Journal of Korean Society of Earth Science Education
16(1); 56~71; April 2023

pISSN: 2005-5668 eISSN: 2289-0386
https://doi.org/10.15523/JKSESE.2023.16.1.56

ORIGINAL ARTICLE

교수적 추론 도구로서 논증구조를 활용한 과학과 예비교사들의 가족유사성 PCK 특성 탐색

곽영순
(한국교원대학교 부교수)

Exploring Preservice Teachers' Science PCK and the Role of Argumentation Structure as a Pedagogical Reasoning Tool

Youngsun Kwak
(Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the role and effectiveness of argumentation structure and the developmental characteristics of science PCK with Earth science preservice teachers who used argumentation structure as a pedagogical reasoning tool. Since teachers demonstrate PCK in a series of pedagogical reasoning processes using argumentation structures, we explored the characteristics of future-oriented family resemblance-PCK shown by preservice science teachers using argumentation structures. At the end of the semester, we conducted in-depth interviews with 15 earth science preservice teachers who had experienced lesson design and teaching practice using the argumentation structure. Qualitative analysis including a semantic network analysis was conducted based on the in-depth interview to analyze the characteristics of preservice teachers' family resemblance-PCK. Results include that preservice teachers organized their classes systematically by applying the argumentation structure, and structured classes by differentiating argumentation elements from facts to conclusions. Regarding the characteristics of each component of the argumentation structure, preservice teachers had difficulty finding warrant, rebuttal, and qualifier. The area of PCK most affected by the argumentation structure is the science teaching practice, and preservice teachers emphasized the selection of a instructional model suitable for lesson content, the use of various teaching methods and inquiry activities to persuade lesson content, and developing of data literacy and digital competency. Discussed in the conclusion are the potential and usability of argument structure as a pedagogical reasoning tool, the possibility of developing science inquiry and reasoning competency of secondary school students who experience science classes using argumentation structure, and the need for developing a teacher education protocol using argumentation structure as a pedagogical reasoning tool.

Key words : argumentation structure, pedagogical reasoning tool, science PCK, Family Resemblance-PCK, warrant and rebuttal

Received 21 March, 2023; **Revised** 15 April, 2023; **Accepted** 24 April, 2023

***Corresponding author :** Youngsun Kwak, Korea National University of Education, 250 Taeseongtabyeon-ro, Gangnae-myeon, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungbuk 28173, Korea
E-mail : kwak@knue.ac.kr

본 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 인문사회분야 중견연구자 지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2021S1A5A2A01064935).

ⓒ The Korean Society of Earth Sciences Education. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Ⅰ. 서 론

과학과를 비롯하여 중등학교 교과별 교사 전문성은 크게 교과내용학 전문성과 교과교육학 전문성으로 구성되며, 내용전문가와 차별화되는 교사 고유의 전문성을 교과교육학 전문성 혹은 내용교수지식(Pedagogical Content Knowledge, 이하 PCK)으로 규정해왔다(Carlson *et al.*, 2019; Gess-Newsome, 2015; Shulman, 1986). Shulman (1986)이 제안한 이래로 교과내용에 따라 달라지는 고유한 교수법(content-specific pedagogy)인 PCK의 의미 규명, 구성영역 탐색, 교사경력 발달 단계에 따른 PCK 발달 양태 탐구 등 다양한 연구가 수행되었다. 또한, PCK 개념을 도입한 이래로 반세기를 넘어가면서 교과교육학자들은 학회 차원에서 두 차례의 PCK 정상회의를 통해 정교화 한 합의 PCK 모델을 제안하였다(Carlson *et al.*, 2019; Gess-Newsome, 2015).

과학과 PCK 관련 선행연구를 살펴보면 과학과 PCK의 구성영역을 탐구하고 이를 토대로 예비교사와 현직 교사의 수업전문성 지원을 위한 수업컨설팅과 멘토링 프로그램을 개발한 연구(Kwak & Choe, 2007), 역량기반 교육과정 개정에 따른 과학 교사의 전문역량과 PCK 변화 요구 분석(김선아 외, 2015; 홍선주 외, 2019) 등이 수행되었다. 최근에는 미래사회와 교육환경변화에 따라 과학과 교사교육 안팎에서 과학교사의 PCK에 대한 새로운 요구가 점증하고 있다(OECD, 2019). 예컨대 학령인구 급감, 교원의 다(多)교과 지도 역량에 대한 요구, 지능정보기술과 첨단 과학기술 발전에 따른 교사의 역할과 역량 변화 등과 같은 사회환경 변화에 따른 미래교육 변화 요구에 따른 교사양성 체제 개편과 교사 전문성 발달을 탐구하는 연구들이 수행되었다(홍선주 외, 2019; Kwak & Hong, 2022).

PCK는 교사의 실천적 지식기반으로 교수 지향, 교육과정 지식, 학생이해에 대한 지식, 수업전략 및 평가 지식 등과 같은 교사의 전문 지식과 기능을 포괄하는데 (Gess-Newsome, 2015; Park & Chen, 2012), PCK의 구성영역과 특성은 고정불변이 아니며, 미래 교육과 교사 역할 변화로 인해 PCK의 용법(usage)이 달라지면 과학 PCK의 의미와 구성영역도 달라진다(Kwak, 2022). 비트겐슈타인(L. Wittgenstein)의 언어게임이론(game theory of language)에 따르면 특정 개념의 의미는 우리의 삶의 양태와 더불어 변화하는 것으로, 개념의 정의는 다양한 의미들의 연관과 겹침으로부터 공통성을 길어 올리는 가족유사성 접근을 통해 포착할 수 있다(한상기, 2015). 즉, 과학 PCK와 같이 개념의 사용방식이 달라지고 개념의 외연이 달라지면 해당 개념의 의미 규정이 달라지고, 따라서 특정 개념의 항존적인 의미 '본질'을 주장하기 어렵게 된다.

미래교육 연구에 따르면 2045년 미래학교에서는 탈경계를 특징으로 하는 융복합적 학교지식, 학생을 찾아가는 바퀴 달린 학교, 지식 전달을 담당하는 인공지능 교사 등을 특징으로 하며(KICE, 2022), 그에 따라 교사에게 요청되는 PCK 영역도 상당히 달라질 것으로 예상된다. 이러한 맥락에서 비트겐슈타인이 말한 가족유사성 접근을 통해 미래 교육환경 변화에 대처하기 위해 요구되는 과학 PCK의 잠재성 영역인 '가족유사성 과학 PCK(이하 가족유사성 PCK)'를 탐구하는 연구들이 수행되었다(Kwak, 2022). 기존 합의-PCK라는 과학교사 전문성이 어떤 잠재적 영역으로 확장, 심화하는지를 '가족유사성 PCK'의 형태로 탐구하는 선행연구에 따르면, 과학교사에게는 융합형 교육과정 편성운영 전문성, 개별화된 유연한 교육과정 운영 역량, 인공지능(AI) 교사와 차별화하여 인간 교사에게는 인공지능을 활용한 과학탐구 실행 역량, 관계주의 학습 구현, 학습자의 행위주체성을 강화하는 교사전문성 등에 대한 요구가 강화될 것으로 전망하였다(Kwak, 2022).

한편, 교사 PCK 발달을 위해 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용할 수 있다(Carlson *et al.*, 2019). 툴민(S. Toulmin)의 논증구조는 데이터로부터 주장으로 연결하는 논거를 제시하고 정당화해나가는 과정을 구체화한 것이다(박원미, 2021:11). 논증의 주제와 영역은 다양하지만, 논증의 형식은 본질적으로 동일한 구조를 지닌다고 주장하는 툴민은 아리스토텔레스(Aristotle) 삼단논법의 구조를 변용하여 논증구조를 구성하는 6가지 요소를 제안하였다(Toulmin, 2006; 박원미, 2020: 14 재인용; 이선영과 최지선, 2013; 한신, 2020). 6가지 요소 중에서 삼단논법의 소전제, 대전제, 결론에 해당하는 데이터(data), 논거(warrant), 주장(claim)은 논증구조를 구성하는 일차적, 핵심적인 요소이며(오준영과 김유신, 2009), 보강(backing, 혹은 지지), 한정어(qualifier), 반박(rebuttal)과 같은 나머지 요소들도 일차적 요소와 함께 논증활동에서 실제 상황과 맥락을 반영함으로써

주장의 정당화에 기여한다(박원미, 2021).

논증구조의 핵심은 데이터와 주장을 연결하는 논거로, 이는 기존 삼단논법에서 대전제에 해당하는 요소인데 대부분의 논증활동에서는 당연하다고 여기고 생략하는 요소이기도 하다(오준영과 김유신, 2009). 툴민 논증구조의 주요 용도 중 하나는 교사의 교수적 추론의 도구로 사용하는 것이다. 교수적 추론이란 교사가 주어진 교수 맥락에서 수업에서 다룰 교과 내용지식을 학생이 이해할 수 있는 적합한 학습자료로 변환하는 데 필요한 논리적 사고이다(Carlson *et al.*, 2019). 즉, 수업의 계획과 실행을 위한 교사의 판단 또는 행동에 대한 이유에 해당하는 추론이다(박원미, 2021:14). 이러한 맥락에서 과학과 교사교육에서 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용하여 과학교사의 내용교수지식(PCK)을 탐색하거나, 수업에서 다룰 과학내용을 분석하고 이를 학생 이해가 가능한 방식으로 논리적으로 전개하고 적절한 교수·학습 방법과 전략으로 연결함으로써 교사의 교수적 판단을 지원하는 등의 연구가 수행되었다(박원미, 2021).

교수적 추론과 PCK의 관련성을 살펴보면, Carlson *et al.*(2019)는 제2차 PCK 정상회의를 통해 개선된 합의-PCK 모델(Refined Consensus Model of PCK)을 제안하면서 다양한 유형의 PCK는 과학교사가 수업을 계획하고, 가르치고, 반성하는 동안 교수적 추론(pedagogical reasoning)을 통해 발휘하는 교사의 고유한 전문 지식을 의미한다고 규정하였다(박원미, 2021:37). 합의-PCK 모델에 따르면, 교사가 교과 내용지식을 교수적 추론을 통해 주어진 교수활동 맥락에서 적합한 학습활동으로 변환하고 실천한 것이 PCK이다(Carlson *et al.*, 2019). 달리 말해서 PCK가 구현되기 위해서는 교사의 교수적 추론 과정이 필요하다(Chan & Hume, 2019; 박원미, 2021 재인용). 요컨대 인식과 존재의 일원화를 지향하는 신물질주의 패러다임에 비추어 볼 때 PCK는 교사의 '할 줄 아는 실천적, 역량', 즉 체화된 전문지식임을 확인할 수 있다(Kwak, 2022)

이러한 맥락에서, 본 연구는 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용하여 수업 계획과 시연을 경험한 예비 과학교사들의 '과학과 PCK' 발달 특성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 본 연구의 전 단계로는 미래사회와 미래학교 변화에 비추어 과학교육을 통해 학생들에게 길러주어야 할 역량, 미래 교육환경 변화에 대처하기 위해 요구되는 과학교사들의 PCK(이하 과학 PCK)의 변화 등을 탐색하였다. 후속 연구에 해당하는 본 연구에서는 1차년도 연구의 성과를 토대로, 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 예비 과학교사들의 체험을 분석하고자 한다. 구체적인 연구목적을 살펴보면, 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 예비 지구과학 교사들이 말하는 교수적 추론 도구로서 논증구조의 역할과 실효성을 탐구하고자 한다. 또한, 논증구조를 활용한 수업 계획과 성찰을 체험하는 일련의 교수적 추론 과정에서 교사의 PCK가 발휘되므로, 본 연구에서는 교수적 추론 과정을 체험한 예비교사들이 나타내는 과학 PCK의 특성, 즉 미래형 가족유사성 PCK의 특성을 탐색하고자 한다.

Ⅱ. 연구 방법

본 연구의 참여자는 K대학교 지구과학교육과 3학년에 재학 중인 예비교사 15명이다. 예비교사들은 3학년 2학기 교재연구 수업을 통해 과학 논증구조를 적용하여 각자 선정한 중고등학교 지구과학 학습주제를 분석하고 수업을 설계하며, 동료 예비교사들을 대상으로 한 수업을 시연하였다. 그리고 학기말에 수업 체험에 대한 심층면담을 실시하였다.

선행연구에서 개발한 논증구조를 활용한 수업설계(Park & Kwak, 2022)에서 아이디어를 얻어서 (1) 지구과학과 교과교육학 기초지식 점검과 이해(1차시), (2) 툴민의 논증구조 요소 이해 및 논증적 글쓰기 실습과 결과 분석(2차시), (3) 툴민의 논증구조를 활용한 교수·학습지도안 작성 예시, 공유 및 분석(3~4차시), (4) 각자 논증구조를 활용한 수업지도안 작성 및 수업 시연(5~15차시), (5) 학기말 각자 작성한 논증구조를 활용한 반성적 성찰과 심층면담 실시 등의 순서로 개별 심층면담은 반구조적 인터뷰를 시행하였으며, 1회 면담은 50분 내외로 진행하였다. 예비 과학교사의 전문성 발달을 주제로 한 연구의 일환으로 수행된 본 연구에서는 심층면담의 형태로 진행된 수업성찰에서 예비교사들이 말하는 교수적 추론 도구로서 논증구조의 역할과 예비교사들의 과학 PCK 특성을 탐색하였다(Table 1).

면담을 녹화였고, 녹화한 내용을 전사한 후 분석하

Table 1. In-depth interview questions

영역	면담 질문
수업할 내용에 대한 논증구조 분석 및 수업 계획	– 논증구조를 적용하여 교육과정 및 학습내용을 분석할 때 어려웠던 점과 찾아내기 어려웠던 논증요소와 해결 방안 – 기존과 비교할 때, 논증구조를 적용한 수업 계획에서 달라진 점과 참고한 자료 – 논증구조를 적용하여 수업을 계획하면서 교사로서 달라진 점
논증구조를 적용한 수업지도안 작성 및 시연	– 논증구조를 활용하여 교육과정이나 학습내용을 분석한 후, 수업지도안에 새롭게 반영한 점과 그 이유 – 논증구조를 적용하여 수업지도안을 작성하고 시연하는 과정에서 교사로서 수업과 관련하여 달라진 점(예: 전공지식, 학생에 대한 이해, 수업방법과 전략, 평가 관련 지식 등)
논증구조를 적용한 수업에 대한 성찰	– 논증구조를 활용한 일련의 수업 관련 경험을 통해 교사로서 달라진 부분 – 논증구조를 활용한 수업 경험에서 겪은 어려움과 지원이 필요한 부분

였다. 질적 분석을 통해 심층면담 자료를 코딩하였으며, Strauss & Corbin (1998)의 귀추적 근저이론에 입각하여 코딩을 거듭하면서 범주 간 관련성을 바탕으로 범주를 연결하거나 통합하였다. 3명의 연구자가 전사한 면담 자료에서 나타나는 주요 주제를 도출하고 비교하는 과정을 반복함으로써 분석자간 일관성을 높이기 위해 노력하였다. 자료 분석과 함께 선행연구 검토 및 비교를 지속적으로 진행하였으며 연구의 신뢰성을 확보하고자 과학교육 전문가 집단을 통한 타당도 검증과 삼각검증을 거쳤다. 최종 합의된 코드를 바탕으로 주요 쟁점을 추출한 후 연구자 간에 교차 검토하는 과정을 거침으로써, 확대해석하거나 왜곡된 해석이 일어나지 않았는지 검토하였다.

심층면담 결과를 토대로 질적 분석을 실시함과 동시에 예비교사들이 보여주는 미래형 과학 PCK의 특성을 살펴보기 위해 심층면담 텍스트에 대한 의미연결망 분석(semantic network analysis, SNA)을 시행하였다. 의미연결망 분석은 질적연구 텍스트에 나타나는 핵심적인 키워드(node)와 키워드 간의 연결(link) 등을 양적으로 보여줌으로써, 중점적으로 언급되는 개념과 각각의 개념들이 맺고 있는 의미연결구조를 파악할 수 있다는 장점이 있다.

의미연결망 분석을 위해, 먼저 '논증구조' '수업지도안', '수업모형' 등의 키워드와, '학생', '교사전문성', '탐구활동' 등과 같이 일반적인 의미로 활용되는 키워드를 정제하는 과정을 거쳤다. 이어서 교사 면담 데이터를 재검토하며 유사한 의미를 갖는 키워드를 통합하는 등 키워드들을 구분하여 코딩하고, 키워드의 빈도수(weight)를 기준으로 3회 이상 언급된 키워드를 활용하여 네트워크를 제작하였다. 시각화를 위해 네트워크 시각화 프로그램인 gephi 0.9.4를 활용하였으며, 노드의 크기를 빈도수로, 링크의 굵기를 연결 정도의 빈도로 시각화하였다. gephi 0.9.4에서 제공하는 Modularity 알고리즘을 활용하여 전체 네트워크를 군집화한 다음에, 각 군집의 연결을 살펴볼 수 있는 형태로 시각화하였다. 예비교사들이 보여준 PCK 특성을 선행연구에서 도출한 미래사회 과학교사의 가족유사성 PCK의 구성 영역별로 분석하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 교수적 추론 도구로서 과학 논증구조의 역할과 실효성

예비교사들은 논증구조를 활용하여 수업지도안을 작성할 경우 수업내용을 훨씬 더 세밀하게 조직하게 된다고 평가하였다. 사실 자료에서부터 결론 도출까지 나오는 증거, 보강, 반박 등의 내용을 구분함으로써 학생이 학습해야 할 핵심 내용에 정확하게 초점을 둘 수 있다고 예비교사들은 주장하였다(W교사, S교사, C교사). 수업을 준비할 때 항상 막막함이 있었는데, 논증구조를 적용하면서 수업을 구상하는 정형화된 가이드라인을 알게 되었고, 논증구조에 맞추어 수업을 체계적으로 짜임새 있게 만들 수 있었다고 한다(Y교사, W교사, C교사).

> Y교사: 수업을 준비할 때 항상 막막함이 있었는데, 수업을 짜는 가이드라인을 알게 된 것이 긍정적인 변화이다. 결국 수업에서 다루는 지식을 정당화할 수 있도록 수업을 설계해야 하므로 논증구조를 적용하여 수업지도안을

작성할 때 내용이 더 세밀하게 조직적으로 반영된다.

S교사: 예전보다 수업내용을 핵심 내용, 증거, 원리, 실험적 발견 등과 같이 더 세세하게 분류할 수 있게 되었다. 그 과정에서 학생들이 무엇을 학습해야 하는지에 조금 더 정확하게 초점을 둘 수 있었다.

D교사 : 예전과 달리 이제는 사실적인 자료에서 결론을 도출해내는 데 필요한 과정에서 나오는 증거, 지지나 보강, 반박과 반론 등의 내용을 구분하는 것으로부터 수업설계가 시작된다는 걸 알게 되었다.

C교사: 지식 전달형 수업에서 벗어나 논리적인 근거를 가지고 학생들이 학습목표에 도달할 수 있게 해야 하는 것이 교사의 몫임을 알려주었다. 수업을 전체적으로 구성하고 짜임새를 만드는 데 도움을 많이 받았다.

논증구조 구성요소별로 교수적 추론 도구로서 논증구조의 역할과 실효성을 살펴보면 다음과 같다.

가. 사실과 자료

학습자로서 해당 내용을 공부할 때는 결론만 주목했지만, 예비교사로서 수업을 설계할 때는 학습자 동기부여와 수업내용 설득을 위해 사실이나 자료 부분에 주목하게 된다. 교과서 진술의 경우 주장과 결론 위주여서 실험탐구 활동으로부터 사실이나 자료에 대한 아이디어를 얻었으며, 사실과 데이터 시뮬레이션 등을 통해 학생의 학습동기를 유발하려고 노력하였다(W교사, P교사).

W교사: 입시를 위한 공부에서는 주장, 결론만을 암기 대상으로 공부하는 경우가 많은데, 논증구조를 적용하여 수업을 진행하려면 다양한 사실, 자료를 통해 학생들에게 동기부여를 해야 하고, 어떤 설득 과정을 거쳐 결론에 이를지 순서를 교사가 정하며 수업을 설계하게 되므로 수업을 더 조직적으로 구성하게 되었다.

C교사: '우주의 구조' 주제를 교과서에서는 주장과 결론 위주로 서술하고 있는 경우가 많아서 사실이나 자료로 뽑을 만한 내용이 많이 없었다. 탐구활동을 위해 필요한 사실적인 자료가 따로 존재하니까 이걸 어떻게 내용으로 담아야 할지를 고민했다.

P교사: NASA에서 제시한 지구 시뮬레이션 자료에서 출발해서 해양 밀도 분포를 아이들에게 영상적으로 확인시키는 데 도움이 되었다. 그리고 이제 학생 입장에서 이런 반박 같은 걸 살펴보면서 수업이 어떻게 진행될지에 대한 시각을 넓힐 수 있었다.

나. 논거와 보강

첫째, 논거나 보강 부분에 주목하면서 수업내용의 논리적 흐름을 보충할 수 있었다. 수업도 설득이라고 말하는 예비교사들은 논거나 보강 부분을 확보하는 데 가장 많은 시간을 투자한 것으로 나타났다. 예컨대 우주의 구조라는 수업주제에 대해 기존에는 내용 전달만 염두에 두다가 직접 관찰할 수 없는 내용에 대한 논거 확보, 주장을 뒷받침하는 근거 확보 등에 주목하게 되었다고 한다(W교사, D교사 , M교사). 한편, 예비교사들은 논거와 보강을 구분하는 데 어려움을 겪었으며, 일단 논거를 모두 추출한 후에 이를 다시 논거와 보강으로 구분하였다고 한다(W교사).

Y교사: 처음 수업 초안을 작성했을 때 사실 자료에서 바로 결론으로 넘어가는 구성이었다. 그런데 논증구조를 적고 보니까 논거가 꼭 있어야 그 논리가 좀 더 탄탄해지는 것 같았고 그래서 그렇게 수정했다. 자료에서 바로 결론으로 넘어가서 논의가 비약되는 느낌이 있었는데 그런 문제가 해소되어서 좋았다.

W교사: 논거를 보강해줄 수 있는 내용을 많이 준비했다. 수업주제인 우주의 구조가 학생들이 직접 관측을 통해 논거를 찾기는 어려우므로 이 부분에 대한 논거를 조사하고 준비하는 데 많은 시간을 투자하였다.

D교사: 논거 부분을 확실히 가르치면 수업이 잘된 것이라고 생각해서 수업계획할 때 논거 부분에 대해 생각을 많이 했다. 주어진 데이터를 통해서 주장을 끌어내는 과정 중에 논거를 쓰고 그 논거의 힘을 받쳐주기 위해서 보강을 쓰고, 이 구조를 통해서 결국은 어떤 자료가 이 이론을 어떻게 설명해주는지를 생각해볼 수 있었다.

M교사: 논증구조를 사용하고 나니까 수업의 결론에

다다르는 데 필요한 것들, 그러니까 논거들 순서에 맞춰 수업을 준비할 수 있었던 게 제일 큰 변화였다.

둘째, 예비교사들은 사실과 결론의 징검다리에 해당하는 논거를 도출하는 데서 어려움을 겪었으며, 사실과 주장을 연결하는 논거를 찾기 위해 대학 전공에서부터 외국 수업자료까지 활용하였다. 대부분의 예비교사들은 논거를 지지하고 보강할 수 있는 내용을 찾기에는 교과서에 기록된 내용만으로는 부족해서 대학 수준의 교재나 자료를 참고한 것으로 나타났다(W교사, S교사, T교사).

W교사: 논거를 제시하는 것이 어떻게 보면 중요한 징검다리를 만들어야 하는 부분이라 신중하게 고민하느라 가장 어려웠다. 교과서에 기록된 내용만으로는 부족해서 참고서와 교재, 지구과학개론, 천문학 등의 교재를 참고하여 보강 내용을 준비하였다.

T교사: 논증구조로 수업을 짜면서 어려웠던 점은 논거를 찾느라 대학 전공서까지 찾아야 했다. 전공서를 복습했다.

M교사: 악기상을 상위 지식을 활용하지 않고 설명하려면 적절한 비유나 실험을 통해 아이들이 이해하기 쉬운 논거를 찾아야 하는데, 논거를 찾는 데 애를 먹었다.

S교사: 교과서, 교사용 지도서, 대학 전공서적에서 보강이나 근거들을 찾을 수 있었다. 혹시나 해서 대학 전공교재도 찾아보고 구글에서 해외 고등학교 선생들이 올려놓은 수업자료도 참고했다.

다. 반박

첫째, 논증구조의 반박에 해당하는 요소는 학생 입장에서 수업의 흐름에서 이해가 안 되는 부분이나 어려운 부분, 반론을 제기할 수 있는 부분 등을 중심으로 제시하였다. 예전에는 한 번도 반론이나 반박 부분을 생각해본 적이 없다고 말하는 예비교사들은 교과서를 따라 읽어 내려가면서 처음 배우는 학생 입장에서 무엇을 어려워하고 궁금해할 것인지, 고등학교 시절 해당 내용을 배울 때 무엇을 어려워했는지 등을 토대로 반박 부분을 찾았다고 한다(W교사, E교사). 실제로 탐구활동에서 관측 기술의 한계, 실제 관측 결과와 탐구 결과의 불일치 등을 중심으로 반박 부분을 구성하였으며, 반론할 부분을 찾다 보니 예비교사 자신의 내용지식도 발전하였다고 한다(P교사, T교사).

W교사: 예전에는 한 번도 수업하면서 이 부분에 대해 생각을 해본 적이 없었다. 학생들이 내 수업을 들으며 어떤 부분에서 반론이나 반박을 할 수 있을지, 혹은 어떤 부분이 잘 이해가 안 될지를 짐작하기 어려웠다. 그래서 내 수업을 천천히 따라가면서 수업에서 탐구활동에서 전제하는 내용이나 참고내용 등으로 반론으로 제시될 수 있는 내용을 미리 준비하였다.

T교사: 반론 반박은 '마른하늘에 날벼락' 이런 속담에서 볼 수 있듯이 비가 오지 않아도 또 천둥 번개가 칠 수 있으니까 학생들이 경험할 수도 있는 부분이라 반박은 어렵지 않게 적었다.

P교사: 반론은 아이들이 어떤 부분에서 궁금해할까, 이해를 못 할까에 초점을 두고 찾으려고 했다. 반론할 부분들을 찾다 보니까 저도 지식이 발전된 것 같다.

E교사: 교사가 당연하게 넘어가는 게 있는 것 같아서, 처음 배우는 학생 입장에서 뭘 어려워하고 궁금해할지를 많이 고민했다. 외적으로도 반론을 통해서 학생들이 수업과정에서 발생할 수 있는 의문을 미리 교사가 예측하고 준비할 수 있기 때문에 수업의 질을 높일 수 있는 것 같다.

둘째, 수업내용을 학습하는 과정에서 학생들에게 생길 수 있는 오개념을 중심으로 반박을 제시하였다. 아직 개념이 정착되지 않은 학생의 관점에서 수업내용을 접하는 학생들이 가질 수도 있는 오개념이나 학생의 생각을 중심으로 반박을 구성하고, 반박을 찾은 후 수업모형을 수정·보완하는 과정을 예비교사들은 거쳤다고 한다(Z교사, B교사, K교사).

한편, 암기할 내용이 많거나 현상 위주의 수업주제의 경우 반박에 해당하는 부분을 찾아내기 어렵다고 예비교사들은 지적하였다. 관측된 자료를 해석하고 서술하거나, 퇴적구조가 형성되는 메커니즘, 태양복사에너지에 따른 해수 온도 분포 등 자명한 사실적 주장

인 경우 반박을 찾기 어려웠다고 예비교사들은 답하였다.

Z교사: 논증구조로 인해 학생들이 반박하는 과정을 찾으면서 어디서 오개념을 가질 수 있고 그걸 바로잡기 위해서 어떻게 해야 할지를 파악하려고 했다. 단열변화의 경우 오개념이 생길 수 있다고 생각해서 실생활 속에서 파악해보는 것이 좋다고 생각을 했기 때문에 논증구조에서 반박을 찾은 후에 수업모형을 다시 선택했다.

B교사: 저는 반박을 학생들 오개념 비슷하게 생각해서, 아이들은 아직 개념이 정착되지 않아서, 학생의 관점에서 반박되는 내용을 찾으려고 하니까 매우 어려웠다.

K교사: 저는 의외로 반론이나 반박 부분에 뭘 써야 할지 고민하다가 학생들이 이렇게도 생각할 수도 있겠다, 학생들이 가질 수도 있는 오개념 등을 생각했다.

라. 주장과 결론

논증구조에서 결론의 경우 예비교사들은 해당 수업을 통한 최종 진술문 혹은 궁극적으로 전달해야 할 내용으로 인식하였다. 예비교사들은 논증구조 구성요소들 중 결론 부분을 상대적으로 쉽게 찾아낸 것으로 나타났다.

W교사: 궁극적으로 내가 수업에서 전달해야 하는 내용을 결론으로 정리하여 구성하였다. 주장은 수업을 통해 전달하고자 하는 결론이므로 찾는 데 어려운 점은 없었다.

R교사: 논증구조를 이용하면 학생들을 체계적으로 가르칠 수 있는 그런 밑바탕이 될 수 있는 것 같다. 결론은 학생들에게 가르쳐야 할 핵심개념에 관해서 중심을 잘 잡게 해주고 그와 관련해서 사실, 논거, 보강 등을 각각 나누어서 생각함으로써 좀 더 체계적으로 접근할 수 있었다.

마. 한정어

예비교사들은 논증구조 구성요소 중에서 한정어를 찾는 데 가장 큰 어려움을 겪었으며 대부분의 예비교사들은 자신의 수업에 대해 한정어를 찾지 못하였다. 한정어를 비롯하여 교육과정이나 교과서 등이 모두 줄글로 되어 있어서 문장들로부터 논증구조의 요소들을 구분해내기가 쉽지 않았다고 말하는 예비교사들은 교수적 추론 도구로 논증구조를 활용할 경우 “풍부한 예시자료와 피드백 제공”이 필요하다고 주장하였다(Y교사, R교사).

Y교사: 한정어가 없다. 거기에 어떤 내용을 써야 할지 잘 몰라서 포함하지 않았다. 논거랑 보강도 혼동하고, 한정어도 적절하게 반영하지 못했는데 좀 더 많은 풍부한 예시가 제공되면 좋겠다.

T교사: 사실 한정어 찾기가 제일 어려웠다. 한정어는 어떤 가정을 어떻게 해야 할지 몰라서 안 적었다.

C교사: 한정어를 구성하는 것이 어려웠다. 통제변인이라고 생각하고 작성했다.

R교사: 논증구조 초안에 대해 어느 부분이 잘못되었는지 피드백을 주면 좋겠다. 사전에 그 부분에 대해서 피드백을 들으면 좋을 것 같다.

2. 교수적 추론 도구인 논증구조와 예비교사의 과학 PCK

가. 과학 교과내용과 과학과 교육과정

첫째, 수업내용을 배우는 이유를 설명하기 위해 다양한 논거를 갖추려다 보니 다양한 배경지식과 교과내용을 공부하게 된다. 과학수업이란 “과학지식이 아이들이 가진 지식보다 더 말이 되고 쓸모 있다는 걸 설득하는 과정”이라고 말하는 예비교사들은 논증구조를 활용한 수업설계를 경험하면서 교사의 과학 내용지식의 정확성과 논리성을 끊임없이 점검하는 것이 중요하다고 주장하였다(S교사, W교사). 과학을 배우는 것이 쓸모가 있고 더 말이 된다는 것을 설득하기 위해서는 교사의 올바른 교과 내용지식이 전제가 되어야 하고, 교사는 스스로 올바른 사전지식을 파악하고 있어야 수업을 올바른 방향으로 이끌어갈 것이라고 예비교사들은 주장하였다(Y교사, R교사)

S교사: 교사 스스로가 정확히 아는 것이 중요하다는 걸 다시 확인하는 계기가 되었다. 교사가 알고 있는 게 정확한 것인가를 끝없이 점검하는 것

이 과학교사에게는 중요하다고 생각했다.

W교사: 다양한 논거를 갖추어야만 설득할 수 있으므로 다양한 논거를 찾을 수 있도록 다양한 내용을 공부하게 되었다. 무엇보다 학생들에게 이 내용을 배우는 이유를 잘 설명해야 겠다고 생각하게 되었다.

Y교사: 내가 작성한 논증구조의 타당성을 확보하기 위해 기존에 가지고 있던 지식을 재확인하는 과정에서 새로운, 더 상세한 정보와 내용을 보강하게 되었다. 교사가 올바른 전공지식을 아는 게 가장 기본이 된다.

R교사: 교사의 사전지식이 가장 신경 쓰였다. 학생들에게 혹시 오개념을 가르칠까 굉장히 불안해서, 수업에서 주요 내용을 교사가 파악하고 있어야 대전제가 올바르기 때문에 수업을 올바른 방향으로 끌어나갈 수 있을 것이다. 수업내용을 기본적으로 숙지한 상태에서 교육과정 분석까지 해야 한다.

둘째, 과학수업의 논리적 전개를 통해 학생의 학습이 일어나게 하려면 교사전문성 중에서 교사의 과학내용지식이 중요하다. 예비교사들은 주어진 수업주제에서 논증구조의 요소들에 어떤 것이 해당하는지를 파악하려면 풍부한 교과내용 전문성이 필요하다고 지적하였다. 논증구조를 적용하여 수업을 실천하려면 해당 수업내용과 관련된 개념들의 연계망과 논리적 연계성 등을 포함하여 과학 내용지식을 갖추어야 한다고 주장하였다.

E교사: 교사가 수업내용에서 논증요소에 각각 어떤 것에 해당하는지 알아내려면 교사가 그 교과 내용지식을 풍부하고 다양하게 많이 알고 있어야 할 것 같다. 논증구조를 적용해서 하니까 그전보다 스스로 개념들 간의 관계에 대해서도 좀 더 잘 알 수 있고 정리가 잘 되었다.

M교사: 수업주제에 대한 더 다양한 좀 더 폭넓은 지식을 가지고 있었더라면 논거를 쓰기 쉬웠을 것 같은데 그만큼의 배경지식이 없다 보니 힘들었다.

셋째, 교사의 교육과정 문해력이 중요함을 체감하였다. 학생들이 이전 교육과정에서 무엇을 배웠는지 출발점을 파악하고, 이를 바탕으로 새로운 내용을 이해할 수 있도록 수업을 구상해야 하므로 교사의 교육과정 이해가 중요하다고 예비교사들은 말하였다. 결국 수업을 구성하는 것은 교사의 몫이라고 말하는 H교사는 교육과정을 숙지하고 논증구조를 통해 수업을 설계하면 어디에 초점을 맞춰야 할지를 파악할 수 있다고 주장하였다. 한편, 예비교사들의 경우 수업을 위해 교육과정 성취기준이나 교과서 재구성하는 단계까지는 생각지 못한 것으로 나타났다.

Z교사: 학생들이 교육과정에서 어떤 것들을 미리 배웠고 배우지 않았는지 교육과정에 대해서 더 많이 공부했다. 교사는 교육과정에 대해서 많이 알고 있는 것이 중요하다. 학생의 선행지식을 바탕으로 적절히 수업내용을 구성하고 조금 더 이해할 수 있도록 알려주는 것이 교사 전문성이므로, 교사의 교육과정에 대한 이해가 중요하다.

M교사: 아이들 출발점 능력이 어딘지를 정확히 파악하는 게 어려웠다. 심지어 중2 때 배운 거를 가지고 올라와서 중3 때 실험수업을 하는 것임에도 아이들이 기억을 못 하기도 한다. 그래서 아이들 출발점을 설정하는 게 힘들었다.

H교사: 결국 수업을 최종적으로 구성하는 것은 교사의 몫이기 때문에 교육과정을 숙지하고 무엇에 초점을 더 맞추어 수업할지를 논증구조를 이용해서 알아보는 시간을 가져야 함을 알게 되었다.

나. 과학수업 실천: 수업내용 조직과 수업 방법

첫째, 논증구조를 활용한 수업설계로 인해 무엇보다도 수업에 사용할 모형과 수업 진행 방식에 변화가 생겼다. 예비교사들은 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용함으로써 수업모형과 전략 그리고 수업 진행 방식을 구체화해야 효과적인 학습이 일어나며, 무엇보다도 탐구활동의 경우 “과학적인 근거에 기초하여” 탐구 결과를 발표시켜야 한다는 것을 인식했다고 말하였다(W교사, Y교사). 논증구조를 이용하여 자료에서 결론까지 가는 과정에서 논거를 뒷받침하는 구조로 체계적이고 단계적으로 학습내용을 분석하고, 더 나아가서 수업을 짜임새 있게 구성할 수 있었다고 예비교사들은

평가하였다. 특히 과학은 다른 교과와는 달리 논거를 통해서 결론을 도출하는 흐름이 있는 학문이라고 말하는 K교사는 논증구조를 토대로 흐름이 있는 과학 수업을 실천해야 한다고 주장하였다.

W교사: 사실과 데이터를 이용하여 주장, 결론까지 다다르려면, 내용을 전달만 하는 것이 아니라 탐구활동을 학생들이 직접 하도록 유도해야 효과적이라는 걸 알게 되었다. 또한 과학적인 근거에 기초하여 탐구 결과를 발표할 수 있도록 지도해야 한다는 것을 확실히 알게 되었다.

Y교사: 지도서에서 제공하는 기본적인 가이드라인만 따라가면서 수업하니까 저 자신도 횡설수설한다는 게 느껴지고 어려움이 있었는데, 논증구조를 제공해주니까 수업 때 설명을 어떻게 할지 도움을 많이 받았다.

K교사: 과학은 다른 과목과 달리 사실들을 나열하기보다는 주장을 뒷받침하는 근거들, 논거들을 통해서 결론을 도출해내는 그런 흐름이 있는 학문이라고 생각해서 아이들의 흥미를 끌어내기가 좋은 과목이라고 생각한다. 좋은 과학수업은 흐름이 있는 수업이라고 생각한다.

둘째, 논증구조를 추론 도구로 활용한 결과, 예비교사들은 효율적인 내용 전달과 설득을 위해 “탐구활동, 실제 데이터 분석, 수업내용 전개를 위한 내러티브” 등과 같은 수업방법과 수업내용 조직 측면에 주력한 것으로 나타났다(W교사, Y교사). 특히 논증구조를 사용함으로써 체계적인 수업진행 순서를 잡고, 논거 확보를 위해 탐구활동 진행에 초점을 두며, 논거를 찾아내기 좋은 수업 활동과 자료 발굴을 중시한 것으로 나타났다(W교사, D교사).

W교사: 과학은 실제 데이터값을 이용하여 해석하는 학문이기 때문에 학생들이 배운 내용을 적용하여 실제 관측자료를 해석해보고 결론에 스스로 다다를 수 있도록 수업을 준비했다.

C교사: 지구과학은 실제 관측자료에 적용하는 것이 중요하니까 지구과학 학습내용과 관련된 첨단 과학기술을 다양한 형태의 자료로 추가 제시함으로써 현대 생활에서 첨단 과학이 갖는 가치와 잠재력도 학생들이 파악할 수 있도록 지도하는 것도 중요하다고 생각한다.

Y교사: 교과서 삽화를 활용한 완전 강의식으로 수업을 구성하였다가 학생이 직접 자료와 논거를 찾아가는 활동이 있다면 내용이 기억에 더 잘 남겠다는 생각이 들어서, 시뮬레이터를 찾아 수업에 사용하는 것으로 바꾸었다.

D교사: 논증구조를 사용하니까 애초에 시작할 때부터 데이터와 결과 그리고 법칙까지 논거를 들어서 설계를 한 다음에 수업지도안을 짜다 보니까 수업 진행 순서를 좀 체계적으로 잡을 수 있었다. 학생들한테 가르칠 때 어떤 순서로 가르쳐야 하는지가 도움이 되었다.

셋째, 예비교사들의 경우 현직교사와는 달리 수업모형을 명시적으로 포함하여 수업을 구상하였다. 논증구조를 염두에 둔 예비교사들은 설득력 있고 이해가능한 수업을 만들기 위해 교재연구 수업 등에서 학습한 적절한 수업모형을 포함하여 수업을 설계하였다. 논증구조를 활용하다 보니 수업내용에 적합한 효과적인 교수방법과 전략이 존재한다는 것을 깨달았다는 예비교사들은 자신의 학습경험에 부합하는 익숙한 모형을 선택하거나(D교사, W교사), 수업주제와 학생 수준에 가장 적합한 모형을 선별하였다(E교사, R교사, Y교사).

W교사: 수업모형과 수업전략을 정했다. 학생들이 탐구활동 전후의 변화를 느낄 수 있도록 POE 모형을 선택했다. 학생이 하는 탐구실험이 되도록 수업모형을 적용했다. 수업에 사용할 그림과 리얼리티 자료 분석, 콘텐츠 활용 시간에 사용할 그림을 구분하여 그림을 선별하고 준비하였다.

Y교사: 논증구조를 활용하다 보니 수업내용에 따라 제각각 효과적인 교수방법과 전략이 존재한다는 것을 깨닫게 되었다. 제 나름대로는 발견학습 모형을 적용했다. 대륙이 이동했다는 증거를 과거에는 대륙들이 모여 있었다는 규칙을 끌어내도록 유도해보고 싶었다.

D교사: 저희는 주로 강의식 수업을 많이 들었고 그 내용을 교사가 직접 설명하는 부분에 유의미함을 느꼈기 때문에 그런 강의식을 조금씩 넣고 싶어서 5E 수업모형을 사용했다.

E교사: 일단 지질구조 수업이 지질구조의 규칙성을 찾는 것도 아니고, 서술형 순환학습 모형은

그렇게 인과적인 질문을 하는 수업모형이 아니기 때문에 학생의 수준에서 적합하지 않다고 생각해서 그것도 제외하고 이런 식으로 하나씩 제거하다 보니까 결국에는 5E가 남게 되어서 5E 모형으로 수업을 구상했다.

R교사: 개념변화 학습 모형인데 이동하는 온대 저기압과 이동성 고기압을 설명할 수 없다는 것을 오개념으로 잡았다. 학생들이 이전에 고정된 저기압과 고기압에서 공기가 어떤 식으로 이동하는지를 배웠기 때문에 거기서 상충된 생각을 가질 수 있다고 판단했다.

넷째, 수업을 설계하고 실천할 때 예비교사들은 과학탐구의 과정·기능 중에서 데이터에서 출발하여 논거를 거쳐서 결론에 이르는 과정을 학생들이 체험하는 데 초점을 두었다. 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 까닭에 사실로부터 결론에 이르는 과정에서 학생들도 “논거에 대해서 유추해보고 생각할 수 있는” 활동이나 질문에 시간을 많이 들인 것으로 나타났다(W교사, T교사, E교사). 달리 말해서 예비교사들은 논증구조를 적용하면서 과학과 지식·이해와 함께 과정기능이나 가치·태도 등을 가르칠 수 있는 교수적 접근법을 강화한 것으로 나타났다.

W교사: 과학적 사고력은 실제 과학적인 주장과 증거의 관계를 꾸준히 탐색하는 과정에서 필요한 사고라는 것을 이번 경험에서 얻었다. 학생들이 스스로 주어진 탐구활동을 따라가며 다양한 측면에서 생각해내고 답을 찾아 결론에 스스로 도달하게 해야 한다.

S교사: 교사가 논리적인 설명을 통해 이해시키는 게 우선이라고 생각했는데, 질문을 통해 정확히 이해했는지 확인하는 것도 중요하다고 느껴서 질문을 좀 많이 했다. 다양한 생각을 들어볼 수 있는 열린 질문을 활동지에 많이 넣어 활동을 구성하였다.

E교사: 시각화하는 게 필요하다는 생각이 들었고, 지질구조가 왜 이러한 모양을 띠게 되었는지 유추해보게 하려고 시뮬레이션 활동을 넣었다. 이게 인과적 질문이고 또 논거에 해당하는 거니까, 논거에 대해서 생각할 수 있는 활동에 시간을 많이 썼다.

다섯째, 미래지향적으로 예비교사들은 빅데이터 처리, VR 등 첨단기기 활용 등과 같은 데이터 리터러시와 디지털 역량을 강화하고 있다. 학습자 동기유발 등 수업의 효율성을 높이기 위해 예비교사들은 영상자료나 시뮬레이션은 물론 실시간 빅데이터 처리, 자바 실험실, VR 체험 프로그램 등을 활용하는 역량을 강화하고 있었다.

T교사: 블렌디드 러닝, 컴퓨터 활용, 암석분류를 위한 파노라마 카메라 사이트의 VR 체험 프로그램을 이용하는 걸로 구상했다.

P교사: 해양 심층순환이 스케일이 크다 보니까 이걸 한눈에 볼 수 있게 NASA 시뮬레이션을 활용했고, 아이들이 영상으로 이해하는 게 좀 중요하다고 생각해서 실험 영상도 가져왔다.

E교사: 교과서, 지도서, 그리고 지질 시뮬레이션 자바 실험실이나 다른 시뮬레이션 프로그램도 참고하고, 지질 VR도 수업에 활용했다.

C교사: 최신 정보통신 기술이 발전함에 따라 탐구활동 수업에서 컴퓨터나 스마트기기, 인터넷 등의 기술을 활용하는 방향으로 탐구활동을 바꾸었다.

S교사: 내가 알고 있는 게 맞는지 확인하려고 인터넷 검색을 했더니 과학 기사가 많이 떠서 과학기사나 유튜브 실험 영상이나 시뮬레이션 영상을 많이 찾아보았다.

끝으로, 논증구조를 교수적 추론 도구로 하여 교육과정, 수업, 평가까지 연계하여 수업을 설계할 수 있다. 일부 예비교사들은 논증구조의 각 요소를 수업과 평가에서 어떻게 활용하고 연계할 것인지를 구상한 것으로 나타났다.

예비교사들은 수업에서 중요하게 다루는 내용이 논증구조에 포함되어 있어서, 당연히 논거나 결론 등 주요 논증요소들을 평가에 반영하려고 노력하였다고 한다(D교사, E교사). 논증구조를 활용한 수업을 “탑쌓기”와 같다고 말하는 예비교사들은 사실에서 출발해서 결론까지 나아가는 전체 수업의 흐름을 잡고 수업이라는 전체 숲을 파악하는 데 논증구조가 도움이 된다고 주장하였다(K교사, R교사).

K교사: 논거들을 바탕으로 사실에서 이제 결론까지

나아가는 그 흐름을 잡는 데 논증구조가 도움이 되었다. 나무를 본다기보다는 숲을 바라볼 수 있는 그런 도움을 받았다.

D교사: 일단 학생들한테 먼저 데이터를 주고 거기서 논거를 설명하면 학생들이 이 개념을 확실하게 이해할 수 있다고 생각했기 때문에 자료를 먼저 주면서 학생들이 먼저 탐구해 보게 한 다음에 제가 설명할 때 논거 부분에 대해서 집중적으로 설명했다.

E교사: 아무래도 논증요소를 평가에 반영해야겠다는 생각을 많이 했다. 수업에서 중요하게 다루는 내용이 논증구조에 포함된 요소들이어서, 어쨌든 주장과 관련된 내용이기 때문에 이 요소들을 평가하려고 노력했다.

R교사: 논증구조를 처음에는 탑쌓기라고 생각했다. 사실 자료가 있고 그로부터 도출되는 결론이 있고 또 이런 것들을 뒷받침하는 논거, 보강이 있어서, 밑에 탄탄한 기반부터 시작해서 이렇게 잘 쌓아 올라가야 멋진 탑, 그러니까 학생들이 무언가를 얻을 수 있는 잘 된 수업을 얻을 수 있을 것 같다.

다. 학생이해와 학생평가

첫째, 논증구조로 인해 학생이 내용 이해에서 겪을 어려움, 미처 모르는 부분이나 오개념, 사실에서 결론으로 연결하는 논거의 부족, 학생의 관점에서 해당 내용 학습의 필요성 등 학생에 대한 이해가 중요하다고 예비교사들은 주장하였다. 예비교사들은 학생의 선지식이나 오개념을 파악하기 위해 고등학교 시절의 학습경험과 오개념, 인터넷에 올라온 학생들의 질문 등을 탐색하거나, 학생 참여도를 높이기 위해 실생활에서 체험할 수 있는 내용이나 일상생활과의 연계 등에 주력하였다. 실제로 학교현장에는 과학을 어려워하고 싫어하는 학생이 대부분이라고 말하는 예비교사들은 교사의 깊이 있는 내용전문성보다도, 학생에 대한 이해를 토대로 학생을 위한 수업을 실행하는 것이 더 중요하다고 강조하였다(T교사, P교사, B교사).

S교사: 학생들이 어떤 부분을 잘못 이해하고 있을지를 폭넓게 생각하게 되었다. 논증구조를 해보면서 자료와 결론 사이에 어떤 것이 논거인지를 구분하다 보니까 내가 정확히 가르쳐야 할 부분이 무엇이고 아이들이 무얼 모르는지를 좀 더 파악할 수 있게 되었다.

T교사: 학생에 대한 이해가 제일 중요한 것 같다. 처음에는 교사가 많이 알고 제가 많이 아니까, 깊은 전문 내용을 알고 그걸 수업에 녹여서 좀 더 수준 높은 수업으로 끌어내는 그런 역량이 제일 중요하다고 생각했다. 그런데 지금은 학생 수준에 대한 이해가 받쳐주고 그 학생들을 위해서 수업을 어떻게 진행해야 하는지를 파악하는 게 더 중요하다고 생각한다.

P교사: 이 개념을 가르치는 데 영향을 주는 학생들의 생각을 찾는 게 힘들었다. 사소한 개념 설명하는 걸 어디까지 설명해야 하는지, 계속 궁금증이 불편함이 해소가 안 될까 봐 어디까지 어떻게 설명해야 할까, 질문이 없는데 내가 이런 걸 설명해줘도 되나, 그런 걸 고민했다.

B교사: 학생에 대한 이해가 가장 필요하다고 생각한다. 학생 이해의 가능성을 고려한 수업 준비, 학생의 흥미 유발을 고려한 수업이 가장 중요하다.

둘째, 배워야 하는 이유 설득 등을 통해 학습자의 학습동기와 흥미를 유발하는 데 초점을 둔다. 교사전문성이나 PCK에서 가장 중요한 부분은 학습자 동기유발이라고 말하는 예비교사들은 예전에는 교사가 과학내용을 충분히 알면 "다수를 이해시킬 수 있을 줄 알았는데" 논증구조 활용을 경험하고 나서는 해당 내용을 왜 배워야 하는지를 설득하고 학습동기를 유발하는 것이 가장 중요하다는 것을 깨달았다고 한다(C교사, D교사). 논증구조를 활용한 수업뿐만 아니라, 통상적인 수업에서도 동기유발이 제일 어려웠다고 말하는 예비교사들은 동기유발에 실패한 수업은 성공하기 어렵기 때문에 학생의 관점에서 재미있는 수업, 실생활과 관련된 수업, 배워야 할 이유를 찾게 도와주는 수업을 실천해야 한다고 주장하였다.

B교사: 동기유발이 제일 어려웠다. 어차피 관심이 없으면 동기유발 자체가 안 되고 동기유발에 실패한 수업은 어차피 처음부터 망한 수업이니까 동기유발을 효과 있게 해야 하는데 그게 제일 어려웠다. 수업을 짤 때 편서풍 파동을 왜 배워야 하는지를 가장 오래

고민을 많이 했다.

C교사: 학생 흥미 유발, 배워야 하는 이유를 찾게 도와주는 데 초점을 두게 되었다. 학생 동기 유발을 위해 실제 자료, 그래프를 통해 개념을 설명하는 데 집중하였다.

D교사: 처음에는 제가 다수를 이해시킬 수 있을 줄 알았지만 그게 안 된다는 걸 알았다. 왜 배워야 하는지, 이 부분을 학생들한테 이해시켜야 학생들의 학습 욕구가 살아나는 것 같다. 그 부분은 어떤 수업을 하든 가장 중요하다.

Z교사: 학생들이 과학내용을 배우는 것이 왜 중요한지를 느끼게 하려고 수업내용이 실생활과 밀접한 연관이 있고 흥미 있다는 것을 보여주려고 했다.

셋째, 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 결과, 논증구조 구성요소를 포괄하는 평가를 개발하고, 개방형 질문을 포함하여 과학과 탐구기능을 평가하는 문항 개발도 고려하게 되었다고 한다. 대부분의 예비교사들은 논증구조를 활용하여 수업설계를 하기 전에는 평가 부분을 진지하게 고민해본 적이 없으며, 논증구조를 활용한 이후에는 논증구조 요소들을 중심으로 평가를 구성할 것이라고 말하였다(W교사, S교사).

W교사: 논증구조를 적용하여 수업설계를 하기 이전에는 평가에 대한 부분은 진지하게 고민해본 적이 없었다. 논증구조를 구성하는 요소에 해당하는 학습내용을 골고루 평가 문항에 포함할 수 있도록 평가를 구성하려고 했다.

C교사: 활동지를 구성할 때 질문은 적절하게 답이 정해진 질문과 다양한 생각을 물어볼 수 있는 열린 질문으로 나누어 준비하였다. 탐구활동과 실제 관측 결과가 다른 이유를 묻는 다소 열린 질문도 포함하였다.

S교사: 학생들이 어느 부분을 헷갈리는지 알게 되어서 평가도 이 부분에 주안점을 둘 것이다.

Y교사: 교수방법과 내용에 따라 평가의 방법도 적절히 수정해야 한다는 것을 체감하였다.

끝으로, 학생이 관심을 둘 대수능 관련 보도자료와 수능 출제경향 등을 분석하였다. 학생들의 학습동기 유발이 수업의 성패를 결정한다고 말하는 예비교사들은 학생의 학습 흥미를 유발하고 학생이 알아야 할 핵심내용을 파악하기 위해 수능 기출문제와 출제경향을 분석했다고 한다.

W교사: 수능시험이 학습의 최종 목적지 중 하나여서 수능 관련 출제 보도자료를 읽어보면서 내가 수업할 내용이 수능에 어떻게 제시되고 있는지에 대해 분석하였다.

E교사: 수업 끝에 평가로 모의고사 문제를 넣었는데 입시 상황을 고려해서 조금이라도 학생들이 관심을 갖게 하려고 했다.

M교사: 학생들이 알아야 할 핵심내용을 파악하기 위해 모의고사에 자주 등장한 내용을 파악하려고 했다.

B교사: 수업을 준비하기 전에 일단 기출문제부터 봤다. 기출문제를 보고 편서풍 파동에서 가장 중요하다고 많이 출제되는 걸 파악하고 그걸 많이 설명하는 것으로 준비했다.

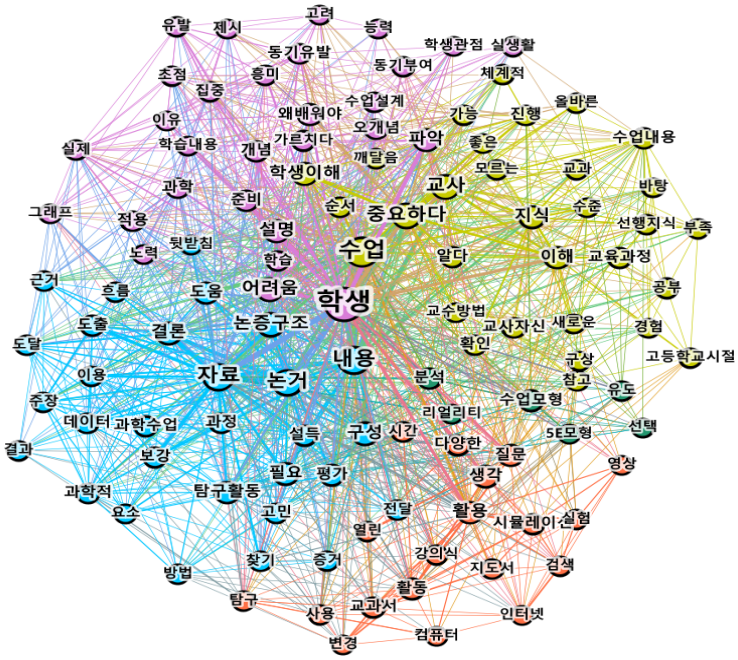
라. 과학교사의 전문성 개발

과학교사의 역할과 이미지 변화를 경험하였다. 논증구조를 활용하여 설득력을 갖춘 수업을 설계하고 실천하는 경험을 통해 일부 예비교사들은 자신의 과학교사로서의 지향이나 이미지 변화를 경험하였다고 한다.

W교사: 교사는 학생들이 과학에 흥미와 호기심을 가지고, 관련 문제를 과학적으로 해결하고 지속적으로 탐구하려는 태도를 가지도록 도와주는 사람이어야 한다고 생각한다.

D교사: 과학자들이 연구하는 과정을 간접적으로 따라가 보며 다양한 탐구활동을 통해 학생들이 주어진 자료를 토대로 논거를 찾아가며 활용하여 주장, 결론을 끌어내는 과정을 과학적으로 경험하게끔 해주는 것이 과학 수업이고 교사의 역할이라고 생각한다.

C교사: 과학 수업이란 과학적 사실과 거짓 자료를 구분하는 방법을 알려주고, 다양한 측면에서 논거를 생각하며, 이를 보강할 수 있는 아이디어를 찾고, 때로는 배운 내용에 대해 궁금증이나 반박할 점을 찾도록 것이 과학 수업이라고 생각한다.



키워드	빈도
학생	50
수업	35
자료	28
내용	28
논거	24
중요하다	22
교사	20
논증구조	17
어려움	17
학생이해	15

Fig. 1. Semantic network analysis results for future Family Resemblance-PCK

마. 예비교사의 과학과 가족유사성 PCK 대한 의미연결망 분석

논증구조를 교수적 추론 도구로 체험한 예비교사들의 말하는 미래지향적 가족유사성 PCK의 특성을 살펴보기 위해 의미연결망 분석을 실시한 결과, 5개의 안정적인 군집을 확인할 수 있다(Fig. 1). 각 군집별 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫 번째 군집은 학생, 어려움, 설명, 파악, 왜배워야 등의 키워드에서 높은 빈도수를 나타내는 네트워크 군집으로 [학생-어려움/오개념-파악], [학습내용-준비-설명], [왜배워야-흥미-동기유발/집중] 등에서 뚜렷한 연결이 나타난다. 이 군집은 PCK 중에서 학생이 겪을 학습의 어려움이나 오개념 파악의 중요성, 학생에게 해당 내용을 왜 배워야 하는지를 중심으로 흥미와 동기유발해야 필요성, 학습내용을 학생이해가 가능하도록 준비할 필요성을 예비교사들이 강조한 부분을 보여준다.

둘째, 수업, 중요하다, 교사, 학생이해, 지식 등의 키워드에서 높은 빈도수를 보이는 군집으로, [중요하다-교사-모르는/지식], [교사-중요하다-학생이해], [교육과정-이해-선행지식] 등에서 뚜렷한 연결이 나타난다. 이 군집은 예비교사들이 교사자신의 교과 내용지식 부족 체감, 미처 모르는 교과 내용지식 파악의 필요성, 학생이해의 중요성, 교육과정에서 선행지식 이해의 중요성 등을 주장한 부분을 보여준다.

셋째, 자료, 내용, 논거, 논증구조, 결론, 탐구활동 등의 키워드가 높은 빈도수를 나타내는 군집으로, [자료-논거-논증구조/내용], [자료-결론-도출], [탐구활동-과정-보강], [과학수업-데이터-주장] 등에서 뚜렷한 연결이 나타난다. 이 군집은 예비교사들이 자료에서 결론에 이르는 논거 도출을 중심으로 한 수업내용 구성, 탐구활동 과정에서 논거와 보강 확보, 데이터와 주장이 있는 과학수업의 중요성을 강조한 부분이다. 넷째, 활용, 생각, 질문, 활동, 교과서, 시뮬레이션 등의 키워드를 포함하는 군집으로, [시뮬레이션-활용-실험/검색], [교과서-활동-변경] 등에서 뚜렷한 연결이 나타난다. 이 군집은 예비교사들이 시뮬레이션과 인터넷 실험 등을 활용하여 기존 교과서나 지도서에 제시된 강의식 활동에서 벗어날 필요성 등을 강조한 것이다.

끝으로, 수업모형, 분석, 5E모형 등과 같이 가장 키워드 수가 작은 군집으로, [수업모형-분석-5E모형/선택], [리얼리티-분석] 등에서 뚜렷한 연결이 나타난다. 이 군집은 예비교사들이 수업내용 분석을 토대로 적합한 수업모형 선택의 중요성, 고등학교시절의 강의식 수업과 학생참여형 수업의 징검다리에 해당하는 5E모

형의 유용성 등을 강조한 부분이다.

요약하면, 의미연결망 분석 결과로부터 논증구조 활용을 체험한 예비교사들은 학생 이해와 학생관점에서 수업 이해를 가장 중시한 것으로 나타났으며, 이를 위해 수업 계획과 실천에서 논거가 있는 수업 구성, 탐구활동을 통한 자료와 결론의 징검다리 파악, 수업내용에 적합한 수업모형 선정 등을 강조한 것을 알 수 있다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 예비 지구과학 교사들이 말하는 교수적 추론 도구로서 논증구조의 역할과 실효성을 탐구하고, 이러한 과정에서 예비교사들이 보여주는 PCK 특성을 탐구하려는 것이다. 논증구조를 활용한 수업 계획과 성찰을 체험하는 일련의 교수적 추론 과정에서 교사의 PCK가 발휘되므로, 본 연구에 참여한 예비교사들이 보여주는 미래지향적 가족유사성 PCK의 특성을 탐색하고자 한다.

주요 연구결과를 살펴보면, 예비교사들은 논증구조를 적용하면서 수업을 조직적으로 계획하고 사실부터 결론 도출에 이르기까지 논거, 보강, 반박 등을 구분함으로써 교수·학습해야 할 핵심내용에 초점을 둘 수 있었다고 평가하였다. 논증구조 구성요소별 특징을 살펴보면, 수업내용 설득을 위해 자료에 주목하게 되었다고 한다. 또한, 논거나 보강 부분에 주목하면서 수업내용의 논리적 흐름을 보충할 수 있었지만, 사실과 결론의 징검다리에 해당하는 논거를 찾는 데 어려움을 겪은 것으로 나타났다. 주장과 결론은 논증구조에서 수업을 통해 궁극적으로 전달해야 할 내용이라고 말하는 예비교사들은 결론 부분은 상대적으로 쉽게 찾아낸 것으로 나타났다. 예비교사들은 한정어를 찾는 데 가장 큰 어려움을 겪은 것으로 나타났다(박원미, 2022).

논증구조를 교수적 추론 도구로 체험한 예비교사들의 말하는 미래지향적 가족유사성 PCK의 특성을 살펴보면, 과학 교과내용과 과학과 교육과정 측면에서 예비교사들은 수업내용을 배우는 이유를 설명하기 위해 다양한 논거를 갖추려다 보니 다양한 배경지식과 교과내용을 공부하게 되었으며, 과학수업의 논리적 전개를 위해 교사전문성 중에서 교사의 과학 내용지식 및 교육과정 문해력이 중요하다고 주장하였다(Kwak, 2022).

논증구조로 인해 가장 많은 영향을 받은 PCK 영역은 과학수업 실천 부분으로, 논증구조 활용으로 인해 수업에 사용할 모형과 수업 진행 방식에 변화가 생겼으며, 수업을 통해 데이터 리터러시와 디지털 역량을 강화할 필요가 있으며(Kwak & Hong, 2022), 교육과정과 교수·학습과 평가를 연계하여 수업을 구상하는 것이 중요하다고 예비교사들은 말하였다. 학생이해와 학생평가 측면에서 예비교사들은 논증구조 활용을 통해 학생입장에서 배워야 할 필요성, 수업내용의 논리적 전개, 학습동기와 흥미 유발, 논증요소를 반영한 평가 등을 강조하였다. 한편, 논증구조를 활용한 수업을 체험하면서 일부 예비교사들은 과학교사의 역할과 이미지 변화를 경험한 것으로 나타났다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 논증구조를 활용한 수업설계와 시연·성찰을 경험한 예비교사들은 수업에 대한 관점이 바뀌었다. 기존 토론의 방식과 설득의 방식인 논증구조를 수업 구상·실천을 위한 교수적 추론 도구로 활용할 수 있음을 알 수 있다. 특히 과학이라는 전문적인 내용을 학생들이 관심을 가질 수 있는 형태로 과학적인 논거를 기반으로 설득력있는 탐구활동을 통해 스토리텔링을 잘 할 수 있도록 내용을 조직하고, 적합한 교수·학습 활동으로 변환하고 실천하는 과학교사 PCK 발달의 도구로서 논증구조의 잠재력을 확인할 수 있다. 요컨대 교수적 추론 도구로 논증구조를 활용함으로써 과학교사들은 PCK를 실천하고 체화할 수 있다.

요즘 학생들은 과학을 암기과목이라고 생각하고 외우는 추세여서, 과학수업을 통해 관찰된 현상에서부터 유의미한 결론에 이르기까지 그 사이에 있는 합리적인 과정을 밟는 방법을 교사가 알려줌으로써 학생들이 스스로 지식주장을 뒷받침하는 '왜'를 설명하고 인지적 불편함을 해결하는 경험을 제공할 수 있을 것이다. 과학수업을 통해 학생의 관점에서 논증구조를 파악할 수 있도록, 더 나아가서 논증구조를 활용하여 학생들이 지식 구성을 경험함으로써 추론적 사고력을 기를 수 있도록 과학교사의 PCK를 구현할 필요가 있다.

둘째, 교사가 교수적 추론 도구로 논증구조를 활용함으로써 해당 과학수업을 받은 학생들에게도 과학적 추론 능력을 길러줄 수 있다. 수업에서 과학 내용지식

을 교사가 설명하거나 탐구활동을 전개하는 과정에서 데이터와 논거를 바탕으로 반박하고 보강하면서 지식 주장을 펼쳐나가는 수업을 경험하는 학생들도 수업을 통해 개념을 확장하고 사고력과 추론 능력을 배양할 수 있다. 2022개정 교육과정에서는 과학과 핵심역량을 다시 지식·이해, 과정·기능, 가치·태도로 세분하여 제시하였다. 과학교육의 목표 중 탐구역량을 길러주는 것이 중요하다고 인식하는 교사들은 과학적 사실에서 어떤 과정을 거쳐서 논리적으로 결론을 도출하는지를 수업 과정을 통해 체험하게 함으로써 탐구역량을 길러줄 필요가 있다고 지적하였다. 이러한 맥락에서 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 수업을 경험함으로써 중등학교 학생들도 과학수업을 통해 과학내용과 지식주장에 대해 논거를 갖추고 반박 요인을 고려하면서 결론을 도출하는 역량을 체화할 수 있을 것이다.

끝으로 교수적 추론 도구로 논증구조를 활용하는 프로토콜이나 논증요소들을 찾아내고 추론하는 다양한 예시자료를 포함한 데이터베이스를 구축할 필요가 있다. 예비교사는 물론 현직교사도 해당 수업내용에서 반박과 한정어를 포함하여 논증요소들을 찾아내는 데 어려움을 겪는다. 교사가 교과 내용지식을 교수적 추론을 통해 적합한 학습활동으로 변환하고 실천한 것이 PCK이다(Carlson *et al.*, 2019). 달리 말해서, 과학교사 전문성인 과학 PCK를 구현하고 발달시키려면 교수적 추론 과정이 필요하고 이를 위해 교수적 추론 도구가 필요하다. 교수적 추론 도구로서 논증구조의 실효성을 고려할 때 구체적인 과학 주제별로 사실과 결론 사이의 징검다리인 논거, 반박과 한정어를 고려한 결론의 확실성 등에 대한 다양한 예시자료 개발과 함께 논증구조를 활용한 교수적 추론의 과정을 담은 교사교육 프로토콜 개발도 필요할 것이다.

국문요약

본 연구의 목적은 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용한 예비 지구과학 교사들이 말하는 논증구조의 역할과 실효성을 탐구하고, 이 과정에서 예비교사들이 보여주는 PCK 특성을 탐구하려는 것이다. 논증구조를 활용한 수업 계획과 성찰을 체험하는 일련의 교수적 추론 과정에서 교사의 PCK가 발휘되므로, 본 연구에 참여한 예비교사들이 보여주는 미래지향적 가족유사성 PCK의 특성을 탐색하였다. 이를 위해 15명의 예비 지구과학 교사들이 참여하여 논증구조를 활용하여 수업설계와 수업시연을 체험하고, 학기말에 수업 체험에 대한 심층면담을 실시하였다. 심층면담을 토대로 질적 분석을 실시함과 동시에 예비교사들의 가족유사성 PCK의 특성을 분석하기 위해 의미연결망 분석을 실시하였다. 주요 연구결과를 살펴보면, 예비교사들은 논증구조를 적용하면서 수업을 조직적으로 계획하고, 사실에서 결론에 이르기까지 관련된 논증요소를 구분함으로써 짜임새 있게 수업을 구성하였다. 논증구조 구성요소별 특징을 살펴보면, 예비교사들은 사실과 결론의 징검다리인 논거, 반박, 한정어 등을 찾아내는 데 어려움을 겪은 것으로 나타났다. 논증구조로 인해 가장 많은 영향을 받은 PCK 영역은 과학수업 실천 부분으로, 수업내용에 적합한 수업모형 선정, 과학수업을 통한 데이터 리터러시와 디지털 역량 개발 등을 예비교사들은 강조하였다. 연구결과를 토대로 교수적 추론 도구로서 논증구조의 잠재력과 활용 가능성, 논증구조를 활용한 과학수업을 체험한 중등학교 학생들의 과학탐구와 추론 역량 개발의 가능성, 논증구조를 교수적 추론 도구로 활용하는 교사교육 프로토콜 개발의 필요성 등을 결론으로 제언하였다.

주제어: 논증구조, 교수적 추론 도구, 과학 PCK, 가족유사성 PCK,논거와 반박

References

김동희, 김용진(2015). 툴민의 논증 모형을 활용한 과학 교과서의 논증 구조 분석. 교육연구, 63, 37-64.

김선아, 이신영, 김희백(2015). 협력적 성찰과 과학 논변 수업 실행에서 드러난 교사의 논변특이적 PCK 탐색. 한국과학교육학회지, 35(6), 1019-1030.

박원미(2020). 지구과학 예비교사가 설계한 수업내용의 논증구조에 나타난 반박 분석. 대한지구과학교육학회지, 13(3), 238-252.

박원미(2021). 논증구조 수업설계 프로그램을 통한 예비 지구과학 교사의 과학논증 PCK 발달 모델 연구. 한국교원대학교 박사학위논문.

박원미, 곽영순(2021). 예비 지구과학 교사의 교수·학습 지도안에 나타난 논증수준 분석. 대한지구과학교육학회지, 14(2), 123-135.

오준영, 김유신(2009). Toulmin 의 논증의 옹호와 교육적 적용에 대한 탐색. 범한철학, 55, 379-425.

한국교육과정평가원(2009). 수업전문성 제고를 위한 멘토링 체제 연구. 서울: 한국교육과정평가원.

한국교육과정평가원(2022). 미래 사회 메가트렌드에 따른 학교지식의 구상과 교육과정 재구조화(Ⅱ). 진천: 한국교육과정평가원.

한상기(2015). 구획 문제와 가족유사성 접근방식. 범한철학, 77, 275-304.

홍선주, 안지연, 이정찬, 최정순, 홍미영, 안태연, 박연정(2019). 지능정보사회 교사 역량 제고를 위한 연수 프로그램 개발(Ⅱ): 프로그램 현장 적용. 진천: 한국교육과정평가원.

Carlson, J., Daehler, K. R., Alonzo, A. C., Barendsen, E., Berry, A., Borowski, A., … Wilson, C. D. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. In A. Hume, R. Cooper, & A. Boroswki (Eds.), Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science (pp. 77-94). Singapore: Springer.

Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK summit. In A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), Re-examining pedagogical content knowledge in science education (pp. 14-27). New York: Routledge.

Kwak, Y. (2022). 가족유사성 접근을 통한 과학 PCK 변화 탐색. 대한지구과학교육학회지, 15(2), 235-248.

Kwak, Y., & Choe, S. (2007). Research on science pedagogical content knowledge (PCK) with the curriculum revision. Seoul: KICE.

Kwak, Y., & Hong, S. Y. (2022). 미래사회 과학 역량에 대한 교사 인식과 역량기반 과학교육을 위한 교사 전문성 탐색. 한국과학교육학회지, 42(2), 265-275.

Park, S., & Chen, Y. C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. Journal of Research in Science Teaching, 49(7), 922-941.

Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. Educational Researcher, 15(2), 4-14.

Van Driel, J. H., Verloop, N., & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. Journal of Research in Science Teaching, 35(6), 673-695.

Wittgenstein, L. (2006). 철학적 탐구 (Philosophical investigations). 이영철 역, 책세상. (원서출판 1953).