

초등 예비교사가 모의수업 시연에서 구성한 과학적 추론의 인식론적 의미 - 증거-설명 연속선의 관점 -

맹승호[†]

Epistemological Implications of Scientific Reasoning Designed by Preservice Elementary Teachers during Their Simulation Teaching: Evidence-Explanation Continuum Perspective

Maeng, Seungho[†]

국문 초록

이 연구는 초등 예비교사가 모의수업 시연에서 구성한 과학적 추론을 증거-설명의 연속선 관점에서 해석하여 그들의 과학적 추론이 갖는 인식론적 의미를 조사하였다. 연구를 위해 계절 변화에 관한 모의수업을 시연한 예비교사 2명, 고기압과 저기압 및 바람에 관한 모의수업을 시연한 예비교사 2명이 연구 참여자로 선정되었다. 예비교사의 교수발화 중에서 귀납적, 연역적(가설-연역적) 추론, 또는 귀추적 추론의 사례가 드러난 에피소드에서 각 추론이 증거-설명의 연속선의 단계에서 어떤 역할을 하는지 비교하여 예비교사의 과학적 추론이 가진 인식론적 의미를 분석하였다. 계절 변화의 원인에 관한 모의수업을 시연했던 두 예비교사는 학생들이 수집한 데이터를 비교하여 증거를 인식하였고, 증거와 가설을 비교하여 가설을 검증하는 가설-연역적 추론을 활용하여 설명을 구성하였다. 고기압과 저기압 및 바람의 방향을 주제로 모의수업을 시연했던 두 예비교사는 모듈별 데이터를 종합하여 증거로 인식하는 귀납적 추론과 선형적 논리 구조를 가진 연역적 추론을 설명구성 전략으로 선택하여 최종 설명을 제시하였다. 연구에 참여한 예비교사들은 유사한 주제의 모의수업 시연에서 대체로 비슷한 흐름의 과학적 추론을 활용하여 과학지식을 구성하였으나, 증거-설명의 연속선에서 데이터, 증거, 모델, 설명으로 전개되는 인식론적 의미 측면에서 조금씩 다른 양상을 보였다. 또한, 일부 사례를 제외하면, 공통적으로 증거에서 모델을 탐색하는 과학적 추론은 부족하였으며, 가설이나 설명모형을 추리하기 위한 귀추적 추론이 부재하였다. 이 연구에서 분석틀로 적용했던 증거-설명의 연속선 접근은 과학적 추론의 인식론적 의미를 파악할 수 있게 하며 대안적인 과학적 추론 함양 지도 방법으로 사용될 수 있음을 논의하였다.

주제어: 과학적 추론, 인식론적 의미, 증거-설명의 연속선, 모의수업

ABSTRACT

In this study, I took the evidence-explanation (E-E) continuum perspective to examine the epistemological implications of scientific reasoning cases designed by preservice elementary teachers during their simulation teaching. The participants were four preservice teachers who conducted simulation instruction on the seasons and high/low air pressure and wind. The selected discourse episodes, which included cases of inductive, deductive, or abductive reasoning, were analyzed for their epistemological implications—specifically, the role played by the reasoning cases in the E-E continuum. The two preservice teachers conducting seasons classes used hypothetical-

deductive reasoning when they identified evidence by comparing student-group data and tested a hypothesis by comparing the evidence with the hypothetical statement. However, they did not adopt explicit reasoning for creating the hypothesis or constructing a model from the evidence. The two preservice teachers conducting air pressure and wind classes applied inductive reasoning to find evidence by summarizing the student-group data and adopted linear logic-structured deductive reasoning to construct the final explanation. In teaching similar topics, the preservice teachers showed similar epistemic processes in their scientific reasoning cases. However, the epistemological implications of the instruction were not similar in terms of the E-E continuum. In addition, except in one case, the teachers were neither good at abductive reasoning for creating a hypothesis or an explanatory model, nor good at using reasoning to construct a model from the evidence. The E-E continuum helps in examining the epistemological implications of scientific reasoning and can be an alternative way of transmitting scientific reasoning.

Key words: Scientific reasoning, epistemological implication, Evidence-Explanation Continuum, simulation teaching

I. 서 론

2022 개정 과학과 교육과정 시안(교육부, 2022)에 따르면, 과학 학습을 통해 학생들이 개발할 수 있다고 예상되는 과학의 탐구 기능과 과정으로서 “문제 인식 및 가설 설정, 탐구설계 및 수행, 자료 수집·분석 및 해석, 결론 도출 및 일반화, 의사소통과 협업”(교육부, 2022, p. 4)을 제시하고 있다. 이 요소들을 과학 활동에 필요한 기능으로 볼 것인지, 아니면 과학 활동 중에 포함되는 실행의 요소로 볼 것인지는 다양한 담론의 여지가 있으나, 과학 활동에서 학생들이 이 요소들을 실천함으로써 과학지식을 구성하는 것이 궁극적인 목표임은 자명하다. 학생들이 과학 활동을 통해 자연현상의 원인에 대한 과학적 설명을 구성하여 과학지식을 형성할 때 사용되는 다양한 사고 과정인 과학적 추론(scientific reasoning)은 위 교육과정 문서에 제시된 과학의 탐구 기능 또는 과정의 전반에 걸쳐 적용될 수 있다. 이전 2015 과학 교육과정(교육부, 2015)에서는 과학과 핵심역량 중 과학적 사고력을 “과학적 주장과 증거의 관계를 탐색하는 과정에서 필요한 사고”로서 규정하여 증거를 바탕으로 이론을 적용하여 합리적이고 논리적으로 주장을 이끌어내는 과학적 추론 능력을 강조하였다. 또한, 과학적 사고력이 탐구 기능과 지식을 통합하여 적용, 활용하는 과학적 탐구 수행에서 기초가 된다고 보았다. 비록 2022 개정 과학과 교육과정에서 과학적 사고력 및 과학적 추론은 명시적으로 강조되어 있지 않지만, 과학 학습 및 과학 수업에서 지속적으로, 그리고 명시적으로 고려하고 반영해야 할 요소이다.

초등학생 또는 예비교사들의 과학적 추론에 관한 연구는 주로 과학 활동에 적용된 과학적 사고에 어떤 논리적 과정이 반영되었는지를 탐색한 사례들이 많이 보고되었다. 예를 들면, 이선경 등(2013)은 초등 교사와 학생들이 과학 수업 중 담화에서 구현한 과학적 추론의 사례를 귀납적 추론, 연역적 추론, 귀추적 추론으로 구분하여 분석한 결과를 바탕으로 초등학생들의 과학적 추론이 교사의 적절한 피드백과 도움을 받으면 “교사와 학생들 간의 상호주관성을 높여 과학적 추론을 명시적으로 전개하거나 추론의 완성도를 높일 수 있음”(p. 190)을 주장하였다. 임옥기와 김효남(2018a, 2018b)은 초등학생의 과학 글쓰기 활동 결과물에 내포된 초등학생의 과학적 추론 양상을 분석하고 그 수준을 구분하여 제시하였다. 이들의 연구는 초등학생들의 과학적 추론을 귀납적, 연역적, 귀추적 추론의 관점에서 각각 분석하였는데, 학생들의 추론은 중간 수준의 유형이 가장 많았으며, 저학년보다 고학년 학생들의 과학적 추론이 더 정교함을 밝혔다. 또한, 이들의 연구는 초등학생의 과학적 추론 능력 함양을 위해서는 과학 장르에 대한 이해 및 교사의 정교한 추론 과정에 대한 지도가 필요함을 주장하였다. 장병기(2012)는 초등 예비교사들이 구안한 실험 설계에 내재한 과학적 추론의 양상을 “현상 기술, 관계 탐색, 개념적 가설 탐색”으로 수준을 구분하여 분석하였다. 장병기(2012)의 과학적 추론 구분은 Tytler and Peterson(2004)이 제안했던 인식론적 추론 분석틀을 차용한 것인데, 현상 기술은 관찰한 현상의 단순한 나열 또는 기술, 관계 탐색은 관찰한 현상의 정보들 사이의 규칙성 발견, 개념적 가설 탐색은 현상을 설명하기

위한 가설을 바탕으로 추론의 오류 가능성을 탐색하는 과정을 포함한다. 그러므로 관계 탐색은 귀납적 추론, 가설 탐색은 가설-연역적 추론을 반영한 것이라 할 수 있다. 장병기(2012)의 연구에서 예비교사들은 가설 탐색과 관련된 추론 양상을 보이는 경우가 많았으나, 대안적인 가설을 탐색하여 검증하기보다는 기존의 가설을 점검하는 수준에 그치는 사례가 많음을 보고하였다.

과학적 추론을 과학적 사고 및 논리의 측면에서 접근하는 사례는 외국의 과학교육 연구에서도 보고된 바 있다. Tang *et al.* (2020)는 중국 초등학교의 과학 수업에서 과학적 추론을 경향 탐색(pattern-seeking)과 원인설명 추론(mechanistic reasoning)으로 구분하여 그 실행 양상을 분석하였다. 초등학생은 인지적 발달 수준이 낮아서 일반적으로 경향 탐색 유형의 과학적 추론 양상이 많다고 알려져 있으나(Abrams & Southerland, 2001), Tang *et al.* (2020)의 사례 연구는 중국의 초등학생들이 원인설명 추론을 시도하는 경향이 많음에도 불구하고, 중국 교육과정의 특징과 교육과정에 맞추어 수업을 진행하려는 교사의 의도적인 교수 양식 때문에 경향 탐색 유형의 추론이 두드러지게 나타났음을 밝혔다.

과학적 추론의 목적이 과학적 사고에 근거하여 과학 활동을 통해 과학지식을 구성하는 것이라면, 과학적 추론에 관한 연구는 추론의 양상을 유형화하는 접근을 넘어 과학 탐구의 맥락 및 탐구주제의 내용 특성과 연계하여 접근할 필요가 있다. 하나의 과학 탐구에 한 가지 과학적 추론만 적용되는 것은 아닐 뿐만 아니라, 과학지식을 구성하는 과학 탐구의 과정은 귀납적 추론, 연역적 추론, 및 귀추적 추론이 복합적으로 작용할 수 있기 때문이다. 또한, 동일한 유형의 과학적 추론도 탐구주제의 내용과 맥락에 따라 다양한 양식으로 구현될 수 있다. 교육대학교의 교사 양성과정에서 초등 예비교사의 과학 수업역량 증진을 위해서는 과학적 추론을 활용한 과학지식 구성 과정을 올바르게 이해하고 이를 지도하기 위한 경험을 제공하는 것이 중요하다. 이런 점에서 교육대학교의 과학교육 강좌에서 시행해 온 모의수업 시연은 예비교사에게 과학적 추론을 활용한 과학지식 구성 과정을 체험하는데 적절한 상황이 될 수 있다.

과학 교과의 특성을 고려한 초등 예비교사의 모의수업 시연 맥락의 연구로서 윤혜경 등(2012)은 예

비교사의 과학 탐구 수업에 대한 인식을 조사하였다. 이들은 예비교사가 가진 과학 탐구에 대한 인식은 구체적인 수업 실행 양상을 근거로 파악해야 함을 주장하였으며, 연구 결과로서 초등 예비교사들은 탐구 수업을 실행할 때 동기유발 자료 제시를 중요한 요인으로 인식하였으나 그것이 탐구 문제를 명확히 제시하는 것과 연결되지는 못함을 보고하였다. 또한, 예비교사들은 정해진 탐구의 절차와 단계를 수행하는 것을 중요하게 생각하였고, 현상의 결과를 예상하고 그것을 실험으로 확인하는 것을 탐구 수업으로 보는 경향이 많았으며, 교사의 개입 없이 아동이 스스로 계획하고 주도하는 것이 탐구 수업의 특징이라는 인식이 강했다. 한편, 윤혜경과 송영진(2017)은 초등 예비교사의 과학 수업에 대한 이해를 전문적 시각(professional vision, Goodwin, 1994)의 관점에서 접근하여 예비교사가 자기 수업에 대한 반성적 활동에서 “수업의 어느 측면에 주목하는지, 어떤 것을 가장 부각해서 인식하는지, 그리고 학생의 사고나 학습과 관련해서 추론할 때 어떤 수준의 추론을 하는지”(윤혜경과 송영진, 2017, p. 554)를 조사하였다. 이들의 연구는 초등 예비교사들이 과학 수업에 대한 전문적 시각으로서 수업에 주목하는 요소 중에서 수업의 운영과 통제는 반성 활동을 통해 그 빈도가 감소하였고, 학생의 사고와 학습 및 교사의 지도 측면에 주목하는 빈도는 협동적 반성 활동 이후에 증가하였으나, 내용 지식과 평가에 대해 주목하는 정도는 매우 낮았음을 보였다.

윤혜경 등(2012)과 윤혜경과 송영진(2017)의 연구 결과는 초등 예비교사들이 가진 과학 탐구 수업에 대한 인식은 수업의 구성과 절차에 집중하는 다소 제한적인 인식이 많았던 것과 달리, 자신의 과학 수업에 대한 반성은 학생의 사고와 학습 및 교사의 지도에 더 많이 주목하고 있음을 잘 보여준다. 예비교사의 이러한 특성은 모의수업을 활용한 교사교육 과정에서 과학 탐구의 맥락 및 내용 특성과 연계된 과학적 추론 및 탐구 실행을 통해 그들의 과학 탐구에 대한 이해와 실천 능력을 증진시키는 노력이 필요함을 알 수 있다.

과학 탐구에 대한 이해는 탐구의 방법, 탐구과정에서 수집한 데이터와 증거의 구분, 증거의 해석 등에 관한 이해와 직결되며(한수진 등, 2012), 이는 과학의 방법 측면에서 과학의 본성 또는 과학 탐구의 본성에 중심 내용에 해당한다. 이와 관련하여

한수진 등(2012)은 과학 탐구의 방법 및 데이터 해석의 의미, 데이터와 증거의 차이 등에 대한 중학생들의 인식을 조사하였다. 이들의 연구에서 학생들은 실험과 관찰을 구별하지 못하거나 실험을 통한 가설 검증 절차를 과학적 방법으로 인식하였고, 데이터와 증거의 차이를 명확히 인식하지 못하였으며, 증거가 탐구자의 논리와 창의력을 바탕으로 데이터를 해석하고 가공하여 얻은 것으로서 결론을 뒷받침하는 데 사용된다는 인식은 매우 부족하였다. 이들의 연구는 학생들이 과학 탐구의 본성에 관한 검사지에 응답한 결과를 근거로 그들이 가진 인식론적 입장을 분석한 것이어서 실제로 과학 탐구를 수행할 때 작용한 과학적 사고나 인식론적 과정을 파악하기는 어려웠다.

과학 탐구의 과정에서 어떤 탐구 방법을 선택할 것인가, 수집한 데이터 중에서 탐구 문제 해결에 적절하여 증거로 삼을 수 있는 것과 그렇지 않은 것을 어떻게 구별할 것인가, 증거를 어떤 논리적 추론에 근거하여 해석할 것인가 등에 관한 판단은 과학 탐구에 대한 인식론적 이해를 내포한다. 그러므로 학생들이 과학 탐구에서 습득한 증거를 사용하여 자신의 주장을 정당화하고 동료에게 설득하는 과정을 조사하면, 그들이 가진 인식론적 사고(epistemological thinking)를 이해할 수 있다(이지화 등, 2022). 박지연 등(2020)은 중학생을 대상으로 논증기반 과학 탐구 수업을 실행하고, 학생들이 학습 논의를 통해 증거에 기반하여 모둠의 주장을 정당화하거나 다른 모둠의 주장을 평가하는 활동에서 그들이 가진 인식론적 사고를 조사하였다. 이들은 Chinn *et al.*(2011)이 제안한 지식구성의 본성에 관한 확장된 측면 중에서 지식의 원천과 정당화 과정, 지식구성의 인식론적 관점을 요소를 분석틀로 삼아 학생들의 인식론적 사고를 수준에 따라 구분하여 출현 빈도를 분석하였다. 박지연 등(2020)의 연구는 학생들이 과학 탐구 수업을 수행하는 동안 구현한 대화 또는 글쓰기에 내포된 인식론적 사고를 조사했다는 점에서 유의미한 연구라 할 수 있다. 그러나 학생들의 인식론적 사고를 특정한 분석 범주에 따라 구분하고 범주별 출현 빈도 분석에 주목함으로써 과학 탐구의 과정에서 수행되는 인식론적 사고의 역동적인 흐름과 양상을 이해하는 데 한

계가 있었다.

학습자가 실제로 과학 탐구를 수행하는 동안 구현한 과학적 추론의 양상과 관련하여 백종호(2020)는 삼투 현상을 탐구하는 대학생의 사례에서 실험 결과 데이터를 근거로 도출되는 귀납적 추론, 결과 해석을 위해 새로운 규칙을 추리한 귀추적 추론 및 그 추론으로 탐색한 가설을 검증하는 가설-연역적 추론이 탐구 문제 발견 및 탐구의 진행 과정에서 다양하게 형성됨을 밝혔다. 백종호(2020)는 두 모둠의 탐구 사례에서 측정 결과의 변칙 사례가 발견되거나, 새로운 실험 도구를 제안하는 것과 같은 맥락적 특징에 의해 다양한 추론 양상이 구현될 수 있다고 해석하였다. 과학 탐구를 진행하는 동안 발생하는 맥락에 따라 과학적 추론이 다양하게 전개될 수 있다. 그러나 그 과정이 과학지식을 구성하는 데 어떤 역할을 하는지, 즉 데이터에서 증거와 모델 및 과학적 설명으로 이어지는 점진적인 인식론적 변형의 양상을 구체적으로 파악할 수 있어야 과학적 추론이 가진 인식론적 의미를 이해할 수 있을 것이다.

과학 수업에서 탐구를 통해 과학지식을 구성하는 과정은 학생들의 인식론적 사고와 관련이 있으며, 또한 앞서 논의했던 과학적 추론에 대한 분석과도 밀접히 연관되어 있다. 이와 관련하여 Duschl *et al.*(2021)은 과학지식을 구성하는 과학적 실행의 과정을 “관찰과 측정의 방법을 통해 기초 데이터를 습득하고, 그 데이터들이 증거로 사용될 수 있는지를 조사하고, 또 그 증거 및 증거 간의 패턴으로 과학적 모델을 개발하고, 그 패턴이나 모델을 이용하여 과학적 설명을 도출하는 복합적인 변형의 과정”(Duschl *et al.*, 2021, p. 1164)으로 보는 “과학에 대한 증거-설명 연속선 접근”(the Evidence-Explanation Continuum Approach to science)을 제안하였다. 이들은 데이터에서 증거, 증거에서 모델, 모델에서 설명으로 이어지는 인식론적 변형에 사용되는 다양한 표현 양식 또는 언어적 의사소통 양식을 “Data-Text”(Duschl *et al.*, 2021, p. 1161)¹⁾이라 명명하고 과학지식의 구성 과정을 파악하고자 하였다. Duschl *et al.*(2021)은 과학적 추론이 데이터, 증거, 모델, 설명의 인식론적 의미를 인식하고 단계별로 변형하는 인식론적 대화의 형태로 구현될 수 있으며, 과학적 설명을 구성하는 데 꼭 필요한 고차원적 사고 기능의 하나로 보았다.

1) Data-Text는 Duschl *et al.*(2021)이 과학지식의 구성 과정에 사용된 언어 표현 양식을 지칭하기 위해 Ackerman(1985)의 연구에서 차용한 것으로서, 한국어로 번역하면 원어가 가진 은유적 뉘앙스가 전달되기 어려워져 원어 그대로 표기하였다.

초등 예비교사가 시연한 모의 과학 수업을 증거-설명 연속선의 관점에서 분석했던 맹승호(2022)는 예비교사의 모의수업 대화에서 데이터 인식, 데이터에서 증거로 변환, 증거에서 패턴 또는 모델 탐색, 모델을 적용한 설명구성에 해당하는 교수법적 발화 양상을 조사하였다. 그 결과, 예비교사의 교수법적 발화는 데이터 수집 및 인식에 많이 머물러 있으며, 증거 간의 규칙성이나 패턴을 인식하여 설명모델로 이어지는 인식론적 변형에 해당하는 사례는 부족함을 밝혔다. 맹승호(2022)의 연구는 초등 예비교사의 모의수업 시연 맥락에서 데이터로부터 증거, 모델, 및 설명으로 전개되는 교수법적 발화 사례를 포착했다는 점에서 과학지식 구성의 인식론적 과정을 탐색하기 위한 단초를 제공했다고 볼 수 있다. 이에 덧붙여 예비교사의 인식론적 대화에 내포된 과학적 사고 또는 추론의 양상을 규명하게 된다면 예비교사가 과학지식을 구성하는 과정에 관한 심층적 이해를 도울 수 있으며, 이를 근거로 예비교사의 과학 수업역량 증진에 기여할 수 있을 것이다.

이상의 논의를 종합하여 이 연구는 초등 예비교사의 모의수업 시연 맥락에서 진행된 과학적 탐구 및 과학적 추론의 양상을 분석하고 이를 증거-설명의 연속선 관점에서 재해석하여 탐구를 수행할 때 형성한 과학적 추론이 갖는 인식론적 의미를 파악해 보고자 하였다. 이 연구의 탐구 질문은 다음과 같다.

- 모의수업 시연 맥락에서 초등 예비교사가 실행한 과학적 추론의 양상은 증거-설명의 연속선 관점에서 어떤 인식론적 의미를 갖는가?

II. 연구 방법

1. 연구의 맥락 및 자료 수집

이 연구의 참여자는 연구자가 지도했던 과학교육 강좌에서 모의수업을 시연했던 초등 예비교사 중에서 선정되었다. 연구자는 과학교육 강좌에서 과학적 추론과 증거에 기반한 과학적 설명구성을 강조한 과학 학습이론 강의를 진행한 후에 예비교사 3명씩 한 팀을 구성하여 모의수업을 시연하게 하였다. 팀별 모의수업 시연에서 1명이 교사 역할로 수업을 진행하고, 나머지 2명은 학생 역할을 맡게 하였다. 모의수업 시연에 참여한 총 9팀 중에서 유사한 주제의 과학 수업을 진행하여 두 수업의 과학적 추론 양상을 비교할 수 있었던 두 팀씩 2개

조, 즉 4개 팀을 선정하였고, 각 팀에서 교사 역할을 했던 예비교사 4명이 이 연구의 참여자로 최종 선정되었다.

예비교사 A는 6학년 2학기 과학 중 계절의 변화 단원에서 계절에 따라 태양의 남중고도가 달라지기 때문에 기온이 달라지고, 그래서 계절의 변화가 생긴다는 주제로 모의수업을 시연하였다. 수업 도입부에서 계절에 따라 기온이 달라지는 까닭에 대한 가설을 세우게 하였고, 그 가설을 검증하기 위해 모래와 온도계, 전등을 사용한 실험을 설계한 후에 전등의 고도를 다르게 하여 두 가지 실험을 진행하였다. 여름 모형실험이 겨울 모형실험보다 온도가 더 많이 올라간 결과를 근거로 남중고도가 계절 변화의 원인이 됨을 설명하여 수업을 마무리하였다.

예비교사 B는 6학년 2학기 과학 중 계절의 변화 단원에서 지구가 기울어진 채로 공전하여 남중고도의 차이가 발생하고 이것 때문에 기온이 달라져서 계절이 변화한다는 주제로 모의수업을 시연하였다. 수업의 도입부에서 계절이 변화하는 까닭에 대한 가설을 세우게 하고, 그 가설을 검증하기 위해서 어떤 실험을 하고, 무엇을 측정해야 할지를 대화한 후에 지구의(地球儀)를 이용한 실험을 진행하였다. 자전축이 똑바로 서 있는 지구와 자전축이 비스듬히 기울어진 지구의 실험을 비교하여 남중고도의 차이를 파악한 후에 실험의 결과를 이용하여 계절 변화의 원인을 설명하는 순서로 수업을 구성하였다.

예비교사 C는 5학년 2학기 과학 중 날씨와 우리 생활 단원에서 고기압과 저기압에 해당하는 공기의 무게 및 기압의 개념을 근거로 고기압에서 저기압으로 공기가 이동함을 학습하는 주제의 모의수업을 시연하였다. 예비교사 C는 따뜻한 공기와 차가운 공기를 각각 플라스틱 통에 담아 무게를 비교하는 실험을 제시하고, 온도가 다른 공기의 무게를 비교한 결과를 종합하여 학생들에게 기압의 개념을 인식하게 하였다. 기압 개념을 바탕으로 고기압에서 저기압으로 공기가 이동하여 바람이 불게 됨을 설명하였다.

예비교사 D는 5학년 2학기 과학 중 날씨와 우리 생활 단원에서 모래와 물이 가열되고 식는 속도가 다른 성질과 공기는 고기압에서 저기압 쪽으로 이동한다는 원리를 적용하여 바닷가에서 부는 바람의 방향을 학습하는 주제의 모의수업을 시연하였다. 예비교사 D는 학생들에게 모래와 물이 가열되

는 정도와 식는 정도의 차이를 예상하게 한 후, 이를 실험 결과와 비교하여 확인하게 하였다. 그 뒤에 모래와 물 위의 공기 온도와 고기압과 저기압 개념을 서로 연결하여 모래와 물 위에서 향 연기가 이동하는 방향을 예상하게 한 후, 그것을 실험 결과와 비교하여 확인하는 흐름을 추가하였다. 이 결과를 종합하여 바닷가에서 낮과 밤에 부는 바람의 방향을 설명하는 흐름으로 수업을 구성하였다.

아래 Table 1에 네 연구 참여자의 모의수업 시연 맥락을 정리하였다.

예비교사의 모의수업 4건은 모두 자체 영상으로 촬영되었으며, 강의 시간에 동료 예비교사들과 함께 본 후에 동료들의 수업 비평 및 교수자의 총평을 듣는 방식으로 진행되었다. 연구를 위해 위 모의수업 영상을 전사하였고, 모의수업을 시연한 예비교사의 교수발화를 중심으로 수업에서 구현된 과학적 추론의 양상을 분석하였다. 그 밖에 예비교사들이 작성한 모의수업 지도안 및 수업 발표 자료를 교수발화 분석의 보조 데이터로 수집하였다.

2. 과학적 추론의 인식론적 의미 분석

1) 과학적 추론 사례 분석

예비교사 4명의 모의수업 시연 영상을 전사한 자료에서 수업 시연자의 교수발화를 중심으로 수업의 각 단계에서 과학적 추론이 드러난 에피소드를 선정하였다. 에피소드 선정 및 과학적 추론의 양상 분석은 국내 과학교육학 관련 교재들에서 과학적 사고의 흐름으로 많이 언급되어 온 귀납적 추론, 연역적 추론, 또는 귀추적 추론의 흐름을 적용하였다(e.g., 정용욱, 2019). 첫째, 귀납적 추론의 사례는 “주어진 수업 상황의 과학 탐구에서 관찰된 사실 정보들을 정확히 기술하고, 그 정보들 사이의 규칙성을 발견하는 과정”(권용주 등, 2013, p. 219)에 해당하는 교수발화 사례를 선정하였다. 둘째, 연역적 추론과 관련하여 정용욱(2019)이 구분한 바와

같이 이미 참이라고 인정된 보편적 명제(법칙이나 이론)를 전제로 두고 이것이 적용될 수 있는 특수한 사례를 그 법칙/이론에 근거하여 설명하는 일반적인 연역 논리의 추론에 해당하는 교수발화 사례를 선정하였다. 이에 덧붙여서 수업 상황에서 탐구 대상이 되는 현상의 원인을 예상하거나 관련 변인에 대한 가설을 수립하고, 이 예상 또는 가설이 적절 한지를 관찰 또는 실험 결과를 근거로 검증하는 가설 검증의 연역적 구조(권용주 등, 2013; 박종원, 1998, 박종원과 김영민, 2018)에 해당하는 교수발화 사례를 선정하여 가설-연역적 추론의 사례로 분석하였다. 셋째, 귀추적 추론의 사례는 어떤 미지의 과정이나 원인에 의한 “결과로서 주어진 어떤 현상을 문제로 인식하여 그 문제 현상을 설명하는데 필요한 규칙을 추리해 내고, 그것으로부터 문제 현상을 설명할 수 있는 가설을 이끌어내는”(오필석과 오성진, 2011, p. 128) 교수발화 사례를 선정하였다. 귀추적 추론에서 문제 현상에 대한 설명 가설을 제안하기 위해 그 설명을 가능하게 하는 규칙을 추리하거나 창안하는 것이 중요하다(오필석, 2016; Fischer, 2001; Thagard, 2010). 따라서 귀추적 추론의 교수발화 사례에서는 예비교사들이 가설적 설명을 도출하는 데 사용할 수 있는 규칙을 추리하는 발화에 더 초점을 두었다.

2) 과학적 추론의 인식론적 의미 분석

증거-설명 연속선은 과학 탐구에서 형성되는 지식구성의 과정을 순서에 따라 탐구문제, 측정 또는 관찰, 데이터, 증거, 패턴 또는 모델 및 설명에 이르는 과정으로 표현하고, 단계별로 학습자가 수행하는 인식론적 활동의 준거를 함께 제시하였다(Fig. 1). 과학 탐구에서 학습자가 수행하는 인식론적 활동은 증거-설명 연속선의 각 세부 항목에 적합한 정보, 증거, 모델, 또는 설명을 인식하거나 규명하고 이를 파악하는데 필요한 활동의 준거를 나타낸다. (1)탐구문제 단계에서 학습자는 탐구하고

Table 1. The participants of this study and the context of their simulation teaching

연구 참여자	수업 주제	수업의 특징
A	계절별 기온이 다른 까닭	가설 검증 수업
B	계절 변화의 원인	가설 검증 수업
C	고기압과 저기압	모형실험을 활용한 개념 이해
D	고기압과 저기압에서 바람의 방향	모형실험의 예상과 그 결과를 비교(POE 수업)

자 하는 현상에 관한 의문을 품고, 그 문제 현상이 무엇이며 어떤 방법으로 탐구할 것인지 탐색한다. (2)측정 또는 관찰 단계에서 학습자는 문제 현상을 관찰하거나 실험하여 관련된 사실 정보를 습득하고, 그 현상과 관련된 성질을 파악하여 기록하는 활동을 수행한다. (3)데이터 단계에서 학습자는 측정 또는 관찰을 통해 수집한 데이터 자체를 인식하게 되는데, 그 데이터를 그림이나 표, 그래프 등 다양한 방식으로 표현하는 활동이 포함될 수 있다. (4)증거 단계에서 학습자는 수집한 데이터를 분석하여 그 데이터 중에서 탐구문제를 해결하는데 적합한 사실 정보나 가공정보와 적절하지 않은 정보 또는 예상하지 못한 변칙사례에 해당하는 정보를 구분하는 활동을 수행하며, 문제 현상에 대한 모델이나 설명을 도출하는데 직접적으로 활용할 수 있는 정보를 찾을 수 있다. (5)패턴 또는 모델 단계에서 학습자는 적절한 전략을 선택하여 증거를 해석하고, 그 증거 간의 공통점이나 규칙성을 찾아 설명모델을 제안하는 활동을 수행한다. (6)설명 단계에서 학습자는 동료 학습자와 함께 각자 제안한 설명모델을 비교하고 토론하여 문제 현상에 관한 가장 적절한 설명모델을 선택하고, 이를 적용하여 최

종 설명을 구성한다.

네 예비교사의 과학적 추론이 각 수업의 주제에서 과학지식을 구성할 때 작용하는 인식론적 의미를 알아보기 위하여 먼저 모의수업 시연의 전사 자료에서 추출한 과학적 추론 사례의 에피소드별로 그 추론 사례가 증거-설명의 연속선의 세부 항목(탐구문제, 측정 또는 관찰, 데이터, 증거, 패턴 또는 모델, 설명) 중 무엇에 해당하는지를 검토하였다. 둘째, 과학적 추론에 해당하는 교수발화가 각 세부 항목에서 다음 단계의 세부 항목으로 전개되는 데 필요한 인식론적 활동으로 작동하는지를 판단하였다. 이 절차는 과학적 추론 및 과학적 추론의 흐름이 해당 수업 주제의 지식구성을 위해 어떤 역할을 하는지를 알려주었다. 이와 같은 절차를 거쳐서 각 예비교사의 과학적 추론이 모의수업 시연에서 작용하는 인식론적 의미를 해석하였다. 셋째, 유사한 주제로 수업한 예비교사 A와 B, 예비교사 C와 D의 모의수업 시연에서 과학지식 구성 과정의 흐름을 과학적 추론과 함께 증거-설명의 연속선에 다이어그램으로 표현하여 두 예비교사씩 서로 비교할 수 있게 하였다.

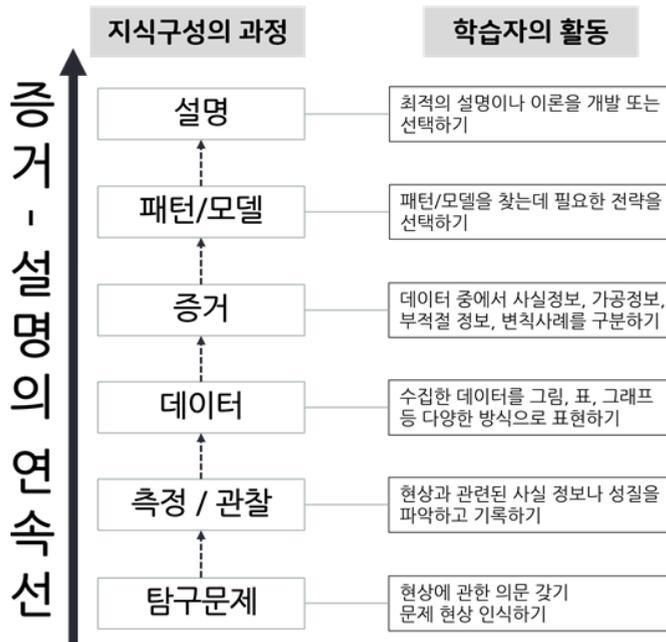


Fig. 1. The Evidence-Explanation Continuum (Extracted/translated from Duschl *et al.*, 2010, p. 1168)

III. 연구 결과

네 예비교사의 모의수업 시연에서 수행된 과학적 추론의 인식론적 의미를 서술하기 위하여 연구 결과는 모의수업의 주제별로 구분하여 기술하였다.

1. 계절 변화의 원인에 관한 예비교사 A와 B의 과학적 추론 분석

계절 변화의 원인을 중심 주제로 하여 예비교사 A와 B는 각각 계절에 따라 기온이 달라지는 까닭과 계절이 변화하는 원인을 탐색하는 차이를 지도하는 모의수업을 시연하였다. 두 예비교사의 모의수업에서 실행된 과학적 추론의 사례 및 각 추론 사례가 증거-설명 연속선에서 가진 인식론적 의미를 수업 진행 흐름에 따라 제시하면 아래와 같다.

1) 지식정보를 단순 적용한 가설 수립: 탐구문제

예비교사 A와 B는 계절 변화의 원인에 관한 가설을 수립하고 이를 검증하는 흐름의 수업을 구성하였다. 논리실증주의에 기반한 전형적인 탐구 절차(The Scientific Method, Duschl & Grandy, 2008; Windschitl et al., 2008)의 흐름에서 가설 설정 단계는 현상을 관찰하여 얻은 탐구 문제를 인식한 후에 실행되지만, 두 예비교사의 모의수업에서 탐구 문제는 교사가 직접 제시하였고, 그 문제를 해결하기 위해 가설을 설정하는 것을 출발점으로 수업이 진행되었다. 예비교사 A와 B는 학생들에게 이전 시간에 학습했던 지식정보를 상기시키고, 그것을 바탕으로 가설을 수립하는 방식으로 수업의 도입부를 구성하였다. 아래는 예비교사 A의 수업 도입부에서 학생들에게 가설을 수립하게 안내하는 교수발화의 일부이다.

장면 #1. (예비교사 A)

교사A 오늘은 계절에 따라서 기온이 달라지는 까닭을, 그 이유를 한번 추측해 보고 또 추측을 바탕으로 가설을 세워봅시다.

교사A 그러면 한번 추측해 봅시다. 왜 계절에 따라서 기온이 달라질까요?

교사A 지난 시간에 배운 거 한번 떠올려 봅시다. **지난 시간에 계절에 따라 무엇이 변한다고 했지요?**

학생2 태양의 남중고도요.

학생1 낮의 길이요.

교사A 네, **태양의 남중고도, 낮의 길이 이런 것이 변한다고**

했습니다. 그러면 **모둠별로 이야기 나눠보면서 계절에 따라 기온이 변하는 이유가 무엇인지 우리 반의 가설을 세워봅시다.**

(모둠별 가설 발표)

교사A 각 모둠의 가설들을 모두 들어봤는데요. **우리 반에서 태양의 남중고도가 높아지면 기온이 올라갈 것이라는 의견이 가장 많았습니다.** 이 가설을 우리 반의 가설로 채택하고 실험을 통해서 한번 확인해보겠습니다.

(※ 학생1, 학생2는 교사A와 함께 모의수업 시연을 준비한 동료 예비교사로서 모의수업에서 학생 역할을 담당하였다. 다른 세 예비교사의 모의수업 시연에서 동료 예비교사의 발표도 모두 학생1, 학생2로 표시하였다)

예비교사 A의 교수발화에서 가설을 수립하는 과정은 기존 지식정보를 단순히 적용하는데 그치는 양상을 보였다. 즉, 계절에 따라 남중고도가 달라진다는 지식정보를 활용하여 남중고도가 높아지면 기온이 올라간다는 명제를 설정하고, 이것을 계절에 따라 기온이 달라지는 까닭에 대한 가설로서 제시하였다. 이 가설은 예비교사 A의 모의수업에서 탐구 문제 역할을 하게 된다. 이전에 학습한 지식정보의 적용에 근거한 가설 수립은 예비교사 B의 모의수업 시연 도입부에서도 유사하게 나타났다.

장면 #2. (예비교사 B)

교사B 오늘은 계절의 변화가 생기는 원인을 가설로 세우고 이를 검증해 보는 거를 할 거예요. **우리 1학기 때 별자리 배웠던 거 기억하나요?**

교사B 계절마다 별자리가 다르게 보이는 이유가 뭐였죠?

학생2 지구가 공전했어요.

교사B **지구가 공전해서. 선생님은 여기까지만 알려줄게요.**

교사B 자, 다들 가설 설정 잘했나요?

교사B 계절은 왜 변화할 것 같습니까? 우리 모둠의 가설은 이겁니다 라고 말해볼 친구?

학생1 **지구가 공전하기 때문에 변할 거 같아요.**

교사B **지구가 공전하기 때문에 변화할 것 같대요. 혹시 가설이 다른 모둠이 있나요?**

교사B **다른 모둠들도 똑같이 생각을 해준 거 같습니다.**

예비교사 B는 학생들이 이전에 학습했던 지구의 공전에 의해 계절별 별자리가 달라진다는 지식정보에 근거하여 가설을 수립하게 안내하는 교수발화를 보였다. 교사는 학생들이 스스로 가설을 설정하기 어렵다고 판단하고 지구의 공전을 힌트로 제시하였으며, 이를 근거로 “지구가 공전하기 때문에 계절이 변한다”라는 가설을 수립하게 하였다. 그러

나 예비교사 A의 사례와 달리 B 교사는 독립변인과 종속변인을 명시적으로 나타낸 가설적 설명이 아니라, 단지 계절 변화의 원인이 지구의 공전이라는 사실명제 형태로 제시한 가설이었다.

두 예비교사의 교수발화에서 가설 수립 과정은 학생들에게 가설을 세워보라고 발문하는 것 외에 가설을 설정하는 데 필요한 명시적인 과학적 추론은 발견되지 않았다. 가설 수립의 과정은 미지의 원인이거나 과정의 결과로 파생된 문제 현상에 대해 이를 설명할 수 있는 규칙을 추리하는 귀추적 추론이 중요하다(권용주 등, 2003; 오피석과 오성진, 2011). 예비교사 A와 B가 가설 수립을 위한 귀추적 추론을 구성하고자 했다면, 지난 시간에 배웠던 지식정보를 상기시킨 후에 그 정보를 자원으로 활용하거나 유사한 경험 상황을 인식하게 하여 탐구 문제에 관한 설명모델 또는 설명에 필요한 원인 요소를 유추할 수 있게 하는 추가적인 교수발화를 통해 가설을 수립하기 위한 매개를 제시하는 것이 필요했다.

2) 데이터 종합 및 가설-연역적 추론: 증거 인식 및 모델 구성

예비교사 A와 B는 모두 가설을 검증하기 위한 실험을 설계하고 통제해야 할 변수를 토의한 뒤에 실험을 수행하게 하였다. 실험 장면 후에 두 예비교사는 각각 실험 결과로 얻은 데이터를 언급하고, 그 데이터를 증거 삼아 가설을 확인하는 교수발화를 구현하였다. 아래는 예비교사 A의 모의수업 시연에서 모래에 온도계를 꽂고 전등으로 가열하는 실험을 수행한 후 전등과 모래 표면이 이루는 각도를 크게 한 세트(여름 모형)와 그 각도를 작게 한 세트(겨울 모형)의 온도를 비교하여 가설을 검증하는 장면의 교수발화이다.

장면 #3. (예비교사 A)

교사A 여름 모형은 61도까지 올라갔고, 겨울 모형은 46.5도까지 올라갔습니다. 다른 모둠도 여름 모형이 겨울 모형보다 더 높은 온도를 보이고 있습니다. 그러면 **우리 지금까지 실험한 내용을 활동지에 정리하고 가설이 맞았는지 생각해 봅시다.**

교사A 우리 실험에서 다르게 한 조건이 무엇이었지요?

학생2 모래와 전등이 이루는 각이요.

교사A 맞습니다. 전등과 모래가 이루는 각, 그러니까 실제로 남중고도를 다르게 하고 실험을 수행해 봤습니다.

교사A **모든 모둠이 동일하게 전등과 모래가 이루는 각이 큰**

모형 여름 모형이 더 높은 온도가 나왔습니다. 그럼, 실험을 해 보니까, 우리가 세운 가설이 맞은 것 같나요?

학생1 네.

교사A 대부분 학생이 **가설이 맞은 것 같다고 대답해 주었습니다.** 자 그럼 계절에 따라서 기온이 변하는 이유는 무엇일까요?

학생2 태양의 남중고도가 달라서요.

교사A 맞습니다. 우리는 **계절에 따라서 태양의 남중고도가 달라지기 때문에 기온이 달라진다는 가설을 세우고 실험을 통해서 검증했습니다.**

장면 #3에서 예비교사 A는 한 모둠에서 측정한 여름 모형의 온도와 겨울 모형의 온도 데이터를 제시하고, 이를 다른 모둠의 실험 결과 데이터와 비교하여 서로 유사함을 언급하였다. 이 과정은 증거-설명 연속선에 비추어 보면 데이터를 수집하여 표현했다는 인식론적 의미가 있다. 그러나 여름 모형의 온도와 겨울 모형의 온도 값을 서로 비교한 것에 그쳤고, 두 데이터 차이의 의미를 파악하기 위한 별도의 실험을 구현하지 않았다. 즉, 수집한 데이터를 인식하여 그대로 언급한 것 외에 데이터를 표나 그 밖의 다른 양식으로 변환하여 데이터 해석을 시도하는 과정은 포함되지 않았다. 데이터를 분석하고 해석할 때 데이터를 표나 그래프, 다이어그램 등으로 변환할 수 있으며, 이 실험은 탐구하려는 과학적 질문에 대한 설명주장을 뒷받침할 수 있는 증거를 찾는 데 유용해야 한다(Schwarz et al., 2017). 예비교사 A의 교수발화가 온도 측정값을 표로 나타내게 하거나, 이를 그래프로 변환하는 과정을 포함하여 전등과 모래가 이루는 각도가 서로 다른 여름 모형과 겨울 모형에서 온도 데이터의 변화 경향을 파악하는 과정을 포함하여 그 결과로 가설 검증을 위한 증거를 확보했다면, 데이터 분석하여 증거를 찾고 그 증거를 바탕으로 가설을 검증하고 설명모델을 형성하여 과학지식을 구성한다는 인식론적 의미를 더 적절히 갖출 수 있었을 것이다.

예비교사 A는 뒤이어 여러 모둠에서 실험 결과로 얻은 데이터를 종합하여, 모든 모둠에서 전등과 모래가 이루는 각도 즉, 남중고도를 표현한 각도가 큰 여름 모형 세트가 그 각도가 작은 겨울 모형 세트보다 온도가 높다는 공통점을 증거로 인식하였다. 이 과정은 여러 모둠의 데이터를 비교하여 공통점을 발견한 것으로서 데이터 간의 관계를 증거로 삼는 인식론적 양상에 해당한다. 그러나 데이터

를 분석할 때 수집한 데이터 중에서 증거로서 적절한 데이터와 그렇지 않은 데이터를 구분하는 인식론적 의미를 포함하지는 않았다. 즉, 여러 모둠에서 측정된 온도 데이터가 계절에 따라 기온이 달라지는 까닭을 설명하는 데 적합한 데이터인지 아닌지 판단하거나, 실험에 따른 변칙 사례가 있는지 등을 확인하는 절차를 통해 데이터 중에서 설명주장을 뒷받침할 수 있는 증거를 구분하는 추론이 포함되었다면, 증거-설명의 연속선 관점에서 볼 때 더 적절한 인식론적 의미를 갖게 되었을 것이다.

장면 #1과 장면#3에서 예비교사 A의 교수발화는 전형적인 가설-연역적 추론의 사례에 해당한다. 예비교사 A는 남중고도가 큰 여름 모형 세트의 온도가 겨울 모형 세트보다 더 높다는 증거를 바탕으로 “계절에 따라 태양의 남중고도가 달라지기 때문에 기온이 달라진다”라는 가설이 맞았는지를 확인하게 하였다. 이 추론 사례를 증거-설명의 연속선에 비추어 보면, 지식정보를 단순 적용한 가설에 근거하여 실험을 수행한 후, 수집한 데이터 간의 공통점을 증거로 인식하고, 증거와 가설을 비교하여 가설을 검증하고 설명을 도출하는 인식론적 의미를 파악할 수 있다. 예비교사 A의 교수발화에 의하면, 데이터와 증거는 명확히 구분되지 않았으며, 단일 증거를 채택하였기에 증거 간의 패턴이나 모델을 찾는 과정은 생략되었다. 그러나 이와 같은 인식론적 특성은 예비교사 A의 가설-연역적 추론이 남중고도와 지면 온도의 관계를 파악하는 비교적 단순한 추론으로 구성되었기 때문에 파생된 것으로 해석되었다.

예비교사 B는 가설을 검증하기 위하여 지구의에 남중고도 측정장치를 붙이고 전등 주위를 따라 북반구 지역의 봄, 여름, 가을, 겨울에 해당하는 네 위치(가, 나, 다, 라)에서 각각 고도값을 측정하는 실험을 수행한 후 그 결과를 비교하는 교수발화를 구현하였다. 아래 장면 #4는 자전축을 수직이 되게 맞춘 지구의를 이용하여 네 위치에서 태양의 남중고도를 측정한 실험을 수행한 후의 교수발화이다.

장면 #4. (예비교사 B)

교사B 우리 실험 결과 다 같이 공유할 거예요. 태양의 남중고도는 어떤 변화가 있었습니까?
 학생2 가 위치에서 52, 나에서도 52, 다 라 위치에서도 다 똑같이 52가 나왔어요.
 교사B 가, 나, 다, 라, 네 위치의 지구의에서 모두 52도가 나왔대요. **혹시 다르게 측정된 모듬 있나요?**

학생1 우리도 같아요.

교사B **다 같게 측정되었다고 하네요.** 그러면 태양의 남중고도에 변화가 없다면 계절의 변화는 어떻게 될까요?

학생1 계절의 변화가 일어나지 않아요.

교사B 태양의 남중고도 변화가 없으면 계절의 변화가 왜 일어나지 않을까요?

학생2 기온이 달라지지 않아서

교사B 태양의 남중고도가 변하지 않으면 기온이 똑같은까 계절의 변화가 생기지 않을 것 같습니다. 그러면 우리가 세웠던 가설을 수정해야 할 거 같아요.

장면 #4에서 예비교사 B는 가, 나, 다, 라 네 위치에서 지구의에 붙인 남중고도 측정장치에서 각도 값을 언급하고, 여러 모둠에서 네 위치의 남중고도 값이 모두 같다는 데이터를 확인하였다. 이것은 실험에서 측정을 통한 데이터 수집 및 단순한 데이터 인식에 해당하는 인식론적 의미가 있으며, 단순한 측정값 확인이었으므로 별도의 데이터 분석 과정이 반영되기는 어려웠다. 예비교사 B는 서로 다른 위치에 놓인 지구의에서 측정한 남중고도 값이 모두 동일함을 증거로 삼아 계절의 변화가 생기지 않음을 인식하고, 수업의 도입부에 수립했던 가설이 맞지 않음을 확인하는 추론이 진행되었다. 가설이 검증되지 않았으므로 예비교사 B는 “아까 세웠던 가설을 수정해야” 함을 언급하였고, 이후 자전축을 비스듬히 기울인 지구의를 이용하여 네 위치에서 태양의 남중고도를 측정할 실험을 수행한 후 아래와 같은 교수발화를 구현하였다.

장면 #5. (예비교사 B)

교사B 태양의 남중고도는 어떤 변화가 있었는지 실험 결과 공유해 줄 모듬 있나요?

학생1 저희는 가에서는 52 나에서는 76, 다에서도 52 나 29가 나왔어요.

교사B 측정 결과를 보니까, 가나다라가 다르게 나왔어요. **혹시 다르게 측정된 모듬 있나요?**

교사B **다른 모듬도 남중고도가 다 다르게 측정되었다고 하네요.** 그럼, 이 가설이 맞는지 한번 검증해 봅시다.

교사B **첫 번째 실험에서 지구의의 자전축이 수직일 때 태양의 남중고도는 어떠했나요?**

학생2 변하지 않았어요.

교사B **변하지 않았어요.** 태양의 남중고도가 다 똑같았어요. **남중고도의 변화가 없으면 기온이 같기 때문에 계절의 변화가 일어나지 않습니다.**

교사B 그럼 두 번째 실험에서 지구의의 자전축이 기울어진 채 공전할 때 태양의 남중고도는 어땠나요?

학생2 변했어요.
 교사B 태양의 남중고도가 위치에 따라서 변했습니다. 가 나 다 라가 위치에 따라 남중고도가 커지기도 하고, 작아 지기도 하는 것을 실험을 통해 확인했습니다.
 교사B 그러면 태양의 남중고도가 변할 때 계절의 변화가 일어나나요?
 학생2 네
 교사B 왜 일어날까요?
 학생1 기온이 달라져서?
 교사B 남중고도가 변하면 기온이 달라지기 때문에 계절의 변화가 일어나겠습니다.

장면 #5에서 예비교사 B는 가, 나, 다, 라 네 위치에 놓인 지구의에서 남중고도 측정값이 서로 다르다는 데이터를 언급하고, 이 데이터와 앞선 장면 #4의 실험에서 얻은 데이터와 서로 비교하였다. 두 데이터를 비교하여 자전축이 수직인 지구의에서 남중고도 값이 변하지 않았고, 자전축이 기울어진 지구의에서는 남중고도 값이 위치에 따라 변했다는 증거를 인식하였다. 이와 같은 양상은 데이터를 분석하여 탐구문제를 해결하는데 필요한 정보를 구분하는 인식론적 활동의 사례에 해당한다.

장면 #4에서 1차 실험의 데이터를 증거로 하여 가설을 검증했으나, 당초 가설은 기각되었고, 장면 #5에서는 그 가설을 수정하여 2차 실험에서 얻은 데이터와 1차 실험의 데이터를 비교하여 두 데이터 간의 차이에서 증거를 찾고, 그 증거를 바탕으로

수정된 가설이 맞음을 확인하는 전략을 선택하여 설명모델을 도출하는데 적용하였다. 이와 같은 교수발하는 전형적인 가설-연역적 추론에 해당한다. 그러나 예비교사 B가 실행한 가설-연역적 추론은 계절 변화의 원인에 관한 지식구성의 측면에서 인식론적 한계가 있었다. 예비교사 B는 수업의 도입부에서 “지구가 공전하기 때문에 계절이 변화한다”라는 가설을 수립하였다. 그러나 1차 실험과 2차 실험에서 다른 지구의 자전축 기울기라는 변인이 이 가설에 포함되지 않았다. 그런 까닭에 1차 실험과 2차 실험의 데이터를 비교한 가설-연역적 추론 후에 교사가 도출한 설명모델은 “남중고도가 변하면 기온이 달라지기 때문에 계절의 변화가 일어난다”라는 명제로서 지구 자전축의 기울기가 명시적으로 포함되지 않았다.

아래 Fig. 2에 예비교사 A와 예비교사 B가 모의 수업 시연에서 구성한 과학적 추론과 과학지식 구성 과정을 증거-설명 연속선에 표현하였다. 두 예비교사는 모두 가설-연역적 추론을 근간으로 하는 과학적 추론을 구성하였으며, 실험에서 측정된 데이터를 비교하여 모듈별 데이터가 동일함을 파악하였고, 그 데이터를 증거로 삼아 수업의 도입부에 수립한 가설을 검증하였다. 두 교사가 모두 가설-연역적 추론을 선택하여 수업을 구성한 것은 초등학교 교과교과서에서 계절 변화와 관련된 주제의 탐구 활동에 가설 수립 및 검증 절차가 포함되었기 때문으로

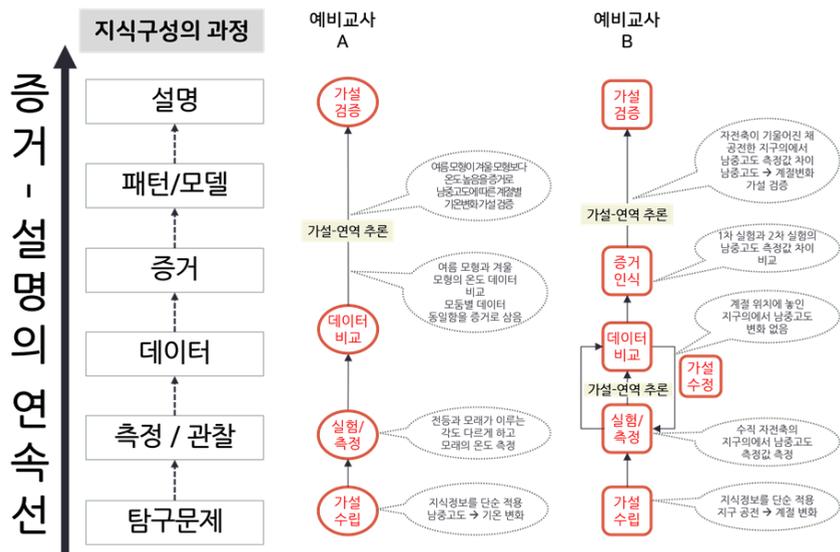


Fig. 2. Two pre-service teachers' (A & B) epistemic processes depicted on the E-E continuum

해석된다. 그러나 예비교사 A의 과학지식 구성 과정은 남중고도에 따른 지표의 기온 변화를 변인으로 선정하여, 여름 모형과 겨울 모형의 모듈별 데이터가 동일함을 증거로 가설을 검증하는 비교적 단순한 구조로 구성된 반면, 예비교사 B의 과학지식 구성 과정은 자전축을 수직으로 한 지구의로 수행한 1차 실험의 데이터와 자전축을 비스듬히 기울인 지구의로 수행한 2차 실험의 데이터를 비교하여 증거를 인식하고 이를 근거로 가설을 검증하는 구조로 구성되었다. 예비교사 B의 수업 구성 역시 과학 교과서의 흐름에 기반한 것이지만, 데이터를 비교하여 증거를 인식하고 그것을 근거로 가설 검증 및 설명을 구성함으로써 좀 더 체계적인 인식론적 의미를 가진 과학적 추론 활동을 보였음을 알 수 있다.

2. 고기압과 저기압에 관한 예비교사 C와 D의 과학적 추론 분석

고기압과 저기압 및 바람을 주제로 한 모의수업 시연에서 예비교사 C는 공기의 무게를 측정하는 실험을 소재로 고기압과 저기압의 의미를 파악하는 교수발화를 구현하였고, 예비교사 D는 모래와 물을 가열하고 식힌 후 온도를 측정하여 공기의 기압차에 의한 바람의 방향을 탐색하는 실험을 진행한 후 바닷가에서 부는 바람에 관한 설명을 탐색하는 교수발화를 구현하였다. 두 예비교사의 과학적 추론 양상은 아래와 같다.

1) 귀납적 추론을 활용한 실험 결과 종합: 데이터 분석 및 증거 인식

예비교사 C는 모의수업 시연에서 헤어드라이어로 따뜻한 공기와 찬 공기를 통에 불어 넣고 공기의 무게를 측정하는 실험을 영상으로 제시하였다. 실험 후 모듈별로 측정한 실험 결과를 종합하여 온도가 서로 다른 공기의 무게를 비교할 때 귀납적 추론이 적용되었다. 아래는 예비교사 C의 교수발화 중 일부이다.

장면 #6. (예비교사 C)

교사C 실험이 잘 끝난 거 같은데, **결과가 어떻게 나왔나요?**
 학생1 차가운 공기를 넣은 통은 278그램, 따뜻한 공기를 넣은 통은 276.3그램입니다.
 교사C 네, 그러면 **다른 모듈은 결과가 어떻게 나왔나요?**
 학생2 차가운 공기를 넣은 통은 275.5그램, 따뜻한 공기를

넣은 통은 274.9그램으로 나왔어요.

교사C **두 모듈의 결과를 들어봤는데 이제 다른 모듈들의 결과도 활동지에 같이 기록해 보겠습니다.**

교사C 다른 모듈 친구들의 결과를 모아보았습니다. 혹시 **공통점을 찾은 사람 있을까요?**

학생2 네, **차가운 공기가 따뜻한 공기보다 더 무겁습니다.**

장면 #6에서 예비교사 C는 함께 모의수업을 시연한 학생1과 학생2를 서로 다른 모듈의 대표 학생으로 간주하고 두 모듈의 실험 결과를 발표하게 하였다. 두 학생의 실험 결과는 유사했고 뒤이어 다른 모듈의 결과도 함께 비교하게 하였다. C 예비교사는 각 모듈의 실험 결과를 종합해서 “공통점을 찾은 사람 있을까요?”라며 실험 결과 데이터 간의 공통점을 찾는 추론을 유도하였다. 그 결과로서 “차가운 공기가 따뜻한 공기보다 더 무겁다”라는 증거 서술을 도출하였다. 이와 같은 추론 과정은 데이터를 분석하여 증거를 구분하는 인식론적 의미가 있다.

실험 결과를 종합할 때 귀납적 추론의 활용은 예비교사 D의 교수발화에서도 유사하게 구현되었다. 아래 장면 #7은 모래와 물을 열전구로 일정한 시간 동안 가열하고, 끈 뒤에 모래와 물의 온도를 비교하는 상황의 교수발화이다.

장면 #7. (예비교사 D)

교사D 실험 결과를 확인해 봅시다. 전등을 켰을 때와 켜지 않았을 때 모래의 온도는 어떻게 변했나요? **발표해 볼 모듈이 있을까요?**

학생1 **전등을 켰을 때는 31도까지 올라갔는데, 전등을 켜지 않았을 때 모래는 27도까지 내려갔습니다.**교사D 그럼 전등을 켰을 때와 켜지 않았을 때 물의 온도는 어떻게 변했나요?

학생2 **전등을 켰을 때는 20.9도까지 올라갔고 전등을 켜지 않았을 때는 20.1도까지 내려갔습니다.**

교사D 모두 실험을 굉장히 잘했어요. 그러면 선생님과 함께 **그래프를 보면서 전등을 켰을 때와 켜지 않았을 때 물과 모래 온도 변화를 한번 비교해 볼게요. 지금 그래프를 보면 모래와 물 중에 온도 변화가 큰 것은 무엇일까요?**

학생1 모래의 온도 변화가 훨씬 더 커요.

교사D **모래의 온도 변화가 물보다 확실히 큰 것을 확인할 수 있죠.** 오늘 실험을 통해서 우리는 모래와 물에 이렇게 같은 열을 가해도 데워지는 속도와 식는 속도가 각각 다른 것을 확인할 수 있었습니다.

장면 #7에서 예비교사 D는 학생1의 모듈과 학생2의 모듈에서 발표한 실험 결과를 종합하고, 이를 그래프로 변환하여 학생들과 비교하였다. 두 모듈

의 실험 결과, 그리고 데이터를 변환한 그래프를 종합해서 모래의 온도 변화가 물보다 크다는 증거를 도출하였다. 이 과정에 적용된 추론은 실험에서 측정된 데이터를 정확히 기술하고, 이를 적절히 변환하여 데이터 간의 규칙성이나 경향성 또는 관계를 종합하여 도출하는 귀납적 추론에 해당하며, 증거-설명의 연속선에서 보면, 데이터를 분석하여 증거를 인식하는 인식론적 의미가 있다.

2) 지식정보에 근거한 연역적 추론: 모델 탐색

예비교사 D는 모의수업 시연에서 이전 시간에 학습했던 지식정보와 본 차시의 1차 실험에서 얻었던 정보를 활용하여, 열전구로 가열한 모래와 물 위에 향 연기를 넣었을 때 향 연기의 이동 방향을 예상하게 하였다. 아래에 D 예비교사가 시연한 교수발화를 제시한다.

장면 #8. (예비교사 D)

교사D 공기의 이동이 바람인데, 바람은 고기압에서 저기압으로 공기가 이동하는 현상입니다. 첫 번째, **지난 시간에 기온차에 의해서 기압차가 생기고 기압차에 의해 고기압에서 저기압으로 바람이 분다는 것을 배웠고**, 두 번째, **오늘 실험을 통해 모래는 빨리 뜨거워지고 식으며 물은 천천히 뜨거워지고 식는다는 것을 배웠어요.**

교사D 이제 아까 한 실험에서 향을 중간에 넣어보는 실험을 진행해 볼 건데요. 이 **향 연기가 어디로 이동할지 모둠별로 지난 시간에 배운 내용 그리고 오늘 실험한 내용을 사용해서** 예상을 해볼 거예요. 지금부터 모듬별로 공기 알갱이의 모습은 어떠할지 그림으로 그려 보고 **바람은 어느 방향으로 불지 예상해 보도록 할게요.** 모듬별로 토의 시작해 주세요.

학생1 바람이 어디서 어디로 부느냐고 물어보았는데 바람은 어디에서 어디로 불었더라?

학생2 그때 고기압에서 저기압으로 분다고 아까 그러셨잖아.

학생1 그러면 둘 중에 뭐가 고기압이고 뭐가 저기압인지 찾아야겠다.

학생2 근데 저번에 배운 내용 생각했을 때 **뜨거운 데가 저기압이고 차가운 데가 고기압이니까.** 여기가 더 모래가 뜨거우니까 여기가 저기압이지 않을까?

학생1 아 맞다. 가열했을 때는 모래가 더 뜨겁고 물이 더 차가웠지.

학생1 그리고 식혔을 때는 모래가 더 차가워지고 물이 더 뜨거워졌던 것 같아

학생2 그러면 공기 알갱이를 그려보면, 여기가 좀 더 적고 여기가 조금 더 많겠지

학생1 맞아 뜨거운 곳에는 저기압 차가운 곳에서는 고기압이었으니까.

학생2 이거는 반대니까 모래에 더 공기 알갱이가 많을 거야

학생1 **그러면 고기압에서 저기압으로 공기가 이동하니까 이쪽으로 바람이 불겠다.**

학생2 맞아. 식혔을 때는 반대니까 여기가 고기압이 되고, 여기가 저기압이 돼서 이쪽으로 바람이 불 것 같아

장면 #8에서 예비교사 D가 모의수업을 위해 구상한 과학적 추론은 전형적인 연역적 추론에 해당한다. 즉, 기온차에 의해 “뜨거운 데가 저기압이고 차가운 데가 고기압”이고, “고기압에서 저기압으로 바람이 분다”는 지식정보는 이미 참이라고 알려진 전제적 명제이다. 그리고 열전구로 모래와 물을 가열한 실험에서 모래가 빨리 뜨거워져 온도가 높고 물은 천천히 뜨거워져 온도가 낮음은 조건에 해당한다. 전제와 조건의 관계에서 학생1과 학생2는 모래 위가 저기압이고 물 위가 고기압이므로 물에서 모래 쪽으로 바람이 부는 특별한 사례를 예상할 수 있었다. 학생들은 열전구를 끄고 모래와 물을 식혔을 때는 반대 방향으로 바람이 불게 됨을 예상하였다. 이 장면에서 구현된 연역적 추론을 증거-설명의 연속선에서 보면, 알려진 지식정보와 관찰한 사실 정보 간의 관계를 전제와 조건에 의한 연역적 논리로 파악하는 전략을 선택하여 모래와 물 위에서 향 연기의 이동 방향 즉, 바람의 방향에 관한 설명모델을 탐색하는 인식론적 의미를 형성한 사례로 볼 수 있다. 이처럼 증거를 해석하기 위해 적절한 추론 전략을 선택하는 것은 증거에서 설명모델 또는 패턴을 찾는 데 중요한 인식론적 과정이라 할 수 있다.

3) 선형적 논리 구조의 연역적 추론: 설명 구성

고기압과 저기압의 의미, 그리고 모래와 물의 비열차로 인한 기압차 때문에 바람이 부는 원리를 적용하여 설명을 구성하는 장면에서 두 예비교사는 선형적 논리 구조를 가진 인과관계를 나타내는 과학적 추론을 진행하였다. 예비교사 C가 모의수업 시연의 후반부에 고기압과 저기압의 의미, 그리고 고기압에서 저기압으로 부는 바람에 관해 설명하는 교수발화를 아래에 제시한다.

장면 #9. (예비교사 C)

교사C 교과서 57쪽을 같이 보겠습니다. **따뜻한 공기는 같은 공간 안에 알갱이의 수가 적기 때문에 무게가 가볍고,**

차가운 공기는 같은 공간 안에 일각이의 수가 많기 때문에 무거운 것을 저울로 확인할 수 있죠. 공기에는 무게가 있기 때문에 누르는 힘이 생기는데 따뜻한 공기는 더 가볍기 때문에 누르는 힘이 더 작고 차가운 공기는 더 무겁기 때문에 누르는 힘이 더 큼니다. 그러면 이쪽은 기압이 작다고 생각할 수 있고 이쪽은 기압이 크다고 말할 수 있겠죠.

교사C 이처럼 상대적으로 공기가 무거운 것을 고기압이라고 하고 상대적으로 공기가 가벼운 것을 저기압이라고 합니다.

교사C 공기를 가득 넣어서 부풀어 오른 비치볼을 한번 관찰해 볼게요. 갑자기 비치볼에 구멍이 뚫린다면 어떻게 될지 한번 예상해 볼게요. 어디에서 어디로 공기가 이동할까요?

학생1 비치볼 안쪽 공기가 바깥쪽으로 빠져나갈 것 같습니다.

교사C 왜 그렇게 생각했나요?

학생1 공기가 많이 모여 있는 곳에서 공기가 적은 곳으로 이동할 것 같기 때문입니다.

교사C 잘 말해 주었습니다. 이것을 흡수 기압과 관련지어서 얘기할 수 있을까요?

학생2 공기는 고기압에서 저기압으로 이동합니다.

교사C 네, 이처럼 공기가 고기압에서 저기압으로 이동하는 것을 바람이라고 합니다.

장면 #9에서 고기압과 저기압의 의미에 관한 예비교사 C의 설명은 다음과 같은 선형적 논리 구조를 가진 인과관계를 포함한다.

- 따뜻한 공기는 같은 공간 안에 공기 알갱이 수가 적다
→ 무게가 가볍다 → 누르는 힘이 작다 → 저기압
- 차가운 공기는 같은 공간 안에 공기 알갱이 수가 많다
→ 무게가 무겁다 → 누르는 힘이 크다 → 고기압

이와 같은 선형적 논리 구조는 비록 일반적 전제와 조건 및 조건이 적용되는 특수사례로 구분되지 않고, 제1 조건에서 제2 조건, 그리고 제3의 조건으로 순차적으로 이어지는 흐름을 보인다. 이 흐름은 앞의 조건이 후속 조건의 원인이 되고, 앞 조건을 전제로 후속 조건이 결과로 도출되는 인과관계를 형성하는데, 앞선 조건은 전제 역할을 하고 그 전제에 포함된 조건은 후속 조건을 설명하는데 본질적인 내용이 되며(Nagel, 1961; 권용주 등, 2003에서 재인용), 그 전제에 따라 필연적인 결과가 후속 조건이 도출된다는 측면에서 연역적 추론의 사례로 볼 수 있다. 고기압과 저기압으로 인한 바람의 방향에 관해 최종적인 설명을 구성할 때 선형적 인과

관계의 논리 구조를 갖는 추론은 예비교사 D의 모의수업 시연에서도 발견되었다. 아래는 예비교사 D가 해변에서 육지와 바다가 햇빛에 가열되고 밤에 식는 현상과 연계하여 해풍과 육풍을 설명하는 장면이다.

장면 #10. (예비교사 D)

교사D 오늘 한 실험 과정과 바닷가에서 바람이 부는 과정은 어떤 점이 비슷할까요?

학생2 아까 실험했을 때 가열했을 때를 실험한 거잖아요. 그래서 가열했을 때는 낮처럼 뜨거우니까 그래서 낮에 바람이 부는 거랑 비슷할 거 같아요.

교사D 낮에 바닷가에서는 바람이 어느 방향으로 불었는지 기억나요?

학생1 바다에서 시원한 바람이 불어왔던 거 같아요.

교사D 그럼 밤에 바닷가에서 바람이 어느 방향으로 불었는지 기억나요?

학생2 저는 바닷가에서 바다로 바람이 불었던 거 같아요.

교사D 그쵸. 이게 오늘 실험과 관련이 있습니다. 바닷가에서 낮에는 햇볕이 쨍쨍해서 해변의 모래가 바닷가의 물보다 먼저 뜨거워지기 때문에 바다에서 해변으로 바람이 부는 해풍이 불고요. 밤에는 반대로 바닷가의 물이 해변의 모래보다 천천히 식기 때문에 해변이 고기압이 되고 바다가 저기압이 되어서 해변에서 바다로 바람이 부는 육풍이 됩니다.

장면 #10에서 예비교사 D는 모래와 물을 가열하고 식힌 후 향 연기를 넣어 연기의 이동 방향을 관찰했던 모형실험의 과정과 결과를 실제 자연현상에서 바닷가의 바람과 비교하였다. 예비교사 D와 학생2의 대화에서, 열전기로 모래와 물을 가열하고 향 연기의 방향을 관찰한 모형실험이 낮에 해변과 바다가 태양열을 받고서 해안에서 바람이 부는 것과 유사함을 확인하였다. 이를 바탕으로 예비교사 D가 구성한 설명은 낮에 해풍이 불고, 밤에 육풍이 부는 현상을 설명할 때 아래와 같은 선형적 논리 구조를 형성하는 인과관계를 보였다.

- 낮에는 햇볕을 받아 모래가 물보다 먼저 뜨거워진다 → (바다가 고기압, 해변이 저기압 → 고기압에서 저기압으로 바람이 분다) → 바다에서 해변으로 바람이 분다 → 해풍
- 밤에는 물이 모래보다 천천히 식는다 → 해변이 고기압, 바다는 저기압 → (고기압에서 저기압으로 바람이 분다) → 해변에서 바다로 바람이 분다 → 육풍
(괄호 안의 내용은 명시적이지 않음)

앞서 예비교사 C의 사례와 비교하면, 일부 논리 단계가 생략되긴 했지만, 예비교사 D의 설명구성이 보인 선형적 논리 구조 역시 앞선 조건이 전제되고 그 조건이 적용될 수 있는 후속 조건을 만족할 때 그 전제에 따라 필연적인 결과가 도출된다는 측면에서 연역적 추론의 사례로 볼 수 있다. 예비교사 C와 D가 보인 설명 구성의 과정을 증거-설명의 연속선에 비추어 보면, 두 예비교사는 증거 간의 선형적 논리 구조를 가진 인과관계를 내포하는 연역적 추론을 설명 구성의 전략으로 선택하였다는 인식론적 의미가 있다.

아래 Fig. 3에 예비교사 C와 예비교사 D가 모의 수업 시연에서 구성한 과학적 추론과 과학지식 구성 과정을 증거-설명 연속선에 표현하였다.

두 예비교사는 귀납적 추론을 활용하여 실험 결과로 수집한 데이터를 종합하고 공통점을 찾아 증거를 인식하였고, 선형적 논리 구조를 띤 인과관계를 내포한 연역적 추론을 활용하여 설명을 구성하였다. 예비교사 C는 귀납적 추론을 통해 인식한 증거를 바탕으로 직접 설명을 구성했던 반면, 예비교사 D는 증거를 인식한 후에 고기압과 저기압 및 바람의 방향에 관한 지식정보를 전제로 두고 실험결과를 조건으로 하는 연역적 추론을 활용하여 설명 모델을 탐색하는 과정이 포함되었다. 그리고 이 모델에 근거하여 선형적 논리 구조를 띤 연역적 추론

을 적용하여 최종 설명을 구성하였다. 예비교사 D가 구성한 과학적 추론은 연구에 참여한 네 사례 중 가장 체계적인 인식론적 의미를 가진 과학지식 구성 과정을 갖추고 있었다.

IV. 논 의

계절 변화의 원인을 주제로 모의수업을 시연했던 예비교사 A와 B는 가설 수립 및 실험 결과를 근거로 가설을 검증하는 형태의 수업을 진행하였다. 두 교사의 가설 수립은 이전에 학습한 지식정보를 단순히 적용하여 가설을 언급하는 양상을 보였으며, 이 과정에서 명시적인 과학적 추론은 없었다. 두 예비교사는 가설-연역적 추론 과정에서 모둠별 실험 결과 데이터를 종합하거나 비교하여 증거를 인식하였고, 증거와 가설을 비교하여 가설의 진위를 확인하는 전략을 선택하여 설명을 구성하였다. 계절의 변화에 관한 과학지식을 구성하려면, 계절 변화에 영향을 주는 요인을 인식하는 것이 중요하다. 초등학교 과학 교육과정 및 교과서는 태양의 남중고도와 낮의 길이를 계절에 따른 기온 변화의 주요 변인으로 제시하였으며, 계절에 따른 남중고도와 낮의 길이가 달라지는 요인으로서 지구 자전축의 기울기에 따른 지구 공전의 효과를 설정하였다. 두 예비교사가 가설-연역적 추론을 근간으로 모

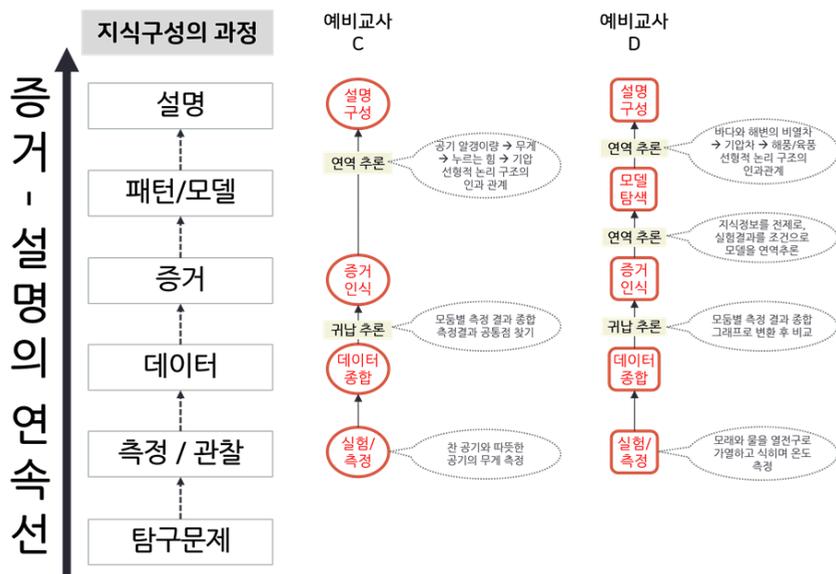


Fig. 3. Two pre-service teachers' (C & D) epistemic processes depicted on the E-E continuum

의수업을 구성한 것은 탐구주제의 특성상 계절 변화에 원인이 되는 변인 인식이 중요하다는 점, 그리고 과학 교과서에 가설 검증 형태의 탐구과정이 제시되었기 때문이라고 볼 수 있다. 그러나 가설-연역적 추론을 시도했음에도 불구하고 가설 수립 과정에 명시적인 과학적 추론이 반영되지 않은 것으로 보아 두 예비교사가 가설 수립에 필요한 추론 과정에 관한 이해가 부족함을 알 수 있다. 새로운 가설을 수립할 때 문제 현상을 설명하는 데 필요한 규칙을 추리하고 그 규칙에 근거하여 가설적 설명을 도출하는 귀추적 추론이 중요하다(권용주 등, 2003; 오필석, 2016). 권용주 등(2003)은 과학지식의 귀추적 생성 과정에 관해 먼저 의문 상황에서 경험된 상황을 유추하고 이를 설명할 수 있는 원인 요소를 도출하여 가설적 설명을 추리한다고 보았다. 오필석(2016)은 문제 현상에서 인식한 증거를 설명하는 데 필요한 자원 모델을 찾고, 이 자원 모델을 활용하여 증거 상황에 적합한 설명모델을 추리하여 다시 그 증거를 설명하는 과정을 통해 귀추적 추론이 가능함을 제안하였다. 권용주 등(2003)과 오필석(2016)은 공통적으로 의문 상황 또는 문제 현상을 가설 수립의 기본 전제로 제시하였다. 따라서 두 예비교사의 과학적 추론 구성에서 문제 발견이 가능한 상황(Kolodner *et al.*, 2003)을 설정하고, 학생들이 가설을 수립하는데 필요한 자원 모델 또는 경험 상황을 유추할 수 있게 귀추적 추론을 활용한 매개 발화를 제시했다면, 더 효과적인 과학지식 구성 과정을 시연할 수 있었을 것이다.

고기압과 저기압 및 바람을 주제로 모의수업을 시연했던 예비교사 C와 D는 공통적으로 여러 모둠의 실험 결과 데이터를 종합하여 공통적인 경향을 찾아 증거로 인식하는 귀납적 추론을 활용하였다. 기압의 개념과 바람의 원리를 학습하기 위해 학교 과학에서는 모형실험을 많이 다루는데, 모형실험 결과에서 설명모델 도출에 필요한 증거를 인식하는데 귀납적 추론이 활용된 것이다. 권용주 등(2003)은 귀납적 추론에 근거한 과학지식은 관찰 결과의 유사점을 찾아 공통성 지식을 산출하고, 뒤이어 공통점과 차이점을 인식하여 관찰 결과를 집단으로 구분하는 분류 지식 또는 집단 간의 관계를 인식하는 경향성 지식을 생성하여, 최종적으로 경향성을 가진 집단 간의 위계를 규정하는 위계 지식을 생성하는 것으로 보았다. 여러 모둠의 실험 결

과 데이터를 종합하여 공통적인 경향을 찾아 증거로 인식하는 귀납적 추론을 보였던 예비교사 C와 D의 사례는 권용주 등(2003)이 제시했던 귀납적 지식 생성 과정에 비추어 보면, 공통성 지식 산출의 양상에 해당한다. 이 공통성 지식을 Duschl *et al.* (2021)의 증거-설명 연속선 관점에서 비교하면, 문제 현상에 대한 설명모델을 도출하는 데 사용될 증거를 인식하는 단계에 해당한다.

예비교사 C와 D의 모의수업 시연에서 또 다른 특징으로서, 앞선 조건이 전제되고 그것에 의해 후속 조건이 결과로서 연속적으로 도출되는 선형적 논리 구조를 가진 연역적 추론을 설명구성의 전략으로 선택하여 고기압과 저기압의 의미, 바닷가에 부는 바람의 방향에 관한 설명을 제시하였다. 특히, 예비교사 D는 지식정보를 전제로, 실험 결과를 조건으로 인식하여 연역적 추론을 진행하였고, 이를 바탕으로 모래와 물 위에서 향 연기의 이동 방향에 관한 설명모델을 탐색하였다. 고기압과 저기압의 의미, 그리고 비열이 다른 지표의 가열차로 인한 바람의 방향에 관한 학습은 기압차가 생기는 원리에 근거하여 고기압과 저기압을 구분하고, 고기압과 저기압에 해당하는 위치를 파악하여 바람이 부는 방향을 도출하는 개념 및 원리 이해가 중요하다. 그래서 가설-연역적 추론보다는 그 개념과 원리에 근거한 연역적 추론을 활용한 사례가 더 두드러진 것으로 볼 수 있다. 예비교사 C와 D의 모의수업 시연에서 선형적 논리 구조를 가진 다층적 인과관계가 명시적으로 표현된 연역적 추론을 구현한 것은 원인설명 추론(mechanistic reasoning)의 사례로 볼 수 있다. 단순히 원인과 결과의 관계만 서술하는 인과적 추론(causal reasoning)과 달리 원인설명 추론은 주어진 현상이 어떤 원인에 의해, 그리고 어떤 과정을 거쳐서 발생하게 되었는지를 서술한다(Russ *et al.*, 2008; Tang *et al.*, 2020). 두 예비교사가 선형적 논리 구조를 가진 다층적 연역 추론을 선택하여 설명을 구성하는 전략을 선택함으로써 단순한 인과적 추론이 아닌 원인설명 추론이 가능했으며, 증거-설명의 연속선의 관점에서 볼 때 증거 간의 관계에서 설명모델을 찾고 이를 적용하여 최적의 설명주장을 도출한 것으로 해석된다.

이 연구는 초등 예비교사가 실행한 모의수업 시연에서 구성된 과학적 추론의 사례를 증거-설명의 연속선에 근거하여 그 추론의 인식론적 의미를 파

악하였다. 비록 계절 변화의 원인, 고기압과 저기압 및 바람이라는 두 주제를 다루기는 했으나, 연구에 참여한 네 예비교사의 사례에 국한된 분석이라는 제한점이 있다. 또한, 예비교사가 대개는 과학 교과서에 근거하여 모의수업 시연을 구상하므로 그들이 구성한 과학적 추론의 방향 역시 과학 교과서의 흐름에서 크게 벗어나기 어렵다는 연구 설계의 한계도 있었다. 더구나 초등학교 과학 교과서에 제시된 과학 탐구 활동은 대부분 단순한 과학 실험 (simple experiment, Chinn & Malhotra, 2002)을 소재로 하는 경우가 많으므로, 다양한 데이터를 수집하여 분석하고 그 결과를 바탕으로 데이터 중에서 증거를 찾고, 여러 증거에서 패턴이나 모델을 찾아서 설명을 구성하는 과정까지 포함하는 모의수업 시연을 구상하기는 쉽지 않다. 예비교사 또는 현직 교사가 수행하는 과학 탐구 수업에서 그들의 과학적 추론이 가진 인식론적 의미를 폭넓게 파악하려면 과학 교과서의 단순 실험보다는 과학 교육과정의 성취기준에 근거한 열린 형태의 과학 탐구 수업의 맥락에서 실행된 과학적 추론의 사례를 수집하고 다양한 사례에서 인식론적 변형의 과정을 탐색할 수 있는 후속 연구가 필요하다.

V. 결 론

이 연구는 네 초등 예비교사가 모의수업 시연 맥락에서 구성한 과학적 추론의 양상을 Duschl *et al.* (2021)이 제안했던 증거-설명의 연속선 관점에서 파악하여 과학적 추론이 가진 인식론적 의미를 조사하였다. 계절 변화의 원인에 관한 모의수업을 시연했던 예비교사 A와 B의 과학적 추론은 주로 가설-연역적 추론을 중심으로 진행되었으며, 모둠별 데이터 비교를 통해 증거를 인식하였고, 증거와 가설을 비교하여 가설을 검증하고 설명을 구성하였다. 고기압과 저기압 및 바람의 방향을 주제로 모의수업을 시연했던 예비교사 C와 D는 모둠별 데이터를 종합하여 증거로 인식하는 귀납적 추론과 선행적 논리 구조를 가진 연역적 추론을 설명구성 전략으로 선택하여 최종 설명을 제시하였다. 연구에 참여한 예비교사들은 유사한 주제의 모의수업 시연에서 대체로 비슷한 흐름의 과학적 추론을 활용하여 과학지식을 구성하였다. 그러나 증거-설명의 연속선에서 데이터, 증거, 모델, 설명으로 전개되는

인식론적 의미 측면에서 조금씩 다른 양상을 보였다. 예비교사 D는 증거를 해석하여 설명모델을 탐색하기 위한 연역적 추론 전략을 선택하였으나, 다른 예비교사들은 공통적으로 증거에서 모델을 탐색하는 과학적 추론이 부족하였으며, 가설이나 설명모델을 추리하기 위한 귀추적 추론이 부재하였다. 이런 결과는 예비교사를 위한 과학교육학 강좌에서 과학지식을 구성을 강조하는 과학적 추론 함양 교수 모델이 포함되어야 함을 보여준다. 이 연구에서 분석틀로 적용했던 증거-설명의 연속선 접근은 과학적 추론의 인식론적 의미를 파악할 수 있게 하며 대안적인 과학적 추론 함양 지도 방법으로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

교육부(2015). 2015 과학과 교육과정. 교육부.
 교육부(2022). 2022 개정 과학과 교육과정 시안(행정에 고본). 교육부.
 권용주, 정진수, 박윤복, 강민정(2013). 선연적 과학 지식의 생성 과정에 대한 과학철학적 연구: 귀납적, 귀추적, 연역적 과정을 중심으로. 한국과학교육학회지, 23(3), 215-228
 맹승호(2022). Data-Text 변형 담화의 측면에서 본 세 초등 예비교사의 모의수업 시연 사례의 비교. 초등과학교육, 41(1), 93-105.
 박종원(1998). 과학활동에서 연역적 사고의 역할. 한국과학교육학회지, 18(1), 1-17.
 박종원, 김영민(2018). 새 물리교육학 총론 1. 서울: 북스힐.
 박지연, 남정희(2019). 논의기반 탐구 과학수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고 분석. 한국과학교육학회지, 39(3), 337-348.
 박지연, 정도준, 남정희(2020). 논의기반 탐구 과학수업의 학급 논의 활동에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화. 대한화학회지, 64(1), 38-48.
 백종호(2020). 문제의 구성을 강조한 프로그램에서 나타난 탐구 문제와 과학적 추론의 관련성 탐색: 삼투 현상 탐구 활동을 중심으로. 한국과학교육학회지, 40(1), 77-87.
 오필석(2016). 귀추적 사고 과정에서 모델의 역할: 이론과 경험 연구를 통한 도식화. 한국과학교육학회지, 36(4), 551-561.
 오필석, 오성진(2011). 예비 초등 교사들의 귀추적 탐구 활동에서 가설의 정교화 과정에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 31(1), 128-142.
 윤혜경, 송영진(2017). 과학 수업 비디오에 기초한 반성

- 활동을 통한 초등 예비교사의 전문적 시각의 변화. 한국과학교육학회지, 37(4), 553-564.
- 윤혜경, 정용재, 김미정, 박영진, 김병석(2012). 모의수업 실행 과정에서 나타난 초등 예비교사의 과학 탐구 수업에 대한 인식. 초등과학교육, 31(3), 334-346.
- 이선경, 최취임, 이규호, 신명경, 송호장(2013). 초등 과학 수업 담화에서 나타나는 과학적 추론 탐색. 한국과학교육학회지, 33(1), 181-192.
- 이지화, 조혜숙, 남정희(2022). 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고 비교 분석. 대한화학회지, 66(5), 390-404.
- 임옥기, 김효남(2018a). 초등학생들의 과학 글쓰기에 나타나는 과학적 추론의 학년별 차이. 한국과학교육학회지, 38(6), 839-851.
- 임옥기, 김효남(2018b). 초등학생들의 과학 글쓰기에 나타난 과학적 추론의 유형과 수준. 초등과학교육, 37(4), 372-390.
- 장병기(2012). 실험 설계에 나타난 초등 예비교사의 과학적 추론의 특징: 지식과 추론의 상호작용. 초등과학교육, 31(2), 227-242.
- 정용욱(2019). 과학교육론 교재에서 나타나는 귀납, 연역, 가설연역, 귀추의 의미 혼선. 과학교육연구지, 43(1), 79-93.
- 한수진, 최숙영, 노태희(2012). 중학생들의 과학 탐구에 대한 인식론적 견해. 한국과학교육학회지, 32(1), 82-94.
- Abrams, E., & Southerland, S. (2001). The how's and why's of biological change: How learners neglect physical mechanisms in their search for meaning. *International Journal of Science Education*, 23(12), 1271-1281.
- Ackerman, R. J. (1985). *Data, instruments and theory: A dialectical approach to understanding science*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Chinn, C. A., Buckland, L. A., & Samarapungavan, A. (2011). Expanding the dimensions of epistemic cognition: Arguments from philosophy and psychology. *Educational Psychologist*, 46(3), 141-167.
- Duschl, R. A., & Grandy, R. E. (2008). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Framing the debates. In R. A. Duschl & R. E. Grandy (Eds.), *Teaching scientific inquiry: Recommendations for research and implementation* (pp. 1-37). Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.
- Duschl, R., Avraamidou, L., & Azevedo, N. H. (2021). Data-Texts in the sciences: The evidence-explanation continuum. *Science & Education*, 30, 1159-1181.
- Fischer, H. R. (2001). Abductive reasoning as a way of worldmaking. *Foundations of Science*, 6, 361-383.
- Goodwin, C. (1994). Professional vision. *American Anthropologist*, 96, 606-633.
- Kolodner, J. L., Camp, P. J., Crismond, D., Fasse, B., Gray, J., Holbrook, J., Puntambekar, S., & Ryan, M. (2003). Problem-based learning meets case-based reasoning in the middle-school science classroom: Putting learning by design™ into practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(4), 495-547.
- Nagel, E. (1961). *The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation* (전영삼 역, 2001). Harcourt, Brace & World, Inc.
- Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D., & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education*, 92, 499-525.
- Schwarz, C. V., Passmore, C., & Reiser, B. J. (2017). *Helping students make sense of the world using Next Generation Science and Engineering Practices*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Tang, X., Elby, A., & Hammer, D. (2020). The tension between pattern-seeking and mechanistic reasoning in explanation construction: A case from Chinese elementary science classroom. *Science Education*, 104, 1071-1099.
- Thagard, P. (2010). How brains make mental models. In L. Magnani, W. Carnielli, & C. Pizzi (Ed.), *Model-based reasoning in science and technology: Abduction, logic, and computational discovery* (pp. 447-461). Berlin: Springer.
- Tytler, R., & Peterson, S. (2004). From "Try It and See" to strategic exploration: Characterizing young children's scientific reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 94-118.
- Windschitl, M., Thompson, J., & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*, 92, 941-967.

† 맹승호, 서울교육대학교 교수(Seungho Maeng; Professor, Seoul National University of Education).