

비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고 비교 분석

이지화 · 조혜숙 · 남정희*

부산대학교 화학교육과

(접수 2022. 4. 19; 게재확정 2022. 8. 15)

Comparative Analysis of Epistemic Thinking in Middle School Students in Argument-Based Inquiry(ABI) Science Class of No Face-to-Face and Face-to-Face Context

Jihwa Lee, Hye Sook Cho, and Jeonghee Nam*

Department of Chemistry Education, Pusan National University, Busan 46241, Korea.

*E-mail: jhnam@pusan.ac.kr

(Received April 19, 2022; Accepted August 15, 2022)

요 약. 이 연구는 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위해 광역시 소재의 중학교 2학년 4개 학급 113명 학생을 대상으로 비대면 상황의 5개 주제와 대면 상황의 5개 주제의 논의기반 탐구 과학 수업을 적용하였다. 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업 진행에 따른 중학생들의 인식론적 사고 특징 및 변화를 알아보기 위하여 모둠별 의문 만들기 단계의 논의과정에서 나타나는 논의 활동의 특징과 변화를 비교 분석하였다. 연구결과, 비대면 상황의 논의기반 탐구 수업은 대면 상황의 논의기반 탐구 수업과 비교하여 내용에 대한 이해와 증거제시 타당성 항목에서 높은 수준의 사고가 나타났다. 대면 상황의 수업에서는 비대면 상황의 수업보다 주장제시 타당성과 논의과정의 전개 항목에서 높은 수준의 사고를 보였다. 비대면 상황에서는 직접적인 의사소통이 아닌 글을 바탕으로 논의가 이루어지고 이로 부터 지식에 대한 이해를 높일 수 있었고, 대면 상황에서는 모둠원들과 직접적인 의사소통으로 인한 대인 관계에 의해 영향을 받는 사고가 주로 나타났다.

주제어: 비대면 및 대면 논의기반 탐구 과학 수업, 인식론적 사고, 논의과정

ABSTRACT. The purpose of this study was to analyze the characteristics and changes in epistemic thinking when an argument-based inquiry science class was applied in no face-to-face and face-to-face situations. Participants of this study were 113 8th grade students of four classes from a coed educational middle school in a metropolitan city. Data collection was made over one semester during which ten argument-based inquiry science lessons on five subjects were conducted in both no face-to-face and face-to-face context. As a result of comparing and analyzing students' epistemic thinking in the argumentation of each group's generating question stage, the no face-to-face classes showed higher understanding of contents and more evidence suggestion validity than face-to-face classes did. Claim validity and categories of process in argumentation were higher in face-to-face classes than No face-to-face classes. Students were able to improve their understanding of knowledge through writing by discussing rather than direct communication in no face-to-face situations, and in face-to-face situations, students showed that their thoughts were influenced by interpersonal relationships with the group members.

Key words: Argument-Based Inquiry (ABI), Epistemic thinking, Face-to-face context, No face-to-face context

서 론

앞으로의 시대는 인공지능이 발달하고 데이터의 규모가 커지는 4차 산업혁명 시대로 예견된다. 4차 산업혁명은 경제, 산업뿐만 아니라 교육에 큰 영향을 미쳐, 특히 사물인터넷, 빅 데이터, VR/AR, 인공 지능 등 4차 산업혁명 기술들이 교육 현장과 교수학습법에도 광범위하게 영향

을 주고 있으며, 이러한 영향은 현재의 온라인 교육에 디지털 기술을 첨가한 형태인 '에듀테크(EduTech)'로 발전하고 있다. 이에 대비하여 교육 또한 내용과 방법 등 모든 면에서 확연하게 달라져야 할 것이다. 앞으로의 교육은 유연한 교육 환경과 4차 산업혁명에 적합한 교육플랫폼도 구축하고, 미래를 대비할 수 있는 좋은 교육콘텐츠 개발을 위한 체계적인 준비가 필요하다. 이를 위해 미래의

교육 패러다임은 수업 시간에 언제든지 학습자 스스로 지식을 구성해 보면서 사람과의 관계에 대해 배울 수 있는 교육이 핵심이 되어야 할 것이다.¹ OECD에서는 앞으로의 교육의 성공은 학습자가 알고 있는 지식으로부터 스스로 추론하고 지식을 새로운 상황에 적용할 수 있게 하는 것²이라고 하였다.

2015 개정 교육과정은 창의·융합형 인재 양성을 목표로 하며, 과학 교육에서도 학습자들이 미래의 핵심 역량을 갖출 수 있도록 하는 것을 목표로 제시하고 있다.³ 과학 활동의 핵심이라 할 수 있는 논의는 경험적인 증거와 추론으로 주장을 정당화하는 과정이^{4,5} 특징적이며 핵심 역량과 많은 관련성을 보인다. 따라서 과학 교육과정에서 제시하고 있는 핵심 역량을 신장시킬 수 있고, 현상에 대한 설명 및 이에 대한 이해를 바탕으로 하는 과학의 본성을 실천하고 학습할 수 있는 가장 좋은 방안은 과학적 논의(Scientific Argumentation)가 이루어지는 수업일 것이다.

학생들은 논의 활동을 통해 지식 구성과 학습 과정에 관한 반성을 거치면서 과학을 학습하게 된다.⁶ 자신의 주장을 뒷받침하기 위해 증거를 제시하여 주장을 합리화하는 과정을 경험하고, 이러한 과정에서 설득력 있는 논의를 구성하기 위해 주장과 증거를 사용하는 방법에 대한 사고는 논의과정의 인식론적 개념이 반영된 것이다.⁷ 주장과 증거를 사용하여 과학지식이 어떻게 구성되는지를 살펴봄으로써 학생들의 과학 지식 구성 과정에서 나타나는 인식론적 사고를 이해할 수 있다. 학생들은 지속적인 논의과정에서 구성원에 의해 만들어진 생각을 내면화 함으로써 개인으로서 경험하기 어려운 반성과 성찰의 기회를 얻을 수 있다.⁸ 이 과정에서 서로 다른 생각과 관점을 가진 학생들이 논의 활동에 참여하면서 의견의 불일치를 경험하는데,⁹ 서로 다른 생각을 가진 학생들과 반문을 제시하는 등의 의견의 불일치를 해결하고 공동의 의견을 만들어 내기 위해 활동한다.¹⁰

과학의 본성을 다루는 연구로부터 볼 때 학생들은 과학 지식을 확실히 하고 변하지 않는 것이 아니라 근본적으로 잠정적이고 진화하는 것으로 이해해야 한다.¹¹ 즉, 과학 지식은 객관적으로 자연에 내재된 것이 아니라 학습자의 관점을 반영한다는 의미에서 주관적이며, 발견되기보다는 개별적으로 또는 사회적으로 구성되어야 한다는 것이다. 이것은 과학 학습을 주어진 정보를 받고 받아들이는 것이 아니라 스스로 새로운 아이디어를 구성하고 이해하는 것으로 보아야 함을 의미한다.

과학은 곧 논의라고 주장한 Kuhn¹²은 논의가 과학적 지식의 생성과 발전에 필수적인 인식론적인 과정이라는 점을 강조하였다. 논의과정에서 과학 지식을 구성해 가면서 나타나는 사고 변화를 통해 지식의 형성과정을 이해할 수

있다. 논의과정에서 과학지식이 어떻게 형성되는지를 알아보기 위해서는 학생들의 인식론적 사고에 대한 연구가 필요하다. 과학지식을 학습할 때 학생들이 그것을 어떻게 알게 되었으며, 왜 그것이 옳다고 믿고, 또 이를 다른 사람에게 어떻게 이해시킬 수 있는지 등에 생각해 보는 것은 과학 학습의 인식론적 측면을 강조한 것이다.^{13,14} 지식과 아는 것에 대한 신념으로 정의되는 인식론은 논의기반 교육에 대한 학생들의 견해에 영향을 미치는 중요한 요인이며,¹⁵ 인식론은 문제해결,¹⁶ 개념적 변화¹⁷와 같은 논의와 연관된 다양한 학습의 측면과 관련이 있는 것으로 나타났다.

다양하고 수많은 정보의 홍수 시대에 어떻게 지식이 받아들여지고 생성되는지는 매우 중요하다. 이것은 우리가 생각하고, 추론하고, 배우는 방식인 지식에 대한 인식론적 문제와 관련이 있다. 지식과 앎에 대한 믿음을 포함하는 인식론은 비판적 사고의 필수 요소이며 교육적인 측면에서 의미 있는 주제이다.¹⁸ 따라서 논의 활동에서 이루어지는 지식 구성의 과정에서 나타나는 학생들의 인식론적 사고의 특징과 변화를 알아보는 연구는 과학교육에서 의미를 갖는다.

학교 교육에서 이루어지는 대부분 논의 활동은 주로 말하기와 글쓰기에 기반하는 학생들의 직접적인 논의를 바탕으로 이루어져 왔다. 이에 따라 이와 관련하여 이루어진 연구도 대부분 말하기 논의와 글쓰기 논의에 관한 연구들이다. 하지만 상황에 따라 직접적인 대면 논의가 불가능한 경우에는 온라인을 통한 비대면 논의 활동이 이루어지기도 한다. 온라인을 통한 논의 활동은 문자를 기반으로 하는 의사소통에 의해 이루어진다.¹⁹ 이와 같은 온라인 학습 환경에서의 논의 활동과 직접적인 대면상황에서 이루어지는 논의 활동 간에는 차이가 있을 수 있으며, 이런 차이에 의해 학습 과정에서 다른 형태의 논의 활동이 나타날 수 있다.

이제까지 과학교육에서 논의기반 탐구 활동에 대한 다양한 연구가 이루어졌으나 이는 모두 대면 수업 상황에서 이루어진 연구들이다. 현재 전 세계적으로 당면하고 있는 팬데믹 현상으로 인해 학교 과학 교육과정의 운영이 부분적으로 온라인을 기반으로 하는 비대면 수업으로 전환되었다. 이러한 현실에서 실제 대면 수업 상황에서 이루어졌던 논의 활동이 비대면 온라인 수업 상황에서는 어떻게 나타나는지 알아볼 필요가 있다. 미래의 교육은 다양한 교육 환경에서 전개될 가능성이 크므로 비대면 상황 과학 수업에서 논의 활동은 어떠한 특징이 있고, 이러한 학습 환경에 따른 학생들의 인식론적 관점에 대한 연구가 필요하다. 이를 통해 교사들이 다양한 과학 수업 상황에서 논의 활동을 효과적으로 활용할 수 있는 방법을 마련하는데 이 연구의 의의가 있다고 볼 수 있다.

따라서 이 연구에서는 비대면 및 대면 상황에서 이루어지는 논의기반 탐구 과학 수업의 논의과정에서 나타나는 중학생의 인식론적 사고의 특징을 분석하고, 이 두 상황의 논의과정에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 변화를 알아보려고 하였다.

연구방법

연구대상

이 연구는 광역시에 위치한 중학교 2학년 4개 학급의 학생 113명을 대상으로 하였다. 연구설계상 대면 상황에서의 논의기반 탐구 과학 수업을 진행하는 집단과 비대면 상황에서의 논의기반 탐구 과학 수업을 진행하는 집단으로 구분하는 것이 이상적이나 팬데믹 상황으로 인해 연속적인 등교가 이루어지지 않았기 때문에 비대면 수업을 진행하는 집단과 대면수업을 진행하는 집단으로 구분이 불가능하여 4개 학급 모두 실험집단으로 선정하였다. 실험 집단은 2020년 5월부터 비대면 및 대면 상황에서의 논의기반 탐구 과학 수업 각각 5개 주제씩 총 10개 수업을 적용하였다. 1개 주제는 2차시로 구성되었고, 각 차시는 45분 수업으로 구성되었으며, 수업의 모든 과정은 녹화 및 녹음하였다.

각 학급의 모둠은 성적과 무관하게 번호순으로 구성하였으며, 한 모듬에 4명에서 5명으로 이루어진 남녀혼합의 6개 모듬으로 편성하였다.

논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 프로그램 개발 및 적용

논의기반 탐구(Argument-Based Inquiry, ABI) 과학 수업은 Keys가 개발한 수업전략인 탐구적 과학 글쓰기(Science Writing Heuristic, SWH) 과정을 우리나라의 교육 실정에 맞게 재구성한 프로그램으로, 과학적 탐구 능력과 과학에 대한 개념이해를 향상시키기 위한 학습 전략으로 의문 만들기,

실험 설계 및 수행, 관찰, 주장과 증거, 읽기, 반성 글쓰기 등의 6단계로 구성되어 있다.²⁰⁻²¹ 의문 만들기 단계는 교사가 문제 상황을 제시하면 학생들은 제시된 상황을 바탕으로 개별 의문을 만든다. 이러한 개별 의문은 학습 목표와 연결되며 수업의 방향을 결정한다는 점에서 아주 중요한 의미를 지닌다. 그 다음 모듬별 논의를 통해 모듬별 의문을 만들고, 이를 개별 의문과 비교하여 자신의 의문에 대한 사고 변화의 내용과 이유를 기록하였다. 모듬별 의문은 학급 전체 논의에서 발표하고 학급 전체의 논의과정을 거쳐 하나의 발전된 학급 의문을 생성한다. 모듬별 의문 만들기 단계의 논의과정은 약 20분 정도 소요된다. 이 연구에서는 이와 같은 의문 만들기 단계에서 이루어지는 논의과정에서 학생들의 인식론적 사고 특징이 잘 드러날 것이라 판단하여 의문 만들기 단계의 논의과정을 분석하였다.

실험 설계 및 수행 단계에서는 학급 의문을 해결하기 위해 모듬별 논의를 통해 실험을 설계하고 수행한다. 관찰 단계에서는 관찰한 결과를 개별적으로 기록한다. 주장과 증거 단계에서는 학급 의문을 해결하기 위해 실험 결과를 바탕으로 학급 의문에 대한 모듬원 개인의 주장과 증거를 작성하고, 개별 주장과 증거를 바탕으로 모듬별 논의를 거쳐 모듬별 주장과 증거를 만들고, 이를 발표하면서 학급 전체 논의를 진행하여 학급의 주장과 증거를 만든다. 읽기 단계에서는 교과서 및 전문적 자료 검색에서 얻은 지식을 자신이 알고 있는 지식과 비교하여 정리한다. 반성 단계는 학생들이 수업의 전 과정에 대해 스스로 생각하고 되돌아보면서 자신의 사고에 대해서 변화된 점을 고찰하는 과정이다. 이 과정에서 학생들은 모듬별 주장과 증거에서 발표된 내용이 자신의 모듬 의견과 어떤 차이가 나며, 학급 논의를 통해 자신의 모듬이 생각하지 못한 내용을 확인하면서 사고 변화과정을 글쓰기로 제시한다. 이를 통해 자신의 생각이 수업을 통하여 어떻게 변화되었는지를 점검할 수 있는 기회가 된다. 읽기와 반성 글쓰기 단

Table 1. Structure of Argument-Based Inquiry (ABI) activity

Stages	Activities	Classes
Generating questions	Presentation of problem situation	1st
	My questions	
	Question decision of the group (Discussion by groups)	
	The change of thinking about my questions	
2. Designing and performing experiment	Question decision of the class (Discussion by class)	
	Design and perform experiment	
3. Observation	Record and Interpretation of the observations	
4. Claims and evidence	My claims and evidence	2nd
	Claims and Evidence of the group (Discussion by groups)	
	Presentation of claims and evidence of the group	
	Discussion by class	
5. Reading	Comparing my thoughts with reading material	Assignment
6. Reflection	Writing reflections by individual	

Table 2. Topics of Argument-Based Inquiry activity in no face-to-face and face-to-face situation

Classification	Contents	Topic	The topics of activities	Content of activities	Unit	Types of activities
NF-ABI (No face-to-face)		Topic 1	Electrostatic induction	Augmenting with claim and evidence for how non-friction objects can be attracted when brought close to them	II. Electricity and Magnetism	ABI-A
		Topic 2	Ohm's law	Organizing the relationship between current and voltage through graphs and tables, and make predictions with claim and evidence	II. Electricity and Magnetism	ABI-A
		Topic 3	Organizational stage of organisms	Comparing and organizing the compositional stages of living things by drawing claim and evidence for why the body of an animal is complex	V. Animals and Energy	ABI-B
		Topic 4	The digestive process of nutrients	Summarizing the process of mechanical and chemical digestion in pictures, and presenting claim and evidence by connecting the digestion process that can be seen in our daily life	V. Animals and Energy	ABI-B
		Topic 5	The principle of respiratory movement	Presenting claims and evidence to predict the volume of the chest cavity according to the roles of the diaphragm and ribs in our body	V. Animals and Energy	ABI-A
F-ABI (Face-to-face)		Topic 1	Transpiration	Augmenting by presenting arguments and evidence for the conditions for transpiration to occur	IV. Plants and Energy	ABI-A
		Topic 2	Photosynthesis and respiration	Presenting claims and evidence for substances that occur in photosynthesis and respiration in plants	IV. Plants and Energy	ABI-A
		Topic 3	The production, storage, and use of photosynthate	Representing materials produced as a result of photosynthesis and their storage locations and shapes as models	IV. Plants and Energy	ABI-B
		Topic 4	The path of blood circulation	Representing of the path of blood circulation through blood vessels distributed throughout our body	V. Animals and Energy	ABI-B
		Topic 5	Density	Presenting claim and evidence to measure the volume and mass and put it in water and predict how the degree of floating in water changes with the volume and mass	VI. Properties of matter	ABI-A

계는 논의기반 탐구 과학 수업 후 과제로 제시되었다. 이 연구에서 적용한 비대면 및 대면 수업 상황에서의 논의기반 탐구 과학 수업의 절차는 Table 1과 같다. 비대면 상황의 모듈별 활동은 온라인에서 쓰기를 통한 논의로 진행되었으며, 대면 상황의 모듈별 활동은 오프라인에서 모듈별로 말하기 논의를 중심으로 진행하였다. ABI 활동에서 이루어지는 학급별 논의는 비대면 상황의 수업에서도 대면으로 진행되었다.

이 연구의 비대면 및 대면 상황에서 이루어진 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업은 실제 실험의 수행 가능 여부에 따라 Table 2와 같이 A 유형과 B 유형으로 구별하였다.²² ABI-A형은 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 단계의 모든 활동을 수행하는 유형이고, ABI-B형은 6단계 중 실험 설계 및 수행 단계에서 직접 실험을 설계하고 수행하는 활동 대신 주어진 자료를 해석하고 재구성하는 활동으로 대체되는 유형이다. 비대면 논의기반 탐구(No face-to-face Argument-Based Inquiry, NF-ABI) 과학 수업에서 이루어지는 ABI-A형 수업에서는 모듈별 활동으로 진행되는 실험 설계에 대한 논의과정은 온라인상의 쓰기를 통한 논의로 진행되었고, 실험의 수행은 개인별로 이루어지며 얻은 자료에 대한 해

석 활동은 온라인상의 모듈별 논의에 의해 이루어진다.

비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에 적용한 주제는 중학교 2학년 과학 교과 내용 중 교육과정의 연계성을 고려하고 논의와 탐구 활동에 알맞은 비대면 논의기반 탐구 과학 수업을 위한 5개 주제, 대면 논의기반 탐구(Face to face Argument-Based Inquiry, F-ABI) 과학 수업 5개 주제를 각각 선정하여 총 10개의 프로그램을 개발하였다(Table 2). 이 연구에서 개발된 모든 프로그램은 과학 교육 전문가 1명, 과학 교육 박사 2명, 과학 교육 박사 과정 2명이 3차의 협의를 거쳐 개발하였다. 1차 협의에서는 교육과정 진행 순서에 따라 주제를 선정한 후 논의기반 탐구 활동에 적절한지 여부를 판단하였다. 2차 협의에서는 선정된 10개의 주제에 대해 개발된 프로그램의 내용에 대해 논의하였고 논의기반 탐구(ABI)의 각 단계와 내용의 적절성에 대해 수정 및 보완이 이루어졌다. 3차 협의에서는 최종적으로 10개 주제의 논의기반 탐구(ABI) 활동 프로그램을 완성하였다. 비대면 및 대면 수업에서 적용되는 ABI 활동 형태의 순서는 동일하였다. 논의기반 탐구 과학 수업 프로그램의 진행 순서와 활동 유형은 비대면(주제 1), 비대면(주제 2), 대면(주제 1), 대면(주제 2), 대면(주제 3), 비

대면(주제 3), 비대면(주제 4), 비대면(주제 5), 대면(주제 4), 대면(주제 5)의 순서로 진행되었으며 교육과정 순서에 따라 적용하였다.

비대면 및 대면 상황에서 진행된 논의기반 탐구과학 수업 총 10개 주제의 활동 중 3개의 활동, 즉 주제 1, 주제 2, 주제 5는 ABI-A형으로, 학급의 의문을 해결하기 위해 학습자가 스스로 실험을 설계하고 수행하는 단계를 포함하도록 개발하였고, 주제 3, 주제 4는 활동 내용상 실험설계 단계를 생략하고 탐구 자료 제시를 통해 분석하거나 모형 그리기 활동을 수행하는 ABI-B형으로 개발하여 적용하였다. 논의기반 탐구 과학 수업 프로그램의 진행 순서와 활동 유형, 내용은 Table 2와 같다.

자료수집

비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 분석하기 위해 총 10개의 주제를 4개의 학급, 각 학급별 6개 모둠에 적용하여 총 240개의 모둠별 의문 만들기 단계의 논의과정 녹음 및 녹화본을 수집하였다. 수집된 자료 중 각 상황에서 3개 주제씩 총 6개의 주제, 4개 학급, 학급 당 6개 모둠, 총 144개의 모둠별 의문 만들기 단계의 논의과정 녹음 및 녹화본, 이들의 전사본을 분석하였다.

논의과정에서 나타나는 중학생의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보기 위하여 모둠별 의문 만들기 과정에서 나타나는 논의과정의 초기, 중기, 후기 활동의 특징을 비교하고 분석하였다. 비대면 수업 상황에서 이루어진 첫 번째 활동인 주제 1은 학생들이 수업 단계에 대해 익숙하지 않아 논의 활동이 활발하지 않았던 점을 고려하여 어느 정도 각 단계에 대한 논의 활동에 익숙해져 있는 주제 2를 초기 단계의 주제로 설정하여 분석하였다. 비대면 수업 상황에서의 초기 활동은 주제 2, 중기는 주제 3, 후기는 주제 5로 설정하였다. 대면 수업 상황에서의 초기 활동은 주제 1, 중기는 주제 3, 후기는 주제 5로 설정하고, 각 상황의 모둠별 의문 만들기 논의과정을 분석하여 여기서 나타나는 학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보았다.

Elstgeest²³는 학생들의 의문은 학생들이 알고 싶어 하는 것에 대한 안내의 역할을 한다고 하였다. 학생들 간의 의문은 교사가 제시하는 의문보다 학생들의 생각을 더 잘 자극할 수 있고,²⁴ 학생들에게 특별한 지식과 이해를 제공한다.²⁵ Kuhn²⁶은 논의에 대한 인지적 관점에서 논의는 사고 발달에 효과적이고 사고 과정의 핵심이라고 하였다. 학생들은 비대면 및 대면 상황에서 이루어진 논의기반 탐구 과학 수업을 하는 동안 협상을 통해 끊임없이 생각하고, 주장을 정당화하는 인식론적 활동을 한다. 학생들은 모둠원들과의 의문 만들기 논의과정을 통해 자신의 생각을

더 보충하거나 변화시키는 등의 지식을 정당화하는 과정에서 인식론적 사고의 변화를 보인다. 따라서 이 연구에서는 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보기 위해 비대면 수업 초기 주제 2, 중기 주제 3, 후기 주제 5와 대면 수업 초기 주제 1, 중기 주제 3, 후기 주제 5의 모둠별 의문 만들기 단계의 논의과정에서 나타난 인식론적 사고의 특징 및 변화를 각각 분석하였다.

논의과정의 인식론적 사고 분석틀

논의과정에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고를 알아보기 위해서 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업의 논의 활동 중 의문 만들기 단계의 논의과정에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 분석하였다. 논의과정을 분석한 연구에서 논의과정의 복잡성으로 인해 학생들의 논의과정을 분석함에 있어 논의 요소를 정확히 구분하지 못해 평가하기 힘들다는 견해²⁷가 있었다. 이 연구에서는 과학 교육 전문가 1인, 과학 교육 박사학위 소지 과학 교사 2인, 과학 교육 박사과정 2인으로 구성된 연구진이 논의과정의 인식론적 사고 분석틀 개발을 위한 지속적인 논의를 진행하였다. 연구진의 논의로부터 논의가 이루어지는 동안 학생들의 모둠별 활동에서 논의 요소를 찾아내기보다는 논의과정에서 나타나는 대화에 중점을 두고 논의과정 요소에 대한 분석보다 포괄적인 관점의 분석이 적절하다고 판단하였다. 이에 따라 Marttunen²⁸가 제시한 논의과정에서 나타나는 대화의 특징인 주장, 근거, 결론을 중점 요소로 하고, 양일호 등²⁹이 제시한 과학적 논증 과정에 관한 분석 관점인 형식, 내용, 태도의 3가지 범주 및 형식적 측면의 평가 항목인 전체 구성, 주장, 근거, 결론으로 구분하여 제시한 내용을 참고로 하였다. 이를 바탕으로 이 연구에서는 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고를 분석한 박지연의 분석틀을 수정하여³⁰ 모둠별 논의과정에서 나타나는 인식론적 사고를 지식에 대한 이해와 지식의 정당화의 하위 범주로 구분하고, 지식에 대한 이해는 내용에 대한 이해, 지식의 정당화는 주장제시 타당성, 증거제시 타당성, 논의과정의 전개로 구성하였다. 이후 분석틀 개발에 참여한 과학 교육 박사학위 소지 과학 교사 2인, 과학 교육 박사과정 2인의 연구진이 논의 활동 전사본에 대한 반복적인 분석을 통해 수준을 분류하고, 분석한 결과를 비교하여 합의에 이를 때까지 차이를 검토하는 과정을 반복하여 논의과정의 인식론적 사고 분석틀을 완성하였다 (Table 3).

이 분석틀은 지식에 대한 이해와 지식의 정당화 영역으로 구분되어 있으며, 지식에 대한 이해 영역의 분석항목은

Table 3. Epistemic thinking analysis framework in the argumentation

Category	Analysis Criteria	Explanation of Analysis Criteria	Level
		A good understanding of scientific terms related to understanding of the topic being presented	Level 3
Understanding of knowledge	Understanding of contents	Understanding the topic being presented or understanding the relevant scientific terms.	Level 2
		The content is described, but understanding of the use of scientific terms related to the subject is not made.	Level 1
Justification of knowledge	The validity of presenting arguments	Arguments are clear and the contents of arguments can be specifically presented.	Level 3
		Arguments are relatively distinct but not specifically presented.	Level 2
		Arguments are made, but the content of the claims is unclear.	Level 1
	The validity of presenting evidence	The data supporting the arguments are investigated and presented, and ones' own interpretation is presented in relation to the claim.	Level 3
		The data supporting the arguments are investigated and presented, but one fails to present one's own interpretation in relation to the claim.	Level 2
		The data supporting the arguments are not investigated and presented, and one's interpretation of the arguments is not presented.	Level 1
The development of the discussion process	The discussion process conforms to scientific facts and is logically developed, resulting in more than three events: evidence presentation, rebuttal or reasoning, acceptance of opinions or integration.	Level 3	
	The discussion process conforms to scientific facts, but is not logically developed, resulting in two events: evidence presentation, rebuttal or reasoning, opinion acceptance or integration.	Level 2	
	The discussion process conforms to scientific facts, resulting in one event: evidence presentation, rebuttal or reasoning, opinion acceptance or integration.	Level 1	

‘내용에 대한 이해’, 지식의 정당화 영역의 분석은 ‘주장 제시 타당성’, ‘증거제시 타당성’, ‘논의과정의 전개’ 항목으로 구성되었다. 지식에 대한 이해 영역에서 ‘내용에 대한 이해’ 항목은 제시하고 있는 주제에 대한 이해와 과학적 용어에 대한 이해의 수준에 따라 3개 수준으로 나누었다. 지식의 정당화 영역의 3개 하위 항목도 3개의 수준으로 구분하였다. ‘주장제시 타당성’ 항목은 주장의 내용을 구체적으로 제시하는 정도, ‘증거제시 타당성’ 항목은 주장을 뒷받침하는 자료를 조사하여 제시하며 주장과 관련하여 자신의 해석을 잘 제시하고 있는 정도, ‘논의과정의 전개’ 항목은 논의과정이 과학적 사실에 부합되고 논리적으로 전개되어 근거 제시, 추론이나 반박, 의견 수용이나 통합이 일어나고 있는 정도에 따라 3개 수준으로 나누어 분석하였다. 지식의 이해에 해당하는 내용에 대한 이해는 주제에 대한 이해와 과학적 용어의 사용에 대한 이해에 대한 수준으로 나타내었다. 이 두 가지에 대한 내용이 동시에 나타나 있으면 3수준, 이 둘 중 하나만 기술하면 2수준, 내용을 기술하고 있으나 이 두 가지의 사용에 대해 이해하지 못하면 1수준으로 분류하였다.

주장제시 타당성은 주장이 뚜렷하고 주장의 내용을 구체적으로 제시하는 정도를 말한다. 주장이 뚜렷하고 주장의 내용을 구체적으로 제시하면 3수준, 주장이 비교적 뚜렷하나 주장의 내용을 구체적으로 제시하지 못하면 2수준, 주장은 하고 있으나 주장의 내용이 뚜렷하지 못하면 1

수준으로 분류하였다.

증거제시 타당성은 모둠별 논의과정에서 주장을 뒷받침하는 자료를 조사하여 제시하며 주장과 관련하여 자신의 해석을 잘 제시하고 있는 정도를 말하는 것이다. 이 두 가지를 모두 제시한 경우는 3수준, 주장을 뒷받침하는 자료를 조사하여 제시하고 있으나 주장과 관련하여 자신의 해석을 제시하지 못한 경우 2수준, 두 가지 모두 제시하지 못한 경우는 1수준으로 분류하였다.

논의과정의 전개는 논의과정이 과학적 사실에 부합되고 논리적으로 전개되어 근거 제시, 추론이나 반박, 의견 수용이나 통합이 일어나고 있는 정도를 말하는 것이다. 논의과정이 과학적 사실에 부합되고 논리적으로 전개되어 근거 제시, 반박이나 추론, 의견 수용이나 통합 등 3가지 이상이 일어나는 경우 3수준, 논의과정이 과학적 사실에 부합되고 있지만 논리적으로 전개되지 않아 근거 제시, 반박이나 추론, 의견 수용이나 통합 중 2가지가 일어나고 있는 경우는 2수준, 논의과정이 과학적 사실에 부합되고 있으나 근거 제시, 반박이나 추론, 의견 수용이나 통합 중 1가지가 일어나고 있는 경우 1수준으로 분류하였다.

자료 분석

논의 활동의 분석은 실험집단 4개 학급에서 진행되는 의문 만들기 논의과정이 진행되는 동안 수업 동영상과 논의 활동 전사본에 대해 이루어졌다.

분석의 신뢰도를 높이기 위해 논의기반 탐구 수업에 대한 충분한 이해와 경험을 가지고 있는 과학 교육 박사과정 3명, 석사과정 2명으로 이루어진 분석자 5명이 학급 구분 없이 비대면 3개 주제와 대면 3개 주제에서 무작위로 10개 모듈을 선정 후 모듈별로 논의과정의 수준을 분석한 후 채점자 간 차이가 있는 경우 합의에 이를 때까지 지속적으로 협의 과정을 거쳐 수준을 결정하였다. 이를 바탕으로 연구자 1인이 학생들의 논의과정 전사본 분석을 진행하였으며, 분석의 과정은 1차 분석을 거친 후, 2차 분석을 2회 반복 실시하여 분석과정의 오류를 최소화하고 확인을 반복함으로써 분석의 신뢰도를 높이고자 하였다. 분석한 결과는 초기, 중기, 후기 주제 활동이 진행됨에 따라 각 주제 활동에서 나타나는 논의과정 수준의 빈도수를 전체 빈도수에 대한 비율(%)로 통계 처리하여 분석하였다.

연구 결과 및 논의

이 연구에서는 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보고자 비대면 상황의 5개의 주제와 대면 상황의 5개 주제에 대하여 논의기반 탐구 과학 수업을 적용한 후, 모듈별 의문 만들기 단계의 논의과정을 분석하였다. 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보기 위하여 모듈별 의문 만들기 단계에서 나타나는 지식에 대한 이해인 내용에 대한 이해와 지식의 정당화에 해당하는 주장제시 타당성, 증거제시 타당성, 논의과정의 전개 항목의 수준을 분석하였다. 이와 함께 각 항목의 인식론적 사고 수준을 설명하는 구체적인 사례도 제시하였다.

비대면 상황 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 인식론적 사고 분석

다음은 비대면 상황의 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 모듈별 의문 만들기 논의과정에서 나타나는 인식론적 사고를 분석한 결과이다.

내용에 대한 이해. 비대면 상황에서의 내용에 대한 이

해 항목을 살펴보면, 초기 활동인 주제 2에서는 1수준 24명(21.2%), 2수준 59명(52.2%), 3수준 30명(26.6%)으로 나타났다. 중기 활동에 해당하는 주제 3에서는 1수준 20명(17.7%), 2수준 56명(49.6%), 3수준 37명(32.7%)이었으며, 후기 활동인 주제 5에서는 1수준 15명(13.3%), 2수준 49명(43.4%), 3수준 49명(43.3%)으로 나타났다. 활동이 진행되면서 1수준과 2수준 학생의 비율은 감소하는 경향을 보이며, 3수준의 비율은 증가하고 있다(Table 4). 비대면 수업 환경에서는 모듈원들과의 논의를 위해 온라인상의 글에 집중하여야 하므로 주어진 문장의 이해에 많은 관심을 기울인 것으로 보인다.

다음은 비대면 수업 상황의 논의기반 탐구 수업에서 나타나는 내용에 대한 이해 사례를 수준별로 나타낸 것이다(사례 1).

〈사례 1〉 비대면 수업 주제5 내용에 대한 이해

- S1: 호흡 운동이 일어나면서 들숨과 날숨의 다른 점이 있는데 우리 몸에서 호흡이 일어나는 원리는 무엇일 지 생각해 봤어. (1수준)
- S2: 들숨과 날숨에서의 호흡 운동의 원리가 무엇인지를 알기 위해서는 들숨과 날숨에 따라 갈비뼈와 횡격막의 움직임의 변화를 살펴봐야 한다고 생각해. (2수준)
- S3: 호흡 운동은 들숨, 날숨에서 갈비뼈와 횡격막의 움직임, 내부의 압력, 흉강부피에 따라 달라진다고 생각한다. (3수준)

〈사례 1〉을 살펴보면, 비대면 수업 상황에서 이루어진 ‘호흡 운동의 원리’ 주제의 의문 만들기 모듈별 논의과정에서 S1의 내용에 대한 이해는 호흡 운동에는 들숨과 날숨이 있다는 것을 기술하고는 있으나 호흡 운동에 관여하는 요인에 대한 과학적 용어 사용이 없어서 1수준에 해당한다. S2는 들숨과 날숨에서 갈비뼈와 횡격막의 움직임 변화를 살펴봐야 한다고 생각하나 횡격막과 갈비뼈 외 다른 과학적 용어를 사용하지 못하므로 2수준에 해당한다. S3은 호흡운동이 일어나는 원리를 들숨과 날숨에서 횡격막의 움직임, 내부의 압력, 흉강 부피 등에 따라 호흡 운동이 달라진다고 제시하고 있는 주제에 대한 이해와 관

Table 4. Level of understanding of contents in no face-to-face argument-based inquiry science classes (NF-ABI)

Analysis Criteria	class Topic Classification	NF-ABI						
		Level	Early (Topic 2)		Middle (Topic 3)		Late (Topic 5)	
			Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Understanding of knowledge	Understanding of contents	1	24	21.2	20	17.7	15	13.3
		2	59	52.2	56	49.6	49	43.4
		3	30	26.6	37	32.7	49	43.3

Table 5. Level of validity of presenting claim in no face-to-face argument-based inquiry science classes (NF-ABI)

Analysis Criteria	class Topic Classification	NF-ABI						
		Level	Early (Topic 2)		Middle (Topic 3)		Late (Topic 5)	
			Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Justification of knowledge	The validity of presenting claim	1	18	15.9	19	16.8	22	19.5
		2	65	57.5	55	48.7	43	38.0
		3	30	26.6	39	34.5	48	42.5

련된 과학적 용어를 적절하게 사용하여 3수준에 해당한다.

주장제시 타당성. 비대면 상황의 논의기반 탐구 수업의 주장제시 타당성 수준은 초기 활동인 주제 2에서는 1수준 18명(15.9%), 2수준 65명(57.5%), 3수준 30명(26.6%)이다. 중기에 해당하는 주제 3에서는 1수준 19명(16.8%), 2수준 55명(48.7%), 3수준 39명(34.5%)이고, 후기 활동인 주제 5에서는 1수준 22명(19.5%), 2수준 43명(38.0%), 3수준 48명(42.5%)으로 나타났다. 활동이 진행될수록 1수준의 비율은 약간 증가하고, 2수준의 비율은 감소하며, 3수준의 비율은 비교적 큰 증가폭을 보이고 있다(Table 5).

다음의 사례는 비대면 수업의 의문 만들기 단계 모둠별 논의과정에서 나타나는 주장제시 타당성의 수준을 보여주는 것이다(사례 2).

<사례 2> 비대면 수업 주제5 주장제시 타당성

S1: 폐의 흉강의 부피 변화와 압력을 알 수 있었다. **(1수준)**

S2: 숨을 들이쉴 때는 갈비뼈가 올라가고 횡격막이 내려간다. 그리고 숨을 내쉴 때에는 갈비뼈가 내려가고 횡격막이 올라간다. **(2수준)**

S3: 숨을 들이쉴 때에 횡격막이 아래로 내려가 흉강의 부피가 증가하고 폐의 부피가 커지면서 기관을 통해 외부의 공기가 폐로 들어온다. 그리고 숨을 내쉴 때에는 횡격막이 위로 올라가 흉강의 부피가 감소하고 폐의 부피가 작아지면서 기관을 통해 외부로 공기가 나간다는 것을 알 수 있었다. **(3수준)**

<사례 2>에서 보는 바와 같이 비대면 수업 상황에서 이루어진 ‘호흡 운동의 원리’ 주제의 의문 만들기 모둠별 논

의과정에서 S1은 호흡 운동이 일어날 때 흉강의 부피와 압력이 변한다는 주장을 하고 있으나 흉강의 부피와 압력의 변화에 대한 내용이 전혀 언급되고 있지 않아 1수준에 해당한다. S2는 들숨과 날숨에 해당하는 주장을 비교적 뚜렷하게 제시하고는 있으나 구체적인 내용이 설명되지 않고 있어서 2수준에 해당한다. S3는 호흡 운동이 일어나는 원리를 횡격막의 움직임과 폐, 흉강의 부피, 공기의 움직임 등 구체적인 내용으로 뚜렷하게 제시하고 있으므로 3수준에 해당한다.

증거제시 타당성. 비대면 수업 상황에서 진행된 논의기반 탐구 수업의 의문 만들기 단계에서 나타난 증거제시 타당성 수준은 초기 활동인 주제 2에서 1수준 30명(26.6%), 2수준 59명(52.2%), 3수준 24명(21.2%)이었다. 중기 활동인 주제 3에서는 1수준 28명(24.8%), 2수준 55명(48.7%), 3수준 30명(26.5%)이고, 후기 활동인 주제 5에서 1수준 25명(22.1%), 2수준 50명(44.2%), 3수준 38명(33.7%)으로 나타났다. 비대면 상황 수업이 진행될수록 1수준과 2수준 학생의 비율은 감소하는 경향을 보이며, 3수준의 비율은 증가하고 있다(Table 6). 비대면 수업에서는 직접적인 의사소통보다 글을 통한 논의가 진행되므로 글로 표현된 내용을 보고 주장에 대한 근거를 조금 더 쉽게 정리할 수 있는 것으로 보인다. 그래서 주장과 관련하여 많은 자료를 증거로 제시하여 정리하는 경향이 잘 나타나고 있는 것으로 생각된다.

다음에서는 비대면 상황에서 이루어진 논의기반 탐구 수업의 의문 만들기 단계 논의과정에서 나타나는 증거제시 타당성의 사례를 수준에 따라 분류하여 제시하였다(사례 3).

Table 6. Level of validity of presenting evidence in no face-to-face argument-based inquiry science classes (NF-ABI)

Analysis Criteria	class Topic Classification	NF-ABI						
		Level	Early (Topic 2)		Middle (Topic 3)		Late (Topic 5)	
			Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Justification of knowledge	The validity of presenting evidence	1	30	26.6	28	24.8	25	22.1
		2	59	52.2	55	48.7	50	44.2
		3	24	21.2	30	26.5	38	33.7

〈사례 3〉 비대면 수업 주제5 증거제시 타당성

S1: 폐에는 근육이 없으므로 흉강을 둘러싸고 있는 갈비뼈와 횡격막의 움직임으로 호흡 운동이 일어난다. **(1수준)**

S2: 숨을 들이쉴 때 횡격막 역할을 하는 고무막을 당기면 폐 역할을 하는 고무풍선이 부풀고 숨을 내쉴 때는 고무막을 놓으니 고무풍선이 부풀지 않았다. **(2수준)**

S3: 고무막을 잡아당기면 페트병 속의 압력이 낮아지면서 외부의 공기가 고무풍선으로 들어와 부풀어 오르고 고무막을 잡아당기지 않으면 페트병 속의 압력이 낮아져 고무풍선에 있던 공기가 밖으로 나가면서 고무풍선이 작아지기 때문이다. 이때 고무막은 가로막(횡격막), 고무풍선은 폐, Y자 유리관은 기관지, 페트병 속의 공간은 흉강을 의미한다. **(3수준)**

〈사례 3〉을 보면, 비대면 수업 상황에서 이루어진 ‘호흡 운동의 원리’ 주제의 의문 만들기 모듈별 논의과정에서 S1은 호흡 운동에서 갈비뼈와 횡격막의 움직임으로 폐의 호흡이 일어난다는 것을 증거로 제시하고 있으나 어떤 움직임이 일어나고 있는지에 대해 전혀 언급하고 있지 않아 1수준에 해당한다. S2는 들숨과 날숨의 원리를 고무막에 비유하여 설명하고 있으나, 왜 그렇게 변화되는지에 대한 자신의 설명을 제시하고 있지 않아 2수준에 해당한다. S3는 호흡 운동이 일어나는 원리를 고무막의 움직임과 고무풍선, 페트병, 흉강 등의 개념으로 구체적으로 잘 제시하고 있으므로 3수준에 해당한다.

논의과정의 전개. 비대면 수업 상황의 논의기반 탐구 수업에서 나타나는 논의과정의 전개 수준은 초기 활동인 주제 2에서 1수준 46명(40.7%), 2수준 49명(43.4%), 3수준 18명(15.9%)으로 나타났다. 중기 활동인 주제 3은 1수준 20명(17.7%), 2수준 63명(55.8%), 3수준 30명(26.5%)이고, 후기에 해당하는 주제 5에서는 1수준 10명(8.8%), 2수준 69명(61.1%), 3수준 34명(30.1%)으로 나타났다. 비대면 상황의 논의기반 탐구 수업은 수업이 진행될수록 논의과정의 전개에 대한 1수준의 비율은 낮아지고, 2수준 및 3수준의 비율은 증가하고 있다(Table 7). 수업이 진행될수록 1수준의 비율은 낮아지고 있으며, 2수준 및 3수준의 비율은 증가하고 있다. 비대면 상황에서도 논의활동의 경험이 쌓이

면서 논의내용이 비교적 다양하기 때문인 것으로 보인다.

다음은 비대면 상황의 논의기반 탐구 수업에서 나타나는 논의과정의 전개의 3수준에 해당하는 사례이다(사례 4).

〈사례 4〉 비대면 수업 주제2 논의과정의 전개

S1: 니크롬선의 길이에 따라 전류의 세기가 달라지는 까닭은?

S2: 직렬 연결했을 때와 병렬 연결했을 때 전구의 밝기가 차이가 나는 것과 비슷하다고 생각해

S3: 그래서 나는 전압이 일정할 때 저항과 전류는 반비례하는 거 같아(의견 수용).

S2: 나도 그렇게 생각해

S1: 나도

S3: 다 같은 생각인 거 같네

S3: 전압이 일정할 때 전류와 저항의 관계는 반비례 관계, 왜냐하면 $V=IR$ 이므로 V 가 일정할 때 I 와 R 의 곱은 일정해야 하기 때문이야(근거 제시).

S1: 그러면 의견이 다 같은데 전압이 일정하면 저항과 전류는 반비례 관계이다로 하자(의견 통합).

S3: 반비례한다는 걸 풀어서 적어야 해

S3: 긴 니크롬선이 짧은 니크롬선보다 저항이 커 전류의 세기는 짧은 니크롬선이 더 크다. 이걸 반비례한다는 소리지(추론).

〈사례 4〉에서 보듯이 이 모듈은 전압이 일정할 때 저항과 전류의 관계를 논의하면서 서로의 의견을 논리적으로 제시하여 의견을 잘 통합하고 있으며, 모듈원이 근거 제시와 추론을 통해 가장 적합한 결론을 이끌어내고 논의과정을 잘 전개해 나가고 있으므로 3수준에 해당한다.

대면 상황 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 인식론적 사고 분석

다음은 대면 상황의 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 모듈별 의문 만들기 논의과정에서 나타나는 중학생의 인식론적 사고를 분석한 결과이다.

내용에 대한 이해. 내용에 대한 이해 항목을 살펴보면, 초기 활동인 주제 1에서 1수준 46명(40.7%), 2수준 51명(45.1%), 3수준 16명(14.2%)이다. 중기에 해당하는 주제 3

Table 7. Level of progress of argumentation process in no face-to-face argument-based inquiry science classes (NF-ABI)

Analysis Criteria	class Topic Classification	NF-ABI						
		Level	Early (Topic 2)		Middle (Topic 3)		Late (Topic 5)	
			Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Justification of knowledge	The progress of the argumentation process	1	46	40.7	20	17.7	10	8.8
		2	49	43.4	63	55.8	69	61.1
		3	18	15.9	30	26.5	34	30.1

Table 8. Level of understanding of contents in face-to-face argument-based inquiry science classes (F-ABI)

Analysis Criteria		class Topic Classification	F-ABI						
			Level	Early (Topic 1)		Middle (Topic 3)		Late (Topic 5)	
				Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Understanding of knowledge	Understanding of contents	1	46	40.7	30	26.5	12	10.6	
		2	51	45.1	60	53.1	65	57.5	
		3	16	14.2	23	20.4	36	31.9	

에서는 1수준 30명(26.5%), 2수준 60명(53.1%), 3수준 23명(20.4%)이고, 후기 활동에 해당하는 주제 5 활동에서는 1수준 12명(10.6%), 2수준 65명(57.5%), 3수준 36명(31.9%)으로 나타났다. 활동이 진행되면서 1수준 학생의 비율은 감소하는 경향을 보이며, 2수준과 3수준의 비율은 증가하였다 (Table 8).

다음의 사례는 대면 수업 상황의 논의기반 탐구 수업에서 나타나는 내용에 대한 이해를 수준별로 분류하여 나타낸 것이다(사례 5).

<사례 5> 대면 수업 주제3 내용에 대한 이해

S1: 식물은 뿌리에 열매가 있어 양분이 뿌리에 저장되는 거 같아. **(1수준)**

S2: 광합성을 해서 식물의 다른 부분에 양분이 저장되고 있어. **(2수준)**

S3: 식물의 광합성으로 만들어진 포도당은 녹말의 형태로 바뀌어 식물의 뿌리, 줄기, 열매 등에 저장된다고 생각해. **(3수준)**

<사례 5>를 보면, 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업 주제 3 ‘광합성 산물’ 모둠별 논의과정에서 S1은 식물이 뿌리에 양분을 저장할 수 있다는 내용을 기술하고는 있으나 식물의 광합성의 의미나 포도당이나 녹말의 형태로 변환된다는 과학적 용어에 대한 이해가 없어 1수준에 해당한다. S2는 식물이 광합성을 하여 양분이 만들어지고 있다는 것을 알고 있어 주제에 대해서는 이해를 하는 2수준에 해당한다. S3는 식물의 광합성으로 만들어진 산물을 이해하고 있으며 이들의 쓰임과 저장장소에 대해서도 언

급하고 있어 주제와 관련된 과학적 용어에 대한 이해가 충분하다고 판단되어 3수준에 해당한다고 볼 수 있다.

주장제시 타당성. 대면 수업 상황의 모둠별 의문 만들기 논의과정의 주장제시 타당성 항목 수준은 초기 활동인 주제 1에서 1수준 34명(30.1%), 2수준 60명(53.1%), 3수준 19명(16.8%)이다. 중기에 해당하는 주제 3에서는 1수준 32명(28.3%), 2수준 58명(51.3%), 3수준 23명(20.4%)이고, 후기 활동인 주제 5에서는 1수준 16명(14.2%), 2수준 47명(41.6%), 3수준 50명(44.2%)으로 나타났다. 대면 상황의 논의기반 탐구 수업에서 활동이 진행될수록 1수준 및 2수준의 비율은 감소하는 경향을 보이며, 3수준의 비율은 증가하고 있다(Table 9). 이는 직접적인 대면 상황의 논의 활동에서 각 모둠원이 주장을 잘 펼칠 수 있는 환경적 조건이 비대면 논의보다 유리하여 의사소통이 활발하게 이루어져 주장을 뚜렷하고 구체적으로 제시하는 주장제시 타당성이 발전되고 있는 것으로 보인다.

다음은 대면 수업의 의문 만들기 단계 모둠별 논의과정에서 나타나는 주장제시 타당성에 대한 수준별 사례를 제시한 것이다(사례 6).

<사례 6> 대면 수업 주제3 주장제시 타당성

S1: 이산화탄소는 광합성에 이용된다. **(1수준)**

S2: 광합성을 하면 양분이 만들어지고, 다양한 기관에 저장된다. **(2수준)**

S3: 식물의 잎인 엽록체에서 광합성으로 만들어진 포도당은 앞에서 사용되거나 일부는 녹말로 바뀌어 각 기관에 저장 된다. **(3수준)**

Table 9. Level of validity of presenting claim in face-to-face argument-based inquiry science classes (F-ABI)

Justification of knowledge		The validity of presenting claim	Level	F-ABI					
				Early(Topic 1)		Middle(Topic 3)		Late(Topic 5)	
				Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
		1	34	30.1	32	28.3	16	14.2	
		2	60	53.1	58	51.3	47	41.6	
		3	19	16.8	23	20.4	50	44.2	

<사례 6>을 보면 대면 상황의 논의기반 탐구 수업 주제 3 ‘광합성 산물의 생성, 저장, 사용과정’ 모듈별 논의과정에서 S1은 광합성에 필요한 물질이 있다는 주장은 하고 있으나 광합성의 내용이 뚜렷하지 못해 1수준에 해당한다. S2는 식물의 광합성의 내용에 대해 말하고 있으나 광합성의 내용을 구체적으로 제시하지 못하고 있어 2수준에 해당한다. S3는 광합성의 내용을 말하면서 이와 관련된 내용에 대해 구체적으로 잘 제시하고 있으므로 3수준에 해당한다.

증거제시 타당성. 증거제시 타당성 수준은 초기 활동인 주제 1에서는 1수준 48명(42.5%), 2수준 46명(40.7%), 3수준 19명(16.8%)으로 나타났다. 중기 활동인 주제 3에서는 1수준 31명(27.4%), 2수준 51명(45.2%), 3수준 31명(27.4%), 후기에 해당하는 주제 5에서는 1수준 16명(14.1%), 2수준 61명(54.0%), 3수준 36명(31.9%)이다. 대면 상황 수업이 진행될수록 1수준 학생의 비율은 감소하는 경향을 보이고, 2수준 학생의 비율은 증가하는 경향이 나타났다. 3수준의 비율도 증가하는 경향을 보이고 있다(Table 10).

다음에서는 대면 상황에서 이루어진 논의기반 탐구 수업의 의문 만들기 단계 논의과정에서 나타나는 증거제시 타당성의 사례를 수준에 따라 제시하였다(사례 7).

<사례 7> 대면 수업 주제5 증거제시 타당성

S1: 크거나 질량이 아닌 개념이 물체가 뜨거나 가라앉는 데 영향을 준다. (1수준)

S2: 크기와 질량이 비슷할 때 물체는 밀도 때문에 물에 뜨거나 가라앉게 만든다. (2수준)

S3: 물질의 밀도가 달라 물질의 부피나 질량이 상관없이 물에 뜨는 것이 있고 가라앉는 것이 있다. 왜냐하면 물질의

밀도에 차이가 날수록 낮은 것은 물에 뜨고 높은 것은 가라앉기 때문이다. (3수준)

<사례 7>에서 보는 바와 같이, 대면 상황의 논의기반 탐구 수업 주제 5 ‘밀도’의 모듈별 논의과정에서 S1은 크거나 질량이 아닌 개념이 있다고는 하고 있으나 밀도의 개념이나 이에 관련된 내용을 제시하고 있지 못해 1수준에 해당한다. S2는 밀도의 개념에 대해 말하고 있으나 밀도의 특성을 구체적으로 제시하지 못하고 있어 2수준에 해당하고, S3는 밀도의 내용을 말하면서 밀도의 개념을 통해 물질의 특성을 잘 해석하고 있으므로 3수준에 해당한다.

논의과정의 전개. 대면 수업 상황의 논의기반 탐구 기반 수업에서 보이는 논의과정의 전개 수준은 초기 활동인 주제 1에서 1수준 33명(29.2%), 2수준 54명(47.8%), 3수준 26명(23.0%)으로 나타나고 있다. 중기에 해당하는 주제 3에서는 1수준 24명(21.2%), 2수준 56명(49.6%), 3수준 33명(29.2%)이고, 후기 활동에 해당하는 주제 5에서는 1수준 18명(15.9%), 2수준 60명(53.1%), 3수준 35명(31.0%)으로 나타났다. 논의과정의 전개에서 대면 상황의 논의기반 탐구 수업이 진행될수록 1수준의 비율은 낮아지고 있으며, 2수준 및 3수준의 비율은 증가하고 있다(Table 11).

다음은 대면 상황의 논의기반 탐구 수업에서 나타나는 논의과정의 전개의 3수준에 해당하는 사례이다(사례 8).

<사례 8> 대면 수업 주제2 논의과정의 전개

S1: 내가 결정한 의문은 식물이 호흡할 때랑 광합성을 할 때와 어떤 차이가 있을까?

S2: 아~ 어.. 내가 결정한 의문은 ‘식물이 어둡거나 밀봉이 된 곳에서도 호흡을 할 수 있을까?’ 야. 그 다음에 또 자

Table 10. Level of validity of presenting evidence in face-to-face argument-based inquiry science classes (F-ABI)

Analysis Criteria	class Topic Classification	F-ABI						
		Level	Early(Topic 1)		Middle(Topic 3)		Late(Topic 5)	
			Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Justification of knowledge	The validity of presenting evidence	1	48	42.5	31	27.4	16	14.1
		2	46	40.7	51	45.2	61	54.0
		3	19	16.8	31	27.4	36	31.9

Table 11. Level of progress of argumentation process in face-to-face argument-based inquiry science classes (F-ABI)

Analysis Criteria	class Topic Classification	F-ABI						
		Level	Early(Topic 1)		Middle(Topic 3)		Late(Topic 5)	
			Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)	Frequency (times)	Percentage (%)
Justification of knowledge	The progress of the argumentation process	1	33	29.2	24	21.2	18	15.9
		2	54	47.8	56	49.6	60	53.1
		3	26	23.0	33	29.2	35	31.0

기 의문 발표할 사람 있어?

S3: 식물에 물을 주지 않고 어떻게 산소를 공급할까? 라는 문제를 생각해 봤어.

S4: 식물은 어떻게 물도 없이 햇빛만 받고 40년 동안 죽지 않고 살 수 있었을까?

S5: 식물이 광합성을 할 수 있어서가 아닐까.....(추론)

S2: 아 알겠어.

S4: 근데 이건 햇빛을 받은 거야 안 받은 거야?

S2: 이건 햇빛을 안 받은 거야.

S1: 여기 밀봉만 되어 있다고 했잖아.. 받은 거 아냐?(반박)

S2: 우리 이제 의견을 다 낸 거 같은데 혹시 의견이 가장 적합하다고 생각되는 거 있어?

S2: 나도 광합성과 호흡을 비교를 할 수 있는 게 좋은 거 같아(근거 제시). 너희는?

S3: 어... 의견을 다시 한번 들어봐도 될까?

S1: 호흡을 할 때와 광합성을 할 때 어떤 차이가 있을까?

S3: 나도 그거 광합성을 할 때랑 호흡을 할 때를 알 수 있어서 좋은 거 같아(의견 수용).

S2: 그럼 다 동의하는 거지? 그러면 식물이 호흡할 때랑 광합성을 할 때와 어떤 차이가 있을까?를 모둠 의문으로 결정할까(의견 통합).

<사례 8>을 보면 이 모둠의 논의과정은 과학적 사실에 부합되고 논리적으로 전개되어 자기주장에 대한 근거, 잘못된 의견에 대한 반박, 사실에 대한 추론 등이 모두 제시되고 있으며, 각 모둠원들의 의견을 통합하여 모둠의 의문을 결정해 나가고 있으므로 논의과정 전개 3수준에 해당한다.

비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구(ABI) 과학 수업 인식론적 사고 비교 분석. 비대면 및 대면 상황에서 진행된 논의기반 탐구 수업의 의문 만들기 단계에서 수행한 모둠별 논의과정에서 나타나는 학생들의 인식론적 사고를 종합적으로 비교 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 내용에 대한 이해 항목에서는 활동이 진행되면서 1수준 학생의 비율은 두 상황에서 모두 감소하는 경향을 보이고, 2수준의 비율은 비대면 상황에서는 감소하고, 대면 상황에서는 증가하는 경향을 보인다. 3수준은 비대면과 대면 상황 모두 증가하는데 비대면 수업 상황에서 더 높게 나타났다(Fig. 1). 이는 비대면 수업 환경에서는 모둠원들과의 직접적인 의사소통으로 인한 논의보다 온라인상의 글을 통한 논의에 집중하여야 하므로 주어진 문장의 이해나 주제 파악에 더 관심을 기울인 것으로 보인다. 비대면 수업 환경은 학생들이 지식의 공유와 다양한 학습 경험을 공유하여 문제를 분석하고 자신의 아이디어를 탐색하고 개념을 개발할 수 있는 기회를 줄 수 있다.³¹ 따라서 내용에 대한 이해 수준이 대면보다 비대면에서 높은 수준으로 나타나고 있는 것으로 생각된다.

둘째, 주장제시 타당성 항목에서는 수업이 진행될수록 1수준의 비율은 비대면 상황에서 약간 증가하고 대면 상황에서 감소하는 경향을 보인다. 2수준의 비율은 두 상황 모두 감소하고, 3수준의 증가 폭에서는 차이가 나타났는데, 비대면 상황에서보다 대면 상황에서 더 크게 증가하고 있다(Fig. 2). 이는 직접적인 대면 상황의 논의 활동에서 각 모둠원이 주장을 잘 펼칠 수 있는 환경적 조건이 비대면 논의보다 유리하여 활발한 의사소통으로 주장을 뚜렷하고 구체적으로 제시하는 주장제시 타당성이 더욱 발전되고 있는 것으로 보인다. 학생들은 모둠에서 다른 학생과 협력하는 사회적 상호작용 과정을 통해 서로의 주장을 전개하고 평가하는 과정을 통해 스스로 수준 높은 주장을 제시하게 된다.^{13,32}

셋째, 증거제시 타당성 항목에서는 두 상황 모두 수업이 진행될수록 1수준 학생의 비율은 감소하는 경향을 보인다. 2수준 학생의 비율은 비대면 상황에서 감소하나, 대면 상황에서는 증가하는 경향을 보인다. 3수준의 비율은 차이가 있었는데, 대면 상황에서보다 비대면 상황에서 약간 더 높은 비율을 보이고 있었다(Fig. 3). 이는 비대면 수

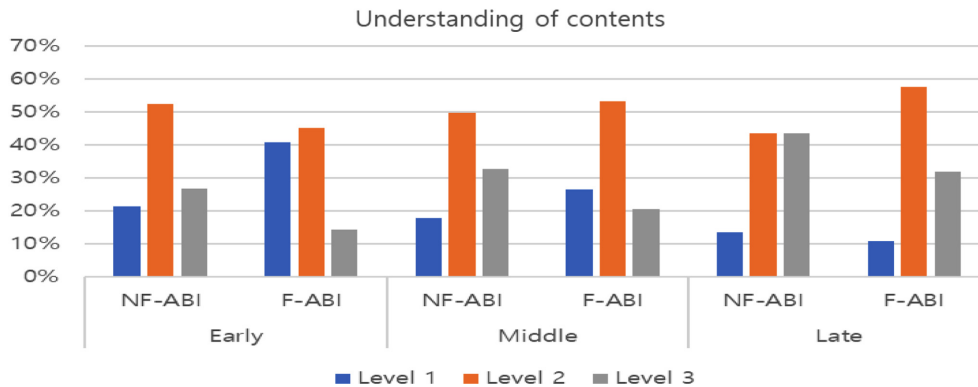


Figure 1. Level of understanding of contents in no face-to-face and face-to-face argument-based inquiry science classes.

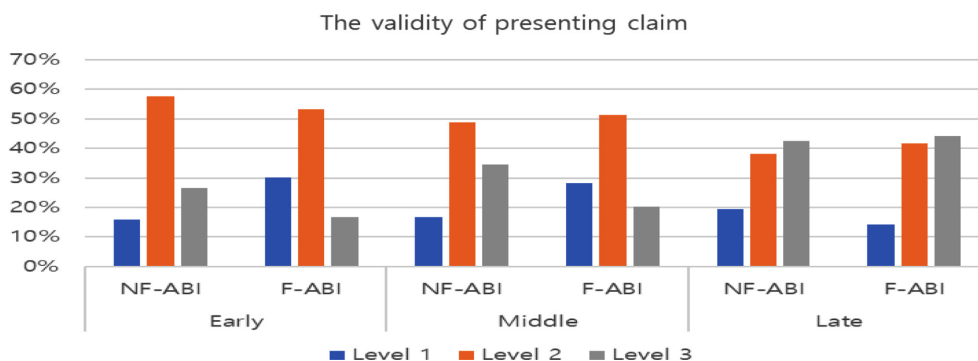


Figure 2. Level of validity of presenting claim in no face-to-face and face-to-face argument-based inquiry science classes.

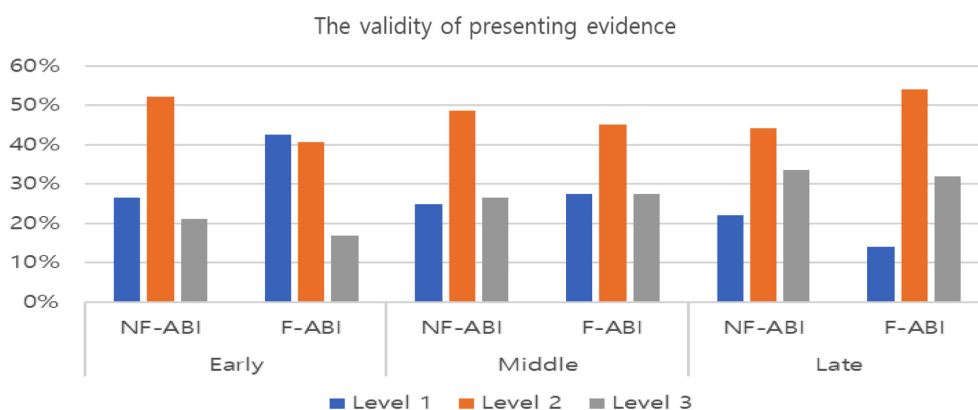


Figure 3. Level of validity of presenting evidence in no face-to-face and face-to-face argument-based inquiry science classes.

업에서는 대면 수업에서 이루어지는 직접적인 의사소통보다 글을 통한 논의가 진행되므로 글로 표현된 내용을 이해하고 주장에 대한 근거를 스스로 찾아보는 것이 용이했기 때문으로 보인다. 비대면 수업 환경은 학생들에게 자신의 주장에 대한 증거로 제시하는 글과 시각화를 통해 증거의 필요성을 명확하게 인식시킨다.³³⁻³⁴ 따라서 주장과 관련하여 많은 자료를 증거로 제시하여 정리하는 경향이 대면 수업보다 더 잘 나타나고 있는 것으로 보인다.

넷째, 논의과정의 전개 항목에서는 두 상황 모두 수업

이 진행될수록 1수준의 비율은 낮아지고 있으며, 2수준 및 3수준의 비율은 모두 증가하고 있다. 3수준의 비율은 대면 상황에서의 비율이 비대면에서의 비율보다 높은 경향을 보인다(Fig. 4). 이는 직접적인 의사소통을 기반으로 한 대면 논의과정에서 활발한 논의 활동이 글을 기반으로 한 비대면 논의 활동보다 논의내용이 더 다양하기 때문이라고 생각된다.

이상과 같은 결과를 종합하면, 3수준의 비율 측면에서 볼 때 대면 상황에서의 수업보다 비대면 상황의 수업에서

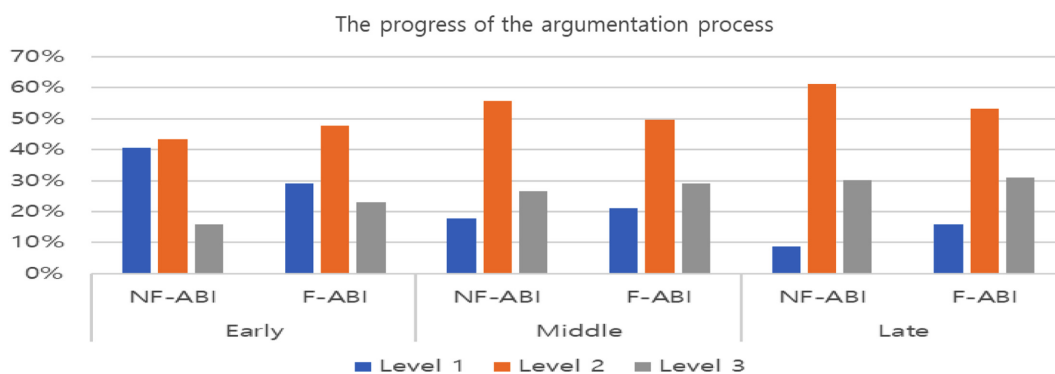


Figure 4. Level of progress of the argumentation process in no face-to-face and face-to-face argument-based inquiry science classes.

더 높은 항목은 내용에 대한 이해와 증거제시 타당성 항목이었다. 내용에 대한 이해 항목의 경우, 비대면 수업 환경에서 학생들은 모둠원들과의 직접적인 의사소통으로 인한 논의보다 온라인상의 글을 통한 논의에 집중하여야 하므로 주어진 문장의 이해나 주제 파악에 더 관심을 기울였음을 의미한다. 증거제시 타당성 항목의 경우, 비대면 수업은 대면 수업에서 이루어지는 직접적인 의사소통보다 글을 통한 논의가 진행되므로 글로 표현된 내용을 보고 주장에 대한 근거를 조금 더 쉽게 정리할 수 있는 이유인 것으로 보인다. 따라서 주장과 관련하여 많은 자료를 증거로 제시하여 정리하는 경향이 대면 수업보다 더 잘 나타나고 있다고 볼 수 있다. 또한 3수준의 비율에서 대면 상황의 수업이 비대면 상황의 수업보다 더 높은 항목은 주장제시 타당성과 논의과정의 전개 항목이었다. 주장제시 타당성의 항목은 대면 논의에서 각 모둠원이 주장을 잘 펼칠 수 있는 환경적 조건이 비대면 논의보다 유리하여 직접적인 대면 논의 활동에서 활발한 의사소통으로 주장을 뚜렷하고 구체적으로 제시하는 것으로 보인다. 논의과정의 전개 항목은 직접적인 의사소통을 기반으로 한 대면 논의환경에서 활발한 논의 활동으로 인한 논의과정이 글을 기반으로 한 비대면 논의 활동보다 더 다양하기 때문으로 판단된다.

결론 및 제언

이 연구는 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 중학생들의 인식론적 사고의 특징 및 변화를 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이 연구는 과학 교육에서 중요한 교수학습의 방법으로 인식되고 있는 논의기반 탐구 활동이 다양한 학습 환경에서 적용되어 학생들의 인식론적 사고의 발달을 도모할 수 있고, 이를 학교 과학수업에 적용할 수 있도록 하는 데 의의가 있다.

연구의 결과로부터 논의기반 탐구 활동이 이루어지는 상황에 따라 중학생의 논의과정에서 나타나는 인식론적 사고에 차이가 있음을 알 수 있었다. 비대면 상황 및 대면 상황의 논의기반 탐구 활동을 비교할 때, 비대면 수업에서 높은 수준의 사고를 보인 것은 내용에 대한 이해 및 증거제시의 타당성이었다. 비대면 수업에서 학생들의 지식에 대한 이해가 높은 것은 학생들이 논의내용에 집중된 논의과정을 통해 내용을 잘 이해할 수 있게 되었고, 이를 통해 주로 지식에 대한 이해와 관련한 사고의 변화가 나타났다고 볼 수 있다. 또한, 논의과정의 인식론적 사고 분석에서 증거제시 타당성의 항목의 수준도 비대면 수업이 대면 수업보다 더 높게 나타났다. 비대면 상황에서는 대면 상황이 아니므로 직접적인 의사소통을 하지 않고 온라

인상에서 글을 통해 의견을 교환하는 과정을 거치면서 주장에 대한 명확한 근거를 제시하거나 그림이나 사진을 이용한 설명으로 뒷받침하게 된다. 이렇듯 비대면 상황에서 학생들은 자신의 주장을 모둠원에게 정당화하기 위하여 이에 대한 해석을 잘 제시하는 과정에서 자신이 가지고 있는 생각을 정리하여 제시하는 개인적 사고가 활발히 이루어지는 것과 연관성을 가지고 있다고 본다. Natale 등은 비대면 상황에서 탐구 기반 학습 활동이 학생들에게 과학적 소양 개발에 중요한 인식론적 실천(epistemic practice)을 수행할 수 있는 기회를 제공하며, 이러한 인식론적 실천에 참여는 주장을 뒷받침하기 위해 증거를 사용하는 것을 의미한다고 강조하였다³⁵. 이렇듯 학생들이 주장을 정당화하기 위한 증거를 제시하는 능력이 향상될 수 있는 논의기반 탐구 과학 수업은 학생들의 인식론적 실천에 대한 수행의 장이 될 수 있으며 정보기술의 발달로 인한 비대면 상황에서도 충분히 활용될 수 있을 것이다.

대면 상황의 논의기반 탐구 수업의 논의과정에서 나타나는 인식론적 사고 분석에서는 지식의 정당화 중 주장제시 타당성이 비대면 상황보다 높게 나타났는데, 대면 상황에서 학생들은 모둠원과 직접적인 의사소통으로 즉각적인 논의활동에서 자신의 주장을 뚜렷하고 구체적으로 제시하였기 때문으로 보인다. 대면 수업에서 학생들은 논의과정의 전개 항목이 비대면 상황과 비교하여 더 높은 수준을 보였다. 이는 학생들이 직접적인 대면 환경에서 대인 관계를 바탕으로 하는 논의가 주를 이루다 보니 다른 모둠원들의 영향을 많이 받는 논의가 전개되는 것을 의미한다. 논의는 다른 사람들과 사회적 상호작용 과정으로서 지식을 구성하고 전달하는 것이기¹³ 때문에 대면 상황에서 다른 학생들과의 사회적이고 역동적인 상호작용 과정이 도움이 된다는 것을 의미한다. 또한 과학 교육에서 대면으로 진행되는 모둠별 논의는 학생들에게 사회적 및 사회정서적 상호작용을 배울 수 있는 기회를 제공한다.³⁶

이 연구에서 적용한 논의기반 탐구 과학 수업은 학생들이 논의를 바탕으로 모둠에서 서로의 의견을 공유하는 교수전략에 바탕을 둔다. 논의의 인지적 관점에 대해 Kuhn은 논의가 사고 발달에 효과적이고 사고 과정의 핵심이라고 하였다²⁶. 학생들은 비대면 및 대면 상황에서 논의기반 탐구 과학 수업을 하는 동안 협상을 통해 끊임없이 생각하고, 주장을 정당화하는 인식론적 활동을 한다. 학생들은 모둠원과의 의문 만들기 단계에서 이루어지는 논의과정을 통해 자신의 생각을 더 보충하거나 변화시키는 등의 지식을 정당화하는 과정에서 인식론적 사고의 변화가 일어난다.

과학 교육의 목표와 인식론적 측면에 대해 제시한 Hodson에 따르면 과학 학습의 목표는 과학적 논리 내에서 지식이 구성되고 정당화되는 방법에 대한 정보의 동화이

다.³⁷ 이를 실천할 수 있는 전략이 논의기반 탐구 과학 수업이며 이 연구에서는 이 수업 전략을 비대면과 대면 상황에서 적용하였다. 비대면 수업은 인터넷 등의 정보기술 발달로 인해 학습자가 낮은 비용으로 언제 어디서나 교육을 받을 수 있는 높은 접근성을 갖추고 있으며, 코로나19라는 팬데믹 상황의 발생으로 인해 전국적으로 시행되었다. 또한 비대면 수업은 4차 산업혁명으로 다변화되는 사회에서 개인의 여러 요구를 충족시키기 위해 필요한 다양한 학습환경을 제공하는데 있어 적합한 수업 형태라 볼 수 있으며 앞으로 그 요구가 점차 커질 것이라고 기대된다.

따라서 교사는 논의기반 탐구 과학 수업을 적용하는데 있어 다양한 수업환경을 고려해야 하며, 이를 비대면과 대면 상황에 적용할 때 무엇보다도 학생들의 인식론적 사고의 특성을 고려하여 과학 수업을 계획하고 진행하는 것이 바람직하다. 더 나아가 비대면 및 대면 상황의 논의기반 탐구 과학 수업에서 나타나는 학생들의 인식론적 사고의 부족한 점을 보완하는 방안에 대한 연구를 통해 인식론적 사고의 발달을 가져올 수 있을 것이다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

REFERENCES

- Kim, J. *Keywords for Future Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution*. <https://www.smlounge.co.kr/best/article/34521>, 2017.
- Fadel, C.; Bialik, M.; Bogan, M.; Horvathova, M. *Character Education for the 21st Century: What Should Students Learn*; Center for Curriculum Redesign: Boston, MA, 2015.
- Ministry of Education. *Preparation of Operating Standards for Systematic Distance Education*. <https://www.moe.go.kr>, 2015.
- Kulatunga, U.; Moog, R. S.; Lewis, J. E. *Journal of Research in Science Teaching* **2013**, *50*, 1207.
- Zohar, A.; Nemet, F. *Journal of Research in Science: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 35.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-based Research*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2008.
- Sandoval, W. A.; Millwood, K. A. *Cognition and Instruction* **2005**, *23*, 23.
- Hmelo, C. E.; Guzdial, M.; Turns, J. *Journal of Interactive Learning Research* **1998**, *9*, 107.
- Berland, L. K.; Lee, V. R. *International Journal of Science Education* **2012**, *34*, 1857.
- Chinn, C. A.; Clark, D. B. In *The International Handbook of Collaborative Learning*; Routledge: New York, 2013.
- Elby, A.; Hammer, D. *Science Education* **2001**, *85*, 554.
- Kuhn, D. *Science Education* **1993**, *77*, 319.
- Duschl, R. *Review of Research in Education* **2008**, *32*, 268.
- National Research Council (NRC). *Metropolitan travel forecasting: Current practice and future direction-special report 288(No. 288)*; Transportation Research Board: Washington, DC, 2007.
- Nussbaum, E. M.; Sinatra, G. M.; Poliquin, A. *International Journal of Science Education* **2008**, *30*, 1977.
- Bendixen, L. D.; Schraw, G. Why do epistemological beliefs affect ill-defined problem solving. *American Educational Research Association*: Washington, DC, 2001.
- Qian, G.; Alvermann, D. E. *Reading & Writing Quarterly* **2000**, *16*, 59.
- Hofer, B. K. Epistemic Cognition as a Psychological Construct: Advancements and Challenges. In *Handbook of Epistemic Cognition*; Greene, J. A., Sandoval, W. A., Bråten, I., Eds.; Routledge: New York, 2016.
- Harasim, L. M. *Online education: Perspectives on a New Environment*; Green wood Press: New York, 1990.
- Keys, C. W.; Hand, B.; Prain, V.; Collins, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, *36*, 1065.
- Nam, J.; Kwack, K.; Jang, K.; Hand, B. *Journal of The Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 922.
- Lee, S. *Impact of Students' Assessment Activities on Argumentation Ability and Reflective Thinking in High School Argument-Based Inquiry*. Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, 2016.
- Elstgeest, J. *The Right Question at the Right Time*, Heinemann Educational: Oxford, England, 1985.
- Dillon, J. T. *Journal of Educational Psychology* **1982**, *74*, 147.
- Dillon, J. T. *Educational Theory* **1986**, *36*, 333.
- Kuhn, D. *Harvard Educational Review* **1992**, *62*, 155.
- Naylor, S.; Keogh, B.; Downing, B. *Research in Science Education* **2007**, *37*, 17.
- Marttunen, M. *Learning and Instruction* **1994**, *4*, 175.
- Yang, I.; Lee, H.; Lee, H.; Cho, H. *Journal of The Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 203.
- Park, J. *Analysis of Epistemic Thinking in Middle School Students in an Argument-Based Inquiry (ABI) Science Class*. Master Thesis, Pusan National University of Education, Busan, Korea, 2018.
- Lu'Luilmaknun, U.; Wutsqa, D. U. *Journal of Physics: Conference Series* **2019**, *1320*, 12087.
- Christodoulou, A.; Osborne, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2014**, *51*, 1275.
- Dineva, S. *The 14 International Conference on Virtual Learning* 2019.
- Gutierrez K. <https://www.shiftelearning.com/blog/bid/350326/studies-confirm-the-power-of-visuals-in-elearning>. 08. July 2014.
- Natale, C. C.; Mello, P. S.; Trivelato, S. L. F.; Marzin-Janvier, P. *Higher Learning Research Communications* **2021**, *11*, 33.
- Lobczowski, N. G.; Allen, E. M.; Firetto, C. M.; Greene, J. A.; Murphy, P. K. *Contemporary Educational Psychology* **2020**, *63*, 101925.
- Hodson, D. *International Journal of Science Education* **2014**, *36*, 2534.