

초등학교 영재 학생들의 탐구 활동에서 나타나는 논증 과정 평가 및 분석

임재근[†] · 송윤미 · 송미선[‡] · 양일호
 (대전성모초등학교)[†] · (수성초등학교)[‡] · (한국교원대학교)

An Analysis on the Level of Elementary Gifted Students' Argumentation in Scientific Inquiry

Lim, Jaekeun[†] · Song, Yun-Mi · Song, Misun[‡] · Yang, Il-Ho

(Daejeon Seongmo Elementary School)[†] · (Sooseong Elementary School)[‡] · (Korea National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the level of elementary gifted students' argumentation and examine the special features of argumentation founded in scientific inquiry. 28 students were selected in the special education center for the gifted in K National University. They were organized 8 groups of 3~4 students and engaged in scientific inquiry activity. The researcher wasn't involved in students' inquiry activity and argumentation except for the guiding and introducing their activity. In the first session, each group carried out the experiment 'Putting a heated can in the water' and then, the students discussed to probe their experimental results and build their explanation. In the second session, each group presented their experiment results and evidence from their experiment justifying their claims, and had questions from other groups. The protocol data during 8 groups' argumentations were analyzed using 'Rubric for Scientific Argumentation Assessment' (Yang *et al.*, 2009) in three domains-the *form*, *content* and *attitude*. As a result, in *form* domain, almost groups were rated 2 points due to their argument without rebuttal on the subcategory of 'composition', but they got a good grade above 3 points in subcategory such as 'claim', 'ground', and 'conclusion'. In *content* domain, almost groups got points above 3 points. In *attitude* domain, there were some striking contrast between each groups. Six groups got good score more than 4 points on the subcategory of *openness*, but two groups, they alleged and got score below 3 point. While the 6 groups of all got 4 points in the aspect of *participation*, 3 groups got 3 points lower than because they only just asserted and not interact with other groups. Throughout the argumentation, two features were found that; as time goes by, arguments were refined; Students tended to use their prior to knowledge rather than evidence such as experimental data in making claims and conclusions.

Key words : argument, argumentation, rubric, gifted in science, scientific inquiry

I. 서 론

과학적 탐구 활동은 과학 교육의 주된 목표 중의 하나이다. 이러한 과학 탐구 활동의 핵심은 실질적인 활동 그 자체가 아니라 과학자가 실험 데이터를 토대로 주장을 하고, 설명과 이론을 발전시키기 위하여 이러한 데이터를 사용하는 사고력 증진에 있

다. 즉, 과학 탐구는 단순한 실험 활동이 아니라 과학적 의사소통이 이루어지는 문제 해결의 과정이며, 논증 과정이 바로 그러한 문제 해결의 한 형태이다(Watson & Swain, 2004). 과학 탐구의 과정에서 논증은 과학의 공공적 이해를 위해, 학생들이 과학의 본질에 대해 더 잘 이해하기 위한 중요한 역할을 한다(Driver *et al.*, 2000).

과학자들 또한 논증 과정을 통하여 자신들의 이론들을 검증받고 발전시키기 때문에(Zohar & Nemet, 2002), 과학자들은 자신들의 연구과정에서 논증 과정(argumentation)이 핵심적인 역할을 하고 있다고 말한다(Newton *et al.*, 1999). 이와 같은 과학적 탐구 활동의 맥락 속에서 과학적 개념의 변화와 비판적 사고 능력의 배양을 위해 과학 교육자들은 논증을 활용한 과학 교육의 중요성을 강조했다(Driver *et al.*, 2000; Osborne *et al.*, 2004; Yang, 2004). 교육에서 논증을 다루는 것은 단지 설득의 이유와 방식을 보일 뿐 아니라 과학자들이 하는 방식으로 추론을 배우는 것이기도 하다(Park, 2005). 과학 교육에서 논증 과정은 두 가지 기능을 하는데, 하나는 개념적이고 인식론적인 면에서 학습자들을 스스로 학습하게 하는 것이고, 다른 하나는 학생들이 과학적 사고와 추론을 가시적으로 하도록 만든다는 점이다(Osborne *et al.*, 2004). 따라서 과학교육에서도 현대 과학 교육의 중요한 목표인 합리적 의사결정 능력, 스스로 정보를 찾고 이를 이용하여 과학적, 사회적 문제를 판단하고 해결하는 능력 등의 과학적 소양을 함양시키기 위해 과학 탐구를 통한 과학적 논증의 기회를 제공해야 할 필요가 있다(박영신, 2006).

그러나 선행 연구에서는 외국의 과학교육 현장에서도 과학과 과학 학습에서 논증 과정의 중요성이 강조됨에도 불구하고, 전체 과학 수업의 1% 정도 밖에 논증 과정이 활용되지 못하고 있으며(Osborne *et al.*, 2004), 과학 탐구 활동이 일어나는 경우에도 논의(debate)나 논증(argument)은 거의 사용되지 않고 있음을(Newton *et al.*, 1999) 보여주었다. 유사하게, 국내 연구에서도 277명의 중학교 과학교사 중 70% 이상의 교사들이 45분 수업 중 6분 이하로 토론(discussion)을 사용한다고 보고하였다(이범홍, 1998).

과학과 과학 학습에서 논증 과정의 중요성이 강조되고 있음에도 불구하고, 그 활용도가 현저히 낮은 이유로 교사들이 성공적인 논증 과정의 교수 방법을 제대로 이해하지 못하여 논증 과정을 지도할 자신감이 결여되어 있거나(Driver *et al.*, 2000), 교육과정상의 문제, 교사들의 인식 부족 등(Osborne *et al.*, 2004)을 들고 있다. 이것은 과학 수업을 하는 대부분의 교사들이 논증 향상을 위한 기술을 갖고 있지 못하다(김희경과 송진웅, 2004; 박영신, 2006; 장신호, 2006; Watson & Swain, 2004)는 연구 결과로 뒷받침된다. 그리고 단순히 논증을 사용하는 기회를

제공하는 것만으로는 논증 기술이 쉽게 향상되지 않는다는 것 또한 그 원인이라 하겠다(김희경과 송진웅, 2004; 박영신, 2006).

이러한 선행 연구들을 토대로, 과학 학습을 위한 논증 과정이 효과적으로 이루어지기 위해서는 과학적 논증 활동 중심의 교수 프로그램의 개발과 교사들을 위한 논증 활동의 이해와 교수 방법에 대한 교육이 필요하다는 사실을 도출할 수 있다. 이에 앞서, 초등학생들의 탐구 활동에서 나타나는 논증 과정의 평가와 분석을 통해 초등학생들의 논증 수준을 파악하는 연구가 필요하며, 이것을 바탕으로 한 과학적 논증 활동 프로그램의 개발과 교사 교육이 함께 이루어져야 한다.

본 연구에서는 인지적 수준이 낮은 경우 논증 활동 양상이 제한적이고 비활성화 될 수 있으며(이석희 등, 1997), 과학 탐구 활동에 대한 능력이 일반 아동에 비해 영재 아동이 높다는 연구 결과(양태연 등, 2003)를 토대로 초등학교 영재 학생들을 연구 대상으로 선정하였다. 따라서 초등학교 영재 학생들의 과학적 탐구 활동에서 이루어지는 논증 과정을 평가하고, 논증 과정에서 나타나는 특징들을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

연구 대상은 K국립대학교 부설 과학 영재 교육원 5~6학년 학생 28명으로, 남학생 25명(5학년 5명, 6학년 20명), 여학생 3명(6학년 3명)이다. Alexopoulos와 Driver(1996)는 그룹의 크기가 논증 활동에 영향을 주며, 그룹의 모든 구성원들이 논증에 참여할 기회를 갖기 위해 그룹의 크기는 그 기회를 제공할 만큼 작아야 한다는 연구 결과를 보여주었다. 이에 따라 본 연구에서는 탐구 활동 및 논증 과정의 상호작용을 고려하여 각 모둠별 3~4명의 학생으로 이루어진 8개의 모둠을 구성하였다. 논증 활동의 모둠별 구성은 표 1과 같다.

2. 논증 활동 과제 선정

연구 목적의 달성을 위해 선정된 탐구 활동은 가열된 강통을 수조 속의 물에 거꾸로 집어넣은 후에 강통에 나타난 현상을 관찰하는 것이다. 탐구 주제

표 1. 논증 활동의 모듈별 구성

모듈	5학년		6학년		합계
	남	남	여		
1	1	2	1		4
2	1	2	1		4
3	1	2	1		4
4	1	3			4
5	1	2			3
6		3			3
7		3			3
8		3			3
합계	5	20	3		28

는 결과 해석 및 결론 도출에 작용하는 변인들이 다양하고 탐구 과정이 어렵지 않으면서도 학생들이 이미 알고 있거나 기존 교과서에서 제시된 내용이 아닌 범위에서 선정하였다. 과학적 설명을 제안할 때 논리적 근거를 형성할 수 있는 변인들이 다양하고, 탐구 결과 및 결론에 대해 사전에 학습하지 않은 내용이어서 논증 과정이 활발히 이루어질 수 있기 때문이다. 선정된 탐구 과정 내에는 실험 결과에 영향을 미치는 수조에 담긴 물의 온도, 깡통을 가열한 정도 등 다양한 변인들이 있어, 학생들의 논증 활동이 활발하게 일어날 수 있으며, 따라서 논증 활동의 과제로 적절하다. 본 연구의 연구자를 포함한 과학 교육 전문가 및 과학교육 연구자들의 논의를 통하여 탐구 주제가 선정되었다. 선정된 탐구 주제와 탐구 활동 내용은 표 2와 같다.

3. 논증 활동 운영

논증 활동 수업은 3차시(각 차시당 50분)로 운영되었으며, 1차시에는 학생들이 모듈별 탐구 활동을 하고 탐구 보고서를 작성한 뒤에 관찰한 현상에 대한 이유와 설명을 구성한다. 2차시와 3차시에는 하나의 모듈이 탐구 결과와 결론을 발표하고 난 뒤, 다른 모듈로부터 질문을 받고 그에 대한 응답을 하는 과정이 1모듈에서부터 8모듈의 순서로 반복된다. 이 과정에서 학생들은 다른 모듈의 학생들로부터 나오는 질문과 반론에 대해 설명을 다시 하거나 반박을 할 수 있으며, 발표 후에 모듈별 논의를 통하여 자신들의 설명을 수정하기도 한다. 이러한 활동을 통해서 자신이 제안한 설명과 근거를 평가 받

표 2. 논증 활동의 탐구 주제 및 탐구 과정

내용	
탐구 주제	뜨겁게 가열된 깡통을 물 속(차가운 물, 뜨거운 물)에 넣으면 깡통은 어떻게 될까? 깡통에 나타난 변화의 이유에 대하여 설명해 보자.
탐구 과정	1) 찬 물과 뜨거운 물이 각각 든 수조를 준비한다. 2) 깡통에 10 mL의 물을 넣고 깡통의 아래 부분을 가열한다. 3) 깡통에서 김이 올라오면, 찬 물과 뜨거운 물이 담긴 수조에 거꾸로 넣는다. 4) 깡통에 나타난 변화를 확인한다. 5) 모듈별로 탐구 결과에 대하여 논의한다. 6) 모듈에서 정리한 탐구 결과와 그 결과에 대한 이유를 발표한 후, 다른 모듈과 질의·응답을 갖는다. (다른 모듈의 발표를 들을 때, 발표 모듈의 탐구 결과나 그 결과에 대한 이유가 과학적으로 타당한 설명인지 평가한다.)

음으로서 과학적 지식의 정당화 과정에 대해 실습하게 되며, 과학자들이 과학적 지식을 생산하는 과정에 대해 이해할 수 있는 적절한 논증 활동이 이루어지게 된다.

수업을 운영한 교사는 과학 교육 전공자이며, 본 수업의 일주일 전에 탐구 활동에 대한 일반적인 사항 및 탐구 활동 내용과 논증 활동에 대해서 학생들에게 자세히 설명하였다. 논증 과정에서 교사가 통제하거나 중재하는 상황보다 교사가 없는 상황에서 영재들의 논증이 더욱 활발히 구성되고, 학생들의 상호작용이 극대화될 수 있으며(Naylor *et al.*, 2007), 탐구 활동에서 교사는 보조자의 역할을 해야 한다(김영신, 2007)는 연구 결과에 따라, 본 연구의 수업에서도 교사는 필요한 경우(예를 들면, 필요한 도구 요청, 수업 진행 관련 질의 요청)에만 개입을 하여 학생들의 자유로운 논증 활동이 이루어지도록 하였다. 논증 활동 수업의 차시별 활동 내용은 표 3과 같다.

표 3. 논증 활동 수업의 차시별 활동 내용

차시	활동 내용
1차시	모듈별 탐구 활동 및 보고서 작성 탐구 결과 및 결론에 대한 논의
2~3차시	모듈별 탐구 결과 및 결론 발표 모듈별 질의 응답 및 반박과 방어 발표 후 모듈별 추후 논의 및 수정
정리	추가 논의 및 수업 내용 정리

4. 논증 과정 평가 및 분석틀

본 연구에서 초등학교 영재 학생들의 탐구 활동에서 나타나는 논증 과정을 평가하기 위해 양일호 등(2009)이 개발한 ‘과학적 논증 과정 평가 루브릭’을 사용하였다(부록 1 참조). ‘과학적 논증 과정 평가 루브릭’(양일호 등, 2009)은 학생들의 과학적 논증 과정을 형식, 내용, 태도의 세 개 영역의 평가 기준을 범주화하여 평가할 수 있으며, 각각의 루브릭에 하위 평가 항목이 구성되어 하위 항목별로 1점에서 5점까지 5단계 척도로 평가할 수 있다. 이 루브릭은 논증 과정 요소의 유무를 알 수 있는 형식뿐만 아니라 사회과학적 이슈와는 달리 과학적 지식의 중요성이 논증의 질에 영향을 많이 미치는 과학적 논증의 특성을 반영하여 내용 수준을 평가할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 논증 과정에 참여하는 태도까지도 분석할 수 있어 논증에 대한 종합적인 평가 체계를 갖추고 있으므로 학생들의 논증 과정을 평가하기에 적절한 기준이라 할 수 있다. Osborne *et al.*(2004)과 Naylor *et al.*(2007)의 분석틀에 제시된 논증 과정의 수준만으로는 학생들의 논증 과정에 대한 구체적인 정보를 제공하지 못하는 반면에 양일호 등(2009)의 과학적 논증 과정 평가를 위한 루브릭은 기술적인 평가 항목에 근거해 그 수준과 장단점을 분명히 보여줄 수 있는 장점이 있다. 즉, 초등학생들의 탐구 활동에서 나타나는 논증 과정을 평가하고 분석하는 데, 양일호 등(2009)의 과학적 논증 과정 평가 루브릭이 가장 적절하다고 판단된다.

5. 자료 수집 및 분석

모둠별 탐구 활동과 논의활동이 이루어지는 1차시(09:00~09:50)에는 각 모둠별 1대(총 8대)의 캠코더로 비디오 촬영 및 녹화가 이루어졌으며, 모둠별 발표 및 논증 과정이 이루어지는 2차시와 3차시(10:00~12:00)에는 교실의 앞과 뒤, 중간에 4대의 캠코더를 설치하여 비디오 촬영 및 녹화를 하였다. 1차시에 모둠별로 논의한 결과를 작성한 탐구보고서와 2~3차시에 이루어진 논증 활동이 녹화된 비디오 자료를 분석 자료로 사용하였으며, 학생들의 언어적 발화를 모두 전사하여 프로토콜을 생성한 후, 발화자의 순서에 따라 프로토콜에 번호를 부여하였다. 전사된 언어적 발화 내용을 톨민의 6가지 논증 과정 요소(주장, 근거, 보장, 보강, 반증, 한정)를 기준으로 분석한 뒤, 양일호 등(2009)의 과학적 논증 과정 평가 루

브릭의 각 항목별 정의와 5단계의 척도 기술을 기준으로 1~5점으로 평가하였다.

전사 내용 중 발표 내용 및 논증의 주제와 관련이 없는 내용 및 재진술 요청(예를 들면, 다시 말씀해 주십시오), 행동 지시(예를 들면, 화면을 좀 보여주세요, 뒷장으로 넘겨봐), 교사에 대한 질문(예를 들면, 선생님, 제가 발표해도 되요?), 진행을 위한 발언(예를 들면, 본론으로 넘어가겠습니다), 구체적인 내용을 담고 있지 않은 발언(예를 들어 접속사나 단어만 말한 후 중단된 발언) 등의 경우에는 프로토콜 번호 부여를 하지 않았으며 분석 대상에서 제외하였다.

분석자는 현장 초등교사로서 평균 7년 이상의 경력을 가지고 있으며, 과학교육학을 전공한 교사 5인과 과학교육전문가 3인으로 구성되었다. 탐구 활동에서 일어나는 과학적 논증 과정의 평가와 분석은 양일호 등(2009)의 루브릭과 촬영된 동영상, 프로토콜을 바탕으로 3차례의 워크숍을 통해 이루어졌으며, 최종 분석 후, 분석자간 일치도(inter-rater reliability)를 확인한 결과 평균 $K=0.93$ 이었다. 이를 바탕으로, 초등학교 영재학생들의 논증 과정 수준과 논증 과정에서 나타나는 특징들을 알아 볼 수 있었다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 초등영재의 논증 과정 수준

양일호 등(2009)의 과학적 논증 과정 평가 루브릭을 이용하여 8개 모둠의 논증 과정을 형식, 내용, 태도 3개 영역 내의 9개 하위 항목별 수준을 알아보았다. 초등학교 영재 학생의 모둠별 논증 과정 수준 평가 결과는 표 4와 같다.

1) 형식

표 4에서 보이는 바와 같이, ‘형식’ 영역에서 8개 모둠의 평균 점수는 3.16점으로 ‘내용’, ‘태도’ 범주에 비해 낮음을 알 수 있다. ‘형식’의 하위 항목 중에서도 ‘전체 구성’이 2.13점으로 가장 낮게 나왔는데, 이러한 데이터는 초등영재의 논증 과정 전체 구성이 자료, 근거 또는 보장은 있으나, 높은 수준의 논증 과정에서 나타나는 반대 주장이나 반증이 대체로 나타나지 않음을 보여 준다. 이것은 학생들이 논증의 구성 요소와 같은 형식적인 요소를 배운 경험이 없으며, 중요시 여기지 않는다는 Simon *et al.*(2006)

표 4. 모듈별 논증 과정 수준 평가 결과

평가 영역	모듈	모듈								하위 항목 평균	영역 평균
		1	2	3	4	5	6	7	8		
형식	전체 구성	2	2	2	3	2	2	2	2	2.13	3.16
	주장	2	4	4	4	3	4	4	4	3.63	
	근거	2	5	4	4	3	5	4	4	3.88	
	결론	2	3	3	5	2	3	3	3	3.00	
내용	이해	4	5	4	4	4	4	4	4	4.13	3.92
	신빙성	3	3	3	3	3	3	3	3	3.00	
	추론	3	5	5	5	4	5	5	5	4.63	
태도	참여도	2	4	4	4	2	4	2	4	3.25	3.75
	개방성	2	5	5	5	3	5	5	4	4.25	
모듈별 평균		2.44	4.00	3.78	4.11	2.89	3.89	3.56	3.67		3.53

의 연구 결과와 일치한다고 할 수 있다. 이에 초등학교 교육에서는 논증 과정을 활용한 수업을 통하여 학생들이 논증 과정의 요소와 같은 형식적인 측면을 알고 활용할 수 있는 기회를 제공해야 한다.

예시1)

3조 발표자: 저희 조의 예상은 캔이 찌그러진다고, 결과는 캔이 소리를 내며 찌그러졌고 물이 들어왔습니다.(근거)

3조 발표자: 저희는 빈 캔에 물을 넣고 수조에 차가운 물을 넣은 후에 캔을 가열하여 뜨거운 물 안에 넣었습니다.

(그림을 보며) 대기압은 캔과 물에 똑같이 작용하는데, 캔은 가열된 상태에서, 캔을 가열하면 캔 안의 공기와 캔 안의 물의 부피가 팽창하여 팽창한 공기는 밖으로 나가게 됩니다. 거기, 그것을 찬물 안에 넣게 되면 찬 물이 열을 흡수하여 캔 안 공기의 부

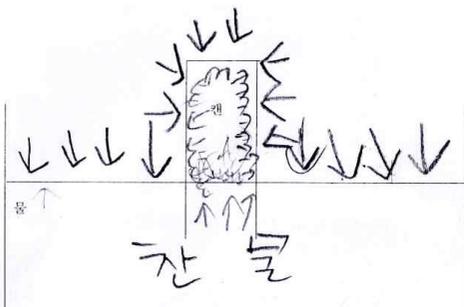


그림 1. 3모듈의 탐구 보고서 일부

피가 수축하게 됩니다. 그것 때문에 대기압이 약해지게 되고, 캔이 바깥의 기압에 비해 작기 때문에 캔이 찌그러지게 되고 바깥의 기압은 물을 누르게 되는데, 캔 안의 기압은 물을 누르는 힘이 약해지게 되어 밖의 누르는 힘에 의해서 물이 들어오게 됩니다. 그리고 뜨거운 물 안에 넣었을 경우에는 뜨거운 물 자체가 온도가 높기 때문에 캔 안 공기의 부피를 수축시키지 못하기 때문에, 캔 안 공기의 부피가 그대로이기 때문에 밖의 대기압에 비해 작지 않아 부피가, 아니, 찌그러지지 않게 됩니다.(보장+주장+결론)

또한 초등학교 학생들의 논증 과정에서 주장은 논점에 맞춰져 있고, 다른 사람들이 이해할 수 있는 수준이며, 주장과 관련된 근거를 사용하지만 근거가 주장을 뒷받침하기에는 충분하지 않은 것으로 나타났다. 근거가 주장을 뒷받침하는데 필요한 보장과 보강과 같은 요소들에 대한 이해와 교육 또한 필요하다 할 수 있다.

‘결론’ 하위 항목에서는 3.00점으로, 더 높은 수준의 논증을 위하여 자신의 주장과 다른 반대 주장을 인식하고 반증을 보여주는 능력이 향상될 필요가 있음을 보여주었다.

2) 내용

‘내용’ 영역에서 8개 모듈의 평균 점수는 3.92점으로, ‘형식’과 ‘태도’ 영역에 비하여 가장 높은 점수가 나왔다. 그 중에서 ‘추론’ 항목이 4.63점으로 가장 높고, ‘이해’ 항목이 4.13점, ‘신빙성’ 항목이 3.00

점이 나왔다. 초등영재 학생들은 논증 활동에서 과학적 증거를 사용하여 올바른 인과 관계에 의한 판단을 하는 추론 능력이 높은 편이었으며, 논증 활동의 주제에 대하여 잘 이해하고, 과학적 개념을 사용하여 설명하지만, 특수적인 용어를 정확하게 사용하기에는 아직 어려움이 있는 것으로 보인다.

예시 2)

- 2조 질문자: 물이 들어오는 것이 대기압 때문이라고 했는데, 왜 대기압 때문입니까?
- 4조 발표자: 캔 안쪽에 기압이 줄어들게 되면 바깥, 수면 위의 기압이 더 커지므로 물이 들어오게 됩니다. 아, 기압은 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르므로 물이 들어오게 됩니다.
- 3조 질문자: 기압과 온도는 어떤 관계가 있으며, 왜 그런 현상이 있는지 제대로 설명해 주십시오.
- 3조 질문자: 온도, 기압에 따라, 온도와 기압 부피 등 여러 가지 관계를 이용하여 어떤 실험을 한건지.
- 4조 모둠원 A: 온도가 높아지면 부피가 커지고 같은 공간에서는 기압이 높아지고 온도가 낮아지면 부피가 줄어들게 되므로 기압이 낮아지는 것입니다.
- 4조 모둠원 B: 그러니까 캔 속의 물을 가열하면 수증기로 바뀌잖아요. 그런데 수증기로 바뀌면서 기압이 높아지는 거예요. 기압이 높아지면 수증기의 분자 간의 거리가 넓어지잖아요. 가열을 하면 활발해져요. 그런데 차가운 물 속에 집어넣으면 수증기가, 아니 온도가 낮아지게 되서 물로 바뀌어요. 물로 바뀌어서 물이 들어오고 캔이 찌그러지게 되고.

‘신빙성’ 항목은 논증 과정에서 사용하는 증거 수준에 관한 것으로, 이 연구에 참여한 초등영재 학생들은 모두 자신의 주장을 뒷받침하는 근거로서 개인의 경험적인 실험에 의해 알아낸 사실을 사용하였다. 이러한 결과는 논증 활동에서 학생 대부분이 통계 자료나 연구 결과와 같이 신뢰할 수 있는 객관적 증거들을 사용하기 보다는 예시 3)에서와 같이 개인의 생각이나 경험, 타인의 경험, 개인의 추측, 출처와 진위 여부를 확인할 수 없는 신뢰도가 낮은 증거들을 사용한다는 조현준 등(2008)의 연구 결과와 상응된다. 이러한 결과를 통해 초등영재의 논증 활동 수업에서 학생들에게 주장과 이를 뒷받침하는 근거의 신빙성이 중요하며, 어떤 근거가 보다 신빙성을 갖고 있으며, 설득력 있는 주장을 하는데

효과적인지 가르쳐야 할 필요가 있음을 알 수 있다.

예시 3)

- 8조 모둠원: 왜 뜨거운 물과 찬물에 넣었을 때 들어온 물의 양이 다르다면 왜 설명하지 않죠?
- 2조 발표자: 아! 그러니까 캔을 찬물과 뜨거운 물에 넣었을 때 들어오는 물의 양이요? 어……. 뜨거운 물일 때 찬물보다 물의 양이 더 적게 들어갔습니다.
- 1조 질문자: 그 이유요!
- 2조 모둠원: 뜨거운 물에 넣었을 때 캔이 덜 찌그러졌으니까 압력도 처음에 찬 물에 넣었을 때보다 더 적게 작용했다는 얘기고, 물의 압력이 더 적게 작용하니까 물이 더 적게 들어갔다는 것으로 설명할 수 있습니다.

3) 태도

‘태도’ 영역에서 8개 모둠의 평균 점수는 3.75점으로 ‘참여도’와 ‘개방성’ 항목에서 각각 3.75점과 4.25점이 나왔다. ‘참여도’ 측면에서 몇몇 모둠은 상대방의 주장에 대해 근거를 제시하도록 요청하고, 그것에 대한 평가를 하기도 하였지만, 일부 모둠은 자신의 주장을 표현할 뿐, 상대방의 질의에 대한 응답을 하지 않기도 하였다. 또한 다른 모둠이 발표할 때보다 자신이 속한 모둠이 발표할 때 더 적극적으로 참여하는 모습을 보여주었다. 이러한 결과는 자신이 속한 모둠의 발표 시간에 보다 책임감을 갖고 참여하기 때문인 것으로 추측된다. 학생들 간의 참여도가 다르게 나타나는 이유는 논증 과정에 참여할 수 있는 능력은 있으나, 참여자의 의지가 부족하거나 다른 사람과의 상호작용적인 논증에 어려움을 갖기 때문인 것으로 이해된다. 따라서 논증 활동에 참여할 수 있는 능력을 갖추는 것을 포함하여 적극적인 참여 의지를 고취시킬 필요가 있다.

또한 ‘개방성’ 영역에서는 4.25점이 나왔지만, 상대방의 논증 과정이 타당하고 설득력 있다고 인정함에도 불구하고 자신의 생각을 비판적으로 검토하여 바꾸거나 대안적인 논증을 제시하지는 못하였다(예시 4). 이것은 자신의 주장과 근거는 물론 상대방의 논증과 가능한 모든 근거를 검토하여 좀 더 나은 대안적인 논증을 제시하는 개방적인 태도가 필요함을 보여주며, 이러한 결과는 논증 활동 프로그램 계획 시 태도와 같은 정의적인 영역도 함께 고려되어야 함을 시사한다.

예시 4)

1조 발표자: 저희가 뜨거운 물에 했을 때, 처음에는 캔 안에 가열했을 때보다 수조에 있는 물의 온도가 더욱 높아서 그 기압 차이로 물이 더 많이 들어오게 되었지만, 캔을 점점 더 가열함에 따라서 캔 안에 있는 물의 양이 점점 줄어드는 것을 보고 충분히 캔을 가열한다면 물이 더 빠져나가고 더 부풀어 오른다는 결과를 내게 되었습니다.(관찰 오류)

1조 발표자: 캔을 가열하면 캔 안의 공기의 부피가 늘어나게 되므로 더 기압이 세져서 밖으로 밀어내는 힘이 커지기 때문에 캔이 부풀어 오릅니다.(관찰 오류)

2조 질문자: 우리 조에서 실험을 했을 때는 뜨거운 물에 들어갔을 때 오히려 찌그러들었는데.....(1조의 관찰 오류 지적)

1조 발표자: 저희도 맨 나중에 했을 때는 찌그러들었는데 수조 안에 있는 물의 온도가 캔에 있는 것보다 더 식어서 그렇게 되었습니다.(2조의 반박 거부)

4조 질문자: 뜨거운 물이 뜨거운 공기보다 온도가 낮기 때문에 차가운 물과 마찬가지로 찌그러져야 하는 것 아닌가요?

1조 발표자: 저희는 실험 결과로 했을 때 찌그러지지 않고 조금 더 부풀어 올랐습니다.(반박)

3조 질문자: 아무리 그래도 가열하면 캔 안에 물이 수조 안의 물보다 훨씬 더 온도가 높을 텐데.

1조 발표자: 어, 그래서 저희가 이렇게 결론을 냈는데.(반박을 거부한 채 주장 되풀이)

2. 초등영재의 논증 과정에서 나타나는 특징

초등영재 학생들의 논증 과정에서 나타나는 특징을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 논증 과정이 진행됨에 따라 논증이 정교화되는 양상이 나타났다. 조별로 발표자가 발표한 내용에서는 드러나지 않았던 보장과 같은 요소들이 질의, 응답을 통해 나왔으며, 논증의 형식과 내용 측면에서 상대방의 논증을 평가하고, 자신의 주장에 근거와 보장을 사용하여 정당화하려고 하였다.

예시 5)

2조 질문자: 물이 들어오는 것이 대기압 때문이라고 했는데, 왜 대기압 때문입니까?

4조 발표자: 캔 안쪽에 기압이 줄어들게 되면 바깥, 수면 위의 기압이 더 커지므로 물이 들어오게 됩니다. 아, 기압은 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르므로 물이 들어오게 됩니다.(보장 추가)

2조 질문자: (그림의) 힘의 방향을 보니까 대기압이 눌러서 물이 들어왔다고 표시되어 있는데, 눌러서 높은 곳에서 낮은 곳으로 들어왔다는 것이 어떻게 되는 것인지.....

4조 발표자: 만약에 캔이 가열되지 않았다면 캔 안쪽의 기압과 바깥쪽의 기압이 같아지게 되기 때문에 캔 안에 물이 들어오지 않지만, 지금 상황으로는 캔 안쪽의 부피가, 아니 기압이 낮기 때문에 물이 들어왔다고 결론을 내릴 수 있습니다.(반증 및 보장 추가)

둘째, 모듈별로 결과 발표 및 결론 도출을 하는데 있어 탐구 활동에서 나타난 증거를 포함하여 충분한 근거를 종합하여 결론을 도출하기 보다는 주제와 관련하여 자신이 갖고 있는 사전 지식을 활용하는 경향이 강했다. 다음의 예시 6을 살펴보면, 증거 제시를 요구하는 상대방의 질문에 구체적이고 객관적인 증거보다는 자신의 사전 지식을 이용하여 답변을 하고 있다.

예시 6)

6조 질문자: 갑자기 물로 응결이 됐다고, 상태 변화가 되었다고 했는데 그럴만한 증거가 있습니까?

8조 발표자: 수증기가 되면 온도가 100℃가 되거든요 그럼 물 분자 99℃가 응결이 된다는 건데.

이러한 경향은 학생들이 대체로 실질적 관계를 입증할 수 있는 근거를 제시하지 못하며(Germann, 1996), 이론과 증거를 관련시키는 추론 능력이 부족하고(Yang, 2004), 근거가 부족한 경우 설명에 의지하기 때문이라고(Brem, 2000) 할 수 있다. 초등 영재 학생들의 탐구 능력을 분석한 홍준의 등(2007)과 김동욱 등(2005)의 연구에서 초등 영재 학생들이 자료 조사 등 기초 탐구 능력은 우수하나, 탐구 설계 및 수행, 결과 제시, 결론 도출 등의 높은 수준의 탐구 능력은 부족한 것으로 나타났다. 그 중 탐구를 통해 알아낸 정보를 재해석하거나 종합 및 자신의 것으로 소화하여 주장하는 능력이 상당히 부족하다는 연구 결과(홍준의 등, 2007)로 뒷받침된다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학교 영재 학생들의 탐구 활동에서 나타난 논증 과정을 과학적 논증 과정 평가 루브릭을 통하여 형식, 내용, 태도 영역의 하위 항목별 수준을 판별하고, 논증 과정에서 나타나는 특징을 알아보았으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫째, ‘형식’ 영역에서 8개 모둠의 평균 점수는 3.16점으로 ‘내용’과 ‘태도’ 범주에 비해 다소 낮음을 보여주었다. ‘형식’ 범주 중에서도 ‘전체 구성’ 항목이 평균 2.13점으로 가장 낮게 나와 초등학교 영재 학생들의 논증 과정 전체 구성이 자료, 근거 또는 보장은 있으나, 높은 수준의 논증 과정에서 나타나는 반대 주장이나 반증이 대체로 나타나지 않음을 보여주었다.

‘주장’과 ‘근거’ 항목에서는 각각 평균 3.63점과 3.88점으로, 초등영재 학생들의 논증 과정에서 주장은 논점에 맞춰져 있고, 다른 사람들이 이해할 수 있는 수준이며, 주장과 관련된 근거를 사용하지만, 근거가 주장을 뒷받침하기에는 충분하지 않은 것으로 나타났다.

‘결론’ 항목에서는 평균 3.00점으로, 주장에 근거를 사용하고 있지만, 결론에 도달하는 과정에 오류가 있거나 주장이 근거에 의해 뒷받침되는 정당화 과정을 설명하는 수준에 있다. 하지만 자신의 주장과는 다른 반대 입장의 가능성에 대해서는 인식하지 못하였다.

둘째, ‘내용’ 영역에서 8개 모둠의 평균 점수는 3.92점으로 ‘형식’과 ‘태도’의 평가 범주에 비하여 가장 높게 나왔다. 하위 항목별로는 ‘추론’이 4.63점으로 가장 높고, ‘이해’가 4.13점, ‘신빙성’이 3.00점이 나왔다. 다른 하위 항목에 비해 낮은 ‘신빙성’ 항목은 논증 과정에서 사용하는 증거 수준에 관한 것으로, 이 연구에 참여한 초등영재 학생들은 모두 자신의 주장을 뒷받침하는 근거로서, 개인의 경험적인 실험에 의해 알아낸 사실을 사용한다는 것을 보여주었다.

셋째, ‘태도’ 범주의 8개 모둠의 평균 점수는 3.75점으로 ‘참여도’와 ‘개방성’ 하위 항목은 각각 3.25점과 4.25점이 나왔다. ‘참여도’ 측면에서 몇몇 모둠은 상대방의 주장에 대해 근거를 제시하도록 요청하고, 그것에 대한 평가를 하기도 하였지만, 일부 모둠은 자신의 주장을 표현할 뿐, 상대방의 질의에 대한 응답을 하지 않기도 하였다.

또한 ‘개방성’ 항목에서 4.25점이 나왔지만, 상대방의 논증 과정이 타당하고 설득력 있다고 인정함에도 불구하고, 자신의 생각을 비판적으로 검토하여 바꾸거나 대안적인 논증을 제시하지는 못하였다.

이상의 결과들은 현 초등학교 영재 학생들의 논증 과정이 형식, 내용, 태도 영역의 하위 항목별 수준 차이가 있음을 보여 준다. 특히 형식 영역의 ‘전체 구성’과 ‘결론’, 태도 영역의 ‘참여도’ 항목이 다른 항목에 비해 매우 낮은 수준을 보인 것은 초등학교 영재 학생들이 논증의 형식적 요소에 대한 학습 경험이 적거나, 논증에 참여할 기회가 부족함을 시사한다. 이것은 교사들이 과학 수업에서의 논증을 중요시 하지 않는다는 Simon *et al.*(2006)의 연구 결과와 통한다.

과학적 논증 활동을 활용한 교수 프로그램은 학생들의 비판적 사고와 합리적 의사 결정 능력을 향상시킬 수 있기 때문에 과학 영재는 물론 일반 학생을 위한 과학 학습에서도 매우 중요하다고 많은 연구에서 그 중요성을 강조하고 있다. 이러한 연구 결과에도 불구하고 현재 초등 과학 영재들을 위한 논증 활동 교수 프로그램은 물론 그 개발을 위한 기초 연구도 이루어지지 않고 있다. 하지만, 내용 영역의 ‘이해’, ‘추론’ 항목과 태도 영역의 ‘개방성’ 항목에서 4점 이상으로 평가된 점을 통해 학생들이 논증 활동의 주제에 대해 잘 이해하고 과학적 개념을 사용할 수 있으며, 과학적 증거와 주장 사이의 인과 관계를 형성할 수 있음을 보여주었다. 또한 상대방의 논증을 인정할 수 있는 개방성도 보여줌으로써 더 높은 수준의 논증을 할 수 있는 가능성을 보여 준다.

이러한 연구 결과를 바탕으로 초등과학 영재 교육에서는 초등학교 영재 학생들이 높은 수준의 논증을 구성할 수 있도록 논증 과정의 형식적 측면과 내용적 측면, 그리고 태도적 측면을 종합적으로 구성한 교수 프로그램을 개발할 필요가 있다는 결론을 얻을 수 있다.

아울러 효과적인 논증 활동 교육 프로그램의 개발 및 운영을 위해서 논증 교육이 활발하게 이루어지지 않은 원인을 찾는 후속 연구도 필요하다고 하겠다. Driver *et al.*(2000)이 밝혔던 논증 교육의 저해요인 중에 하나로 교사 인식 문제는 우리에게 시사하는 바가 크다. 많은 교사들이 성공적인 논증 활동의 구성 방법을 제대로 인식하고 있지 못하여 그러한 활동을 시도하기 위한 자신감이 결여되어 있어 과학 수업에서 과학적 논증 활동이 활용되지 못하고 있

는 것이 사실이다. 이런 점에서 학생들을 위한 교수 프로그램 개발과 함께 논증 활동의 활용을 위한 교사 교육 및 연수 프로그램 개발을 위한 연구도 제안해 본다.

참고문헌

- 김동욱, 원정애, 백성혜(2005). 초등학교 과학 영재아들의 탐구 능력에 대한 분석. *청람과학교육연구논총*, 15(1), 60-72.
- 김영신(2007). 초등학교 과학 실험의 탐구 과정에 대한 분석. *중등교육연구*, 56(1), 47-67.
- 김희경, 송진웅(2004). 학생의 논변 활동을 강조한 개방적 과학 탐구 활동 모형의 탐색. *한국과학교육학회지*, 24(6), 1216-1234.
- 박영신(2006). 교실에서 실질적 과학 탐구를 위한 과학적 논증 기회에 대한 이론적 고찰. *한국지구과학학회지*, 27(4), 401-405.
- 양일호, 이효정, 조현준, 이효녕(2009). 과학적 논증 과정 평가를 위한 루브릭 개발. *한국과학교육학회*.
- 양태연, 배미란, 한기순, 박인호(2003). 과학영재의 과학 관련 태도와 지능 및 과학탐구능력과의 관계. *한국과학교육학회지*, 23(5), 531-543.
- 이범홍(1998). 토의토론 학습과 중등학교 과학교육. 1997년도 교과교육공동연구 결과보고서(RR97-II-6), 서울: 한국학술진흥재단.
- 이석희, 서봉희, 김용권(2007). 과학적 맥락의 논의 과제 해결 과정에서 나타나는 초등학교 학생들의 논의과정 특성에 관한 연구. *초등과학교육학회지*, 26(1), 76-86.
- 장신호(2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구 지향 교수 활동에 대한 예비 초등 교사들의 인식. *초등과학교육학회지*, 25(1), 96-108.
- 조현준, 양일호, 이효녕, 송윤미(2008). 초등학교 영재의 논증 활동에서 사용된 증거의 수준 분석. *한국과학교육학회지*, 28(5), 495-505.
- 홍준의, 이인호, 전영석(2007). 초등학교 과학 영재 학생의 탐구 수행 능력 분석. *초등과학교육학회지*, 26(3), 267-275.
- Alexopoulou, E. & Driver, R. (1996). Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1099-1114.
- Bandiera, M. & Bruno, C. (2006). Active/cooperative learning in schools. *Journal of Biological Education*, 40(3), 130-134.
- Brem, S. K. (2000). Explanation and evidence in informal argument. *Cognitive Science*, 24(4), 573-604.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Germann, P. J. & Aram, R. J. (1996). Student performances on the science process of recording data, analyzing data, drawing conclusions, and providing evidence. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 773-798.
- Naylor, S., Keogh, B. & Downing, B. (2007). Argumentation and primary science. *Research in Science Education*, 37(1), 17-39.
- Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553-576.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *School Science Review*, 82(301), 63-70.
- Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J. F. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260.
- Watson, J. R. & Swain, J. R. L. (2004). Student's discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Yang, F. Y. (2004). Exploring high school student's use of theory and evidence in an everyday context: The role of scientific thinking in environmental science decision-making. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1345-1364.
- Zohar, A. & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

<부록 1> 과학적 논증 과정 평가를 위한 루브릭(양일호 등, 2009)

평가 항목	척도					
	1점	2점	3점	4점	5점	
전체 구성	간단한 주장과 반대 주장 또는 주장과 주장으로 이루어진 논증이다.	자료, 근거 또는 보장이 있으나 반증은 없는 주장으로 이루어진 논증이다.	일련의 주장이나 반대 주장을 통해 논증하고, 자료, 보장, 보장 등이 있고 때로 약한 반증이 나타난다.	명백하게 확인 가능한 반증이 있는 주장을 제시하지만 불필요한 주장이나 반대 주장들이 있다.	한 가지 이상의 반증으로 보다 확장된 논증이 나타난다.	
주장	주제에 관련된 주장이 없다.	주제와 관련된 주장이지만 명백하게 진술되어 있지 않다.	주장의 초점이 주제에서 제시하는 하나의 논쟁점에 맞춰져 있고 다른 사람들이 이해할 만하다.	주장이 구체적이고 명쾌하게 주제에 접근하고 있어 모두가 이해할 수 있다.	부차적인 논제를 인식하여 구체적으로 자신의 주장이 어디에 속해 있는지 알고 명확하게 표현하였다.	
형식 근거	근거를 제시하지 않거나 제시한 근거가 주장과 연관성이 없다.	주장과 관련하여 근거가 될 수 있는 자료를 제시하였으나 출처에 대한 언급이 없고 부정확하며 충분하지 못하다.	주장과 관련된 근거를 출처를 언급하여 제시하였지만 명확한 관련성을 제시하는 구체적인 설명이 부족하다.	주장과 관련하여 제시한 근거의 중요성을 밝히고 출처를 언급하였으며 제시한 근거가 주장을 뒷받침하기에 충분하다.	근거를 자세히 해석하여 그 근거의 특정 측면이 주장을 어떻게 뒷받침하는지가 분명히 드러나 있고 그 근거가 충분하고 정확하다.	
결론	근거를 사용하지 않고 개인적인 관점에 의존하여 결론을 도출하였다.	근거를 사용하고 있지만 최종결론에 도달하는 과정에 있어서 오류가 있다.	결론의 주요 특성들이 근거에 의해 뒷받침되며 결론을 도출하는 정당화 과정과 그에 관한 설명이 나와 있다.	주장과 결론사이에 논리적 일관성이 있고 정당화 과정이 잘 나타나 있으며 반대 입장이 있을 수 있다는 것을 인식한다.	주장과 결론 사이의 일관성이 있고 정당화되어 있으며 결론에 있어서 예외사항이나 반대 논증이 나타나 있다.	
이해	주제에 대해 이해하지 못하고 과학적 개념을 통해 설명하지 않고 부적절한 용어를 사용한다.	주제에 대한 어떤 이해를 바탕으로 약간의 오류가 있지만 과학적 개념을 통해 설명하고자 하며, 일반적인 용어를 사용하지만 부정확하다.	주제에 대한 기초적인 이해를 바탕으로 제한적이지만 과학적 개념을 사용하여 설명하고, 일반적인 용어를 사용해서 정확하게 표현한다.	주제에 대하여 잘 이해하고 제시된 정보들을 과학적 개념을 사용하여 설명하고, 내용 특수적인 용어를 사용하지만 부정확하다.	주제를 완전하게 이해하고 제시된 정보를 능가하는 과학적 개념을 사용하여 설명하고, 내용 특수적인 용어를 정확하게 사용한다.	
내용 신빙성	증명할만한 어떠한 증거도 없이 자신이 제시한 근거가 옳다고 단정한다.	과학적으로 정확한 사실로 확인되지 않았지만 널리 퍼져 있는 일반 상식을 근거로 사용한다.	학생 개인의 경험적인 실험에 의해 알아낸 사실을 근거로 사용한다.	아직 반론의 여지가 남아 있는 과학적 이론을 근거로 사용한다.	자연의 진리으로써 확고 불변하다고 학자들에 의해 합의된 과학적 법칙을 증거로 사용한다.	
추론	인과관계를 형성할 만큼 충분한 양의 증거를 사용하고 있지 않다.	과학적으로 부정확한 증거를 사용하고 인과관계에 의해 판단하지 않는다.	과학적으로 부정확한 증거를 사용함으로써 잘못된 인과관계를 형성한다.	과학적 증거를 사용하였으나 인과 관계가 불완전한 선택을 한다.	정확한 과학적 증거를 사용하여 선택사항들의 장단점을 판단하여 확실한 인과 관계에 의한 선택을 한다.	
태도	참여도	참여가 없거나, 불가능하거나. 내키지 않아한다.	자신의 주장을 표현할 뿐 상대방에 대한 호응이 없다.	자신의 주장과 근거를 제시하고 상대방에 대하여 “응”과 같은 단순 용인만을 표현한다.	상대에게 주장에 대한 근거를 제시하도록 요청하고 그에 대한 평가를 한다.	상대방의 근거 요청에 대하여 응답을 할 수 있고 이 과정을 통해 자신의 논증을 점검한다.
	개방성	상호작용이 이루어질 수 없을 정도로 자신의 논증이 명확하지 않고 주장이 뚜렷하지 않다.	자신의 주장을 표현할 뿐 근거를 제시하지 않아서 상호작용이 일어나지 않는다.	상대방의 논증을 인정하지 못하고 자신의 논증에 상반되는 근거는 고려하지 않는다.	상대방의 논증이라도 그 힘을 인정하지만 자신의 입장을 비판하지 못해 생각을 바꾸지 못한다.	상대방의 논증을 바탕으로 가능한 모든 근거를 검토한 뒤 자신의 생각을 바꾸어 대안적인 논증을 제시한다.