

초등 단위 학교 영재 수업에서 나타나는 과학적 논증 과정에 대한 탐색

임현주 · 신영준[†]

(인천장도초등학교) · (경인교육대학교)[†]

Investigation of Scientific Argumentation in the Classes for Elementary Gifted Students

Lim, Hyeon-Ju · Shin, Young-Joon[†]

(Incheon Jangdo Elementary School) · (Gyeongin National University of Education)[†]

ABSTRACT

This study was to analyze the characteristic of scientific argumentation in the classes for the gifted of elementary school. The participants of this study were 5 fifth graders and 9 sixth graders, 14 in total, from the basic unit schools for gifted students of J elementary school in Incheon city. And it constituted small scale groups made up of 2~3 students with similar or identical ability in scientific reasoning. It had set up hypothesis for each group before the experiment, and students had a group discussion as a whole after the experiment. Classes were conducted 4 times, all courses were recorded as a sound/video. The ability in scientific reasoning of the students was inspected, making use of SRT II by means of pre-survey, and their argumentation levels were analyzed, utilizing 'Rubric for scientific argumentation course assessment.' As a result, argumentations did not incurred in every class. Analysis in argumentations of the students resulted in low level argumentation. This means argumentation cannot incur based on that with the limit in understanding the principle of experiments over the threshold of textbook no matter that he is an gifted student or not. The student both in formal operational period and transition period (2B/3A), the ability of scientific thinking in upper level, was improved of his argumentative ability in an overall aspect. However, a student of concrete operational period, the ability of scientific thinking in lower level, had argumentation with still lower level even after the experiment at the moment of discussing with the students on the upper level of scientific thinking ability.

Key words : gifted, scientific argumentation, scientific reasoning

I. 서 론

오늘날의 사회는 빠른 정보화 시대를 넘어 융·복합시대를 맞이하였으며, 우리는 단순지식의 활용이 아닌, 다양한 지식의 융합을 요구하는 시대에 살고 있다. 지식의 급속한 팽창과 기술의 복잡성 등으로 지식을 단순하게 습득하도록 하는 것은 교육의 주된 기능이라 할 수 없다. 이러한 사회에서 정확한 정보를 토론, 설명, 정당화, 분석 등을 통하여 유용한 지식으로 합의, 재구성하는 기술이 필요하며, 그 지

식 생성 과정에서 과학적 논증이 사용된다(양일호 등, 2009).

과학적 논증 활동은 과학적 지식을 구성하는 능력을 향상시키는 핵심적인 활동이며, 새로운 이론에 대해 지지하는 이론을 뒷받침하는 증거를 제시하거나, 다른 사람과 의견을 나누는 논증 과정을 통하여 과학적 지식이 생성된다(Zohar & Nemet, 2002). 그래서 학생들이 습득하고 있는 과학적 지식은 끊임없는 과학적 논증 활동을 통해 완성되어 왔고, 그 가치는 재탐색되며 변화하고 있다.

또한, 오늘날 일상생활에서 의사결정력과 문제 해결력을 키우기 위한 방법으로 논증을 들고 있으며, 학생들은 다른 사람에게 자신의 생각을 말하고 의견을 교환하는 과정을 통해 다양한 관점에 대한 비판적인 사고력을 키울 수 있다(곽경화, 2010). 이러한 이유로, 과학교과에서도 미래를 이끌 주역인 학생들에게 과학적 의사소통을 중요한 활동으로 강조하고 있다. 논증이 특정 교과만의 연구 방법이 아닌 통합교과적인 접근이 필요한 분야이기 때문이다(민병곤, 2003).

오늘날 전 세계적으로 과학교육에서 탐구의 중요성에 대한 재인식 속에서 과학 탐구는 단순한 실험 활동이 아닌 과학적 의사소통이 이루어지는 문제 해결 과정으로 이해되고 있다(Watson *et al.*, 2004; NRC, 2012). 또한, 과학관련 태도가 높은 집단에서 비교적 높은 수준의 논증 활동이 발견되었다(위수민 등, 2009). 현재 과학적 의사소통의 중심에 실험 결과에 대한 논리적이고 합당한 의견 교환인 과학적 논증 활동이 과학교육의 핵심적 활동으로 대두되며, 한국청소년물리토너먼트대회(KYPT)와 한국청소년과학탐구토론대회(KYST) 등이 활발하게 진행되는 등, 과학적 의사소통의 방법이 재조명되고 있다. 이러한 흐름에 과학적 의사소통의 중요성이 강조되어 현재 초등학생을 대상으로 한 청소년과학탐구대회에서도 탐구 토론 부문을 활성화하여 논증 활동을 강조하고 있다. 또한, 학생들은 논증 과정을 통하여 자신의 주장과 한계를 드러내며, 효과적인 논증 과정을 통해 새로운 과학 개념을 이해하거나 오개념을 과학적 개념으로 정정할 수도 있다. 따라서 특히, 과학 개념이 처음 체계적으로 형성되는 시기인 초등과학 수업에서 논증 과정은 중요하다(임혜진과 여상인, 2012).

그러나 이처럼 과학적 논증 활동이 중요시되고 있음에도 불구하고, 탐구 토론 대회와 같은 과학적 논증 활동에 대한 실제적 노력이 일반 학교까지 연계되어 운영되지 못하고 있다. 사실 위의 활동은 소수 우수한 학생들을 위한 내용으로 진행되어 왔기 때문에, 일반적인 초등학교의 과학 수업에 확대하여 적용하기에는 다소 무리가 있으며, 이 때문에 일반 학급에 미치는 영향력이 크지 않은 것이 현실이다.

또한 실제 과학 수업에서 과학적 논증 활동이 많이 이루어지고 있지 못한 원인으로 교사들이 성공

적인 논증 과정 지도 방법을 제대로 이해하고 있지 못하기 때문이며, 그 결과 학생들과 논증 과정을 시도하기 위한 자신감의 부족을 꼽고 있다(Driver *et al.*, 2000). 그리고 교육과정 운영상 논증 활동 적용의 어려움, 교사들의 논증 활동에 대한 인식 부족도 그 원인 중 하나로 보고 있다(Osborne *et al.*, 2004).

과학적 의사소통 기술인 논증을 학생들에게 지도하기 위해서는 교사가 과학적 논증에 대한 전문성을 가져야 하며, 학생의 논증에 대한 탐색이 선행되어야 한다. 현재까지 논증을 지도하기 위한 분석 연구로는 초등 과학영재의 논증 활동에서 나타나는 증거 수준 분석처럼 지역공동체 영재학생을 대상으로 하거나(조현준 등, 2008), 초등학교 영재 학생들의 탐구 활동에서 나타난 논증 수준 분석처럼 논증 활동 전체의 수준을 분석하는데 그쳤다(임재근 등, 2010). 또한, 학생 특성에 따른 소그룹 논증 수준 분석에서 학문적 자아 개념과 과학관련 태도에 따른 학생들의 수준을 분석한 연구가 있지만, 이는 고등학생들 대상으로 한 연구이다(위수민 등, 2009). 하지만, 위의 연구들은 학생들에게 논증이 최대한 일어날 수 있는 상황을 제시하고, 그 수준을 분석한 내용이므로 일반 학교의 개인의 논증 수준 향상을 위해서는 평소에 나타나는 논증 과정에 대한 개별적인 탐색이 필요하다.

이에 본 연구에서는 초등 단위학교 영재 수업에서 나타나는 과학적 논증 과정에 대해 탐색하고자 했다. 평소 수업에서 자연스럽게 나타나는 학생의 과학적 사고력에 따른 과학적 논증 과정의 수준, 논증에서 나타나는 과학적 논증 과정의 특징을 연구하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 인천광역시 소재 초등학교 5, 6학년 단위학교 영재학급 학생 14명(남학생 9명, 여학생 5명)을 대상으로 진행되었다. 연구 대상 학생들은 지역공동체 영재학급 학생을 제외한 학교 단위 영재학급 학생들로 학업 우수자 수준의 학생들이다. 모듬 구성은 2011년 10월에 과학적 사고력 검사 결과를 기준으로 과학적 사고력이 동일하거나, 비슷한 2~3명을 소집단으로 구성하였다(표 1).

표 1. 학생들의 과학적 사고력 수준

순	학년	이름	성별	과학적 사고력 수준	모둠	모둠원 수
1	6	S1	여	형식적 조작기	1	2
2	6	S2	여	(3A)		
3	6	S3	남	과도기 (2B/3A)	상 위 수 준	2
4	6	S4	여			
5	5	S5	남			
6	6	S6	남	과도기 (2B/3A)	3	3
7	6	S7	남			
8	6	S8	남	후기 구체적조작기 (2B)	4	3
9	5	S9	남			
10	5	S10	남			
11	5	S11	남	하 위 수 준	5	3
12	6	S12	여			
13	6	S13	남			
14	5	S14	여	중기 구체적조작기 (2A/2B)		

2. 연구 절차

우선 과학교육에서 이루어진 논증 과정에 관한 국내·외의 문헌 연구를 통해 본 연구 주제에 부합되는 선행 연구 자료를 수집하였다. 과학적 사고력 검사지(SRTⅡ)를 통해 학생의 과학적 사고력 수준을 검사하였다. 이 검사의 측정 범위는 1(전조작기), 2A(초기 구체적 조작기), 2A/2B(중기 구체적 조작기), 2B(후기 구체적 조작기), 2B/3A(과도기), 3A(형식적 조작기)까지 모두 6단계이다. 검사 채점 기준은 각 단계에서 2/3의 성공을 거두면 그 단계를 인정하도록 되어 있다. 총 14문항이고, 검사 시간은 50분이며, 연습 없이 바로 실시하도록 되어 있다. K-R의 신뢰도 계수는 0.78이고, 검사-재검사 신뢰도 계수는 0.84이다(Wylam & Shayer, 1980).

이후, 일반적인 영재학급의 수업 시간에 일어나는 논증 수준 분석을 위하여 과학영재수업에서 자주 소개되는 소재로 투입 과제를 선정하였다. 논증이 가장 활발할 때 나타나는 수준이 아닌 평소의 수업에서 발생하는 수준을 평가하고자 하였다. 각각의 1차시 수업은 총 80분의 수업이며, 총 4차시의 과제를 투입하고, Toulmin(1958)의 논증 이론에 바탕을

두고 개발한 양일호 등(2009)의 ‘과학적 논증 과정 평가를 위한 루브릭’을 사용하여 과학적 수준을 분석하였으며(표 2), 그 후 나타난 특징을 정성적으로 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 학생의 과학적 사고력 수준에 따른 논증 수준

학생들의 과학적 사고력 수준은 형식적 조작기(3A), 과도기(2B/3A), 후기구체적 조작기(2B), 중기 구체적 조작기(2A/2B)의 4수준으로 나타났다. 분석 대상은 상위 수준인 형식적 조작기(3A), 과도기(2B/3A) 수준의 학생 중에서 논증에 상대적으로 적극적으로 참여한 형식적 조작기(3A)의 S1 학생, 과도기(2B/3A)의 S3, S7 학생과 하위 수준인 후기 구체적 조작기(2B), 중기 구체적 조작기(2A/2B) 수준에서 상대적으로 적극적으로 참여한 후기 구체적 조작기(2B)의 S10, S11, S13 학생을 선정하여 비교하였다.

먼저 상위 수준인 형식적 조작기(3A)의 S1 학생의 각 차시에서의 논증 수준은 표 3과 같다. 표의 왼쪽 부분은 가설 설정 단계에서 동질 과학적 사고력을 가진 2~3명 학생들의 대화이고, 표의 오른쪽 부분은 실험 후, 모둠별로 실험 결과를 발표하고 논의하는 부분이다. 이때, 각 영역의 점수를 1점에서 5점까지 평가하였다.

소그룹 1차시에서 S1 학생은 자신의 생각을 주장하지만 명확한 근거나 증거 없이 제시하고 있으며, 또한, 자신의 주장도 분명하고 논리적으로 설명하지 못하고 있다. 비록 타인에게 자세히 설명하고 있지는 못하지만, 스스로 이해한 주제와 관련된 주장이 있어 주장과 참여도는 2점, 다른 영역은 1점으로 평가하였다.

S2: 여기에 힘을 주면...

S1: (말을 끊고) 이 만큼의 질량으로 했으니깐 역시 여기도 이 만큼의 질량만 움직이는 거 아니야?(주장)
(가설 설정 단계 1차시_탄성구슬실험)

가설 설정 단계 2차시에서도 S1은 주제와 관련된 주장을 말하고 있지만, 근거를 제시하지 않고 반복적인 주장만 하여 상호작용이 일어나고 있지 않으므로, 주장, 참여도, 개방성은 각각 2점으로 다른 영

표 2. 과학적 논증 과정 수준 평가 기준(양일호 등, 2009)

척도		평가 항목				
		1점	2점	3점	4점	5점
형식	진체구성	간단한 주장과 반대주장으로 이루어진 논증 과정이다.	자료, 근거 또는 보장이 있으나 반증은 없는 주장으로 이루어진 논증 과정이다.	일련의 주장이나 반대 주장을 통해 논증 과정하고, 자료, 보장, 보강 등이 있고 때로 약한 반증이 나타난다.	명백하게 확인 가능한 반증이 있는 주장을 제시하지만 불필요한 주장이나 반대주장들이 있다.	한 가지 이상의 반증으로 보다 확장된 논증 과정이 나타난다.
	주장	주제에 관련된 주장이 없다.	주제와 관련된 주장이지만 명백하게 진술되어 있지 않다.	주장의 초점이 주제에서 제시하는 하나의 논쟁점에 맞춰져 있고 다른 사람들이 이해할만하다.	주장이 구체적이고 명쾌하게 주제에 접근하고 있어 모두가 이해할 수 있다.	부차적인 논제를 인식하여 구체적으로 자신의 주장이 어디에 속해 있는지 알고 명확하게 표현하였다.
내용	근거	근거를 제시하지 않거나 제시한 근거가 주장과 관련성이 없다.	주장과 관련하여 근거가 될 수 있는 자료를 제시하였으나 출처에 대한 언급이 없고 부정확함 충분히 못하다.	주장과 관련된 근거를 출처를 언급하여 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 드러나있고 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 결론 사이에 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 논증 과정이 나타나 있다.
태도	이해	주제에 대해 이해하지 못하고 과학적 개념을 통해 설명하지 않고 부적절한 용어를 사용한다.	주제에 대한 어딘 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.
	신빙성	증명할만한 어떠한 근거도 없이 자신이 제시한 근거가 옳다고 단정한다.	과학적으로 정확한 사실로 확인되지 않았지만 널리 퍼져있는 일반 상식을 근거로 사용한다.	학생 개인의 경험적인 실험에 의해 알아낸 사실을 근거로 사용한다.	아직 반론의 여지가 남아 있는 과학적인 이론을 근거로 사용한다.	자연의 진리로서 확고 불변하다고 학자들에 의해 합의된 과학적 법칙을 증거로 사용한다.
태도	추론	인과관계를 형성할만큼 충분한 양의 증거를 사용하고 있지 않다.	과학적으로 부정확한 증거를 사용하고 인과 관계에 의해 판단하지 않는다.	과학적으로 부정확한 증거를 사용함으로써 잘못된 인과 관계를 형성한다.	과학적 증거를 사용하였으나 인과 관계가 불완전한 선택을 한다.	정확한 과학적 증거를 사용하여 선택사항들의 장단점을 판단하여 확실한 인과 관계에 의한 선택을 한다.
	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 논증 과정을 점검한다.
태도	개방성	상호작용이 이루어질 수 없을 정도로 자신의 논증 과정이 명확하지 않고 주장이 뚜렷하지 않다.	자신의 주장을 표현할 뿐 근거를 제시하지 않아 상호작용이 일어나지 않는다.	상대방의 논증 과정을 인정하지 못하고 자신의 논증 과정에 상반되는 근거는 고려하지 않는다.	상대방의 논증 과정이라도 그 힘을 인정하지만 자신의 입장을 비판하지 못해 생각을 바꾸지 못한다.	상대방의 논증 과정을 바탕으로 가능한 모든 근거를 검토한 뒤 자신의 생각을 바꾸어 대안적인 논증 과정을 제시한다.

표 3. S1 학생(형식적 조작기-3A)의 논증 수준 점수

평가 항목	수업(차시)		〈가설 설정〉 →				〈실험〉 →		〈발표 및 질의응답〉				
	1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균	1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균	
형식	전체 구성	1	1	1	2	1.25	1.56	2	2	2	3	2.25	2.44
	주장	2	2	3	3	2.50		3	4	3	2	3.00	
	근거	1	1	1	2	1.25		2	2	3	2	2.25	
	결론	1	1	1	2	1.25		1	2	3	3	2.25	
내용	이해	1	1	1	2	1.25	1.26	2	2	3	2	2.25	1.92
	신빙성	1	1	1	3	1.50		1	2	3	2	2.00	
	추론	1	1	1	1	1.00		1	2	1	2	1.50	
태도	참여도	2	2	2	2	2.00	1.88	4	4	4	4	4.00	3.50
	개방성	1	2	2	2	1.75		3	3	3	3	3.00	
차시 별 평균	1.22	1.33	1.44	2.11		1.53	2.11	2.56	2.78	2.56		2.50	

역은 1점으로 평가하였다.

- S2: 이산화탄소니까.. 그러면은 그러면은...
 S1: 그래도 내려가지 않을까?(주장)
 S2: 올라갈 것 같은데... 올라갈 것 같아.
 S1: 안 올라갈 것 같은데(주장)
 (가설 설정 단계 2차시_작용반작용실험)

가설 설정 단계 3차시에서는 1, 2차시보다 더 주장의 초점이 주제에 맞춰져 있다. 그러나 여전히 근거 없이 자신의 주장만 반복하고 있어서 상호작용이 일어나고 있지 않다. 그래서 주장은 3점, 태도의 참여도, 개방성은 2점으로 평가하였으며, 다른 영역은 1점으로 평가하였다.

- S1: 덩어리 형태가 반응이 더 잘 일어날 것 같아. (주장)
 S12: 가루 형태면 어떻게 되는데? 뽕 사라질 것 같아.
 S1: 가루 형태일 때보다 덩어리 형태일 때 반응이 더 잘 일어날 것이다. (주장)
 S12: 왜지 그럴 것 같아.
 (가설 설정 단계 3차시_발포정탐구 실험)

마지막 가설 설정 단계 4차시에서는 상호작용이 이루어지고 있는 않지만, 주제와 관련된 주장과 이를 뒷받침하는 하나의 근거를 제시하였다. 형식의 전체 구성은 2점, 논쟁에 맞춰진 주장이므로 주장은 3점, 출처가 명확하지는 않고 충분하지는 않지만 관련된 근거를 제시하였으므로 근거와 결론은

각각 2점으로 평가하였다. 또한 물이 차 있어야 사이펀의 원리가 성립된다는 주제에 대한 과학적 이해를 바탕으로 설명하고자 하므로, 이해는 2점, 가설 설정 단계 전에 빨대를 통해 높은 곳의 물을 낮은 곳으로 옮기려면 빨대에 물이 가득 차 있어야 한다는 실험 결과를 바탕으로 근거를 제시하였으므로 신빙성은 3점으로 평가하였으며, 다른 영역은 모두 1점으로 평가하였다.

- S1: 변화없을 것 같아. 빨대 안에 물이 없잖아.
 (주장+실험을 통해 알게 된 사실을 근거로 사용함)
 (가설 설정 단계 4차시_사이펀의 원리 실험)

전체가 참여한 발표 및 질의응답 단계에서 S1 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 전체 1차시의 대화에서는 S1 학생은 주장과 근거가 많이 늘어났으나, 더 충분한 근거를 들지 못하고 주장만 되풀이 하고 있다. 상대방의 논증 과정을 인정할 수 있는 상황이었는데, 머뭇하다 다시 주장만 반복하였으므로 전체 구성은 2점, 주장은 3점으로 평가하였다. 그리고 과학적 근거를 제시하기보다는 탄성충돌구의 관찰한 현상을 주로 근거로 사용하였으므로 근거는 2점, 결론은 1점으로 평가하였다. 그리고 ‘질량’이라는 용어와 ‘마찰’이라는 과학적 용어를 사용하고, ‘에너지 보존 법칙’이라는 이론을 근거로 제시하였으나, 실제 정확한 개념을 갖지 못하고 있으므로 이해는 2점, 실험 결과를 통해 어떠한

증명도 없이 자신의 근거를 옳다고 하므로 신빙성은 1점, 근거가 불충분하고 인과관계를 갖지 않으므로 추론은 1점으로 평가하였다. 그리고 상대방에게 주장에 대한 근거 요청을 하였으므로 참여도는 4점으로 평가하였으며, 상대방의 논증 과정을 인정하지 못하고 상반되는 근거는 고려하지 않았으므로 개방성은 3점으로 평가하였다.

S1: (중략) 구슬 한 개의 질량을 1이라고 했을 때 2만큼 질량의 에너지가 전달되었으므로 반대쪽에서도 2만큼만 움직인거고... (단지 실험 결과만을 근거로 함)

S1: 마찰로 손실된다고 했죠, 쪼개진다고는 하지 않았어요. (단순 반박+주장)

S3: 그러니까, 왜 하필 끝에 두 개만 움직이냐고요.

S1: 그러게... 뽀뽀. (웃으며 인정 후, 머뭇거리기)
애가 애를 밀지. 그러니까 애네만 움직이는 거지. (근거+같은 주장만 반박)
(발표 및 질의응답 단계 1차시_탄성구슬실험)

발표 및 질의응답 단계 2차시에서 S1이 대화에 참여한 횟수는 많지만, 그 내용의 절반은 상대방의 주장을 대신 정교화해 주거나 자세한 근거요청의 대화가 대부분이었다. 다음 대화 내용 중 주장은 구체적이므로 4점, 근거가 주장에 따라 제시되고 있으나 과학적 이론을 바탕으로 한 것보다는 정확하지 않은 내용으로 근거를 제시하고 있으므로 근거는 2점, 결론도 근거와 충분한 논리적인 관계를 설명하지 못하였으므로 2점으로 평가하였다. 그래서 전체 구성은 반증이 없으므로 2점으로 평가하였다. 그리고 ‘더 길어서, 감당을 못해서’ 등 일반적인 용어를 사용하면서 동시에 ‘작용-반작용’이라는 과학적 용어도 사용하였다. 하지만 정확하게 설명을 하지 못했으므로 이해는 2점, 정확한 사실로 밝혀진 것이 아니므로 신빙성도 2점, 인과 관계가 정확하지 않으므로 추론도 2점으로 평가하였다. 태도 영역에서는 상대방에게 근거를 제시하도록 요청하였으므로 4점, 개방성은 상대방의 주장과 근거를 고려하지 않으므로 3점으로 평가하였다.

S1: (실험A) 10cm가 더 기니까(근거) 그럴 거라고 생각 했는데.

S1: 풍선무게를 감당하는데 1 cm는 못해서 뒤에서 끌어 당기고, 10 cm는 감당을 하는데 1 cm는 감당을 못 하니깐. 더 못가는 거 아니에요?(근거)

S1: (실험B) 종이컵에 바람이 부딪치면서 반작용으로 풍선을 치면서 풍선에 붙어있는 게 따라갔어요.
(발표 및 질의응답 단계 2차시_작용반작용실험)

발표 및 질의응답 단계 3차시에서 S1은 실험의 결과를 근거로 사용하였으나, 이때 실험에서 반응이 잘 일어나는 근거로 이산화탄소가 같은 시간에 많이 발생하여 뚜껑이 열리는 것이 아닌, 반응이 일어나면서 보이는 발포정의 변화를 근거로만 들었다. 형식에서 S1은 주제와 관련된 주장을 분명히 하고 있으므로 주장은 3점, 근거가 될 수 있는 자료를 제시하였으나 구체적인 설명이 조금 부족하므로 근거는 3점, 결론과 그 근거가 논리적으로 연결되므로 결론은 3점, 자료와 근거가 있으나 더 나아가 반증 등은 없으므로 전체 구성은 2점으로 평가하였다. 내용에서는 일반 용어인 ‘덩어리’, ‘공간’이라는 말을 사용하여 표현하기는 했지만, 주제에 대해 이해를 하고 있으므로 이해는 3점, 학생의 개인적 실험으로 근거를 제시하였으므로 신빙성은 3점, 충분한 증거가 있지는 않아서 추론은 1점으로 평가하였다. 태도에서는 상대방의 주장과 근거에 대해 반박을 2회하고 있으므로 참여도는 4점, 상대방의 근거가 틀렸다고 생각하여 이에 대해 고려하지 않으므로 개방성은 3점으로 평가하였다.

S1: 많이 흔들면 반응이 잘 일어난다. (주장) 흔들고 나서 발포정이 쪼그만해지는 거를 보세요. 흔들면 부영게 되는거로 보세요. (실험을 통해 얻은 결과를 근거로 제시)

S1: 그럼 사이사이에 덩어리는 공간이 있어서 빨리 녹는다고 했는데 가루는 그 사이가 더 있으니까 더 빨리 녹아야 하는거 아니냐? (근거 반박)
(발표 및 질의응답 단계 3차시_발포정탐구 실험)

발표 및 질의응답 단계 4차시에서는 주장을 하고 근거를 제시한 뒤, 다른 모둠과의 대화에서 몇 번의 좀 더 자세한 설명을 요구하는 횟수가 더 많았다. 형식에서는 주장은 2점, 근거는 2점, 결론은 3점, 전체 구성은 3점으로 평가하였다. 내용에서는 주제에 대해 이해하고 있고, ‘공기의 힘’, ‘물의 힘’, ‘무겁다’처럼 일반 용어를 사용하였지만, 기압과 수압의 개념에 대해 이해하며 근거로 사용하였다. 하지만 실험의 결과와 논리적으로 연결하는데 오류를 보여 내용면에서는 이해는 2점, 신빙성은 2점, 추론은 2점으로 평가하였다. 근거와 주장에 대해 대답할 때,

자신의 근거를 제시할 뿐, 상대방의 논증 과정을 상대방의 근거와 주장에 대한 질문에 폐쇄적인 모습이 보이므로 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

- S1: (중략)...물의 양력이 빨대를 눌렀기 때문이라고 생각하였습니다. (근거)
 S1: 누르는 힘이 공기의 힘은 약한데 물의 힘은 강하니까. (근거-일반상식으로)
 S1: 물이 더 무거우니까요. 공기보다 무거우니까. (근거)
 (발표 및 질의응답 단계 4차시_사이편의 원리 실험)

위의 분석 결과, S1 학생은 가설 설정 단계에서는 일방적 주장을 많이 하였으므로 주장만 2, 3점이었으며, 다른 영역은 모두 1점이었다. 또한, 다른 모둠원에 비해 발언한 횟수가 많으므로 참여도도 2점이 많았다. 차시별 평균이 조금씩 높아져 가설 설정 단계에서 4차시에 가장 높은 점수를 나타냈지만, 작은 점수 차이는 논증 수준이 향상되었다기 보다는 수업 소재의 영향이 큰 것으로 보인다. 실험 후, 발표 및 질의 응답 시간에는 더욱 활발하게 참여하여 참여도는 평균 4점, 개방성은 평균 3점으로 높게 나타났다. 실험 전보다 전반적으로 논증 수준이 향상된 모습이었다. 여전히 주장이 가장 높게 평가되었으며 실험을 통해 이해도 1, 2점의 수준에서 2, 3점의 수준으로 높아졌다. 전반적으로 형식, 내용, 태도면에서 조금씩 향상되었지만 내용의 면에서 가장 조금 향상되었다. 이는 실험과 상대방과의 대화를 통

한 상호작용을 통해서도 스스로 그 내용을 완벽하게 이해할 수 없다는 것으로 보인다.

과도기(2B/3A)의 S3 학생의 각 차시에서의 논증 수준은 표 4와 같다.

소그룹 가설 설정 단계에서 S3 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 소그룹 1차시의 대화를 살펴보면, 대화는 길지만 다양한 논의가 이루어지지 못하고 있다. 주장만 정교화되어 구체적이고 명확하게 하고 있다. 그래서 주장은 4점, 참여도와 개방성은 2점, 다른 영역은 모두 1점으로 평가하였다.

- S3: 가설! 잡아 당긴 거리만큼 반대 구슬도 튕겨 나갈 것이다. (주장)
 S4: 야. 너 뭐하는 거야~?
 S3: 그리고 튕기다가 일정한 시간이 지나면 멈출 것이다. 튕기는 힘에 따라 다르겠지만 ~ (정교화)
 두 개 잡아당기면 치잖아. 그러면 이 두 개가 반대로 튕겨 나가는 거잖아. (근거)
 (가설 설정 단계 1차시_탄성구슬실험)

가설 설정 단계 2차시의 대화를 살펴보면, S3 학생은 2가지 상황에 대한 주장을 하고 있다. 실험A에서는 주장을 명확하게 하고 있으며, 과학적 용어 ‘마찰’을 바탕으로 근거를 들지만 그 단어만으로는 주장을 뒷받침하기에 불충분하다. 그래서 주장은 4점, 전체 과정, 근거, 결론, 이해, 신빙성은 각각 2점, 추론은 3점, 참여도는 3점, 개방성은 2점으로 평가

표 4. S3 학생(과도기-2B/3A)의 논증 수준 점수

평가 항목	수업(차시)				〈가설 설정〉 →		〈실험〉 →		〈발표 및 질의응답〉					
	1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균			1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균
형식	전체 구성	1	2	2	2	1.75	2.13		3	4	3	3	3.25	3.13
	주장	4	4	2	2	3.00			4	4	4	4	4.00	
	근거	1	2	2	3	2.00			3	2	4	2	2.75	
	결론	1	2	2	2	1.75			2	3	3	2	2.50	
내용	이해	1	2	2	2	1.75	1.67		2	2	3	2	2.25	2.33
	신빙성	1	2	1	2	1.50			2	2	3	2	2.25	
	추론	1	3	1	2	1.75			2	2	3	3	2.50	
태도	참여도	2	3	3	2	2.50	2.63		4	4	4	4	4.00	3.63
	개방성	2	2	5	2	2.75			3	4	3	3	3.25	
차시 별 평균	1.56	2.44	2.22	2.11		2.08			2.78	3.00	3.33	2.78		2.79

하였다.

S3: (실험A) 풍선의 입구를 놓으면 10 cm 보다 1 cm 가 더 빨리 가겠지. 마찰력이 있으니까. (주장+과학적 용어를 사용한 근거)

(실험B) 열기구 만드는 거야? 하늘로 날라가겠지 풍선이 종이컵을 올릴 수 있는 만큼의 힘이 있으면 위로 날아가겠지. (주장을 정교화 함)

S3: 하지만 높이 올라가지는 못하고 떨어질 것 같아. (주장)

(가설 설정 단계 2차시_작용반작용실험)

가설 설정 단계 3차시의 대화를 살펴보면, 자신의 첫 번째 주장이 잘못되었음을 인정하지만, 이는 상대방의 근거가 있는 주장에 따라 반증한 것이 아니므로 전체 구성은 2점, 주장은 2점, 근거는 2점, 주제에 대한 이해 부족이 있었으므로 이해는 2점, 신빙성과 추론은 각각 1점, 참여도는 3점으로 평가하였다. 개방성의 경우, 상대방의 질문에 의해 내용을 정확하게 이해하게 되고 주장을 바꾸게 되었으므로 5점으로 평가하였다.

S3: (발포정)이 물에 타서 마시는 거지? 물의 양이 적으면 더 빨리 반응할 것 같아. (주장함)

S4: 물의 양이 적으면? 음... 모르겠는데?

S3: 물이 적으면 빨리 닳을 것 아냐(근거 제시)

S4: 물의 양이 적으면 빨리 녹는다는 거?

S3: 그럼. 물을 마셨을 때 빨리 위로 가잖아. (근거 제시)

S4: 그거 이야기하는 게 아니라, 발포정이 물에 빨리 녹는 거

S3: 아. 그럼 가루가 더 부서져 있거나 물이 많거나 빨리 휘적거나. 이거잖아.

(상대방의 주장을 잘 듣고 받아들임)

(가설 설정 단계 3차시_발포정탐구 실험)

가설 설정 단계 4차시의 대화를 살펴보면, 사이편 현상을 간단하게 이해하고 이를 주장에 대한 근거로 제시하고자 하지만 관련성을 제시하는 구체적인 설명이 부족하므로 근거는 3점으로, 다른 영역은 모두 2점으로 평가하였다.

S3: 밑으로 물이 흐를 것이다.

S4: 안 내려갈 것 같은데.

S3: 흐를 거 같은데.

S4: 빨아야 내려가지. 아니 사이편의 원리니 내려갈 거 같기도 하다.

S3: 왜냐하면, 물이 차면서 빨대 안으로 물이 들어가게 되는데, 이때 그 물이 그 구부러진 빨대의 그 쪽에 구부러진 곳으로 가서 물이 흐르게 되고 이때부터 물이 계속 떨어질 것이다.

(가설 설정 단계 4차시_사이편의 원리 실험)

전체가 참여한 발표 및 질의응답 단계에서 S3 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 전체 1차시의 대화를 살펴보면, 상대방의 주장과 근거에 반박하는 횟수가 많았으며 전체 논증에 많이 참여하였다. 형식에서 주장은 4점, 근거는 3점, 결론은 2점, 전체 구성에서 스스로의 반증은 일어나지 않으므로 3점으로 평가하였다. 내용면에서는 M이 질량, V가 속도라는 개념을 알고, MV의 값이 보존된다는 이해를 바탕으로 근거를 제시하고 있지만 ‘에너지의 반동’, ‘에너지의 분산’이라는 잘못된 용어를 사용하고 있다. 따라서, 이해는 2점, 신빙성은 2점, 추론도 2점으로 평가하였다. 태도에서는 자신의 논증 과정을 점검하지 않고 자신의 논리에 의해 생긴 반대 주장에 대해 주장을 하므로 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

S3: 그 MV가 가운데 구슬에 부딪치고 MV가 전해져서 똑같은 개수와 거리만큼 튀겨져 나갑니다. (운동량 보존과 에너지 보존 법칙을 다 이해하고 고려하여 근거로 제시하지 못하지만 MV값이 일정함은 알고 있다.)

S3: MV만큼의 에너지 반동이 여기에 전해지고 끝에 전해지는 거예요. (근거)

(발표 및 질의응답 단계 1차시_탄성구슬실험)

발표 및 질의응답 단계 2차시의 대화를 살펴보면, 대화에서는 단순 반박부터 근거 반박, 메타질문까지 다양한 논증 과정 요소를 보인다. 상대방의 근거에 상반되는 예를 제시함으로써 상대방이 자신의 논증에 대해 반박하기도 하였다. 형식에서는 전체 구성은 4점, 주장은 4점, 근거는 출처는 없지만 자신의 주장을 뒷받침해줄 수 있는 작용-반작용의 근거를 들고 있지만, 정확하게 이해하고 있지 못하므로 2점, 결론은 3점으로 평가하였다. 내용에서는 과학적인 ‘작용-반작용’의 개념을 도입하고 있으며, 작용이 있으면 반작용이 있다는 개념을 이해하고 근거로 제시하고 있다. 마찰력이 크면 더 많이 나아가지 못하는 과학적 개념은 바르게 알고 있으나 더 영

항이 큰 요인을 고려하지 못하고 있어서 내용면에서는 이해는 2점, 신빙성은 2점, 추론은 2점으로 평가하였다. 태도면에서는 자신의 논증 과정을 점검하지는 못하므로 참여도는 4점, 개방성은 4점으로 평가하였다.

- S3: 아니지. 마찰이 없어야 멀리 가지.(근거 반박)
 S3: 질량이란 속도랑 더 클수록 더 많이 움직이는거 아닌가?(잘못된 과학적 개념이지만 보장을 하고 있음)
 S7: (중략) 바람은 정확한 모양이 없어서 분산되잖아요. 바람이 불 수도 있고
 (중략) (풍선이)수직으로 올라가지는 않을 것 같은데.
 S3: 그럼, 로켓도 구불구불하게 올라갈까?(메타질문)
 (발표 및 질의응답 단계 2차시_작업반작용실험)

발표 및 질의응답 단계 3차시의 대화를 살펴보면 1, 2차시와 마찬가지로 활발한 논증을 하고 있다. 물론, 다양한 방법의 논증 과정이 나타나지는 않았지만, 주장의 근거로 제시한 실험의 결과와 과정에 대한 반박이 주로 많이 나타났다. 그리고 근거로 자신의 생활 속 경험을 넣어 제시하기도 하였다. 형식에서는 주장은 4점, 근거는 4점, 결론은 3점, 전체 구성은 자신의 주장에 대한 보장, 보강보다 반대 주장은 많으나 반증은 일어나지 않았으므로 3점으로 평가하였다. 내용에서는 논증 과정 중, 각 pH의 값을 직접 확인하고 그 결과를 근거로 제시하고 있으나, 그 부분에서의 자신의 주장이 명백하지 않았으므로 이해는 3점, 신빙성은 3점, 추론은 3점으로 평가하였다. 태도면에서는 역시 자신의 반증은 나타나지 않으므로 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

- S3: 코코아 같은 거 타면 더 빨리 녹으니까 뜨거운데 대체로 반응이 빠르더라고요. 그래서 더 빨리 반응하는 거 같아요.(근거-생활 속 경험)
 S3: 그럼, 가루를 먼저 넣고 물을 나중에 부으면 가루가 더 빨리 녹을 수도 있겠네?(실험 과정에 대한 반박)
 (발표 및 질의응답 단계 3차시_발표정 탐구 실험)

발표 및 질의응답 단계 4차시의 대화를 살펴보면, 많은 논증 과정에 참여하고 있지만, 다음 대화처럼 관련없는 과학적 개념을 사용하고, 과학적 용어를 잘못 사용하고, 실험과 관련없는 요인에 대해 분석하는 모습을 보인다. 전체 구성에서는 보장, 보강 등의 요소는 없지만 반대 주장이 많이 나타나

로 3점, 주장은 4점, 자신의 주장에 대해 사이편의 원리와의 연결짓지 못했으므로 근거는 2점, 결론은 2점으로 평가하였다. 내용면에서는 이해는 실험에 대해 잘못된 방향의 근거를 계속 제시하므로 2점, 과학 관련이지만 주제와 관련되지 않은 근거이므로 신빙성은 2점, 추론은 3점으로 평가하였다. 태도면에서는 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

- S8: 빨대를 낮게 하면 기압이 세지는 데, 높으면 기압이 낮아지니까 그런 것 같습니다. (높이에 따른 기압의 차이에 대해 설명)
 S3: 기압이 어떻게요? 기압은 대기압은 모든 방향에서 똑 같잖아요.(방향에 따른 기압에 대해 설명)
 (발표 및 질의응답 단계 4차시_사이편의 원리 실험)

위의 분석 결과, S3 학생은 가설 설정 단계와 발표 및 질의응답 모두 주장과 참여도의 점수가 높았다. 자신의 주장이 잘못된 것이라면 상대방의 의견을 귀 기울여 들어 의견을 바꾸는 개방성도 보였다. 하지만 여전히 형식과 참여도보다 내용면에서 가장 낮은 수준의 논증을 하였다. 실험 후 발표 및 질의응답에서 더욱 활발하게 참여하여 참여도 점수가 높게 평가되었다. 주장도 구체적이고 명확하게 하여 평균 4점으로 분석되었다. 그리고 메타질문과 반박의 횟수도 많아 상호작용을 이끄는 학생 중 하나였다. 주장, 근거보다 더 나아간 보장, 보강, 한정 등의 논증요소를 많이 사용하지는 못했지만 적극적인 태도로 논증에 임하였다. 그래서 이 학생은 6명의 논증 수준을 분석한 학생 중 가장 높은 수준의 논증을 보였다.

또한, 정확하지는 않아도 사실에 근접한 과학적 지식을 영재반 학생들 중에 가장 많이 가지고 있는 학생이었다. 그로 인해 자신의 주장과 근거를 말함으로 자신이 가진 과학적 오개념을 가장 많이 드러낸 학생이기도 하다. 운동량 보존 법칙을 완벽하게 이해하고 있지는 못하지만 질량과 속도의 곱이 같다는 사실을 알고 있었으며, 면적에 영향을 받지 않는다는 사실은 모르지만 마찰력이 영향을 미치는 요인이라는 점도 고려하여 근거로 제시하였다. 그리고 운동량 보존 법칙뿐만 아니라, 에너지보존 법칙이 적용되는 경우를 찾음으로써(구슬 1개가 튕기면 2개가 조금씩 튕기지 않고 하나씩 튕기는 현상) 논증을 세련되게 진행할 수 있었지만, 대화 상대가 논증을 함께 풀어 나가기에 역부족이었던 것으로 보

인다. S3 학생보다 더 많고 정확한 과학적 지식을 가진 상위 수준의 상대와 상호작용이 이루어졌다면 논증을 통해 충분히 더욱 발전할 수 있었을 것으로 보인다.

과도기(2B/3A)의 S7 학생의 각 차시에서의 논증의 수준은 표 5와 같다.

소그룹 가설 설정 단계에서 S7 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. S7 학생의 1차시 대화내용을 보면, “세계 치면 세계 움직인다”는 일반적인 상식을 근거로 사용하여 주장을 펼치고 있으므로 모두 2점으로 평가하였으며, 내용면의 추론만 1점으로 평가하였다.

S7: 하나를 움직이면 다른 하나도 움직일 거야.
 아냐. 잘 하면 에너지를 바꿔서 하면 더 세계 튕길 수도 있어.
 힘에 따라 달라질 거야. 세계 치면 세계 움직이잖아.
 S8: 쿵!
 (가설 설정 단계 1차시_탄성구술실험)

가설 설정 단계 2차시의 대화 내용을 살펴보면, S7 학생은 “바람이 세다”라는 근거로 종이컵을 달은 열기구 모양의 풍선이 구불구불하게 올라갈 것이라고 주장하였으나, 이는 부정확하여 충분하지 않고 주장을 뒷받침하기에는 충분한 근거가 아니며, 또한 인과관계가 정확하지 않다. 그러므로 역시 추

론만 1점, 다른 영역은 모두 2점으로 평가하였다.

S8: 실험B는?
 S7: 바람이 세니까. 구불구불하게 올라갈거야.
 (가설 설정 단계 2차시_작용반작용실험)

가설 설정 단계 3차시에서는 논증 수준을 분석할 수 있을 만큼의 주제와 관련된 주장이 없어 평가에서 제외하였다.

마지막 소그룹 4차시에서는 물이 흐른다는 주장에 전문가(선생님)의 수업 의도에 의존하여 근거를 제시하지만, 이는 내용에 대한 이해가 전혀 되지 않은 것이므로 모두 1점으로 평가하였다.

S7: 물이 흐를 거야
 S8: 왜?
 S7: 선생님이 물이 흐르지 않으면 우리에게 시키겠어?
 (가설 설정 단계 4차시_사이펀의 원리 실험)

전체가 참여한 발표 및 질의응답 단계에서 S7 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 전체 1차시에서 S7 학생은 논증 과정에 활발하게 참여하고 있다. 자신의 주장을 명확하게 주장하기도 하고, 근거를 요청하거나 주장, 질문에 대해 주장하는 발언이 많다. 형식면에서는 전체 구성은 2점, 주장은 3점, 근거는 3점, 결론은 2점으로 평가하였

표 5. S7 학생(과도기-2B/3A)의 논증 수준 점수

평가 항목	수업(차시)				〈가설 설정〉		→	〈실험〉		→	〈발표 및 질의응답〉					
	1	2	3	4	하위 항목	평균	영역	평균	1	2	3	4	하위 항목	평균	영역	평균
형식	전체 구성	2	2	-	1	1.67	1.67	1.67	2	3	3	4	3.00	2.75	2.75	2.75
	주장	2	2	-	1	1.67			3	2	4	3	3.00			
	근거	2	2	-	1	1.67			3	2	2	3	2.50			
	결론	2	2	-	1	1.67			2	2	3	3	2.50			
내용	이해	2	2	-	1	1.67	1.44	1.44	1	2	2	1	1.50	2.25	2.25	2.25
	신빙성	2	2	-	1	1.67			2	2	3	3	2.50			
	추론	1	1	-	1	1.00			3	3	3	2	2.75			
태도	참여도	2	2	-	1	1.67	1.67	1.67	4	4	4	4	4.00	3.75	3.75	3.75
	개방성	2	2	-	1	1.67			3	3	3	5	3.50			
차시 별 평균	1.89	1.89	-	1.00			1.59		2.56	2.56	3.00	3.11				2.81

*가설 설정 단계의 3차시는 논증 시도가 없어 분석에서 제외함.

다. 내용면에서는 에너지의 손실이라는 내용은 이해하지만, 정확하게 설명하지 못하였으므로 이해는 1점, 신빙성은 2점, 추론은 3점으로 평가하였다. 태도면에서는 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

S7: 에너지가. 그 한 개의 에너지가 끝으로 이어지면서 그 에너지만큼 튕겨나가는 거데 마찰이 생기면서 에너지가 줄어서 원래보다 점점 더 적게 튕겨지는 겁니다. (근거)

(발표 및 질의응답 단계 1차시_탄성구술실험)

발표 및 질의응답 단계 2차시에서는 작용-반작용의 개념을 사용하여 주장을 뒷받침하는 보장이 나타나지만, 대부분은 주장과 근거에 대한 반박이다. 형식면에서는 전체 구성은 3점, 주장은 3점, 근거는 정확하지 않으므로 2점, 결론은 2점으로 평가하였다. 내용면에서는 질량, 작용-반작용 등의 과학적 용어를 사용하지만 부정확하게 반박하므로 이해는 2점, 과학적 근거를 사용하지만, 바르게 이해하지 않은 것이므로 신빙성은 2점, 근거를 제시하고 있지만 그 과학적 개념을 정확하게 이해한 것이 아니라 주장과 연결하는데 오류가 있으므로 추론은 3점으로 평가하였다. 태도면에서는 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

S7: (바람의)질량이 정확한 크기가 없어서 옆으로 분산 되니까 그러니까, 풍선이 (위로) 똑바로 올라갈 수 없다고 생각하는데. (바람의 무게에 대한 개념이 정확하지 않아 주장과 연결하는데 오류 발생)

(발표 및 질의응답 단계 2차시_탄성구술실험)

발표 및 질의응답 단계 3차시에서는 근거를 바탕으로 주장하고 주장 반박, 근거 반박을 하고 있지만, 그 근거가 대부분 과학적 개념을 바탕으로 한 것이 아니다. 다음 대화처럼 가루로 녹일 때 빠르게 녹는다는 것에 뜨거운 물일 때만 해당되고, 찬물일 때는 가루가 차근차근 녹아 덩어리보다 더 녹는데 오래 걸린다고 상대방에 약한 반증을 보이지만, 잘못된 과학적 개념을 바탕으로 논증을 진행한다. 전체 구성은 3점, 주장은 4점, 근거는 2점, 결론은 3점으로 평가하였다. 내용은 이해는 2점, 신빙성은 3점, 추론은 3점으로 평가하였다. 태도면에서는 끝까지 반대 주장을 고려하지 않으므로 참여도는 4점, 개방성은 3

점으로 평가하였다.

S4: 근데 다른 경우에는 녹일 때는 가루로 녹일 때 빠르다고 배웠잖아.

S7: 그건 뜨거운 물일때구(반증)

(발표 및 질의응답 단계 3차시_탄성구술실험)

발표 및 질의응답 단계 4차시에서도 근거를 통해 주장을 제시한다. 하지만 주로 주장을 많이 하고 근거에 과학적 개념을 도입하여 논리적으로 설명하지는 못한다. 처음에는 과학적 개념에 근거하지 못한 근거를 제시하며 주장을 하지만, 논증 과정이 이루어지면서 사이편의 원리와 연결지으면서 스스로 제시한 근거에 대해 약한 반증이 일어나기도 했다. 전체 구성 형식면에서는 4점, 주장은 3점, 근거는 3점, 결론은 3점으로 평가하였고, 내용면에서는 이해는 1점, 신빙성은 3점, 추론은 2점으로 평가하였다. 태도면에서 참여도는 4점, 논증 과정에서 약한 반증으로 자신의 근거를 발전시켰으므로 개방성은 5점으로 평가하였다.

S7: 여기서는 빨대가 막고 있고, 여기는 뚫려 있고 여기로 물이 들어가니까(근거)

(중략)

S7: 사이편은 물이 차 있으니 그런데, 이 컵은 빨대에 물이 차지 않아서 그런 거 아님니까?(반증)

(발표 및 질의응답 단계 4차시_탄성구술실험)

위의 분석 결과, S7 학생은 가설 설정 단계에서 매우 낮은 수준이었다. 수준을 분석할 수 없을 정도의 의미 없는 대화로 분석에서 제외된 경우도 있다. 형식, 내용, 태도면에서 모두 낮은 점수를 보였다. 하지만 실험 후, 발표 및 질의응답에서는 참여도가 평균 4점이고, 주장도 평균 3점으로 더욱 활발하게 대화에 참여하는 모습을 보였다. 하지만 여전히 내용의 이해에서는 같은 수준이었다. 이 학생이 사용한 대부분의 근거는 일반적인 상식 수준이며, 과학적 개념을 바탕으로 한 근거는 제시하지 못하였다.

이와 같이 과학적 사고력 상위 수준의 학생은 전반적으로 3점 이하의 낮은 수준의 논증을 하였지만, 실험 후 발표 및 질의응답을 하면서 실험 전 가설 설정 단계에서보다 주장, 참여도가 많이 높아지며, 전반적으로 논증의 수준이 향상되었다. 다만 내용 항목에서의 변화는 다른 영역의 변화에 비해 적었

다. 고려하는 요인이 더 많아지고 비슷한 수준의 학생과 함께 논증을 하면서 상호작용하는 횟수도 많아지며 그 수준이 약간 향상된 것으로 보인다.

과학적 사고력 하위 수준인 중기 구체적 조작기(2B)의 S10 학생과 S11의 학생의 각 차시에서의 논증 수준 점수는 표 6, 표 7과 같다. S10 학생과 S11 학생은 같은 모둠이었으므로 소그룹의 분석을 함께 하였다.

소그룹 가설 설정 단계에서 S10, S11 학생의 논

증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 소그룹 1차시의 대화 내용을 보면, S10 학생과 S11 학생은 모두 ‘에너지’라는 과학적 용어를 사용하여 당긴 길이만큼 움직인다는 주장을 뒷받침하려 하였다. S10은 주장을 명확히 하지 않았으므로 주장을 1점으로, S11은 자신의 주장을 분명하게 제시하였으므로 주장을 3점으로 평가하였다. 그리고 S10은 경험에서 나온 근거를 제시하지만 과학적 설명이 부족하므로

표 6. S10 학생(후기 구체적조작기-2B)의 논증 수준 점수

평가 항목	수업(차시)				〈가설 설정〉 →		〈실험〉 →		〈발표 및 질의응답〉					
	1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균			1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균
형식	전체 구성	2	2	-	2	2.00			1	2	2	2	1.75	
	주장	1	2	-	3	2.00	2.00		1	3	3	3	2.50	1.94
	근거	2	2	-	2	2.00			1	2	2	2	1.75	
	결론	2	2	-	2	2.00			1	2	2	2	1.75	
내용	이해	2	2	-	2	2.00			1	2	1	2	1.50	
	신빙성	1	2	-	2	1.67	1.89		1	2	1	3	1.75	1.67
	추론	2	2	-	2	2.00			1	3	1	2	1.75	
태도	참여도	2	3	-	2	2.33	2.33		2	4	3	3	3.00	2.63
	개방성	2	2	-	3	2.33			1	3	3	2	2.25	
차시 별 평균	1.78	2.11	-	2.22		2.04			1.11	2.56	2.00	2.33		2.00

*가설 설정 단계의 3차시는 논증 시도가 없어 분석에서 제외함.

표 7. S11 학생(후기 구체적조작기-2B)의 논증 수준 점수

평가 항목	수업(차시)				〈가설 설정〉 →		〈실험〉 →		〈발표 및 질의응답〉					
	1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균			1	2	3	4	하위 항목 평균	영역 평균
형식	전체 구성	2	1	-	2	1.67			2	1	1	2	1.50	
	주장	3	3	-	2	2.67	1.92		3	1	1	3	2.00	1.69
	근거	2	1	-	2	1.67			2	1	1	2	1.50	
	결론	2	1	-	2	1.67			3	1	1	2	1.75	
내용	이해	2	2	-	2	2.00			1	1	1	2	1.25	
	신빙성	2	1	-	3	2.00	1.89		2	1	1	2	1.50	1.25
	추론	2	1	-	2	1.67			1	1	1	1	1.00	
태도	참여도	2	3	-	2	2.33	2.17		2	1	1	2	1.50	1.50
	개방성	2	2	-	2	2.00			2	1	1	2	1.50	
차시 별 평균	2.11	1.67	-	2.11		1.96			2.00	1.00	1.00	2.00		1.50

*가설 설정 단계의 3차시는 논증 시도가 없어 분석에서 제외함.

신빙성은 1점으로 평가하였으며, S11는 에너지가 이동한다는 것을 근거로 제시하였으므로 신빙성을 2점으로 평가하였다. 다른 모든 영역은 그 수준이 낮아 모두 2점으로 평가하였다.

- S11: 당긴 길이만큼 움직이지.
 S10: 잡아당긴 길이만큼? 또 뭐가 있을까? (중략)
 에너지가 반대쪽 에너지를 쳐서 그런 건 아닐까?
 (주장)
 S11: 그거 맞고 왜?
 S10: 친구가 나를 때린 것처럼 이 에너지도 똑같이 때리는거?
 만약에 니가 나를 때렸어. 그럼 나도 널 때리겠지. 화가 나서 때리는 것처럼. 내가 이걸 치고, 이게 저걸 치고(근거)
 S11: 잡아당겼던 에너지가 이동을 하였기 때문이 아닐까?(주장)
 (가설 설정 단계 1차시_탄성구슬원리 실험)

가설 설정 단계 2차시의 경우, S11은 주장을 하고 있지만 이에 대한 근거가 없다. 반면, S10은 지탱하지 못해서라는 근거에 앞으로 못 날아간다는 주장을 하고 있으나, 주장이 명백하게 진술되어 있지 않다. 그래서 주장은 S10은 2점, S11은 3점으로 평가하였다. 또한 상대방에게 주장을 제시하도록 질문하고 있으므로 S10, S11 모두 참여도는 3점으로 평가하였다. 근거 제시는 있었지만 상대방과의 원활한 상호작용이 이루어지지 않아서 개방성을 모두 2점으로 평가하였다.

- S10: 1 cm는 지탱하지 못해서 풍선이 앞으로 못 날아가나?
 10 cm는?
 S11: 날아갈 것 같아.
 (가설 설정 단계 2차시_작용반작용실험)

가설 설정 단계 3차시 수업에서는 주제에 대한 주장과 근거가 전혀 없어 의미 없는 대화였으므로 분석에서 제외하였다. 가설 설정 단계 4차시 수업에서는 S11은 개인적으로 실험에 의해 사전에 알게 된 것을 근거로 물이 내려간다고 주장한다. 신빙성을 3점으로 평가하였으나, 과학적 논리적으로 주장에 대한 자세한 설명이 없으므로 다른 것은 모두 2점으로 평가하였다.

S10은 대기압이라는 과학적 개념을 사용하였으나, 빨대 안에 물이 찬다는 주장과 연관성이 없는

근거이므로 주장은 3점으로 평가하였으며, S9와 서로 반대 주장을 하였으나 상대방의 주장을 전혀 인정하지 못하지만 상호작용이 일어났으므로 3점으로 평가하였다. 다른 항목은 모두 2점으로 평가하였다. S11은 자신의 과거의 경험을 근거로 들어 주장을 했다. 신빙성만 3점으로 평가하고, 나머지는 모두 2점으로 평가하였다.

- S10: 난 안해봤어. 대기압은 위에서 누르고 아래서도 똑같이 누르니까
 빨대로 물이 들어갈 것 같아. (주장)
 S9: 근데 아래가 막혀 있잖아.
 S10: 응? 그건 물이잖아.
 S9: 그건 누르잖아.
 S10: 그럼 바다에서도 바다 밑이 땅이잖아.
 S9: 아니, 흙이잖아.
 S10: 암튼. 땅이잖아. 맨 밑에 있는게 바닥이야. 돌아야 돌이 있잖아. 그럼 돌이 밑에서 위로 보내줘?
 S9: 맞다니깐. 대기압이 눌러서?
 (가설 설정 단계 4차시_사이펀의 원리 실험)

전체가 참여한 발표 및 질의응답 단계에서 S10, S11 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 전체 1차시 수업에서 S11은 한 번 근거를 들어 주장을 하고, 이후에는 단순응답만 있고, S10의 경우는 주장이나 근거 없는 응답만 있다. 이들은 질문에만 대답할 뿐, 반대 주장을 하려고도 하지 않는 소극적인 모습이어서 대부분의 항목을 1점 또는 2점으로 평가하였다.

- S11: 저희는 첫 번째. 잡아당긴 구슬의 개수만큼 튀어나올 것이다.
 실험 결과는 잡아당겼던 구슬의 에너지가 반대쪽으로 이동을 하였기 때문이라고 생각하였습니다.
 ----(중략)----
 S7: 결과는 맞하지 않으셨잖아요. 가설을 세웠으면 결과를 말해야지요.
 S10: 아. 가설에 대한 결과를 쓰라는 뜻이군요.
 그 결과는 잡아당긴, 만약에 한 개를 잡아당겼다 놓으면요. 한 개가 다시 튀겨 나가구요.
 S3: 왜 하나가 튀겨나가요?
 S10: 실험해 보세요.
 S3: 두 개를 잡아당기면 두 개가 튀겨 나가구요.
 왜 한 개씩 튀겨나가가지 않아요?
 S10: 반론이 이상해요.
 (발표 및 질의응답 단계 1차시_탄성구슬실험)

발표 및 질의응답 단계 2차시 수업에서는 S11은 단 한 번 주장을 하고 이후 대화에 참여하지 않았다. 그래서 모든 항목을 1점으로 평가하였다. S10은 잘못된 과학적인 개념이었지만, 자신이 생각하는 근거를 들어 주장을 하였고 이후 다른 사람의 대화를 정교화하거나 단순 반박을 하며 상호작용하는 모습을 보였다. 따라서 참여도는 4점, 주장이나 추론, 개방성은 3점, 그 밖의 다른 영역은 2점으로 평가하였다.

S10: (중략) 그 바람이 그 반대방향으로 미쳐서 큰 풍선에게 쏘잡아요. 그 바람을 맞아서 위로 올라갈거라고 생각해요. (근거-작용, 반작용에 대한 오개념) (발표 및 질의응답 단계 2차시_작용반작용실험)

발표 및 질의응답 단계 3차시 수업에서도 S11은 단 한 번 주장을 하고 이후 대화에 참여하지 않았다. 그래서 모든 항목을 1점으로 평가하였다. S10은 주장을 제기하고 다른 질문에 대한 근거를 제시했으나 증명할 어떠한 증거가 없이 자신의 근거가 옳다고 단정하고 있다. 형식에서 전체 구성은 2점, 주장은 3점, 근거와 결론은 2점, 내용면에서는 모두 1점, 태도면은 모두 3점으로 평가하였다.

S10: 식초에 이상하게 들어 있어서요(근거-증거 없이 제시함) (발표 및 질의응답 단계 3차시_발포정 탐구 실험)

발표 및 질의응답 단계 4차시 수업에서는 S10 학생은 한 번도 참여하지 않으므로 평가하지 않았다. S11 학생은 단 한 번의 근거로 주장을 했다. 따라서, 주장은 3점, 추론은 1점으로 다른 영역은 모두 2점으로 평가하였다.

S11: 저희 가설은 물이 내려갈 것이라고 생각했습니다. (주장) 왜냐하면 통안에 물을 부어보면 물이 내려간다고 생각했습니다. (주장을 정교화함) 대기압은 모든 방향에서 누르기 때문입니다. (근거) (발표 및 질의응답 단계 4차시_사이펀의 원리 실험)

위의 분석 결과, S10 학생은 가설 설정 단계와 실험 후, 발표 및 질의응답 단계에서 모두 1, 2점의 낮은 수준으로 나타났다. 가설 설정 단계에서 오히려 자신의 생각을 말했다면, 실험 후에는 이미 고착화되어 버린 자신의 근거와 주장만 말하고, 상대와 상호작용을 못하였다. S11 학생도 S10 학생과 마찬가지로 모든 단계에서 1, 2점의 낮은 논증 수준으로 나타났다. 오히려, 실험 후, 발표 및 질의응답에서 더 낮은 수준의 논증이 이루어졌다. 가설 설정 단계에서 자신들이 이해한 논리로 내용을 이해했다면 실험 후에는 타인의 논리를 받아들여 대화하려는 노력도 없었다. 내용 영역과 태도 영역 모두 더 낮은 수준을 보였다. S10 학생보다 실험 후, 논증 수준이 더 많이 낮아졌다.

표 8. S13 학생(후기 구체적 조작기-2B)의 논증 수준 점수

평가 항목	수업(차시)		〈가설 설정〉				→	〈실험〉		→	〈발표 및 질의응답〉					
	1	2	3	4	하위 항목	평균	영역	평균	1	2	3	4	하위 항목	평균	영역	평균
형식	전체 구성	-	2	-	-	2.00	2.50		2	2	-	2	2.00	2.17		
	주장	-	3	-	-	3.00			2	3	-	3	2.67			
	근거	-	3	-	-	3.00			2	2	-	2	2.00			
	결론	-	2	-	-	2.00			2	2	-	2	2.00			
내용	이해	-	2	-	-	2.00	1.67		1	1	-	1	1.00	1.22		
	신빙성	-	1	-	-	1.00			1	2	-	1	1.33			
	추론	-	2	-	-	2.00			1	2	-	1	1.33			
태도	참여도	-	3	-	-	3.00	3.00		2	4	-	1	2.33	2.33		
	개방성	-	3	-	-	3.00			2	3	-	2	2.33			
차시 별 평균	-	2.33	-	-			2.33		1.67	2.33	-	1.67				1.89

*1, 4차시는 논증 시도가 없어 분석에서 제외, 3차시는 결석함.

과학적 사고력 하위 수준인 후기 구체적 조작기 (2B)의 S13 학생의 각 차시에서의 논증의 수준은 표 8과 같다.

소그룹 가설 설정 단계에서 S13 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 1차시에서 S13 학생은 상대방에게 “아~”, “알았다구~” 등의 단순 호응만 있을 뿐 주장과 근거가 모두 없으므로 평가에서 제외하였다.

가설 설정 단계 2차시에서 형식면을 보면, 전체적으로 주장, 근거로 이루어졌으므로 전체 구성은 2점, 명백한 주장을 하므로 주장은 3점, 책의 내용을 근거로 들면서 출처를 명시하여 근거를 제시하였지만 명확한 관련성을 제시하지 못했으므로, 근거는 3점, 근거를 사용함에 있어서 결론에 이르는 과정에서 오류가 있으므로 결론은 2점으로 평가하였다. 내용면에서는 작용-반작용이라는 과학적 개념을 정확하지는 않지만 약간 이해하므로 이해는 2점, 신빙성은 1점, 잘못된 인과관계를 하고 있으므로 추론은 2점으로 평가하였다. 태도면에서는 참여도와 개방성을 3점으로 평가하였다.

S13: 풍선 주둥이를 잡고 있다가 놔. 그럼 작용반작용으로 날아가.

S12: 어디까지 튕겨 나가?

S13: 실험으로 해봐야지. 빨대가 여기에 부딪혀, 그러면 작용반작용으로 나가는 거라니까. ‘내일은 실험왕’에서 비슷한 거 많이 나오는데. (근거)

실험A는 손을 잡고 있던 풍선입구를 놓으면 실 끝에 부딪치면서 앞으로 나갈거야. 1 cm, 10 cm 모두. (주장) 실험B는 날아가지 않을 것 같아. (주장) 종이컵이 있으면, 이거 열기구, 위로 올라가지 않을 거야. 왜냐하면 주둥이가 아래 있으니까 공기가 아래로 가는데 종이컵이 뚫려 있다면 날 텐데, 그 공기를 종이컵이 막혀 있으니까 그 공기를 다 막고 있어서 작용은 하는데 반작용이 생기지 않아서 뜨지 않을 것 같아. (잘못된 과학적 개념을 사용한 보장)

(가설 설정 단계 2차시_작용반작용실험)

가설 설정 단계 3차시에서 S13 학생은 결석하여 평가에서 제외하였으며, 4차시에서도 S13 학생은 주제와 관련이 없는 장난의 발언만 있었으므로 논증 수준 분석에서 제외하였다. 전체가 참여한 발표 및 질의응답 단계에서 S13 학생의 논증 수준 점수 부여를 살펴보면 다음과 같다. 전체 1차시에서의

대화를 살펴보면 단 한 번의 발언이 있는데, 이때 주장을 하고 그 근거로 ‘에너지 보존 법칙’ 때문이라고 하였다. 하지만 바른 과학적 개념임에도 사실, S13의 소그룹 대화를 보면 에너지 보존 법칙에 대해 전혀 이해하지 못한 상태로 그 단어만을 사용하여 근거를 제시하였다. 그러므로 형식면에서 모두 2점, 내용면에서 이해는 1점, 신빙성은 1점, 추론은 1점, 참여도는 2점, 개방성은 2점으로 평가하였다.

S13: 저희가 세운 가설은 맨 끝에 있는 한쪽 구슬을 잡아서 놓으면 다른 쪽 끝에 있는 구슬이 튕겨나가면서 구슬이 번갈아 튕겨 나갈 것이라고 했고요, 잡아서 놓은 구슬 개수만큼 다른 쪽 구슬도 그 개수만큼 튕겨 나갈 것이라고 했습니다. 왜냐하면 에너지 보존 법칙 때문이라고 생각합니다.

S4: 에너지 보존 법칙에 대해 한 번 더 설명해 주세요.

S13: 기억이 나지 않아요.

(발표 및 질의응답 단계 1차시_탄성구슬실험)

발표 및 질의응답 단계 2차시에서의 대화를 살펴보면 주장, 근거, 근거에 대한 질문, 근거 반박으로 다양한 논증 요소가 나타난다. 하지만 잘못된 과학적 개념을 근거로 들어 설명하고 있다. 형식면에서 전체 구성은 2점, 주장은 3점, 근거는 2점, 결론은 2점으로, 내용면에서는 이해는 1점, 신빙성은 2점, 추론은 2점으로 평가하였다. 태도면에서는 참여도는 4점, 개방성은 3점으로 평가하였다.

S13: 손으로 잡았던 풍선 입구를 놓으면 실 끝에 부딪혀서 다시 앞으로 나아갈 것이라고 생각했습니다. (중략) 저희 생각으로는 빨대 1 cm는 작용이 거의 되지 않고 1 cm는 작용이 많이 일어났다고 생각합니다. (근거-잘못된 작용 반작용에 대한 이해)

(발표 및 질의응답 단계 2차시_작용반작용실험)

발표 및 질의응답 단계 4차시에서는 주장을 하지만 어떠한 증거 없이 근거를 제시하고 있으며, 불성실한 태도를 보이고 있다. 형식면에서 전체 구성은 2점, 주장은 3점, 근거는 2점, 결론은 2점으로 평가하였다. 내용면에서는 이해는 1점, 신빙성은 1점, 추론은 1점으로 평가하였고, 태도면에서는 참여도는 1점, 개방성은 근거가 제시되었지만, 상호작용이 일어나지 않으므로 2점으로 평가하였다.

S13: (중략) 빨아들일 물이 없어서 흐르지 않고 2번에 빨아드릴 물이 많아서 그런 것 같습니다. (근거-증명할 증거 없음)

(중략)

S3: 가설을 그렇게 세운 이유가 뭐가요?

S13: 제목이 물이 넘치지 않는 컵이어서입니다. (근거-장난)

(발표 및 질의응답 단계 4차시_사이편의 원리 실험)

위의 분석 결과, S13 학생은 가설 설정 단계에서 논의에 대한 관심이 매우 낮아 그로 인해 과학적 논증 과정 수준도 매우 낮았다. 2차시동안 수준을 분석할 수 없을 정도의 의미 없는 대화가 진행되었다. 기분에 따라 대화에 참여하거나 참여하지 않는 모습을 보였다. 실험이 진행된 이후, 발표 및 질의응답에서는 가설 설정 단계보다 확실히 더 많이 참여하려고 하였으나, 수업의 소개에 따라 그 차이가 많이 났다. 1~4차시 중에서 가설 설정 단계와 발표 및 질의응답 단계에서 모두 2차시 수업에 가장 열의를 보였다.

위처럼 과학적 사고력 하위 수준의 학생도 전반적으로 3점 이하의 낮은 수준의 논증을 하였다. 실험 후, 발표 및 질의응답을 할 때도 향상되지 않고, 도리어 더 낮은 수준의 논증을 한 것으로 나타났다. 이를 통해 이들은 실험을 통해 주장을 명확하게 하거나, 그 내용을 더 이해하거나, 추론과정을 정교화하는 것은 어렵다는 것을 알 수 있다. 오히려 실험 후, 논증 수준이 다른 수준의 학생들과의 상호작용을 하면서 더 낮아지고 소극적으로 되었다고 볼 수 있다. 구체적 조작기 학생들에게는 기본적인 주장과 반박을 기대하기는 어려운 것으로 보인다.

총 4차시에 걸친 가설 설정 단계에서와 결과를 발표하고 질의응답하는 발표 질의응답 단계에서의 학생들의 논증 수준을 분석한 결과, 대도 영역을 제외하고 대부분 3점 이하로 낮은 수준의 논증이 진행되었다.

실험 전의 가설 설정 단계에서 과학적 사고력에 따른 논증 수준을 분석한 결과, 상위 수준의 학생(형식적 조작기-3A, 과도기-2B/3A)과 하위 수준의 학생(후기 구체적 조작기-2B)은 가설 설정 단계에서 모두 낮은 수준의 논의를 하였다. 대화가 이루어진 수업을 살펴보면, 소규모의 인원으로 대화를 하다 보니 상호작용이 이루어지는 대화라기보다 각 그룹에서 한 사람이 일방적으로 주장을 하여 이끄

는 모습을 볼 수 있어 주장의 점수가 높았다. 하지만 전체적으로 논리적이지 않고 근거 사용이 매우 부정확하거나 없었으며, 인과관계가 매우 낮은 수준의 대화가 나타났다. 이는 학생들이 실험 및 탐구가 이루어지기 전이라 자신이 가지고 있는 기초적인 과학 지식 또는 정보를 활용하여 대화를 진행해야 했으나, 실제 학생들에게는 역부족이었던 것으로 보인다. 또한, 실험을 앞두고 있으므로 대화를 통해 가설을 설정해야 한다는 상황보다 실험을 하게 된다는 상황이 학생들에게 더 흥미를 주어, 실험 전인 가설 설정 단계에서는 대화가 원활하게 이루어질 수 없었던 상황으로 보인다.

실험 후 발표 질의응답 단계에서는 과학적 사고력의 수준에 따라 차이가 나타났다. 여전히 3점 이하가 대부분인 낮은 수준이었지만, 실험 전 가설 설정 단계와 비교해 보면, 과학적 사고력 상위 수준의 집단에서는 실험 전보다 더 활발하게 대화에 참여하여 논증 수준이 전반적으로 향상되었다. 특히, 주장이 구체화되어 누구나 이해할 수 있도록 제시하였고, 참여를 적극적으로 하였다. 상대방에게 근거를 제시하도록 요청하거나 반박하고, 상대방이 다시 자신의 논증이나 실험 과정을 되돌아볼 수 있도록 메타질문을 하거나, 보장을 하는 조금 더 나아진 논증을 하였다. 실험 후 실험 결과를 통해 발표를 진행하였으므로 전보다 주장에 대한 확신이 생겨 주장이 구체적이고 명쾌하게 이루어졌을 것으로 생각된다. 이들이 실험 전에는 추측하여 대화를 했다면, 실험 후에는 보다 객관적인 결과를 바탕으로 근거도 제시할 수 있게 되었기 때문이다. 그러나 대화를 통해 자신이 가진 개념을 변화하거나, 그 원리를 밝혀내거나 하는 데에는 어려움이 있었다. 자신의 근거를 조금 구체화하고 보충할 뿐, 결국 그 원리를 대화를 통해 언어내지 못하였다.

하지만 과학적 사고력이 낮은 수준의 학생들은 실험 전과 비슷하거나, 오히려 실험 후 논증 수준이 모든 영역에서 더 낮아졌다. 소그룹에서도 상대방이 일방적인 주장을 할 때, 단순한 호응도 하지 않고 진행되는 경우가 많았는데, 여전히 요청 및 근거 반박 등에 대해 반응을 하지 않았다. 구체적 조작기 학생들에게 기본적인 주장, 반박 등의 논증은 하기 어려운 것으로 보인다. 도리어 상위 수준의 학생들이 논증 과정에 적극 참여를 하면서 하위 수준의 학생들은 위축된 것으로 보인다.

특히, 모든 학생들은 내용의 이해와 관련된 형식의 근거, 결론, 내용의 이해, 신빙성, 추론 5가지 세부 영역에서는 더 이상 높은 논증 수준이 나타나지 않았다. 이는 학생들이 가진 이해력과 과학적 개념의 한계를 넘어서는 수준의 내용이었기 때문으로 보인다.

총 4차시의 수업이 진행되면서 논증 수준은 점차 향상되지 않았다. 이는 무조건 반복한다고 논증 수준이 향상되는 것은 아니며, 수업 소재의 선택과 대화 상대 등의 상황에 따라 논증 수준도 달라진다는 것을 의미한다. 이러한 점은 소재에 상관없이 항상 논증이 잘 일어나는 것이 아니라, 논증을 유발시키는 상황이 존재한다는 것을 말해 주고 있다. 학생들이 이해 가능한 교과서 수준을 넘지 않는 간단한 과학적 개념을 활용하여 논의할 수 있는 수준의 수업 내용 선택이 필요하며, 그 소재에 다양한 요인이 존재하여 논의가 활발히 이루어질 수 있는 상황이 되어야 논증이 이루어짐을 알 수 있다.

실제 4차시에의 수업에서처럼 초등영재수업에서 많이 활용되는 수업의 소재는 현상은 간단해 보여도 그 과학적 개념을 정확하게 이해하는 것은 어렵다. 학생들에게 과학 논리를 가지고 추론 능력을 향상시켜 미래의 과학자로 양성하려면 기존의 수업 방식으로는 그 효과를 크게 기대하기 어렵다. 학생들에게 더 많은 이해력과 지식을 요구하는 내용을 소재로 수업을 할 경우, 학생들이 과학적 의사소통기술을 익히게 될 것이라고 기대를 하기는 어렵다. 그러므로 현재 많이 사용하는 교과서 밖의 이해도와 지식 수준이 높으면서 단지, 재미있는 실험을 통해 논증 과정에 대한 접근 없이 흥미 위주로 접근하는 방식의 일반 초등영재수업은 학생들의 추론 능력을 향상시켜줄 논증을 기대하기는 어려워 보인다.

2. 과학적 논증 과정에서 나타나는 특징

가설 설정 단계의 실험 전 대화에서는 한 사람의 일방적인 주장이 더 많이 일어났다. 가설 설정 단계에서의 대화는 이미 실험한 결과를 바탕으로 자신의 주장과 근거를 제시하는 것이 아닌 자신의 기존 생각을 재구성하여 주장을 하고, 근거를 제시해야 하므로 대화에서 어려움을 겪은 것으로 생각된다.

다음 대화를 살펴보면, S1 학생이 일방적으로 덩어리일 때 반응이 더 잘 일어날 것이라는 주장을 하고 있지만, 어떤 논리적인 근거도 들고 있지 않다.

소그룹 대화에서 S12학생은 근거 제시의 질문이나 자신의 주장을 한마디도 하지 않은 채 무조건적인 수용을 하고 있다.

- S1: 우리 가루 형태, 덩어리 형태 하자.
 덩어리가 형태가 반응이 더 잘 일어날 것 같아. (주장)
 S12: 가루형태면 그냥 어떻게 되는데? 뽕 사라질 것 같아.
 (웃으며) 오케이! (무조건적인 수용)
 불러, 불러줘야 해.
 S1: 가루 형태일 때보다 덩어리 형태일 때 반응이 더 잘 일어날 것이다. (주장)
 S12: 웬지 그럴 거 같아. (무조건적인 수용)
 (가설 설정 단계 3차시_발포정탐구 실험)

다음 대화에서도 S7 학생은 혼자 일방적인 주장을 3번 하고 있다. 첫 번째 주장에서 혼자 두 번째 주장으로 바꾸고 세 번째 주장까지 하고 있지만, S8 학생은 계속 듣기만 하다 무조건적으로 수용을 한다. 세 번의 주장에 모두 타당한 근거를 제시하고 있지 않지만, S8 학생은 주장을 그대로 받아들이고 있다.

- S7: 하나를 움직이면 다른 하나도 움직일거야. (주장1)
 수에 따라 다를 수도 있어. (주장1을 정교화)
 아니야, 잘하면 에너지를 바꿔서 하면 더 세게 튕길 수도 있어.
 힘에 따라 달라질거야. (변경된 주장2) 세계 치면 세계 움직이지않아.
 이 중에 멈추다가 하나를 손으로 건들면 움직이지 않을 거야. (주장3)
 그럼 다음거로 하자!
 S8: 쿨! (무조건적인 수용)
 (가설 설정 단계 1차시_탄성구슬실험)

이들 모두를 인터뷰한 결과, 일방적인 주장을 많이 한 S3, S7, S1 학생은 영재반에서 자신이 가장 논증을 잘 한다고 생각한다고 응답했으며, 다른 학생들과의 인터뷰 결과, 다른 학생들도 이 세 학생을 논증을 잘 하는 친구라고 인정하고 있었다. 이러한 대화의 양상은 2~3명의 소그룹 대화에서는 상대적으로 논증에 높은 수준을 가지고 있는 학생이 주장을 하면 다른 모둠원은 이 주장을 비판 없이 받아들이게 되는데, 이는 상대방이 논증을 잘 하는 친구라고 인정하고, 그 사실로 인해 그 사람의 주장을 무조건적으로 받아들이는 것으로 보인다.

하지만, 실험 후 발표 질의응답 단계에서는 단순 호응보다는 단순 반박과 근거 반박이 많이 나타났다. 상대방 모둠의 주장과 근거에 대해 긍정적으로 먼저 이해하려고보다는 같은 근거를 반복하고, 잘 알지 못하더라도 무조건 반박하는 모습이었다.

- S3: 이거 왜 두 개하면요 가운데는 움직이지 않아요?
 S1: 그건 에너지 전달만 하는거예요. 뽀뽀요. (주장)
 S3: 전달이 아니라 에너지를 받으면 같이 튕길 수도 있죠. (주장 반박)
 S1: 뽀뽀요. 1이잖아요 1을 움직이지 3이 움직일 수는 없죠. 그러니까 가만히 있죠. (근거)
 S3: 그럼 이거 세 개가 같이 아주 조금씩 움직일 수도 있잖아요. 튕기잖아요. 그럼 세 개가 조금씩 움직일 수 있잖아요. (근거 반박)
 ----(중략)----
 S1: 마찰로 손실된다고 했죠. 쪼개진다고는 하지 않았어요. 두 개가 움직이면 두 개만 움직이고 가운데는 움직이면 안되지. (단순 반박+주장)
 S3: 그러니까 왜 하필 끝에 두 개만 움직이냐고요. (주장에 대한 질문)
 S1: 그러게... 뽀뽀.
 ----(중략)----
 S1: 애가 애를 밀지. 그러니까 애네만 움직이지. (근거)
 (가설 설정 단계 1차시_탄성구술실험)

이들은 대화에서 과학적 개념과 이론을 적용하여 논리적으로 결론을 도출하는데 어려움을 겪고 있으며, 이로 인해 단지 ‘과학적 개념’이나 ‘이론의 명칭’을 근거로 사용하고 있었다.

다음 대화에서도 마찬가지로 자신의 주장에 대한 근거로 과학적 개념을 도입하고 있다. 그러나 ‘에너지 보존 법칙’, ‘사이펀의 원리’, ‘작용-반작용’이라는 이론의 명칭을 그대로 근거로 사용할 뿐, 대화에서 이를 구체적으로 주장과 연결지어 논리적으로 뒷받침하고 있지 못하다. 이는 과학 개념에 대해 정확하게 이해하고 있지 못한 상태에서, 자신의 주장을 뒷받침할 근거로 과학 개념을 사용하려고 해서 나타나는 대화 양상으로 보인다. 또한, 그 내용을 정확하게 이해하고 있지 못하면서 과학 개념을 현상과 명칭으로 단순 암기함으로 인해 나타난 현상이기도 하다.

- S12: 아, 왜냐하면, 에너지의 보존 법칙에 따라.
 (가설 설정 단계 1차시_탄성구술실험)

- S4: 사이펀의 원리니 내려갈 것 같아.
 (가설 설정 단계 4차시_사이펀의 원리 실험)
 S13: 빨대가 여기에 부딪혀, 그러면 작용반작용으로 나가는 거래니까.
 (가설 설정 단계 2차시_작용반작용실험)

또한, 이들은 타당한 과학적 개념을 필요한 근거로 정확하게 제시하였으나, 과학적 이론을 잘못 이해하고 있어 근거와 주장을 연결하는데 오류를 발생시키기도 한다. 다음 대화에서도 관련된 과학적 개념이 ‘작용-반작용’임을 알고 있지만, 작용이 빨대의 크기와 관련하여 발생한다고 생각하고, 바람이 튕겨져 나와 그 바람을 맞는 것이 반작용이 일어난다고 근거로 제시하고 있다. 그 내용을 정확하게 이해하고 있지 못하여 주장에서 근거를 들어 결론을 도출하는데 타당성이 부족함을 알 수 있다.

- S13: 저희 생각으로는 1 cm는 작용이 거의 되지 않고 10 cm는 작용이 많이 일어났다고 생각합니다.
 S10: 풍선이요. 풍선이 종이컵이에요. 바람을 쐬면요, 그 종이컵이요. 그 바람이 그 반대방향으로 미쳐서 큰 풍선에게 쏘잖아요. 그 바람을 맞아서 위로 올라갈거라고 생각해요.
 (발표 및 질의응답 단계 2차시_작용 반작용 실험)

IV. 결론 및 제언

초등 단위학교 영재반 14명을 대상으로 한 영재수업에서 일반적으로 사용되는 재미있는 실험을 통해 원리를 알아보는 내용으로 구성된 4차시 수업을 진행하였다. 학생들의 개별 논증 수준 분석 결과와 논증 과정에서 나타나는 특징을 탐색해 본 결과, 다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

첫째, 논증을 유발시키는 상황이 존재한다고 논증이 모든 수업에서 일어나는 것은 아니다. 가설 설정 단계에서와 결과를 발표하고, 질의·응답하는 수업에서의 학생들의 논증 수준을 분석한 결과, 대부분 3점 이하로 낮은 수준의 논증이 진행되었다. 이는 영재학급의 학생이더라도 교과서 수준을 넘는 실험의 원리를 이해하는데 한계가 있어 그를 바탕으로 한 논증이 일어날 수 없다는 것을 의미한다.

둘째, 상위 수준의 과학적 사고력인 형식적 조작기(3A)와 과도기(2B/3A) 학생은 실험 후, 논증 수준이 전반적으로 향상되었다. 특히, 주장이 구체화되

어 누구나 이해할 수 있도록 제시하였고, 참여를 적극적으로 하였다. 그러나 하위 수준의 과학적 사고력인 후기 구체적 조작기(2B) 학생은 상위 수준의 과학적 사고력의 학생들과 함께 논의할 때, 실험 후에도 여전히 낮거나 오히려 더 낮은 수준의 논증을 하였다. 구체적 조작기 학생들에게는 기본적인 주장, 반박 등의 논증을 기대하기 어렵다.

셋째, 현장 영재수업에서 흔히 사용되는 재미있는 실험을 통한 원리알기 방법만으로는 영재학생들에게 과학적 사고력과 추론 능력을 키워줄 수 없다. 정확한 과학적 지식이 없는 대화로 과학적 개념을 정교화하고 이해하는데 효과가 없다.

넷째, 학생들은 과학적 개념과 이론을 적용하여 논리적으로 결론을 도출하는데 어려움이 있었으며, 단지 ‘과학적 개념’이나 ‘이론의 명칭’을 근거로 사용하고 있었다. 상황에 대한 이해 없이 현상과 그 이론 명칭을 암기한 결과라고 볼 수 있다.

다섯째, 학생들은 반대 주장을 하는 것을 부정적인 대화 방법이라고 인식하여 반론에 대해 개방적이지 않았다.

본 연구에서의 제언은 다음과 같다.

첫째, 학생들에게 과학적 추론 능력을 향상시키기 위해서는 학생들이 정확하고 넓은 지식을 습득한 후, 수준에 맞는 소재를 선택하여 논증하도록 지도해야 효과가 있을 것이다. 학생들의 과학교육 목적에 맞는 소재를 선택하는데 신중해야 더 효과적인 수업이 될 것이다.

둘째, 영재수업에서 학년별로 그리고 수준별로 효과적인 논증을 이끌 수 있는 적절한 소재를 찾아 적용한다면 더욱 효과적일 것이다.

셋째, 논증에 대한 학생들의 인식을 개선할 필요가 있다. 반박 및 개방성의 논증 요소에 대해 학생들에게 바른 인식을 심어준다면 더욱 발전된 논증을 하게 될 것이다.

마지막으로 모든 학생들이 논증을 활발하게 할 수 있도록 논증을 글로 표현할 수 있고, 알고 있으나 말로 표현하지 않는 학생들을 위한 개별화 프로그램도 개발되어 현장에 보급, 적용되어야 할 것으로 보인다.

참고문헌

- 곽경화(2010). 과학적 논증 과정 활용 수업의 형태와 논증 상황에 따른 논증 과정의 특성 및 효과. 부산대학교 박사학위논문.
- 민병곤(2003). 논증적 텍스트의 생산 과정에서 논증 도식의 운용 양상에 대한 분석 및 교육적 시사. 국어교육학연구, 18, 183-221.
- 양일호, 이효정, 이효녕, 조현준(2009). 과학적 논증 과정 평가를 위한 루브릭 개발. 한국과학교육학회지, 29(2), 203-220.
- 위수민, 조현준, 김선홍, 이효녕(2009). 학생 특성에 따른 소그룹 논증 수준분석. 과학교육연구지, 33(1), 1-11.
- 임재근, 송윤미, 송미선, 양일호(2010). 초등학교 영재학생들의 탐구 활동에서 나타나는 논증 과정평가 및 분석. 초등과학교육학회지, 29(4), 441-450.
- 임혜진, 여상인(2012). 과학 문제 해결 과정에서 나타나는 초등학생의 논증특징. 초등과학교육학회지, 31(1), 13-24.
- 조현준, 양일호, 이효녕, 송윤미(2008). 초등과학 영재의 논증 활동에서 사용된 증거의 수준 분석. 한국과학교육학회지, 28(5), 495-505.
- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- National Research Council (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. National Academy of Science.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge: Cambridge University press.
- Watson, F. R., Fulian, R. L. & McRobbie. C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25-45.
- Wylam, H. & Shayer, M. (1980). *CSMS science reasoning tasks*. NFER Publishing Co.
- 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.