

초등학교 과학수업에서 논의기반 탐구수업이 초등학생의 비판적 사고에 미치는 영향

박지앵 · 남정희*

부산대학교 화학교육과

(접수 2024. 4. 27; 게재확정 2024. 7. 31)

The Impact of Argument-Based Inquiry Approach on Elementary School Students' Critical Thinking in Elementary School Science Class

Jiaeng Park and Jeonghee Nam*

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

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

(Received April 27, 2024; Accepted July 31, 2024)

요 약. 이 연구는 초등학교 과학수업에서 논의기반 탐구수업이 초등학생의 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보는 것을 목적으로 하였다. 이를 위하여 광역시의 초등학교 5학년 2개 학급 학생 23명을 대상으로 하였고, 이 중 1개 학급(11명)을 실험집단으로 하여 10개 주제의 논의기반 탐구수업을 적용하였다. 논의기반 탐구수업이 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위해 수업 전과 후에 비판적 사고 검사 결과와 실험집단 학생들의 논의과정 녹음자료를 분석하였다. 비판적 사고 분석 결과, 연역 항목에서 실험집단의 평균 점수가 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 더 높았으며, 논의과정 녹음자료 분석 결과, 학생들은 연역 추론을 귀납 추론보다 자주 사용하였고 주장·증거 단계에서 그 빈도가 크게 증가하였다.

주제어: 초등학교 과학수업, 논의기반 탐구수업, 비판적 사고

ABSTRACT. The purpose of this study was to examine the impact of Argument-based Inquiry approach on elementary school students' critical thinking in elementary school science class. For this purpose, 23 students from two 5th grade elementary school classes in a metropolitan city were selected. One class (11 students) was assigned as the experimental group which Argument-based inquiry approach on 10 topics were applied. To determine the impact of Argument-based Inquiry approach on critical thinking, we analyzed the results of critical thinking tests before and after class and recordings of the discussion process of students in the experimental group. As a result of the critical thinking analysis, the average score of the experimental group in the deduction section was statistically and significantly higher than that of the comparative group. And as a result of analysis of recordings of the discussion process, students used deductive reasoning more often than inductive reasoning, and their use of this reasoning increased significantly at the claim-evidence stage.

Key words: Elementary school science class, Argument-based inquiry, Critical thinking

서 론

비판적 사고는 다양한 사실, 견해, 이론이 경쟁하는 디지털 시대에 필수적인 사고방식이다. 이를 바탕으로 사람들은 독립적이고 근거 있는 의견을 주장하며 미디어에 제시된 다양한 의견들의 질을 평가할 수 있다.^{1,2} 이러한 사고는 수많은 정보 중 올바른 정보를 찾아내고, 탐색한 정보를 바탕으로 문제를 해결하며 합리적인 의사결정을 가능하게 하므로 민주 시민이 갖추어야 할 필수적인 고등 사고 능력으로 간주된다.

최근 개정된 2022 교육과정은 학습자 주도성(student agency)

및 미래 핵심 역량, 특히 비판적 사고를 강조하면서 탐구 중심의 교수·학습 방법을 적용하였다.³ 비판적 사고는 교육과정의 변화에도 불구하고 교육의 중요한 목표로 지속적으로 강조되어왔으며,³⁻⁵ 특히 빠르게 변화하는 정보화 사회에서 그 필요성이 더욱 부각되고 있다.⁶ 이는 학생들에게 필요한 핵심 역량 중 하나로서 다양한 정보의 분석 및 문제 상황 대처 능력의 향상을 도모하며 학습에 적극적으로 참여하도록 동기를 부여하는 역할을 한다.⁷

이와 함께 2022 개정 과학과 교육과정에서도 비판적 사고의 중요성은 더욱 두드러지게 나타난다.⁸ 과학 교과에서 학생들은 직접 실험을 설계하고 수행하며 결과를 분석

하는 과정을 증시한다. 이러한 활동은 학생들이 과학적 방법론을 바탕으로 문제를 해결하고, 실험 결과를 비판적으로 평가하는 능력을 기를 수 있도록 돕는다. 비판적 사고는 과학의 본질을 이해하는 데 필수적인 사고방식으로 간주되고 있으며, 과학자들이 일상적으로 연구를 수행하는데 핵심적인 인지과정으로 작용한다. 이는 학생들이 타인의 주장과 증거를 평가하고, 논리적으로 사고하여 합리적인 결론을 도출하는 과정을 바탕으로 과학의 본성(Nature of Science)을 경험하도록 하는 데 중요한 역할을 한다.^{9,10} 또한 과학 지식은 절대적이지 않으며 변화하고 발전하는 특성이 있는데, 비판적 사고를 활용하는 경험을 한 학생들은 이러한 과학 지식의 진화 과정을 더욱 쉽게 이해할 수 있으며 이를 바탕으로 과학적 사고방식을 강화할 수 있다.¹¹

Barak 등(2007)은 학생들이 과학교육에서 비판적 사고 능력을 키우는 것은 과학적 지식의 깊은 이해를 도모하고 현실 문제에 효과적인 해결책을 제시하는 데 중요하다고 강조하였다. 즉, 비판적 사고는 과학지식을 실질적으로 활용하는 데 핵심적인 역할을 하므로 이러한 관점에서 과학교육의 목표는 단순한 지식 습득을 넘어서 비판적 사고의 향상에 더 큰 중점을 두어야 함을 의미한다.¹²

비판적 사고는 다양한 요소로 구성되며 그 중 추론은 정보를 분석하고 종합하여 논리적 결론을 도출하는 과정으로, 주어진 정보의 신뢰성, 증거의 타당성, 주장의 일관성을 평가하는 데 중점을 둔다. 이러한 평가 과정을 통해 비판적 사고는 단순한 논리적 사고를 넘어 다양한 관점과 맥락을 고려한 종합적 판단을 가능하게 한다. 추론은 비판적 사고의 필수적인 과정 중 하나로서, 학습 과정에서 가설 설정, 증거 검토, 합리적 결론 도출 등에 중요한 역할을 하며, 비판적 사고의 목표인 명료하고 타당한 판단을 내리는 데 기여한다. 추론은 이러한 비판적 사고의 핵심적인 과정으로^{7,13} 주어진 정보를 바탕으로 새로운 판단이나 결론을 도출하는 논리적인 사고과정이며, 다양한 분야에서 의사결정과 문제해결에 필수적으로 사용된다.^{14,15} 여기에서 논리적 사고란 명확하고 일관된 결론을 도출하기 위해 명제들 간의 관계를 파악하고 타당한 추론을 만드는 과정에 중점을 두는 것을 뜻한다. 그러나 비판적 사고는 논리적 사고뿐만 아니라 정보의 출처, 증거의 질, 주장의 전반적인 일관성 등을 포함하는 더욱 포괄적인 개념으로, 이러한 복합적인 관점과 문맥 그리고 인지과정을 포함하는 사고¹⁶라 할 수 있다. 따라서 학습 과정에서는 추론을 바탕으로 가설을 세우고, 증거를 검토하며, 합리적인 결론을 도출할 수 있으므로 추론은 비판적 사고의 목표인 명료하고 타당한 판단을 내리는 데 중요한 역할을 한다.

과학 활동에서 비판적 사고를 활성화시키고 문제에 대한 적절한 해결책을 찾는 과정에서 논의는 중요한 방법 중

하나이다.^{9,10,18,19} 논의기반의 탐구는 학생들의 과학개념 이해를 강화하고,²⁰ 과학적 사고력을 향상시킨다.²¹ 이는 비판적 사고를 바탕으로 질문을 제기하고 그에 대한 답을 찾아내는 논의과정이 과학의 본질과 밀접한 관련이 있기 때문이다.^{9,10,19} 이에 따라, 과학교육의 방향은 과학자처럼 논의를 바탕으로 실질적으로 탐구하도록 변화했으며, 그로 인해 논의기반 탐구의 중요성이 강조되었다.²² 학생들은 논의를 통해 다른 사람의 생각을 이해하고 자신의 주장을 조정하며 비판적인 사고를 경험하게 된다.²³ 이러한 과정은 학습자가 능동적으로 학습에 참여할 수 있는 환경을 제공하며 언어적 활동을 바탕으로 과학적 문제해결 능력과 추론 능력을 기르도록 돕는다.²⁴

과학 수업에서 학생들이 논의를 바탕으로 탐구를 수행하는 학습자 중심의 학습 전략으로 논의기반 탐구수업(Argument-Based Inquiry, ABI)이 활용되고 있다.²⁵⁻²⁷ 논의기반 탐구수업은 탐구의 전 과정에서 학생들이 논의와 글쓰기를 바탕으로 새로운 이론을 평가하고 결론에 대한 검증 가능성을 평가하거나 증거를 따져보는 것과 같은 활동을 통해 과학자가 지식을 구성하는 실제 상황을 경험할 수 있는 교수 모델이다.²⁸⁻³⁰ 학생들은 과학의 언어를 활용하여 탐구하고, 과학을 읽고, 타인과 의사소통하며 비판적으로 자신의 생각을 타인과 비교하면서 수정한다.^{31,32} 따라서 논의기반 탐구수업은 현재의 학문적 지식이 학생들에게 정확하게 전달되도록 하는데 중점을 둔 전통적인 과학 수업방법이 아닌 학생들이 과학을 실천하는 방법을 이해하고³³ 비판적 사고 기술을 개발하는데 중점을 둔 수업방법이다.¹¹

과학교육의 패러다임이 논의와 탐구를 중심으로 변화함에 따라 논의기반 탐구수업의 인지적 및 정의적 측면에서의 효과를 살펴본 연구들이 다수 발표되었다. 그러나 대부분의 연구들은 과학학습의 교수-학습 전략으로써 논의의 일반적인 중요성을 바탕으로 그 결과를 해석하고 있으며, 실제 과학학습 맥락에서 논의의 특성이 어떻게 나타나는지에 대한 분석은 미흡하다.³⁴ 게다가, 과학 학습상황에서 이루어지는 논의과정에서 비판적 사고를 구체적으로 살펴본 연구가 부족하여 적절한 교육 개입을 위한 방법이나 교육 방법을 개선하기 위한 지침을 마련하는 데 한계가 있다.

따라서 이 연구에서는 초등학교 과학수업에 논의기반 탐구수업을 적용하여 초등학생의 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 이를 위해 논의기반 탐구수업을 적용하기 전·후에 비판적 사고 검사를 실시하여 학생들의 비판적 사고 변화를 살펴보았다. 또한 논의기반 탐구수업에서 나타나는 초등학생의 비판적 사고의 특징을 알아보기 위해 학생들의 논의과정에서 나타나는 추론유형 및 이에 따른 논의유형을 분석하였다.

연구 방법

연구 대상

이 연구는 광역시에 위치한 A 초등학교 5학년 1개 학급 11명과 B 초등학교 5학년 1개 학급 12명, 총 23명을 대상으로 실시하였다. 연구에 참여한 A 초등학교 1개 학급을 실험집단, B 초등학교 1개 학급을 비교집단으로 선정하였다. 해당 학교들은 주변 지역 학교와 비교하여 성취도 면에서 하위권이며, 교육 취약계층 학생들이 많은 학교이다. 논의기반 탐구수업을 실시하기 전 실험집단과 비교집단의 동질성을 비교하기 위해 실시한 비판적 사고 하위요소를 독립표본 t-검정 및 Mann-Whitney의 U 검정을 통해 분석한 결과, 두 집단 간에 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 두 집단은 논의기반 탐구수업 사전 동질집단으로 간주할 수 있다(Table 1).

논의기반 탐구수업 초등 프로그램 개발

논의기반 탐구수업(ABI)은 Keys 등(1999)이 개발한 수업전략인 탐구적 과학 글쓰기(SWH) 활동을 우리나라 중·고등학교 교육 실정에 맞게 재구성한 프로그램이다.³⁵ 논의기반 탐구수업은 학생들의 과학적 탐구 능력과 과학개념에 대한 이해를 향상시키고, 메타인지를 촉진하기 위해 탐구 과정에 논의와 글쓰기를 적용한 학습 전략으로써 의문 만들기, 실험설계 및 수행, 관찰, 주장·증거, 읽기, 반성의 6단계로 구성된다.^{28,35}

논의기반 탐구수업에서 학생들은 개인, 모둠별 그리고 전체 학급 단위의 다양한 형태로 학습을 경험한다. 이 과정에서 학생들은 스스로 비판적인 질문을 생성하고 이를 바탕으로 각 단계에서 요구되는 문제를 해결하며 모둠원과의 상호작용과 교사의 비판적 사고를 촉진하는 발문을 통해 더 깊이 있는 이해를 추구한다. 이때 논의는 단순히 구두 토론을 의미하는 것이 아닌 개인적인 사고와 글쓰기를 포함하는 광범위한 활동³⁶으로, 논의기반 탐구수업의 전 과정에서 학생들은 자신의 주장과 증거를 바탕으로 과학 탐구에 능동적으로 참여하게 된다.²¹ 특히 과학탐구 과정

에서 주장과 증거를 중심으로 사고하고 논의가 활발하게 이루어지는 ‘주장·증거’ 단계가 중요한 역할을 한다. 즉, 논의기반 과학 탐구수업은 학습의 각 단계에서 탐구의 과정과 결과에 대한 지속적인 논의를 바탕으로 학생들은 과학적 주장의 타당성을 비판적으로 평가하고 그 과정에서 개념의 이해를 심화시키도록 의도적으로 설계된 수업전략이라고 할 수 있다.³⁷

이를 초등 과학 교과에 논의기반 탐구수업을 적용하기 위해 각 단계의 명칭을 초등학생의 흥미와 발달 수준을 고려하여 수정하였다.³⁸ 논의기반 탐구수업 초등 프로그램은 총 6단계로, ‘알고 싶은 것 생각하기’, ‘로딩 중~ 실험 설계하기’, ‘호기심, 관찰로 해결하기’, ‘모듬논의·학급논의하기’, ‘나를 돌아보기’, ‘아하! 알게 된 것 설명하기’로 구성되어 있다. 논의기반 탐구수업 초등 프로그램에서는 학습한 내용을 요약하고 정리하는 과정인 ‘아하! 알게 된 것 설명하기’ 단계를 추가로 설정하였다. 이 단계에서 학생들은 학습한 주제에 대하여 관련 개념과 탐구 과정 및 실생활에서의 적용 등을 글, 그림, 표, 그래프의 다양한 표상을 활용하여 설명하는 글을 쓰게 된다. 이렇게 학습한 내용을 다양한 방법으로 표현하고 요약·정리함으로써 과학개념을 명확하게 파악할 수 있으며, 자신의 주장을 논리적으로 표현하는 능력을 기를 수 있다.^{39,40} 이러한 6단계의 전략에 따라 총 10개 주제의 수업 프로그램을 개발하였고, 각 주제는 2차시로 구성되었으며, 10개 주제는 초등학교 5학년 1학기 ‘2. 온도와 열’, ‘4. 용해와 용액’ 단원에서 선정하였다(Table 2).

검사도구

비판적 사고 검사는 Cornell Critical Thinking Test-Level X 검사지⁴¹를 이용하여 프로그램 처치 전과 처치 후에 실험집단과 비교집단 학생을 대상으로 실시하였다. Cornell Critical Thinking Test-Level X 검사지는 Ennis의 비판적 사고개념을 근거로 구성된 것으로, 중학교 이하의 학생을 대상으로 개발되었으며, 제시된 문제 상황을 파악하여 문제를 해결해가는 과정에서 학생들이 사용한 비판적 사고의

Table 1. Pre-test analysis of the critical thinking

	Experimental (N=11)		Comparative (N=12)		t (z)	p
	M	SD	M	SD		
	(Average Rank)		(Average Rank)			
Induction	13.00	4.00	11.08	3.5	1.38	0.09
Deduction	(12.23)		(11.79)		(63.5)	0.88
Observation	9.09	3.10	9.16	2.28	-0.07	0.47
Credibility	9.09	3.10	9.16	2.28	-0.07	0.47
Assumption	2.90	1.75	3.00	1.41	-0.14	0.45

*p<.05

*Deductive factor was analyzed by Mann-Whitney's U-test

Table 2. Ten topics using argument-based inquiry approach in elementary science

Unit	Topic
1	How does the temperature of the two substances change when they come into contact with each other?
2	How is heat transferred in solid?
3	How does the heat transfer rate differ depending on the type of solid material?
4	How is heat transferred in liquid?
5	How is heat transferred in gas?
6	What would happen if you put different substances in water?
7	What happened to sugar dissolved in water?
8	Does each solute dissolve in the same amount in water?
9	What happens to the amount of solute dissolved in the water when the temperature changes?
10	How do you compare the thickness of a solution?

종류를 검사하는 것이다. 검사지는 귀납, 연역 그리고 가치판단의 세 가지 유형의 추론을 통해 가설검증, 정보의 신뢰도 판단, 진술이 전제로부터 도출되었는지 판단, 가정 확인의 4가지 유형의 76문항으로 구성되어 있다. 총점은 107점이고 검사 시간은 45분이 소요되며, Part I, Part II, Part III, Part IV로 구성되어 있다.

Part I은 사실이 가설을 지지하는지의 여부를 판단하는 것으로 귀납 추론에 대한 25문항의 과제로 이루어져 있다. 각 영역의 시작에는 예시가 제시되며, 학생들은 주어진 진술문을 주의 깊게 읽고 세 가지 선택사항 중 한 가지를 선택하게 된다. Part II는 관찰 보고서에 제시된 정보의 신뢰도를 판단하는 것으로, 관찰 및 신뢰도에 대한 25문항으로 이루어져 있다. 여기에서 학생들은 두 개의 보고서 중 어느 것이 더 믿을만한지 또는 둘 다 똑같이 믿을만한지 결정해야 한다. Part III은 연역 추론 과정으로, 주어진 문제의 일반적인 사실에서 개별적이고 특수한 사실을 이끌

어낼 결론을 결정하는 것이다.⁴² 이 단계에서는 주어진 정보가 참인지 거짓인지 판단하는 것이 아니라 제시된 정보가 진실이라고 가정하고, 가장 타당한 것을 선택하는 15문항이 제공된다. Part IV는 연역 추론 및 가정을 구별하는 단계로, 제시된 문항을 자세히 읽고 사실을 바탕으로 추정할 수 있는 것을 판단해야 하는 10개 문항으로 구성되어 있다.

비판적 사고 분석틀 개발

논의기반 탐구수업에서 나타나는 초등학교 학생의 비판적 사고의 특징을 알아보고자 비판적 사고 분석틀을 개발하였다(Table 3). 비판적 사고 분석틀의 개발은 총 3단계로 진행되었다. 첫 번째 단계에서는 비판적 사고 분석틀에 대한 분석요소를 추출하였다. 분석요소는 추론유형, 추론요소, 논의유형으로 설정하고 각각의 요소에 대한 분석관점을 정의하였다. 두 번째 단계에서는 논의기반 과학

Table 3. Analytical framework for critical thinking

Reasoning Type	Reasoning Element	Argumentation Scheme	Description
Induction	Premise	Argument from example	Supports a general claim through specific examples
		Argument from commitment	Supports a claim based on personal experiences, beliefs, values, and convictions
		Argument from verbal classification	Supports a claim through the definitions or classifications of terms
Justification	Justification	Evidence to a hypothesis	Presents and supports a hypothesis based on evidence
		Analogy	Infers based on the similarities between one known phenomenon and another similar phenomenon
Deduction	Justification	Circumstantial argument against the person	Casts doubt on someone's claims or experimental results based on their personal circumstances or experiences
		Position to know	Justifies a claim based on having sufficient knowledge or information about a particular situation
	Conclusion	Correlation to cause	Infers that one phenomenon causes another by observing a correlation between the two phenomena
		Cause to effect	Infers the effects from a given cause
Conclusion	Conclusion	Consequences	Assesses the validity of a scientific claim or experiment based on its outcomes or results
		Expert opinion	Evaluates the validity of a topic or experiment based on the knowledge or experience of experts

탐구수업에서 나타나는 학생들의 비판적 사고를 분석하기 위해 분석틀 초안을 개발하고, 이를 과학학습 맥락에 적합하게 조정하여 분석틀을 정교화하였다. 세 번째 단계에서는 분석틀의 타당성을 검증하였다. 이를 위해 과학교육 전문가 1인, 과학교육 박사 1인, 박사과정 3인, 석사과정 4인이 두 차례 검토를 거쳤다. 검토과정은 개발한 분석틀을 이용하여 과학 수업 중 이루어진 학생들 간의 대화를 분석하여 분석자간 일치도를 확인하고, 이 과정에서 나타난 문제점을 수정 및 보완하여 비판적 사고 분석틀을 완성하였다.

비판적 사고에서 추론은 주장과 증거 간의 논리적 관계를 분석하고 평가하는 데 중요한 역할을 하는 핵심요소이다.¹⁵ 비판적 사고의 추론유형은 정보를 처리하고 새로운 결론을 도출하는 방식에 따라 주로 귀납 추론과 연역 추론으로 나뉜다.⁷ 이러한 추론은 전제(premise), 정당화(justification), 결론(conclusion)의 세 가지 요소로 구성되며⁴³ 주장이나 결론을 논리적으로 뒷받침하게 된다.¹³ 따라서 비판적 사고 분석을 위해 추론유형을 귀납 추론과 연역 추론으로 구분하였고, 추론요소를 전제, 정당화, 결론으로 세분화하였다. 또한 이 연구에서는 논의과정에서 나타나는 비판적 사고를 알아보고자 추론유형에 따라 논의유형을 분류하였다.

귀납 추론은 사례들을 관찰하여 이를 바탕으로 일반적인 규칙이나 원칙을 도출하는 추론방식이다. 귀납 추론은 항상 확실한 결론을 도출하는 것은 아니지만 주어진 증거나 데이터에 기초하여 가장 가능성이 높은 결론을 도출하는데 유용하다. 그러나 귀납 추론을 통해 얻어진 결론은 항상 일반화의 위험을 내포하고 있으며 주어진 사례나 정보만으로는 일반적인 결론을 만들기 어려울 수 있다. 따라서 귀납 추론을 ‘전제’ 및 ‘정당화’의 추론요소로 구분하였다.

연역 추론은 일반적인 원칙이나 사실로부터 특정 사실을 논리적으로 도출하는 추론방식이다. 연역 추론은 주어진 전제들이 참인 경우 결론이 필연적으로 참이라는 논리적 특성이 있다. 이러한 추론방식은 경험적인 증거나 관찰에 의존하지 않고도 전제와 결론 사이의 논리적인 관계를 통해 도출될 수 있다. 그러므로 연역 추론에서는 문맥에서 전제가 묵시적으로 포함되어 있거나 명백한 경우에 전제를 생략할 수 있으므로 연역 추론을 ‘정당화’ 및 ‘결론’의 추론요소로 구분하였다.

논의과정에서 학생들은 어떤 주장을 지지하거나 반박하기 위해 논리적인 추론을 사용하게 되는데 이때 추론은 전제, 정당화, 결론의 세 가지 주요 요소로 구성된다. ‘전제’는 주장의 논리적 기반이 되는 정보를 담고 있는 진술이며, ‘정당화’는 전제를 통해 결론이 논리적으로 도출됨을 보여주는 과정을 의미한다. 이는 논의의 논리적 구조를

명확히 하고 전제가 결론을 적절하게 지지하는지를 검증하는 역할을 한다. ‘결론’은 이전의 전제와 정당화 단계에서 제시된 증거나 근거를 바탕으로 최종적인 결론을 도출하며 이는 논의과정의 마지막 단계로 주장의 타당성을 확정 짓는 역할을 한다.

논의유형은 Walton(2006)의 Argumentation Scheme⁴⁴을 기반으로 선정하였다. 선정된 11개의 논의 유형은 귀납추론과 연역추론의 각 추론유형의 추론요소에 따라 ‘사례에서 비롯된 논의’, ‘신념에서 비롯된 논의’, ‘언어의 분류에서 비롯된 논의’, ‘증거에 기반한 가설을 이용한 논의’, ‘유추를 이용한 논의’, ‘상대방에 반대하는 상황에서의 논의’, ‘지적 우위에서의 논의’, ‘원인과의 상관관계에 의한 논의’, ‘영향을 미치는 원인에 의한 논의’, ‘결과에 의한 논의’, ‘전문가의 의견을 이용한 논의’로 구분하였다(Table 3).

수업처치

논의기반 탐구수업 초등 프로그램 적용을 위해 실험집단은 총 10개 주제로 구성된 20차시의 논의기반 탐구수업을 실시하였다. 실험집단 수업의 적용은 6단계로 구성된 논의기반 탐구수업 초등 프로그램의 단계에 따라 이루어졌다. 비교집단은 초등학교에서 보편적으로 이루어지고 있는 실험활동으로 구성된 과학 수업을 바탕으로 10개 주제에 대해 각각 2차시씩 교과서의 실험순서에 따라 실험 후 결과를 실험관찰 책에 기록하여 정리하는 활동을 실시하였다. 두 집단 모두 2~3인으로 구성된 이집집단으로 모둠 활동을 수행하였다.

논의기반 탐구수업 초등 프로그램의 첫 번째 단계인 ‘알고 싶은 것 생각하기’에서는 교사가 학습 목표에 따른 문제 상황을 그림이나 동영상으로 제시하고 학생 개인별로 제시된 상황을 바탕으로 적절한 의문을 만들어 낸 뒤 모둠별 논의를 바탕으로 모둠별 의문을 만든다. 다음으로 모둠별로 만들어진 의문을 전체 학급논의를 바탕으로 가장 타당한 하나의 의문으로 만도록 하였다. ‘로딩 중~ 실험설계하기’에서는 만들어진 학급의 의문을 바탕으로 각 모둠에서는 논의를 거쳐 의문을 해결하기 위한 실험을 설계하고 실시하도록 하였다. 이 단계에서 교사는 학생의 실험설계에 필요한 기본 실험도구를 제공하지만 추가로 필요한 실험도구가 있다면 각 모둠에서 요구하는 종류를 필요한 양만큼 제공하였다.

‘호기심, 관찰로 해결하기’에서 관찰은 학생 개인별로 수행한 후 결과에 대한 해석을 진행하였으며, 의문에 대한 답을 나의 주장과 증거의 형식으로 스스로 작성하도록 하였다. ‘모둠논의·학급논의하기’ 단계에서 학생들은 모둠의 실험결과에 대한 해석을 바탕으로 학급의 의문에 답이 될 수 있는 자신의 주장과 증거를 학습지에 정리하였다.

그 후 모둠별 논의와 협상을 통해 모둠별 주장과 증거를 만들어 내고 A₃ 종이에 정리하여 칠판에 게시한 후 전체 학급 동료에게 발표하였다. 발표 모둠은 질문에 대한 내용에 적절한 대답을 하였고, 그 응답이 불만족스러울 경우 추가 질문을 받고 대답을 하도록 하여 자유로운 학급논의가 되도록 하였다.

이러한 과정을 통하여 각 모둠에서 제시한 주장과 증거의 타당성을 점검한 후 학급논의가 끝나면 학생들은 가정에서 개인별로 스마트기기를 이용하여 디지털 교과서 및 인터넷 검색을 통해 자신의 주장과 증거를 전문적으로 인정된 자료와 비교하여 타당성을 점검하고 자신의 주장을 정교하게 다듬었다. ‘나를 돌아보기’ 단계부터는 과제로 제공하여 모든 과정을 반성적으로 살펴보는 글쓰기를 통해 자신의 생각이 학습 과정에서 어떻게 달라졌는지를 살펴보게 하였고, 프로그램의 마지막 단계인 ‘아하! 알게 된 것 설명하기’에서 학생들은 학습한 내용을 자신의 언어로 재구성하여 누구나 이해하기 쉽도록 다양한 방식으로 설명하는 글쓰기를 수행하였다.

자료분석

논의기반 탐구수업이 초등학생의 비판적 사고에 미치는 영향을 검증하기 위하여 논의기반 탐구수업 적용 전과 후에 비판적 사고 검사지와 논의과정 녹음자료를 수집하였다. 비판적 사고 검사 결과는 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성을 검증한 후, 정규성을 따르는 비판적 요소는 독립표본 t-검증을, 정규성을 따르지 않는 요소는 Mann-Whitney의 U검정을 통해 분석하였다. 또한 논의과정 분석은 이 연구에서 개발한 비판적 사고 분석틀을 활용하였다. 논의기반 탐구수업 적용 시기에 따라 10개 주제 중 주제 1과 3은 초기, 주제 5와 6은 중기, 주제 8과 10은 후기로 구분하여 총 6개 주제에 대한 논의과정을 분석하였다. 이때, 논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타나는 추론유형을 심층적으로 알아보기 위해 논의기반 탐구수업의 전체 단계 중 모둠 및 전체 학급논의가 이루어지는 단계에서의 추론유형을 비판적 사고 분석틀에 따라 논의유형으로 세분화하여 빈도를 분석하였다.

논의과정 분석은 4명의 과학교육 전공자로 구성된 팀에 의해 이루어졌으며, 이들은 비판적 사고 분석틀의 개발에 참여하는 과정에서 습득한 추론유형 및 논의유형에 대한 이해를 바탕으로 분석을 수행하였다. 논의과정 분석은 논의기반 탐구수업 적용 시기에 따라 10개 주제 중 주제 1과 3은 초기, 주제 5와 6은 중기, 주제 8과 10은 후기로 구분하여 총 6개 주제에 대하여 이루어졌다. 일차적으로 과학교육 박사과정 1인이 논의과정 전사본에서 추론유형 및 논의유형을 구분하였고, 이어서 과학교육 박사과정 3인

이 각각 두 개의 주제에 대해 독립적으로 논의과정 전사본을 검토하였다. 이 과정에서는 분석자들이 모둠 및 학급의 논의과정 전사본에서 논의 사례의 추론유형 및 논의 유형이 타당하게 분류되었는지, 논의과정 전사본에서 사례 중 누락된 추론유형 및 논의유형으로 분류되지 않은 사례가 있는지를 검토하였다. 마지막으로 3인이 분석한 결과를 종합하여 의견의 차이점에 대하여 분석자 4인이 지속적인 논의를 통해 합의를 도출하여 분석의 신뢰도를 높이고자 하였다. 이후 최종적으로 전체 논의과정 전사본에 대하여 종합적인 재분석을 실시하였다. 이 과정에서는 과학교육 박사과정 2인이 각각 세 개 주제의 전사본에 대해 1차 분석을 진행한 후, 논의를 거쳐 연구자 1인이 2차 분석을 실시하여 분석의 신뢰도를 높이고자 하였다.

연구 결과

논의기반 탐구수업이 초등학생의 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보고자 10개 주제 프로그램을 처치하기 전과 후 실험집단과 비교집단에 실시한 비판적 사고 검사 결과를 비교·분석하였다. 또한 논의기반 탐구수업에서 나타나는 초등학생의 비판적 사고의 특징을 알아보기 위해 논의과정을 분석하여 사례와 함께 결과를 제시하였다.

비판적 사고 검사 결과 분석

논의기반 탐구수업이 학생들의 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험집단과 비교집단에 실시한 사후 비판적 사고 검사 결과를 제시하였다.

세부 요소별 평균을 살펴보면, 귀납에서 실험집단의 평균은 비교집단에 비해 높게 나타났고(M=13.18, M=11.83), 관찰과 신뢰도 항목에서도 실험집단이 비교집단보다 평균이 높았으며(M=10.18, M=8.83), 가설 항목에서도 실험집단이 비교집단보다 높은 평균점수를 보였다(M=3.90, M=3.17)(Table 4). 그러나 귀납, 관찰, 신뢰도, 가설 항목의 평균값은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다.

연역 항목의 Mann-Whitney의 U 검정 결과, 실험집단이 비교집단보다 높은 평균점수가 나타났으며(M=15.09, M=9.17) 연역 항목의 평균값은 통계적으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다(z=32.0, p=0.037). 이상의 결과로 볼 때, 논의기반 탐구수업은 초등학생의 비판적 사고 중 귀납의 요소에는 영향을 미치지 않으나 연역 요소의 향상에 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

연역 추론은 일반적인 원리나 규칙을 바탕으로 구체적인 결론을 도출하는 방법으로 전제가 참일 경우 결론도 참이라는 논리적 정당성을 확보할 수 있다.⁴⁵ 이러한 수업 방식은 학생들이 스스로 사고하고 논의를 통해 지식을 습득

Table 4. Post-test analysis of the critical thinking

	Experimental (N=11)		Comparative (N=12)		t (z)	p
	M	SD	M	SD		
	(Average Rank)		(Average Rank)			
Induction	13.18	3.68	11.83	4.19	0.82	0.21
Deduction	(15.09)		(9.17)		(32.0)	0.04*
Observation	10.18	3.40	8.83	2.82	1.04	0.17
Credibility	10.18	3.40	8.83	2.82	1.04	0.17
Assumption	3.90	1.97	3.17	1.59	1.00	0.16

*p<.05

*Deductive factor was analyzed by Mann-Whitney's U-test

하는 과정을 강조하며 추론을 바탕으로 비판적으로 사고하는 능력을 강화시킨다. 비판적 사고는 쉬운 과정은 아님에도 불구하고 많은 연구에서 나타나듯이 모든 지적 능력 수준의 학생들이 비판적 사고 교육을 통해 사고 능력을 향상시킬 수 있으며,⁴⁶ 누구나 비판적 사고를 할 수 있다⁴⁷는 연구결과와 일치한다. 따라서 이러한 맥락에서 논의기반 탐구수업은 학생들이 비판적 사고 요소 중 연역 추론을 자주 활용하게 하는 데 효과적인 교수학습 전략으로 간주할 수 있다.

논의기반 탐구수업에서 나타나는 비판적 사고 특징

논의기반 탐구수업에서 나타나는 초등학교 학생의 비판적 사고의 특징을 알아보기 위해 학생들의 논의과정에서 나타나는 추론유형의 빈도를 주제별로 분석하였다. 또한 논의기반 탐구수업에서 나타나는 학생들의 비판적 사고의 특징을 알아보기 위해 논의기반 탐구수업의 전체 단계 중 모듈 및 전체 학습논의가 이루어지는 단계에서의 논의과정에서 나타난 추론유형 및 논의유형을 분석하였다.

가) 논의기반 탐구수업에서 나타나는 추론유형 및 사례분석

논의기반 탐구수업 활동이 진행되면서 학생들의 추론 유형이 어떻게 변화하는지 알아보기 위해 적용한 논의기반 탐구수업의 10개 주제 중 6개 주제에서 나타난 추론유형의 빈도를 분석하였고, 논의기반 탐구수업에서 사용된 추론유형의 특징을 사례와 함께 제시하였다.

논의기반 탐구수업의 첫 번째 활동인 주제 1에서 귀납 추론과 연역 추론은 각각 3회, 2회씩 총 5회였으며, 주제 3에서는 귀납 추론 6회, 연역 추론 8회 총 14회로 나타났다. 또한 주제 5에서는 귀납 추론과 연역 추론의 사용 빈도가 각각 9회와 12회, 총 21회로 나타났다. 논의기반 탐구수업의 주제 6에서는 학생들이 귀납 추론과 연역 추론을 각각 6회, 11회, 총 17회 사용하였고, 주제 8에서는 귀납 추론 8회, 연역 추론 12회, 총 20회를 사용한 것으로 나타났다. 마지막 주제 10에서는 귀납 추론 9회, 연역 추론 16회, 총 25회로 주제 6, 8과 비교했을 때 연역 추론의 빈도가 증가하는 것을 알 수 있으며, 전체 6개 주제에서 귀납 추론은 총 40회, 연역 추론은 총 62회로 나타났다(Table 5)(Fig. 1).

Table 5. Frequency of reasoning types in 6 topics of argument-based inquiry class

(Unit: Frequency)

Student	Topic 1		Topic 3		Topic 5		Topic 6		Topic 8		Topic 10	
	induction	deduction	induction	deduction	induction	deduction	induction	deduction	induction	deduction	induction	deduction
A	0	0	2	0	1	1	1	1	1	2	1	1
B	1	0	0	2	0	0	0	2	0	1	1	1
C	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3
D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
E	0	0	1	1	1	1	1	1	2	1	0	2
F	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
G	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0
H	0	0	0	1	1	5	1	0	0	4	0	3
I	0	0	1	1	2	0	0	1	1	1	1	2
J	1	1	0	0	1	2	0	2	1	1	0	1
K	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	1	2
Total	3	2	6	8	9	12	6	11	8	12	9	16
Total by Theme	5		14		21		17		20		25	
	Inductive Reasoning Total				40		Deductive Reasoning Total				62	

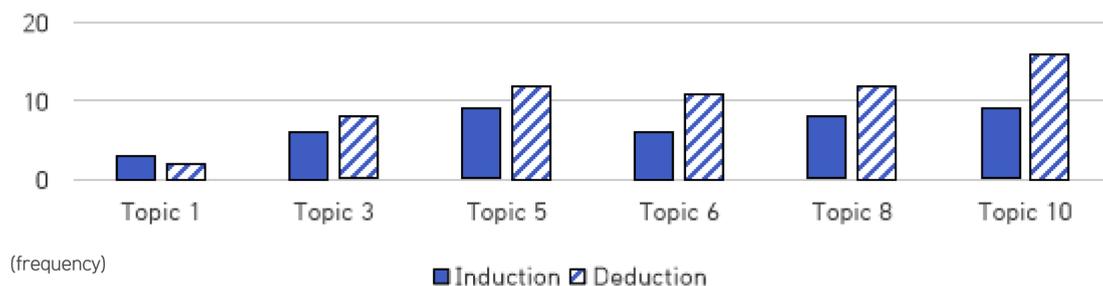


Figure 1. Changes in the types of reasoning according to the topic of argument-based inquiry class.

이러한 결과는 과학 교과에서 초등학생에게 논의기반의 탐구 경험을 제공함으로써 학생들이 논의 시 상대방의 주장과 증거에 대해 비판적으로 생각하는 기회가 늘어나고, 점차 귀납 추론과 연역 추론을 더 활발하게 활용하여 논의에 참여한 것으로 추측된다. 논의기반 탐구수업 초등 프로그램을 처음 경험한 주제 1에서 추론 빈도는 낮았지만, 논의에 익숙해짐에 따라 추론 빈도가 점차 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한 논의기반 탐구수업 초등 프로그램에서 학생들은 논의과정에서 자신의 주장을 제시하거나 상대방의 주장을 비판적으로 듣고 분석하며, 주장에 대한 증거를 제시하고 검토하는 경험을 한다. 이러한 추론 과정을 통해 학생들은 자신의 주장에 대한 타당성을 확보하는 방법을 배우며, 과학에서 추론의 유용성을 이해하고 적극적으로 활용했을 것으로 보인다.

또한 주제 1, 3, 5는 ‘온도와 열’, 주제 6, 8, 10은 ‘용해와 용액’ 단원으로, 동일 단원에서는 논의가 진행될수록 추론 빈도가 점차 높아졌으나, 단원이 바뀐 주제 6은 추론 빈도가 17회로, 이전의 주제 5에서의 21회보다 추론 빈도가 다소 낮아졌다. 이는 학생들의 논의 주제에 따른 배경 지식이 추론 빈도에 영향을 주는 것으로 보인다. 추론은 주장에 대한 이유를 제시하는 논리적 전개이므로, 전제는 추론자의 배경지식과 연관되어 있다. 특히, 연역에서는 배경지식의 부족으로 인해 전제가 누락되어 추론이 전개되지 못하는 경우가 발생하기도 한다.⁴⁸ 따라서 단원이 처음 시작되는 주제 6은 주제 5보다 추론 빈도가 낮지만, 주제 8과 주제 10에서는 해당 단원의 배경 지식과 지속적인 논의 경험의 축적으로 인해 추론 빈도가 증가한 것으로 판단된다.

이와 더불어 대부분의 주제에서 연역 추론의 사용 빈도가 귀납 추론보다 더 많았다. 이는 과학탐구 과정이 새로운 상황에서의 결과를 예측하고 검증하기 위해 기존의 원리와 법칙을 적용하는 연역적 사고와 밀접한 관련이 있기 때문이라고 볼 수 있다.^{49,50} 연역 추론의 사용 빈도가 귀납 추론보다 더 많은 것은 학생들이 과학교육에서 제시된 명확한 규칙이나 원리를 바탕으로 결론을 도출하는 데 익숙해

져 있다는 것을 의미할 수 있다. 따라서 논의기반 탐구수업에서 학생들은 주어진 사실을 활용하여 일반적인 결론을 도출하는 귀납 추론보다 연역 추론이 더 자주 사용되는 경향을 보인다.

다음은 학생들이 연역 추론을 활용하여 논의하는 과정을 분석한 사례이다.

〈사례〉 연역 추론 – 주제 6. 여러 가지 가루 물질을 물에 넣었을 때 일어나는 변화

학생 G : 저희는 2스푼 안 넣고 1스푼 넣고 기다렸는데 시간이 더 지나면 멸치가루가 들어간 물의 색이 투명해지고 가루는 밑에 다 가라앉아 있어요.

교사 : 그렇다면 ‘멸치 가루가 아예 안 녹지는 않는다’가 맞는 표현일까요?

학생 C : 아니요. 안 녹는다가 맞는 것 같아요.

교사 : 이것은 결과가 그럼 왜 이렇게 나왔을까?

학생 C : 멸치 가루를 많이 넣고 시간을 짧게 관찰해서 그래요 15분 정도 기다리면서 가루를 조금만 넣으면(녹는 것을) 더 쉽게 볼 수 있을 거예요.

교사 : 그렇구나. 시간을 많이 10분 이상 두고 관찰했으면 후플푸프와 같은 결과가 나왔을 수도 있겠네요. 액체의 양과 시간도 물질이 녹는데 관련이 있을 수 있을 것도 같네요. 좀 더 자세한 건 우리 그림 다음 시간에 실험해보고, 오늘은 여기까지만 합시다.

사례에서 학생 C는 멸치 가루를 많이 넣고 시간을 짧게 관찰한 결과와 멸치 가루를 조금만 넣고 시간을 더 길게 관찰한 결과를 비교하며 시간과 가루의 양이 물질이 녹는데 영향을 미치는 것을 추론하고 있다. 이는 어떤 현상이나 결과가 어떤 원인에 의해 발생 되었다고 추론하는 것으로 일반적인 원리나 법칙을 발견하거나 새로운 상황에 대해 추론하는 연역 추론에 해당한다.

교과서에서는 주제 6의 학습 목표로 여러 가지 가루 물질이 물에 용해되는 것과 용해되지 않는 것을 학습하는 것이 제시되어 있다. 그러나 학생들은 추론을 통해 용질

마다 온도와 양이 같은 물에 용해되는 양이 다르다는 다음 주제의 학습 내용까지 이해하게 되었다. 이러한 결과를 통해, 논의기반 탐구수업은 단순히 지식 전달이 아니라 학생들이 자신의 생각을 논의하는 과정에서 추론을 통해 새로운 개념을 발견할 수 있는 능동적인 학습 과정을 제공하는 교수학습 전략으로 판단할 수 있다.

나) 논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타나는 추론유형

논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타나는 학생들의 비판적 사고 특징을 알아보기 위해 적용한 논의기반 탐구수업의 10개 주제 중 6개 주제에서 나타난 추론유형 빈도를 분석하였다. 또한 각 단계의 논의과정에서 사용된 추론유형을 심층적으로 분석하기 위해 비판적 사고 분석틀을 이용하여 추론유형 및 논의유형의 빈도를 단계별로 측정하였으며, 이를 사례와 함께 제시하였다.

1) 논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타나는 추론유형 빈도 분석

논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타나는 비판적 사고의 추론유형을 알아보기 위해 논의기반 탐구수업의 전체 단계 중, 모둠 및 전체 학급논의가 이루어지는 ‘의문 만들기’, ‘실험설계 및 수행’, ‘주장·증거(모둠논의)’, ‘주장·증거(학급논의)’의 단계에서 학생들이 적용한 추론의 빈도를 분석하였다(Table 6).

논의기반 탐구수업의 단계별 추론유형의 빈도를 살펴 보면, ‘의문 만들기’ 단계에서 귀납 추론의 사용 빈도는 3회, 연역 추론의 사용 빈도는 2회, 총 5회로 나타났으며, ‘실험설계 및 수행’ 단계에서는 귀납 추론, 연역 추론이 각각 8회, 9회로 유사하게 나타났다. 그리고 ‘주장·증거(모둠논의)’와 ‘주장·증거(학급논의)’에서는 귀납 추론 13회, 연역 추론 22회로 총 35회, 그리고 귀납 추론 16회, 연역 추론 29회, 총 45회로 나타났다.

앞의 결과를 종합해보면, 논의기반 탐구수업의 단계별 추론유형의 빈도는 ‘주장·증거(학급논의)’ 단계에서 추론이 가장 많았고, ‘의문 만들기’ 단계에서 추론의 사용 빈도가 가장 적었다. 각 단계의 추론유형별 빈도는 ‘의문 만들기’와 ‘실험설계 및 수행’ 단계에서는 귀납과 연역 추론의 사용 빈도가 비슷하였으나, ‘주장·증거(모둠논의)’와 ‘주장·증거(학급논의)’의 단계에서는 연역 추론의 사용 빈도가 귀납 추론과 비교하여 크게 증가한 것을 알 수 있다.

2) 논의기반 탐구수업의 각 단계에서의 추론유형별 논의유형 분석

논의기반 탐구수업의 모둠 및 전체 학급논의가 이루어지는 단계에서 학생들이 사용하는 추론유형을 알아보기 위해 각 단계에서 나타나는 추론유형을 논의유형으로 구분하여 빈도를 분석하고, 그 결과를 제시하였다(Table 7). 또한 논의기반 탐구수업의 모둠 및 학급논의가 진행되는 각 단계

Table 6. Frequency of reasoning types of critical thinking in each stage of argument-based inquiry class

Stage	Induction	Deduction	Total
Making Questions	3	2	5
Design and Conduct Experiments	8	9	17
Claim·Evidence (Group Discussion)	13	22	35
Claim·Evidence (Class Discussion)	16	29	45
Total	40	62	102

Table 7. Frequency of argumentation types by reasoning type that appears at each stage of argument-based inquiry class

	Making Questions	Design and Conduct Experiments	Claim-Evidence (Group Discussion)	Claim-Evidence (Class Discussion)
Induction	Argument from example	0	1	3
	Argument from commitment	0	1	0
	Argument from verbal classification	2	2	3
	Evidence to a hypothesis	0	3	2
	Analogy	1	2	4
Deduction	Circumstantial argument against the person	2	0	3
	Position to know	0	0	0
	Correlation to cause	0	4	1
	Cause to effect	0	5	8
	Consequences	0	0	8
	Expert opinion	0	1	1
	Total (Ratio %)	5 (4.9)	19 (18.62)	33 (32.35)

에서 학생들의 비판적 사고과정을 알아보기 위해 학생들의 논의과정을 비판적 사고 분석틀을 이용하여 추론유형별 논의유형으로 구분하여 대표적인 사례를 제시하였다.

논의기반 탐구수업의 각 단계에서의 추론유형별 논의 유형의 빈도를 분석한 결과, ‘의문 만들기’ 단계에서 귀납 추론인 언어의 분류에서 비롯된 논의, 유추를 이용한 논의는 각각 2회, 1회로 나타났고, 연역 추론인 상대방에 반대하는 상황에서의 논의는 2회로 총 5회에 그쳤으며, 이는 전체 논의의 4.9%에 해당한다.

대표적인 사례를 살펴보면, 사례 1에서 학생 H는 액체와 기체는 물질의 상태가 서로 다르며, 그에 따라 물리적인 특징이 다르기 때문에 의문을 만들 때 ‘대류’라는 단어의 의미와 사용에 대해 타당성을 제기하며 논의하고 있다.

〈사례 1〉 귀납 추론(언어의 분류에서 비롯된 논의)

학생 K : 그럼 우리 모두의 의문을 온도가 다른 기체의 열은 대류로 이동할까? 이렇게 할까?

학생 H : 대류(라는 단어)는 액체에서 하는(쓰이는) 거잖아.

학생 K : 액체기체 둘다 될걸?

학생 H : 아닐걸? 기체는 뭔가 다른 게 있지 않을까?

학생 K : 그럼 그냥 내기하자.

학생 H : 니가 질거야. 액체랑 기체는 다르잖아. 액체는 그대로 만져지는데 기체는 안만져져. 그럼 거기에 적용되는 말도 다를거야.

의문 만들기 단계에서는 귀납과 연역 추론이 모두 사용되었으나, 그 빈도가 매우 적게 나타났다. 추론을 하기 위해서는 자신의 주장을 입증할 수 있는 과학적인 증거나 관련 지식이 필요한데, 초등학교의 경우 과학지식이 부족할 뿐만 아니라 자신의 경험에 의해 형성된 지식으로는 추론을 사용하여 논의를 하기에 어려움이 있는 것으로 생각된다. 또한 학생들은 제시된 문제 상황들에서 공통점을 찾고, 이를 과학적인 지식으로 연결 짓는 데 익숙하지 않아 어려움을 나타냈으며, 활동 내용에 대한 지식 구조가 약하므로 의문 만들기 단계에서 학생들의 대화는 추론 대신 주로 근거 없이 주장을 펼치거나, 내용에 대한 단순 설명, 그리고 그에 단순 호응 및 의견교환으로 이루어진 대화가 많았다. 이에 연역 추론 중에서도 과학지식을 전제로 하는 논의가 아닌 상대방의 개인적인 상황과 제시한 주장 사이에 불일치가 있음을 반박하여 상대방의 주장을 부정하는 상대방의 상황에 반대하는 논의유형을 주로 사용한 것을 알 수 있다.

‘실험설계 및 수행’ 단계에서는 사례에서 비롯된 논의 1회, 신념에서 비롯된 논의 1회, 언어의 분류에서 비롯된 논의 2회, 증거에 기반한 가설을 이용한 논의 3회, 유추를

이용한 논의는 2회로 귀납 추론의 빈도는 총 9회였다. 또한 원인과의 상관관계에 의한 논의, 영향을 미치는 원인에 의한 논의, 전문가의 의견을 이용한 논의는 각각 4회, 5회, 1회로 연역 추론의 빈도는 10회로 이 단계에서는 추론이 전체 논의의 18.62%를 차지하였다.

사례 2에서는 학생 B가 액체를 짓는 힘수와 빠르기가 용질이 용해되는 결과에 영향을 미친다는 상관관계를 바탕으로 논의하고 있다.

〈사례 2〉 연역 추론(원인과의 상관관계에 의한 논의)

학생 B : 그럼 니가 설탕 저울래? 내가 소금이란 멀치 가루 저울게.

학생 G : 야 한 손으로 이렇게?

학생 B : 아니 나랑 똑같이 할 수 있어. 이렇게

학생 G : 왜 그래?

학생 B : 짓는 힘수랑 빠르기 안 그러면 틀려져. 빨리 저으면 빨리 녹잖아. 그리고 빠르면 힘수도 많아지니까 그걸 다르게 하면 결과가 틀려진다니까.

학생 G : 같이 어떻게 맞춰?

학생 B : 그럼 이렇게 하자. 같이 하나 둘 하나 둘 맞춰서 저으면 돼.

학생들은 실험을 설계하는 과정에서 결과에 대한 가상의 예측을 하게 되므로 ‘증거에 기반한 가설을 이용한 논의’인 귀납 추론을 사용한 것으로 판단할 수 있다. 또한 변인 통제를 위해 다양한 변인을 고려하는 과정에서 어떤 변수가 원인이고 어떤 변수가 결과 혹은 상관관계에 있는지를 추론해야 한다. 이에 학생들은 ‘영향을 미치는 원인에 의한 논의’, ‘원인과의 상관관계에 의한 논의’ 유형으로 연역 추론을 한 것을 볼 수 있다. ‘실험설계 및 수행’ 단계에서는 연역 추론과 귀납 추론이 비슷하게 사용되었는데, 실제 과학적 탐구에서 귀납 추론과 연역 추론은 상호보완적인 관계를 가지고 있으며 많은 연구결과가 보여주듯 귀납 추론과 연역 추론을 함께 사용하면 논의를 더욱 풍부하게 할 수 있다.⁵¹⁾

‘주장·증거(모둠논의)’ 단계에서 사례에서 비롯된 논의 3회, 언어의 분류에서 비롯된 논의 3회, 증거에 기반한 가설을 이용한 논의 2회, 유추를 이용한 논의를 4회 등 귀납 추론을 총 12회 사용하였으며, 연역 추론은 상대방에 반대하는 상황에서의 논의 3회, 원인과의 상관관계에 의한 논의 1회, 영향을 미치는 원인에 의한 논의 8회, 결과에 의한 논의 8회, 전문가의 의견을 이용한 논의는 1회로 총 21회 사용하여 전체 추론 사용 빈도는 33회로 나타났다(32.35%).

사례 3에서 학생 B와 학생 J가 서로의 실험결과를 비교하고 결과가 동일한 것을 확인하면서, 설탕의 갯수와 용액의 진하기와의 관계를 논의하고 있다.

〈사례 3〉 연역 추론(결과에 의한 논의)

학생 J : 근데 B야 너는 실험결과 어떻게 찾았어?

학생 B : 실험할 때 큰 비커에는 각 설탕 5개와 물 100mL 넣고 작은 비커에도 물 100mL 각설탕 1개 넣고 비교했을 때 설탕 5개 넣은 물에서 더 잘 뒀잖아. 그래서 용액의 진하기는 어떤 물체를 띄워보면 알 수 있다고 생각했어.

학생 J : 나는 두 비커 100mL 짜리의 각각 물 100mL를 넣고 한 비커는 황색 각설탕 1개 또 다른 비커 한 개에는 황색 각설탕 5개를 넣고 이렇게 적었는데 내 거가 좀 길지만 그거는(결론은) 같아.

학생 B : 어 그렇게. 그럼 설탕 갯수 다른 거에 물체 띄워보면 알 수 있는 건 같네.

모둠논의 단계에서는 귀납 추론과 연역 추론이 모두 사용되지만, 연역 추론이 더 높은 빈도로 사용되었는데, 특히 영향을 미치는 원인으로 논의하거나 결과로 논의하는 빈도가 높았다. 영향을 미치는 원인으로 논의하는 것은 단일한 두 결과 사이의 인과관계를 추론하는 것이며, 결과에 의한 논의는 자료의 종합적인 결과를 바탕으로 인과관계를 포함하는 결론을 제시하는 논의방식이다. 이러한 논의방식들은 직관적이고 초등학생이 이해하기 쉬운 특징을 가지고 있어, 학생들은 주장하고자 하는 현상에 대한 원인과 결과의 관계를 이해하고 이를 활용하여 주장을 제시한 것으로 보인다. 또한 초등학교교육에서는 경험을 중요시하므로 실험을 통한 탐구를 강조하는데,⁵² 실험은 원인과 결과의 관계를 명확하게 시각화할 수 있기 때문에 학생들이 원인과 결과를 바탕으로 논의하거나 종합적으로 자료를 검토하여 인과관계를 포함하는 결론을 도출하여 주장을 제시하는 경향이 높아진 것으로 판단된다.

‘주장·증거(학급논의)’ 단계에서 학생들은 사례에서 비롯된 논의 5회, 신념에서 비롯된 논의 3회, 언어의 분류에서 비롯된 논의 2회, 증거에 기반한 가설을 이용한 논의 1회, 유추를 이용한 논의를 5회로 귀납 추론을 총 16회 사용하였다. 또한, 상대방에 반대하는 상황에서의 논의 9회, 지적 우위에서의 논의 3회, 원인과의 상관관계에 의한 논의 4회, 영향을 미치는 원인에 의한 논의 9회, 결과에 의한 논의 3회, 전문가의 의견을 이용한 논의 1회로 연역 추론을 총 29회 사용하였다. 이 단계에서 학생들이 사용한 추론 횟수는 총 45회로 나타났으며(44.11%) 모든 종류의 논의 유형을 활용한 것으로 나타났다.

사례 4의 학생 J와 H의 대화에서, ‘불에 가까울수록 뜨겁고, 멀어질수록 식음’과 ‘뜨거운 공기가 올라가고, 차가운 공기가 내려옴’이라는 두 상관관계를 관찰하고, 이를 바탕으로 대류의 원리가 이런 현상의 원인일 것이라는 추론을 시도하고 있다.

〈사례 4〉 연역 추론(원인과의 상관관계에 의한 논의)

학생 D : 실험할 때 열은 (열이 있다는 것은) 어떻게 알았습니까?

학생 H : 불이 있는 곳에는 뜨거운 데 그것은 열이 있어서 그렇습니다.

학생 C : 그럼 온도가 높은 곳은 어디입니까?

학생 H : 불과 가장 가까운 곳이 온도가 높은 곳입니다. 불은 뜨거우니까요. 왜냐하면 불이 뜨거우니까 가까우면 온도가 높고 멀어질수록 온도가 낮아집니다.

학생 J : 그것도 대류랑 관련이 있습니까?

학생 H : 이거는 대류랑은 조금 다른 것 같습니다. 대류는 주변에서 뱅글뱅글 돌면서 움직이는건데 불이랑 가깝고 먼 곳이 온도가 다른거는 거리에 따라 차이가 나는거니까 다른 원리가 있는 것 같은데 그거까지는 모르겠습니다 저도.

학생 J : 불이랑 가까워서 뜨거워진 공기는 올라가고 멀어지면 식어서 내려오고 이렇게 뱅글뱅글 돌면 대류 아닌가요?

학생 H : 액체에서는 대류라고 하는데 기체에서는 다른 원리가 있어서 이름도 다를 것 같습니다.

학생들이 ‘주장·증거(학급논의)’ 단계에서 논의기반 탐구수업의 다른 단계에서보다 귀납 및 연역 추론을 빈번하게 사용하였다. 이는 논의과정에서 학생들은 비판적으로 사고하여 주장이나 증거의 타당성을 검증하는 추론을 적극적으로 사용하게 되었으며, 이와 더불어 다른 모둠의 질문에 논리적으로 반박하기 위해 다양한 논의유형을 활용했음을 알 수 있다. 또한, 학생들은 상대방의 의견에 반박할 때 증거를 적극적으로 활용하여 자신의 논리를 강화하는 경향이 있으며 특히, 수준 높은 증거에 기반한 반박이 이루어지는 논의에 참여할 때는 자신도 높은 수준의 증거를 사용하려는 경향이 있다.⁵³ 이때 타당한 증거를 제시하기 위해 논리적인 사고와 판단을 해야 한다. 따라서 학생들은 모둠의 주장과 증거에 대한 논리적인 반박이 들어오면 그에 상응하는 논리를 제시하기 위해 추론을 활발하게 활용한 것으로 해석할 수 있다.

논의기반 탐구수업의 각 단계에서 학생들이 사용하는 추론 활용 빈도와 그에 따른 논의유형이 다양하게 나타났다. 각 단계에 따라 귀납과 연역 추론의 활용 빈도가 변화하였으며, 이는 학생들이 논의기반 탐구수업의 각 단계에서 요구하는 과제를 수행하는 과정에서 과학적 탐구과정에 필요한 다양한 추론유형 및 논의유형을 적극적으로 탐색하고 적용함을 의미한다. 특히 학생들은 ‘주장·증거’ 단계에서 연역 추론 및 다양한 논의유형의 활용이 두드러졌는데, 이는 논의기반 탐구수업이 학생들이 비판적 사고를 촉진하는데 연역 추론을 효과적으로 활용하도록 하는 교수학습 전략임을 나타낸다.

결론 및 제언

이 연구에서는 논의기반 탐구수업이 초등학생의 비판적 사고에 미치는 영향을 알아보기 위해 논의기반 탐구수업 적용 전후에 비판적 사고 검사를 실시하여 그 결과를 비판적 사고의 하위요소별로 분석하였다. 또한 논의기반 탐구수업에서 나타나는 초등학생의 비판적 사고의 특징을 알아보기 위해 논의기반 탐구수업이 진행되면서 학생들의 논의과정에서 나타나는 추론유형의 빈도와 특징을 주제별로 분석하였다. 이와 더불어 논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타나는 비판적 사고의 특징을 알아보기 위해 각 단계의 논의과정에서 나타나는 추론유형 및 논의유형의 빈도를 분석하였다.

연구 결과, 비판적 사고의 하위요소인 귀납, 관찰, 신뢰도, 가설의 평균은 실험집단이 비교집단보다 전반적으로 더 높게 나타났으나 귀납, 관찰, 신뢰도, 가설 항목에서 나타난 평균값이 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 반면, 연역 항목에서는 실험집단이 비교집단보다 통계적으로 유의미하게 높은 점수를 보였다($p < 0.05$). 따라서 논의기반 탐구수업은 초등학생의 비판적 사고 중 귀납의 요소에는 영향을 미치지 않으나 연역 요소의 향상에 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

비판적 사고과정에서 추론은 자신의 주장을 타당하게 제시하고 상대방의 주장을 검증하는 데 중요한 논리적인 사고의 기초가 된다. 논의기반 탐구수업에서 학생들은 추론을 활용하여 다양한 논의유형으로 논의를 심화시키고, 비판적 사고를 통해 주장을 분석하고 발전시켰다. 특히 과학학습에서는 증거를 기반으로 결론을 도출하여 논의할 때 연역 추론이 핵심적인 역할을 하는데,⁵⁴ 학생들은 연역 추론의 특징인 ‘전제가 참이라면 도출된 결론도 참임’을 이해하고 이러한 논리적 원리를 적용하여 타당한 결론을 도출하는 방법을 배움으로써 비판적 사고를 향상시킬 수 있다.⁵⁵

논의기반 탐구수업이 진행되면서 학생들의 귀납 및 연역 추론의 빈도가 증가하였으며 각 주제에서 학생들은 귀납 및 연역 추론을 모두 사용하였으나, 연역 추론을 귀납 추론보다 더 자주 사용하는 것으로 나타났다. 학생들의 비판적 사고 수준의 향상에는 추론 활용의 빈도가 중요한데, 학생들은 추론을 활용하여 상대방을 효과적으로 설득할 수 있으며, 이는 자신을 능동적인 참여자로 인식하여 학습에 적극적으로 참여하게 된다.⁵⁶ 논의기반 탐구수업에서 학생들은 자신의 주장과 근거를 상대방의 주장과 비교하며 제시된 설명이 데이터와 얼마나 일치하고 타당한지 논리적으로 평가한다. 이때 학생들은 증거에 부합하고 논리적인 주장만이 인정된다는 것⁵⁷을 경험함으로써 추론을

적극적으로 활용하여 과학적 주장 및 검증을 하게 된다.

이에 따라 논의기반 탐구수업의 각 단계에서 나타난 추론유형의 빈도는 ‘주장·증거(학급논의)’ 단계에서 가장 많았다. 또한 논의기반 탐구수업의 ‘주장·증거’ 단계에서 이루어지는 모둠 및 학급논의에서 학생들은 연역 추론을 귀납 추론보다 많이 활용하였으며, 문제를 해결하며 비판적으로 사고하는 과정에서 다양한 논의유형을 사용하였다. 논의기반 탐구수업의 단계에서 학생들은 실험결과를 바탕으로 의문에 대한 답을 정리하고, 모둠원들과 논의를 통해 가장 타당한 주장과 증거를 도출하며 지식을 구축한다. 이 과정에서 지식의 불확실성이 해소되며, 자신의 주장과 증거를 다른 친구들의 것과 비교하여 논리적으로 분석하고 평가함으로써 정교하게 다듬어간다.⁵⁸ 학급논의 단계에서는 모둠논의에서 도출한 결과를 다른 모둠과 공유하며 이를 바탕으로 합의된 과학개념을 구성하게 되는데 이때 심리적으로 경쟁의식이 존재하여 학생들은 상대방의 주장과 대한 반박이 활발하게 이루어졌다. 이는 논리적 사고와 개념에 대한 인식론적 도전을 촉진하여 논의의 질을 향상시킨다.⁵⁹ 학생들은 추론을 적극적으로 활용하여 타당성과 신뢰성을 평가하며, 연역추론을 통해 복잡한 아이디어를 명확하게 전달하고 체계적이고 논리적인 해결책을 제시한다.

Browne & Freeman(2000)은 질문, 예상치 못한 결과, 능동적인 학습이 이루어지는 환경을 비판적 사고를 촉진하는 학습 환경으로 설명했으며,⁶⁰ Osborne(2014)은 논의기반 탐구수업은 자신의 아이디어와 증거를 비판적으로 평가받을 수 있어 비판적 사고를 함양하는 데 도움이 된다고 주장하였다.⁹ 논의기반 탐구수업 초등 프로그램은 학생들에게 능동적으로 탐구할 수 있는 환경을 조성하게 되는데, 이 환경 속에서 학생들은 비판적 사고의 핵심적인 도구로 사용되는 귀납 추론과 연역 추론을 어떻게 활용하는지를 이해하며 실제로 연습하게 된다. 이러한 추론은 논의를 통해 더 활발하게 이루어지며 궁극적으로 개인의 추론 능력도 향상될 수 있다.²² 논의를 통해 학생들은 자신의 생각을 논리적으로 표현하고자 노력하게 되고, 이 과정에서 자신의 주장의 타당성을 입증하는 데 더 유용하다고 여겨지는 연역 추론을 많이 활용한다는 것으로 나타났다.

이 연구에서는 초등학생이 논의기반 탐구활동을 수행하면서 과학적 탐구과정에 필요한 다양한 추론유형 및 논의유형을 적극적으로 탐색하고 적용함으로써 비판적 사고가 향상됨을 보여주었다. 논의기반 탐구활동에서 학생들은 모둠논의와 학급논의에서 서로의 추론을 모방하고 배우면서 활발하게 논의를 한다. 이러한 수업 방식은 학생들에게 깊이 있는 학습 경험을 제공하며 지식의 내면화 및 응용 능력을 향상시키므로 이는 초등학교 과학수업에

서 학생들이 모둠 활동을 통해 다양한 논의유형을 경험할 수 있는 기회를 제공해야 함을 시사한다. 이에 초등학생의 비판적 사고를 발달시키는 효과적인 수단으로써 초등 과학교육에 논의기반 과학 탐구수업을 정착시키는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 교사들은 학습환경 및 교육과정을 새롭게 설계하고 학생들이 비판적으로 사고할 수 있는 다양한 논의 기회를 지속적으로 제공해야 한다.

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

REFERENCES

- Saint-Paul, G.; Verdier, T. *Journal of Development Economics* **1993**, *42*, 399.
- Yacoubian, H. A. *Journal of Science, Mathematics and Technology Education* **2015**, *15*, 248.
- Ministry of Education. Elementary and Secondary School Curriculum General Principles and Specific Guidelines; Ministry of Education 2022.
- Ministry of Education. Middle School Science Curriculum; Ministry of Education 2007.
- Ministry of Education. 2015 Education Curriculum. (Notification No. 2015-of the Ministry of Education); Ministry of Education 2015.
- Phan, H. P. *Psicothema* **2010**, *22*, 284.
- Facione, P. Critical thinking: What it is and why it counts; Insight Assessment: Millbrae, CA, 2011.
- Ministry of Education. Teacher's Guide for Science 5-1; Visang Education 2019.
- Osborne, J. *Journal of Science Teacher Education* **2014**, *25*, 177.
- Demir, S. *Journal of Education and Practice* **2015**, *6*, 157.
- Bailin, S. *Science & Education* **2002**, *11*, 361.
- Siegel, H. *Synthese* **1989**, *80*, 9.
- Paul, R.; Elder, L. *Journal of Developmental Education* **2006**, *30*, 34.
- Trilling & Fadel, *Twenty-first Century Skills. Learning for Life in Out Times*; Jossey-Bass: San Francisco, 2009.
- Copi, I.; Cohen, C.; McMahon, K. *Introduction to Logic (14th ed.)*; Pearson Education Limited: England, 2014.
- Kim, K. *Logic and Critical Thinking*; Philosophy and Reality Publishing: Seoul, 2007.
- Halpern, D. *Critical Thinking Across the Curriculum*; Routledge: New York, 2014.
- Zemplén, G. A. *Science and Education* **2007**, *16*, 167.
- Vieira, R.; Tenreiro-Vieira, C.; Martins, I. *Science Education International* **2011**, *22*, 43.
- Sampson, V.; Enderle, P.; Grooms, J.; Witte, S. *Science Education* **2013**, *97*, 643.
- Nam, J.; Koh, M.; Bak, D.; Lim, J.; Lee, D.; Choi, A. *Journal of Korea Association for Science Education* **2011**, *31*, 1077.
- Hand, B.; Shelley, M. C.; Laugeran, M.; Fostvedt, L.; Therrien, W. *Science Education* **2018**, *102*, 693.
- Kuhn, D.; Udell, W. *Child Development* **2003**, *74*, 1245.
- Lemke, J. *Talking Science*; Ablex Publishing: Norwood, 1990.
- Cho, H. *Development and Effect of Argument-based Modeling Strategy as Teaching Method in Middle School Students*. Doctoral Thesis, Pusan National University, Pusan, Korea, 2014.
- Lee, S.; Nam, J. *Journal of Korea Association for Science Education* **2016**, *36*, 347.
- Park, J.; Nam, J. *Journal of Korea Association for Science Education* **2019**, *39*, 337.
- Keys, C. W.; Hand, B.; Prain, V.; Collins, S. *Journal of Research in Science Teaching* **1999**, *36*, 1065.
- Brown, J.; Collins, A.; Duguid, P. Situated Cognition and the Culture of Learning. In *Pupils and Learning, Psychology of Education: Major Themes*; Routledge: London, 2000.
- Garcia-Mila, M.; Andersen, C. *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-based Research*; Springer: Netherlands, 2007.
- Osborne, J.; Duschl, R. A.; Fairbrother, R. W. *Breaking the Mould?: Teaching Science for Public Understanding*; Nuffield Foundation: London, 2002.
- Berland, L. K.; Lee, V. R. *International Journal of Science Education* **2012**, *34*, 1857.
- Roth, W. M.; Roychoudhury, A. *Journal of Research in Science Teaching* **1993**, *30*, 127.
- Jung, D. *A Study on the Nature of Argumentation in Science Education and Exploring the Practice of Argument-Based Inquiry Science Class*. Doctoral Thesis, Pusan National University, Pusan, Korea, 2020.
- Nam, J.; Kwak, K.; Jang, K.; Hand, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 922.
- Duschl, R.; Ellenbogen, K. Psychological, and linguistic foundations for language and science literacy research, Conference on philosophical, University of Victoria, BC, Canada. 2002.
- Lee, M.; Kwon, J.; Nam, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2015**, *59*, 78.
- Park, J.; Jung, D.; Kim, G.; Jun J.; Nam, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2020**, *64*, 389.
- Glynn, S. M.; Muth, K. D. *Journal of Research in Science Teaching* **1994**, *31*, 1057.
- Hand, B. *Science Inquiry, Argument and Language*; Sense Publishers: Netherlands, 2008.
- Ennis, R.; Millman, J.; Tomko, T. *Cornell Critical Thinking Tests Level X & Z Manual*; Critical Thinking Books and Software: CA, 2005.
- Boostrom, R. *Developing Creative & Critical Thinking*; National Textbook Company: Lincolnwood, 1992.
- Walton, D.; Reed, C.; Macagno, F. *Argumentation Schemes*; Cambridge University Press: Cambridge, 2008.
- Walton, D. *Journal of Pragmatics* **2006**, *38*, 745.
- Lewis, R. W. *The American Biology Teacher* **1988**, *50*, 362.
- Kenndy, M., Fisher, M.; Ennis, R. *Educational Values and*

- Cognitive Instruction: Implications for Reform*; Routledge: New York, 1991.
47. Lewis, A.; Smith, D. *Theory into Practice* **1993**, *32*, 131.
48. Lee, S.; Choi, C.; Lee, G.; Shin, M.; Song, H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, *33*, 181.
49. Kuhn, T. *The Structure of Scientific Revolutions*; The University of Chicago Press: Chicago, 1962.
50. Minner, D. D.; Levy, A. J.; Century, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2010**, *47*, 474.
51. Godfrey-Smith, P. *The Journal of Philosophy* **2003**, *100*, 573.
52. Ministry of Education. *Science Teacher's Guide for Grade 5*; Ministry of Education 2019.
53. Clark, D. B.; Sampson, V. *Journal of Research in Science Teaching* **2008**, *45*, 293.
54. Osborne, J.; Erduran, S.; Simon, S. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, *41*, 994.
55. Eggen, P.; Kauchak, D.; Harder, J. *Strategies for Teachers: Information Processing Models in the Classroom*; Prentice-Hall: Englewood Cliffs, 1979.
56. Han, M. How Could I Alleviate Contradictions and Use Various Science Teaching Methods?; *Korean Elementary Science Education Conference*, **2020**, *78*, 56.
57. Longino, H. E. *Science as Social Knowledge*; Princeton University Press: Princeton, NJ, 1990.
58. Florence, M. K.; Yore, L. D. *Journal of Research in Science Teaching* **2004**, *41*, 637.
59. Erduran, S. *Argumentation in Science Education*; Springer: Netherlands, 2007.
60. Browne, M. N.; Freeman, K. *Teaching in Higher Education* **2000**, *5*, 301.
-