

과학교육에서 논의를의 본성 탐색

정도준 · 남정희*

부산대학교 화학교육과

(접수 2021. 9. 7; 게재확정 2021. 12. 22)

Exploring the Nature of Argumentation in Science Education

Dojun Jung and Jeonghee Nam*

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

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

(Received September 7, 2021; Accepted December 22, 2021)

요약. 이 연구는 과학교육에서 논의의 본성(the Nature of Argumentation in Science education, NAS)을 탐색하고자 하였다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 현재까지 국내·외 과학교육 분야에서 논의를 주제로 수행된 선행연구들을 수집한 후 이를 고찰하여 과학교육에서 논의의 특징을 추출하였다. 이후 전문가 검토를 실시하여 과학교육에서 논의의 본성을 ‘증거 기반’, ‘언어적 상호작용’, ‘맥락 의존성’, ‘공적 의사결정’, ‘잠정적 합의’, ‘방법론적 다양성’ 및 ‘과학 문화의 내면화’의 총 7가지 측면에서 제안하였다. 과학교육에서 논의의 본성에 대한 이해는 과학 학습에서 논의의 실천을 증진시킬 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 과학 학습에서 논의의 효과적인 실천을 위하여 과학교육에서 논의의 본성을 확장하고 정교화하기 위한 연구가 이루어질 필요가 있을 것이다.

주제어: 과학교육, 논의, 과학교육에서 논의의 본성

ABSTRACT. The purpose of this study is to explore the Nature of Argumentation in Science education (NAS). For this purpose, we collected previous studies conducted on the argumentation in science education, and then collected previous studies were analyzed to extract the overall characteristics of argumentation in science education. Based on the results, an expert review was conducted, then the nature of argumentation in science education was finally derived to a total of seven components: ‘evidence based’, ‘linguistic interaction’, ‘context dependency’, ‘public decision-making’, ‘tentative agreement’, ‘methodological diversity’, and ‘enculturation of scientific culture’. Understanding the nature of argumentation in science education can promote the practice of argumentation in science learning. Therefore, further studies will be necessary to conduct research to expand and refine the nature of argumentation in science education in order to effectively practice it in science learning.

Key words: Science education, Argument, Argumentation, Nature of argumentation in science education

서론

오늘날 과학기술과 정보통신의 급속한 발전은 우리 사회의 모든 분야에서 급격한 변화를 불러일으키고 있다. 새로운 가치를 창출하기 위한 다양한 시도는 새로운 지식과 함께 새로운 산업, 새로운 직업을 창출하고 있으며, 소셜 네트워크 서비스(SNS), 1인 미디어 등 정보의 기록과 전달 방식의 변화는 수많은 개인과 집단이 정보를 생성하고 교환할 수 있도록 하여 새로운 문화와 새로운 삶의 방식을 가져오고 있다. 하지만 과학기술의 무분별한 발전으로 인하여 기후변화, 자원고갈, 빈부격차와 같은 불확실하고 복잡한 문제들이 가속화되고 있으며, 정보가 생성되고 교환되는 역동적인 과정을 무시하고 정보를 절대적인

진리로 받아들이는 현상 또한 강하게 드러나고 있다. 이에 OECD는 목적을 추구하지 않는 발전이 가져올 새로운 문제의 발생 가능성에 대해 경고함과 동시에 앞으로의 교육은 서로 다른 관점을 가진 사람들과 일하고, 심각한 사회 문제에 대한 다양한 해결책을 찾는 것을 강조하는 방향으로 변화할 필요가 있다고 하였다. 즉, 학생들이 활동적이고 책임감 있으며 참여하는 시민이 되는데 필요한 능력을 갖추 수 있는 방식으로 교육이 이루어져야 한다는 것이다.¹⁾

학생들이 자신의 삶의 모든 차원에서 능동적인 역할을 수행하기 위해서는 단순히 사실을 암기하는 것 이상의 노력이 요구된다. 이러한 노력의 일환으로 과학교육에서는 과학적 소양(scientific literacy) 함양을 과학교육의 중요한

목표로 논의해왔다.²⁻¹⁰ 뿐만 아니라 OECD에서는 과학적 소양을 ‘반성적 시민으로서 과학의 아이디어로 과학과 관련된 문제에 참여할 수 있는 능력’으로 정의하고, 국제학업성취도평가(PISA)를 통해 청소년들의 과학적 소양을 평가하기 위한 노력을 현재까지도 꾸준히 이어오고 있다.¹¹ 물론 아직까지 과학적 소양이 무엇이며 어떠한 능력까지를 포함하는지에 대해서는 다소 이견이 존재²하지만, 과학 학습뿐만 아니라 실생활에서도 과학을 알고 활용할 수 있는 능력을 표현하기 위해 사용⁹하고 있는 것은 분명하다.

우리나라에서는 과학교육을 통한 과학적 소양 함양을 2007 개정 과학과 교육과정에서부터 과학교육의 목표로 명시하고 있으며, 이를 위하여 과학 학습에서 자신의 의견을 바탕으로 둔 글쓰기나 토의, 모형과 논증의 사용을 강조하였다.¹² 과학적 소양 함양을 위한 이러한 방식의 학습은 과학적 소양의 함양이 언어 사용과 관련된 사회문화적 맥락을 고려할 필요가 있다²는 견해와 일치한다. 다시 말해, 과학적 소양의 함양은 과학 지식에 대한 충분한 이해와 함께 과학의 언어에 대한 지식과 이해가 수반되어야 한다¹³는 것이다. 그런데 우리가 다른 언어를 배우는 것과 같은 방식으로 과학의 언어를 배울 수 있다는 주장¹⁴은 학생들이 관찰, 실험, 토의와 같은 과학적 탐구에서 드러나는 언어를 이해하는 것으로 과학의 언어를 학습할 수 있음을 의미한다. 이러한 측면에서 볼 때 논의는 과학의 언어 학습에 효과적인 것으로 판단된다. 왜냐하면 학생들이 아이디어에 대해 고민하고, 탐구를 통해 자신의 생각을 공유하고, 새로운 아이디어를 사전 지식이나 경험과 연결시켜 보는 등 과학적 아이디어를 이론으로 발전시키는 과학의 중심 활동이 바로 논의이기 때문이다.¹⁵ 게다가 논의 과정에서 주장을 세우고, 주장을 입증하기 위한 증거를 모으고, 주장의 타당성을 평가하기 위해 증거를 평가하는 활동은 최근 많은 과학교육자들에게 주목받는 인식론(epistemology)을 과학교육에서 실천¹⁶하는 것과 같다. 이처럼 탐구에 기반을 두고 인식론을 실천하는 것은 과학 지식이 자신의 삶에 미치는 의미를 해석¹⁷하는 것을 도울 수 있으며, 이는 과학교육을 통한 과학적 소양 함양이라는 과학교육의 목표와도 맥락을 같이한다. 다시 말해 과학적 탐구는 과학 공동체에 의한 지식의 구축 과정^{18,19}으로, 설명을 지지하거나 반박하기 위해 증거와 이론을 활용하는 것이 중요하다.¹⁸ 그런데 과학적 탐구의 결론에 대한 검증 가능성을 평가하거나 증거를 따져보는 것과 같은 활동은 논의를 실천²⁰하는 것이므로, 논의는 과학교육에서 중요하게 다루어질 필요가 있는 것이다.

현재까지 과학교육 맥락에서 논의를 주제로 수행된 연구는 과학 지식의 구성과 교육의 결과에 있어 담론의 중요성,^{21,22} 학습과 사고 과정에서 사회적 상호작용의 역할,²³

학생들의 논의 수준과 논의 과정에서 겪는 어려움²⁰ 등 다양한 측면에서 이루어지고 있다. 이러한 연구들은 과학 학습에서 논의를 보다 효과적으로 실천하기 위한 노력의 일환으로 보인다. 그런데 이와 동시에 현재의 교육적 실천이 학생들에게 논의 능력을 개발할 기회를 주지 않는다는 것을 확인한 연구도 많다.^{7,18,24} 일부 교사들은 학생들을 논의에 참여시키는 방법을 모르거나,²⁵ 논의가 학습을 위한 효과적인 방법이 아니라고 생각하기도 하였다.²⁶ 이러한 결과에 비추어 볼 때, 과학 학습에서 논의를 효과적으로 실천하기 위해서는 학생들을 논의에 참여시키고 수준 높은 논의를 실천하기 위한 교수-학습전략뿐만 아니라, 논의가 무엇인지에 대한 교사의 지식이나 인식, 역량 함양에도 관심을 기울일 필요가 있다.¹⁸

한편, 과학 지식 및 지식의 습득 과정, 과학의 작용 방법, 과학자의 역할 등 과학과 관련된 모든 문제에 대한 과학 교육자들의 논의²⁷는 과학의 본성(Nature of Science, NOS)에 대한 이해와 함께 과학교육의 목표와 방법에 대한 발전된 시각을 제시하였다. 우리나라에서도 교수-학습차원에서의 다양한 시도를 통해 학생들의 과학의 본성에 대한 이해를 높이고자 꾸준히 노력하고 있으며,²⁸⁻³⁰ 2009 개정 교육과정에서부터는 과학의 잠정성, 과학적 방법의 다양성, 과학 윤리 등 과학의 본성과 관련된 내용을 적절한 소재를 바탕으로 지도할 것을 명시하고 있다.³¹ 그런데 학생들의 과학의 본성에 대한 이해가 학습을 바탕으로 향상되었다는 것은 과학의 본성에 대한 개념이 안정적이고 일관성 있으며 변화하지 않는 신념체계가 아니라는 증거¹⁹이면서, 동시에 과학의 본성이 학습 가능하다는 것을 암시한다. 이와 동일한 맥락에서 앞서 과학교육에서 논의의 실천과 효과를 보고한 연구들을 해석해보면 논의 또한 학습 가능한 특성을 지니고 있다는 것을 의미한다. 그러나 현재까지 수많은 연구가 진행되었음에도 불구하고 과학교육 분야에서 논의가 지닌 의미를 본성 측면에서 구체적으로 다룬 연구는 찾아보기 힘들었다. 국내에서는 논의 개념의 명료화를 통해 교육현상에 대한 이해를 높이고자 시도된 연구³²가 있으나 과학교육에서의 논의에 대한 탐색으로 이어지지는 않았다. 국외에서는 과학교육에서 논의를 주제로 이루어진 다수의 문헌을 고찰하여 논의가 인지 과정, 비판적 사고, 과학적 소양 등에 기여하는 과정을 제안³³한 바는 확인되었으나, 마찬가지로 과학교육에서 논의의 특성을 바탕으로 그 실천을 해석하는 경우는 없었다. 따라서 이 연구에서는 과학교육에서 논의의 실천을 총체적인 시각에서 이해하고자 기존 연구들을 통합하여 과학교육에서 논의의 본성(the Nature of Argumentation in Science education, NAS)을 탐색하고자 하였다.

과학의 본성이 ‘과학이란 무엇인가?’라는 의문²⁷에 대한

Table 1. Classification criteria on previous research

Category		Criteria	Number
Aspect of argumentation process	Environment	Analysis of factors affecting argumentation process	15
	Structure	Analysis of argumentation structure and elements	13
	Level	Analysis of argumentation level	7
	Characteristic	Analysis of student interaction patterns or argumentation characteristics	14
	Total		49
Aspect of argumentation effect	Linguistic	Analysis of argumentation structure, level on writing, etc	12
	Inquiry	Analysis of inquiry skills, inquiry attitude, etc.	5
	Cognitive	Analysis of scientific concepts, scientific thinking skills, critical thinking skills, reflective thinking, epistemological thinking, etc.	29
	Affective	Analysis of character, learning attitude, learning motivation, etc.	11
	Total		57

답인 것처럼, 과학교육에서 논의의 본성은 ‘과학교육에서 논의란 무엇인가?’라는 의문으로부터 출발할 수 있다. 이러한 의문은 과학교육의 맥락에서 논의를 정의하는 것으로부터 시작하여 목적에 따라 다양한 방식으로 해결될 수 있다. 그러나 사전적으로 본성은 ‘사물이나 현상에 본래부터 있는 고유한 특성’을 의미한다. 이와 함께 교사와 학생, 학습 환경 등 학습이 이루어지는 역동적인 상황을 고려할 때, 과학교육에서 논의의 본성을 도출하는 것은 과학 학습이 이루어지는 맥락에 기초하는 것이 타당해 보인다. 이에 이 연구에서는 현재까지 과학교육 분야에서 논의를 주제로 수행된 선행연구들을 고찰하여 과학교육에서 논의의 특징을 추출하고, 그 결과를 토대로 과학교육에서 논의의 본성을 탐색하고 제안하고자 하였다. 이러한 과정을 바탕으로 제안된 과학교육에서 논의의 본성은 논의에 기반을 둔 과학 학습에 대한 이해와 함께 과학 학습에서 논의의 실천을 증진시키기 위하여 연구자들뿐만 아니라 교사와 학생 모두에게 도움이 될 것으로 기대된다.

연구 방법

연구 절차

이 연구는 과학교육에서 논의를 주제로 수행된 선행연구를 수집하고, 이를 고찰하여 과학교육에서 논의의 특징을 추출하였다. 이후 전문가 검토를 실시하여 과학교육에서 논의의 특징에 대한 전문가의 인식을 알아보았으며, 그 결과를 종합하여 과학교육에서 논의의 본성을 제안하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

선행연구 수집 및 고찰 과정

과학교육에서 논의를 주제로 수행된 선행연구의 수집 및 고찰은 우선 국내 문헌을 중심으로 실시하였다. 문헌 수집에는 국내 학술데이터서비스를 이용하였으며, 검색어

로는 ‘논의’, ‘논변’, ‘논증’, ‘argument’, ‘argumentation’ 등을 사용하였다. 또한 수집하고자 하는 문헌이 이 연구의 목적 달성에 적합한지를 판단하기 위해 연구 대상, 연구 목적, 연구 방법 등을 살펴보았다. 이 과정에서 원문을 제공 받을 수 없는 경우, 연구 목적이 교수-학습 프로그램이나 평가를 개발한 경우, 연구 대상이 특수학생이나 현직교사, 외국인인 경우, 과학교육에서 논의를 실천한 연구가 아닌 경우, 학위 논문을 학술지 논문으로 중복 게재한 경우 등을 배제하였다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 실제 과학 학습 맥락 맥락으로부터 논의의 특징을 도출하고자 했기 때문이다. 문헌 배제를 위해 두 명의 연구자가 독립적으로 각 문헌에 대한 배제 여부를 결정하였으며, 이견이 있는 경우 합의를 거쳐 결정하였다. 그 결과, 2020년 3월 기준 총 106편의 문헌이 분석 대상 문헌으로 선정되었으며, 이중 학위 논문은 80편, 학술지 논문은 26편에 해당하였다.

수집한 106편의 문헌을 고찰하기 위하여 연구 방법 및 연구 결과를 중심으로 문헌에서 주로 다루고 있는 변인 관계를 추출하였으며, 이를 모두 나열한 후 공통된 특성을 바탕으로 귀납적으로 범주화하였다. 그 결과, 수집한 문헌은 크게 논의 과정을 살펴보기나 논의에 영향을 주는 요인을 다루는 연구(논의 과정)와 학생들에게 미치는 논의의 효과(논의 효과)를 살펴보는 연구로 범주화할 수 있었으며, 각각 4개의 하위요소를 포함하는 형태로 세분화되었다(Table 1). 다음으로 각 범주에서 다루어진 선행연구에서 다루어진 주요 개념들을 연구의 서론, 이론적 배경 등을 참고하여 추출하였다. 추출한 개념들 중 5회 이상의 출현 빈도를 나타내는 개념들은 핵심 개념으로 선정하고 상위 수준과 하위 수준으로 재분류하였으며(Table 2), 이후 핵심 개념을 중심으로 연구의 주요 결과를 통합적으로 고찰하였다. 다만 이 연구의 목적이 기존에 수행된 개별 연구들의 질적 분석을 토대로 과학교육에서 논의의 본성을 고찰하는 것에 있으므로, 개별 연구 결과의 효과를 통계적으로 검증하는 과정은 생략하였다.

Table 2. Key concepts on previous research

Category	Key concept	
	Upper	Sub
Aspect of argumentation process	Argumentation	Science education and argumentation, argumentation process/level
	Learning theory	Constructivism
	Learning context	Social interaction, cooperation
	Epistemology	Epistemic cognition
Aspect of argumentation effect	Argumentation	Science education and argumentation, argumentation process
	Learning theory	Constructivism
	Language	Science education and language/reading/writing, constructivism and writing
	Model	Model and modeling
	Thinking	Metacognition, reflective thinking

한편, 국내에서 이루어진 다수의 연구만을 토대로 과학 교육에서 논의의 특징을 추출하는 것은 타당도와 보편성 측면에서 한계가 있다. 특히 국내 문헌 중에서는 과학 학습 맥락에서 논의의 실천과 중요성에 대해 기존 연구를 바탕으로 체계적인 고찰을 시도한 연구가 없다. 이러한 한계를 보완하고자 과학교육에서 논의를 주제로 발간된 국외 서적이거나 JRST(Journal of Research in Science Teaching), IJSE(International Journal of Science Education)와 같은 과학교육 분야의 주요 국제학술지에 게재된 논의 관련 리뷰 논문을 추가로 수집하였다. 수집은 국내 문헌에서 공통적으로 참고하고 있거나 논의와 관련된 학습 전략을 최초로 제안한 연구에서 다루는 문헌 등을 토대로 눈덩이 표집 방식(snowball sampling)으로 이루어졌다. 수집한 국외 서적이거나 리뷰 논문의 주요 연구 결과는 국내 문헌의 연구 결과를 해석하고 그 중요성을 설명하는 데 활용되었으며, 이를 바탕으로 과학교육에서 논의의 특징을 추출하였다.

전문가 검토 과정

선행연구의 고찰을 바탕으로 추출된 과학교육에서 논의의 특징에 대한 타당도 확보와 의견 개진을 위하여 전

문가 검토를 실시하였다. 전문가 선정을 위한 기준으로는 최종학력, 연구분야, 교육경력, 교육실적 등을 고려하였으며, 통계적인 목적이 아닌 전문가들 사이의 합의에 도달하기 위한 역학 관계³⁴를 고려하여 최종적으로 10인의 전문가를 선정하였다. 선정된 10인의 전문가 중 7인(A~G)은 과학교육 전공의 박사학위를 소지하고 있었으며, 교수-학습 분야의 학술지 게재 실적이 3건 이상으로 확인되었다. 또한 대학에서 과학교육 관련 강의를 진행하고 있어 과학교육에 대한 전문적인 지식이 높다고 판단하였다. 나머지 3인(H~J)은 대학에서의 강의 경험은 없으나 현직 교사로서 과학교사 전공심화연수 대상자로 선정되는 등 학교 현장에서의 과학교육 실천 역량이 우수하다고 판단되어 전문가로 섭외하였다(Table 3).

선정된 전문가들을 대상으로 전문가 검토를 실시하기 위하여 질문지를 개발하였다. 질문지의 문항은 선행연구의 고찰 결과로부터 도출된 과학교육에서 논의의 특징에 대한 20개 항목으로 구성하였으며, 전문가들이 이에 대한 자신의 의견을 5단계의 평정척도(5점: 매우 중요하다, 4점: 중요하다, 3점: 보통이다, 2점: 중요하지 않다, 1점: 매우 중요하지 않다)를 바탕으로 응답할 수 있도록 하였다. 또한 평가의 정당성을 위하여 2점 이하로 응답한 문항에 대

Table 3. Information of experts' group

No	Expert	Academic background	Teaching experience (year)	Research areas
1	A	Doctor	24	Argumentation
2	B		10	Science teaching and learning
3	C		31	Science teaching and learning, teacher education
4	D		17	Argumentation, epistemic cognition
5	E		9	Science teaching and learning, teacher education
6	F		13	Argumentation, evaluation
7	G		17	Argumentation, modeling
8	H		34	Gifted education
9	I	Master	20	Character education, evaluation
10	J		13	Science teaching and learning

해서는 그 이유를 기술하도록 하였으며, 제시된 문항 외에 추가로 고려되어야 할 부분이 있는 경우 타당한 설명과 함께 작성할 수 있도록 구성하였다. 단, 전문가들이 과학교육에서의 논의에 대한 전문적인 지식이 낮거나 각 문항의 도출 과정에 대한 의문으로 검토에 어려움을 겪을 수 있으므로, 선행연구의 수집 및 고찰 과정, 고찰 결과를 요약한 설명지를 함께 제공하였다. 질문지와 설명지의 내용 및 형식은 과학교육전문가 1명, 과학교육박사학위 소지 과학교사 1명, 박사과정 5명, 석사과정 5명으로 구성된 협의회에서 수차례 수정·보완을 거쳤다.

최종적으로 개발된 질문지와 설명지는 연구자와 전문가가 이메일을 통하여 일대일로 주고받았다. 전문가 검토에는 평균적으로 1주일 정도의 시간이 소요되었으며, 통계처리를 거쳐 각 문항에 대한 평균과 표준편차를 산출하였다. 전체 문항 및 각 문항에 대한 평균은 전문가들이 제시한 검토 의견과 함께 분석되었으며, 그 결과는 과학교육에서 논의의 본성에 대해 제안하는 데 활용되었다. 전문가 검토를 위한 질문지의 구체적인 내용 및 이에 대한 논의는 연구 결과 부분에 제시하였다.

연구 결과

과학교육에서 논의의 특징

과학교육에서 논의의 특징을 추출하기 위하여 국내·외 과학교육 분야에서 논의를 주제로 수행된 선행연구를 수집하여 ‘논의 과정’과 ‘논의 효과’ 범주로 분류하였다. 각 범주에 속한 연구의 주요 결과를 Table 2의 측면에서 고찰한 결과는 다음과 같다.

‘논의 과정’ 범주에 속한 선행연구의 경우 논의와 관련된 개념들이 과학교육과 논의, 논의 과정, 논의 수준과 같은 측면에서 언급되고 있었다. 논의 과정이나 논의 수준을 측정하기 위한 방법으로는 주로 Toulmin의 논의 구조(TAP)가 사용되고 있었으며, 국내 다수의 연구들이 이를 바탕으로 학생들이 사용하는 증거나 논의 수준, 논의 과정 등을 살펴보았다. 일부 연구에서는 Toulmin의 논의 구조를 비판하며 논의가 이루어지는 상황적 맥락을 고려하기 위한 방법을 고민하는 경우도 있었다. 또한 논의와 관련된 학습 이론으로 구성주의를 고찰하거나 지식 구성 과정에서 사회적 상호작용의 중요성을 언급하고 있었는데, 이는 논의가 구성주의적 학습에서 인지적 도제를 위한 수단으로 사용될 수 있음을 의미한다. 게다가 논의를 바라보는 이러한 관점은 논의가 과학 지식의 사회적 구성³⁵에 대한 이해를 높일 수 있음을 의미하므로, 언어를 매개로 일어나는 사회적 상호작용²³의 관점에서 논의는 구성주의를 실천하기 위한 효과적인 방법으로 활용될 수 있을 것이다. 마지막

으로 지식과 지식의 생성 과정에 대한 개인의 신념을 의미하는 인식론적 신념³⁶이 논의 과정에 영향을 미치며, 논의 과정으로서 과학 지식의 절차적 바탕은 반드시 명시적으로 다루어질 필요가 있다³⁵는 주장이 있었다. 그런데 인식론적 신념은 비구조화된 문제의 해결 과정에 중요한 역할²²을 하므로, 인식론적 신념은 논의에 영향을 미치는 언어적, 상황적 맥락에 대한 이해와 함께 반드시 고려될 필요가 있다.

‘논의 효과’ 범주에 속한 선행연구에서도 ‘논의 과정’ 범주에서와 같이 과학교육과 논의, 논의 과정, 구성주의 등에 대한 내용이 언급되고 있었다. 이 외에도 국내 다수의 연구자들은 언어를 사용하는 사회적 상호작용의 실천 방법으로 과학 수업에 논의를 적용하였고, 읽기, 쓰기, 읽기와 쓰기의 관계 등의 측면에서 논의의 과정과 효과를 살펴보고 있었다. 또한 논의 과정이나 효과를 살펴보기 위하여 학생들의 논의 과정을 녹음하거나 녹화 후 전사하여 분석하는 경우가 많았는데, 이는 논의의 대화적 측면을 고려한 것으로 보인다. 왜냐하면 구조적 관점에서 논의의 분석은 읽기와 쓰기의 결과를 토대로 누락된 논의 요소를 확인하고 보완하는 형태로 실천될 수 있지만, 대화적 관점에서는 서로의 의견을 말하고 듣는 과정이 필수적으로 고려되어야 하기 때문이다.³⁷ 뿐만 아니라 언어를 포함하는 다양한 표현 양식의 사용이 학생들의 논의 능력에 영향을 미치거나, 논의의 결과로 표현되는 모델이 지식과 지식의 구성 과정에 대한 높은 수준의 인식을 함양하게 한다는 것을 보여주는 연구도 있었다. 끝으로 일부 연구는 논의의 효과를 메타인지, 반성적 사고 및 인식론적 사고와 같이 과학적 사고의 측면에서 살펴보고 있었는데, 이는 논의가 증거를 이용하여 주장을 세우고, 주장을 정당화하기 위해 증거의 타당성을 평가하는 인식론적 활동으로 학습을 위한 중요한 역할을 수행할 수 있음을 의미한다.³³

이상의 고찰을 종합하여 과학교육에서 논의의 특징을 추출하고자 과학교육전문가 1명, 과학교육박사학위 소지 과학교사 1명, 박사과정 5명, 석사과정 5명으로 구성된 과학교육 세미나에서 선행연구의 고찰 결과를 논의하였다. 논의 결과, 과학교육에서 논의의 특징에 대한 상위 속성으로서, 논의의 기본이 되는 ‘논의 요소’, 논의가 이루어지는 상황의 ‘맥락’, 논의에 참여하는 구성원의 ‘인식론’, 논의를 표현하는 ‘언어’, 학생들의 논의를 촉진시키기 위한 교사의 ‘전략’이 추출되었다. 이 외에도 논의가 과학교육의 궁극적인 목표에 미치는 영향을 고려하기 위하여 ‘과학교육 목표’ 측면을 추가하였다. 이후 각각의 속성에 대한 세부적인 내용을 구성하였으며, 총 20개 항목으로, 논의 요소와 관련된 3개 항목, 맥락과 관련된 4개 항목, 인식론과 관련된 3개 항목, 언어와 관련된 3개 항목, 전략과 관련된 3개 항목, 과학교육 목표와 관련된 4개 항목이 도출

Table 4. The characteristics of argumentation in science education

No.	Category	Content
1	Argumentation element	The use of argumentation elements is essential in argumentation.
2		The use of argumentation elements affects the process and outcome of the argumentation.
3		The knowledge generated by the argumentation is the result of consensus and can be changed.
4	Context	Interaction is essential in argumentation.
5		Understanding the context is essential in argumentation.
6		The context affects the process and outcome of the argumentation.
7		The knowledge generated by the argumentation can be context dependent.
8	Epistemology	The consideration of epistemology is essential in argumentation.
9		Epistemology affects the process and outcome of the argumentation.
10		The practice of argumentation can bring about a change in epistemology.
11	Language	The use of language is essential in argumentation.
12		The use of language affects the process and outcome of the argumentation.
13		The argumentation should involve different types of language use.
14	Strategy	The use of strategies is essential in argumentation.
15		The use of strategies affects the process and outcome of the argumentation.
16		The strategies used in the argumentation can be context dependent.
17	Purpose of science education	The practice of argumentation plays a key role in the development of science.
18		The practice of argumentation can be carried out in a variety of ways.
19		The practice of argumentation is based on the culture of the scientific community.
20		The practice of argumentation helps to understand the nature and development of knowledge.

되었다(Table 4). 추출된 20개 항목은 모두 전문가 검토를 위한 질문지의 문항으로 활용되었으며, 선행연구의 수집 및 고찰 과정, 고찰 결과를 요약한 설명지와 함께 전문가들에게 제공되었다.

과학교육에서 논의의 특징에 대한 전문가의 인식

과학교육에서 논의의 특징에 대한 전문가 검토 결과, 각 항목의 타당도에 대한 평정 평균은 4.10~4.80 사이에서 분포하고 있었으며, 문항에 대한 전체 평균은 4.52로 나타났다(Table 5). 또한 모든 항목에 대하여 2점(그렇지 않다) 이하의 평정은 나타나지 않았으며, 4번, 8번, 13번 및 14번 항목에 대해서만 3점(보통이다)의 평정을 보여주었다. 이러한 결과를 바탕으로 전문가들은 선행연구의 고찰 결과로부터 도출된 과학교육에서 논의의 특징에 대해 동의하고 있음을 알 수 있었다.

한편, 4번, 8번, 13번 및 14번 항목에 대하여 3점(보통이다)으로 평정한 전문가들은 다음과 같은 의견을 제시하였다.

[4번 항목]

전문가 F: 연구 결과를 학술지에 투고하거나 학생들의 논의 능력을 검사하기 위한 과학 글쓰기가 상호작용은 아니므로 구성원과의 상호작용이 필수적이라고 생각되지 않음

전문가 E: 논문이나 연구 발표 등 비대면적 상황에서도 논의가 가능함

‘논의는 구성원과의 상호작용이 필수적이다.’라는 4번 항목은 학습 이론으로 구성주의와 지식의 구성 과정에서 사회적 상호작용의 중요성을 강조한 연구³⁸⁻⁴⁰에 바탕을 두었다. 이 항목에 대해 전문가들은 글쓰기와 같이 논의를 수행하는 대상이 존재하지 않더라도(전문가 F), 동료 검토와 같이 직접적인 대면 상황이 아니더라도 논의가 가능(전문가 E)함을 지적하였다. 이러한 지적은 전문가들이 상호작용을 직접적인 대면 상황에서 대상이 존재할 때 가능한 것으로 인식하고 있음을 의미한다. 그런데 2007개정 과학과 교육과정에서부터 강조되고 있는 과학 글쓰기나

Table 5. Results of the expert validity survey

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Average	4.50	4.60	4.50	4.40	4.70	4.70	4.50	4.20	4.30	4.60	total
No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Average	4.60	4.80	4.20	4.10	4.60	4.40	4.50	4.80	4.60	4.70	4.52

과학 지식의 생성을 위하여 과학적 탐구 결과를 바탕으로 이루어지는 과학자들의 검토 과정²⁷은 논의에서의 상호작용이 대상의 유무나 공간의 제약과는 관계없이 이루어질 수 있음을 보여준다. 따라서 논의에서의 상호작용을 제한적으로 바라보고 있는 전문가들의 인식을 변화시키기 위한 노력이 필요할 것이다.

[8번 항목]

전문가 F: 학생들의 인식론을 어떻게 고려할 수 있는지가 의문임

‘논의에서 인식론의 고려는 필수적이다.’라는 8번 항목은 지식과 지식의 생성 과정에 대한 개인의 신념이 논의에 영향을 미친다는 연구^{39,41}에 바탕을 두었다. 이 항목에 대해 의견을 제시한 전문가는 학생들의 인식론을 고려할 수 있는 방법에 대한 근본적인 의문을 제기하였다. 전문가의 지적처럼 선행연구는 대부분 논의를 경험한 학생들이 인식론 측면에서 어떻게 변화했는지를 살펴본 것으로, 학생들의 인식론이 학습에 어떠한 영향을 미치는지를 살펴본 연구는 아니었다. 즉, 현재까지 수행된 선행연구는 인식론을 논의를 효과적으로 실천하기 위한 조건보다는 논의의 실천을 통해 함양할 수 있는 역량으로 고려하고 있었다. 그러나 다수의 연구들이 인식론과 학습 사이의 유의미한 관계를 보여주었으며,^{36,42,43} 특히 진실과 정당성에 대한 인식론적 의문을 바탕으로 과학 지식이 구성⁴⁴된다는 주장은 과학 학습 과정에서 인식론에 대한 고려가 이루어질 필요가 있다는 것을 의미한다. 따라서 앞으로의 연구에서는 학생들이 가지고 있는 인식론을 측정하고, 이것이 과학 학습을 통해 어떻게 변화하는지를 살펴보는 연구가 필요하다고 본다.

[13번 항목]

전문가 E: 다양한 유형의 언어를 사용하는 것이 논의 과정에 장점이 될 수 있으나, 예를 들어 ‘가치’와 관련된 논의와 같이 주제나 상황에 따라 다양한 유형의 언어가 필요하지 않을 수도 있음

전문가 J: 다양한 유형의 언어 사용이 정보 전달과 이해에 도움은 되겠지만 논의는 기본적으로 읽기, 쓰기, 듣기, 말하기와 밀접한 관련이 있으므로 반드시 다양한 유형의 언어 사용이 수반될 필요는 없다고 생각함

‘논의는 다양한 유형의 언어 사용을 수반해야 한다.’라는 13번 항목은 언어를 포함하는 다양한 표현 양식의 사용이 학생들의 논의 능력에 영향을 미친다는 다수의 연구⁴⁵⁻⁴⁷

에 바탕을 둔다. 이 항목에 대하여 전문가들은 다양한 언어가 사용될 필요가 없는 사례를 설명하거나 ‘수반해야 한다’라는 다소 단정적인 표현에 대하여 의견을 제시하였다. 전문가들의 지적처럼 논의는 읽기, 듣기, 쓰기 및 말하기의 사용만으로도 수행될 수 있다. 그러나 과학자들이 그래프, 도표, 기호와 같은 언어를 이용하여 의사소통을 실시하는 것처럼, 과학은 언어뿐만 아니라 상징적이고 수학적인 형태로도 표현될 수 있다.⁴⁸ 이러한 측면에서 볼 때 학생들은 과학 학습 과정에서 과학의 다양한 표현 방식을 이해하고 배울 필요가 있다.⁴⁹ 다만 전문가들의 지적처럼 다양한 유형의 언어 사용이 논의가 이루어지기 위한 필수 조건은 아니므로, 논의의 핵심적인 특징이나 실천 역량으로 다루어질 필요는 없어 보인다.

[14번 항목]

전문가 F: 전략을 사용하면 질 높은 논의를 이끌어 낼 수는 있으나, 전략 없이도 논의를 실천할 수 있다고 생각함

‘논의에서 전략의 사용은 필수적이다.’라는 14번 항목은 과학 학습에서 논의를 실천하기 위한 방법으로 일련의 단계를 가진 교수-학습모형을 적용한 국내의 사례들과 논의는 적절한 교수와 구조화된 모델을 바탕으로 가르쳐야 한다^{50,51}는 주장을 바탕으로 제작되었다. 이 항목에 대하여 전문가는 전략 없이도 논의를 실천할 수 있음을 지적하였으나, 실천 사례를 구체적으로 밝히지는 않았다. 그러나 15번(평균: 4.60) 항목에 대한 전문가의 응답 결과로부터 추론할 수 있듯이 구체적인 전략을 바탕으로 실천되는 논의는 학생들의 논의 능력 향상으로 이어질 수 있다. 또한 논의 능력의 향상은 과학 학습 맥락을 벗어나 학생들이 일상생활에서 개인과 사회의 문제를 과학적으로 해결할 수 있는 데 기여할 수 있다. 이러한 측면에서 봤을 때 전략은 논의의 목표를 달성하기 위한 수단으로 고려하는 것이 타당하다고 판단된다.

이 외에도 전문가들은 일부 항목에 대하여 추가 의견을 제시하였다. 예를 들어 ‘논의에서 논의 요소의 사용은 필수적이다.’라는 1번 항목과 ‘논의에서 논의 요소의 사용은 논의의 과정과 결과에 영향을 미친다.’라는 2번 항목은 모두 논의 요소와 관련된 것으로, 학생들의 논의 과정에서 나타나는 논의 요소나 논의 요소의 수준을 살펴본 연구들을 바탕으로 제작되었다. 1번과 2번 항목에 대하여 전문가들은 논의 요소의 사용 범위를 명시하고 논의 요소의 질적 수준을 고려할 필요에 대한 의견을 제시하였는데, 맥락에 따라 다르게 나타나기도 하는 논의의 특성상 이를 명확하게 명시하는 것은 어려울 수 있다. 이에 ‘과학에서 논의의 실천은 다양한 방식으로 수행될 수 있다.’라는 18

번 항목과 함께 고려하여 논의가 맥락에 따라 다양한 방식으로 수행될 수 있음을 나타낼 필요가 있다고 판단되었다. 또한 ‘과학에서 논의의 실체는 지식의 본성과 발전에 대한 이해를 돕는다.’라는 20번 항목에 대하여 전문가는 10번 항목의 내용과 비슷하다는 의견을 제시하였다. 10번 항목의 경우 ‘논의의 실체는 인식론의 변화를 가져올 수 있다.’로 표현되는데, 인식론이 지식의 본성과 정당화에 관한 것이라는 정의³⁶에 비추어 볼 때 이러한 의견은 타당하다고 판단된다. 이 외에 각 항목에서 언급하고 있는 주요 용어들에 대한 연구자의 관점이 명확하지 않음을 지적하였는데, 용어의 정의를 명확하게 하는 것은 연구의 최종 목표 달성을 위해 반드시 고려되어야 할 측면으로 보인다.

이상의 결과를 종합해보면 과학교육에서 논의의 특징의 상위 속성에 대해서 전문가들은 전반적으로 동의하는 것으로 보인다. 그러나 일부 항목에 대해서는 중복이나 중요성, 용어의 명확성 등의 의문을 제기하였다. 이에 연구진들은 전문가의 의견과 함께 선행연구의 고찰 과정을 종합하여 과학교육에서 논의의 본성을 제안하기 위한 논의를 하였다. 논의는 과학의 본성이 과학의 특성을 조망한 결과로부터 도출된 메타 지식이라는 견해⁵²와 마찬가지로, ‘논의 요소’, ‘맥락’, ‘인식론’, ‘언어’, ‘전략’ 및 ‘과학교육 목표’ 측면에서 진술된 총 20개의 항목 중 우선적으로 고려되어야 할 항목들을 선정하여 용어를 재진술하는 방식으로 이루어졌다. 이 과정에서 ‘논의 요소’ 측면은 논의 요소의 사용과 지식의 잠정성 부분을 개별적으로 진술하는 것으로 합의하였으며, 최종적으로 총 7가지의 측면에서 과학교육에서 논의의 본성이 도출되었다.

과학교육에서 논의의 본성 제안

이 연구에서는 과학교육에서 논의의 본성을 ‘증거 기반(evidence based)’, ‘언어적 상호작용(linguistic interaction)’, ‘맥락 의존성(context dependency)’, ‘공적 의사결정(public decision-making)’, ‘잠정적 합의(tentative agreement)’, ‘방법론적 다양성(methodological diversity)’ 및 ‘과학 문화의 내면화(enculturation of scientific culture)’ 측면에서 제안하고자 한다(Table 6).

첫째, 논의는 증거에 기초한다(증거 기반). Toulmin이 제안한 논의 요소 중 주장을 정당화하기 위해 증거, 보장, 보강, 한정, 반박과 같은 다양한 요소들을 사용할 수 있다. 그러나 실제 학생들의 논의에서는 주장과 증거의 사용이 빈번하게 관찰될 뿐, 보장과 보강과 같은 요소는 잘 드러나지 않는다.^{24,53-55} 또한 보장, 보강, 한정, 반박과 같은 요소들은 증거를 정당화하기 위한 관점에서 주로 사용되는 것으로, 증거에 대한 증거라고 볼 수 있다. 즉, 과학 학습에서 논의는 주장과 증거를 합리적으로 연결 짓고 평가⁵⁶하는 활동으로, 증거에 기초한다.

둘째, 논의는 언어를 사용하는 상호작용에 바탕을 둔다(언어적 상호작용). 언어는 타인과의 상호작용을 통해 구성되는 것으로, 논의는 학생들이 언어를 사용하여 자신의 생각을 표현하고 상대방의 의견을 판단하는 의사소통의 한 가지 형태이다.⁵⁷ 이러한 측면에서 볼 때 학생들이 과학 지식을 해석하고 표현하기 위해 사용하는 모든 것이 언어⁵⁸이므로, 2015 개정 과학과 교육과정에서 강조하고 있는 증거에 기초한 토론과 논의 또한 언어를 바탕에 둔다고 말할 수 있다. 단, 과학에서는 우리가 살고 있는 세계를 설명하기 위하여 말과 글뿐만 아니라 영상이나 기호와 같은 시각적 표현 등 다양한 방식을 사용하고 있으므로, 언어를 과학 공동체에서 사용하는 모든 표현 방식으로 폭넓게 정의될 필요가 있다.

셋째, 논의는 논의가 이루어지는 맥락에 영향을 받는다(맥락 의존성). 학습이 어떠한 맥락에서 이루어지느냐에 따라 영향을 받는 것과 마찬가지로, 논의가 이루어지는 학습 맥락과 특징에 대한 이해는 성공적인 학습을 위한 가능성을 제공한다.⁵⁹ 특히 논의는 논의가 이루어지는 장소(locality), 논의와 관련된 사건(background), 논의에 참여하는 사람(arguer) 및 논의가 표현되는 방식(expression)에 영향을 받으므로,⁶⁰ 논의의 과정과 결과에 대한 적합한 해석은 논의가 이루어지는 맥락에 대한 이해가 전제될 필요가 있다.

넷째, 논의에서 공적 의사결정 과정은 중요하다(공적 의사결정). 사회적 구성주의 관점에서 동료들과의 상호작용은 더 나은 주장과 증거를 구성할 수 있도록 해준다.⁶¹ 특히 자신의 주장을 바탕으로 소집단이나 학급 논의에 참

Table 6. The Nature of Argumentation in Science education (NAS)

No.	Component	Description
1	Evidence based	Claim is based on evidence.
2	Linguistic interaction	Argumentation is based on the interaction using language.
3	Context dependency	Argumentation is affected by the context.
4	Public decision-making	Public decision-making process is important in the argumentation.
5	Tentative agreement	The product of argumentation is a tentative agreement on the claim.
6	Methodological diversity	Argumentation is presented in various ways according to purpose.
7	Enculturation of scientific culture	Argumentation contributes to the enculturation of scientific culture.

여하는 공적 의사결정의 경험은 자신의 주장이나 증거에 대한 이해를 개선할 수 있는 기회가 된다.^{40,61,62} 이러한 측면에서 볼 때 논의에 기반을 둔 과학 학습은 학생들이 소규모의 그룹이나 학급 구성원 전체를 대상으로 주장과 증거에 관해 공개적으로 토론할 수 있도록 구성될 필요가 있다. 단, 공적 의사결정 과정에서 이루어지는 논의는 가능한 대안 중에서 어떤 것을 선택할지 결정하는 것을 목적으로 두므로, 논의의 결과까지를 보장해주지는 않는다.

다섯째, 논의의 결과는 주장에 대한 잠정적 합의이다(잠정적 합의). 논의는 확실하다고 믿는 전제로부터 잠정적인 결과를 추론하는 것으로, 상대방에게 결과의 타당성을 설명하는 데 목적이 있다.⁵¹ 이는 논의의 결과가 그것의 절대적인 가치가 아닌 설득을 위한 주장과 증거의 타당성 정도에 의존한다는 것을 의미한다. 게다가 과학 지식이 증거에 기반을 둔 논의를 통해 구성된다¹⁸는 것은 논의의 결과 또한 변할 수 있음을 의미한다. 따라서 논의의 결과는 주장에 대한 잠정적 합의로서 주장이 세워진 맥락에 비추어 해석될 필요가 있다.

여섯째, 논의는 목적에 따라 다양한 방식으로 나타난다(방법론적 다양성). 과학을 제대로 이해하고 효과적으로 탐구하기 위해서는 과학적 방법이 다양하다는 것을 이해하는 것이 중요하다.¹⁷ 마찬가지로 논의 또한 목적에 따라 다양한 방식으로 나타난다.^{63,64} 대부분의 경우 말하기와 듣기, 읽기와 글쓰기 같은 언어적 형태로 드러나지만, 과학 학습 맥락에서는 표상과 같은 상징적이며 수학적인 형태로도 표현될 수 있다.⁴⁸

일곱째, 논의는 과학 문화의 내면화에 기여한다(과학 문화의 내면화). 현대 민주주의 사회에서 성숙한 시민으로 행동하기 위하여 과학 지식과 과학적 실천의 본성에 대해 이해하는 것은 중요하다.¹⁷ 이에 일상생활에서 과학의 실천을 과학교육의 궁극적인 목표로 둘 필요가 있으며, 교사는 학생들에게 과학을 문화로 전달하고 학생들은 과학을 문화로 습득해야 한다. 이러한 측면에서 볼 때 논의의 능력의 향상은 정교한 인식론과 과학 공동체의 실천을 내면화하는 데 도움이 될 수 있으므로,⁶⁵ 논의에 기반을 둔 과학 학습은 과학 및 과학의 작동 방식에 대한 과학 공동체의 문화 습득에 기여한다고 말할 수 있다.

이상의 논의로부터 볼 때 과학교육에서 논의의 본성을 구성하는 7가지 요소들은 과학 학습에서 좋은 논의를 실천하기 위한 각자의 기능을 수행한다고 말할 수 있다. 그런데 과학적 실천을 총체적인 시각에서 이해하고자 하는 노력⁶⁶에 비추어 볼 때, 과학교육에서 논의의 본성이 논의에 기반을 둔 과학 학습이라는 체계 속에서 서로 어떠한 관계를 가지고 있는지 알아보는 것은 논의의 본성에 대한 이해를 높일 수 있다. 예를 들어 과학 학습에서 논의가 이

루어지는 일반적인 상황을 가정해 봤을 때, ‘공적 의사결정’은 증거를 기반으로 하는 언어적 상호작용이며, ‘잠정적 합의’는 증거가 맥락에 의존한다는 사실을 이해하는 것이라고도 말할 수 있다. 또한 ‘잠정적 합의’는 증거가 맥락에 의존한다는 사실을 이해하는 것이며, ‘방법론적 다양성’은 자신이 처한 환경에 따라 적절한 언어를 사용하여 상호작용하는 것을 의미하기도 한다. 따라서 각 요소들은 논의의 본성을 구성하는 독립적인 요소로서 작용할 뿐만 아니라 상호 연관되어 과학 학습의 목표 달성에 보다 효과적으로 기여할 수 있으리라 예상된다.

결론 및 제언

현대 사회의 급속한 발전으로 인하여 개인과 사회는 이용 가능한 정보를 바탕으로 사회과학적인 문제에 대해 개인적이고 윤리적인 결정을 내릴 수 있어야 한다.⁵¹ 이를 위해 교육은 활동적이고 책임감 있으며 참여하는 시민이 되는데 필요한 능력을 갖추는 방향으로 변화할 필요가 있다.¹ 이러한 시대적 흐름에 따라 과학교육에서는 과학 학습 맥락에서 논의의 방법을 이해하고 실천하는 능력을 기르는 것을 중요한 과제로 삼게 되었다.⁵¹ 그러나 주장을 평가하는 것은 근거가 타당하고 신뢰할 수 있는지를 평가하는 능력과 원인과 가설 사이의 상관관계를 관찰하고 구별하는 능력이 요구되기 때문에 간단하지 않다.⁶ 이에 과학교육자들은 과학 학습에서 논의의 중요성에 대한 토대를 마련하기 위한 연구와 함께 학생들에게 주장을 구성하고 평가하는 방법을 가르치기 위해 노력하고 있다.¹⁸ 이러한 노력의 일환으로 이 연구는 과학교육에서 논의의 본성을 제안하고자 현재까지 과학교육 분야에서 논의를 주제로 수행된 선행연구들을 수집·고찰하여 과학교육에서 논의의 특징을 추출하였으며, 이에 대한 전문가 인식을 살펴보았다. 또한 그 결과로서 과학교육에서 논의의 본성을 1) 증거 기반, 2) 언어적 상호작용, 3) 맥락 의존성, 4) 공적 의사결정, 5) 잠정적 합의, 6) 방법론적 다양성, 7) 과학 문화의 내면화로 구성된 총 7가지 요소로 제안하였다. 이러한 요소들에 대한 이해는 과학 학습에서 학생들이 증거에 기초하여 주장을 제시하고, 언어를 사용하는 상호작용을 바탕으로 의사결정에 참여하도록 도울 수 있으며, 결과적으로 과학 학습에서 논의의 실천을 증진시킬 수 있다.

논의의 학습 가능성에 비추어 볼 때, 학생들에게 과학 학습에서 논의를 경험해보는 기회를 제공하는 것뿐만 아니라 논의를 효과적으로 실천하는 방법을 가르치는 것도 또한 중요하다. 학생들에게 논의의 실천 방법을 가르친다고 할 때, 논의의 본성은 논의의 실천 역량으로 다루어질 수 있다. 특히 과학의 본성에 대한 학생들의 이해를 높이기

위해 과학의 본성을 명시적으로 가르칠 필요가 있음을 지적한 연구⁶⁷는 과학 학습에서 논의의 실천을 증진시키기 위해 논의의 본성을 명시적으로 다룰 필요가 있음을 시사한다. 그러나 이러한 방법 보다는 학생들의 적극적인 논의 참여를 통해 논의의 본성을 자연스럽게 내면화하는 것이 더 중요하다. 또한 논의의 본성에 대한 학습은 논의를 생산하고, 해석하고, 평가하는 것과 관련된 비판적인 인식을 기르는 데 목적을 두어야 한다.⁶⁸ 이를 위해 학생들은 지식 구성자와 비평가로서 논의에 참여⁶⁹할 필요가 있다. 이러한 역할의 상호작용은 학생들이 과학 공동체가 지식을 무엇에 기초하여 어떻게 생성하는지에 대한 이해를 돕는다.⁷⁰ 나아가 과학 학습 맥락에서 논의의 본성을 알고 실천하는 것을 넘어 일상생활에서 실천하는 논의에 대한 근본적인 반성을 촉진하는 데에도 논의의 본성을 활용할 수 있어야 한다. 이에 논의의 본성에 대한 학습은 과학 학습에서 논의가 어떠한 의미인지를 알고 이해하는 것에 1차적인 목표를 둔다면, 궁극적으로는 현대 민주주의 사회의 책임감 있는 시민으로서 논의의 본성을 활용하는 데 최종 목표를 둘 필요가 있다.

한편, 실천은 대상을 효과적으로 수행하기 위한 전략이나 규칙을 넘어 수행이 나아질 수 있는 방법과 관련된 모든 행동과 사회적 상호작용의 집합이다.⁷¹ 이는 논의의 실천 또한 말하기 형태의 논의뿐만 아니라 더 나은 논의를 위한 행동이나 사회적 상호작용 모두에 참여하는 것을 의미한다. 예를 들어 학습 이외의 시간을 활용한 온라인에서의 토론 활동⁷²도 논의의 실천이라고 말할 수 있으며, 학생들이 과학적인 증거를 바탕으로 주장을 제시하거나 이를 평가하기 위해 작성하는 과학 글쓰기⁷³도 논의를 실천하는 것이다. 그러나 현재의 교육 실천은 학생들에게 진정한 논의의 기회를 거의 제공하지 않으며,^{7,18} 일부 교사는 논의에 참여하는 방법을 모르거나 논의가 효과적인 학습 방법이 아니라고 생각한다.²⁶ 이와 같은 상황은 과학 학습에서 논의를 실천하기 위해 학생뿐만 아니라 교사의 수행에도 관심을 기울일 필요가 있음을 의미한다. 따라서 이상의 연구 결과를 바탕으로 후속 연구를 위한 제언을 하면 다음과 같다.

첫째, 교사와 학생 측면에서 논의의 실천을 위한 구체적인 지침을 마련하는 연구가 필요하다. 예를 들어 현재 교육과정 개편을 준비하고 있으므로, 이 연구에서 도출한 과학교육에서 논의의 특징과 논의의 본성을 교육과정 내의 구체적인 성취 기준이나 교수-학습의 방향 설정에 반영할 수 있을 것이다. 또한 이를 교과용 도서에 반영하기 위한 구체적인 방법들이 함께 연구된다면 교사와 학생 모두가 과학 수업에서 논의를 실천하는 데 도움이 될 뿐만 아니라 과학교육에서 논의의 본성을 확장하고 정교화 하는데 도움이 될 것이다.

둘째, 이 연구에서는 과학교육에서 논의의 특징을 추출하기 위해 온라인상에서 원문을 제공받지 못했거나 연구가 국내의 일반적인 학생들을 대상으로 수행되지 않은 경우는 분석 대상에서 배제되었다. 뿐만 아니라 연구에서 사용한 검색어의 한계로 인해 선행연구 수집 과정에서 누락된 자료가 있을 수 있다. 따라서 후속 연구에서는 이 연구에서 제안하는 과학교육에서 논의의 본성을 바탕으로 논의가 발생할 수 있는 다양한 맥락을 폭넓게 관찰하여 논의의 특징을 보다 심도 깊게 탐색해 볼 필요가 있을 것이다.

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

REFERENCES

1. OECD. *The Future of Education and Skills: Education 2030: the Future We Want*; OECD Publishing: Paris, 2018.
2. Brown, B. A.; Reveles, J. M.; Kelly, G. J. *Science Education* **2005**, *89*, 779.
3. Fang, Z. *Science Education* **2005**, *89*, 335.
4. Hand, B.; Prain, V.; Lawrence, C.; Yore, L. D. *International Journal of Science Education* **1999**, *21*, 1021.
5. Kuhn, D. *Science Education* **1993**, *77*, 319.
6. Millar, R.; Osborne, J. *Beyond 2000: Science Education for the Future*; King's College London: London, 1998.
7. Newton, D. P.; Driver, R.; Osborne, J. *International Journal of Science Education* **1999**, *21*, 553.
8. Norris, S. P.; Phillips, L. M. *Science Education* **2003**, *87*, 224.
9. Sadler, T. D.; Zeidler, D. L. *Journal of Research in Science Teaching* **2009**, *46*, 909.
10. Yore, L. D.; Bisanz, G. L.; Hand, B. M. *International Journal of Science Education* **2003**, *25*, 689.
11. OECD. *PISA 2015 Assessment and Analytical Framework*; OECD Publishing: Paris, 2017.
12. Ministry of Education. *2007 revised Curriculum*; Ministry of Education: Seoul, 2007.
13. Wellington, J.; Osborne, J. *Language and Literacy in Science Education*; Open University Press: UK, 2001.
14. Lemke, J. L. *Talking Science: Language, Learning, and Values*; Ablex Publishing Corporation: Norwood, NJ, 1990.
15. Osborne, J.; Henderson, J.; MacPherson, A.; Szu, E.; Wild, A.; Yao, S. *Journal of Research in Science Teaching* **2016**, *53*, 821.
16. Chin, C.; Osborne, J. *Journal of Research in Science Teaching* **2010**, *47*, 883.
17. Sandoval, W. *Science Education* **2005**, *89*, 634.
18. Driver, R.; Newton, P.; Osborne, J. *Science Education* **2000**, *84*, 287.
19. Sandoval, W.; Reiser, B. J. *Science Education* **2004**, *88*, 345.
20. Garcia-Mila, M.; Andersen, C. *Cognitive Foundations of Learning Argumentation*. In Erduran, S.; Jimenez-Aleixandre, M. P., Eds.; *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*; Springer: Dordrecht, The

- Netherlands, 2007.
21. Erduran, S.; Simon, S.; Osborne, J. *Science Education* **2004**, *88*, 915.
 22. Schraw, G.; Dunkle, M. E.; Bendixen, L. D. *Applied Cognitive Psychology* **1995**, *9*, 523.
 23. Vygotsky, L. S. *Thought and language*; MIT Press: Cambridge, 1986.
 24. Nam, J.; Kwak, K.; Jang, K.; Hand, B. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 922.
 25. Lee, H.; Cho, H.; Sohn, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 666.
 26. Sampson, V.; Blanchard, M. R. *Journal of Research in Science Teaching* **2012**, *49*, 1122.
 27. Osborne, J.; Collins, S.; Ratcliffe, M.; Millar, R.; Duschl, R. *Journal of Research in Science Teaching* **2003**, *40*, 692.
 28. Choi, J.; Nam, J.; Ko, M.; Ko, M. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 221.
 29. Kang, S.; Kim, Y.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2004**, *24*, 996.
 30. Kim, M.; Kim, H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2008**, *28*, 565.
 31. Ministry of Education. *2009 Revised Curriculum*; Ministry of Education: Seoul, 2011.
 32. Kang, N.; Lee, E. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2013**, *33*, 1119.
 33. Jimenez-Aleixandre, M. P.; Erduran, S. *Argumentation in Science Education: An Overview*; In Erduran, S.; Jimenez-Aleixandre, M. P., Eds.; *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007.
 34. Okoli, C.; Pawlowski, S. D. *Information & Management* **2004**, *42*, 15.
 35. Osborne, J. *Science Education* **1996**, *80*, 53.
 36. Hofer, B. K.; Pintrich, P. R. *Review of Educational Research* **1997**, *67*, 88.
 37. Konstantinidou, A.; Macagno, F. *Science & Education* **2013**, *22*, 1069.
 38. Kwak, K.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 400.
 39. Lee, E.; Yun, S.; Kim, H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2015**, *35*, 419.
 40. Park, J.; Kim, H. *Biology Education* **2011**, *39*, 653.
 41. Park, J.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2019**, *39*, 337.
 42. Schommer, M. *Journal of Educational Psychology* **1990**, *82*, 498.
 43. King, P. M.; Kitchener, K. S. *Developing Reflective Judgment: Understanding and Promoting Intellectual Growth and Critical Thinking in Adolescents and Adults*; Jossey-Bass: San Francisco, 1994.
 44. Moshman, D. *Epistemic Cognition and Development: The Psychology of Justification and Truth*; Psychology Press: New York, 2014.
 45. Cho, H.; Kim, H.; Kang, E.; Nam, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2019**, *63*, 459.
 46. Lee, D.; Cho, H.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2015**, *35*, 313.
 47. Nam, J.; Koh, M.; Bak, D.; Lim, J.; Lee, D.; Choi, A. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2011**, *31*, 1077.
 48. Brown, B. A.; Ryoo, K. *Journal of Research in Science Teaching* **2007**, *45*, 529.
 49. Prain, V.; Waldrip, B. *International Journal of Science Education* **2006**, *28*, 1843.
 50. Herrenkohl, L. R.; Guerra, M. R. *Cognition and Instruction* **1998**, *16*, 431.
 51. Osborne, J.; Erduran, S.; Simon, S.; Monk, M. *School Science Review* **2001**, *82*, 63.
 52. Clough, M. P. *The Science Teacher* **2011**, *78*, 56.
 53. Lee, M.; Kwon, J.; Nam, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2015**, *59*, 78.
 54. Kong, Y.; Kang, M. *Journal of Science Education* **2013**, *37*, 492.
 55. Kwak, K.; Nam, J. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 400.
 56. Cho, H.; Yang, I.; Lee, H.; Song, Y. *Journal of Research in Science Teaching* **2008**, *28*, 495.
 57. Jang, K.; Nam, J.; Choi, A. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 1099.
 58. Carolan, J.; Prain, V.; Waldrip, B. *Teaching Science* **2008**, *91*, 18.
 59. Duschl, R.; Schweingruber, H.; Shouse, A. *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*; National Academies Press: Washington, DC, 2007.
 60. Tindale, C. W. *Acts of Arguing: A Rhetorical Model of Argument*; State University of New York Press: Albany, 1999.
 61. Jang, K.; Nam, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2016**, *60*, 39.
 62. Park, J.; Jung, D.; Nam, J. *Journal of the Korean Chemical Society* **2020**, *64*, 38.
 63. Bentahar, J.; Moulin, B.; Belanger, M. *The Artificial Intelligence Review* **2010**, *33*, 211.
 64. Jimenez-Aleixandre, M. P.; Rodriguez, A.; Duschl, R. *Science Education* **2000**, *84*, 757.
 65. Erduran, S. *Methodological Foundations in the Study of Argumentation in the Science Classroom*; In Erduran, S.; Jimenez-Aleixandre, M. P., Eds.; *Argumentation in Science Education. Perspectives from Classroom-Based Research*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007.
 66. Oh, P. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2020**, *40*, 141.
 67. Abd-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Lederman, N. G. *Science Education* **1998**, *82*, 417.
 68. van Eemeren, F. H. *Informal Logic* **1995**, *17*, 144.
 69. Ford, M. J. *Cognition and Instruction* **2012**, *30*, 207.
 70. Cavagnetto, A.; Hand, B.; Norton-Meier, L. *International Journal of Science Education* **2009**, *32*, 427.
 71. Ford, M. J. *Science Education* **2015**, *99*, 1041.
 72. Choi, A.; Hand, B.; Norton-Meier, L. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2014**, *28*, 495.
 73. Lee, S.; Koh, H.; Yoon, J.; Min, K.; Kim, C. *Journal of Education & Culture* **2017**, *23*, 297.