가르치는 것을 경계한다(Kawasaki & Sandoval, 2019, 2020; Manz et al., 2020; Oh, 2020). 이들은 과학 활동과 개념이 본질적으로 통합되어 있다는 점을 과학적 실행의 중요한 특징 중의 하나로 꼽기도 하는데, 이 점 또한 상황 학습의 관점과 맥을 같이 하는 것이라 할 수 있다. 하지만 과학적 실행 기반의 과학 교육에서는 실생활의 문제나 실생활의 맥락으로 학습 환경을 구성하는 것만을 고집하지 않고, 과학의 본래적인 인식적 목적, 즉 현상을 이해하는 데 필요한 과학자들의 실행을 학생들이 직접 수행하는 경험을 강조한다. 즉, 과학적 실행 기반의 과학 교육은 학생들로 하여금 과학자 공동체와 동일한 종류의 실행에 참여하게 한다는 점에서 참된 맥락에 토대하고 있다(Roth, 1995)고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 과학적 실행 지향의 움직임이 과학 교육 분야에서 오랫동안 강조해 온 과학 개념 학습과 상충되지 않고 수월히 학교 현장에 적용되기 위해서는 다음과 같

은 질문들을 상정해 볼 필요가 있다. 첫째, 과학적 실행 중심의 수업에서는 과학 개념을 자원으로 활용하는가? 둘째, 과학 개념을 자원으로 활용하는 동안 학생들은 과학적 실행에 더 잘 참여하는가? 셋째, 과학적 실행 기반의 수업은 과학 개념 학습을 촉진하는가? 이들 질문에 답하는 것은 과학적 실행을 강조하는 현 시기에 상황 학습 이론을 토대로 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습의 가능성을 점검하는 데 중요한 일이 될 것이다.

먼저, 과학의 본성, 과학사, 과학 학습 이론, 그리고 최근 NGSS에 이르기까지의 과학교육사 등 과학 및 과학 교육의 여러 측면에서 과학 개념 학습을 위한 교수 전략들을 고찰한 Konicek-Moran & Keeley(2015)은 개념을 사고의 근본 구성 요소(fundamental building blocks of thought)로 보고, 개념을 이해한다는 것의 의미를 다섯 가지로 제시하였다. 그들에 따르면, 개념을 이해한다는 것은 개념을 이용하여 사고한다는 것이며, 개념을 처음 학습한 것과 다른 맥락에서 사용할 수 있음을 뜻한다. 또, 개념을 이해하는 학생은 개념을 자신만의 언어로 표현할 수 있고, 개념을 대신하는 은유와 비유를 찾을 수 있으며, 개념에 상응하는 정신적 또는 물질적 모델을 만들 수 있다. 이들과 마찬가지로, NGSS로 대표되는 최근의 과학 교육 개혁의 흐름에서는 과학 개념을 사고의 도구로 활용하는 것을 강조한다(Nordine & Lee, 2021; Schwarz *et al.*, 2017). 하지만 과학적 실행 기반의 과학 교육에서 개념의 이해는 학습의 결과일 뿐만 아니라, 과학적 실행에 참여하는 중에 실행과 함께 발생하고, 따라서 과학 학습 과정의 통합된 일부라는 점에서 차이가 있다. 즉, 첫 번째 질문이 묻고 있는 것처럼, 과학적 실행 중심의 수업에서는 현상의 이해라는 인식적 목적을 성취하기 위해 과학 개념을 자원으로 활용하는 것을 강조한다. 이러한 접근은 실험실습 활동을 개념을 증명하는 수단으로만 다루었거나 활동의 과정과 내용을 분리하여 가르쳤던 기존의 방식과 구별된다(Manz *et al.*, 2020). 예를 들어, Passmore *et al.*(2017)은 물의 증발에 관한 5학년 학생들의 모델링 기반 수업에서 교사는 물질이 작은 입자로 구성되어 있다는 과학적인 아이디어를 이해하는 것을 학습 목표의 하나로 염두에 둘 수 있다고 하였다. 하지만 이는 학생들이 단순히 입자에 관해 아는 것을 의미하는 것이 아니라, 모델링이라는 과학적 실행에 참여하는 동안 입자 개념을 가지고 사고하여 물의 증발을 비롯한 자연 세계의 다양한 현상을 설명하는 것을 의미한다고 강조하였다. 또, Cheng & Brown(2010)은 학생들이 자석과 관련된 현상에 대한 설명적 모델을 구성하는 동안 언어적-상징적 지식(verbal-symbolic knowledge)과 직관적 지식(intuitive knowledge)을 모두 개념적 자원으로 사용한다는 사실을 발견하였다. 특히 이들은 어느 한 종류의 지식에만 의존하여서는 세련된 모델을 구성할 수 없다고 하면서, 과학 수업은 학생들이 과학 개념에 해당하는 언어적-상징적 지식을 그들의 직관적 개념과 연계하여 함께 자원으로 이용하는 활동을 통해 현상을 이해하도록 돕는 것이어야 한다고 역설하였다.

그런데 과학적 실행의 맥락에서 개념을 자원으로 활용한다는 것은 잘 알려진 과학 개념을 새로운 상황에 적용하여 과제를 완성하는 데에 국한되지 않는다. 과학적 실행을 중심으로 한 수업에서 자원으로써 과학 개념의 활용은 이에 더 나아가 개념의 변화와 발달을 수반한다. 예를 들어, Manz *et al.*(2020)이 인용한 Varelas *et al.*(2007)의 연구에서는 1-2학년 학생들이 고체, 액체, 기체의 개념을 자원으로 활용하여 미지의 물질을 구별하는 사례를 보여주고 있다. 이때 학생

들은 물질의 거시적인 특성을 토대로 한 고체, 액체, 기체의 정의를 자원으로 사용하여 일상에서 쉽게 접할 수 있는 여러 가지 물질의 상태를 결정하였다. 하지만 학생들은 거시적인 특성만으로는 그 상태를 판단하기 어려운 물질을 접하면서 기존 개념에 대해 의문을 품기 시작하였고, 서로 간의 토론과 협의를 통해 물질의 상태에 관한 자신들의 이해를 발전시켰다. 예컨대, 한 학생이 실(yarn)을 끈끈한 끈을 움직일 수 있다는 이유로 액체라고 분류하였지만, 이러한 주장은 물질의 상태를 판단할 때는 가만히 두었을 때의 움직임을 준거로 해야 한다는 반박을 받게 되었고, 결과적으로 학생들은 고체, 액체, 기체의 여부는 외부의 영향을 받지 않은 상황에서 판단해야 한다는 것으로 물질의 상태에 관한 자신들의 개념을 정교화 할 수 있었다. 즉, 이 사례는 물질의 세 가지 상태에 대한 과학 개념이 미지의 물질을 분류하는 과학적 실행에서 자원으로 사용되었고, 그 과정을 통해 더욱 발전되어 학생들에게 학습된다는 것을 보여주고 있다. 이와 같이 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념 학습은 자원으로써 개념의 활용을 통한 개념의 변화와 발달을 함께 포함하는 과정이라고 할 수 있다.

다음으로, ‘과학 개념을 자원으로 활용함으로써 과학적 실행에 더 잘 참여하는가?’라는 물음에 답하기 위해서는 과학적 실행의 본질적인 특징을 이해할 필요가 있다. 과학적 실행은 단순히 정해진 절차를 그대로 이행하거나 탈맥락적인 기능을 반복해서 수행하는 것을 뜻하지 않는다(Kawasaki & Sandoval, 2019, 2020; Manz *et al.*, 2020; Oh, 2020). 이와는 달리 과학적 실행은 현상의 이해를 이루기 위해 동원되는 여러 가지 활동들의 총체로서(Chang, 2011, 2012, 2014), 참여자가 실행에 영향을 미치는 다양한 요인들과 상호작용하는 양상에 따라 매우 다채로운 방식으로 수행될 수 있다. 따라서 과학적 실행을 이해하고자 할 때에는 실행의 형식(form)보다는 상황에 따라 다르게 발현되는 기능(function)에 초점을 맞추어야 한다(Manz, 2015). 또, 과학적 실행이 상황에 적합한 기능을 실현하여 인식적 목적을 달성하는 데 기여하기 위해서는 그에 따라 요구되는 과학 지식이 있다는 사실에도 주의를 기울일 필요가 있다. 이미 다수의 연구자들은 흔히 단순한 기능으로만 여겨지는 관찰도 학문적인 개념이 복잡한 방식으로 통합된 과학적 실행의 하나이며, 그렇기 때문에 과학자들과는 달리 학생들은, 예를 들어, 새나 식물, 암석과 같은 자연물을 관찰하고 구별하는 데에도 어려움을 겪거나 과제와 무관한 피상적인 특징들에 주목하곤 한다고 지적하고 있다(Barth-Cohen & Braden, in press; Eberbach & Crowley, 2009; Ford, 2005; Oh, 2020; Remmen & Frøyland, 2020; Trumbull *et al.*, 2005).

위와 같이 과학적 실행을 수월하게 실천할 수 있다는 것은 실행에 적합한 개념을 능숙히 사용할 수 있음을 의미한다. 따라서 학생들도 과학 개념을 자원으로 활용하게 되면 과학적 실행에 더 참여할 것이라고 어렵지 않게 예상할 수 있다. 실제로, Frøyland *et al.*(2006)은 암석의 줄무늬, 지층의 층서와 같이 지질학적으로 중요한 패턴과 이들에 연계된 암석의 형성 과정에 관한 이론을 ‘관찰과 해석의 도구(Tool of Observation and Interpretation)’, 즉 자원으로 활용하는 학생들이 단순히 자신이 기억하는 암석의 이름이나 특정한 지질학 용어에 대응하는 암석을 찾아내려는 학생들에 비해 암석 표본을 과학적으로 타당하게 분류하였음을 보여주었다. 또, Manz(2012)의 연구는 모델링을 통해 어떻게 식물들이 학교의 뒷뜰까지 와서 자라게 되었고, 왜 서로 다른 장소에 서로 다른 식물이 자라는지에 관한 물음에 답하

는 3학년 학생들의 사례를 소개하였다. 처음에 학생들은 저마다 뒤뜰의 생태계에 관한 모델을 구성하는 데 유용하게 쓰일 수 있는 다양한 아이디어를 제시하였지만 그것을 공유된 모델로 만드는 데까지 발전시키지 못하였다. 하지만 식물의 한살이 과정을 담은 책들을 읽고 난 후에는 씨가 퍼지는 방법 등 책 속의 정보를 자원으로 활용하여 주어진 질문에 답하기 위한 모델링 활동을 활발하게 전개하였고, 결과적으로 식물의 성장과 번식에 대해 더 많은 개념을 이해할 수 있게 되었다. 특히 Manz는 이 사례를 통해 과학적 실행과 과학 개념이 상호적으로 영향을 미치면서 함께 발달한다는 점을 강조하였다.

이들의 연구와는 조금 다르게, 문제 해결에 필요한 과학 개념을 자원으로 제공받지 못하여 과학적 실행이 제한된 경우를 보고한 연구들도 있다. 한 예로, Engle & Conant(2002)는 주제에 관련된 논쟁적인 담화를 학문적인 참여의 한 사례로 보고, 생산적인 학문적 참여를 촉진하는 학습 환경의 조건 중 하나로 적절한 자원의 제공을 지목하였다. 이때 Engle & Conant가 말하는 자원에는 깊이 있는 문제 탐색을 위한 충분한 시간, 토론 방법, 행동 규범 등 다양한 종류의 것들이 포함되며, 과학 개념과 같은 지식과 정보 역시 자원에 해당한다. 그런데 Engle & Conant가 기술하고 있는 한 사례에 의하면, 생물 분류 과제를 수행하고 있는 5학년 학생들이 더 많은 과학적인 정보를 자원으로 얻을수록 정보들 간에 상충되는 점을 발견하였고, 이것이 학생들 간에 더욱 활발한 논쟁을 불러 일으켰다고 한다. 즉, 학생들이 과학 개념을 자원으로 활용하면서 학문적인 담화에 더욱 생산적으로 임하게 되었다는 것이다. 하지만 이와는 반대로 학생들은 종(species), 속(genus), 과(family), 목(order)과 같은 생물학적인 분류 체계에 관한 과학적인 개념이 부족했기 때문에 논쟁거리가 된 문제를 해결하지 못하는 제한점을 드러내기도 하였다. 즉, 학생들은 자원으로 과학 개념이 결여되었을 때에는 원하는 실행을 수행하지 못하였다. 다시 말해, 적합한 과학 개념이 자원으로 제공되고 그것이 적절하게 활용되었다면 학생들이 과학적 실행을 지속적이고 수월하게 진행할 수 있었을 것이라는 시사점을 얻을 수 있다.

마지막으로, ‘과학적 실행 기반의 수업이 과학 개념 학습을 촉진하는가?’라는 물음은, 과학적 실행과 개념 학습이 서로 통합되어 있다는 점을 고려할 때, ‘과학 개념을 자원으로 활용함으로써 과학적 실행에 더 잘 참여하는가?’라는 두 번째 물음과 동전의 양면과 같다고 할 수 있다. 즉, 과학 개념의 활용이 과학적 실행에 더 잘 참여하도록 돕는 것과 마찬가지로, 과학적 실행은 과학 개념 학습을 유도하고 더욱 발전시킨다(Manz, 2012, 2015). 이와 관련해서는 과학적 실행에는 항상 이론과 실제 간의 모순(discrepancy)이나 불확실성(uncertainty), 모호함(ambiguity) 등이 따르기 마련이며 이러한 속성이 개념적인 혁신의 근원이 된다는 주장(Bateman et al., in press; Chen, 2022; Chen & Qiao, 2020; Manz, 2015; Manz et al., 2020)에 주목할 필요가 있다. 앞서 예로 든 Varelas et al.(2007)의 연구에서와 같이 개념은 항상 실행 과정에서 현실과 잘 어울리지만은 않는다. 따라서 실행에 참여하는 동안 개념을 자원으로 활용하면서 기존 개념을 비판적으로 검토하고 개선하여 실행의 어려움을 극복하고 실행을 지속시켜 나갈 필요가 있다. 실제로, Chen & Qiao(2020)의 연구는 논쟁 활동에 참여하는 교사와 학생들이 인식적 불확실성(epistemic uncertainty)을 인지하고 이를 해소하기 위해 비판적이고 건설적인 논의를 실행할 때 자신의 선개념과 과학 개념을 통합하여 새로운 지식

을 구성하는 것을 실증적으로 보여주었다. 이 같은 사례는 또한 과학적 실행에 수반된 모순이나 불확실성, 모호함 등이 개념적 행위 주체성이 발현될 수 있는 계기가 된다는 것을 증거하는 사례라고 할 수 있다. 또, 개념적 행위 주체성의 관점에서 볼 때 과학적 실행 속에서 이루어지는 개념 학습은 단번에 과학 개념을 올바르게 이해하는 것을 목표로 하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 다시 말해, 과학적 실행에 수반된 과학 개념 학습은 개념을 활용하고 비판적으로 사고하여 개념을 더욱 발전시키는 반복적이고 지속적인 과정을 의미하며(Manz et al., 2020), 과학적 실행은 개념적 행위 주체성의 발현을 유도함으로써 과학 개념 학습을 촉진한다고 할 수 있다.

그렇다면 과학적 실행을 통해 학생들은 과학 개념과 관련하여 무엇을 배우게 될까? 이와 관련하여 Oh(in press)의 최근 연구는 한 가지 답을 제시하고 있다. 그의 연구에서는 예비 초등 교사 교육을 받고 있는 한 학생이 서로 다른 세 가지 암석의 형성 과정을 추론하는 지구 과학적 실행 중심의 프로젝트에 참여하였다. 그 학생은 자신의 추론을 위해 일상적인 지식(everyday knowledge), 개인적으로 내면화한 학문적 지식(personally internalized disciplinary knowledge), 외부적으로 검색한 과학 지식(externally retrieved scientific knowledge)이라는 세 종류의 지식을 자원으로 활용하였으며, 여러 단계의 사고를 거쳐 각각의 암석을 형성한 지질학적 과정을 일부 성공적으로 추론해 내었다. 또, 이 과정에서 과제와 관련된 과학 지식의 유용성과 가치를 새롭게 학습하게 되었으며, 구체적인 대상물을 접함으로써 기존 개념을 정교화 하였고, 자신이 가지고 있는 개념의 한계와 새로운 지식을 학습할 필요성을 깨닫게 되었다. 한 예로, 학생은 물리적 풍화를 우세하게 받은 암석과 화학적 풍화를 우세하게 받은 암석의 걸모습이 서로 다르다는 것을 발견하고 암석의 풍화에 관한 자신의 개념을 향상시킬 수 있었다. 즉, 이러한 사례를 통해 과학적 실행은 단순히 관련 개념을 자원으로 이용하는 데 그치는 것이 아니라, 개념적 행위 주체성의 발현을 통한 과학 개념 발달을 수반하는 연속적인 과정이라는 점을 다시 한 번 확인할 수 있다.

V. 맺으며

지금까지 본고에서는 과학적 탐구를 강조하는 기존의 주장들이 과학 개념 학습과 관련하여 직면하였던 난점을 해소하고 과학적 실행 기반의 과학 교육을 위한 한 가지 이론적 근거를 제시하기 위한 목적에서 상황 학습 이론과 과학적 실행 기반의 과학 교육에 관한 문헌들에 대한 고찰을 실시하고 이를 바탕으로 과학적 실행 중심의 수업에서 과학 개념 학습의 가능성을 살펴보았다. 그 결과, 상황 학습 이론이 과학적 실행을 강조하는 최근의 과학 교육 개혁의 흐름과 관련이 깊으며, 상황 학습의 관점에서 개념 학습은 학습자가 개념을 자원으로 활용하며 실행에 참여하는 동안 개념적 행위 주체성을 발현하여 개념을 지속적으로 발전시키는 과정을 통해 이루어진다는 것을 알 수 있었다. 또, 이러한 상황 학습 이론과 개념적 행위 주체성의 아이디어는 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념을 학습하는 데에도 적용된다는 것을 확인하였다. 즉, 과학적 실행 중심의 과학 수업에서는 과학 개념이 자원으로 활용되며, 과학 개념을 자원으로 활용하는 동안 학생들은 과학적 실행에 더 잘 참여할 뿐만 아니라, 개념적 행위 주체성의 발현을 통해 개념 학습을 더욱 촉진할 수 있다. 이상과 같은 내용이

보다 넓은 시각에서 학교 과학 교육에 시사하는 점을 정리하면 다음과 같다.

첫째, 개념은 실행 기반의 과학 학습을 위한 자원이라는 관점의 전환이 필요하다. 그동안 과학 교육 분야에서는 지식을 암기의 대상, 시험 상황에서 기억해 내야 할 대상으로 다루는 것에 대한 비판이 많이 있어 왔다. 이와 다르게 실험실습 활동 등 학생의 경험을 강조하는 과학 수업을 주창하는 경우도 많았지만, 과학 개념 학습에 대한 전통적인 입장과 차별되는 대안적인 이론적 관점을 제시하는 경우는 많지 않았다. 이에 비해, 상황 학습의 관점과 연계된 과학적 실행 기반의 수업에서는 개념을 비롯한 과학 지식을 현상의 이해라는 인식적 목적을 추구하기 위한 자원으로 파악한다. 따라서 학생들이 과학적 실행에 참여하는 경험을 통해 과학 개념을 배우기 위해서는 학생들이 현상을 이해하기 위한 실행을 수행하는 동안 그들에게 필요한 개념을 자원으로서 제공하는 것이 교사의 역할이라는 새로운 인식이 뒤따라야 한다. 이와 더불어, 학문 분야의 개념뿐만 아니라 학생이 가지고 있는 개념도 자원이 될 수 있다는 점을 이해해야 한다(Oh, 2015, in press). 이는 단순히 학생의 오개념을 과학적인 개념으로 대체시키는 것으로는 충분하지 않다는 것을 의미한다. 오히려 학생이 이미 가지고 있는 개념적 자원들을 이끌어내고, 이들의 변형과 조합, 개선을 통해 현상을 이해하는 활동으로까지 발전시킬 필요가 있다. 이를 위해서는 학생의 개념을 학문 분야에 특징적인 이해와 사고방식에 부합하는 방식으로 활용할 수 있도록 안내하는 교사의 역할 또한 중요한 것이다.

둘째, 과학 개념 학습을 학문적으로 잘 정립된 개념을 학생들이 단번에 올바르게 이해하게 되는 과정이라고 보는 시각에서도 벗어나야 한다. 일찍이 Bereiter *et al.*(1997)은 과학을 진리를 향해 가는 웅장한 행군이 아니라 기존의 지식을 개선해 나가는 끊임없는 노력으로 묘사하면서, 과학의 진보가 지식의 개선에 있음을 타당하게 지적하였다. 또, 이 같은 원리가 학교의 과학 수업에도 동일하게 적용된다고 주장하였다. 즉, 학생들이 현상을 설명하는 것을 목표로 진보적인 담화에 참여한다면 이는 곧 학생들이 ‘과학을 하고 있다(doing science)’고 말할 수 있다는 것이다. 이러한 견해는, 본 논문에서 고찰한 바와 같이, 개념 학습을 개념의 지속적인 개선을 추구하는 과정으로 보는 상황 학습의 관점과 맥을 같이 한다. 따라서 과학 교사는 보다 장기적이고 교육적인 안목을 가지고 학생들이 개념을 과학적 실행을 위한 자원으로 활용하는 동안 개념적 행위 주체성을 발휘하여 기존의 개념을 더욱 발전시킬 수 있도록 조력해야 한다.

셋째, 위와 같이 과학적 실행에 초점을 맞춘 새로운 과학 교육 개혁의 흐름은 학교 과학 수업 방법에 변화를 요구하고 있다. 과학적 실행에 관한 초기의 연구는 논변 활동이나 모델링과 같은 각각의 실행 유형에 관한 연구로 진행되었지만, 보다 최근에는 스토리라인 작성이나 프로젝트 기반 학습과 같은 구체적인 교수·학습 전략들이 제안되고 적용되고 있다(예: Miller & Krajcik, 2019; Nordine *et al.*, 2019). 하지만 이러한 활발한 연구의 흐름 속에서도 과학 교육의 오래되고 중요한 쟁점인 과학 개념 학습에 대한 심층적인 논의는 부족한 편이다. 이 점에서 본 연구는 과학적 실행 중심의 수업에서도 과학 개념 학습이 이루어질 수 있으며 그것은 개념적 행위 주체성이라는 새로운 개념과 연관된다는 점을 밝힘으로써 과학 개념 학습에 대한 논의의 계기를 제공하였다는 점에서 의의가 있다. 따라서 앞으로의 연구에서

는 각급 학교에서 과학적 실행을 중심으로 하는 수업을 진행하고, 그 과정과 효과를 과학 개념 학습의 측면에서 면밀히 분석할 필요가 있다. 예컨대, 본 논문에서 제안한 개념적 행위 주체성은 학생들이 과학적 실행에 참여하는 동안 과학 개념을 자원으로서 어떻게 활용하여 현상의 이해라는 인식적 목적에 다가가는지 분석하는 유용한 연구의 도구가 될 수 있을 것이다. 또, 이러한 연구는 학생들이 개념적 행위 주체성을 출중하게 발현하게 하기 위하여 교사가 어떤 교수법적인 도움을 제공해야 하는지 판단하는 데에도 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

국문요약

본 연구에서는 상황 학습 이론과 실행 기반의 과학 교육에 관한 문헌들에 대한 고찰을 통해 과학적 실행 중심의 수업에서 과학 개념 학습의 가능성을 살펴보았다. 먼저, 상황 학습 이론이 학생들의 과학적 실행에의 참여를 강조하는 최근 과학 교육 개혁의 흐름과 관련이 깊으며, 상황 학습의 관점에서 개념 학습은 학습자가 개념을 자원으로 활용하며 실행에 참여하는 동안 개념적 행위 주체성을 발현하여 개념을 지속적으로 발전시키는 과정을 통해 이루어진다는 것을 알 수 있었다. 또, 이러한 상황 학습 이론은 과학적 실행 기반의 수업에서 과학 개념을 학습하는 데에도 적용된다는 것을 확인하였다. 즉, 과학적 실행 중심의 과학 수업에서는 과학 개념이 자원으로 활용되며, 과학 개념을 자원으로 활용하는 동안 학생들은 과학적 실행에 더 잘 참여할 수 있고, 과학적 실천에의 참여는 개념적 행위 주체성의 발현을 통해 개념 학습을 더욱 촉진할 수 있다. 이러한 고찰의 내용이 학교 과학 교육에 주는 시사점을 논의하였다.

주제어 : 과학적 실천, 과학 개념 학습, 상황 학습, 개념적 행위 주체성

References

- Abrahams, I., & Reiss, M. J. (2012). Practical work: Its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035-1055.
- Aleong, R. J., & Adams, R. (2020, June). A situative understanding of the NGSS science and engineering practices. Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference.
- Amseth, H. C. (2008). Activity theory and situated learning theory: Contrasting views of educational practice. *Pedagogy, Culture & Society*, 16(3), 289-302.
- Ausubel, D. P. (1978). *Educational psychology: A cognitive view* (2nd ed.). New York, NY: Holt, Rinehart & Winston.
- Barth-Cohen, L. A., & Braden, S. H. (in press). Unpacking the complexity in learning to observe in field geology. *Cognition and Instruction*.
- Bateman, K., Wilson, C. G., Williams, R., & Tikoff, B., & Shipley, T. F. (in press). Explicit instruction of scientific uncertainty in an undergraduate geoscience field-based course. *Science & Education*.
- Bereiter, C., Scardamalia, M., Cassels, C., & Hewitt, J. (1997). Postmodernism, knowledge building, and elementary science. *The Elementary School Journal*, 97(4), 329-340.
- Bliss, J. (1995). Piaget and after: The case of learning science. *Studies in Science Education*, 25, 139-172.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
- Chang, H. (2011). The philosophical grammar of scientific practice. *International Studies in the Philosophy of Science*, 25(3), 205-221.
- Chang, H. (2012). *Is water H₂O? Evidence, realism and pluralism*. New York, NY: Springer.
- Chang, H. (2014). Epistemic activities and systems of practice: Unit of analysis in philosophy of science after the practice turn. In L. Soler,

- S. Zwart, M. Lynch & V. Israel-Jost (Eds.), *Science after the practice turn in the philosophy, history, and social studies of science* (pp. 67-79). New York, NY: Routledge.
- Chen, Y.-C. (2022). Epistemic uncertainty and the support of productive struggle during scientific modeling for knowledge co-development. *Journal of Research in Science Teaching*, 59, 383-422.
- Chen, Y.-C., & Qiao, X. (2020). Using students' epistemic uncertainty as a pedagogical resource to develop knowledge in argumentation. *International Journal of Science Education*, 42(13), 2145-2180.
- Cheng, M.-F., & Brown, D. E. (2010). Conceptual resources in self-developed explanatory models: The importance of integrating conscious and intuitive knowledge. *International Journal of Science Education*, 32, 2367-2392.
- Cho, H., & Shon, M. (2015). When learning by practice could be situated learning: Exploring implications for contextual instructional design. *The Journal of Curriculum Studies*, 33(4), 201-226.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
- Eberbach, C., & Crowley, K. (2009). From everyday to scientific observation: How children learn to observe the biologist's world. *Review of Educational Research*, 79(1), 39-68.
- Engle, R. A., & Conant, F. R. (2002). Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: Explaining an emergent argument in a community of learners classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.
- Eylon, B.-S., & Linn, M. C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58(3), 251-301.
- Ford, D. J. (2005). The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89(2), 276-295.
- Froyland, M., Remmen, K. B., & Sörvik, G. O. (2016). Namedropping or understanding? Teaching to observe geologically. *Science Education*, 100(5), 923-951.
- Greeno, J. G. (1995). Understanding concepts in activity. In C. A. Weaver III, S. Mannes, & C. R. Feltcher (Eds.), *Discourse comprehension: Essays in honor of Walter Kintsch* (pp. 65-95). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Greeno, J. G. (1997). On claims that answer the wrong questions. *Educational Researcher*, 26(1), 5-17.
- Greeno, J. G. (2006). Authoritative, accountable positioning and connected, general knowing: Progressive themes in understanding transfer. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(4), 537-547.
- Greeno, J. G. (2012). Concepts in activities and discourses. *Mind, Culture, and Activity*, 19, 310-313.
- Greeno, J. G., & Engeström, Y. (2014). Learning in activity. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 128-147). New York, NY: Cambridge University Press.
- Greeno, J. G., & the Middle School Mathematics Through Applications Project Group (MMAP) (1998). The situativity of knowing, learning, and research. *American Psychologist*, 53(1), 5-26.
- Greeno, J. G., & van de Sande, C. (2007). Perspectival understanding of conceptions and conceptual growth in interaction. *Educational Psychologist*, 42(1), 9-23.
- Hall, R., & Greeno, J. G. (2008). Conceptual learning. In T. L. Good (Ed.), *21st century education: A reference handbook* (pp. 212-221). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Kawasaki, J., & Sandoval, W. A. (2019). The role of teacher framing in producing coherent NGSS-aligned teaching. *Journal of Science Teacher Education*, 30(8), 906-922.
- Kawasaki, J., & Sandoval, W. A. (2020). Examining teachers' classroom strategies to understand their goals for student learning around the science practices in the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 31(4), 384-400.
- Kim, M., & Tan, A.-L. (2011). Rethinking difficulties of teaching inquiry-based practical work: Stories from elementary pre-service teachers. *International Journal of Science Education*, 33(4), 465-486.
- Konicek-Moran, R., & Keeley, P. (2015). *Teaching for conceptual understanding in science*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Lave, J. (1991). Situating learning in communities of practice. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 63-82). Washington, DC: American Psychological Association.
- Lave, J. (1996). Teaching, as learning, in practice. *Mind, Culture, and Activity*, 3(3), 149-164.
- Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96, 1071-1105.
- Manz, E. (2015). Resistance and the development of scientific practice: Designing the mangle into science instruction. *Cognition and Instruction*, 33(2), 89-124.
- Manz, E., Lehrer, R., & Schauble, L. (2020). Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1148-1174.
- Metz, K. E. (1995). Reassessment of developmental constraints on children's science instruction. *Review of Educational Research*, 65(2), 93-127.
- Miller, E. C., & Krajcik, J. S. (2019). Promoting deep learning through project-based learning: A design problem. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1:7.
- Moore, C. (2019). *Creating scientists: Teaching and assessing science practice for the NGSS*. New York, NY: Routledge.
- NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nordine, J., Krajcik, J., Fortus, D., & Neumann, K. (2019). Using storylines to support three-dimensional learning in project-based instruction. *Science Scope*, 42(6), 86-92.
- Nordine, J., & Lee, O. (2021). *Crosscutting concepts: Strengthening science and engineering learning*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Novak, J. D. (2005). Results and implications of a 12-year longitudinal study of science concept learning. *Research in Science Education*, 35, 23-40.
- Oh, P. S. (2006). Participation metaphor for learning and its implication for science teaching and learning. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27(2), 140-148.
- Oh, P. S. (2015). A theoretical review and trial application of the 'resources-based view' (RBV) as an alternative cognitive theory. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(6), 971-984.
- Oh, P. S. (2020). A critical review of the skill-based approach to scientific inquiry in science education. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(2), 141-150.
- Oh, P. S. (in press). How a student uses knowledge as a resource to solve scientific problems: A case study on science learning as rediscovery. *Science & Education*.
- Passmore, C., Schwarz, C. V., & Mankowski, J. (2017). Developing and using models. In C. V. Schwarz, C. Passmore & B. J. Reiser (Eds.), *Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices* (pp. 109-134). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency, and science*. Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Remmen, K. B., & Froyland, M. (2020). Students' use of observation in geology: Towards 'scientific observation' in rock classification. *International Journal of Science Education*, 42(1), 113-132.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic school science: Knowing and learning in open-inquiry science laboratories*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45(1), 1-42.
- Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. J. (2017). Moving beyond "knowing about" science to making sense of the world. In C. V. Schwarz, C. Passmore & B. J. Reiser (Eds.), *Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices* (pp. 3-21). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.
- Scott, P., Asoko, H., & Leach, J. (2007). Student conceptions and conceptual learning in science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 31-56). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Sfard, A. (1998). On two metaphors for learning and the dangers of choosing just one. *Educational Researcher*, 27(2), 4-13.
- Trumbull, D. J., Bonney, R., & Grudens-Schuck, N. (2005). Developing materials to promote inquiry: Lessons learned. *Science Education*, 89(6), 879-900.
- Varelas, M., Pappas, C. C., Kane, J. M., Arsenault, A., Hanks, J., & Cowan, B. M. (2008). Urban primary-grade children think and talk science: Curricular and instructional practices that nurture participation and argumentation. *Science Education*, 92(1), 65-95.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). Research on

Oh

- alternative conceptions in science. In D. L. Gable (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York, NY: Macmillan.
- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Zheng, R. (2010). Effects of situated learning on students' knowledge acquisition: An individual differences perspective. *Journal of Educational Computing Research*, 43(4), 467-487.

저자정보

오필석(경인교육대학교 교수)