

# 중학생의 센스메이킹 설계에서 개념적 이해는 어떻게 활용되는가? -질문 고안과 조사 과정 설계에서 논의된 인식적 준거를 중심으로-

하희수\*

서울대학교 교육융합연구원

## How Do Students Use Conceptual Understanding in the Design of Sensemaking?: Considering Epistemic Criteria for the Generation of Questions and Design of Investigation Processes

Heesoo Ha\*

Center for Educational Research, Seoul National University

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 26 September 2023

Received in revised form

24 October 2023

Accepted 5 December 2023

## Keywords:

Sensemaking, generating questions, designing an investigation process, epistemic criteria, conceptual understanding

## ABSTRACT

Teachers often encounter challenges in supporting students with question generation and the development of investigation plans in sensemaking activities. A primary challenge stems from the ambiguity surrounding how students apply their conceptual understandings in this process. This study aims to explore how students apply their conceptual understandings to generate questions and design investigation processes in a sensemaking activity. Two types of student group activities were identified and examined for comparison: One focused on designing a process to achieve the goal of sensemaking, and the other focused on following the step-by-step scientific inquiry procedures. The design of investigation process in each group was concretized with epistemic criteria used for evaluating the designs. The students' use of conceptual understandings in discussions around each was then examined. The findings reveal three epistemic criteria employed in generating questions and designing investigation processes. First, the students examined the interestingness of natural phenomena, using their conceptual understandings of the structure and function of entities within natural phenomena to identify a target phenomenon. This process involved verifying their existing knowledge to determine the need for new understanding. The second criterion was the feasibility of investigating specific variables with the given resources. Here, the students relied on their conceptual understandings of the structure and function of entities corresponding to each variable to assess whether each variable could be investigated. The third epistemic criterion involved examining whether the factors of target phenomena expressed in everyday terms could be translated into observable variables capable of explaining the phenomena. Conceptual understandings related to the function of entities were used to translate everyday expressions into observable variables and vice versa. The students' conceptual understanding of a comprehensive mechanism was used to connect the elements of the phenomenon and use the elements as potential factors to explain the target phenomenon. In the case where the students focused on carrying out step-by-step procedures, data collection feasibility was the sole epistemic criterion guiding the design. This study contributes to elucidating how the process of a sensemaking activity can be developed in the science classroom and developing conceptual supports for designing sensemaking activities that align with students' perspectives.

## 1. 서론

자연현상에 대한 설명을 구성할 수 있는 역량을 발전시키는 것은 과학교육의 주된 목표로 여겨진다(Ministry of Education, 2022; NRC, 2012). 이는 2022 개정 과학과 교육과정에서 “‘과학’ 교과에서는 (...) 자연과 일상생활에서 접하는 현상을 과학적으로 이해하는 (...) 역량 함양에 중점”(p. 5)을 둔다고 명시한 바에서 대표적으로 드러난다. ‘자연현상에 대한 설명 구성 과정’은 다양한 구인으로 논의되었다. 과학적 탐구활동이 그 대표적인 예라 할 수 있다. 과학적 탐구활동은 자연현상에 대한 지식을 구성하기 위해 이루어지는 과정을 질문 고안, 가설 설정 등의 단계로 구분하여 제시했다. 이는 지식 구성이라는

목표를 위해 이루어지는 과정을 표상한 것이나, 마치 요리책처럼 해당 절차를 수행하면 되는 것으로 단순화되어 해석된다는 점이 지적되었다(Osborne, 2014). 이에 과학자의 활동을 이루는 주된 인식적 실행을 도출하여 과학적 실행(scientific practice)으로 규명하고, 과학적 실행을 중심으로 한 과학교육이 제안되었다(e.g., NRC, 2012).

하지만 과학적 실행 기반의 교수학습 활동 또한 기존 과학적 탐구 활동 중심의 수업과 어떻게 다른지 명료하지 않다는 점에서 비판받았다(Emden, 2021; García-Carmona, 2020). 과학적 실행을 활용하여 자연현상에 대한 설명을 구성하는 것을 목표로 하는 것이 아니라 과학적 실행을 익히는 것을 목표로 한 과정으로 변형되어, 다시 한번 목표와 수단이 역전되기 때문이다(Russ & Berland, 2019). 또 다른

\* 교신저자 : 하희수 (snudunoy717@snu.ac.kr)

이 논문은 2020년도 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2020S1A5B5A16083113).

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2023.43.6.495>

한계는 여전히 많은 수업 활동에서 지식 구성 과정이 교사에 의해 미리 정해진다는 점이다. 학생의 선지식을 발전시키는 과정이 학생의 관점에서 타당한 흐름으로 이루어지지 못한다면, 학생의 지식 체계를 중심으로 이해를 고안하지 못할 수 있다는 점을 짚은 것이다.

이에 새로운 아이디어를 생산, 검증, 개선하는 과정의 설계에 학생과 함께할 것이 주장되었고(Reiser *et al.*, 2021; Sikorski & Hammer, 2017), 이를 반영한 센스메이킹 활동이 제안되었다. 센스메이킹(sensemaking)은 어떤 현상을 이해하고자 하는 목표이자 그 목표를 성취하고자 이해를 구성하는 과정에 적극적으로 참여하는 과정을 일컫는다(Cherbow & McNeill, 2022; Schwarz *et al.*, 2017). 이는 자연현상에 대해 “말이 되는(make sense)” 설명을 고안하는 것이 목표라는 점을 강조한 명칭이라 할 수 있다. 센스메이킹의 의미에서 드러나듯이, 센스메이킹 과정의 주된 특징은 학생의 기존 이해에서 비일관적이거나 모순된 점을 규명하고, 이를 개선하여 더 일관된(coherent) 지식을 고안한다는 점이다(Odden & Russ, 2019). 센스메이킹 과정에서 학생은 탐구하고자 하는 현상을 조사하고, 현상에 대한 자신의 선지식을 표상하며, 선지식을 발전시키기 위해 다루어야 할 질문을 규명하고, 새로운 아이디어를 생산, 검증, 개선하는 과정을 설계 및 수행한다(Reiser *et al.*, 2021). 센스메이킹은 자연현상에 대한 설명 고안의 목표이자 그 과정을 일컫는 용어로 혼용되는데(Odden & Russ, 2019), 본 연구에서는 센스메이킹을 목표로 이루어지는 과학 교실 속 활동을 ‘센스메이킹 활동’, 자연현상에 대해 학생의 관점에서 기존보다 더 일관된 이해와 설명을 고안하고자 하는 목표를 ‘센스메이킹 목표’, 그 목표를 이루기 위해 이루어지는 과정을 ‘센스메이킹 과정’으로 구분하고자 한다.

센스메이킹 활동에서 목표로 하는 바는 학생이 자연현상에 대한 설명을 고안하고자 하는 목표를 추구하며 그 목표를 추구하기 위한 과정을 설계하고 수행하는 것이다. 이러한 활동에서 학생이 질문 고안과 조사 과정 설계에 참여하며 나타나는 주된 어려움 중 하나는 센스메이킹 활동에서의 지식 활용에 관한 것이다. 학생이 자연현상을 관찰하고, 이와 관련하여 센스메이킹을 목표로 한 활동을 고안하는 과정에서는 다양한 지식이 활용된다. 과학자가 질문을 고안하는 과정에서 기존의 학문 지식 체계가 이론적 배경이자 자원으로 활용된다는 점(Nersessian, 2012)도 같은 맥락에 있다. 이점으로 미루어 볼 때, 학생이 자연현상에 대한 설명을 고안하는 역량의 발전을 추구하는 수업에서는 학생이 활용할 수 있는 개념적 자원을 확장할 수 있도록 도울 방안이 필요할 것이다. 하지만 센스메이킹의 목표로부터 출발한 질문 고안과 조사 과정 설계에서 개념적 이해가 어떻게 활용되는지에 관해서는 명료히 밝혀지지 못했다.

학생의 개념적 이해 활용을 탐색하기 위해서는 센스메이킹 활동 중 질문 고안과 조사 과정 설계의 과정을 탐색할 수 있는 구인이 필요하다. 많은 선행문헌에서는 이를 구체화하지 않거나 탐구활동의 단계적 구분에 의존해 왔으며, 학생의 질문을 논의에 활용하는 방안이 주목해왔다(e.g., Chin & Brown, 2002; Chen & Techawitthayachinda, 2021). 예를 들어, Chen & Techawitthayachinda(2021)는 학생의 사고에서 비일관적인 부분 혹은 학생의 질문을 이끌어내고, 이에 대해 즉각적인 답 도출을 지연하고 다양한 자원을 수집하고 논의하도록 돕는 지원 전략을 제안한 바 있다. 이러한 교수 전략은 센스메이킹 활동에서의 일반적인 교수 전략을 제안하나, 센스메이킹 과정 설계에서의 구체적인

개념적 이해 활용 과정을 탐색하는 데 활용하기 어렵다는 한계를 지닌다.

본 연구는 센스메이킹 활동에서 질문 고안과 조사 과정 설계를 검증하는 인식적 준거(epistemic criteria)를 도출하고, 인식적 준거에 따라 센스메이킹 과정을 설계, 검토, 발전시키기 위해 학생의 개념적 이해가 어떻게 활용되는지 탐색하고자 한다. 인식적 준거는 주로 지식 주장의 타당성을 검증하는 준거를 일컫는 용어로 활용되었다(Baze *et al.*, 2023; Duncan *et al.*, 2014; Hogan & Maglienti, 2001; Pluta *et al.*, 2011). 인식적 준거의 예로는 일관되며 명료한 개념을 활용한 지식 주장 표상, 실증적 근거와의 정합성, 논리적 일관성, 지식의 설명 가능성(explanatory scope) 등이 있다(Hogan & Maglienti, 2001; Pluta *et al.*, 2011). Pluta *et al.*(2011), Sampson *et al.*(2010)은 인식적 준거를 활용함으로써 학생이 자신이 고안한 설명을 검토하도록 지원할 수 있다고 논했다. 하지만 자연현상에 대한 센스메이킹 과정에서 데이터 기반의 추론 과정에 대한 검토만 이루어지는 것은 아니다. 또 다른 주된 검토 대상으로 센스메이킹 과정이 있다(Baze *et al.*, 2023; Duncan *et al.*, 2018; Samarapungavan *et al.*, 2006). Duncan *et al.*(2018)은 데이터 생산 과정의 정교성이 그 데이터를 기반으로 도출된 지식 주장의 타당성을 검증할 때 고려해야 할 주요 사항임을 논했다. 이는 자료 조사 과정 설계에 대한 인식적 준거를 논할 필요성을 시사한다. Baze *et al.*(2003)은 센스메이킹 과정을 검토하는 준거의 예로 다른 이들과의 협력 가능성을 제시하여, 지식 구성의 사회적 측면을 검토 준거로 포함시킬 수 있음을 보이기도 했다. 이러한 선행 문헌을 바탕으로 하여, 본 연구에서는 센스메이킹 활동의 조사 과정 설계에서 활용되는 검토 준거를 인식적 준거의 개념으로 논하고 밝히고자 한다.

학생이 센스메이킹 과정을 설계할 때 특정 아이디어를 선정하고 검토하는 인식적 준거를 규명함으로써, 해당 논의 과정을 구체적으로 탐색할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 인식적 준거의 개념은 학생이 센스메이킹 과정을 설계하는 주체로 역할 할 수 있도록 지원하는 방안을 고안하는 데 활용될 수도 있을 것이다. 학생이 스스로 아이디어를 검토할 수 있는 준거 없이 지식 구성 과정을 주도하는 경우, 그들의 아이디어를 검증하기 어려워 교사에게 검토받는 모습으로 회귀하는 모습을 보이곤 한다. 이때 학생이 활용 가능한 인식적 준거를 제안함으로써 학생 중심의 논의 전개를 지원할 수 있을 것이다.

정리하자면, 본 연구에서는 센스메이킹 목표를 이루기 위한 과정 설계에서 학생의 개념적 이해가 어떻게 활용되는지를 탐색하고자 했다. 이를 명료히 드러내고자, 센스메이킹의 목표에서 출발한 학생의 질문 고안 및 조사 과정 설계가 명료히 드러난 사례를 과학적 탐구활동을 단순화된 절차로 해석하여 수행한 사례와 비교하였고, 두 사례의 센스메이킹 설계 과정을 인식적 준거의 개념으로 구체화하여 탐색했다. 구체적인 연구 질문은 다음과 같다.

첫째, 센스메이킹 활동과 단순화된 탐구 활동의 질문 고안과 조사 과정 설계에서 어떠한 인식적 준거가 활용되었는가?

둘째, 두 유형의 활동에서 학생의 개념적 이해는 각 인식적 준거를 중심으로 어떻게 활용되었는가?

## II. 센스메이킹 활동에서 질문 고안과 조사 과정 설계 중 활용되는 지식의 유형

센스메이킹 활동에서 질문을 고안하고 조사 과정을 설계하며 다양한 개념적 이해가 활용된다. 특히 센스메이킹 과정에서 과학 개념은 단순히 추상적인 개념 간 관계로서만 활용되는 것이 아니라, 현상으로부터 데이터를 수집하고 분석하며 다양한 유형의 지식으로 이어진다(Manz, 2012; Santini *et al.*, 2018; Rheinberger, 1997). 본 연구는 센스메이킹에서 개념적 지식과 관련된 여러 유형의 지식을 체계화하고, 이 체계를 바탕으로 개념의 활용을 탐색하고자 한다. 지식의 유형을 그 인식론적 특성에 따라 구분하면, 개념적 지식, 절차적 지식, 사실적 지식, 메타인지적 지식으로 구분할 수 있다(Anderson & Krathwohl, 2001; de Jong & Ferguson-Hessler, 1996; Rittle-Johnson & Koedinger, 2005; Vaughn *et al.*, 2000). 여기서 인식론적 특성에 따라 구분함이란, 센스메이킹과 같은 인식적 활동에서 특정 지식이 어떠한 기능을 하는지에 따라 해당 지식의 유형을 구분 지었음을 의미한다(de Jong & Ferguson-Hessler, 1996). 본 연구에서는 자연현상에 대한 설명 구성을 위해 학생이 개념적 이해를 활용하여 그 구성 과정을 설계하고 기존의 이해를 발전시키는 것과 직접적으로 관련된 개념적, 절차적, 사실적 지식의 영역에 주목한다. 그리고 본 연구에서는 정형화된 산물로서의 의미를 지니는 지식보다도 학생이 구성한 이해를 논하고자(e.g., Osborne, 2014) 각 영역에서의 학생 ‘이해(understanding)’에 주목했다. Figure 1은 본 연구에서 활용한 지식의 유형에 대한 틀을 간략히 제시한다.

개념은 유사한 아이디어, 대상, 사건 등에 대한 유형화된 표상을 의미하며, 개념적 이해(conceptual understanding)는 그러한 개념, 개념들 간의 관계와 체계에 관한 이해를 의미한다. 개념적 이해는 자연현상을 이해하고 설명을 고안하며, 문제 상황을 이해하고 해결책을 도출하기 위한 전략을 세우는 등 인식적 과정 전반에 걸쳐 활용된다. 절차적 이해(procedural understanding)는 ‘어떻게’ 행할 수 있는지에 대한 이해로, 기술, 습관 등에 대한 암묵적·명시적 지식을 포괄한다. 본 연구에서는 특히 과학에서의 대표적인 절차적 지식이라 할 수 있는 과학적 실험(Erduran *et al.*, 2021)에 주목한다. 과학적 실험에는 과학적 모형구성활동, 논변활동뿐 아니라 흔히 실험에서의 ‘기술(skill)’로 여겨지는, 자료 수집 및 분석을 위한 실험 또한 포함된다. 과학적 실험은 개념적 이해와 별개의 영역이 아니라, 과학적 개념, 특정 학문의 이론 체계와 밀접히 연관된다(Erduran *et al.*, 2021; Manz, 2012; Santini *et al.*, 2018; Rheinberger, 1997). 어떠한 과학적 개념을 학습하는 과정은 문장으로 기술된 그 개념의 정의를 이해하는 것이 아니라, 센스메이킹을 위한 과정에서 그와 관련된 과학적 실험

의 수행을 학습하는 것을 포괄한다고 할 수 있다. 사실적 이해(factual understanding)는 실증적으로 현상을 관측하여 얻은 데이터와 같은 기록이나 정보를 의미한다. 사실적 지식과 개념적 지식을 합쳐서 하나의 유형으로 보는 관점도 있으나(e.g., de Jong & Ferguson-Hessler, 1996), 본 연구에서는 추상화된 개념에 관한 이해가 어떻게 활용되는지를 보다 중점적으로 탐색하고자 했으므로 둘을 서로 다른 유형의 지식으로 구분 지었다. 센스메이킹 과정에서는 과학 개념이 추상적인 개념으로서뿐만 아니라 그 개념을 관측하기 위한 절차적 지식, 관측 결과 얻은 사실적 지식 등으로 다양한 영역의 지식으로 연계되어 활용된다(Vaughn *et al.*, 2000; Star, 2013). 또한 사실적 이해를 기반으로 한 추론을 거쳐 개념적 이해가 수정되거나 새로운 개념적 이해가 구성될 수도 있을 것이다.

개념적 지식은 존재론적(ontological) 특성에 따라 하위 유형으로 구분될 수 있다(Chi *et al.*, 1994; Ford, 2004). 존재론적 특성에 따라 구분한다는 것은 개념이 지칭하는 대상이 어떠한 성질의 실체(entity)인가에 따라 구분함을 의미한다. 예를 들어, 어떤 대상의 구조를 일컫는 개념은 그 대상의 움직임에 대한 개념과 구분된다. 센스메이킹에서 다루는 개념의 존재론적 특성에 따라 해당 개념을 활용하는 과정에서의 추론, 자료 수집 및 분석 방법이 달라질 수 있다(Chi *et al.*, 1994; Rittle-Johnson & Koedinger, 2005; Sáenz, 2009). 이는 존재론적 특성에 따라 활용되는 사실적 지식과 절차적 지식이 달라질 수 있음을 암시한다. 존재론적 특성에 따라 개념은 구조, 기능, 기작에 관한 개념으로 구분할 수 있다(Buckley, 2000; Chi *et al.*, 1994; Jeong *et al.*, 2017). 구조(structure)란 탐구 대상(entities)의 물리적 구조 및 구성요소, 위치, 생물체의 종류에 관한 것을 의미한다. 예로는 줄기의 구조, 식물체의 구조가 있다. 기능(function)이란 생물을 구성하는 하나의 요소 혹은 요소들의 역할, 성질을 의미한다. 예로는 물관의 역할, 토양의 pH 등이 있다. 기작(mechanism)이란 대상(entities)의 움직임, 여러 대상들이 복합적, 집합적으로 작동하여 나타나는 움직임이나 현상에 관한 개념을 일컫는다. 기작에 해당하는 개념의 예로는 광합성, 유전이 있다. 개념적 이해가 반드시 구조, 기능, 기작의 세 가지 유형에 속하는 것은 아니다. 이밖에도 Ford(2004)는 생태계 시스템의 구조와 성질을 통합적으로 설명하는 데에 활용되는 개념인 통합적 개념(integrative concept)의 유형을 제시하기도 했다. 본 연구에서는 중학생이 센스메이킹 활동에서 질문 고안과 조사 과정 설계에서 활용된 개념에 초점을 맞추었기에, 그 과정에서 활용된 구조, 기능, 기작에 관한 개념에 관한 학생의 개념적 이해에 주목했다.

본 연구는 이러한 틀을 바탕으로 하여, 센스메이킹의 목표에서 출발한 활동 사례와 단순화된 절차 수행으로 진행된 활동 사례를 비교하여 탐색하고자 한다.

## III. 연구 방법

본 연구는 질적 사례 연구 방법(Merriam, 2009)을 바탕으로 이루어졌다. 연구에서 분석한 자료는 학생의 인식적 행위주체성을 지원하는 교수 전략 도출을 목표로 한 연구 프로젝트에서 수집된 것이었다. 이 프로젝트에서는 학교 교단의 생태 현상에 대한 센스메이킹 활동을 중학교에 도입했다(Ha & Choi, 2022). 도입한 활동에서는 학생들에게 센스메이킹의 목표를 소개하고 조별로 활동을 설계하도록 안내되었는데, 학생들의 조별 설계 과정이 다양하게 나타났다. 이에 본 연구

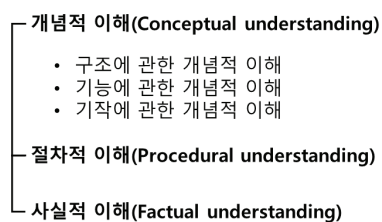


Figure 1. Domains of student understanding used in sensemaking of natural phenomena

는 각 조의 활동 사례를 비교 탐색하여 센스메이킹의 활동 중 질문 고안과 조사 과정 설계의 특징을 드러내고자 하였다.

1. 연구 맥락

가. 연구참여자

본 연구에서 분석한 센스메이킹 활동은 서울시 소재의 남자 중학교에 도입되었다. 비교적 시간과 자원의 제약이 적은 환경에서 센스메이킹 활동이 이루어질 수 있도록, 해당 활동은 과학 동아리에 도입되었다. 이 동아리에서는 과학·기술 분야의 다양한 주제와 관련된 실험, 핸즈온(hands-on) 활동을 진행하고 그와 관련된 발표와 논의가 이루어지고 있었다. 동아리 담당 교사는 과학교육 분야의 박사 학위를 소유한 교사로, 과학적 실험 기반의 수업을 운영하고 연구한 경향이 있었다. 연구자는 공동 교수(co-teaching)에 참여했다.

과학 동아리원인 학생 29명이 본 연구에 참여했다. 연구 시작 전 학생들에게 연구에 대해 안내했으며, 학생의 동의를 받아 연구가 진행되었다. 센스메이킹 활동이 도입되기 전부터 학생들은 4~5명씩, 전체 여섯 조를 구성하고 있었다. 조는 학생들 간 사회적 관계를 고려하면서도 1학년부터 3학년 학생들이 고루 섞이도록 구성된 것이었다. 본 연구에서는 여섯 조에서 이루어진 활동 과정을 분석하여, 그중 센스메이킹의 목표를 반영한 활동 과정이 분명히 드러나는 조와 탐구 활동의 단순화된 절차 수행으로 활동이 진행된 조에 주목했다. 두 조는 각각 조1, 조2로, 각 조에 속한 학생들은 알파벳을 활용하여 학생1A, 학생1B와 같이 코드화했다. 1조와 2조에 속한 학생들의 학년은 Table 1과 같다.

나. 센스메이킹 활동

본 연구에서 탐색한 센스메이킹 활동은 과학 수업에서 학생의 인식적 행위주체성을 지원하는 교수 전략을 모색하고자 설계 및 도입되었다(Ha & Choi, 2022). 전체 활동은 8차시에 걸쳐 이루어졌으며, 2021년 6월 말부터 9월 초 사이에 도입되었다. 각 차시는 블록타임(1차시당 90분)으로 운영되었다. 활동이 도입되기 전, 연구자는 교사와 여러 차례에 걸쳐 논의하며 센스메이킹 활동 과정을 조율했으며, 매 차시

Table 1. Grade levels of middle school students in Group 1 and Group 2

조	학생	학년
1조	1A	2학년
	1B	2학년
	1C	3학년
	1D	1학년
	1E	1학년
2조	2A	2학년
	2B	2학년
	2C	3학년
	2D	1학년
	2E	1학년

전후로도 논의를 통해 다음 차시 활동 과정을 조율했다. 센스메이킹 활동의 전반적인 진행 과정은 Figure 2와 같다. 1차시 초반에는 센스메이킹 활동 전반을 소개하며 ‘학교 생태계에 대한 설명 고안하기’라는 목표를 제시했다. 이때 센스메이킹의 목표를 안내하고, 이 목표를 중심으로 한 활동이 이루어지길 기대한다는 점을 전달했다. 그다음 학생들이 교내 생태계를 관찰하고 생태계를 묘사하는 과정이 2~3차시에 걸쳐 이루어졌다. 3차시 후반에는 조별로 조사한 교내의 다양한 생태 현황에 대해 발표하며 수업이 마무리되었다. 4~7차시에는 조별로 그들이 관찰한 교내 생태계에 관하여 구체적인 질문을 고안하고, 그 질문에 대해 근거 기반의 설명을 고안하는 과정을 설계 및 수행하도록 안내되었다. 8차시에는 4차시부터 이루어진 센스메이킹 과정과 그 결과를 발표하며 활동이 마무리되었다. 각 조에서 선정한 활동 주제는 Table 2과 같다.

2. 자료 수집

본 연구에서는 학생의 인식적 행위주체성을 지원하는 교수학습 전략 구축을 목표로 한 연구에서 수집된 자료를 활용했다. 주로 활용한 자료는 조별 활동의 녹화본, 녹화 내용에 대한 전사본이었다. 녹화본과 전사본에는 각 조의 논의 과정, 교사의 지원 발화, 학생 산출물 등이 기록되어 있었다. 또한 학생이 교실 밖에서 진행한 활동 과정을 녹화하거나 촬영한 자료, 학생 산출물을 기록한 사진이 보조 자료로

활동 목표	활동 1: 자연현상 묘사하기			활동 2: 어떻게, 왜 그러한 자연현상이 나타났는지 설명하기				
활동 단계	1-1. 활동 도입	1-2. 자료 수집 및 자연현상에 대한 묘사		2-1. 질문 고안, 조사 방법 계획, 조사 수행하여 자료 수집 및 분석			2-2. 최종 설명 구성 및 발표	
차시	1차시	2차시	3차시	4차시	5차시	6차시	7차시	8차시

Figure 2. A sequence of the sense-making activity implemented in a science club

Table 2. Topics of activities conducted in 6 groups

조	활동 주제
1조	학교 교단의 한 구역에서 네잎클로버의 빈도가 높게 관찰된 이유
2조	공벌레와 토양의 pH, 전기전도도 간의 관계
3조	학교 교단에서 발견된 콩알의 색깔이 다른 이유, 버섯이 발견된 환경의 특징
4조	경사진 토양의 pH가 높이에 따라 달라지는 이유
5조	학교 교단의 한 구역에서 꽃범의꼬리가 많이 관찰된 이유
6조	낙엽의 분포와 대형무척추동물의 관찰 빈도 간의 상관관계



활용되었다. 이 밖에도 5차시 직후와 활동이 끝난 후에 이루어진 학생 인터뷰 녹음 전사본, 매 차시 수업 직후 이루어진 연구자와 교사 간 논의 전사본도 자료 분석 과정에서 보조 자료로 활용되었다.

### 3. 자료 분석

자료 분석을 위해 먼저 자료를 전체적으로 살펴보고 각 조의 활동 과정을 정리했다. 이때 각 조에서 학생들이 주로 논의하는 주제에 따라 활동 단계를 구분했으며, 활동 단계의 예로는 ‘센스메이킹 질문과 탐구 현상 정하기’, ‘현상 설명에 활용할 기작에 관한 개념적 이해 구체화’, ‘변인 명료화 및 현상 재관측’이 있다. 그다음 분석 과정에서는 학생이 질문을 고안하고 센스메이킹 과정 혹은 정해진 절차에 따른 탐구활동을 설계하는 단계에 초점을 맞추었다. 그리고 각 조의 활동 과정이 센스메이킹의 목표를 중심으로 구성되었는지, 단순화된 탐구활동의 절차를 수행하고자 진행되었는지 분석했다. 이는 조별 학생들이 어떻게 다음 활동 단계를 정하고 전개해 나갔는지 논의한 바를 바탕으로 분석되었다. 예를 들어, 4조에서 센스메이킹 활동의 주제를 정하는 과정 중 “세 개(의 탐구 주제) 중에 pH기(토양의 pH에 관한 것이) 제일 간단하지 않을까?”(4차시 323행), “확실히 실험을 할 수 있는 걸 하는 게 낫지”(5차시 23행)와 같은 발화는 단순화된 탐구활동의 단계 중 하나로서 실험을 수행하여 탐구 절차를 빠르게 수행하는 것을 목표로 한 것으로 해석되었다. 반면 학생들이 교단에서 관찰한 경사면 구역의 특성을 반영하여 모델을 만들기 위해 해당 구역의 각도, 너비, 높이 등을 측정하고자 조사 계획을 세우는 과정은 센스메이킹을 목표로 한 것으로 해석되었다. 즉, 조사 또는 실험 과정이 탐구하는 질문에 대한 답을 고안하고자 설계 또는 수행되는 것으로 해석되었다. 4조와 같이 두 유형의 활동이 지니는 특성을 모두 보인 조도 있었으며, 이러한 경우에는 활동 단계별로 활동의 유형을 구분했다.

그다음 분석 과정은 조별 활동 전사본을 주로 살펴보고, 설계에 활용된 인식적 준거를 도출하는 것이었다. 선행문헌(Baze *et al.*, 2023; Duncan *et al.*, 2014; Hogan & Maglienti, 2001; Pluta *et al.*, 2011)에서 인식적 준거는 지식 주장의 타당성을 검증하는 준거로 정의되었다. 이점을 바탕으로 하여, 센스메이킹 활동의 조사 과정 설계에 활용되는 인식적 준거를 질문에 대한 답을 고안하는 데 필요한 자료를 조사하는 과정을 설계하며, 해당 질문과 조사 과정 계획을 검토하는 준거로 바라보았다. 이러한 의미에서의 인식적 준거를 도출하기 위해 조별 활동 전사본에서 학생과 교사의 논의를 검토하며 인식적 준거에 관한 사항을 코딩했다. 구체적으로, 학생들이 특정 질문을 탐구하기로 결정하거나 수정·발전시킨 이유, 특정 방식으로 데이터를 수집하거나 분석하기로 결정한 이유를 코딩했다. 예를 들어, 앞서 제시한 4조에서 나타난 “확실히 실험을 할 수 있는 걸 하는 게

낫지”의 발화는 실험 수행 가능성을 탐구할 질문 고안의 준거로 제안하였음을 보여주는 대표적인 예이다. 코딩 후에는 그 결과를 모아서 비교하며 그 유형을 구분하여 이를 인식적 준거로 최종 도출했다 (Glaser & Strauss, 1967).

다음 분석 과정은 각 인식적 준거를 중심으로 한 논의에서 과학적 개념이 어떻게 활용됐는지 도출하는 것이었다. 이를 위해 활동 전사본을 주로 살펴보고, 교사와 학생의 논의에서 드러나는 학생의 개념적 이해, 과학적 개념을 코딩했다. 이때 앞서 II. **센스메이킹 활동에서 질문 고안과 조사 과정 설계에 활용되는 지식의 유형**에서 기술한 틀을 바탕으로 하여, 전사본에서 개념적, 절차적, 사실적 이해에 해당하는 바를 코딩했다. 그리고 개념적 이해는 구조, 기능, 기작에 관한 것으로 세분화했다. 다음으로 구조, 기능, 기작에 관한 개념적 이해가 센스메이킹 과정을 설계하면서 어떻게 활용되었는지 분석했다. 이때 각 인식적 준거를 바탕으로 한 논의에서 사실적, 개념적, 절차적 이해가 어떻게 센스메이킹 과정 설계에 기여하는지, 구조, 기능, 기작에 관한 개념적 이해가 유형별 개념적 이해의 활용이 사실적 이해나 절차적 이해와 어떻게 연관되는지 탐색했다. Table 3는 각 유형의 이해에 대한 설명을 간략히 제시하며, Table 4은 전사본을 바탕으로 한 코딩의 예를 보여준다.

조별 활동 분석을 완료한 뒤, 센스메이킹의 목표를 중심으로 한 활동과 정해진 절차 수행의 목표를 중심으로 이루어진 활동에서의 분석 결과가 잘 드러나는 사례를 선정했다. 각 유형의 활동이 잘 드러나는 사례를 선정한 것은 두 유형의 활동에서 인식적 준거와 개념적 이해가 어떻게 다르게 활용되는지를 비교하여, 센스메이킹의 목표를 중심으로 한 활동에서의 인식적 준거와 개념적 이해 활용이 지니는 특성을 드러내기 위함이었다. 본 논문의 연구 결과에는 선정된 대표 사례를 제시했다. 각 사례에 대한 기술은 활동 단계별 진행 과정, 인식적 준거와 개념적 이해의 활용이 드러나도록 기술했다. 두 사례를 기술한 뒤, 이를 바탕으로 센스메이킹 과정 설계에서의 인식적 준거와 개념적 이해의 활용에 대한 분석 결과를 정리하여 논했다.

분석의 신뢰도를 확보하기 위해 연구에서 수집된 조별 활동의 녹화본, 학생 인터뷰, 학생 산출물, 교사 간 논의 전사본을 반복적으로 검토하며 해당 자료들로 각 조의 활동 단계, 인식적 준거, 학생의 이해 활용 과정에 관한 연구 결과가 뒷받침되는지 점검했다(Merriam, 2009; Miles *et al.*, 2014). 그리고 연구 결과에 제시한 두 사례의 대표성을 확인하기 위해 두 사례에서 도출된 인식적 준거와 학생의 이해 활용에 관한 분석 결과가 다른 네 조에서 도출된 분석 결과를 포괄하는지 검토했다(Miles *et al.*, 2014).

## IV. 연구 결과

이번 장에서는 센스메이킹 활동 중 질문 고안과 조사 과정 설계에

Table 3. Explanations of three domains of student understandings used in sensemaking of natural phenomena

센스메이킹에 활용되는 이해의 영역	설명
개념적 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>유사한 아이디어, 대상, 사건 등에 대한 유형화된 표상, 그 표상들 간의 관계와 체계에 관한 이해</li> <li>존재론적 특성에 따라 구조, 기능, 기작에 관한 개념적 이해로 구분될 수 있음</li> </ul>
절차적 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>‘어떻게’ 행할 수 있는지에 관한 기술, 습관 등의 암묵적·명시적 지식</li> </ul>
사실적 이해	<ul style="list-style-type: none"> <li>실증적으로 현상을 관측하여 얻은 데이터와 같은 기록이나 정보</li> </ul>

Table 4. An example of coding of student understandings from the transcript (Group 4, Lesson 5)

행	발화자	발화	개념적 이해	절차적, 사실적 이해
239	4A	아 일단 실험을 해야 된다는 것 같은데		
240	4B	아, 매미가.. 그 마른 가지? 이런 데에서, 나뭇가지 같은 데서 산란을 해가지고	구조 - 매미, 뽕나무	사실적 이해 - 뽕나무 앞에서 발견된 매미
241	4A	근데 다 앞에 있지 않았어? 뽕나무 앞에 뭐가 있나, 그림?	(기작에 관한 개념적 이해를 묻는 질문)	
242	4B	그래가지고, 그런 데 산란을 해서 올라가.	기작 - 매미가	
243	4B	(핸드폰 검색)	(뽕)나무에서 어떻게	
244	4B	매미가, 나무의 결을 이루면서 살아가는데, 그래서 그 산란을 하면 나뭇가지가 말라 죽는데. (...)	살아가는지	
266	4A	실험하기에는 pH가 솔직히 제일 적합하긴 해. 수조에다가 뭐 경사를 이렇게 된 흠에다가 물을 뒀 하거나 그런 식으로 하면..	기능 - 토양의 pH, 토양의 경사도	절차적 이해 - 토양의 pH 측정 방법, 탐구하는 구역의 토양 경사도를 반영한 모델 고안 방법
267	4B	아니면 그냥 우리가 가설을, 경사에 햇빛이나 비 등이 다르게 영향을 주었을 것이라고 정했습니다. 그래서 햇빛이나 비에서만 실험을 진행을 해보면 되지 않을까?	기능 - 광도, 토양의 습도 기작 - 경사진 구역의 높이별로 토양의 pH가 다르게 나타난 이유	절차적 이해 - 광도 측정 방법, 토양의 습도 측정 방법
268	4A	이게 근데 영향이 아까 보니까 정해져 있잖아.		
269	4B	그니깐 그 중 몇 개를 골라서 하는 거지.		
270	4A	가능성 있는 거.		
271	4B	어.		

(( )) : 녹음 기록이 잘 들리지 않는 부분

(...) : 전사본 내용 중략

서 인식적 준거와 개념적 이해의 활용이 잘 드러난 사례를 먼저 제시 하고, 연구 질문을 중심으로 한 분석 결과를 논하고자 한다.

## 1. 사례별 인식적 준거와 과학 개념의 활용

### 가. 사례 1: ‘네잎클로버의 빈도가 높게 관찰된 이유’에 관한 센스메이킹 활동

#### 1) 센스메이킹 질문과 탐구 현상 정하기

학생들은 1~3차시 동안 학교 교단에서 직접 어떤 생물들이 있는지 관찰했다. 4차시부터 8차시 동안 이루어진 센스메이킹 활동은 탐구할 현상을 찾아보자는 교사의 안내와 함께 시작되었다. 교사의 안내에 1조 학생들은 그들이 학교에서 어떤 생물들을 보았는지 공유하고, 그중 앞으로 탐구할 대상을 정했다. 탐구 대상으로 거론된 생물로는 네잎클로버, 닭의장풀, 민들레 등이 있었다. 그중 학생들은 네잎클로버에 관한 현상을 탐구하기로 했는데, 그 이유는 그들이 조사한 구역에서 유난히 네잎클로버가 많이 발견된다는 점이 흥미로웠기 때문이었다. 다른 생물들에 관한 탐구를 발전시키지 않은 이유는 “(관측) 정보가 없”어서(4차시 112행), “(조사하기에) 적당한 규모”(5차시 341)의 탐구가 아닐 것으로 예상되어서였다. 그들은 조사한 구역에서 네잎클로버의 빈도가 유난히 높은 것이 맞는지 확인하기 위해 일반적으로 네잎클로버가 나타나는 빈도를 인터넷에서 검색했다. 학생1A의 발화 “근데 네잎클로버가 많은 걸 어떻게 설명해? 원래 1/10,000 이어야 하잖아.”(4차시 182행)는 그들이 인터넷에서 네잎클로버를 찾을 빈도가 ‘원래 1/1000’이라는 점을 확인하였음을 드러낸다. 이 질문을

기점으로 1조 학생들은 왜 그들이 조사한 지역에서 네잎클로버가 많이 나온 것인지 설명하기 위한 센스메이킹 과정을 시작했다.

학생들이 인터넷으로 ‘원래’ 네잎클로버가 관찰된 확률에 대해 검색한 점은 설명을 고안할 현상을 정하는 과정에서 그들이 주목한 현상이 아직 설명된 바가 없는지 확인했음을 의미한다. 즉, 학생들은 단순히 그들이 관심 있는 것을 넘어서, 자신의 기존 지식과 인터넷으로 검색한 지식으로는 설명할 수 없기에 해당 현상에 대해 새로운 설명을 고안할 필요성을 느낀다는 의미에서 흥미로운 현상인지 검토했다. 검토 과정에서 조사한 정보와 교단에서 관측한 네잎클로버의 빈도는 사실적 지식에 해당한다. 학생들이 직접 학교 교단에서 네잎클로버의 높은 빈도를 파악하는 과정에서는 네잎클로버의 구조에 관한 개념적 지식을 바탕으로 관측이 이루어졌으며, 관측 과정에서 네잎클로버 관측에 관련한 절차적 지식이 활용되었다. 네잎클로버의 분포에 관한 지식은 구조에 관한 개념적 이해에 해당하며, ‘왜 네잎클로버가 많이 나타났는가?’라는 질문은 기작에 관한 개념적 이해를 고안하고자 하는 질문에 해당한다.

#### 2) 현상 설명에 활용할 기작에 관한 개념적 이해 구체화

학생1A의 “근데 네잎클로버가 많은 걸 어떻게 설명해?”라는 질문 직후, 학생1C는 “일부로 심어놓은 거 아냐?”(183행)라며 인위적인 네잎클로버 분포 조성의 가능성을 제기했다. 학생1B는 “찾아봐. 네잎클로버가 많이 존재하는 게 어떤 의미인지?”(184행)라고 덧붙이며, 주변 환경의 영향을 받았을 가능성을 제기하고, 다시 다른 문헌을 검색하여 설명을 찾아내고자 시도했다.

학생1A는 교사에게 그들이 인터넷에서 검색한 정보를 설명하며

도움을 요청했다. 학생1A는 네잎클로버가 토양이 오염되어 나타난 것이라는 정보를 찾았다고 설명했고, 교사는 “토양이 오염된 거래?”(194행), “너희들의 예상인 거야?”(197행)라며 구체적으로 어떠한 정보를 찾았고, 정보를 바탕으로 학생들이 고안한 가설은 무엇인지 명료화하길 촉구했다. 그러자 학생1A는 “이상한 게, (조사한 구역의 토양의) pH는 7, 그냥 중성.. 어떻게 해석해야 될까요?”(200행)라고 물었다. 이 질문은 토양의 pH 변화가 ‘네 개의 잎’이라는 클로버의 형질 발현에 영향을 미쳤을 것이라는 생각을 전제로 한 것이었다. 이에 교사는 아래 대화에 제시된 것처럼 “네잎클로버가 돌연변이라고 생각하는 거야?”(201행), “(토양이) 오염된 게 pH로 나타날 수도 있겠지. 네잎클로버가 변이라는 거는, 그러면 오염이 되면 DNA가 변화해서 변이체가 많이 나타난다고 생각하고 있는 거야?”(205행)라고 질문했다. 교사는 질문을 통해 학생들이 토양의 pH에 주목하는 이유를 명시적으로 이끌어내고, 학생들이 ‘돌연변이의 발생 기작’에 대한 개념적 지식을 바탕으로 설명을 고안하려 함을 스스로 명료화할 수 있도록 지원했다.

201. 교사: (...) 네잎클로버가 돌연변이라고 생각하는 거야?  
 202. 학생1A: 아니, (...) 그런데 이상하게, (토양의) pH는 7이예요.  
 203. 교사: pH 7은 오염이 안 된 거야?  
 204. 학생1A: 아뇨. 그냥 산성도를 얘기하는 거겠조.  
 205. 교사: 산성도야? (( )) (토양이) 오염된 게 pH로 나타날 수도 있겠지. 네잎클로버가 변이라는 거는, 그러면 오염이 되면 DNA가 변화해서 변이체가 많이 나타난다고 생각하고 있는 거야?”

-1조 4차시 전사본 중

위 대화에서 교사는 학생들이 토양의 pH에 주목하는 이유를 질문함으로써, 학생들이 토양의 pH를 토양의 오염 판단 척도로 해석하고자 함을 명료화했다. 이처럼 토양의 오염을 판단할 수 있는 척도를 모색한 이유는 돌연변이의 발생 기작과 연관 지어 네잎클로버의 높은 빈도를 설명할 수 있는 원인을 찾고 있었기 때문이었다. 교사의 지원에 뒤이은 학생들 간 논의에서는 네잎클로버를 돌연변이로 볼 것인지, 돌연변이라면 토양의 pH 이상이 그러한 돌연변이 유발에 영향을 미친 요인이 맞을지 여부가 다뤄졌다. 학생들이 가설 고안을 통해 센스메이킹 활동 설계를 진전시키는 데에 어려움을 겪고 있다는 것을 목격한 교사는 다시 학생들에게 다가가서, “이게(네잎클로버가) pH의 영향이야, 유전이야, 아니면 뭐 복합적이야? 아니면 다른 영향이 있을까? 이런 걸 같이 논의해봐.”(5차시 345행)라고 제안했다. 이어서 학생1B는 다른 조원들에게 “이게 pH 때문인가? 이거잖아, 우리 질문이. (...) 왜 pH가 아니고 유전 때문이라고 생각하지 않는가? (...) 이걸 조사해보고”(5차시 357, 359행)라고 얘기하며, ‘네잎클로버의 높은 빈도가 외부 환경으로 인해 돌연변이가 일어났기 때문’과 ‘네잎클로버 형질이 유전적으로 부모 세대에서 많이 전달되어 발현되었기 때문’이라는 설명을 가설로 설정할 것을 제안했다. 이러한 제안에 뒤이어, 학생들은 네잎클로버가 돌연변이인지를 검색하고, 검색 결과를 바탕으로 클로버의 ‘네 개의 잎’은 “환경 요인”에 의해 일어나는 “일시적 기형 현상”(401, 411행)이라는 설명을 고안했다. 그리고 그들이 네잎클로버를 외부 요인에 의해 유발된 ‘돌연변이’로 바라보고 있음을 명료화 하고, 돌연변이 유발 요인을 찾는 조사가 필요함을 도출했다. 이는 “환경변이라는 건 결국 물이나 토양이 이상하다는 것.. 말이

되겠지.”(422행), “토양이 왜 이상한지 이걸 찾아야지. 아, 거기까지만 하면 완벽해.”(424행)라는 발화에서 드러났다.

이 단계에서 학생들은 ‘왜 네잎클로버가 많이 나타났는가?’라는 질문에 대해 답이 될 수 있는 기작에 관한 잠정적인 개념적 이해를 고안했다. 이 과정에서 학생들은 토양의 pH라는 기능에 관한 개념적 이해, 그리고 그들이 측정한 토양의 pH 수치, 즉 사실적 이해에 먼저 주목했다. 교사는 학생들이 해당 이해에 주목한 이유를 물으며, 그 기능에 관한 개념적 이해를 잠정적 변인으로 삼아 현상을 설명하는데 활용할 수 있도록 돌연변이 발생 기작에 관한 개념적 이해에 주목하게 지원했다. 뒤이은 논의에서 학생들은 그들이 생각하는 ‘돌연변이 발생’이란 자연적으로 일어난 것이 아니라 외부 환경 요인에 의해 돌연변이가 일어났을 가능성을 의미하는 것임을 명료화했다.

학생들이 처음 토양의 pH에 주목한 데에는 클로버에 영향을 줄 수 있는 환경 요인으로 토양에 주목한 점, 1~3차시에 교사가 토양의 대표적인 특성으로 pH를 측정해오기를 권한 점이 영향을 미친 것으로 분석된다. 교사의 지원에 이어 돌연변이의 발생에 대한 이해를 명료화하며, 토양의 pH는 단순 관련 요인이 아니라 ‘네 개의 잎’이라는 형질이 외부 환경으로 인해 유발되었을 가능성을 암시하는 지표로 해석될 수 있었다. 즉, 가설 고안을 위한 보다 포괄적인 기작을 규명함으로써, 학생들은 그에 관한 개념적 이해를 그들이 앞서 일상 용어로 표현했던 바를 관측 가능한 변인으로 연결 짓고, 그 연결이 타당한지 검토하려는 시도로 나아갈 수 있었다.

### 3) 변인의 명료화 및 현상 재관측

학생들은 돌연변이의 발생 기작에 대한 이해를 바탕으로 탐구 현상에 관한 자료를 다시 수집할 계획을 세웠다. 이는 ‘네잎클로버가 많이 나타났다’는 현상 묘사를 정교화하고, 토양의 어떠한 성질 변화로 인해 네잎클로버가 나타났는지 탐색하기 위함이었다. 학생들은 토양이 오염되었다면, 구체적으로 토양의 어떠한 성질 변화로 인해 네잎클로버가 나타났다고 할 수 있을지 모색했다. 5차시 후반에 조별 조사 계획을 발표할 때 1조 학생들은 “토양에 의해서 네잎클로버가 영향을 받을 수 있기 때문”(734행)에 네잎클로버가 많이 분포한 구역에서 채집한 토양의 pH뿐만 아니라 구성 요소도 보고자 한다고 발표했다. 그리고 인터뷰에서 학생 1A는 “토양이 오염되면서 이게 되었는지(네잎클로버가 나타났는지) 확인을 해야 되니까”(인터뷰 1256행)라고 하며, 토양의 오염 여부를 확인하고자 토양의 다양한 성질을 조사하고자 했음을 설명했다. 이는 토양의 어떠한 성질에서 나타난 이상이 네잎클로버의 출현에 영향을 미쳤는지 모르기 때문에 다양한 성질을 보고자 하는 시도로 해석된다. 이에 교사는 1조의 발표 후 그들이 토양의 질산 농도와 인산 농도를 측정할 수 있음을 안내하고, 이를 측정하기 위한 기자재와 측정 결과 해석 방법에 관한 자료를 제공했다. 또한 토양의 질산 농도와 인산 농도를 측정하는 이유를 이해할 수 있도록 관련 문헌을 제공했다. 학생들은 교사의 도움을 참고하여, 토양의 산성도, 습도, 질산 농도, 인산 농도(6차시 117, 124행)를 측정하기로 계획했다. 그리고 학생들은 각 요인이 어떤 의미를 지니는 것인지 파악하는 논의를 이어나갔다. 이는 “질소는 뭘 것 같아? 질소는 왜 보는 것 같아?”(124행), “비옥한지 안 비옥한지”(137행)를 보는 것인가, “(토양의 주요 성질로) 질소와 인이 대표적이어서 그런

것”(151행)과 같은 질문과 의견에서 드러났다.

이 단계에서 학생들은 일상 용어로 표현했던 탐구 현상에 대한 설명을 과학적 용어와 수치로 구체화하는 데 필요한 데이터를 수집할 계획을 세웠다. 이는 돌연변이의 발생 기작에 관한 틀 아래 네잎클로버 형질로의 변이를 일으킬 수 있는 요인을 찾기 위한 시도로 해석될 수 있다. 이에 교사는 토양의 질산과 인산 농도, 각 농도 관측 방법을 소개했다. 즉, 학생이 관측할 수 있는 토양의 성질에 대한 개념적 이해, 그 성질을 관측할 수 있는 절차적 이해를 확장할 수 있도록 지원한 것이다. 교사의 지원을 바탕으로 학생들은 학교 교단으로 나가 다시 측정할 토양 관련 변인들을 구체화했고, 이러한 계획을 바탕으로 토양의 특성을 조사하고 클로버의 빈도를 재확인할 수 있었다.

#### 4) 잠정적 설명의 고안 및 정당화

학생들은 네잎클로버의 빈도가 높은 구역에서 토양을 채집해 왔고 토양의 인산과 질산 농도를 측정하여 높은 질산 농도 수치를 확인했다. 그리고 왜 해당 지역의 토양 질산 농도가 높게 나타났는지에 관한 설명을 고안하기 시작했다. 이 단계에서의 초점은 ‘토양 질산 농도의 이상치는 어떻게 클로버에서 네 개의 잎이라는 형질이 나타날 확률을 높일 수 있었을까?’로 발전했다. 학생IA는 조사한 토양 근처에 도로가 인접해 있음에 주목하고, 자동차 배기가스의 성분에 대해 검색했다. 그리고 “자동차 매연 중 공기보다 밀도가 높은 것”(7차시 118행)으로 질산 성분을 포함한 가스가 있음에 주목하여, “매연이 내려와 토양에 쌓였”(153행)고, 이는 “사람 생리에도 좋지 않은 영향을 미치며, 탄소 대 질소 불균형을 유발”(235행)한다는 정보를 찾았다. 그리고 이처럼 생물체에 좋지 않은 영향을 미친다는 것은 돌연변이를 유발 확률도 높일 수 있음을 의미할 수도 있다며, 자동차 매연으로 인해 질산 농도가 높아진 토양에서 네잎클로버의 형질로의 돌연변이 유발 확률이 높아졌을 것이라는 잠정적인 설명을 고안했다.

이 과정에서 학생들은 돌연변이의 기작에 관한 이해를 설명의 틀로 삼고, 토양의 pH 외에 질산 및 인산 농도를 클로버의 형질에 영향을 미칠 수 있는 잠정적 변인으로 여겼다. 그리고 토양의 성질을 관측한 결과, 즉 사실적 지식을 수집했으며, 이상치를 확인한 질산 농도를 중심으로 잠정적 설명을 고안했다. 관측 결과를 바탕으로 세 변인이 클로버의 형질에 영향을 미쳤을지 여부를 판단한 것이다. 그리고 이상치가 나타난 질산 농도와 관련된, 자동차 배기가스의 성분 등에 대한 사실적 지식을 추가로 수집했으며, 수집한 자료를 바탕으로 현상의 기작에 대한 개념적 이해를 발전시켰다.

나. 사례 2: ‘공벌레와 토양의 pH, 전기전도도 간의 관계’에 관한 변형된 탐구활동

#### 1) 탐구할 질문과 현상 정하기

2조 학생들은 학교 교단에서 관찰한 공벌레를 중심으로 탐구하기로 했다. 그리고 공벌레를 그들이 미리 측정해 본 토양 관련 변인인 토양의 pH, 전기전도도와 연관 지었다. 이는 “우리가 밖에서 알아볼 수 있는 내용으로 해야”(4차시 341행) 한다는 준거를 바탕으로 결정되었다. 그다음 공벌레, 토양의 속성과 관련하여 알고 있던 선지식과

인터넷 검색 결과를 공유하고, 그 정보를 어떻게 토양의 pH나 전기전도도와 연관 지을 수 있을지 고민했다. 이는 “공벌레랑 산성비랑 pH랑 증감속?”(345행), “염류가 토양을 망친다는데, 그게 전기전도도, pH랑 관련 있음”(348행), “전기전도도가 증감속 함유량에 관한 것. pH 말고 전기전도도와 관련된다”(350행), “예를 들어서 벼농사 마지면 비료 효율이 1/7로 줄어든대. 공벌레가 도움 돼서 일부러 치우기도 유기물 먹어서”(374행), “공벌레가 증감속 이온을 분해 해주는데, 이 현상이 토양에 도움이 많이 되는지”(378행)와 같은 발화에서 드러났다.

이 단계에서 2조 학생들은 먼저 관측 가능한 변인을 찾아, 공벌레, 토양의 pH, 전기전도도를 탐구 주제로 설정했다. 그들이 사전에 알고 있던 구조와 기능에 관한 개념적 이해를 활용한 것이다. 그리고 그와 관련해 찾은 인터넷을 검색하여 해당 변인들을 서로 연관 지을 수 있는 기작에 관한 개념적 이해를 공유했고, 그중 하나가 374행에 나온 벼농사에 공벌레가 미치는 영향에 관한 것이었다. 이 설명은 공벌레와 토양의 pH 간 관계에 관한 가설을 고안하는 데에 활용되었다. 즉, 유사 사례의 기작을 학생이 선정한 변인 간 상관관계에 관한 가설의 잠재성을 뒷받침하는 데에 활용한 것이다.

#### 2) 가설 검증을 위한 실험 설계 및 수행

그다음 학생들은 공벌레가 토양의 pH, 전기전도도에 미치는 영향을 알아보기 위한 실험을 설계했다. 앞서 공벌레가 ‘증감속 이온을 분해’해주므로, 혹은 ‘유기물을 먹어서’ 토양에 영향을 미친다는 선지식을 공유했기에, ‘증감속 이온’과 ‘유기물’ 양의 변화를 파악할 수 있는 변인이 토양의 pH와 전기전도도 중 무엇인지 판단하는 과정이 이루어졌다. 학생들의 질문에서 독립변인은 공벌레의 유무 혹은 공벌레의 분포 비율이며, 토양의 속성은 증감속 변인에 해당한다. 하지만 학생들은 논의 중 학교 교단에서 측정한 토양의 pH가 다양하게 나타났음 또한 고려할 필요가 있다고 여겼고, 이에 “공벌레를 산성토와 염기성토양에 넣어보자”(469행)고 제안했다. 학생들은 학교 교단에서 산성과 중성 토양을 가져올 수 있었다. 산성, 중성, 염기성에 해당하는 토양 모두에서 실험을 수행해야 한다고 주장한 학생들은 염기성 토양을 준비하고자 노력했으나, 염기성 토양은 학교 교단에서 나타나지 않았기에 마련하는 데 어려움을 겪었다. 그다음 학생들은 산성과 중성 토양에 동일한 수의 공벌레를 넣고 pH를 측정했다. 그리고 두 토양 모두에서 전기전도도가 감소하는 결과를 얻었고, “공벌레가 전기전도도를 모두 감소시킨다. (...) 염류를 흡수하여 식물 성장에 도움을 줄 것 같다.”(8주차, 329행)라는 결론을 도출했다.

이 단계에서 학생들은 앞서 고안한 가설을 검증하기 위한 실험을 설계하고 수행했다. 이 과정에서 앞서 탐구 주제 선정 시 논의된 토양의 pH, 전기전도도, 증감속 이온, 유기물 등에 대한 개념적 이해가 활용되었다. 또한 각 요인의 관측 가능성을 판단하며 각 요인의 관측 방법과 관련된 절차적 이해가 활용되었다. 다만 이러한 개념적 이해의 활용과 더불어, 어떠한 변인을 조작하고 어떠한 변인을 측정해야 할지 결정하는 변인 통제가 잘 이루어지지 못했다. 이는 사례 1과 비교했을 때, 어떠한 현상에 관해 설명을 구성하고자 하는지 명료하지 않고, 학생들이 주목한 변인들 간의 관계에만 주목하여 질문을 고안하고 조사 과정을 설계한 점에서 비롯한 것으로 해석할 수 있다.



이에 본래 의도와 달리 학생들의 실험은 ‘서로 다른 pH의 토양에서 공벌레는 토양의 전기전도도에 어떠한 영향을 미치는가?’라는 질문에 대한 잠정적 설명을 도출하는 활동으로 변형되었다. 학교 교단에 존재하지 않았던 염기성 토양을 마련하고자 고군분투한 점은 자연에서 관측하지 않았으나 학생들이 설정한 두 변인 간의 관계 도출을 목적으로 하는 활동으로 변형되었음을 보여준다. 학생들은 서로 다른 pH의 토양에서 동일하게 토양의 전기전도도가 줄어드는 것을 확인했다. 데이터를 수집하여 사실적 이해를 생산한 것이다. 그리고 수집한 데이터를 바탕으로 ‘공벌레는 토양의 전기전도도를 산성과 중성 토양 모두에서 감소시킨다’는 기작에 해당하는 개념적 이해를 결론으로 도출하며 활동을 마무리 지었다.

## 2. 인식적 준거와 개념적 이해의 활용

학생들이 센스메이킹 과정을 설계하는 과정에서 다루어지는 인식적 준거로 현상의 흥미로움 여부, 자료 수집 가능성, 관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성이 도출되었다. 본 장에서는 센스메이킹 활동과 단순화된 탐구활동 중 각 준거를 중심으로 한 논의에서 나타난 학생의 개념적 이해 활용을 비교하여 논하고자 한다. Table 5는 센스메이킹 활동에서 각 인식적 준거를 중심으로 이루어진 논의 중 나타난 개념적 이해의 활용에 관한 분석 결과를 요약하여 보여준다.

### 가. 현상의 흥미로움 여부

사례 1에서 학생들이 가장 먼저 고려한 준거 중 하나는 그들이 주목한 현상이 흥미로운 현상인지 여부였다. 이때 ‘흥미로움’은 학생들이 관심을 가진다는 점만이 아니라, 학생의 기존 지식으로 설명할 수 없기에 새로운 설명을 고안할 필요가 있음을 의미한다. 이는 학생들이 탐구할 현상을 선정하는 과정에서 그들의 선지식을 확인할 뿐 아니라 인터넷에서 네잎클로버의 출현 빈도에 대한 설명을 쉽게 찾을 수는 없는지 검토한 점에서 드러난다. 이 과정은 학생들이 ‘정답’이 이미 있음에도 그 답을 재확인하는 탐구활동 피하고자 한 것으로 해석된다.

특정 현상이 흥미로운지 여부를 파악하기 위해서 해당 현상을 포착하고 그 현상에 대한 접근 및 이해 가능한 지식을 조사하려 다양한 개념적 이해가 활용되었다. 예를 들어, 사례 1에서 학생들이 야외에서 네잎클로버의 높은 분포를 조사하는 과정에서 네잎클로버의 분포 관측과 관련한 절차적 이해가 활용되었는데, 이는 구조에 해당하는 개념적 이해의 활용에 해당한다. 야외에서 네잎클로버 분포를 조사한

결과와 학생들이 인터넷을 검색하여 찾아낸 ‘통상적으로 네잎클로버를 발견할 확률’은 네잎클로버에 관한 사실적 지식에 해당한다. 또한 야외에서 탐구하려는 자연현상을 탐색하는 과정에서 관측 자료, 즉 사실적 이해가 고안되었다. 이러한 사실적 이해는 해당 현상에 대한 센스메이킹 과정이 필요하지 여부를 판단하는 데 활용되었다.

사례 2에서는 탐구하고자 하는 현상이 명확히 규명되지 않았고, 따라서 탐구 현상의 흥미로움 여부에 대한 논의도 이루어지지 않았다. 사례 1에서는 학생들이 규명한 ‘흥미로운 현상’을 기반으로 관측 및 자료 수집 방법이 고안되었으나, 사례 2에서는 이러한 기준이 존재하지 못하게 된 셈이다. 사례 2에서 공벌레와 토양의 pH 간 관계에 대한 실험이 어떤 자연현상을 표상하고자 함인지 명확히 하지 못한 점은 본래 취지와 어긋난 실험이 설계 및 수행되는 데 기여했다. 두 사례는 학생들이 단순 정답을 재확인하는 활동을 피하고, 센스메이킹의 목표에 부합하는 활동 과정이 이루어지기 위해 학생들이 탐구하고자 하는 흥미로운 현상을 명확히 규명하는 것이 중요함을 시사한다.

### 나. 자료 수집 가능성

자료 수집 가능성이란 질문에 답하거나 가설을 검증하는 데 필요한 조사, 실험 설계 및 수행의 가능성을 의미한다. 자료 수집 가능성은 두 사례 모두에서 학생들이 탐구할 현상을 정하는 주된 준거였다. 사례 1에서는 학교 교단에서 관측된 다른 생물에 대한 관측 정보가 없어서, 네잎클로버가 주어진 시간 내에 조사하기에 적당한 규모라고 판단되어서 네잎클로버의 분포에 대한 활동을 진행한 점에서 자료 수집 가능성에 관한 판단이 드러났다. 사례 2는 그들이 이미 관측해본 토양의 pH, 전기전도도에 대한 실험을 진행하여, 자료 수집 가능성이 탐구 질문 설정의 주된 준거가 된 대표적 사례라 할 수 있다.

자료 수집 가능성과 관련해서는 변인 관측 방법, 즉 절차적 이해의 활용이 두드러졌다. 그리고 해당 절차적 이해는 탐구하는 현상을 구성하는 요소의 구조, 기능에 관한 개념적 이해와 관련되었다. 사례 1에서는 탐구하고자 하는 식물의 구조와 종 동정 방법, 토양의 pH 관측 방법이 그 대표적인 예라 할 수 있다. 교사가 클로버의 구조에 대해 다시 찾아보도록 장려하고, 토양의 질산 및 인산 농도에 관해 소개한 점은 자연현상에 대한 학생의 개념적·절차적 이해를 확장함으로써 학생들이 자료 수집 가능성을 재검토하고, 활동 과정을 보완하도록 지원한 것으로 해석될 수 있다.

사례 2는 자료 수집 가능성만을 센스메이킹 현상을 정하는 준거로 활용할 때의 한계를 보여준다. 2조에서는 “우리가 밖에서 알아볼 수 있는 내용”(4차시 341행)인지 여부를 탐구 질문 선정의 주된 준거로 삼았고, 그들이 관찰한 공벌레, 토양의 전기전도도와 pH 측정 방법을

Table 5. Use of conceptual understanding in discussion of epistemic criteria used for the design of investigation process

인식적 준거	구조에 관한 개념적 이해	기능에 관한 개념적 이해	기작에 관한 개념적 이해
현상의 흥미로움 여부	탐구하고자 하는 현상의 규명, 해당 현상에 대한 기존 지식의 점검		-
자료 수집 가능성	탐구하는 현상 내 변인들의 관측 가능 방법 이해, 주어진 자원 내에서 관측 가능 여부 판단		-
관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성	-	일상 용어를 활용한 표현을 관측 가능한 변인으로 변환, 관측 결과의 의미를 해석	탐구하는 현상의 요소들 간 관계를 설명하고, 각 요소를 변인으로 해석할 수 있는 틀

- : 본 연구에서 나타나지 않음

활용할 수 있는 탐구 주제를 선정했다. 사례 2에서처럼 자료 수집 가능성만을 고려하여, 관측 가능한 변인 간의 관계 규명으로 활동이 설계되지 않도록 유의해야 할 것이다. 하지만 학생이 세운 활동 설계가 실제 이행되는 과정에서 경험하는 주된 어려움 중 하나가 주어진 자료를 활용하여 활동을 실현 가능한지 판단하는 것(Yun & Kim, 2018)이라는 점은 자료 수집 가능성이 센스메이킹 설계 과정에서 다루어져야 할 주된 판단 준거임을 시사한다.

#### 다. 관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성

센스메이킹 설계에 활용하는 세 번째 준거는 일상 용어를 활용하여 표상한 현상에 대한 초기 설명을 관측 가능한 변인으로 해석할 수 있는지 여부였다. 센스메이킹 현상에 대한 학생들의 초기 묘사와 가설에서는 일상 용어가 많이 활용되었다. 사례 1에서 ‘토양이 오염되어서’와 같은 표현이 그 예이다. 일상 표현을 활용한 현상 묘사는 현상을 관측 가능한 변인으로 규명하고 탐색하는 것을 어렵게 하는 요인 중 하나였다. 이에 구조나 기능에 해당하는 개념적 이해를 활용하여 일상 표현을 관측 가능한 변인으로 변환할 수 있을지 여부가 센스메이킹 활동 설계의 주요 준거 중 하나가 되었다.

사례 2에서는 탐구하는 현상의 묘사에서 나타난 사실적 이해를 개념적 이해를 활용하여 다른 표현으로 변환하는 과정이 일어났는지 명확하지 않다. 탐구하고자 하는 현상을 정한 뒤에 그들의 일상 표현을 과학적 용어를 변환하기보다도, 그들이 이미 관측해 본 변인인 토양의 pH, 전기전도도의 용어를 활용해 탐구 주제를 선정했기 때문이다. 이에 2조 학생들은 해당 변인들과 관련된 기작에 대한 정보를 찾아 곧바로 공벌레와 두 변인들의 관계에 관한 탐구 과정을 설계할 수 있었다. 하지만 사례 1에서는 ‘토양의 오염’과 같이 일상 표현을 활용한 초기 설명을 관측 가능한 변인인 토양의 pH, 질산 농도, 인산 농도로 해석하는 과정이 이루어졌다. 또한 각 변인을 관측한 뒤에는 그 관측 결과인 사실적 이해를 일상 표현으로 전환하여 그 수치의 의미를 해석할 수 있는 방안이 필요하기도 했다. 이점은 교사의 지원에 잇따른 학생들의 논의와 조사 과정 구체화에서 잘 드러난다. 교사는 학생들이 토양의 pH만 다루는 모습을 포착하고, 토양의 질산 농도와 인산 농도에 관해 소개했다. 이때 질산 농도와 인산 농도에 대한 개념적 설명만 제공한 것이 아니라, 이를 측정하고 측정 결과를 해석할 수 있는 방안을 제공했다. 잇따른 학생들의 논의에서 나타난 “질소는 뭘 것 같아? 질소는 왜 보는 것 같아?”(6차시 124행)와 같은 발화에서 드러나듯이, 학생들은 해당 변인의 의미를 어떻게 해석할 수 있을지 다뤘다. 이러한 1조의 사례는 일상 용어를 활용한 초기 설명을 관측 가능한 변인으로 해석하는 데에 탐구하는 현상 속 요소와 관련하여 관측 가능한 변인에 대한 개념적 이해, 해당 변인을 관측한 결과인 사실적 이해가 활용됨을 보여준다.

이밖에도 사례 1은 일상 표현을 현상 설명을 위한 변인으로 해석하는 데 돌연변이 발생과 같이 보다 포괄적인 기작에 관한 개념적 이해가 유용할 수 있음을 보인다. ‘네잎클로버의 분포’, ‘토양의 오염’과 같이 현상을 구성하는 요소들이 어떻게 연관될 수 있는지 설명할 수 있게 해주며, 이어서 각 요소를 변인으로 해석할 수 있게 해주기 때문이다. 토양의 질산, 인산 농도의 개념은 탐구 현상에 대한 설명을 고안

할 수 있는 기작의 틀 하에 소개되었고, 이는 토양의 오염과 같이 외부의 환경적 변화가 네잎클로버의 빈도 증가에 영향을 미쳤음을 암시하는 단서로 해석되었다. 즉, 기작에 관한 개념적 이해는 탐구하는 현상에 대한 설명 구성에 해당 개념적 이해를 활용할 수 있을지 논의하는 틀로 활용된 것이다.

2조 학생들도 공벌레와 토양의 pH 혹은 전기전도도와 관련된 것으로 여겨지는 기작에 관한 정보를 찾았다. 그 예로 “예를 들어서 벼농사 마치면 비료 효율이 1/7로 줄어든대. 공벌레가 도움 돼서 일부러 치우기도. 유기물 먹어서”(4차시 374행), “공벌레가 중금속 이온을 분해 해주는데, 이 현상이 토양에 도움이 많이 되는지”(378행)와 같은 발화가 있었다. 하지만 이 정보는 탐구 주제를 확정된 뒤에 조사된 것이었다. 왜 공벌레와 두 변인 간의 관계를 알아보는지에 관해 명확한 이유가 존재하지 않았고, 해당 기작에 관한 이해는 실험을 통해 공벌레와 토양의 pH, 전기전도도 간 상관관계가 나타날 가능성을 확인하는 용도로 활용되었다. 이는 학생들이 ‘학교 교단의 토양 pH가 다양했다’는 정보에 주목하면서 탐구 질문이 변형된 것으로 보인다. 두 사례는 단순히 기작에 관한 개념적 이해를 활용하는 것이 아니라, 어떠한 인식적 준거를 중심으로 한 설계 과정에서 기작에 관한 개념적 이해를 활용하는지가 중요함을 시사한다.

#### V. 논의 및 결론

본 연구에서는 센스메이킹 목표하에 이루어지는 활동 설계에서 어떠한 인식적 준거가 활용되고 학생의 개념적 이해가 어떻게 활용되는지 밝히고자 했다. 이를 위해 센스메이킹의 목표하에 질문 고안과 조사 과정 설계가 잘 드러난 조와 탐구활동의 단순화된 절차 수행의 목표가 잘 드러난 두 사례를 비교 탐색했다. 분석 결과, 센스메이킹 과정 설계에서 활용되는 인식적 준거는 현상의 흥미로움 여부, 자료 수집 가능성, 관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성으로 도출되었다. 이에 반해 탐구활동의 단순화된 절차 수행의 목표가 두드러진 사례에서는 자료 수집 가능성만이 인식적 준거로 활용된 것으로 나타났다.

개념적 이해의 활용과 관련한 분석 결과는 다음과 같다. 현상의 흥미로움 여부를 중심으로 한 논의에서는 탐구하는 현상 속 요소의 구조, 기능에 관한 개념적 이해가 학생들이 탐구하고자 하는 현상을 규명하고 해당 현상에 대한 기존 지식을 점검하는 과정에서 활용되었다. 야외에서 자연현상을 탐색하는 과정에서는 관측 자료, 즉 사실적 이해가 형성되었다. 이와 더불어 탐구하고자 하는 현상과 관련하여 문헌에서 찾아낸 정보인 사실적 이해는 해당 현상에 대한 새로운 지식 고안이 필요한지 여부를 판단하는 데 활용되었다. 자료 수집 가능성에 대한 논의에서는 탐구 현상의 구성 요소를 주어진 자원 내에서 조사할 수 있는지 판단하며, 각 요소에 대응하는 구조, 기능에 관한 개념적 이해가 활용되었다. 이때 각 요소의 관측 가능성을 논하며 절차적 이해가 함께 활용되었다. 세 번째 인식적 준거는 관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성이었다. 이 준거를 바탕으로 한 논의에서는 일상 용어를 활용한 표현을 관측 가능한 변인으로 변환하고, 다시 관측 결과 구성한 사실적 이해의 의미를 일상 용어로 해석할 수 있는 방안이 다루어졌다. 이 과정에서 기능에 관한 개념적 이해, 해당 개념과 관련된 사실적 이해가 활용되었다. 그리고

탐구하는 현상의 요소들을 변인으로 해석하기 위해서, 탐구하는 현상을 설명할 수 있는 포괄적인 기작에 대한 개념적 이해가 활용되었다. 단순화된 탐구활동에서 또한 기작에 관한 개념적 이해가 활용되었으나, 이는 이미 정해진 탐구 주제의 가능성을 확인하는 용도로 활용되어 차이를 보였다.

이러한 본 연구 결과는 인식적 준거의 개념을 활용함으로써 센스메이킹 목표를 센스메이킹 과정으로 구현하는 과정을 구체적으로 드러낸다. 사례 2에서는 탐구활동의 단순화된 각 “단계”를 행하는 데에 집중했고, 이에 실험을 통한 자료 수집 가능성만이 인식적 준거로 활용되었다. 사례 1에서 또한 자료 수집 가능성이 인식적 준거로 활용되었지만, 흥미로운 현상에 대해 탐구하겠다는 준거를 고려함으로써 센스메이킹의 목표가 활동 과정에서 구현되었다. 학생들이 아직 명료히 설명할 수 없는 현상을 탐구함에 따라 현상에 대한 학생들의 초기 설명은 일상 용어를 활용하여 정교하지 못할 수 있다. 사례 1에서는 이러한 초기 설명을 관측 가능한 변인에 대한 개념적 이해를 활용하여 정교화하는 과정이 필요했고, 이 과정에서 ‘관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로의 해석 가능성’이라는 또 다른 인식적 준거가 나타났다. 세 인식적 준거는 ‘보다 발전된 설명을 고안’하는 센스메이킹의 목표를 센스메이킹 과정으로 구현하기 위해 주되게 논의할 수 있는 바를 명시적으로 드러낸다.

개념적 이해의 활용에 관한 연구 결과는 학생이 자연현상에 대한 설명을 구성하는 역량을 증진하도록 지원하기 위해 개념적 이해를 이론적 지식의 영역에만 그치기보다도 사실적 이해, 절차적 이해와 연계하여 학습할 수 있도록 지원할 필요가 있음을 시사한다. 또한 이때 서로 다른 인식적 준거에 대한 논의마다 활용되는 개념적 이해의 유형과 그 활용 방법에 차이가 있다는 점을 고려할 수 있을 것이다. 예를 들어, 구조나 기능에 관한 개념적 이해는 탐구할 현상을 선정하고 규명하는 과정에서 주로 활용되었다. 이때 자연현상의 관측 결과, 즉 사실적 이해를 생산하기 위해서 절차적 이해가 함께 활용되었다. 이는 학생들이 센스메이킹의 가능성을 가능하여 아직 “정답”에 해당하는 과학적 지식을 알지 못함에도 센스메이킹 과정을 설계하고 활동할 수 있도록 하는 데에 구조 및 기능에 관한 개념적 이해와 절차적 이해를 구성하도록 돕는 것이 유용한 지원 전략이 될 수 있음을 시사한다. 일상 표현을 관련 과학적 개념과 연관 짓고, 관측 결과 얻은 사실적 이해의 의미를 다시 일상 용어와 과학적 개념으로 해석할 수 있는 방안을 제공함으로써 실증적 데이터를 수집하여 활용하는 센스메이킹 과정의 설계를 지원할 수 있을 것이다. 사례 1에서는 사례 2에서와 달리 기작에 관한 개념적 이해가 학생들이 일상 용어로 표현한 현상의 잠재적 설명을 고안하는 틀로 활용된 점이 특징적이었다. 많은 선행문헌에서는 기작에 관한 개념적 이해를 최종 고안되는 설명의 유형으로서 주목해왔다(e.g., Odden & Russ, 2019; Schwarz *et al.*, 2017). 본 연구에서 주목한 1조의 사례는 기작에 관한 개념적 이해를 잠재적 설명의 틀로 활용함으로써, 탐구하는 현상과 관련된 요소를 모색하고, 해당 요소들을 관련짓고 그 관계를 추론하는 데 활용하도록 지원할 수 있음을 보인다. 즉, 1조의 사례는 기작에 관한 개념적 이해를 학생들이 기존에 알지 못하던 바를 해결하고 새로운 설명을 고안하기 위한 자원으로 활용할 수 있도록 지원하는 방안의 가능성을 시사한다.

본 연구 결과는 다음과 같은 시사점을 지닐 것으로 기대한다. 먼저

본 연구에서는 센스메이킹 활동에서 학생과 함께 설계하는 조사 과정을 검토하는 준거를 인식적 준거의 개념으로 규명했다. 그리고 센스메이킹 활동에서 학생과 함께 하는 활동 설계 과정을 인식적 준거의 개념으로 탐색하고 논할 수 있음을 보였다. 과학 수업 속 탐구활동에서 탐구할 질문 고안 및 설계를 학생과 함께 하는 경우, 학생이 어떤 질문을 고안할지 예상하기 어렵기 때문에 그 뒤의 교수 전략을 고안하는 데 어려움이 있었다. 센스메이킹 활동에서 또한 유사하게, 학생에게 탐구할 현상과 질문을 고안하도록 안내할 경우, 그에 뒤따르는 지도에 관한 논의가 부족하다. 학생 중심의 활동을 수행한다고 하여도 학생과 함께 활동 산물을 검토할 준거가 필요한 것(Oh *et al.*, 2022)처럼, 센스메이킹 과정의 설계안을 하나의 산물로 바라본다면 그 또한 검토할 수 있는 준거가 교수학습 과정에 유용하게 쓰일 수 있을 것이다. 학생이 무엇을 기준으로 자신의 센스메이킹 과정 설계를 검토할 수 있는지 명확하지 않은 점은 자신의 아이디어보다도 정형화된 탐구 절차에 대한 이해를 따르는 데 기여했을 수 있다. 본 연구에서 제시한 바와 같이 인식적 준거의 개념을 활용하여, 학생이 자신의 설계를 검토할 수 있도록 지원할 수 있을 것으로 기대한다.

다만 본 연구에서 도출한 인식적 준거만이 센스메이킹 활동에서 조사 과정을 설계하며 활용할 수 있는 것은 아닐 수 있다. 예를 들어, 학교 과학 수업에서는 학생의 선지식과 실증적 데이터로 뒷받침 되는지 여부가 주된 준거로 여겨지나, 과학 연구에서는 문헌과 이론을 기반으로 뒷받침되는지가 중요하게 여긴다(Phillips *et al.*, 2018; Pluta *et al.*, 2011). 과학자의 연구에서 활용되는 인식적 준거를 활용하도록 지원하는 교수 전략, 그 교수 전략에 따른 학생의 센스메이킹 설계 과정 변화를 탐색하는 후속 연구가 이루어질 수 있을 것이다.

본 연구 결과는 ‘자연현상에 대한 설명 구성 역량 증진’을 위해 학생이 개념적 이해를 확장할 수 있도록 지원하는 과학 교수학습을 고안하는 데 기여할 수 있다. 학생이 활동 설계를 같이하는 센스메이킹 활동에서의 난점 중 하나는 자연현상에 대한 설명을 구성하기 위해 또 다른 개념적 이해의 구성이 이루어질 수 있다는 점이다. 과학적 지식과 부합하는 이해의 구축을 목표로 하는 경우, 센스메이킹 과정 설계와 수행 과정에서도 과학적 지식을 바탕으로 한 설계 과정이 강조될 수 있다. 센스메이킹 활동은 학생이 과학적인 설명을 고안하기보다도 기존보다 발전된 이해를 구성하는 것을 목표로 하는 만큼, 본 연구에서는 학생이 센스메이킹 과정 설계에서 개념적 지식보다도 개념적 이해를 활용하는 것으로 바라봄으로써 보다 센스메이킹의 목표에 부합하는 활동을 고안하는 데 기여한다. 예를 들어, 학생이 자료 수집 가능성을 판단할 수 있도록 어떠한 과학적 실험을 소개할지, 이미 학습한 개념적 이해를 바탕으로 자연현상을 관측하려면 어떠한 관련 실험을 소개하면 좋을지 고민하는 데 본 연구 결과를 활용할 수 있을 것이다. 이밖에 기작에 대한 학생의 기존 이해를 바탕으로 자연현상에 관해 어떠한 설명을 고안할 수 있을지 예상하고, 교사와 학생 간 대화적 상호작용을 통해 그 기작에 대한 이해를 발전시키는 방안을 마련할 수도 있을 것이다.

마지막으로, 본 연구 결과를 통해 학생 인식적 행위주체성을 지원하는 센스메이킹 활동을 구성하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대한다. 센스메이킹 활동은 학생의 선지식에서 비일관적인 부분을 드러내고, 여러 자원을 바탕으로 발전된 설명을 구성하는 과정이며, 이 과정이 학생의 관점에서 논리적인 과정으로 이루어질 것을 추구한다

(Reiser *et al.*, 2021). 하지만 실질적으로는 탐구활동, 과학적 실행을 기반으로 구성된 활동과의 차별점이 명확히 드러나지 않고 있다. 센스메이킹 활동을 탐구활동, 과학적 실행과 다르게 구분짓는 점 중 하나는 학생이 활동 과정을 설계하는 데 같이 참여한다는 점이다. 센스메이킹 활동을 설계하는 과정에서 학생은 설명하고자 하는 현상을 조사하고, 여러 문헌을 검토하고, 그들의 선지식을 검토하며 더 발전된 이해를 구성하기 위해 다루어야 할 질문을 규명할 수 있다 (Reiser *et al.*, 2017). 즉, 센스메이킹 활동은 이 과정을 통해 학생이 자연현상에 대한 이해 고안 과정을 스스로 설계할 수 있는 인식적 행위주체로 발전하도록 지원하고자 하는 것이다. 하지만 센스메이킹 과정 설계에서 이루어지는 논의 과정을 지원하는 교수 설계와 지원 전략이 명확히 규명되지 않고 있다. 본 연구는 이점을 다루는 추후 연구의 기반으로 활용되어, 인식적 행위주체성을 지원하는 과학 수업의 고안에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 센스메이킹 활동 중 조사 과정 설계에서의 개념적 이해 활용 과정을 탐색하기 위해 학교 교단의 환경과 생태 현상을 탐색하는 센스메이킹 활동을 분석했다. 이에 특히 생물과학 분야의 개념 지식 유형에 관한 문헌(e.g., Chi *et al.*, 1994; Ford, 2004)을 바탕으로 개념적 이해의 유형을 구분하고 유형별 개념적 이해의 활용을 분석했다. 하지만 이 세 가지 유형에 따라 모든 과학적 지식을 구분할 수 있는 것은 아니며, 다른 분야의 센스메이킹 과정에서는 다양한 개념적 이해가 다양한 방식으로 활용될 수 있다. 본 연구는 다양한 맥락의 센스메이킹 활동에서 학생의 개념적 이해가 활용되는 양상을 탐색하는 추후 연구의 기반이 될 수 있을 것으로 기대한다.

## 국문요약

센스메이킹 활동에서 교사는 학생과 함께 질문을 고안하고 조사 과정을 설계할 때 많은 어려움을 겪는다. 그 주된 이유로 새로운 설명을 고안하는 과정에서 개념적 이해가 어떻게 활용되는지 예상하기 어렵다는 점이다. 본 연구에서는 센스메이킹 목표하에 이루어지는 활동 설계에서 어떠한 인식적 근거 활용되는지 밝히고, 각 근거를 중심으로 한 논의에서 학생의 개념적 이해가 어떻게 활용되는지 드러내고자 했다. 이를 위해 센스메이킹 활동에 참여한 학생들의 조별 활동 과정을 탐색했으며, 이때 센스메이킹의 목표하에 이루어진 질문 고안과 조사 과정 설계와 탐구활동의 단순화된 절차 수행의 목표가 잘 반영된 과정을 비교 탐색했다. 분석 결과, 센스메이킹 과정 설계에서 활용되는 인식적 근거는 현상의 흥미로움 여부, 자료 수집 가능성, 관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성으로 도출되었다. 이에 반해 탐구활동의 단순화된 절차 수행의 목표가 두드러진 사례에서는 자료 수집 가능성만이 인식적 근거로 활용된 것으로 나타났다. 현상의 흥미로움 여부를 중심으로 한 논의에서는 탐구하는 현상 속 요소의 구조, 기능에 관한 개념적 이해가 학생들이 탐구하고자 하는 현상을 규명하고 해당 현상에 대한 기존 지식을 점검하는 과정에서 활용되었다. 야외에서 자연현상을 탐색하는 과정에서 관측 자료, 즉 사실적 이해가 형성되는 것으로 나타났다. 이와 더불어 탐구하고자 하는 현상과 관련하여 문헌에서 찾아낸 정보인 사실적 이해는 해당 현상에 대한 새로운 지식 고안이 필요하지 여부를 판단하는 데 활용되었다. 자료 수집 가능성에 대한 논의에서는 탐구 현상

의 구성 요소를 주어진 자원 내에서 조사할 수 있는지 판단하는 과정에서 각 요소에 대응하는 구조, 기능에 관한 개념적 이해가 활용되었다. 이때 각 요소의 관측 가능성을 논하며 절차적 이해가 함께 활용되었다. 세 번째 인식적 근거는 관측 가능하며 현상을 설명할 수 있는 변인으로서의 해석 가능성이었다. 이 근거를 바탕으로 한 논의에서는 일상 용어를 활용한 표현을 관측 가능한 변인으로 변환하고, 다시 관측 결과 구성한 사실적 이해의 의미를 일상 용어로 해석할 수 있는 방안이 다루어졌다. 이 과정에서 기능에 관한 개념적 이해, 해당 개념과 관련된 사실적 이해가 활용되었다. 그리고 탐구하는 현상의 요소들을 변인으로 해석하기 위해서 해당 현상을 설명할 수 있는 포괄적인 기작에 대한 개념적 이해가 활용되었다. 본 연구 결과는 과학 수업에 자연현상에 대한 설명 구성 과정을 도입한 취지를 반영한 센스메이킹 활동을 운영하고, 학생과 함께 센스메이킹 과정을 설계할 때의 개념적 지원 방안을 마련하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

**주제어** : 센스메이킹, 질문 고안, 조사 과정 설계, 인식적 근거, 개념적 이해

## References

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A taxonomy for learning, teaching and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
- Baze, C., González-Howard, M., Sampson, V., Fenech, M., Crawford, R., Hutner, T., Chu, L., & Hamilton, X. (2023). Understanding student use of epistemic criteria in engineering design contexts. *Science Education*. <http://doi.org/10.1002/sce.21795>
- Buckley, B. C. (2000). Interactive multimedia and model-based learning in biology. *International Journal of Science Education*, 22(9), 895-935.
- Chen, Y. C., & Techawithayachinda, R. (2021). Developing deep learning in science classrooms: Tactics to manage epistemic uncertainty during whole-class discussion. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(8), 1083-1116.
- Cherbow, K., & McNeill, K. L. (2022). Planning for student-driven discussions: A revelatory case of curricular sensemaking for epistemic agency. *Journal of the Learning Sciences*, 31(3), 408-457.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chin, C., & Brown, D. E. (2002). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.
- de Jong, T., Ferguson-Hessler, M. G. M. (1996). Types and qualities of knowledge. *Educational Psychologist*, 31(2), 105-113.
- Duncan, R. G., Chinn, C. A., & Barzilai, S. (2018). Grasp of evidence: Problematizing and expanding the next generation science standards' conceptualization of evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 55, 907-937.
- Duncan, R. G., Tate, C., & Chinn, C. A. (2014). Students' use of evidence and epistemic criteria in model generation and model evaluation. *ICLS 2014 Proceedings* (pp. 615-622).
- Emden, M. (2021). Reintroducing "the" scientific method to introduce scientific inquiry in schools?: A cautioning plea not to throw out the baby with the bathwater. *Science & Education*, 30, 1037-1073.
- Erduran, S., Ioannidou, O., & Baird, J. -A. (2021). The impact of epistemic framing of teaching videos and summative assessments on students' learning of scientific methods. *International Journal of Science Education*, 43(18), 2885-2910.
- Ford, E. D. (2004). *Scientific method for ecological research*. Cambridge University Press.
- 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, 443-463.
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (1967). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Aldine.
- Ha, H., & Choi, Y. (2022). Exploring the enactment of epistemic and

- conceptual resources for productive engagement in the modeling activity including empirical investigations of ecosystems. *Biology Education*, 50(2), 155-171.
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663-687.
- Jeong, E., Lee, Y., Ha, H., Cho, H., & Kim, H. -B. (2017). Exploring the possibilities of students' conception construction through inquiry activities in middle school science textbooks. *Biology Education*, 45(3), 371-389.
- Manz, E. (2012). Understanding the codevelopment of modeling practice and ecological knowledge. *Science Education*, 96(6), 1071-1105.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation* (2nd ed.). Jossey-Bass.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*. Sage.
- Ministry of Education (2022). 2022 Revised Curriculum. Ministry of Education Notice No. 2022-33 [Annex 9]. Ministry of Education.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press.
- Nersessian, N. J. (2012). Engineering concepts: The interplay between concept formation and modeling practices in bioengineering sciences. *Mind, Culture, and Activity*, 19(3), 222-239.
- Odden, T. O. B., & Russ, R. (2019). Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. *Science Education*, 103, 187-205.
- Oh, P. S., Ha, H., & Yoo, J. Y. (2022). Epistemological messages in a modeling-based elementary science classroom compared with a traditional classroom. *Science Education*, 106, 797-829.
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177-196.
- Phillips, A. M., Watkins, J., & Hammer, D. (2018). Beyond "asking questions": Problematizing as a disciplinary activity. *Journal of Research in Science Teaching*, 55, 982-998.
- Pluta, W. J., Chinn, C. A., & Duncan, R. G. (2011). Learners' epistemic criteria for good scientific models. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(5), 486-511.
- Reiser, B. J., Novak, M., McGill, T. A. W., & Penuel, W. R. (2021). Storyline units: An instructional model to support coherence from the students' perspective. *Journal of Science Teacher Education*, 32(7), 805-829.
- Rheinberger, H. -J. (1997). *Toward a history of epistemic things: Synthesizing proteins in the test tube*. Stanford University Press.
- Rittle-Johnson, B., & Koedinger, K. R. (2005). Designing knowledge scaffolds to support mathematical problem solving. *Cognition and Instruction*, 23(3), 313-349.
- Russ, R. S., & Berland, L. K. (2019). Invented science: A framework for discussing a persistent problem of practice. *Journal of the Learning Sciences*, 28(3), 279-301.
- Sáenz, C. (2009). The role of contextual, conceptual and procedural knowledge inactivating mathematical competencies (PISA). *Educational Studies in Mathematics*, 71, 123-143.
- Samarapungavan, A., Westby, E. L., & Bodner, G. M. (2006). Contextual epistemic development in science: A comparison of chemistry students and research chemists. *Science Education*, 90(3), 468-495.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2010). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Santini, J., Bloor, T., & Sensevy, G. (2018). Modeling conceptualization and investigating teaching effectiveness. *Science & Education*, 27, 921-961.
- Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. J. (2017). Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices. NSTA.
- Sikorski, T. R., & Hammer, D. (2017). Looking for coherence in science curriculum. *Science Education*, 101(6), 929-943.
- Star, J. R. (2013, April). On the relationship between knowing and doing in procedural learning. In *Fourth international conference of the learning sciences* (pp. 80-86).
- Vaughn, A. R., Brown, R. D., & Johnson, M. L. (2020). Understanding conceptual change and science learning through educational neuroscience. *Mind, Brain, and Education*, 14(2), 82-93.

## 저자정보

하희수(서울대학교 교육종합연구원 연수연구원)