



초등 과학 영재 학생들의 자연선택 개념 이해를 위한 논변 활동에서 나타난 인식적 이해와 논변활동 수준 분석

박철진, 차희영*
한국교원대학교

Analysis of Epistemic Considerations and Scientific Argumentation Level in Argumentation to Conceptualize the Concept of Natural Selection of Science-Gifted Elementary Students

Chuljin Park, Heeyoung Cha*
Korea National University of Education

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 July 2017

Received in revised form

8 August 2017

16 August 2017

Accepted 17 August 2017

Keywords:

scientific argumentation,
argumentation level, epistemic
consideration, natural selection

ABSTRACT

This study analyzes the epistemic considerations and the argumentation level revealed in the discourse of the key concept of natural selection for science-gifted elementary students. The paper analyzes and discusses the results of a three-student focus group, drawn from a cohort of twenty gifted sixth-grade elementary students. Nature, generality, justification, and audience were used to analyze epistemic consideration. Learning progression in scientific argumentation including argument construction and critique was used to analyze students' scientific argumentation level. The findings are as follows: First, Epistemic considerations in discourse varied between key concepts of natural selection discussed. The nature aspect of epistemic considerations is highly expressed in the discourse for all natural selection key concepts. But the level of generality, justification and audience was high or low, and the level was not revealed in the discourse. In the heredity of variation, which is highly expressed in terms of generality of knowledge, the linkage with various phenomena against the acquired character generated a variety of ideas. These ideas were used to facilitate engagement in argumentation, so that all three students showed the level of argumentation of suggestions of counter-critique. Second, students tried to explain the process of speciation by using concepts that were high in practical epistemic considerations level when explaining the concept of speciation, which is the final natural selection key concept. Conversely, the concept of low level of epistemic considerations was not included as an explanation factor. The results of this study suggest that students need to analyze specific factors to understand why epistemological decisions are made by students and how epistemological resources are used according to context through various epistemological resources. Analysis of various factors influencing epistemological decisions can be a mediator of the instructor who can improve the quality and level of the argumentation.

1. 서론

최근 과학교육의 목표는 과학 지식의 구성과 평가에 대하여 학생들이 인식론적 지식을 아는 것으로부터 자연 현상을 이해하기 위한 도구로 인식론적 지식을 사용하고 발달하기 위한 과학적 실천의 참여로 이동하고 있다(Berland *et al.*, 2016). 이러한 변화의 배경은 과학 지식 구성·평가에 대한 인식론적 지식과 실제 과학적 지식 구성·평가의 실천 사이에 예상되는 연결에 의문을 제기하는 연구가 늘고 있기 때문이다(Sandoval, 2005). 이는 정교한 인식론적 지식을 가지고 있는 것으로 측정된 학생이 보다 정교한 형태의 과학 지식 생성 및 평가 실천에 필수적으로 참여하지 않는다는 것을 의미한다. 이러한 인식론적 지식과 실제 실천과의 불일치는 인식론적 지식은 명시적이거나 의식적이지 않으며(Chinn, Buckland, & Samarapungavan, 2011), 일관적이기 보다 단편적이고 맥락에 따라 다르기 때문에 나타난다(Hammer & Elby, 2003). 또한, 학생들이 인식론적 문제를 명시

적으로 설명하는 맥락과 학생들이 자신의 지식 구성에 관한 실천적인 인식론을 설명하는 맥락이 다르며(Sandoval, 2005), 교실 규범, 교사의 메타 메시지, 문제의 제약, 사용 가능한 정보 등에 따라서도 바뀔 수 있기 때문이다(Hammer & Elby, 2003).

인간이 가지고 있는 지식의 본성과 정당성을 증명하는 것에 관심을 두는 것이 인식론(Hofer & Pintrich, 1997)이다. 인식론적 자원(epistemological resources)은 “종종 지식을 이해하기 위한 인지적 자원의 범위이다.”(Louca *et al.*, 2004). 이는 암묵적으로 개인의 지식 구성과 평가 노력을 인도한다. 인식론적 자원을 사용하는 것은 지식이 어떻게 구성되고 평가되는지에 대한 안정적이고 단일한 이해보다는 다양한 맥락 전반에 걸쳐 적용될 수 있다는 것을 암시하며, 이러한 자원은 다양한 방법으로 결합하여 개인이 광범위한 지식 구성 수행에 참여하고 이해할 수 있게 한다(Berland & Crucet, 2016).

Sandoval(2005)은 학생들이 학교 과학에서 자신의 지식 구성에 관해 가지고 있는 신념의 집합, 즉 실천을 인도하는 인식론적 신념을

* 교신저자 : 차희영 (hycha@knue.ac.kr)
<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.4.565>

언급하는 실천적인 인식론(practical epistemologies)을 정의했다. 실천적 인식론은 지식이 무엇인지, 지식을 산출 할 수 있는 방법, 지식 주장을 평가하는 기준에 대한 신념으로, 과학적 지식을 구성하고 평가하는 동안 사람들의 인식론적 결정이 반영되며, 이러한 신념은 암묵적일 수 있다는 것이다. Berland *et al.*(2016)은 인식론적 자원 개념과 실천적 인식론을 바탕으로 과학적 실천에서 인식적인 측면들을 살펴보기 위해, 실천에서의 인식론(Epistemologies in Practice: EIP)에 대한 분석틀을 제시하였다. 이 분석틀은 과학적 실천에서 학생들의 인식적 사고를 강조할 뿐만 아니라, 학생들의 수행을 안내하는 인식적 사고와 실제 활동의 조화를 강조하고 있다. 학생들이 과학 공동체가 추구하는 목표인 의미있는 설명적 모델을 구성하고, 평가, 수정하는 것과 관련된 인식적 측면의 고려 사항으로 의미 형성 과정에 참여를 독려하는 하나의 방법으로 학생들의 담화 분석이 활용될 수 있다.

과학지식을 이해하기 위한 방법 중 하나로 과학적 논변 활동은 공동체가 과학 지식을 구성하기 위해 주장을 정당화하고, 평가하고 수정하고, 반박하는 활동이 조화롭게 이루어지는 활동으로 학생들이 과학의 인식론적 측면을 이해할 수 있도록 잠재적인 도움을 준다(Driver, Newton & Osborne, 2000; Duschl, 2008; Kuhn, 1993). 논변 활동 담화에서 증거를 찾고, 설명을 찾으며, 증거에 기반 한 설명을 구성하는 것은 인식적 실행의 과정이라고 볼 수 있으며(Clark & Sampson, 2008), 논변의 정당화 과정이 이러한 인식적 실행의 전개 과정에 따라 타당하게 이어지는 경우 논변의 내용도 과학적 설명에 부합할 수 있게 된다(Maeng, Park & Kim, 2013). 하지만 교실에서는 논변을 혼자 구성하여 이를 교사에 의해 평가받는 "헛논변활동(pseudoargumentation)" 형태로 과학적 논변활동이 이루어지는 경향이 있는데, 이는 공동체가 지식을 구성하여 의미를 형성하는 관점보다는 교사를 만족시키는 것에 초점을 맞추고 있어, 몇몇 연구자들은 학생들의 논변 구성을 위한 목표에 대한 문제점을 제시해 왔다(Berland & Hammer, 2012). 의미 있는 교실 공동체에서는 학생들이 의미형성 목표를 교실 활동을 통해 이해하고 인식하여 학생들이 생성한 논변으로 서로 의사소통하는 것을 목표로 한다(Berland *et al.*, 2016).

Osborne *et al.*(2016)은 과학적 논변 활동(scientific argumentation)을 학습발달과정에서 제시된 주장과 증거 사이의 연결을 구성(construction)하거나 비평(critique)하는 복잡한 추론의 과정으로 보았으며, 구성과 비평의 조합으로 설명하였다. 구성과 비평 사이의 문답을 통하여 지식이 구성되므로, 논변 활동에는 구성과 비평에 참여하는 학생들의 능력이 요구된다(Ford, 2008). 구성은 설명적 가설을 지지하고 옹호하기 위한 논변이며, 비평은 왜 해당 주장 등이 옳지 않고 결점이 있는지를 제시하는 것이다. 많은 학생들은 자신의 주장을 확인하고 자신의 주장을 확증하는 증거에 더 무게를 두고 활발히 찾아가는 확증 편향(confirmation bias) 성향으로 인해 반대 논변 생성에 실패를 하므로(Mercier & Sperber, 2011), 논변을 구성하는 과정보다 비평하는 과정에서 인지적으로 더 큰 노력이 요구된다. Osborne *et al.*(2016)이 제시한 논변 활동에 대한 학습발달과정은 내재적 인지적 부하에 따라 3단계로 나뉜다. 이 3단계는 Toulmin(1958)의 주장(claim), 자료(data), 보장(warrant), 보강(backing), 반박(rebuttal), 한정(qualifier)의 논변 요소 중 주장과 보강의 요소를 활용하였으며, 이

중 보강은 증거(evidence) 요소를 연결하여, 주장과 증거 사이를 연결하는 정당화(justification) 과정에 포함시켰다. 이러한 논변활동에 대한 학습발달과정은 문항 개발 후 학생들의 글쓰기 응답을 문항반응이론(item response theory)과 발생사고법 인터뷰를 통해 그 수준을 타당화하였다. 그러나, 실제로 학생들의 논변 활동 실행에서 문항에 대한 글쓰기를 하고 담화에 참여할 때, 이런 단계의 논변활동 학습발달과정 수준이 타당하게 적용될 수 있는지는 언급하지 않았다.

한편, 생물의 진화 기작에 대한 과학적 설명이자, 생물학의 핵심적인 아이디어가 자연선택임에도 불구하고(BOSE, 2012; Bishop & Anderson, 1990), Inagaki & Hatano (2006)는 외국의 초등학교 5학년 학생들이 동물들이 자연선택을 거쳐 변화되기 보다는, 역동적인 적응 때문에 중간 또는 종내에서 변화한다고 배우므로 인간이 원숭이에서 진화한다는 신념이 생겨난다고 했다. 최근 국내에서 Park & Cha(2016)는 초등 과학영재들이 자연선택 핵심 개념을 활용한 논변 활동을 통해 자연선택에 대한 과학적 설명을 할 수 있게 되었다고 하였다. 초등학생들의 특성을 반영할 수 있는 추론에 의한 과학 교수 학습 전략 중 하나가 과학적 논변활동임에 착안하여, 본 연구는 논변 활동 중에 나타난 담화 분석을 통하여 학생들의 인식적 이해와 논변 활동 수준을 알아 보고자 한다. 자연선택 개념 형성을 위한 하위 개념의 논변 담화에서 드러난 학생들의 인식적 이해의 차이가 있는지를 알아보고, 인식적 이해와 논변 활동 수준과의 관련성이 있는지도 밝힘으로써 자연선택개념 이해를 위한 논변활동에서 교사의 효과적인 증재 전략에 대한 논의를 이끌어 낼 것이다.

II. 연구방법

1. 논변활동 프로그램

연구를 위해 초등 과학 영재 학생들이 '자연선택' 개념을 이해하기 위한 논변활동용 질문지를 개발하였다. 학생들은 질문지에 제시된 질문에 대한 답을 찾기 위해 질문 내용에 해당하는 생명 현상이 일어나는 이유를 먼저 쓰고 서로 논의하였다. 질문지는 학생들이 증거에 기반하여 생명 현상을 설명하고 그 설명을 정당화하기 위한 논변 활동 과정을 이끌기 위한 일종의 학습지였는데, 6개의 소재를 통해 9개 핵심개념을 형성할 수 있도록 구성하였다. 본 수업에 앞서 자연선택 개념이 아닌 '광합성'개념을 이해하게 하기 위한 일종의 예비 과제가 따로 개발되어 투입이 되었는데, 이는 생소한 학습방법인 논변활동에 익숙해지도록 하기 위함이었다. 모든 질문지를 구성하는 소재와 논변을 이끌 질문지는, 진화교육 관련 연구 논문을 20여편 이상의 발표한 바 있는 사범대학 생물교육 전공 교수와 대학원 연구실 석사 및 박사 과정 학생들의 세미나 시간을 통해 수차례 검토를 받고 수정하는 과정을 거쳐 완성했다.

가. 자연선택 핵심 개념

Furtak(2012)은 자연 선택 개념에 대한 학습 발달과정을 Mayr(1997)의 5가지 사실과 3개의 추론에 변이와 차등적 생존/번식을 추가하여 도식화했다. 그 도식에는 과잉생산, 제한된 자원, 개체군 안정, 경쟁, 변이, 변이의 유전, 차등적 생존, 개체군 변화, 종 분화 등 9가지

Table 1. Questions used in the argumentation program to understand natural selection for science gifted elementary students

수업순서	자연선택 개념이해를 돕기 위한 핵심개념 및 수업내용	질문 소재	질문 내용
1	논변활동 소개 및 예비과제	프리스틀리의 실험	유리종 안에 있는 쥐와 식물은 어떻게 해서 살 수 있었는지 설명해 봅시다.
2	과잉생산, 제한된 자원, 개체군 안정	로열 섬의 사슴	오랜 시간이 지난 후 (바) 단계에서 로열섬에 있는 사슴의 수는 어떻게 되었을까요?
3	경쟁	따개비와 조무래기 따개비	따개비와 조무래기따개비는(협동, 경쟁, 천적) 관계이다.
4	변이	무당벌레의 색상과 반점 패턴	무당벌레의 색상과 반점 패턴은 모두 똑같을까요? 다를까요?
5	변이의 유전	분재 소나무	이 나무의 씨앗은(난쟁이 크기, 보통 크기)의 자손을 생산할 것이라고 생각합니다.
6	차등적 생존 및 개체군 변화	오리의 물갈퀴	개체군이라는 용어의 의미를 생각하며 처음 돌연변이로 물갈퀴를 가진 오리가 탄생한 순간부터 이야기를 만들어 봅시다.
7	종 분화	갈라파고스 섬의 핀치 새	어떻게 해서 갈라파고스 각각의 섬에는 부리의 모양과 크기가 다른 핀치가 살 수 있었을까요?

개념 핵심 개념이 활용되었는데, 이 연구에서는 그 9가지 개념들을 질문지 구성을 위한 핵심 개념으로 사용했다. Table 1은 이 연구를 위한 논변활동 프로그램에 사용된 9개 핵심 개념 이해를 위한 논변 질문과 질문 소재 그리고 유형이다. 개체군 안정 개념 이해를 위해 생태계 평형 모형을 활용하여 로열섬의 개체군 변화를 설명하게 하였으며, 차등적 생존 및 개체군 변화 개념 이해를 위해서는 딱정벌레의 자연선택 과정을 활용하여 오리의 물갈퀴 변화를 설명하게 하였다.

나. 수업 모형

논변활동 프로그램에 사용된 수업모형은 Sampson & Grooms (2010)이 제안했던 논변 생성 교수 모형의 수정모형이다. 총 7단계로 구성이 되었는데 1단계는 교사에 의해 과제 설명, 2단계는 학생들의 잠정적인 논변 생성, 3단계는 소집단 논변활동, 4단계는 소집단 간 순회 논변활동을 통한 아이디어 공유, 5단계는 소집단내 논변 수정을 위한 반성적 토론, 6단계는 최종 논변 글쓰기 및 시각적 모델을 구성, 마지막 7단계는 교사의 개념 설명 순으로 진행되는 일종의 순환학습 모형이었다. 즉, 학생들은 앞 차시에 이루어진 논변활동을 통해 학습한 선개념을 근거로 다음 차시에 해결해야 할 논변과제에 대한 인과적 설명을 할 수 있게 제시하였다.

2. 연구 대상

논변활동 프로그램에 참여한 학생들은 G광역시 소재 교육청 영재교육원 소속 6학년 20명이었다. 남학생 16명, 여학생 4명으로 구성된 1개 학급이었다. 수업 당시 남학생은 3~4명씩 5개의 소집단으로 구성했고, 여학생 4명은 1개의 소집단으로 구성하여, 총 6개 소집단으로 수업하였다. 소집단은 가~마까지 명명하였는데, 이름순으로 매겨진 번호에 따라 무작위 배치하였다.

학생의 인식적 이해와 논변활동 수준을 분석하기 위해, 논변활동 프로그램에 참여했던 여섯 개의 소집단 중 3명으로 구성된 한 개 소집단을 초점 집단으로 선정했다. 논변활동에 적극적으로 참여함으로써 담화 등에서 인식적 이해 차이가 드러나며 자연선택 하위 개념에 따라 소집단 구성원의 인식적 이해 수준이 많이 다른 집단을 목적 표집했다. 이 소집단 구성원들은 모두 남학생이었으며 학생 구분은 번호

순서대로 a, b, c로 명명하였다.

20개의 문항으로 구성된 자연선택 검사지 CINS(Conceptual Inventory of Natural Selection)를 수정하여 사전·사후 검사하였으며 선인장을 소재로 한 개방형 자연선택 검사지를 활용하여 핵심 개념과 대안개념을 코딩하였다. 3명 모두 프로그램 참여 후 개념검사결과 점수가 향상되었고, 핵심 개념 사용 횟수가 증가했으며, 대안개념은 사라졌다.

자연선택 논변활동 수업을 한 교사는 자연선택 개념이해를 위한 논변활동 프로그램을 개발한 연구자였고, 초등 영재교육원에서 3년 동안 학생들을 지도한 경험이 있는 경력 7년차 교사였다.

3. 자료 분석

예비 과제였던 프리스틀리의 실험과 자연선택 핵심 개념 이해를 위한 논변활동 과정에서 수집할 수 있는 담화를 소집단 별로 녹음하였고, 모두 전사하였다. 학생들의 담화 분석 자료는 Sampson & Grooms(2010)이 제안했던 논변 생성 교수 모형을 수정한 모형에서 자연선택 개념 형성을 위한 핵심 개념 별로 3단계 소집단 논변활동, 4단계 소집단 간 순회 논변활동을 통한 아이디어 공유, 5단계 소집단 내 논변 수정을 위한 반성적 토론 단계에서 이루어진 담화들이었다. 연구자의 필드 노트와 사전·사후 논변활동 학습지 및 소집단 논변활동 학습지도 분석을 위한 보조 자료로 활용하였다.

가. 인식적 이해 수준 분석

인식적 이해란 지식 구성 활동을 안내하는데 필요한 4가지의 인식적 사고를 말한다(Table 3). 4가지 인식적 사고는 지식 산물의 본성(nature), 지식 산물의 일반성(generality), 아이디어의 정당화(justification), 청중(audience)에 대한 인식들로 구성된다(Berland et al., 2016).

첫 번째, 본성은 학생들이 과학 수업에서 활동에 참여할 때, ‘어떤 종류의 답을 지식 산물이 제공해야 하는가’와 관련된 사고이다. 과학적 사고는 왜, 어떻게 현상이 일어나는지에 대한 생각이다. 학생들은 이러한 목표를 고려하여 타인의 설명이 의미하는 것을 이해하고, 인과 관계적인 설명을 더하는 노력을 해야 할 것이다.

Table 2. Epistemic considerations in students' Epistemologies in practice(Berland *et al.*, 2016)

인식적 이해	학생들이 가질 수 있는 인식적 이해
본성: 어떤 종류의 답을 지식 산물이 제공해야 하는가?	<ul style="list-style-type: none"> • 지식 산물은 무슨 일이 일어났는지 상세하게 기술해야 한다.(낮음) • 지식 산물은 무엇이 어떻게 또는 왜 일어났는지 설명해야 한다.(높음)
일반성: 지식은 다른 과학적 현상과 아이디어들에 어떻게 관련되어 있는가?	<ul style="list-style-type: none"> • 특정 과학적 현상은 다른 것과 관련되어 있지 않다, 그래서 우리의 지식 생성은 각각의 개인적 현상의 특이적 본성을 규정해야 한다.(낮음) • 일반화된 과학적 아이디어들은 특정 경험 또는 현상들에 거의 관계를 가지고 있지 않다, 그래서 우리의 지식 생성은 이러한 사고방식들에 연결되지 않아야 한다.(낮음) • 지식 생성은 다양한 현상에서 생성되고, 다양한 현상을 설명해야 한다. 그래서 우리의 지식 생성은 이러한 연결들을 보여주어야 한다.(높음)
정당화: 지식 산물에서 아이디어를 어떻게 정당화하는가?	<ul style="list-style-type: none"> • 다른 사람들이 포함시켜야 한다고 말한 정보를 우리의 지식 산물에 포함시켜야 한다(따라서 이것을 정당화할 필요는 없다).(낮음) • 사용 가능한 정보를 해석 하여 지식 산물을 구성, 평가, 정당화해야 한다(자료, 과학 이론, 개인적 경험 등).(높음)
청중: 우리의 지식 산물을 누가 사용하고 어떻게 사용하는가?	<ul style="list-style-type: none"> • 지식 산물은 우리의 이해를 평가하는 교사를 위한 것이다.(낮음) • 청중과 함께 협력적으로 지식 산물을 구성하고 사용한다.(높음)

두 번째, 일반성은 ‘다른 과학 현상이나 아이디어에 지식 산물이 어떻게 연관되는가’에 관한 사고다. 새로운 사고는 이전의 설명했던 것과 연결하여, 새로운 상황을 설명하는데 도움을 주어야 발달한다. 그러므로 이 목표는 학생들이 학습하여 발달한 사고들과 구체적인 예시들이 어떻게 연결되었는지를 의미한다.

세 번째, 정당화는 ‘지식 산물에서 아이디어를 어떻게 정당화 하는가?’에 대한 사고로 자료, 과학적 이론, 개인적 경험 등의 유용한 정보를 지식 생산을 위해 해석해야 하는 것이다. 이는 학생들이 생성한 아이디어를 평가하여 해당 정보에 대한 해석에 부합하도록 하며, 그러한 다양한 정보 해석을 통해 타인이 나의 아이디어로 생각할 수 있도록 해야 한다.

마지막으로 청중은 ‘우리의 지식 산물을 누가 사용하고, 어떻게 사용하는가?’에 관한 사고로, 학생들은 다른 학생들과 함께 과학적 사고를 만들어 가며, 서로의 사고를 비교하고 과학적으로 논변하여 과학 지식 산물을 생성한다. 현상에 대한 대안적인 사고는 지식 생산을 위한 의사소통시 다루어져야 한다. 이는 지식 산물을 생성·발 전시키는데 청중이 도움을 주며 협력해야 함을 의미한다(Berland

et al., 2016).

나. 논변활동 수준 분석

과학교육에서 학습발달과정은 적절한 교수로 학습자가 핵심 과학 개념 및 과학 탐구의 실천(*practice*)에 대한 활용 능력이 점점 정교해지는 과정에 대해 검증할 수 있는 가설이다. 이러한 학습발달과정은 평가 개발의 틀을 제시하고, 교육과정 계획을 안내하며, 교수 실천의 비계를 제공하는 목적으로 개발이 되고 있다(Corcoran, Mosher & Rogat, 2009). 학습발달과정은 하위 종착점(*lower anchor*)과 상위 종착점(*upper anchor*)을 설정한다. Osborne *et al.*(2016)은 학습과제 자체의 구조와 복잡성에 기인한 내재적 인지 부하에 따라 3가지 대수준으로 논변활동 학습발달과정을 제시하였으며, 각각의 대수준별로 A, B, C, D의 하위 수준을 추가로 세분화하여 제시하였는데, 그 내용은 Table 3과 같다.

Level 0은 주장과 증거를 명료화하는 능력이 요구되며, Level 1은 Level 0을 기반으로 주장과 증거 사이의 관계들을 보장에 의해 명시

Table 3. A proposed learning progression for scientific argumentation(Osborne *et al.*, 2016)

Level	Constructing	Critiquing	Description
0			논변활동에 관련한 증거가 없음
0A	주장 생성		관련된 주장을 진술함
0B		주장 명료화	타인의 주장을 명료화함
0C	증거 제시		몇 가지 증거로 주장을 지지함
0D		증거 명료화	타인의 증거를 명료화함
1A	보장(warrant) 구성		주장과 증거를 연결하는 명시적인 보장 구성
1B		보장 명료화	타인의 보장을 명료화
1C	완벽한 논변 생성		주장을 만들고 주장을 지지하는 증거를 선택, 주장과 보장들 사이를 종합하여 생성
1D	반대논변(counter argument) 제공		타인의 주장을 반박하는 방법으로 반대논변(counter argument)을 제시
2A	비판(counter-critique) 제시		상대 논변을 비평함. 상대 논변이 왜 결점이 있는지에 대해 정당화하는 주장을 명시적으로 드러냄
2B	한 쪽 측면의 비교(comparative) 논변 생성		두 가지 경쟁 논변의 장점에 대한 평가적인 판단을 만들. 하나의 논변에 대한 가치를 명시적인 논변으로 생성. 왜 다른 논변이 약한지에 대한 정당화는 없음
2C	양쪽 측면의 비교 논변 제시		두 가지 경쟁 논변에 대한 평가적인 판단을 만들고 왜 한 논변이 다른 논변에 비해 강하며, 약한지에 대한 명시적인 논변을 제시
2D	정당화를 통한 새로운 논변 생성		최고 수준의 단계로 두 가지 경쟁 논변들을 비교 대조한 후, 이전의 논변보다 왜 우월한지에 대해 정당화하는 새로운 논변을 생성

적으로 논리적인 연결을 만드는 능력이 요구된다. 즉, Level 1은 주장 또는 증거를 명확히 하는 것 뿐 만 아니라, 주장과 증거 사이의 관계를 어떻게 구성하고 비평하는지에 대한 이해도 필요한 것이다. Level 2는 두 개 이상의 보장을 비교하여 상세히 설명하는 능력이 요구된다. 이 연구에서 논변활동 수준을 분석하기 위해 이 준거를 사용하였다.

III. 연구 결과 및 논의

초등 영재교육원 학생들의 자연선택 개념 이해를 위한 논변활동 담화에서 자연선택 핵심 개념별로 드러난 인식적 이해와 논변 활동 수준을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 학생들의 인식적 이해는 자연 선택 핵심 개념별로 차이가 있었고, 논변 활동 수준에도 차이가 있었다. 또한, 인식적 이해와 논변 활동 수준은 관련성이 나타났다. 본 연구에서는 Berland *et al.*(2016)가 제시한 인식적 이해에 대한 내용과 예시를 통해 학생들의 담화를 분석하였다. 학생들의 논변활동 담화에서 드러난 실천적 인식적 이해는 암묵적이며 맥락에 따라 다르게 나타나거나 인식론적 자원이 활성화 되지 않아 드러나지 않을 수 있다. 실제 자연선택 핵심 개념에 대한 논변활동 담화에서도 또한 4가지 인식적 고려사항 중 본성 측면에 대해서는 제시된 현상에 대해 설명을 요구하는 문제에 지속적으로 왜, 어떻게 관점으로 설명하여 지식을 구성하는 담화가 드러났지만, 제시된 문제에서 요구하지 않거나 교사가 논변활동 중 중재하지 않은 나머지 세 측면(특히 일반성 측면)은 담화에서 드러나지 않은 경우가 있었다. 이는 지식을 구성하는 실천 과정에서 필요한 교사의 중재 전략의 필요성을 암시한다.

여섯 가지 자연선택 핵심 개념 이해를 위한 논변 담화에서 인식적 이해의 본성 범주는 모두 높았고 학생들 사이에 차이가 없었다. 단, 일반성, 정당화, 청중 측면에서는 인식적 이해가 높거나 낮았다. 세 학생 모두 전체적인 논변활동의 수준은 중간 정도인 1C(완벽한 논변 생성), 1D(반대논변 제공), 2A(비판 제시)로 나타났다. 핵심 개념별로는 ‘변이의 유전’ 개념의 이해 논변 담화에서만 세 학생 모두 본성 뿐 만 아니라, 일반성, 정당화, 청중 측면에서도 높게 나타났고, 이 개념의 이해 논변 담화에 나타난 논변 활동 수준은 세 학생 모두 비판을 제시하는 2A 수준으로 밝혀졌다.

c학생의 경우는 개체군 안정, 경쟁, 종분화의 세 가지 핵심 개념 이해를 위한 논변활동에서 낮은 인식적 이해를 보였다. 각각의 세 가지의 핵심 개념 이해를 위한 논변 활동 수준도 1C 혹은 1D였는데, 이는 2A 보다 낮은 단계였다. 이 결과는 인식적 이해와 논변 활동 수준이 서로 관련성이 있음을 나타내고 있다.

자연선택의 핵심 개념별로 분석된 담화 내용 분석 결과는 다음과 같다.

1. 개체군 안정 개념

자연선택 핵심 개념 중 개체군 안정 개념은 모든 개체군은 약간의 변동을 제외하고 안정된 상태로 유지된다(Anderson, Fisher & Norman, 2002)는 과학적 설명이다. 로열 섬에 사슴들이 살고 있고 풀들이 자라고 있는데, 몇 마리의 늑대가 건너오고 오랜 시간이 지난 후 로열 섬의 사슴의 수가 어떻게 될 지를 생태계 평형 모형 자료를 활용하여 논변활동을 할 수 있도록 학생들에게 안내되었다. 이러한 논변활동을 통하여 개체 관점에서 피식과 포식 관계, 생태계 평형 과정, 생태계 평형을 통한 개체군 안정을 설명할 수 있다.

- a: 사슴이 조금 줄어들기는 하지만 완전히 사라지지 않고 번식을 하면 일정해진다. 사슴과 먹이가 있는데 늑대가 왔어. 사슴의 수가 감소하니까 먹이인 풀은 늘어난다. 사슴의 수는 늘어나고 왜냐 먹을 먹이가 풍부하니까 번식을 하니까. 그러면 사슴이 증가하면 늑대가 늘어나다가 늑대가 늘어나면 사슴이 줄어들고 그 먹이인 풀은 늘어나고 다시 사슴이 늘어나고 (1C)
- b: 왜요?
- b: 한번 1차 소비자가 늘어나고 2차 소비자가 늘어나고 그런데 1차 소비자가 감소하고 2차 소비자가 줄어 들죠. 그러면 생산자가 늘어나고 그냥 평형을 이루는 거죠. (1A)
- a: 이게 평형을 이루는 겁니다.
- b: 근데 왜 갑자기 늘어났다. 줄어들었다. 줄어들었다. 늘어났다는 평형이 아니에요. 일정하게 유지되는 게 평형이에요. (2A)
- a: 알겠어요. 당신의 설명을 들어봅시다.

인식적 이해의 측면에서 a와 b는 인식적 이해 중 정당화 측면에서 ‘평형이 무엇일까?’ 에 대해 평형의 개념을 제시된 자료의 정보를 자신들의 해석을 사용하여 지식 산물을 구성, 평가, 정당화하였다. 또한 a의 ‘당신의 설명을 들어봅시다.’와 같이 상대방의 비평을 듣고 상대방의 논변을 통하여 자신의 논변의 약점이 무엇인지 파악하려는 것으로 청중과 함께 협력적으로 지식 산물을 구성하고자 하였다. 이러한 진술은 메타 구성적 진술로 논변 참여들의 논변활동 과정에 참여를 촉진하는 진술이다. 이러한 메타구성적 진술은 대화 참여자에게 피드백을 요청하거나, 다른 대화자의 참여 방법을 변화시키려는 진술 등을 포함한다(Clark & Sampson, 2008).

- a: 사슴의 수는 평형을 유지할 것이다. 생산자와 1차 소비자가 줄어든 상태에서 늑대가 오면 1차 소비자가 줄어들고 생산자는 늘어나고 그러면 늑대 2차 소비자가 줄어들고, 그러면 1차 소비자가 늘어나고, 생산자는 줄어들고. 이런 과정이 반복되어 평형을 이루게 됩니다. (1C)
- 다른 소집단 학생: 사슴은 멸종되지 않을까요? (1D)

Table 4. Epistemic consideration level and argumentation level in argumentation about natural selection concept

분석 범주	개체군 안정			경쟁			변이			변이의 유전			차등적 생존 개체군 변화			종분화			
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
인식적 이해	본성	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음	높음
	일반성									높음	높음	높음							
	정당화	높음	높음	낮음	높음	높음		높음	높음	높음	높음	높음	높음				높음	높음	높음
	청중	높음			높음		낮음	높음			높음	높음	높음						낮음
논변활동 수준	2A	2A	1D	2A	2A	1C	2A	2A	2A	2A	2A	2A	1C	1C	1C	2A	2A	1D	

- a: 여기 모델에서 토끼가 줄어들었지만 멸종은 되지 않잖아요. 그리고 많은 수의 늑대가 온 것이 아니기 때문에 (2A)
- 다른 소집단 학생: 늑대가 번식을 해서 늘지 않나요? (1D)
- a: 하지만 사슴이 줄어들면 늑대도 줄어들겠죠. (2A)

또한 위의 담화와 같이 a는 자신이 대표로 한 소집단 논변 발표(소집단 한 명이 자신의 그룹에서 생성한 논변을 발표하고 타 소집단의 학생들이 와서 설명을 들음)에서도 다른 소집단 학생들의 질문에 대해 설명하면서 상대 주장이 어떤 결점이 있는지 제시된 자료를 증거로 활용하여 정당화하였다(2A수준). 이는 인식적 이해의 부분에서 우리의 지식 산물을 누가 어떻게 사용하는가(청중) 부분에서 청중과 함께 협력적으로 지식 산물을 구성하고 사용한 예로 볼 수 있다.

- a: 근데 사슴이 다 없어질 수 있지 않나? 늑대가 늘어나니까. (1D)
- c: 아니지 그러면 생태계 평형과 관련이 없지. (1D)
- a: (사슴을) 줄어들게 하고 생산자가 증가함에 따라 1차 소비자도 다시 증가한다. (1A)
- c: 그래서 평형을 유지한다. (1B)

인식적 이해의 본성 측면에서 a, b, c 학생 모두 로열섬의 사슴의 수의 변화를 피식과 포식 관계, 생태계 평형과정을 활용하여 어떻게, 왜 일어났는지를 설명하려하였다. 하지만 c학생은 평형에 대한 해석 없이 자료에 제시된 평형을 증거로 사용하였다. 즉 인식적 이해(정당화) 측면에서 자료에 제시된 ‘평형’ 정보를 자신의 해석 없이 설명에 포함시켰고 이를 정당화하지 않았다. 이는 다음과 같이 사후 논변 글쓰기에서 정당화 과정 즉 보장(warrant)의 내용이 2차 소비자(늑대)와 1차 소비자(사슴)의 관계로만 생태계 평형 과정을 설명하는 불완전한 설명으로 제시되었다.

생태계의 평형이 유지된다. 2차 소비자가 1차 소비자를 잡아먹어 일시적으로 늘어났다가 1차 소비자가 줄어들어 2차 소비자도 줄어들어 생태계의 평형이 유지된다.

담화에서 드러난 학생들의 논변활동 수준은 a와 b는 2A(상대 논변을 비판하고 상대 논변이 왜 결점이 있는지에 대해 정당화하는 주장을 명시적으로 드러냄) 수준이며 c는 1D(타인의 주장을 반박하는 방법으로 반론 제시) 수준으로 분석된다. 담화 과정에서 제시된 아이디어는 피식과 포식 관계를 통한 개체군의 변화 과정을 설명하였고 이를 통하여 생태계 평형 과정 설명을 시도하였다. 토론된 아이디어는 ‘평형이 무엇일까?’ ‘늑대가 들어온 이후 사슴이 다 사라지지 않을까?’ 의 아이디어가 토론이 되었으며, 학생들은 평형의 과정 설명, 늑대가 들어온 이후 사슴이 다 사라지지 않는 이유에 대한 추론과 과정을 설명하기를 요구하였다.

2. 경쟁 개념

자연선택 핵심 개념 중 경쟁 개념은 제한된 자원을 공유하는 개체들 사이에 발생하는 것으로 참여 개체 모두에게 해로운 상호작용이다. 같은 종 내의 개체 사이에 벌어지는 경쟁을 종내경쟁, 다른 종의 개체 사이에서 일어나는 경쟁을 종간경쟁이라고 한다(Anderson, Fisher &

Norman, 2002). 학생들은 바다 해안에 살아 있는 ‘따개비’와 ‘조무래기따개비’의 관계를 알아보기 위한 과학자들의 실험에 대한 글을 읽고 둘 사이의 관계는 무엇인지에 대한 질문과 애기짚신벌레와 짚신벌레 실험 자료를 활용하여 논변활동을 할 수 있게 안내되었다.

- a: 협동일 수가 없어 (0A)
- b: 뒤에 자료를 보면 협동이면 (애기짚신벌레와 짚신벌레)가 같이 올라가야되 (1A)
- a: 그렇지. 아니면 비율을 적당히 이루어야지 (1A)
- b: 천적이면 한쪽만 올라가고 한쪽은 내려와야되. 그러므로 경쟁이야. (1A)
- a: (조무래기따개비와 따개비) 사이가 천적이면 따개비를 제거하기 전에 어느 한쪽이 다 사라지겠지. (1A)
- b: 그래도 둘 사이의 관계가 천적이어서 멸종하는 경우는 흔치 않아 (2A)
- a: 하지만 이 한정된 공간에서는 그럴 수도 있지 않을까? (2A)
- b: 하지만 지난 시간에도 사슴과 늑대가 천적 관계여도 사슴은 언제나 나타나 (2A)
- a: 그건 사슴의 수가 훨씬 많으니까 (0C)
- b: 자신의 증거를 들어보자

위의 담화와 같이 a와 b는 따개비와 조무래기따개비의 관계에 대해 협동, 천적 관계가 되지 않는 주장을 제시된 자료를 분석하여 설명하고 있다. 또한 천적 관계로 피식자의 멸종 가능성에 대한 생각에 조건에 따라 가능 여부를 말하며, 자신의 주장에 대해 정당화하고 있다. 또한 b는 정당화 측면에서 증거의 중요성을 강조하여 ‘자신의 증거를 들어보자’와 같이 자신의 해석을 사용하여 의미형성(sensmaking)을 목표(goal)하고 있음을 확인 할 수 있었다.

- c: 나는 경쟁이야 따개비가 먹이가 많은 아래쪽에 있고, 조무래기따개비는 위쪽에 있는 것으로 보아 따개비가 힘이 더 세다는 것을 알 수 있다. 그래서 조무래기따개비는 밀물에만 먹이를 먹게 된다. 강한 따개비를 없앴을 때 경쟁자가 없으므로 조무래기따개비가 아래로 내려온 것이다. 자료를 보면 애기짚신벌레가 조무래기따개비고 짚신벌레가 따개비로 보면 혼합배양시 애기짚신벌레가 개체수가 유지되고 짚신벌레는 개체수가 줄어든다. 그러나 짚신벌레가 단독 배양시 경쟁자가 없으므로 개체수가 유지될 수 있다. (1C)

- a, b: 옳소
- a: 서로 다른 두 개체가 같은 먹이로 살아갈 때, 더 많은 먹이를 먹고 번식하기 위해서 두 개체는 서로 경쟁하게 된다. 자료에 따르면 두 개체가 한정된 한 공간에서 같은 먹이로 살아가고 이 수가 제한된 환경에서는 서로 더 먹이를 차지하고 개체수를 늘리려고 경쟁해 개체수가 현저히 감소되는 현상을 볼 수 있다. 따라서 두 개체는 한정된 공간 안에서 최대한 수를 늘리기 위해 경쟁한다. (1C)
- b: 자신들의 먹이인 플랑크톤을 자기 종의 번식을 위해 더 많이 먹으려고 한다. 하지만 뒤의 자료처럼 같이 산다면 개체 수가 현저히 떨어진다. 그래서 따개비가 떨어진 뒤 그 구역을 조무래기따개비가 독점한 것이다. 그래서 먹이의 비율이 2:1이고 니중에는 1이 됩니다. (1C)
- a: 따개비와 조무래기따개비는 얼마나 많은 플랑크톤을 먹을까? (0A)
- b: C 의견이 좋은 것 같아.
- a: 의견을 종합해보자

위의 담화에서는 따개비 제거시 조무래기따개비가 바다해안의 대

부분을 왜 차지하는 지에 대해 설명하고 있으며(본성) 따개비와 조무래기따개비의 관계가 경쟁인 주장에 대한 자료를 활용한 정당화 과정이 드러나 있다. 또한 소집단 구성원이 생성한 논변에 대해 듣고 a는 ‘의견을 종합해 보자.’ 청중 측면에서 협력적으로 지식 산물을 구성하려는 측면을 알 수 있다.

- c: 같은 먹이가 있는 제한된 환경에서 두 개체가 서로 같은 공간에 있을 때 각각 한 공간에 있는 것보다 현저히 개체수가 떨어지는 것을 볼 수 있다. 즉 힘이 센 개체는 힘이 약한 개체보다 더 번식할 수 있다. 다시 힘이 더 센 따개비를 제거하면은 조무래기따개비는 경쟁 상대가 사라진 더 먹이조건이 풍부한 곳으로 이동할 것이다. (1C)
다른 소집단 학생: 따개비가 2번 먹을 때, 조무래기따개비는 한번 먹는다는 거야? (0A)
- c: 경쟁 상대가 사라지면 조무래기따개비가 다 먹는다는 뜻이야 (0A)
- c: 조무래기따개비도 경쟁상대가 없다면 같은 먹이를 먹을 수 있다는 뜻. 잘 모르겠어. (0A)
- c: 따개비가 2의 양을 먹을 때 조무래기따개비는 1의 양을 먹을 수 있다는 뜻이야. (0A)

다음은 소집단내 논변 수정을 위한 반성적 토론 단계에서의 담화이다.

- a: 천적 관계가 무엇이고, 천적관계면 왜 안되는지 설명이 필요해. 두 집단의 따개비가 밀접한 공간에서 살수가 없어. 협동관계이면 한 집단의 따개비가 사라져도 안내려 왔겠지. 협동관계이면 뒤의 자료와 맞지 않아. (1C)
- b: 협동하면 같이 개체수가 늘어나야지. (1A)
- a: 맞아
- a: 우리 설명에 다른 질문 있었어?
- c: 없었어.

여기서 c는 소집단 간 순회 논변활동을 통한 아이디어 공유 단계에서 소집단의 대표자로 소집단의 논변을 발표한 다음 청중의 질문에 대해 설명 후, 반성적 토론에서 소집단 논변 발표에서 제시되었던 다른 소집단의 질문에 대해 언급하지 않고 무시하였다. 이는 인식적 이해의 청중 측면에서 협력적으로 지식 구성에 대한 이해가 낮음을 알 수 있다. 논변활동 수준은 a와 b는 2A 수준이며, c는 1C(주장, 증거, 보장 생성) 수준으로 드러났다.

3. 변이 개념

자연선택 핵심 개념 중 변이 개념은 특정 종으로 구성된 한 세대의 개체군은 돌연변이, 재조합, 유성생식 등의 과정을 거치면서 개체군 내 개체들의 형질이 매우 다양해진다. 이와 같이 개체들 사이에서 물리적, 정신적, 행동적인 패턴 등의 차이가 생기는 현상을 변이라고 한다(Ohlsson *et al.*, 1992). 학생들은 무당벌레의 색상과 반점 패턴은 똑같을지, 다를지에 대한 질문과 유전, 형질, 변이에 대한 용어 설명 자료, 유전자와 인간의 변이 자료를 활용하여 논변활동을 할 수 있게 안내되었다.

- a: 변이가 없다면 다 똑같지 않을까? (0A)
- b: 생물들은 어떻게 생겨난 걸까? 시작할 때 아무것도 없었을 꺼 아니냐 갑자기 유전자가 생겨난 것도 아니고. (0A)

- a: 무당벌레가 맨 처음 시작할 때 두 마리에서 시작한 걸까? 한 마리에서 시작한 걸까? 여러 마리였을까? (0A)
- a: 만약에 한 마리였다고 쳐. 맨 처음에는 변이가 돼서 태어난 거고. 두 마리 이상이면 짝짓기 해서 유전자가 다른 유전적 변형도 있을 것이고 변이도 있을 것이고. (1A)
- a: 맨 처음에는 난자 정자 다 만들었을까? (0A)

위의 담화의 인식적 이해의 본성 측면에서 a와 b는 변이가 없다면 다 똑같지 않을까? 생물이 어떻게 생겨난 것일까? 유전자는 어떻게 생겨난 것일까? 등의 질문을 통하여 생명 현상의 진화 과정에서 생긴 의문점을 제시하며 진화 과정은 무엇이 어떻게 일어났는지 설명하려 하였다.

- b: 너 말은 모든게 똑같은 한 종에서 태어났다는 거야? (0B)
- a: 그렇지 애초에 한 종에서. (0A)
- b: 그렇다면 모든게 똑같은 한 종에서 태어났다면 엄마의 특징 반, 아빠의 특징 반을 받아도 그 자식 또한 똑같지. (2A)
- a: 아니지 모든게 똑같은 한 종이 아니고 조금씩 다른 엄마 한 종, 조금씩 다른 아빠 한 종이 있겠지. (2A)
- b: 그것이 섞여서 나온다고? (0B)
- a: 그렇지. 그래서 아빠의 반, 엄마의 반을 유전 받아 자신이 태어나면 다른 특징이 나타났겠고. 또 이 자손이 번식을 하면 다른 특징을 가진 무당벌레가 태어나겠지 (2A)
- b: 계속 달라진다고? (0B)
- a: 그렇지. 그 과정을 계속한다면 똑같은 개체가 절대 나올 수가 없지. 여기 그림도 있어 (1A)
- c: 만약 유전자가 같다면 성격, 생김새 등이 비슷해 구별하기가 어렵다. 유전자가 달라야만 서로 번식도 하고, 새로운 종도 나오기도 한다. 그러기 때문에 사람의 유전자도 사람마다 다르다. 유전자가 같으면 유전자를 조금씩 받아도 어차피 DNA가 똑같아서 성별 구분도 힘들어진다. (2A)
- a: 다시 생각해보니까 완전히 똑같은 한 종이라도 특징은 조금씩 다를 거 아니야. 그러니까 다른 종이 나올 것이고. 다른 무당벌레가 나올 때 무당벌레가 나오는 과정에서 변이가 생겨서 다른 무당벌레가 나올 것이고 이 과정이 반복되서. 무당벌레의 유전자는 다 달라지지. (1C)
: 그러니까 무당벌레의 반점 패턴과 모양은 다르겠지. (0B)
- a: 유전자가 엄청 많아지지
- a: 같은 종인 무당벌레끼리 교배를 해서 조금 변이가 특성과 반점패턴이 조금 다른 자식들을 낳고 그 자식들은 새로운 유전자와 특성을 가진 무당벌레와 교미를 해서 자식을 낳을 것이다. 이 과정이 반복됨에 따라 같은 특성과 반점 패턴을 가진 무당벌레는 없을 것이다. (1C)

정당화 과정에서 a의 설명에 대해 지속적인 b의 명료화는 a의 정당화를 수정하게 만들었고 또한 자신의 시각적 모델을 통하여 협력적으로 지식을 구성하고 평가하고자 하였다(청중). 비록 부정확한 ‘종’ 개념과 ‘유전적 변이’에 대한 과정이 어떻게 일어났는지(본성) 설명을 정당화하기 위해 세 학생 모두 제시된 자료(유전자와 인간의 변이)를 활용하여 해석하고 이러한 해석의 내용이 담화에 드러났다(정당화).

- a: 변이가 유전자가 다 바뀌냐 (0A)
- b: 일부가 바뀌지 (0A)
- a: 맨 처음 한 마리가 있었나. 두 마리가 있었나 그것을 어떻게 설명해야지. 일단 암 수가 있다는 것을 가정하고 설명을 적어보자. (1A)

또한 a는 논변 생성 과정에서 현상에 대한 다양한 가정들과 아이디어를 자신의 설명에 추가하여 설명의 정당화를 위해 적극적으로 노력하고 있음을 알 수 있다(정당화). 논변활동 수준은 a, b, c 모두 2A 수준으로 나타났다.

4. 변이의 유전 개념

자연선택 핵심 개념 중 변이의 유전 개념은 진화의 기본이 되는 개체들 사이의 변이는 유전적으로 결정되어 부모로부터 자손에게로 유전이 되는데, 이것을 변이의 유전이라고 한다(Ohlsson *et al.*, 1992)를 설명한다. 학생들에게 분재 소나무의 씨앗이 자라면 어떤 크기의 자손을 생산할지에 대한 질문과 유전, 형질, 변이에 대한 용어 설명 자료, 유전자와 인간의 변이 자료를 활용하여 논변활동을 할 수 있게 안내되었다.

- b: 낳을 때는 유전자가 바뀌었는지? (0A)
 a: 바뀌어 있을 수도 있고 (0A)
 b: 바뀌어 있는 유전자를 자손이 가지는 건가. 아니면 원래 유전자를 자손이 가지는 건가. (0A)
 c: 그게 문제야 (0B)
 b: 아무래도 원래 있던 유전자가 난쟁이크기로 유전자로 바뀌었을꺼 아니냐? (1A)
 a: 성형을 할 때 그 전에는 성형 전으로 낳잖아. 성형 전으로 낳으니까 (2A)
 c: 성형을 했다고 해도 DNA가 다 바뀌는 것이 아니잖아. (2A)
 a: 배웠던 것을 생각해 보자, 획득형질도 형질이 바뀐 거니까 DNA가 바뀐 거 아니냐? 왜냐하면 DNA에 의해 형질이 결정되니까. 이것도 하나의 변이잖아. (2A)
 b: 인위적으로 바뀐 것도 변이인가? 아니면 자연적으로 바뀐 것도 변이인가? (1B)
 a: 둘 다 변이의 일종이지. 그러면 인위적으로 만든 변이도 원래의 소나무와 다른 종류의 소나무인가? (1A)
 c: 팔이 부러졌어도 유전자는 바뀌지 않잖아. (2A)
 a, c: 아~ 맞다.
 b: 그레 겐모습만 변이가 일어난 거야. DNA 변이가 아니야 (2A)
 a: 맞아.
 b: 드라마같이 자식이 부모와 완전히 얼굴이 다르면 성형수술 한 거 눈치채겠네. (1B)

a, b, c 모두 다양한 획득 형질과 유전 형질의 예시를 활용하여 획득형질의 유전자 변이에 대한 담화가 이루어지고 있다. 다양한 구체적 아이디어가 초점화된 변이의 유전 개념에 대한 논변활동을 이끌었다. 지식의 일반성 측면에서 지식 산출은 다양한 현상을 설명하고 연결해야 한다 측면으로 해석된다. 또한 청중 측면에서 지식을 공동으로 구성 및 평가가 이루어져, 소집단 논변활동이 변이의 유전 개념에 대해 더욱 정교하게 담화가 이루어졌다.

논변활동 수준은 a, b, c 모두 2A이며 이는 다른 핵심개념과 다르게 다양한 아이디어 생성 및 토론이 이루어지고 소집단의 과제 목표 측면에서 평가되어지고 논변이 향상되었다. 변이의 유전 개념에서 생성된 아이디어는 다음과 같다.

인간이 인위적으로 만들었다면 그 자손은 퍼트릴 때 자기 크기로 자랄

까?, 북극 여우가 적응을 하기에는 오랜 시간이 걸렸다. 사막 여우를 북극에 데려가서 털이 길렀는데 그 애기를 낳으면 털이 있을까? 없을까? 낳을 때는 유전자가 바뀌어 있지? 바뀌어 있는 유전자를 자손이 가지는 건가. 아니면 원래 유전자를 자손이 가지는 건가. 아무래도 원래 있던 유전자가 난쟁이 크기로 유전자로 바뀌어 있을까 아니냐? 획득형질도 형질이 바뀐 거니까 DNA가 바뀐거 아니냐? 인위적으로 바뀐 것도 변이인가? 아니면 자연적으로 바뀐 것도 변이인가? 인위적으로 만든 변이도 원래의 소나무와 다른 종류의 소나무 인가? 그레 겐모습만 변이가 일어난 거야. DNA 변이가 아니냐. 장애인 장애인 낳는다면 어떻게 될까?

이와 같은 다양한 아이디어는 학생들의 참여를 촉진하는 아이디어로 활용되었다. 이러한 아이디어들은 반복적으로 생성되어 그룹의 목표인 변이의 유전 개념에 대해 평가되었다. 즉, 인식적 이해의 일반성 측면에서 다양한 현상과 아이디어를 변이 개념과 연결하려는 도구가 되었다.

5. 차등적 생존 및 개체군 변화

자연선택 핵심 개념 중 차등적 생존은 환경에 적합한 형질을 가진 개체는 그렇지 않은 개체보다 생존하여 더 많은 자손을 남긴다(Anderson, Fisher & Norman, 2002)를 설명한다. 개체군 변화(Change in a population)는 개체의 생존과 번식 능력의 차이가 오랜 세월에 걸쳐 우호적인 형질을 가진 개체의 비율과 함께 점진적인 개체군의 변화를 이끈다(Anderson, Fisher & Norman, 2002)를 설명한다. 학생들에게 오리 진화에 대한 가상의 시나리오를 통해 어떻게 해서 물갈퀴를 가진 오리가 현재 대부분을 차지하고 있을지에 대한 질문과 개체군 용어 설명 자료, 딱정벌레의 자연선택 과정 자료를 활용하여 논변활동을 할 수 있게 안내되었다.

- b: 물갈퀴가 없는 오리들은 육지의 먹이를 경쟁하니까. (0A)
 a: 우연히 물갈퀴가 생긴 오리들 (0A)
 c: 돌연변이가 나타나서 물갈퀴가 생겨 (1A)
 a: 그 오리들은 살아남을 수 있어 (1A)
 a: 물갈퀴는 유리한 조건인 거지. 물밖에도 걸을 수 있잖아. (1A)
 b: 개구리도 물갈퀴가 있어도 잘 뛰어나잖아. (1B)
 c: 물갈퀴가 있는 오리들은 먹이를 먹을 수 있는 장소가 넓어지지. 돌연변이에 의해 물갈퀴 발을 가진 오리들은 개체수가 늘어날 것이다. 오리는 물에서 사는 물고기 개체군을 먹으며 생활한다. 물고기는 물 한가운데 많이 산다. 물갈퀴가 있는 오리는 물의 먹이 전부를 먹을 수 있지만 물갈퀴가 없는 오리는 물가에 있는 생물만 먹게 된다. 오리가 물 가운데 있는 생물을 먹는다면 먹이가 부족하지 않아 물갈퀴가 없는 오리는 먹이 부족으로 개체수가 줄어들게 되고 물갈퀴가 있는 오리는 늘어난다. (1C)
 a: 돌연변이에 의해 물갈퀴 발을 가진 오리들은 먹이들을 풍부하게 먹을 수 있어 끝까지 살아남을 수 있었다. 처음 물갈퀴가 없는 오리들은 같은 환경에서 같은 먹이로 살아가기 때문에 서로 경쟁하였다. 계속 경쟁을 하며 계속 개체수를 늘려서 근방(육지)의 먹이가 부족해지고 이런 과정 속에서 물갈퀴가 있는 오리들이 생겨났고 이 오리들은 물속에 있는 먹이까지 먹을 수 있어, 먹이 자원이 풍부해서 자손을 번식했고 이 오리들은 개체군을 이루어 풍부한 먹이로 번식한 반면 물갈퀴가 없는 오리는 개체수가 현저히 감소했다. (1C)
 b: 돌연변이에 의해 물갈퀴 발을 가진 오리들은 물을 헤엄칠 수 있어서 먹이를 구하기에 유리했고 번식을 하기에도 유리했다. 하지만 육지에

있던 오리 개체군은 먹이는 적고 개체수는 많았기 때문에 점점 육지 오래 개체군의 수는 점점 줄어들었다. 하지만 생존에 유리하게 변이 된 물갈퀴 오리 개체군은 계속 번식을 해 나가면서 수를 늘려나갔다. 그래서 대부분의 오리들이 먹이를 구하기 유리한 물갈퀴를 가지게 되었다. (1C)

논변활동에서는 경쟁, 변이, 차등적 생존의 개념에 대해 a와 b의 담화가 이루어진 후 3명의 학생이 생성한 논변을 발표하고 마무리되었다. a, b, c 모두 물갈퀴를 가진 오리가 어떻게 대부분을 차지하였는지를 설명하고 있지만(본성), 소집단 구성원 모두가 자신이 생성된 논변이 상대방의 논변과 차이가 없다고 생각하고 그 차이를 인지하지 못하는 것으로 드러났다. 특히 개체군 개념에 대해 c학생은 물갈퀴를 가진 오리와 그렇지 않은 오리를 하나의 개체군 개념으로 보고 있으며, a와 b 학생은 물갈퀴를 가진 오리 개체군, 물갈퀴를 가지지 않은 개체군으로 나누어 현상을 설명하고 있다. 또한 b 학생은 물갈퀴를 가진 오리의 탄생이 돌연변이와 경쟁으로 인한 탄생으로 설명하고 있지만 이를 인식하지 못하고 소집단 논변 글쓰기 단계로 넘어갔다. 이는 Posner et al.(1982) 제시한 과학적 개념의 변화에 필요한 4가지 조건 중 현재 개념에 대한 불만족에 대한 인식이 없으므로, 사전·사후 글쓰기에서 또한 변화가 없었다. 이로 인해, 논변활동 수준은 3명의 학생 모두 1C 수준에 그쳤다.

6. 종분화

자연선택 핵심 개념 중 종 분화는 한 종의 두 개체군이 오랜 시간에 걸쳐 신체적, 행동적, 임시적 또는 다른 장애물에 의해 분리어질 때, 그 개체군들은 다른 종으로 분화된다(Anderson, Fisher & Norman, 2002)를 설명한다. 학생들에게 다윈은 생물의 종에 대하여 어떻게 생각을 하였을지에 대한 질문과 어떻게 갈라파고스 각각의 섬에는 부리의 모양과 크기가 다른 핀치가 살 수 있을까 라는 두 가지의 질문을 제시하였다. ‘종’ 용어 설명 자료, 다윈의 생명의 나무 자료를 활용하여 논변활동을 할 수 있게 안내되었다.

- c: 번식을 하면서 변이가 생긴거야 (0A)
- a: 먹이가 다양한 환경이 변이를... (1D)
- b: 경쟁에서 진 핀치들이 부리 모양을 바꾸어서 다른 먹이를 먹은 거야 (1D)
- a: 왜 경쟁을 하지? (0B)
- b: 먹이가 같으니까 같은 종에서 (1A)
- a: 강한 핀치가 먹이를 독점했겠지 (0A)
- b: 원래는 비슷했을 꺼 아니냐? (1D)
- a: 하지만 같은 반 친구들 같이 다 힘이 똑같은 것은 아니겠지, 점점 번식을 하면서 바뀐 거지 힘이 (1D)
- a: 같은 종 내에서 경쟁을 한 거라고 (0A)
- b: 그렇지 경쟁이 일어났어 (0B)
- a: 그래서 경쟁에서 밀린 것은 부리 모양을 바꾼 거고 다른 종이 된거고 또 경쟁에서 밀린 것은 다른 종이 된거고 (1A)
- b: 계속해서 변이가 생겨난 거지 (1B)
- a: 그래 좋은 의견
- b: 먹이 사슬, 먹이 그물과 연관시키면 핀치들은 다른 먹이를 먹을 수 있는 거야. 한 먹이가 사라지면 다른 먹이를 먹을 수 있고. 어렵다. (1D)

- c: 변이가 있기 때문에 적응을 한건데 (1D)
- b: 핀치들이 같은 먹이를 먹었기 때문, 같은 공간 같은 먹이로 인한 경쟁 (1A)
- a: 자기 뜻대로 부리를 바꿀 수 있는 것은 말이 안되 (1D)
- b: 그니까 경쟁에서 진 핀치들이 멸종할 위기에 놓였는데 오리 물갈퀴처럼 우연히 변이가 된거지. 오리 물갈퀴도 일부러 발이 된 게 아니잖아. (2A)
- a: 모든 것은 우연히 자연적인 변이인거야. 자연적으로 변이 되게 그 환경과 맞아버렸어 (2A)
- c: 우연히 변이가 됐다. (1B)
- b: 종 수가 많으면 먹는 먹이의 종류가 많은 거네 (0A)
- a: 힘이 센 핀치가 죽었어. 살아남은 것 중에서 변이가 생길 수도 있지. 어렵다. (1A)
- a: 꼭 경쟁을 해야되나. 어쩌다 변이가 생길 수도 있지. 그게 맞는거야 변이가 환경에 (1D)
- c: 한 종인데 변이가 일어나서 한 종이 되고 또 한 종이 되고 (1A)
- a: 처음에는 남미에서 한종이 왔으니까. 경쟁을 해도 되고 안해도 되고 (0A)
- b: 경쟁은 언제나 일어나지 않나. (1D)
- c: 번식을 했는데 변이도 생기고. (1A)
- a: 그래. 간단히 생각해 보자
- c: 우연히 변이를 해서 먹이와 맞은 거야. (1A)
- a: 번식을 하던 도중 변이로 인해 부리의 모양이 바뀌고. 이 핀치는 자신의 적합한 환경이 있는 섬으로 갔다. 그래서 이런 과정이 계속 반복되었고 따라서 다른 종이 생겨난 거야. (1C)

소집단내 논변 수정을 위한 반성적 토론 단계에서 다음과 같은 담화가 나타났다.

- a: 다른 모둠에서 경쟁을 많이 얘기 했어. 나는 그것보다는 우연히 생김 변이가 된 부리가 맞는 적합한 환경에 살게 되었어. (1D)
- b: 유전적 변이가 우연이잖아. 그러면 경쟁이 더 의미있지 않을까? (1D)
- a: 다른 모둠에서 경쟁하다가 다른 먹이를 먹기 위해서 부리 모양이 변했다 이거잖아. (1B)
- b: 아니 경쟁에서 진 핀치들이 부리 모양이 변했다는 거지 (1D)
- a: 그렇지 우연으로 변했지. 그게 환경에 맞아버렸어. 그래서 잘 살게 된거야 (1B)
- b: 번식, 경쟁, 우연한 변이 어떤 것을 중심으로 써야 되지. 우연히 유전자 부모에게서 받는 거고. 그러면 자연선택은 우연한 결과이네 (1B)

종 분화 개념에서 세 학생 모두 종분화 현상이 어떻게 일어났는지 설명하려하였다(본성). 특히 a는 ‘왜 경쟁을 하지?’ 지식 구성의 본성 측면에서 지식 산출이 무엇이 어떻게 왜 일어났는지 설명해야 함으로 이해하고 있음이 해석된다. 또한 3학생 모두 이 전에 학습했던 변이, 경쟁, 먹이 사슬, 먹이 그물 개념 뿐만 아니라 오리 물갈퀴의 진화현상 등으로 지식 구성의 정당성 측면에서 다양한 개념을 연결하여 제시된 갈라파고스 섬의 종 분화를 설명하려 하였다.

하지만 c는 ‘번식을 하면서 변이가 생긴거야.’ ‘변이가 있기 때문에 적응을 한건데.’ ‘우연히 변이가 됐다.’ ‘번식을 했는데 변이도 생기고, 우연히 변이를 해서 먹이와 맞은 거야.’ 등과 같이 인식적 이해의 본성 측면에서 정확한 설명을 통해 변이의 과정을 설명하려 하고 있지만 이를 소집단의 다른 구성원들에게 전달이 되지 못하였다. 또한,

b가 경쟁에서 진 핀치들이 부리 모양의 유전적 변이가 일어났다는 설명(변이가 자연 선택 기작의 전제가 아닌 생존을 위한 투쟁으로 변이가 일어남을 설명)을 수정할 수 있도록 c의 반박이 일어나지 않았다. 이는 인식적 이해의 청중 측면에서 협력적으로 지식 산물을 구성 사용하려는 이해가 부족함으로 해석할 수 있거나 c의 주장이 증거를 기반하여 정당화를 반박하는 주장(2A)이 아니라 단순히 반대 주장(1D)만 되풀이 되어 있어 a와 b에 대한 설득력이 부족하였을 것이다. 논변활동 수준은 a, b는 2A, c는 1D 수준이다.

IV. 결론 및 교육적 함의

초등 과학영재학생들의 자연선택 핵심 개념 이해를 위한 논변활동 담화에서 드러난 인식적 이해와 논변활동 수준을 조사한 결과는 다음과 같은 결론 및 과학교육에 주는 교육적 함의를 내포하고 있다.

첫째, 초등 과학영재학생들의 자연선택 핵심 개념 습득을 위한 논변활동 과정에서 드러난 인식적 이해를 본성, 일반성, 정당화, 청중이라는 4가지 범주로 분석한 결과, 핵심 개념별로 다르다는 것을 알 수 있었다. 자연 선택 개념 형성을 위한 하위 핵심 개념 논변활동 과정에서 3명의 학생 모두 인식적 이해의 본성 범주에서 모든 핵심 개념에 높은 수준으로 드러났지만, 다른 범주들은 낮은 수준이 포함되어 있거나, 담화에서 드러나지 않았다.

특히, 변이의 유전 개념에서는 다른 개념들에서 드러나지 않는 지식의 일반성 측면에서 세 학생 모두 높게 드러났다. 획득 형질의 유전에 반대하는 다양한 예시 현상과의 연결은 해당 개념에 관한 다양한 아이디어를 생성하게 하였다. 이러한 다양한 아이디어들은 유전자(DNA)와 형질과의 연관성에 대해 학생들이 논변활동을 할 수 있게 안내하여 유전 형질 만이 자손에게 전달된다는 결론을 내리게 하였다. 학생들의 논변 수준 또한 비판 제시(2A) 단계로 상대 논변에 대한 비판을 통하여 생산적인 논변활동을 이끌었다.

하지만 차등적 생존 및 개체군 변화 개념에서는 세 학생 모두 인식적 이해의 본성 측면만 담화에 드러났고 다른 측면들은 담화에 드러나지 않았으며, 학생들은 자신이 구성한 논변을 발표하고 논변활동이 마무리 했다. 이는 다른 학생들이 생성한 논변을 듣고 논변의 차이가 거의 없다고 생각하고 그 차이를 인지하지 못하였으며, 학생들의 논변 수준은 상대 논변에 대한 비평이 이루어지지 않고 자신의 주장과 증거에 의한 정당화만 이루어진 단계에 머물렀다. 이러한 각 개념별로 다른 학생들의 인식적 이해의 차이는 마지막 중분화 개념에서 자연 선택 개념 형성을 위한 하위 개념들을 연결하려는 노력의 차이로 연결되었다. 학생들은 인식적 이해가 높게 드러난 변이와 경쟁 개념을 중심으로 중분화를 설명하려 하였으며, 인식적 이해가 잘 드러나지 않았던 개체군 변화 개념을 중분화를 설명하는 요소로 사용하지 못하였다.

이런 결과들은 논변 활동시 4가지 범주의 인식적 이해가 담화에서 드러날 수 있게 교사의 중재 전략이 필요함을 알려 준다. 교사는 논변 활동시 학생들이 서로의 논변에 대한 차이점을 인식하지 못할 때 “이 논변의 약점은...” 과 같은 문장을 이용하여 상대 논변의 비평에 참여하게 하거나(Henderson *et al.*, 2015), 학생들의 논변의 내용을 파악하여 반대할 수 있는 문장이나 예시를 만들어 학생들에게 제시하는 것 또한 실천적 인식적 이해를 높일 수 있는 하나의 방법일 것이다. 개체군 개념 논변 활동 시 학생들이 가지고 있는 다양한 개체군 개념에 대한

생각의 차이와 물갈퀴 오리의 탄생 원인에 대한 설명 차이를 교사가 인식시켜 준다면, 이는 학생들이 서로의 설명의 문제점을 가지고 생산적인 논변활동을 할 수 있는 하나의 촉진(prompt)이 될 수 있을 것이다.

둘째, 연구 결과 초등 과학영재학생들의 논변활동 담화에서 드러난 인식적 이해는 3명의 학생들에게 다르게 나타났다. 개체군 안정 개념에서 세 학생 중 한 학생은 다른 두 학생들과는 다르게 개체군 안정 개념에서 생태계 평형 개념에 대한 해석 없이 이를 생태계 변동의 결과로 당연한 사실로 받아들임으로써 정당화 측면에서 낮게 분석되었으며, 경쟁과 중분화 개념에서 청중 범주가 낮게 분석되었다. 이러한 결과는 자연선택 개념 형성을 위한 하위 개념을 활용하여 중분화 개념을 설명할 때, 한 학생은 정당화 또는 청중 범주에서 실천적인 인식적 이해의 측면이 낮거나 드러나지 않은 개체군 안정, 경쟁, 개체군 변화 개념들은 사용하지 않고, 정당화와 청중 범주에서 실천적 인식적 이해 측면이 높게 드러난 변이와 변이의 유전 개념만을 활용하여 중분화 개념을 설명하려 하였다. 중분화 개념을 설명하는 논변활동에서 다른 학생들보다 정확한 변이 개념을 가지고 주장을 하고 있지만 다른 학생들을 설득시키지 못하였다. 만약 그 학생이 개체군 안정, 경쟁 개념에서 정당화와 청중 측면의 더 높은 인식적 이해를 바탕으로 논변활동에 참여한다면, 다른 핵심 개념들을 연결하여 중분화를 설명하려는 다른 학생들과 함께 논변활동에 참여하여 논변활동의 수준 및 질을 향상시킬 수 있을 것이다.

셋째, 초등 과학영재학생들의 자연선택 개념 이해를 위한 논변활동 수준은 두 가지 경쟁 논변의 장점에 대한 평가적인 판단을 만들어 이를 비교하여 새로운 논변을 생성하는 수준 높은 단계에 이르지 못하였다. 교사가 학생들의 논변활동 과정 중 학생들의 담화를 듣고 두 가지 경쟁 논변에 대한 내용을 파악하거나 이를 미리 예상하여 두 가지 경쟁 주장과 각각의 주장을 지지하는 증거와 정당화가 제시된 논변 질문지를 제시하여 두 경쟁 논변에 대한 평가적인 판단을 할 수 있게 돕는다면, 자신이 선택한 논변이 다른 논변보다 어떠한 장점이 있으며, 상대 논변이 어떠한 결점이 있는지를 판단하는 단계(2B, 2C)를 넘어 최고 수준인 두 논변을 비교하여 새로운 논변까지도 생성(2D)할 수 있을 것이다.

본 연구 결과는 학생들이 과학적 질문에 대해 과학의 "형식적인(formal)" 인식론에 대한 지식과 학생들이 실제 자신의 지식 생성에 관하여 "실천적인(practical)" 인식론을 묘사하는 맥락은 다르고(Sandoval, 2005), 학생들이 다양한 맥락에 따라 적용되는 하나의 인식론을 가지고 있지 않으며, 맥락에 따라 다르게 활성화되는 수많은 다양한 인식론적 자원을 가지고 있음을 의미한다(Hammer & Elby, 2002; Louca *et al.*, 2004). 이러한 인식적 이해에 따르면, 실천 속에서 상황 및 맥락이 전환됨에 따라 논변 활동의 양상도 다르게 나타나며, 학생들의 인식적 전환이 그들의 논변 활동에 영향을 미치는 과정에 대한 메커니즘을 제공한다(Kwon & Kim, 2016). 그러므로 학생들의 지식 생성에 대한 인식론적 평가는 학생들이 가지고 있는 다양한 인식론적 자원을 바탕으로 맥락에 따라 어떻게 또 왜 이러한 인식론적 결정을 하는지에 대한 이유에 초점을 맞추어 평가해야 할 것이다(Berland & Crucet, 2016). 하지만 본 연구에서는 학생들이 가지고 있는 인식론적 자원을 바탕으로 인식론적 결정에 대한 이유를 제시하지 못하였다. 학생들의 인식론적 결정은 교사의 기대, 시간 제약, 자료의 한계 등 다양한 요인에 의해 결정될 수 있다. 추후 연구에서는

인식론적 결정에 영향을 미치는 다양한 요인 분석을 통해 논변활동 학습발달과정에 제시된 비평의 과정으로, 상대 주장과 증거, 보장을 명료화하는 과정과 상대의 논변을 자신의 논변과 비교 평가하는 일련의 과정이 지속되어 비평의 과정이 논변활동 내의 규범(norm)이 될 수 있는 정보를 제공해 주어야 할 것이다.

국문요약

이 연구에서는 초등 과학 영재 학생들을 대상으로 자연선택 핵심 개념 논변 활동 담화에서 드러난 인식적 이해와 논변활동 수준을 분석하였다. 논변활동에 참여한 학생들은 광역시 소재 영재교육원 6학년 학생 20명이었는데, 그 중 적극적으로 논변활동에 참여한 소집단 중 담화에서 인식적 이해가 드러나며, 개념에 따라 소집단 구성원의 인식적 이해 수준이 서로 달랐던 세 명으로 구성된 소집단을 목적 표집하여 그들의 담화를 분석하였다. 담화에서 드러난 인식적 이해의 요소는 본성, 일반성, 정당화, 청중의 범주로 나누어 분석하였으며 논변활동 수준은 논변의 구성과 비평을 중심으로 내재적 인지 부하에 따라 만들어진 논변활동 학습발달과정을 사용하였다. 연구 결과, 학생들의 논변활동에서 드러난 인식적 이해는 자연선택 하위 개념별로 다르게 나타났다. 자연 선택 하위 개념 모두 실천적 인식적 이해의 본성 측면에서는 모두 높게 나타났으나 일반성, 정당화, 청중 범주에서는 높거나 낮았으며, 그 수준이 담화에서 드러나지 않는 경우도 있었다. 지식의 일반성 측면에서 높게 드러난 변이의 유전개념에서 획득형질의 유전에 반대하는 다양한 현상과의 연결은 다양한 아이디어를 생성하여 논변활동 참여를 촉진하는 요소로 활용되어 세 학생 모두 논변활동 수준은 비판 제시 수준으로 나타났다. 하지만, 정당화와 청중 범주에서 실천적 인식적 이해 수준이 낮게 드러난 개념들의 학생의 논변 활동 수준은 그 보다 낮았다. 학생들이 최종 자연선택 핵심 개념인 중분화 개념 논변 시 모두 인식적 이해 수준이 높았던 개념들을 이용하여 중분화 과정을 설명하려 하였으며, 반대로 인식적 이해 수준이 낮았던 개념은 설명 요소로 포함시키지 않았다. 이 연구 결과 학생들은 다양한 인식론적 자원을 통해 맥락에 따라 활용되는 인식론적 자원은 다르며 학생들이 왜, 어떻게 인식론적 결정을 하는지에 대한 구체적인 요인들을 분석할 필요성을 제안한다. 인식론적 결정에 영향을 미치는 다양한 요인 분석은 논변 활동의 질과 수준을 높일 수 있는 교수자의 중재 요소가 될 수 있다.

주제어 : 과학적 논변활동, 논변활동 수준, 인식적 이해, 자연선택

References

Anderson, D. L., Fisher, K. M., & Norman, G. J. (2002). Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 952-978.

Berland, L., & Cruet, K. (2016). Epistemological Trade-Offs: Accounting for Context When Evaluating Epistemological Sophistication of Student Engagement in Scientific Practices. *Science Education*, 100(1), 5-29.

Berland, L. K., & Hammer, D. (2012). Framing for scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(1), 68-94.

Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082-1112.

Bishop, B. A., & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural

selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 415-427.

Board on Science Education. (2012). *A Framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C.: National Academies Press.

Chinn, C. A., Buckland, L. A., & Samarapungavan, A. L. A. (2011). Expanding the dimensions of epistemic cognition: Arguments from philosophy and psychology. *Educational Psychologist*, 46(3), 141-167.

Clark, D. B., & Sampson, V. (2008). Assessing dialogic argumentation in online environments to relate structure, grounds, and conceptual quality. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 293-321.

Corcoran, T. B., Mosher, F. A., & Rogat, A. (2009). Learning progressions in science: An evidence-based approach to reform.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of research in education*, 32(1), 268-291.

Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education*, 92(3), 404-423.

Furtak (2012). Linking Progression for Natural Selection to Teachers' Enactment of Formative Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 1181-1220.

Hammer, D., & Elby, A. (2002). On the form of a personal epistemology. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds.), *Personal epistemology: The psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 169 - 190). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Hammer, D., & Elby, A. (2003). Tapping epistemological resources for learning physics. *The Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 53-90.

Henderson, J. B., MacPherson, A., Osborne, J., & Wild, A. (2015). Beyond construction: Five arguments for the role and value of critique in learning science. *International Journal of Science Education*,

Hofer, B. K., & Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of educational research*, 67(1), 88-140.

Inagaki, K., & Hatano, G. (2006). Young children's conception of the biological world. *Current Directions in Psychological Science*, 15(4), 177-181.

Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science education*, 77(3), 319-337.

Kwon, J., & Kim, H. (2016). Exploring small Group Argumentation Shown in Designing an Experiment : Focusing on Students' Epistemic Goals and Epistemic Consideration for Activities. *Journal of Korean Association for science education*, 36(1), 45-61.

Louca, L., Elby, A., Hammer, D., & Kagey, T. (2004). Epistemological resources: Applying a new epistemological framework to science instruction. *Educational Psychologist*, 39, 57 - 68.

Maeng, S., Park, Y., & Kim, C. (2013). Methodological Review of the Research on Argumentative Discourse Focused on Analyzing Collaborative Construction and Epistemic Enactments of Argumentation. *Journal of the Korean Association for science education*, 33(4), 840-862.

Mayr, E. (1997). *This is biology*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Mercier, H., & Sperber, D. (2011). Why do humans reason? Arguments for an argumentative theory. *Behavioral and brain sciences*, 34(02), 57-74.

Ohlsson, S., & Bee, N. V. (1992) The effect of expository text on children's explanations of biological evolution. OERI Report. Learning Research and Development Center, University of Pittsburgh.

Osborne, J. F., Henderson, J. B., MacPherson, A., Szu, E., Wild, A., & Yao, S. Y. (2016). The development and validation of a learning progression for argumentation in science. *Journal of Research in Science Teaching*.

Park, C., & Cha, H. (2016). Analyzing the effectiveness of argumentation program to conceptualize natural selection concept for the elementary science gifted students. *Journal of Korean Association for science education*, 36(4), 591-606.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), 211-227.

Sampson, V., & Grooms, J. (2010). Generate an argument: an instructional Model. *Science Teacher*, 77(5), 32-37.

Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.

Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.