



# 플라니의 인격적 지식 관점에서 바라본 과학적 실행 기반의 과학 교육의 당위성

이경건<sup>1</sup>, 오필석<sup>2\*</sup><sup>1</sup>AI4STEM Education Center, University of Georgia, <sup>2</sup>경인교육대학교

## The Imperativeness of Scientific Practice-Based Science Education in Light of Michael Polanyi's Personal Knowledge

Gyeong-Geon Lee<sup>1</sup>, Phil Seok Oh<sup>2\*</sup><sup>1</sup>AI4STEM Education Center, University of Georgia, <sup>2</sup>Gyeongin National University of Education

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 11 September 2023

Received in revised form

23 September 2023

Accepted 21 October 2023

## Keywords:

Michael Polanyi (1891-1976), personal knowledge, tacit knowing, embodied knowing, scientific practice

## ABSTRACT

This study points out that inquiry- or practice-based science education needs a philosophical justification and suggests that Michael Polanyi's (1891-1976) philosophical epistemology of science, which centers on personal knowledge, can serve such a role. More specifically, we focused on (1) intersubjectivity, which encompasses the objective and subjective aspects of knowledge, (2) tacitness, which is the basis of explicit knowledge, and (3) embodiedness, which emphasizes the body as the ultimate instrument of external knowledge. We discussed how Polanyi's epistemology can be seen as a justification for practice-based science education as an act in which the knower actively participates, and in particular, the importance of embodied mind-based science teaching and learning that relies on the body's tacit cognitive processes, rather than the mind in an information-processing sense.

## 1. 서언

과학 교육이 오늘날과 같은 위상을 지닌 독립적 학문 분야로 더욱 성장하게 된 계기는 1957년의 Sputnik Shock 이후 미국인의 과학적 소양(scientific literacy)을 기를 필요가 있다는 Hurd (1958)의 역설로 볼 수 있을 것이다. 이후 약 60여 년의 시간이 지나는 동안 과학 교육은 과학적 소양을 함양하기 위한 노력을 기울여왔다고 하여도 과언이 아니다(Lee & Hong, 2023; Bybee, 1997; Roberts & Bybee, 2014; Osborne, 2023). 그리고 과학적 소양을 함양하기 위해서는 학생들이 자연 현상에 대한 탐구(inquiry)를 수행할 수 있어야 한다는 이해가 일관적으로 유지되어 왔다(Lee & Hong, 2023). 말하자면, 학생들이 단순히 교사 주도의 수업을 통해 과학적 과정의 결과물로서의 지식을 습득하는 것으로는 충분하지 않고, 오히려 과학적 과정이 무엇인지를 배우고 직접 그 과정에 참여함으로써 자신들의 과학적 지식을 구성해 나가야 한다는 견해가 대두된 것이다(Taber, 2011; Forman, 2018). 이러한 탐구 중심의 과학 교육은 2010년대 이후부터는 탐구라는 용어가 실행(practice)이라는 용어로 확장되면서 새로운 언어를 입게 된다. 예컨대 National Research Council (NRC) (2012)은 8가지의 과학 및 공학 실천(science and engineering practices)을 제안하였으며, 이러한 과학 및 공학 실천은 Next Generation Science Standards (NGSS Lead States, 2013)에서도 과학 교육의 주요 목표로서 계승되었다. 이러한 실행 기반 과학 교육으로의 이행은 교육과정 총론의 기초와도 무관하

지 않다. OECD가 주도하고 있는 핵심 역량(core competency), 변혁적 역량(transformative competency), 또는 기능(skill) 중심의 교육역시(OECD, 2005; 2019) 이러한 실행 중심 과학 교육과 그 궤를 같이한다고 볼 수 있으며, 우리나라의 2015 개정 및 2022 개정 교육과정에서 핵심 역량을 교육 목표로서 설정하거나 과정적 기능을 교육과정 내용 체계표에 포함한 것 역시 이와 무관하지 않은 변화이다(Lee, Park et al., 2019; Lee & Hong, 2023). 여기서 탐구 중심의 과학 교육과 실행 중심의 과학 교육, 그리고 역량 중심의 과학 교육에 본질적인 차이가 있다기보다는, 학생이 과학 수업에서 배운 것이 다양한 문제 상황에서 실천적으로 적용되는 행동으로 이어져야 한다는 의식이 과학 교육계에서 어느 정도 공감대를 형성하면서도 각각의 용어가 사용되어온 맥락과 시대상의 차이가 있는 정도라고 정리할 수 있을 것이다(Crawford, 2014; Lee, Park et al., 2019; García-Carmona, 2020). 예컨대 2015 개정 교육과정에서 신설되어 2022 개정 교육과정에서 자리매김해가고 있는 「과학탐구실험」은 교육과정 문서상의 교과목 성격에서 위에서 언급한 탐구, 실행, 역량 등의 교육 목표들을 모두 포괄하고 있는 하나의 사례라고 볼 수 있다(MOE, 2015; 2022).

하지만, 지금까지 과학적 실행 기반 과학 교육이라는 기초가 성립하고 영향을 미친 것이 어느 정도 자연스러우며 납득 가능한 흐름이라 할지라도, 그것이 과연 어느 정도의 정당화를 얻어 왔는가는 별도로 고찰해볼 문제이다. 지금까지 실행 기반 과학 교육은 권위 있는 과학 교육과정 문서에서 선언적으로 정당화하거나(Forman, 2018),

\* 교신저자 : 오필석 (philoh@ginue.ac.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.5.459>

또는 어떤 면에서는 의문시되지 않는 당연한 기초로서 받아들여져 온 면이 없지 않다. 예컨대 지금까지 탐구 기반 또는 실행 기반의 과학 교육을 정당화해온 논리는 기본적으로 학습 이론(learning theory)에 기반한 것으로서 전문적 과학자들의 활동을 닮은 환경으로 교실을 변화시키고자 하는 데 있었다(Forman, 2018). 여기서 과학적 방법, 또는 과학자들이 지식을 얻는 방법이란 무엇인가에 관한 논의가 필요해지며, 과학의 본성에 기반하여 실행 기반 과학 교육의 내용 요소들을 정리하고자 하는 연구들 역시 보고되어 왔다(Lederman *et al.*, 2013; Hodson, 2014). 예컨대, 비록 단일하고 정형화된 단 하나의 과학적 방법(the scientific method)을 정의하는 것은 아니라 하더라도 과학적 방법의 주요 요소를 과학 교실에서의 과학 지식 구성 단계에 적용한다든지(Tang *et al.*, 2009), 모델(model) 기반 학습 및 논변(argumentation) 기반 학습이 이러한 실행 기반 과학 교육의 주요 교수 학습 방법이라는 점을 제안한 경우 등이 있었다(Forman, 2018). 하지만 이러한 논의들은 보다 토대적인 과학철학, 특히 통합적이고 일관적인 인식론에 기반하여 이루어졌다고 하기에는 다소 어려움이 있는 것으로 보이며, 결과적으로 실행 기반의 과학 교육의 정당화가 여전히 이루어져야 할 여지가 남아 있다고 하겠다. 과학 교육의 본령(本領) 중의 하나가 학생들이 과학적 지식을 습득하도록 하는 데 있다고 한다면, 실행 기반의 과학 교육 역시 그러한 과학적 지식의 특성은 무엇으로서 어떻게 얻을 수 있는 것이며, 그에 따라 왜 학생들이 실행이라는 방법으로 과학적 지식의 구성 과정에 참여하여야 하는지를 설득력 있게 제시하여야 할 필요가 있을 것이다.

본 연구에서는 이러한 과학적 실행 기반의 과학 교육을 정당화할 수 있는 현대 과학철학적 기반으로서 마이클 폴라니(Michael Polanyi, 1891-1976)의 사상에 주목하고자 한다. 마이클 폴라니는 저명한 물리 화학자였으나 이후 사회학자, 그리고 철학자로의 전환을 거친 사상가였다. 비록 자신은 노벨상을 수상하지 못하였으나, 그의 제자 2명과 아들 1명이 노벨상을 수상하였던 만큼 그가 과학 교육자로서 가진 면모에 주목해볼 필요가 있으며, 특히 그가 개념화하였던 ‘인격적 지식’(personal knowledge)이 현대 과학철학과 과학 교육에 기여한 바가 적지 않은 것으로 여겨진다. 그럼에도 불구하고, 지금까지 폴라니의 사상 자체를 면밀하게 조사하고 그것이 과학 교육에 갖는 함의를 도출한 연구는 드문 편이었다. 예컨대, 그동안 폴라니는 수학 교육을 비롯한 여러 세부 교육 분야에서 연구되었지만(예: Kim & Jeong, 2020; Nam, 2014; Moon, 2018; 2021; Jang, 1994; Allen, 1978; Hodgkin, 1992), 과학 교육 분야에서 그의 인식론에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 편이었던 것이다. 예외적으로, Kim & Kim (2003)은 폴라니의 인격적 지식은 과학 지식이 합리성을 지니면서도 주관적 성격 역시 지니는 보편타당한 것이라고 지적하였으며, 이를 위하여 과학 교수학습에서 “인간의 목소리가 회복되어야” 하며, “과학 수업에 지적 열정이[intellectual passion] 매개되어야” 하고, “과학교사는 과학자의 삶을 재연해야” 한다고 제안하였다(pp. 112-113). 그런가 하면 Park *et al.* (2016)은 초등학교 과학 실험 수업에서 발생하는 의도하지 않은 학습(unintended learning)을 폴라니의 사상에 비추어 발견적이거나(heuristic) 설득적인(persuasive) 지적 열정(intellectual passion)으로 해석한 바 있다.

본 연구에서는 과학적 실행 기반의 과학 교육이 강조되고 있는 최근의 동향에 즈음하여 폴라니의 인식론으로부터 그에 관한 이론적

인 뒷받침을 얻을 수 있을 것으로 보고, 그의 과학철학적 인식론을 그것이 과학 교육에 갖는 함의를 중심으로 전유하는 작업을 시도하고자 한다. 후술할 바와 같이 폴라니의 인격적 지식 개념에 비추어 과학적 실행 기반의 과학 교육의 이론적 근거(개인적/인격적 지식의 상호주관성, 암묵적 앎, 체화된 앎)를 찾고, 과학적 실행 기반의 과학 수업의 지향점(개인적/인격적 지식의 창출, 몸의 중요성)을 제시하고자 한다.

## II. 인격적 지식의 상호주관성

과학 교육학자들에게 폴라니는 ‘personal knowledge’를 주창한 사상가로서 알려져 있다. 곧, 인간의 모든 지식은 ‘personal’한 성격을 지닌다는 것이다(Polanyi, 1958). 여기서 ‘personal’은 ‘개인적’으로도 번역될 수 있고, ‘인격적’으로도 번역될 수 있을 것이다. 전자는 인식주체로서의 개인의 고유성을 강조하는 번역이고, 후자는 인식의 전인적 성격을 강조하는 번역이라고 할 수 있다. 그렇다면 폴라니는 왜 모든 지식이 개인적 혹은 인격적이라고 했을까?

폴라니의 인식론은 먼저 지식에 관한 객관주의(objectivism)의 입장을 비판하는 것으로부터 시작한다. 이때 객관주의는 지식이 명시적으로 표현될 수 있고 개인적인 것이 개입되지 않은, 말 그대로 객관적이라는 인식론적 견해를 뜻한다(Jung, 2011). 이러한 객관주의 입장은 근대 과학의 인식론과 맥을 같이 한다. 주지하다시피, 근대 과학의 목적 중의 하나는 자연에 관한 지식에서 모든 개인적인 요소를 제거하는 것이었다(Paksi & Héder, 2022). 이에 대해 폴라니는 “근대 과학의 공인된 목표는 엄격하게 분리된(strictly detached), 객관적 지식을 수립하는 것이다”(Polanyi 1966a, p. 20)라고 하면서, 이 같은 객관주의 인식론은 실제 앎의 과정을 잘 설명하지 못한다고 비판한다.

이에 비해 폴라니의 인식론에서 개인적인 요소는 앎의 과정에 없어서는 안 될 존재이다. 그 까닭 중의 하나로는 개인이 지적 열정(intellectual passion)을 가지고 앎의 과정에 참여한다는 것을 꼽을 수 있다(Paksi & Héder, 2022; Polanyi, 1958, 1966/1997). 폴라니는 이 점을 코페르니쿠스의 태양중심설, 아인슈타인의 상대성 이론, 뉴턴의 절대 공간 개념 등의 사례를 들어 설명한다. 예컨대, 코페르니쿠스가 우리의 일상적인 경험과는 반대되는 것처럼 보이는 태양 중심 체계를 제안할 수 있었던 것은, 경험적인 증거가 있어서가 아니라, 그 새로운 우주 체계가 보여주는 천상의 모습에 대한 지적 만족(intellectual satisfaction) 또는 기쁨(delight) 때문이었다는 것이다. 또, 이렇게 과학에서 가설적 주장을 할 수 있는 것은 가설의 내용이 옳을 것이라는 신념(conviction)과 그에 대한 개인의 헌신(commitment)을 의미하기도 한다. 따라서, 폴라니에 따르면, 우리의 즉각적이고 감각적인 경험에 의존하기보다 이론의 안내에 따라 경험적인 증거를 찾는 것이 더 객관적일 수 있으며, 과학의 합리성은 이론을 통해 정당화될 수 있다. 이와는 달리 객관주의는 과학의 합리성이 소위 객관적이라고 믿어지는 관찰에 의해서만 결정된다고 주장한다. 하지만 과학사는 감각을 초월하여 이론으로 나아가는 대법한 사례들로 가득 차 있으며, 이 과정에서 이론에 대한 개인의 열정적인 참여와 평가, 헌신적인 노력은 필수불가결하다는 점을 잘 증거해 주고 있다(Polanyi, 1958, 1966/1997). 그런데 이와 같은 지적 열정과 신념, 개인적 헌신은 앎의 과정에서 공통적으로 발견할 수 있는 것이다. 즉, 폴라니의 인식론에

서 앎이란 본질적으로 인지적인 측면뿐만 아니라 정의적이고 의지적인 측면 등이 함께 관여하는 전인적인 참여의 과정이며, 이같이 인식 주체가 앎의 과정에 필수적인 요소라는 점에서 모든 지식은 개인적 또는 인격적 지식이라 할 수 있다(Kim & Jeong, 2020; Moon, 2018; 2021).

하지만 위와 같이 인식자(knower)의 역할을 인정한다고 하여 플라니의 사상이 인식론적 주관주의 또는 상대주의로 귀결되는 것은 아니다. 플라니에 따르면, 지적 열정은 과학에 꼭 필요한 논리적 기능(logical function)을 수행한다. 구체적으로, 과학적 열정은 기능에 따라 선택적 열정(selective passion), 발견적 열정(heuristic passion), 설득적 열정(persuasive function) 등으로 세분할 수 있다(Polanyi, 1958; Paksi & Héder, 2022). 예컨대, 역사상 과학자들은 과학적 탐구의 주체로서 어떤 지적 작업에 헌신할 것인지를 선택하고, 자신이 헌신하고 있는 작업에서 어떠한 과학적 발견을 이루어내기까지 자기 자신을 쏟아붓는 노력을 하며, 발견한 내용을 다른 과학자들에게 설득하는 열정까지를 발휘함으로써 하나의 과학적 지식이 과학자 사회에서 받아들여진다는 것이다(Polanyi, 1966). 여기서 지적 열정에 수반된 개인적 헌신은 아직 밝혀지지 않은 실재(reality)를 추구하는 노력으로, 주관적인 기호(taste) 등과는 구별된다는 점에 주목할 필요가 있다(Takaki, 2009). 이렇듯 지적 열정이 논리적 기능을 수행한다는 것은 그것이 “단순히 심리적인 부산물이 아니라”(Polanyi, 1958, p. 134) 앎의 과정에 중요한 요소임을 뜻한다. 결과적으로 플라니는 인식자가 일종의 실재론(realism)적 의미에서 과학적 지식을 얻을 수 있다고 말하며(Polanyi, 1966), 이것이 그의 “과학의 본성 - 특히 과학적 지식 - 에 대한 설명이 그의 후예와도 같은 쿤(Kuhn), 피아벤트(Feyerabend), 그리고 크노르-세티나(Knorr-Cetina) 등의 것들과 분명하게 다른 점이다”(Jacobs, 2000, p. 319).

따라서 플라니의 개인적/인격적 지식은 “주체의 특성을 반영하면서도 실재를 드러내는, 주관과 객관을 아우르는 지식”(Kim & Jeong, 2020, p. 58)이라고 할 수 있다. Park (2022) 역시 플라니의 인격적 지식은 인식자와 타인 및 세계와의 상호작용, 그리고 해석학적 주체와 전통 사이의 상호작용을 통해 형성된다는 점을 설명하면서 이것이 ‘상호주관성’(intersubjectivity)을 내포한다고 말한 바 있으며, 이를 통해 교수적 전통과 학습자의 지적 주체성이 조화되는 출발점을 찾을 수 있다고 보았다. 결과적으로, 플라니의 인격적 지식 개념은 과학 교육의 입장에서 말하자면 과학자 사회에서 받아들여지는 지식, 과학 교육과정에서 선택적으로 설정한 내용 요소, 과학 교사가 가르치는 교수 내용, 과학 지식의 공동 구성에 참여하는 학습자 공동체 측면에서 다층적으로 작용하는 객관적인 측면과, 과학 학습자가 자신의 지적 열정과 헌신을 통해 능동적으로 과학 지식을 구성해나가는 주관적인 측면이 함께 작용하는 상호주관성을 지닌다고 정리할 수 있을 것이다.

그렇다면 개인은 앎의 과정에 어떤 방식으로 참여하여 이러한 상호주관적 지식을 창출하는가? 과학 지식은 인격적 지식이라는 플라니의 인식론은 암묵적 앎(tacit knowing)과 체화된 앎(embodied knowing)의 개념을 통해 더욱 구체화된다.

### III. 인격적 지식의 암묵성

플라니는 “우리는 말할 수 있는 것보다 더 많은 것을 알 수 있다(we

can know more than we can tell)”(Polanyi, 1966a, p. 4)고 지적한다. 즉, 앎에는 명시적으로 기술하기 어려운 암묵적인 과정이 포함되어 있다는 것이다. 플라니는 이러한 지식의 암묵성을 기능(또는 기술, skill)을 실행하는 사례를 들어 설명하는데, 그 한 예로, 자전거가 오른쪽으로 기울 때 넘어지지 않기 위해서는 자전거의 손잡이를 오른쪽으로 향하게 하는 기술이 필요하다. 이는 자전거를 탈 수 있는 사람이라면 누구나 경험적으로 알고 있는 것이지만, 그 기술을 말로 정확히 설명하기는 녹록치 않다. 즉, 자전거가 균형을 이루게 하는 기능의 실행은 암묵적인 차원에 있는 지식에 상당히 의존한다고 할 수 있다(Polanyi, 1958). 물론 균형을 이루며 자전거를 타는 방법을, 예컨대 여러 가지 힘의 역학적인 관계를 통해, 말이나 글로써 표현하는 일은 얼마든지 가능하다. 하지만 그러한 표현은 자전거를 타는 요령을 의사소통이 가능한 정도로 기술한 것에 불과할 뿐, 자전거를 타는 실제적인 능력을 의미하지는 않는다(Paksi & Héder, 2022). 플라니는 전자를 “지시적 의미(denotative meaning)”, 후자를 “실존적 의미(existential meaning)”이라고 각각 칭함으로써, 실존적 지식의 암묵성을 강조하기도 하였다(Polanyi, 1958, pp. 90-91).

그런데 플라니는 자신의 인식론을 전개하면서 기능(skill)과 지식(knowledge)을 뚜렷하게 구분하지 않는다. 즉, 우리가 이론적 지식을 사용하는 경우에도 암묵적인 과정이 관여한다는 것이다(Kim, 2018). 예를 들어, 숙련된 의과 의사는 자신이 수술하는 부위에 관한 국소적인 지식(topographical knowledge)을 소유하고 있기 마련이지만, 이 지식을 말이나 글로 형언하기는 매우 어렵다(Polanyi, 1958). 이러한 사정은 과학에서도 마찬가지이다. 예컨대, 과학을 공부하는 학생이나 과학자가 되기 위해 훈련을 받는 사람들이 배워야 할 지식에는 실험 수행 능력, 과학 연구의 기예(the art of scientific research), 새로운 발견에 필요한 장인적인 기술들(craft skills), 사고와 행동 방식에 관한 지식 등이 포함된다. 그런데 이러한 종류의 지식의 상당 부분은 개인적이고 암묵적인 형태로 존재하기 때문에 명시적인 규칙이나 절차로 모두 표현할 수 없고 문자화된 것, 예컨대 교과서를 통해서도 충분히 배우기 어렵다(Jacobs, 2000). 한 예로, Oh (2008)의 연구에서는 태풍이 이상 경로를 따라 이동한 원인을 추론하는 과정을 설명하는 대기 과학자가 “분석을 해 보면 대충 ‘이것이 ... 중요하게 작용했겠다’는 감이 오지.”(p. 655)라는 불분명한 표현을 사용한 사례를 보고하고 있다. 이때의 “감”이란 종종 직관(intuition)이나 통찰(insight)로 표현되는 것으로(Brock, 2015, 2017, Polanyi, 1966/1997), 과학자의 앎의 과정에 암묵적인 차원이 바탕을 이루고 있음을 잘 증거하는 것이라 할 수 있다.

플라니가 말하는 암묵적인 앎의 과정은 초점식(또는 핵심적 인식, focal awareness)과 보조식(또는 보조적 인식, subsidiary awareness)이라는 두 종류의 인식으로 보다 구체적으로 설명된다. 이와 관련된 예로, 플라니는 군중 속에서 특정한 사람의 얼굴을 알아채는 경험을 언급한다(Polanyi, 1966a). 우리는 흔히 수많은 사람들 속에서도 누군가의 얼굴을 어렵지 않게 찾아낼 수 있다. 하지만 그 사람을 어떻게 찾아냈는지 명확히 말하기는 어렵다. 굳이 말하고자 한다면, 코와 입의 모양 등 여러 가지 세부적인 특징들(features)을 지목할 수 있겠지만, 이들 낱말의 특징들이 곧 그 사람의 얼굴인 것은 아니다. 그런데 주목해야 할 것은 그러한 특징들이 말로 표현하기 어려운 방식으로 조합하여 우리가 찾는 사람의 얼굴을 형성하게 된다는 점이다. 다시

말해, 우리의 인식은 낱알의 생김새로부터 얼굴로 나아가게 되는데, 이때 낱알의 특징들을 인식하는 것이 보조식, 얼굴을 알아채는 것을 초점식이라고 할 수 있다(Jung, 2011). 플라니는 이와 같이 보조적인 세부 부분들이 통합되어 초점적 대상인 포괄적인 전체를 이루는 얇은 과정을 ‘from-to’, 즉 보조식으로부터 초점식으로 나아가는 과정 또는 암묵적 통합(tacit integration)의 과정이라고 불렀다(Polanyi & Prosch, 1975).

플라니의 인식론에서 초점식과 보조식의 통합적인 상호 작용은 우리가 도구를 사용할 때에도 발견된다. 이와 관련하여 널리 인용되는 예가 망치를 사용하여 못질을 하는 경우인데, 이에 대해서는 우리나라의 한 번역서를 그대로 인용하여 살펴보기로 한다.

못을 박고자 망치를 사용할 때 나는 상당히 다른 두 가지 과정에 주의한다. 망치를 휘둘러 때리는 못에 정확히 내려치는 일에 **신경을 쓴다**. 나는 그 망치의 손잡이가 나의 손바닥을 때렸다고 느끼지 않고 망치의 머리 부분이 못을 내려쳤다고 느낀다. 물론 다른 측면에서 보면, 나는 망치를 쥐고 있는 나의 손바닥과 손가락의 느낌에 상당히 주의하게 된다. 그것들은 망치를 효과적으로 다루도록 이끌어 주며, 나는 또 내가 못에 주의를 기울이는 정도로 색다른 이러한 느낌에도 주의를 기울인다. 이러한 느낌들은 **본래는 보이지 않으나 내가 느낌들을 계속 인식함으로써 무엇인가에 주의한다는 데서 차이점이 진술될 수도 있다**. 나는 **못을 치는 망치에 주의를 집중하기 위해 그 느낌들에 의존함으로써** 손바닥의 느낌을 안다. 못을 박을 때의 **핵심적 인식(focal awareness)에 병합되는 보조적 인식(subsidiary awareness)이 내 손의 느낌에는 있다고 말할 수 있다**. (Polanyi & Prosch, 1975/1992, p. 92; 원문 강조)

그런데 위와 같은 암묵적인 과정은 망치와 같은 가측적 도구(tangible tool)가 아닌 이론적 도구(intellectual tool)를 사용하는 경우에도 적용된다. 예컨대, 우리는 편지를 읽을 때 텍스트와 그 텍스트의 의미를 모두 인식의 대상으로 하지만, 텍스트에 대한 인식은 의미를 인식하기 위한 도구일 뿐이다. 따라서 편지를 읽은 후에는 텍스트에 대한 인식이 단지 보조식으로만 남게 된다(Polanyi, 1958). 플라니는 이를 듣기와 읽기라는 일반적인 활동에 맥락에서 반복적으로 설명한다:

강연을 듣거나 텍스트를 읽는 동안 우리의 초점적인 주의(focal attention)는 단어의 의미를 향해 있지, 소리나 종이에 기록된 자국으로서 단어를 향해 있지 않다. ... 우리는 눈에 보이거나 귀에 들리는 단어가 뜻하는 것에 초점적으로 주의를 기울이는 것이지만 단어 자체에 주의를 기울이지는 않는다. (p. 92)

더 나아가 플라니는 수학이나 과학의 문제를 해결 과정에도 초점식과 보조식이 상호적인 역할을 한다고 설명한다. 우리의 초점식이 아직 알려지지 않은 문제의 해법에 고정되어 있는 동안 우리의 보조식은 문제와 함께 주어진 데이터에 주목하게 되고 결국에는 보조식들이 암묵적으로 통합하여 문제의 해법을 형성하게 된다는 것이다. 즉, “[문제해결을 위해] 알려지지 않은 것을 살펴야 한다는 지침은 사실 알려진 데이터를 살펴보아야 한다는 것을 뜻한다. 하지만 알려진 데이터를 그 자체로서가 아니라, 알려지지 않은 것에 대한 단서로, 다시 말해 알려지지 않은 것을 지시하는 것으로, 그리고 그것의 일부로 보아야 함을 의미한다”(Polanyi, 1958, pp. 127-128). 보다 구체적으로

로, 데이터를 보조적으로 인식하는 동안 우리는 문제가 해결책에 대해 암시하는 부분을 이끌어 내어 문제를 재조직하고 유사한 문제를 성공적으로 해결하였던 과거의 경험을 떠올리면서 문제의 해법에 도달하게 된다. 이렇듯 문제를 해결하는 과정은 암묵적인 차원을 포함하는 것으로, 마치 정보처리이론(information processing theory)에서 말하는 인출(retrieval)에서마냥 정해진 규칙이나 절차를 기계적으로 따라 해서는 문제를 해결하기 어렵고, 문제 해결을 위한 암묵적 지식 또한 실제로 문제를 해결하는 과정에 참여하는 경험을 통해 가장 잘 배울 수 있다(Jacobs, 2000). 플라니에 따르면, 과학이 흥미로운 것은 특정할 수 없는 단서들을 찾아 문제를 해결하기 때문이며, 숨겨진 단서를 찾는 역량은 과학 이론과 같은 과학자 공동체가 널리 받아들이고 있는 문화적 유산에 크게 의존한다(Polanyi, 1962). 잘 알고 있는 것처럼, 과학자들의 훈련 과정에서는 이러한 일들이 도제식 교육을 통해 이루어진다. 즉, 초심자들이 숙련된 과학자 곁에서 함께 일하면서 수많은 사례에서 숙련자의 지식과 솜씨를 보고 흉내 내며 자신만의 암묵적 지식을 쌓아 점차 능숙한 과학자로 성장한다(Polanyi, 1958).

이상과 같이, 플라니의 인식론에 따르면, 명시적 지식은 암묵적인 것에 의존할 수밖에 없으며, “따라서 모든 지식은 암묵적이거나 암묵적 지식에 뿌리를 두고 있다”(Polanyi, 1969, p. 144). 하지만 이것은 암묵적 지식이 명시적 지식과 대립되는 관계에 있다는 것을 뜻하지 않는다. 오히려 플라니의 인식론은 얇은 암묵적 차원을 밝힘으로써 명시적 지식과 암묵적 지식의 관계에 대한 통합적인 안목을 제시했다는 점에서 획기적이라고 할 수 있다(Grene, 1977; Jung, 2011).

#### IV. 인격적 지식의 체화성

상기하였듯, 플라니는 암묵적이고 개인적인 요소가 모든 지식에 필수불가결하다는 점을 밝힘으로써 주관과 객관의 이분법을 극복하였다고 평가받고 있다(Jung, 2011). 그런데 또 다른 맥락에서 그의 인식론은 몸과 마음을 분리하여 사고하는 데카르트식 전통을 넘어서었다고 여겨지기도 한다. 구체적으로, 플라니의 인식론에서 보조식과 초점식의 관계를 설명하는 from-to의 과정은 몸과 마음의 관계에도 적용되어 몸과 마음에 관한 새로운 관념으로 발전한다. 이와 관련하여 플라니는 우리의 지각(perception) 경험이 몸 안에서 일어나는 보조식에 의존하여 일어난다는 사실을 지적한다. 즉, 우리가 사물을 볼 때에 우리 눈의 근육은 수축하고 속귀의 미로(labyrinth)와 같은 몸속 기관들이 움직이며 신경계 피질에는 신경 작용의 흔적이 남는다(Polanyi, 1966b, 1969; Zhenhua, 2008). 그런데 몸에서 일어나는 이러한 일들은 보조적인 것으로, 우리가 초점적으로 주목하는 것과의 관계를 통해서만 파악할 수 있다. 즉, 몸에서 일어나는 낱알의 경험들이 암묵적으로 통합되어 사물에 대한 지각으로 변환될 때 우리는 무언가를 볼 수 있게 된다. 더 나아가 플라니는 이러한 암묵적 통합의 과정이 과학을 다른 지각과 구별할 수 있는 특징이라고 말한다. 왜냐하면 과학은 서로 떨어져 있는 낱알의 관찰들을 이론의 요소로 통합하는 과정, 즉 과학 이론의 발견을 포함하기 때문이다(Polanyi, 1966b).

플라니의 인식론에서 위와 같이 몸 안의 보조식으로부터 외부 사물에 대한 초점식으로 나아가는 과정은 이미 언급한 from-to의 과정에 다름 아니다. 다시 말해, 몸 안의 보조식은 얇은 과정에 필수적인 것으

로, 그 자체로는 인지하기 어렵지만, 보조식이 없이는 외부의 사물을 인지하는 것이 불가능하다. 또, 그와는 반대로, 보조식에 주목하게 되면 초점식마저도 잃게 된다. 이는 마치 피아니스트가 자신의 손가락에 주의를 빼기면 더 이상 연주를 할 수 없게 되는 것과 마찬가지로 할 수 있다(Polanyi, 1958). 이처럼 몸은 모든 지식의 뿌리이며, 마음을 통한 앎의 과정에서 분리할 수 없는 본질적인 것이다. 폴라니는 이를 “인간의 마음은 몸 안에서 일하고 몸에 내주한다(dwelling in)” (Polanyi, 1969, p. 152)고 표현하기도 하였으며, 학자들은 이를 체화된 앎(embodied knowing), 마음의 체화성(embodiment of the human mind) 등으로 다양하게 표현하곤 한다(Takaki, 2009; Zhenhua, 2008).

이와 같이 폴라니의 인식론은 몸의 보조식이 앎에 있어 중심적인 역할을 한다는 것을 말하고 있다. 이러한 아이디어는 도구를 사용하는 경우에도 적용되는데, 폴라니는 망치, 지팡이, 탐침과 같은 가축적 도구는 물론, 언어를 비롯한 이론적 도구조차도 몸의 확장(extension)이라고 이해한다. 또한, 우리가 도구를 사용할 때에는, 마치 마음이 몸에 내주하는(indwelling) 것처럼, 우리가 이들 도구에 내주하는 것이라고 표현한다:

말이나 읽기, 쓰기에서 언어를 사용하는 것은 우리 몸의 장비를 확장하여 지적인 인간이 되는 것이다. 우리가 언어를 사용하거나 탐침 또는 어떤 도구를 사용할 때, 즉 우리가 우리 몸을 [보조적으로] 인식하는 것과 마찬가지로 이들 도구를 [보조적으로] 인식할 때, 우리는 이들을 내면화(interiorize)하고 우리 자신이 그들에 내주하게(dwelling in them) 한다고 말할 수 있다. 이렇게 우리 자신을 확장시킴으로써 우리 안에는 새로운 능력이 발달한다. 우리의 모든 교육은 이러한 방식으로 이루어진다. 우리 각각은 우리의 문화적 유산을 내면화하여 그것의 관점으로 세상을 보고 삶을 경험하는 사람으로 성장한다. (Polanyi, 1969, p. 148; 원문 강조)

요약컨대, 폴라니의 인식론은 앎의 과정에 본질적으로 몸과 마음이 함께 관여한다는 점을 밝힘으로써 몸과 마음에 관한 전통적인 입장에 대한 대안을 제시하고 있다. 더 나아가 지식의 근원을 몸의 보조식에서 찾음으로써 앎의 과정에서 몸의 중요성에 대한 새로운 통찰을 불러일으켰다. 이와 관련하여 폴라니는 “우리의 몸은 이론적이건 실제적이건 관계없이(wether intellectual or practical) 모든 외부 지식의 궁극적인 도구”(Polanyi, 1966a, p. 15)라고 강조한다.

이러한 몸의 중요성은 전문적인 과학 활동과 학생들의 과학 학습에서도 부각된다. 이와 관련하여 Hardahl *et al.* (2019)은 과학학(science studies) 분야의 선행 연구들을 바탕으로 몸을 사용하는 수행이 과학 활동에 필수적이라는 점을 타당하게 주장하였다. 예컨대, 물리 현상을 구현하고 관찰하기 위해서는 이에 필요한 기계를 작동시키고 안정화 하는 일이 수반되어야 하고, 이를 위해서는 “몸을 써서 하는 작업(hands-on or embodied labor)”이 꼭 필요하다. 연이어 Hardahl *et al.*은 과학 교실에서 학생들이 광학적인 현상을 만들어 낼 때에도 몸의 미세한 움직임(fine-tuned)이 영향을 미친다는 것을 실증적인 사례를 통해 보여주었다. 또, Brock (2015) 학생의 과학 오개념이 감각운동적인(sensorimotor) 기원을 가지고 있음을 고찰하였으며, Oh (in press)의 연구에서는 암석의 생성 과정을 추론하는 과제를 수행하는 학생이 현무암의 특징을 말로 표현하기 전에 암석에 관한 시각 경험에서 기원한 심상(mental image)을 토대로 현무암을 쉽게 특정해 내는 사례를 보여주었다. 더 나아가 Thomas Jha & Price (2022), Ibrahim-Didi

*et al.* (2017) 등은 몸을 통한 감각운동적 경험, 몸짓과 같이 몸을 이용한 표상 형식, 몸을 사용하여 사물을 조작하는 활동 등이 포함된 수업이 과학 학습에 대한 학생들의 참여를 높이고 관련 주제에 관한 이해를 발달시키는 데에도 기여한다고 보고하였다. 이러한 다양한 연구들은 공통적으로 과학적인 앎의 과정이 본질적으로 체화성을 수반한다는 사실을 말해 주는 것으로, 폴라니의 인식론을 직간접적으로 지지한다고 할 수 있다.

하지만 폴라니가 강조하는 몸의 중요성은 행동주의(behaviorism) 인식론이나 기계적 결정론(mechanical determinism)의 그것과는 차이가 있다(Polanyi, 1966b). 행동주의는 마음을 몸의 작용과 동일시하여 모든 정신적 수행을 객관적으로 확인 가능한 행동적 용어로 표현할 수 있다는 믿음을 가리키며, 기계적 결정론이란 몸의 기작(mechanism)이 처방하는 대로 마음이 작동한다는 관념을 뜻한다. 이와는 달리 폴라니는, 마음의 기능이 몸의 암묵적 과정에 의존한다고 하면서도, 몸과 마음은 같은 것이 아니며 마음은 몸의 의미(the meaning of the body)라고 말한다(Zhenhua, 2008). 즉, 폴라니의 인식론은 마음의 체화성을 통해 앎의 과정에서 몸의 중요성을 강조한 것이 특징이라고 할 수 있다.

## V. 폴라니 인식론의 과학 교육에의 시사점

지금까지 폴라니의 인식론으로부터 인격적 지식으로서의 과학적 지식이 상호주관성, 암묵성, 체화성을 특징으로 지닌다는 점을 살펴 보았다. 본 장에서는 과학적 실험 기반의 교육이라는 과학 교육 분야의 최근 동향을 고려하여, 폴라니의 인식론이 과학 교육에 시사하는 점을 살펴보기로 한다.

첫째, Jung (2011)은 지식의 암묵성을 강조하는 폴라니의 인식론이 여러 학문 분야에서 ‘실천으로의 전환(practice turn)’을 추구하는 경향에 중요한 동기를 제공하였다고 평가한다. 즉, 단순히 이론이나 사실적인 지식만을 탐구의 대상으로 하던 경향에서 해당 분야의 참여자들이 참여하는 인지적 행위를 연구의 대상으로 하는 경향에 앎의 과정을 구체적으로 밝히고자 하였던 폴라니의 인식론이 영향을 미쳤다는 것이다. 특히 Collins (1985)는 폴라니가 주장한 암묵적 지식을 실제 과학자들의 활동에서 찾는 연구를 수행하였다. 일례로, 그는 1960-70년대에 TEA 레이저(Transversely Excited Atmospheric Pressure CO<sub>2</sub> laser)를 최초로 만든 연구팀 외에는 다른 연구팀에서 이를 쉽게 재현하지 못했다는 사실에 주목하였다. Collins는 그 까닭으로 TEA 레이저 제작 과정에서 축적된 기술(skill) 등 암묵적 지식이 중요한 역할을 하기 때문이라고 분석하고, 이와 같은 과학자들의 암묵적 지식은 논문에 명시적으로 표현된 채로 전달되기 어려운 것이라고 지적하였다.

또, 폴라니의 인식론으로부터 기원한 지식에 대한 새로운 시각은 여러 교육 분야에도 영향을 미치고 있다(Kim & Jeong, 2020; Nam, 2014; Moon, 2018; 2021; Jang, 1994; Allen, 1978; Hodgkin, 1992). 예를 들어, Nam (2014)은 수학의 발전이 공리적이고 형식적인 측면보다는 해당 학문이 지닌 지적 아름다움과 수학 활동에 참여하는 개인적 열정에 의해 안내된다는 폴라니의 관점을 토대로 수학 교육의 가치는 적절한 수학 문제로의 몰입과 문제 해결에 따르는 기쁨을 몸으로 체득하면서 배우는 데 있다고 역설하였다. 마찬가지로, Jacobs (2000)

는 과학 교육에 측면에서 폴라니의 인식론을 고찰하면서 과학적 앎의 과정에 포함된 암묵적 지식은 교과서로부터는 배울 수 없고 오직 주체의 능동적인 행함(doing things)을 통해서만 충실히 배울 수 있다고 강조하였다. 이러한 주장은 과학 지식은 기예의 발달(developing an art)을 통해서만 얻어질 수 있고 기예의 발달은 실제로 문제를 해결하는 경험을 통해서 길러질 수 있다는 폴라니의 주장(Polanyi, 1958)과 일관되는 것이다. 특히 폴라니는 학문적인 활동에 참여하여 새로운 지식을 창출하는 경험을 학문에 대해 숙고하고 학문에 내주하는 것이라고 표현하였다.

천문학적 관찰은 천문학 이론에 내주함으로써 이루어지고, 천문학자가 별에 대해 관심을 갖도록 만드는 것은 천문학의 이런 내적 즐거움이다. 이것이 과학적 가치가 안으로부터 숙고되는(contemplated from within) 방법이다. 그런데 천문학의 공식이 판에 박힌 방식대로(in a routine manner) 사용될 때 이러한 기쁨에 대한 인식은 흐려진다. 천문학자가 천문학을 숙고했다고 말할 수 있는 것은 오로지 그가 천문학의 이론적 시각에 대해 성찰하거나 천문학의 지적 능력을 의식적으로 경험할 때이다. ... 과학과 수학에 대한 참된 이해는 이들을 심사숙고하여 경험할 수 있는 능력을 포함하며, 이들 학문에 대한 가르침은 학생들에게 이러한 능력을 전하는 것을 목표로 해야 한다. (Polanyi, 1958, pp. 195-196)

위와 같은 폴라니의 견해는 학생들이 과학자들과 같은 종류의 실행에 참여하여 과학을 학습해야 한다는 과학적 실행 기반의 과학 교육 경향(NGSS Lead States, 2013)에 당위성을 제공하는 것이라 할 수 있다. 특히 폴라니의 인식론이 말하고 있는 것처럼 지식이 암묵적인 본성을 지닌다는 것은 암묵적 앎의 과정에 참여하는 개인의 조건에 근거하여 창발적으로(emergently) 지식이 형성된다는 것을 의미한다(Jung, 2011; Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999). Jung (2011)은 이러한 지식의 암묵성을 고려할 때 학교 교육이 교과서와 강의를 중심으로 하는 기존의 방식으로부터 벗어나야 한다고 주장한다.

교과서와 강의를 통한 학습은 교사와 학생들 간의 공감(sympathy)과 상호 신뢰(mutual confidence)를 요구하는 보다 맥락에 민감한(context-sensitive) 학습의 형태로 대체되어야 한다. (p. 221)

다시 말해, 과학적 실행 기반의 과학 교육은 창발적인 지식 형성을 촉진하는 맥락-의존적인 학습의 형태의 하나라고 할 수 있다. 왜냐하면 과학적 실행에 참여하면서 과학 지식을 이용하여 현상을 이해하고 현상에 관한 문제를 해결하는 경험을 통해 학생들은 과학 지식을 활용하는 자신만의 사례를 만들 수 있기 때문이다(Oh, in press). 또, 이러한 현상 이해와 문제 해결 과정에는 지식을 활용하는 인지적인 측면뿐만 아니라, 폴라니가 과학자들의 사례를 통해 언급한 진리에 대한 열정과 헌신 등 정서적인 측면이 함께 수반되기 마련이다(Moon, 2018; 2021). 더 나아가, 과학적 실행은 고정된 절차를 따라 진행되지 않으며, 이에 동원되는 기능과 지식의 다양성, 참여자들의 상호 관계, 상황의 변이 등에 따라 매우 다채롭게 전개되는 맥락에 민감한 특징을 지니고 있다(Oh, 2022). 따라서 과학적 실행 기반의 과학 학습은 폴라니가 말하는 개인적 또는 인격적 지식의 본성, 특히 그 암묵적 특성에 충실한 학습 형태 중의 하나일 것이다.

둘째, 폴라니의 인식론에 따르면, 마음의 과정은 몸의 과정에 의존

한다. 앞서 언급한 것과 같이, 이렇게 앎에 있어 몸의 중요성을 강조한 폴라니의 관점은 체화된 앎, 마음의 체화성 등으로 불리고 있으며, 용어가 암시하는 바대로, 체화된 인지(embodied cognition), 학습 또는 지식의 체화성(embodiment)을 강조하는 최근의 경향에도 영향을 미치고 있다. 물론, 과학 교육에서 지식의 체화성을 강조하는 경향은 인지 이론, 사회적 상호작용 이론, 생태계 이론, 현상학 등 서로 다른 학문 분야에 기원한다. 하지만 이들은 공통적으로 사람의 인지 과정이 몸을 사용하여 세계와 관계를 맺는 역동적인 방식과 밀접하게 연관된다는 점을 강조한다(Kersting *et al.*, in press; Kersting *et al.*, 2021). 이러한 폴라니의 사상은 지향성(intentionality)과 상황화(situatedness)에 대한 메를로-퐁티의 관점과도 상당히 유사한 면이 있다(Martin & Brouwer, 1993).

여기서 몸을 통한 앎이 일종의 타당성(validity)을 견지하게 한다는 점에 주목할 필요가 있다. 폴라니에 따르면 내주(indwelling) 또는 내면화(interiorization)는 개별적인(particular) 감각 경험들을 통합하여 총체적인 전체(entity)에 도달하게 하며, 이렇듯 체화된 인지의 과정이야말로 특정한 문제에 대한 지식의 타당성을 보장하기 때문이다(Polanyi, 1966). 이를 달리 표현하자면, 폴라니에 따른 체화된 인격적 지식은 “과학자, 엔지니어, 또는 기술자의 기억의 다발과 훈련된 신경과 근육의 반응들로 구성”되어, “어떤 부분에서는 피할 수 없이 암묵적으로 남아 있는” “노하우로서 합법적으로(legally) 보호된다”(Aikenhead *et al.*, 2011, pp. 3-4). 이러한 폴라니의 인식론을 Jacobs (2000)와 Martin & Brouwer (1993) 등은 학생들이 “숙련된 실행가”(skilled practitioner)가 되어야 한다는 점으로서 적절히 표현했던 바 있다. 곧, 학생들은 교수자가 과학적 지식을 얻는 방식인 실천적 ‘기능’(skill)을 전수받기 위하여 자신의 몸을 사용하며 마치 인지적 도제(apprenticeship)와도 같은 과정을 거칠 필요가 있다.

더 나아가, 폴라니의 인식론은 정보처리적 방식으로 사고하는 것만을 강조하여 몸의 사용을 소홀히 하는 경향에도 주의해야 함을 말해 주고 있으며, 이는 과학 교육에도 중요한 시사점을 제공한다. 자연 세계를 연구하는 과학자들의 실행은 야외 조사, 관측, 실험 등을 포함한다는 점에서 몸을 사용한 활동을 필연적으로 포함하고 있다. 그동안 과학 교육 분야에서는 학교에서 이루어지는 과학 활동이 단순히 신체를 사용하는(hands-on) 경험에 머물러 있다고 비판하면서 마음을 개입하는(mind-on or mind-engaged) 활동이 되어야 한다는 주장이 힘을 얻어 왔다(NRC, 1996). 그런데 폴라니의 인식론은 모든 앎의 과정에 본질적으로 몸과 마음이 함께 관여한다는 점을 밝힘으로써 신체의 사용과 마음의 개입을 분리하여 사고하는 습관에 대해서도 새로운 시각을 제공하고 있다. 이를 테면, 신체의 사용을 강조하는 입장과 마음의 사용을 강조하는 입장은 원칙적으로 통합을 이루어야 한다(Flick, 1993). 반복하건대, 폴라니의 인식론은 앎의 과정이 인식 주체의 인지적, 정서적, 신체적 측면이 모두 관여하는 전인적인 참여로 이루어진다는 사실을 강조하고 있으며(Moon, 2018; 2021), 이 점에서 학문적인 전통에 따른 탐구 방법을 충실하게 따르다 보면 신체의 사용과 마음의 개입은 자연스럽게 통합되리라고 기대할 수 있다. 곧, 위에서 논의하였던 창발적인 지식 역시 과학자 사회의 전통을 학습해야 함을 부정하지 않는 것이다. 이때 과학 교육에서는 특히 몸의 중요성에 다시 한 번 주목할 필요가 있다. 왜냐하면, 몸을 사용하여 자연 현상을 직접적으로 대면하는 경험, 실험 도구를 준비하고 다루며 정리하는 기예, 살아 있는 생명체로부터 느끼는 감수성, 신체

적 감각 기관으로 실험 결과를 지각하는 관찰을 통해 패턴을 발견할 때의 고양감 등은(Root-Bernstein & Root-Bernstein, 1999) 다른 교과 교육 분야가 아닌 과학 교육에 고유한 것이라 할 수 있으며, 과학 교수학습에서 이러한 고유성을 잃지 않도록 해야 할 것이다. 곧, 과학적 실험을 통해 현상을 몸으로 직접적으로 대면하고 체험하는 것이 중요하다.

## VI. 결어

지금까지 본 논문에서는 탐구 또는 실험 기반의 과학 교육에 철학적 정당화가 필요하다는 점을 지적하고, 인격적 지식을 중심으로 하는 폴라니의 과학철학적 인식론이 그러한 역할을 해줄 수 있다는 점을 제안하였다. 보다 구체적으로는 인격적 지식이 갖는 특징으로서 (1) 지식의 객관적 측면과 주관적 측면을 아우르는 상호주관성, (2) 명시적 지식의 기반이 되는 암묵성, (3) 외부 지식의 궁극적 도구로서의 몸을 중시하는 체화성을 집중적으로 살펴보았다. 그리고 이렇게 정리한 폴라니의 인식론은 인식자가 적극적으로 참여하는 행위로서의 실험 기반의 과학 교육을 정당화하는 것으로 볼 수 있으며, 여기서 특히 정보처리적 의미에서의 마음이 아닌 몸의 암묵적 인식 과정에 의존하는 체화된 마음에 기반한 과학 교수학습(예: 체험 활동, 실험 수업)이 갖는 중요성을 재발견할 수 있게 된다는 점을 논의하였다.

본 연구의 결과는 과학 교실에서 단순한 인지적 학습에 치우친 교수가 아닌, 과학적이고 인격적인 지식의 기반이 되는 신체가 개입되는 활동 위주의 교수가 필요하다는 점을 제안한다. 이를 위하여는 이미 실험 기반 과학 교육으로의 이행이 이루어진 면이 있는 과학 교육과정들의 취지를 이해한 교수 설계가 이루어질 필요가 있을 것이다. 다시 정리하자면, 인격적 지식의 체화성의 원리에 따라 학생들이 “숙련된 실행가”(skilled practitioner)가 되기 위하여(Jacobs, 2000; Martin & Brouwer, 1993), 학생들이 직접적으로 자신의 손과 신체를 사용하며 학습에 참여하는 핸즈온 과학 실험 수업이 재조명을 받을 필요가 있다. 그런가 하면 인식자의 인격적 지식이 그 자신의 지적 열정에 의해 구성되는 면이 있다고 할 때, 특정한 탐구 상황에서의 관찰을 통해 새로운 과학적 지식의 구성으로 나아가는 발견학습 역시 폴라니의 인식론에 의해 지지받는다고 볼 수 있다(Park *et al.*, 2016). 이 때 과학 교육 연구의 측면에서는 과학적 실험에 참여하여 과학을 학습하는 과정에서 학생들이 어떻게 앎을 성취하는지의 과정을 분석하는 것이 과학 교육 연구의 중요한 주제가 되어야 한다는 점을 시사 받을 수 있다(Park *et al.*, 2016). 우리나라 과학 교육과정을 이러한 관점에서 살펴보자면 교육과정의 목표로서 핵심 역량이나 기능 등이 설정된 것이나, 2015 및 2022 개정 교육과정에서 「과학탐구실험」이 도입 및 운영되고 있는 것을 긍정적으로 평가할 수 있으며, 이러한 기초를 과학 교육 연구와 교수학습에서 지속적으로 이어나갈 필요가 있을 것이다.

그런가 하면 폴라니의 인격적 지식 관점이 지닌 상호주관적 특성이 과학 교육에 미치는 영향을 검토할 필요가 있다. Park (2022)이 논의하였듯 폴라니 사상의 상호주관성은 인식자와 세계와의 상호작용, 그리고 해석학적 주체와 전통 사이의 상호작용에 각각 해당된다. 이에 따라 우선 폴라니의 인격적 지식 관점은 우선 과학철학적 인식론에서 상정 가능한 극단적 실재론과 극단적 반실재론 사이의 온건한

실재론에 서있다고 볼 수 있다. 이는 오늘날 온건한 실재론에 서있는 대다수의 과학철학자들 및 과학 교육과정의 역사에서 왕복 운동을 하였던 지식 중심 교육과정과 경험 중심 교육과정 사이의 제3의 길을 모색하려는 대다수 과학 교육학자들의 견해와 일치하는 것으로서(see Lee, Han *et al.*, 2019), 폴라니의 관점이 다시 한 번 이를 지지한다고 여겨진다. 결국 폴라니의 인격적 지식 관점은 과학의 본성에 있어서도 작지 않은 함의를 지니고 있음이 명백하며, 후속 연구에서 이를 보다 심도 있게 살펴볼 필요가 있다.

마지막으로, 폴라니의 인격적 지식 관점이 지닌 상호주관성은 과학 교육에서 과학 교사의 역할을 재발견하도록 해준다. 파커 팔머(Parker Palmer, 1939-)는 폴라니의 인격적 지식 사상이 과학 지식의 ‘객관성’과 ‘주관성’을 초월하는 성격을 지니고 있음에 기대어, 교육 현장에서는 교사만이 ‘객관적인’ 교과 내용 지식과 ‘주관적인’ 인식자로서의 학생 사이를 이어줄 수 있는 “중재자의 역할”(the mediator role)을 할 수 있다고 역설하였다(Palmer, 1983, p. 29). 곧, 폴라니의 사상은 “어떤 이론이 아니라, 교사가, 인식론적 사슬(epistemological chain) 안의 살아 있는 연결 고리(the living link)”로서 “앎(knowing)에 대한 접근과 삶(living)에 대한 접근 모두를” 다루어야 함을 가르쳐준다(p. 29). 이에 비추어볼 때 실험 기반의 과학 교육은 원자적으로 존재하는 개별 과학 학습자 안에서 일어나는 일이 아니며, 과학 교사와 학생을 함께 상정해야만 가능하다고 할 수 있다. 인격적 지식은 인격적 관계를 통해서 습득되는 지식이기 때문이다. 결국 폴라니의 인격적 지식 관점은 오늘날 소위 교권과 학생 인권 사이의 갈등이 사회 문제로 대두되고 있는 상황에서 우리가 과학 ‘교육’(education)을 과학 ‘학습’(learning)으로 축소시켜서는 안 된다는 점을 보여주며(Biesta, 2009), 앞으로 우리나라 과학 교실에서 교사와 학생간의 관계가 어떠하여야 인격적이면서도 실험 중심적인 과학 교육이 이루어질 수 있을 것인가를 고찰하도록 요청한다.

## 국문요약

본 논문에서는 탐구 또는 실험 기반의 과학 교육에 철학적 정당화가 필요하다는 점을 지적하고, 인격적 지식을 중심으로 하는 폴라니의 과학철학적 인식론이 그러한 역할을 해줄 수 있다는 점을 제안하였다. 보다 구체적으로는 인격적 지식이 갖는 특징으로서 (1) 지식의 객관적 측면과 주관적 측면을 아우르는 상호주관성, (2) 명시적 지식의 기반이 되는 암묵성, (3) 외부 지식의 궁극적 도구로서의 몸을 중시하는 체화성을 집중적으로 살펴보았다. 그리고 이렇게 정리한 폴라니의 인식론은 인식자가 적극적으로 참여하는 행위로서의 실험 기반의 과학 교육을 정당화하는 것으로 볼 수 있으며, 여기서 특히 정보처리적 의미에서의 마음이 아닌 몸의 암묵적 인식 과정에 의존하는 체화된 마음에 기반한 과학 교수학습(예: 체험 활동, 실험 수업)이 갖는 중요성을 재발견하게 된다는 점을 논의하였다.

**주제어** : 마이클 폴라니(1891-1976), 인격적 지식, 암묵적 앎, 체화된 앎, 과학적 실험

## References

- Allen, R. T. (1978). The philosophy of Michael Polanyi and its significance for education. *Journal of Philosophy of Education*, 12, 167-177.
- Biesta, G. (2009). Good education in an age of measurement: On the need to reconnect with the question of purpose in education. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 33-46.
- Brock, R. (2015). Intuition and insight: Two concepts that illuminate the tacit in science education. *Studies in Science Education*, 51(2), 127-167.
- Brock, R. (2017). Tacit knowledge in science education. In K. S. Taber & B. Akpan (eds.), *Science education* (pp. 133-142). Sense Publishers.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Heinemann.
- Collins, H. M. (1985). *Changing order: Replication and induction in scientific practice*. SAGE.
- Crawford, B. A. (2014). From inquiry to scientific practices in the science classroom. In Lederman, N. G., & Abell, S. K. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 529-556). Routledge.
- Flick, L. B. (1993). The meanings of hands-on science. *Journal of Science Teacher Education*, 4(1), 1-8.
- Forman, E. A. (2018). The practice turn in learning theory and science education. in Kritt, D. W. (ed.). *Constructivist Education in an Age of Accountability* (pp. 97-111). Palgrave Macmillan.
- García-Carmona, A. (2020). From inquiry-based science education to the approach based on scientific practices: A critical analysis and suggestions for science teaching. *Science & Education*, 29(2), 443-463.
- Grene, M. (1977). Tacit knowing: Grounds for a revolution in philosophy. *Journal of the British Society for Phenomenology*, 8(3), 164-171.
- Hardahl, L. K., Wickman, P.-O., & Caiman, C. (2019). The body and the production of phenomena in the science laboratory: Taking charge of a tacit science content. *Science & Education*, 28(8), 865-895.
- Hodgkin, R. A. (1992). Michael Polanyi on the activity of knowing: The bearing of his ideas on the theory of multiple intelligence. *Oxford Review of Education*, 18(3), 253-267.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.
- Hurd, P. DeH. (1958). Scientific literacy: Its meaning for American schools. *Educational Leadership*, 16, 13-16.
- Ibrahim-Didi, K., Hackling, M. W., Ramseger, J., & Sherriff, B. (2017). Embodied strategies in the teaching and learning science. In M. W. Hackling, J. Ramseger & H.-L. S. Chen (eds.), *Quality teaching in primary science education* (pp. 181-221). Springer.
- Jacobs, S. (2000). Michael Polanyi on the education and knowledge of scientists. *Science & Education*, 9(3), 309-320.
- Jang, S. (1994). *Extension of Personal Knowledge*. Seoul: Kyoyookbook.
- Jung, E.-M. (2011). Knowledge, practice, and the problem of relativism: Reconsidering Michael Polanyi's 'personal knowledge'. In R. Schantz & M. Seidel (Eds.), *The problem of relativism in the sociology of (scientific) knowledge* (pp. 215-236). Ontos.
- Kersting, M., Amin, T. G., Euler, E., Gregoric, B., Haglund, J., Hardahl, L. K., & Steier, R. (in press). What is the role of the body in science education? A conversation between traditions. *Science & Education*.
- Kersting, M., Haglund, J., & Steier, R. (2021). A growing body of knowledge. *Science & Education*, 30, 1183-1210.
- Kim, K., & Jeong, K. S. (2020). Discussion on the meaning of curriculum reconstruction in the light of Polanyi's epistemology. *The Journal of Elementary Education Studies*, 27(1), 53-80.
- Kim, M., & Kim, B. (2003). A study on the objectivity of scientific knowledge: Focused on Michael Polanyi's epistemology. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 23(1), 100-116.
- Kim, J. -N. (2018). A discourse for educability of non-propositional knowledge - Ryle's knowing-how and Polanyi's tacit knowing. *The Korean Journal of Philosophy of Education*, 40(3), 1-20.
- Lederman, N. G., Lederman, J. S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147.
- Lee, G. -G., Han, S. -R., Bae, C. -H., & Hong, H. -G. (2019). Hilary Putnam's internal realism and its implications for science curriculum. *The Journal of Curriculum Studies*, 37(1), 1-27.
- Lee, G. -G., Park, J., Lee, S. -K., Hong, H. -G., Shim, H. S., & Shin, M. K. (2019). Exploring multi-faceted understanding and issues regarding science subject matter competency: Considering the relationship with general core competency. *Journal of Science Education*, 43(1), 94-118.
- Lee, G. -G., & Hong, H. -G. (2023). A comparative study of scientific literacy and core competence discourses as rationals for the 21st century science curriculum reform. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(1), 1-18.
- Martin, B., & Brouwer, W. (1993). Exploring personal science. *Science Education*, 77(4), 441-459.
- Ministry of Education [MOE] (2015). *Science Curriculum*. Ministry of Education [MOE] (2022). *Science Curriculum*.
- Moon, M.-J. (2018). Reexamination of the meaning of character education based on Polanyi's theory of knowledge. *The Journal of Education*, 38(3), 289-306.
- Moon, M. (2021). Exploring the relationship knowledge and competency based on Polanyi's epistemology. *The Journal of Curriculum Studies*, 39(3), 193-210.
- Nam, J. Y. (2014). Teaching of the value of mathematics: In the perspective of Michael Polanyi's philosophy. *Journal of Elementary Mathematics in Korea*, 18(1), 63-81.
- National Research Council [NRC] (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council [NRC] (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Next Generation Science Standards [NGSS] Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: National Academies Press.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2005). *The Definition and Selection of Key Competencies: Executive Summary*. Paris: OECD.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD] (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2030 - A Series of Concept Notes*. Paris: OECD.
- Oh, P. S. (2008). Comparison of hypotheses-formation processes between an earth scientist and undergraduate students: A case study about a typhoon's anomalous path. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 28(6), 649-663.
- Oh, P. S. (2022). Possibility of science concept learning in scientific practice-based science education: A review focused on situated learning theories and conceptual agency. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 42(4), 477-486.
- 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*.
- Osborne, J. (2023). Science, scientific literacy, and science education. In Lederman, N. G., Zeidler, D. L., & Lederman, J. S. (Eds.), *Handbook of Research on Science Education, Volume III* (pp. 785-816). Routledge.
- Palmer, P. J. (1983). *To know as we are known: Education as a spiritual journey*. San Francisco: Harper & Row.
- Paksi, D., & Héder, M. (2022). *Guide to personal knowledge: The philosophy of Michael Polanyi: Tacit knowledge, emergence and the fiduciary program*. Vernon Press.
- Park, J. (2022). *A Study on Intersubjectivity of Michael Polanyi's 'Personal Knowledge'*. Unpublished Master's Thesis, Dongguk University, Seoul, Republic of Korea.
- Park, J., Song, J., & Abrahams, I. (2016). Unintended learning in primary school practical science lessons from Polanyi's perspective of intellectual passion. *Science & Education*, 25(1-2), 3-20.
- Polanyi, M. (1958). *Personal knowledge: Towards a post-critical philosophy*. Harper & Row.
- Polanyi, M. (1962). The unaccountable element in science. *Philosophy*, 37, 1-14.
- Polanyi, M. (1966a). *The tacit dimension*. The University of Chicago Press.
- Polanyi, M. (1966b). The logic of tacit inference. *Philosophy*, 41, 1-18.
- Polanyi, M. (1969). *Knowing and being. Essays by Michael Polanyi*. The University of Chicago Press.
- Polanyi, M. (1997). Creative imagination. In R. T. Allen (ed.), *Society, economics, and philosophy: Selected papers Michael Polanyi* (pp. 249-265). Routledge. (original work published 1966)
- Polanyi, M., & Prosch, H. (1975). *Meaning*. The University of Chicago Press.
- Polanyi, M., & Prosch, H. (1992). *Meaning*. (Kim, H., & Jeong, S. Trans.). 지적 자유와 의미. 서울: 범양사 출판부. (Original work published 1975).
- Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education. In Lederman, N. G., & Abell, S. K. (Eds.) *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (pp. 559-572). Routledge.
- Root-Bernstein, R., & Root-Bernstein, M. (1999). *Sparks of genius: The thirteen thinking tools of the world's most creative people*. Mariner Books.



- Tang, X., Coffey, J. E., Elby, A., & Levin, D. M. (2010). The scientific method and scientific inquiry: Tensions in teaching and learning. *Science Education*, 94(1), 29-47.
- Taber, K. S. (2011). Inquiry teaching, constructivist instruction and effective pedagogy. *Teacher Development*, 15(2), 257-264.
- Takaki, K. (2009). Embodied knowing: The tacit dimension in Johnson and Lakoff, and Merleau-Ponty. *Tradition and Discovery: The Polanyi Society Periodical*, 36(2), 26-39.
- Thomas Jha, R., & Price, S. (2022). Embodying science: The role of the body in supporting young children's meaning making. *International Journal of Science Education*, 44(10), 1659-1679.

- Zhenhua, Y. (2008). Embodiment in Polanyi's theory of tacit knowing. *Philosophy Today*, 52(2), 126-135.

## 저자정보

이정건(AI4STEM Education Center, University of Georgia 박사 후 연구원)  
오필석(경인교육대학교 교수)