



## 중학생들의 유전 현상에 대한 인과적 설명 글쓰기 분석

이신영\*, 김미영  
한국교육과정평가원

### Analysis of Secondary Students' Causal Explanation about a Genetic Phenomena

Shinyoung Lee\*, Mi-young Kim  
Korea Institute for Curriculum and Evaluation

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 26 March 2018  
Received in revised form  
25 April 2018  
Accepted 26 April 2018

##### Keywords:

argumentative writing, causal explanation, argument construction, justification scheme, genetics

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the knowledge and ability levels of middle school students in four areas: conceptual understanding, argument construction, justification schemes, and use of scientific knowledge in a causal explanation for a genetic phenomenon. A group of 162 middle school students who have taken a class titled Genetics and Evolution participated in the study. Each student answered—and justified the answer to—one question pertaining to genetics. Ability levels were rated from level 0 to level 4, with 4 being the top rating. Students were required to choose one of two competing arguments to explain whether green seed pimps and red seed pimps of the same size and shape were the same species or not. Analyzing conceptual understanding: 47% of the respondents provided the correct answer. Analyzing their abilities for constructing an argument: 75% of the students with the correct answer and 42% of the students with the incorrect answer were evaluated to be at ability level 3 or 4 for argument construction. Analyzing the students' justification schemes: “Scientific idea” and “Analogy” were the most frequently used schemes. Analyzing their use of scientific knowledge: of the students who selected the scientific idea justification scheme, 36% used the correct scientific knowledge, but the remainder used inaccurate or nonspecific scientific knowledge. These findings provide implication for encouraging argumentative writing explaining scientific phenomena regarding epistemic practice.

## 1. 서론

설명과 논변활동은 과학자들이 과학적 이론을 생성하는 과정에서 나타나는 필수적인 실행이다(Berland & McNeill, 2012). 설명은 무엇이 어떻게 왜 일어났는지에 대해 정확하게 전달하려는 ‘기술’과 달리 과학적 현상의 원인을 증거와 논리적 추론에 근거하여 제시하는 과정이다(McNeill, 2011; NRC, 1996). 또한, 설명은 현상을 이해하고 명료화하고 다른 사람들에게 전달하려는 속성을 지니며, 과학자들은 자연 현상을 설명하는 과정에서 논변활동을 한다(Berland & Reiser, 2009). 과학자 사회에서 한 가지 자연 현상을 설명하기 위해 다양한 설명이 존재할 수 있으며, 논변활동은 적합한 증거에 기반하여 주장을 정당화하고 과학적 현상에 대한 다양한 관점들 중에서 가장 나은 설명을 선택하고 주장하는 과학적 사고 활동이다(Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008). 따라서 현상에 대한 설명이 과학적 이론으로 거듭나기 위해서는 논변활동을 동반하게 된다(Berland & Reiser, 2009).

과학 교육에서 학생들의 과학적 설명과 논변 생성을 중요한 교육 목표로 바라보고 있다(Driver, Newton, & Osborne, 2000). 논변은 주장이나 설명을 다른 사람들에게 명확히 전달하고 정당화하기 위해 만든 결과물로, 학생들이 현상에 대한 인과적 설명을 하는 것에 관심을 가지므로써 과학의 인식적 목표를 달성할 수 있을 것이다(Sandoval, 2005). 논변활동은 지식 주장을 다른 사람들에게 확신시키거나 설득시키기

위한 논변을 생성하는 사회적 활동으로 담화 활동과 쓰기 활동을 포함한다(Kelly, Regev, & Prothero, 2008). 과학 교육에서 논변활동에 대한 여러 연구들에서는 주로 담화 형태의 논변활동에 주목하였다. 하지만 논변적 글쓰기도 담화 형태의 논변활동과 마찬가지로 학생들이 과학적 증거를 바탕으로 지식 주장을 구성하고 다른 사람의 지식 주장을 비판적으로 바라볼 수 있도록 하는 잠재력을 가진다(McNeill, 2008).

과학 교육에서 복잡한 사고 활동이 요구되는 개념인 유전을 소재로 논변활동에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Driver, Newton, & Osborne, 2000; Jiménez-Aleixandre, 2014; Zohar & Nemet, 2002). 유전은 추상적이고 미시적인 개념을 다루고 있어 가시적으로 살펴볼 수 없기 때문에 학생들이 다양한 오개념을 가지기 쉽고(Cavallo, 1996; Lewis & Wood-Robinson, 2000), 유전학 개념을 잘 알고 있음에도 불구하고 유전 관련 현상을 설명하는 데에 어려움을 겪기도 한다(Karagöz & Çakir, 2011). 하지만 유전은 생명의 연속성과 관련된 핵심 개념이며 과학적 소양을 기르기 위한 주요 개념으로 받아들여지고 있다(Lewis & Wood-Robinson, 2000; NRC, 1996). 따라서 유전은 핵심개념이면서 과학 개념을 다른 상황에 적용하여 설명하도록 하는 도전적인 개념이기 때문에, 다양한 의견과 증거에 기반한 정당화를 요구하는 논변활동에 적합한 소재이다(Jiménez-Aleixandre, 2014). 본 연구에서는 피망이 빨간색과 파란색의 다양한 색을 띠는 현상을 제공하고 이 현상을 설명하는 경쟁 논변 중 하나를 선택하여 이를

\* 교신저자 : 이신영 (nicemoon99@hanmail.net)  
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2018.38.2.249

지지할 수 있는 논변적 글쓰기를 하도록 요구하였다.

하지만 과학 수업에서 학생들은 적절한 데이터나 근거 없이 주장을 만들어내는 경향을 가지고 있어 주장을 정당화하는 것을 어려워하여 논변을 구성하는 데에 어려움을 겪는다(Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000; Sandoval & Millwood, 2005). 현상을 설명하는 양질의 논변을 구성하기 위해서는 주장을 뒷받침할 수 있는 증거로서 어떠한 과학 지식이 중요한지 알고 선택하여 정당화하는 데에 이용할 수 있는 논변 기술이 필요하다(McNeill & Krajcik, 2009). 또한, 학생들은 영역 일반적인 지식에 해당하는 논변 기술뿐만 아니라 지식 주장을 지지할 수 있는 영역 특이적인 과학 개념을 적절히 사용할 수 있다(Linn, Songer, & Eylon, 1996). 해당 영역에 대한 특정 지식을 정확히 아는 것은 과학적 설명을 하기 위한 추론의 질을 결정할 수 있는 중요한 요소이기 때문이다(Sandoval, 2003).

논변활동에 대한 선행 연구들에서는 주로 Toulmin의 논변 구조틀을 이용하여 논변 수준을 알아보았다(e. g., Lee et al., 2014; Osborne et al., 2016). 영역 특이적인 지식을 강조하여 설명 수준을 살펴보거나 정당화 수준을 살펴보는 연구들도 수행되었지만(e. g., McNeill & Krajcik, 2009; Sandoval & Millwood, 2005; Zohar & Nemet, 2002) 논변 글쓰기에서 나타난 개념 수준과 논변 수준 및 정당화 방식을 인식적 작용에 초점을 두고 종합적으로 알아본 연구는 미비하다. 이에 과학적 현상을 설명하는 논변 글쓰기를 통해 드러나는 학생들의 논변과 정당화 수준을 영역 특이적 지식의 성취 수준과 함께 살펴보는 것은 학생들이 양질의 논변을 구성하는 맥락을 이해하고 지원하기 위해서 의미가 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 유전 현상에 대한 인과적 설명을 하는 논변적 글쓰기를 생성할 때에 나타나는 학생들의 개념 성취 수준 및 논변 수준과 학생들이 사용한 정당화 방식과 함께 과학 지식의 사용 형태를 살펴보고 이를 통한 시사점에 대해 논의하려고 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

본 연구에는 서울시 소재 K 중학교 3개반, A 중학교 3개반 3학년 학생들 162명이 참여하였다. 검사지의 문항이 서술형으로 구성되어 있어 적극적으로 답안 구성을 할 수 있는 성실함이 요구되기 때문에 해당 학교 교사의 협조를 구하여 참여 학급을 선별하여 검사지를 투입하였다. 학생들은 학교에서 2009 개정 교육과정의 중학교 과학 3에서 ‘유전과 진화’ 단원을 학습한 후에 본 검사에 참여하였다.

### 2. 검사 문항

본 연구의 목적은 학생들의 인과적 설명에서 나타나는 논변 글쓰기를 심층적으로 분석하는 것이다. 학생들이 유전과 관련된 특정한 과학 지식을 사용하여 인과적인 설명을 하는 논변적 글쓰기를 독려하기 위해 TIMSS 2011 8학년 생물 영역 공개 문항 중 ‘유전과 진화’ 관련 문항인 초록색/빨간색 피망 실험(S042297)을 변형하였다(Figure 1). 원래의 TIMSS 문항에서는 크기와 모양이 같은 초록색 피망과 빨간색 피망 그림과 이들이 같은 종류의 피망인지 아닌지에 대한 서로 다른 지식 주장을 하는 정호와 은희의 의견을 제시하고 두 사람의 주장

중 누구의 가설이 옳은지 검증하기 위한 실험 설계를 요구하였다. 본 연구의 검사 문항에서는 자료는 동일하게 제시하고, 학생들의 인과적 설명 글쓰기를 알아보기 위해 옳은 가설을 제시한 사람을 고르고 그렇게 생각한 이유를 설명하도록 하였다.

일반 학교에서 학생들은 주장을 뒷받침할 수 있는 타당한 자료에 근거하여 논변을 구성하는 것을 어려워하기 때문에(Sandoval & Millwood, 2005) 논변을 구성하도록 하기 위해서 특정 현상에 대한 다양한 해석을 할 수 있도록 하는 것이 중요하다(Osborne, Erduran, & Simon, 2004). 이러한 이유로 정호와 은희라는 가상의 인물이 주장하는 경쟁 논변 중에서 하나를 선택하도록 하였다. 정호는 색깔이 다른 것을 근거로 초록색 피망과 빨간색 피망이 서로 다른 종류라고 주장하고 은희는 초록색 피망이 밭에 더 오래 남아 빨간색으로 변하여 빨간색 피망이 되었기 때문에 초록색 피망과 빨간색 피망은 같은 종류라고 상반되게 주장하고 있는 상황이다. 학생들이 경쟁 논변을 선택하고, 그에 적합한 논변적 글쓰기를 지원하기 위해 문항의 자료에서 처음에 식물에서 식물의 키와 열매의 색은 형질로 유전된다는 것을 제시하여 학생들에게 힌트를 제공하였다.

정호와 은희는 식물에 대해 공부하고 있다. 두 사람은 식물의 키, 열매의 색깔과 같은 형질은 유전된다고 배웠다. 두 사람은 초록색 피망과 빨간색 피망을 관찰하고 있다.



초록색 피망



빨간색 피망

정호는 피망들의 색깔이 다르기 때문에 서로 다른 종류의 피망이라고 생각한다.  
 은희는 이 피망들은 원래 같은 종류인데 빨간색 피망은 밭에 더 오래 남아 있어서 더 익어서 빨간색이 되었다고 생각한다.

누구의 주장이 옳은가? (        )  
 그렇게 생각한 이유:

Figure 1. Question for causal explanation of genetics (modified version of Green/Red pepper experiment question(S042297) in TIMSS 2011 8th science department

### 3. 자료 수집 및 분석

본 연구의 참여자들은 중학교 과학 3의 마지막 단원인 ‘유전과 진화’를 학습하고, 본 검사지를 풀어보았다. 162명의 학생들이 작성한 검사지는 공동 저자들이 독립적으로 분석한 후에 서로 일치하지 않는 부분에 대해 협의하여 일치하도록 조정하였다. 학생들이 작성한 글쓰기의 과학적 개념 성취 수준, 논변 수준, 정당화 수준, 정당화에서 사용된 과학 지식의 종류 순서대로 분석하였다.

먼저, 개념 성취 수준은 정호와 은희 중 누구를 선택하였는지의 여부를 확인하고 그 이유를 공통적인 내용으로 귀납적으로 분류하였

다. 논변적 글쓰기의 논변 수준은 Toulmin(1958)의 논변 구성 요소를 기준으로 논변 수준을 구분한 Osborne et al. (2016)의 논변활동 수준 분석틀을 참고하여 인과적 설명의 논변 수준 분석틀을 구성하였다 (Table 1). 빈 칸으로 둔 것을 수준 0, 증거 없이 주장만을 제시한 것은 수준 1, 논리적으로 연결하지 않고 주장과 증거를 제시한 것은 수준 2, 주장과 증거를 논리적으로 연결하여 보장을 구성한 것은 수준 3, 자료에서 제시한 은하나 정호의 의견에 대해 논리적으로 반박한 것은 수준 4로 코딩하였다.

Table 1. Argument level of students' writing

Level	Construction	Description
0	Blank	No response
1	Constructing Claim	Students write relevant claim without evidence.
2	Providing Evidence	Students support their claim with evidence.
3	Constructing warrant	Students link their claim to evidence.
4	Providing a counter-critique	Students analyze limitation of the other's argument.

정당화 수준은 정당화에 사용한 자료 출처와 정당화 방식을 근거로 수준 0~4로 구분하였다. 학생들의 논변적 글쓰기를 분석하고 학생들 답변에서 나타난 정당화 방식을 8가지로 분류한 이후, 정당화 자료 출처에 따라 5가지 수준으로 구분하였다(Table 2). 정당화 방식 코드(Justification scheme)는 학생들의 인식적 작용을 고려하여 정당화 방식을 코드화한 Sandoval & Çam(2011)의 설명 분석틀과 Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl(2000)의 인식적 작용 분석틀을 참고하여 구성하였다.

수준 0은 단순히 자료 내의 정보를 그대로 재진술하거나 종교적 신념이나 개인 신념에 근거하여 정당화를 하는 경우이다. 수준 1은 개인의 경험을 근거로 제시하거나 유추의 방식으로 정당화를 하는 것이다. 수준 2는 검사 도구의 자료에 제시되어 있는 정보를 기반으로 인과적 설명을 하는 경우이고, 수준 3은 관련 과학 지식을 이용하여 정당화를 하는 것이다. 수준 4는 과학 지식을 적용하여 정호나 은희의 주장에서 발견되는 한계점을 지적하거나 추가적인 실험을 언급하는 경우이다.

Table 2. Justification level of students' writing

Level	Justification on source	Justification scheme	Description
0	-	Restate Personal belief	Restate the item test Provide off-task evidence such as religious belief and personal belief
1	Personal	Personal experience Analogy	Suggest their own experience that students have seen personally or justify the claim using analogy
2	Data	Appeal to data	Explain based on scientific idea or figure of test item
3	Scientific knowledge	Scientific idea	Apply relevant scientific knowledge that students have learned
4	Extended scientific knowledge	Evidence to hypothesis	Refer the necessity of additional investigation or recognize the limitation of argument

과학 지식을 사용하여 정당화를 한 학생들은 많았지만, 일부 학생들은 옳지 않은 과학 지식을 사용하여 정당화를 하여 오답을 하는 사례를 발견하게 되었다. 이에 정당화에 사용된 과학 지식의 정확성을 판단하여 학생들이 배웠던 과학 지식을 부적절하게 적용한 답안을 분석하였으며, 이를 통해 학생들이 가지고 있는 오개념을 확인할 수 있었다. 학생들이 정당화에 사용한 과학 지식은 Zohar & Nemet (2002)의 과학 지식 사용 분석틀을 참고하여 옳지 않은 과학 지식, 세분화하지 않은 과학 지식, 옳은 과학 지식으로 구분하였다(Table 3).

Table 3. Type of scientific knowledge for justifying

Scientific knowledge	Description
Incorrect scientific knowledge	Apply incorrect scientific knowledge for argument
Nonspecific scientific knowledge	Justify the claim with non-relevant or non-specific scientific knowledge
Correct scientific knowledge	Use correct scientific knowledge relevant with the topic for the argument

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 개념 성취 수준과 논변 수준

학생들의 유전에 대한 인과적 설명을 분석하여 과학적으로 옳은 개념을 지니는지 분석한 결과를 Table 4에 제시하였다. 전체 162명의 학생 중 77명(47%)은 정답을 제시하고, 85명(53%)은 오답을 제시하였다. 학생들은 유전에 대해 학습하였고 검사 문항의 자료에서도 유전과 관련된 정보를 제공했음에도 불구하고 절반 가량의 학생들은 오답을 제시하였다. 정답 응답 유형을 공통점을 가지는 답안을 묶어 정답 코드 21~24, 오답 코드 77~79, 99로 세분화하였다. 정답 코드 21과 22로 응답한 학생들 22명(13%)은 실제로 피망의 씨를 키워서 나타난 결과를 관찰해야 한다고 응답하여 경험적 증거(empirical evidence)의 중요성을 강조하였다. 정답 코드 24로 응답한 32명(20%)의 학생들은 유전자가 다르기 때문에 응답하여 배웠던 과학적 지식을 이용하여 응답하였다. 오답 코드 77로 응답한 9명(6%)의 학생들은 초록색 피망과 빨간색 피망이 다르다는 것을 알고 있으나 이유를 설명하지 못하여 과학적 설명을 위해 증거를 제시하고 주장과 연결시키는 논변적 글쓰기 훈련이 필요한 것으로 보였다. 오답 코드 78로 응답한 29명(18%)의 학생들은 유전되는 형질과 획득되는 형질을 구분하지 못하거나 유전자의 기능에 대해 잘 알지 못하는 것으로 보인다. 기타 오답으로 응답한 학생들은 44명(27%)으로 그 비율이 높았는데, 문항의 출제 목적을 제대로 이해하지 못한 학생들로 유전 단원에 대해 학습한 후에도 유전 물질의 역할과 기능에 대해 잘 이해하지 못한 것으로 파악된다.

학생들이 작성한 논변적 글쓰기를 Toulmin(1958)의 논변 구성 요소를 기준으로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 수준 1은 “정호의 의견이 맞는 것 같아서”의 예시와 같이 근거 없이 주장만 제시하는 것이다. 수준 2는 “초록색 피망이 빨간색이랑 섞여 있는 것을 본 적이 있다.”, “이유는 DNA가 색을 결정한다.”와 같은 답안과 같이 증거와 주장을 논리적으로 연결하지 않고 단순히 증거만 나열하는

Table 4. Students' answers to test item

Code	Type of response	No. of response (%)		
		A school	K school	Total
Correct answer	21 I will plant seeds of green and red pepper and observe what kind of bell pepper open.	0(0)	12(16)	12(7)
	22 I will plant green seeds of bell pepper and observe whether the fruit turns red.	7(8)	3(4)	10(6)
	23 This is because the color of green and red bell pepper are different.	12(14)	11(15)	23(14)
	24 This is because the genes of green bell pepper and red bell pepper are different.	20(23)	12(16)	32(20)
Incorrect answer	77 This is because a ripe green bell pepper does nor become a red bell pepper.	7(8)	2(3)	9(6)
	78 This is because a ripe green bell pepper becomes a red bell pepper.	12(14)	17(23)	29(18)
	79 etc	29(33)	15(20)	44(27)
No answer	99 Blank	0(0)	3(4)	3(2)
Total		87(100)	75(100)	162(100)

수준이다. 수준 3은 “형질은 유전되며 색깔이 다르므로 다른 종에서 유전된 것이다.”, “덜 익으면 초록색이고 익으면 빨간색이라서 초록색 피망은 덜 익은 것이다.”와 같이 과학 지식이나 개인 경험과 같은 증거에 기반하여 본인의 주장을 논리적으로 제시한 것이다. 전체 162명의 학생들 중 75명(46%)의 학생들이 수준 3으로 분석되었고, 그 다음으로는 수준 2, 4, 1, 0 순으로 논변 수준이 분석되었다. 보장을 제시하는 수준 3과 반박을 하거나 반대 주장을 하는 수준 4에서 100명(61%)의 학생들이 응답하여 이 학생들은 적어도 주장과 증거를 논리적으로 연결하는 논변 구조로 인과적 설명을 한 것으로 파악된다.

Table 5. Students' argument level of students' writing

Level	Construction	No. of Response (%)		
		Correct answer students	Incorrect answer students	Total
0	Blank	0(0)	5(6)	5(3)
1	Constructing Claim	9(12)	9(11)	18(11)
2	Providing Evidence	10(13)	29(35)	39(24)
3	Constructing warrant	48(62)	27(33)	75(46)
4	Providing a counter-critique	10(13)	15(18)	25(15)
Total		77(100)	82(100)	162(100)

정답과 오답으로 각각 응답한 학생들을 분류하여 분석하였을 때, 각 집단에서의 논변 수준 순위는 약간의 차이가 있었다. 정답을 한 학생들에서 수준 3이 48명(62%)으로 가장 많고 수준 1, 2, 4가 12~14%로 유사한 수준으로 나타났다. 오답을 한 학생들에서는 수준 2와 3이 각각 35%, 33%로 가장 많이 나타났고, 나머지 수준에서 6~18%로 나타났다. 논변 수준 3과 4로 분석된 학생들에서 살펴보면, 정답을 한 학생들 중 75%, 오답을 한 학생들 중 51%로 개념적으로 옳은 답을 학생들에서 증거와 주장을 논리적으로 연결하여 인과적 설명을 하는 비율이 더 높은 것으로 드러났다. Stevens *et al*(2005)의 연구 결과처럼 학생들이 논변적 글쓰기를 성공적으로 하기 위해서는 영역 특이적 지식이 바탕이 되어야 함을 시사한다.

## 2. 인과적 설명의 정당화 방식

학생들이 누구의 주장이 옳은 것인지에 대한 설명에서 정당화 방식은 8가지로 분석되었다. 정당화 방식은 검사 문항의 자료에서 제시한 내용을 인용하여 작성하는 것을 재진술(Restate), 개인 신념(Personal belief)이나 개인 경험(Personal experience)에 근거하여 정당화는 하는 방식, 비슷한 사례를 근거로 정당화하는 유추(Analogy), 검사 문항 자료의 정보를 근거로 정당화하는 자료에의 호소(Appeal to data), 추가적으로 실험을 하거나 가정해야 하는 상황 예시를 제시하여 정당화하는 가정의 근거(Evidence to hypothesis), 정호나 은희의 의견을 반박하거나 비판하는 의견 비판(Critique of opinion)의 8가지로 귀납적으로 분류되었다. 정당화 방식은 정당화 자료 출처를 기준으로 5가지로 분류할 수 있었고, 정당화 자료 출처는 학생들의 인식적 작용과 관련되어 있다는 Sandoval & Çam(2011)과 Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl(2000)의 연구 결과를 참고로 하여 정당화 자료 출처에 따라 수준 0에서 4로 분류한 결과를 Table 6에 제시하였다. 1명의 학생이 2개 이상의 정당화 방식을 사용한 경우 상위 수준의 정당화 방식으로 코딩하였다.

학생들의 인과적 설명의 정당화 수준은 52명(32%)이 수준 3, 50명(31%)이 수준 1로 전체 학생들 중 63%의 학생들이 개인 경험이나 과학 지식을 기반으로 정당화를 하는 것으로 나타났다. 정당화 수준에 기여한 정당화 방식으로 살펴보면, 과학적 아이디어(Scientific idea)를 52명(32%), 유추(Analogy)가 40명(25%)이 사용하여 다른 정당화 방식에 비해 높은 비율이 나타났다.

개념적으로 옳은 진술을 했는지의 여부에 따라 나누어 정당화 수준을 살펴보면, 정답을 한 학생들은 수준 3(35명, 45%), 수준 1(12명, 16%), 수준 0(13명, 17%), 수준 4(9명, 11%), 수준 2(8명, 10%) 순으로 나타났다. 정답을 한 학생들의 정당화 수준 순위를 결정할 정당화 방식을 보면 과학 지식(Scientific idea), 재진술하기(Restate), 비유(Analogy)가 각각 45%, 16%, 13%로 높은 비율을 차지하고 있었다. 정답을 한 학생들도, 재진술하기(Restate)가 정당화 방식 중 2번째로 높은 비율이었는데, 검사 문항 내의 자료 글이나 ‘정호’의 의견이 유전과 관련된 타당한 과학적 지식이기 때문에 자료 글을 그대로 인용하여 과학적 현상을 설명하려고 하였기 때문으로 판단된다. 오답을 한 학생들은 수준 1(38명, 44%), 수준 3(17명, 20%), 수준 0(17명, 20%), 수준 4(13명, 16%), 수준 2(0명) 순으로 나타났다. 오답을 한

Table 6. Students' justification level of students' writing

Level	Justification source	Justification scheme	No. of Response (%)		
			Correct answer students	Incorrect answer students	Total
0	Authority	Blank	0(0)	5(6)	5(3)
		Restate	12(16)	9(11)	21(13)
		Personal belief	1(1)	3(4)	4(2)
1	Personal	Personal experience	2(3)	8(9)	10(6)
		Analogy	10(13)	30(35)	40(25)
2	Data	Appeal to data	8(10)	0(0)	8(5)
3	Scientific knowledge	Scientific idea	35(45)	17(20)	52(32)
4	Extended Scientific knowledge	Evidence to hypothesis	4(5)	4(5)	8(5)
		Critique of opinion	5(6)	9(11)	14(9)
Total			77(100)	85(100)	162(100)

학생들의 정당화 수준에 기여한 정당화 방식은 유추(Analogy), 과학 지식(Scientific idea), 재진술하기(Restate), 의견 비판하기(Critique of idea)가 각각 35%, 20%, 11%, 11%로 높은 비율을 차지하고 있었으며, 높은 비율을 차지한 정답을 한 학생들의 정당화 방식 종류는 같으나 순서가 다르게 나타났다.

학생들의 인과적 설명의 정당화 방식을 분석한 결과 글쓰기 논변임에도 van Emmeren *et al.*(1996)이 제시한 논변활동의 3가지 형태인 분석적(analytic), 변증법적(dialectical), 수사적(rhetorical) 논변이 모두 나타남을 확인할 수 있었다. 먼저, 분석적 논변은 논리 이론에 근거하여 귀납적이거나 연역적으로 전제에서 결론으로 추론하는 방식이다(Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000). 형식적 논리를 강조하며 과학적 설명의 목적을 달성하기 위해 주로 사용되는 논변 형태이며(Duschl & Osborne, 2008), 검사 문항에서 요구하는 과학적 설명의 논변 방식이다. Toulmin의 논변 구성 요소인 주장과 증거, 보장, 지지 등의 요소가 잘 들어나는 형태이며, 정당화 수준 2~4에서 주로 나타났다. 다음은 분석적 논변 예시이다.

예시 1. 색과 같은 형질은 유전된다. 그런데 두 피망의 색은 다르다. 같은 종류라면 유전을 통해 비슷한 개체가 생겨야 한다. 따라서 둘은 다른 종류다.

아리스토텔레스가 기초를 이룬 삼단논법이 잘 드러난다. 색과 같은 형질이 유전된다는 대전제를 두고, 같은 종류의 피망은 비슷한 개체가 생성된다는 소전제를 제시하며 피망이 색이 다를수록 증거로 하여 초록색 피망과 빨간색 피망이 서로 다른 종류임을 결론으로 제시하였다. 분석적 방법 틀로 널리 사용되는 Toulmin의 논변 모형으로 살펴 보아도 논변 구성 요소인 증거와 주장, 보장, 지지가 잘 드러난 논변 형식을 갖추고 있다.

두 번째 형태는 변증법적 논변으로 토의나 논쟁에서 나타나는데, 분명한 사실이 아닌 전제를 가지고 추론하는 것을 포함한다(van Emmeren *et al.*, 1996). 논변활동은 상호작용을 통해 증거에 기반하여 설명과 설득을 목적으로 하고 있으며, 변증법적 논변은 이러한 논변활동의 대화적 본성에서 강조하는 형태이다(Nielson, 2013). 글쓰기 논변에서 변증법적 논변이 나타나기 어려운 것으로 기대하였으나, 전체 학생들 중 16%(22명의 학생들이 정당화 수준 4를 나타내며 글쓰기 논변에서도 변증법적 논변이 나타날 수 있음을 확인하였다. 검사

문항에서 나름의 근거를 이용하여 논변을 하는 두 사람의 의견을 제시함으로써 가상의 상호작용하는 상대방을 설정하여 논변활동의 대화적 속성을 강조한 것이 일부 학생들에게 유효했음을 알 수 있다. 정당화 수준 4에는 가정의 근거(Evidence to hypothesis), 의견 비판(Critique of opinion) 정당화 방식이 포함되어 검사 문항에서 정호나 은희가 제시한 의견을 논리적으로 반박하거나 자료 내의 정보를 기반으로 실험이나 새로운 상황을 전제하여 정당화를 하기 때문에 변증법적 논변은 주로 수준 4에서 나타났다. 다음은 변증법적 논변 예시이다.

예시 1. 같은 종이라도 색깔이 다를 수 있기 때문에 정호의 가설은 옳지 않다고 생각하며 더 익어서 붉게 변한 것은 환경에 의한 것이므로 은희의 가설은 옳다고 생각한다. 나의 생각은 키와 색 등 여러 성질이 유전된다고 해도 쌍둥이가 다른 환경에서 살면 그 형질이 달라지듯이 환경에 의해 성질이 변한다는 은희의 가설이 맞다고 생각한다.

예시 2. 더 익어서 빨간색이 됐다던 초록 피망을 오래 놔두면 빨간색으로 돼야 함.

예시 3. 실험으로 검증되지 않아 입증되기 힘들다

첫 번째 예시는 옳지 않다고 생각하는 사람의 의견을 근거를 들어 반박하면서 자신의 주장을 강화하는 방식이다. 면대면으로 반박한 것은 아니나 자료에서 제시한 정호의 가설을 반박하면서 자신의 주장을 강화하는 방식으로 변증법적 논변의 대표적인 예시이다. 두 번째 예시는 가정의 근거(Evidence to hypothesis) 정당화 방식으로 주장하는 방식이다. 직접적으로 은희를 언급하지 않았으나 더 오래 남은 피망이 익어서 초록색 피망이 빨간색으로 변화했다는 은희의 주장을 추가적 실험을 가정하여 반박하고 있다. 빨간색 피망이 오래되어 익으면 초록색이 된다는 주장이 옳다면 초록색 피망도 오래 두면 색의 변화가 있어야 한다는 것이다. 이러한 가정적 상황의 결과가 은희의 주장과 상반된 현상을 나타낼 것이라고 주장하였기 때문에 변증법적 논변이다. 세 번째 예시와 같이 일부 학생들은 실험적으로 증명되지 않았기 때문에 정호와 은희의 주장을 모두 지지할 수 없다고 주장하였는데, 과학적 주장에서 경험적 증거(empirical evidence)를 중요시함을 알 수 있었다. 과학자들이 과학자 집단에서 지식 주장을 할 때에 불확실성을 전제로 하여 경험적 증거에 의해 불확실성을 해소하며

자신의 지식 주장을 과학적 이론으로 확립한다(Lee et al., 2014). 이러한 과학의 인식적 과정을 일부 학생들이 과학적 설명을 하기 위한 인식론적 자원으로 활용하고 있음을 확인할 수 있었다.

마지막으로 수사적 논변은 청중을 설득하기 위해 사용하는 대화 기술로 주로 연설에서 나타나며, 청중을 설득하기 위해 청중이 이해할 수 있는 범위 내에서 예시를 들거나 일반화를 하는 귀납적 추론 방식이다(van Eemeren et al., 1996). 본 연구에서는 개인 신념에 근거하거나 개인 경험에 근거한 유추 방식, 자료 내의 정보를 제시하여 정당화를 하는 정당화 수준 0~2에서 주로 나타났다. 분석적 논변이나 변증법적 논변은 Toulmin이 주장한 논리적 논변 구조로 증거의 유무가 중요한 요소이지만 수사적 논변은 상황 맥락을 고려하여 청중이 증거를 이해할 수 있는 것이 중요한 요소이기 때문이다(Duschl & Osborne, 2008). 다음은 수사적 논변 예시이다.

예시 1. 하나님께서는 초록색 피망과 빨간색 피망을 따로 창조하셨다.

예시 2. 우리 사람들의 피부가 다른 것처럼 다른 종류여서라고 생각했다.

첫 번째 예시에서는 종교적 신념에 근거한 개인 신념(Personal belief)에 근거한 정당화를 하였다. 종교적 신념을 적용하여 유전과 진화에 관련된 설명을 하려고 하는 것은 학생 개인의 맥락에서 과학 개념을 설명하려는 것으로 수사적 논변의 예이다. 두 번째 예시에서는 다른 사람들이 알만한 사례를 제시하여 유사한 사고를 하도록 유도하는 유추 방식의 정당화로 대표적인 수사적 방식의 논변이다. 실제 과학 수업에서 학생들이 논변활동을 할 때에 이와 같은 수사적 논변은 학생들이 주로 사용하는 논변 방식의 하나이다(Kim, Anthony, & Blades, 2014).

수사적 논변 형태인 유추(analogy) 정당화 방식은 오답을 한 학생들뿐만 아니라 정답을 한 학생들에게서 많이 나타났다. 학교에서 학생들은 과학적 설명에 대해 주장하는 과정에서 적절한 데이터나 과학적 근거를 기반으로 논리적인 정당화에 따라 논변을 구성하기보다 비유나 은유와 같은 정당화를 이용하여 논변을 구성하고 있다는 Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl(2000)의 연구 결과와 일치하는 결과이다. 유전과 진화 단원을 학습했음에도 불구하고 학생들은 배웠던 지식을 이용하여 현상을 설명하는 것이 아니라 직관적 사고를 통해 개인 경험이나 유사 사례를 이용하여 정당화를 한 것으로 드러났다. 다음은 유추 정당화를 사용하여 논변을 구성한 예시이다.

예시 1. 동물도 같은 종류인데 여러 가지 색을 갖은 아이들이 있고, 고추(풋고추, 청양고추)나 호박(애호박 등) 등도 여러 가지 종류가 있기 때문이다.

예시 2. 풋사과랑 풋고추도 익으면 색이 변하기 때문이다.

첫 번째 예시는 옳은 비슷한 사례를 찾아 정당화를 하였지만, 두 번째 예시는 현상만 유사하고 원리는 같지 않은 사례를 근거로 정당화를 하였다. Piaget(1953)가 주장한 동화 과정에서 유추는 학생들이 과학 개념을 학습할 때에 개념을 쉽게 이해할 수 있는 추론 방식이다. 과학적으로 옳은 유사한 사례를 적용하면 지식의 전이가 가능한 것이라고 생각해볼 수 있지만, 적절하지 않은 유사한 사례를 들어 추론을

한다면 과학적으로 옳지 않은 지식을 적용하고 그것이 옳다고 믿어버리는 확증 편향(confirmation bias)을 강화할 수도 있다. 따라서 수사적 방식의 논변 구성을 선호하는 학생들의 맥락을 이해하되, 타당한 근거에 기반한 분석적이고 변증법적 형태의 논변을 구성하도록 장려할 필요가 있다.

### 3. 과학적 아이디어(Scientific idea)의 사용

학생들의 인과적 설명에서 사용한 정당화 방식을 분석한 결과 과학적 아이디어(Scientific idea) 방식을 전체 52명(32%)의 학생들이 사용하여 학생들은 정당화 방식 중 과학적 아이디어(Scientific idea) 방식을 가장 선호하는 것으로 나타났다. 이는 학생들은 과학적 현상을 설명하기 위해 과학 지식을 이용해야 한다는 인식론적 자원을 지닌다는 것을 보여준다(Hammer & Elby, 2002). 하지만 정답을 한 학생들 중 35명(45%)이, 오답을 한 학생들 중 17명(20%)이 과학적 아이디어 방식을 사용하여, 과학 지식을 적절하게 적용한 학생들도 있었지만 그 반면에 세분화하지 않은 과학 지식이나 옳지 않은 지식을 사용한 학생들도 상당수가 있는 것으로 드러났다. 정당화 수준 4로 동정된 학생들 중 7명은 가정의 근거(Evidence to hypothesis), 의견 비판(Critique of opinion) 정당화 방식과 함께 과학적 아이디어(Scientific idea)를 동시에 사용하였다. 동시에 2가지 이상의 정당화 방식이 나타난 학생들은 상위의 정당화 방식으로 분류한다는 원칙으로 인해 52명의 정당화 수준 3인 학생들과 정당화 수준 4로 동정된 7명의 학생들을 분석 대상으로 삼았다. 이들이 어떻게 과학 지식을 사용했는지를 옳지 않은 3가지의 과학 지식-옳지 않은 과학 지식, 세분화하지 않은 과학 지식, 옳은 과학 지식-으로 세분화하여 분류하였다(Table 7).

Table 7. Frequency of scientific knowledge for justifying

Scientific knowledge	Description	No. of Response (%)		
		A school	K school	Total
Incorrect scientific knowledge	Apply incorrect scientific knowledge for argument	3(12)	10(30)	13(22)
Nonspecific knowledge	Justify the claim with non-relevant or non-specific scientific knowledge	8(31)	17(52)	25(42)
Correct scientific knowledge	Use correct scientific knowledge relevant with the topic for the argument	15(58)	6(18)	21(36)
Total		26(100)	33(100)	59(100)

과학 지식을 사용한 학생들 중에서 어떠한 과학 지식을 사용하여 정당화를 하였는지 분석한 결과, 검사 문항의 내용과 관련된 특정한 옳은 과학 지식(Correct scientific knowledge)을 사용하는 비율은 과학 지식을 사용한 학생들 중 21명(36%) 밖에 되지 않음을 확인할 수 있었다. 학생들 작성한 설명의 살펴보면 다음과 같다.

예시 1. 피망들의 색깔이 다른 것은 피망 안에 있는 유전자가 서로 다르다는 것인데 같은 종류의 피망은 유전자가 같아야 하므로 이 피망들은 서로 다른 피망이라고 생각한다.

예시 2. 열매의 색깔이 서로 다르게 유전된 것으로 보아 서로 다른 종류이거나, 서로 우열관계의 대립 형질일 것이다. 그러나 서로 아예 다른 색소를 가지고 있는 것으로 보아 아마 다른 종류일 것 같다.

이들 답안을 살펴보면, 학생들은 피망의 색을 결정하는 것은 색소이고 피망의 종류에 따라 색소를 결정하는 대립 유전자가 다르다는 과학적 지식을 정확하게 적용하고 있음을 알 수 있다. 옳은 과학 지식으로 동정한 다른 답안들도 위의 2가지 예시 답안과 정도의 차이는 있지만 내용적으로 유사하게 작성되었다.

세분화하지 않은 과학 지식(Nonspecific scientific knowledge)을 적용하여 정당화한 학생들도 전체의 42%로 높은 비율을 차지하였다. 과학 지식을 이용한 학생들 중 많은 학생들은 색소를 결정하는 대립 유전자가 다양하게 존재할 수 있고 대립 유전자의 조합에 따라 피망의 종류가 달라질 수 있다는 특정한 과학 개념을 이용한 것이 아니라 일반적인 생물학 내의 개념을 광범위하게 적용하거나 화학과 같은 다른 학문 분야의 지식을 적용하여 정당화를 하였다. 이 지식을 적용한 학생들은 아는 것은 있지만 현상을 설명하기 위해 필요한 특정 과학 지식을 이용하지 못한 것이다. 다음은 세분화하지 않은 과학 지식을 적용한 예이다.

예시 1. 빨간색과 초록색은 보색이다.

예시 2. 화학 변화를 거치면 색 냄새 등이 변하므로

예시 3. 환경이 다를 수도 있어서, 지역마다 색깔이 다른 피망이 자랄 수도 있어서 그렇게 생각했다.

옳지 않은 과학 지식(Incorrect scientific knowledge)을 이용한 학생들은 과학 지식을 이용하여 정당화한 학생들 중 13명(22%)이었다. 이들이 작성한 답안을 분석한 결과 3가지 유형의 옳지 않은 지식의 적용을 확인할 수 있었다(Table 8). 유전되는 색 형질이 환경에 의해 변화될 수 있다고 함, 우열의 법칙에 의해 피망의 색이 결정된다고 함, 진화와 유전의 원리를 혼돈함의 3가지 유형이다.

Table 8. Type of incorrect scientific knowledge

Incorrect scientific knowledge	No. of Response (%)		
	A school	K school	Total
The inherited color traits can be changed by environment.	2(67)	2(20)	4(31)
The color trait is determined by the law of dominance.	1(33)	2(20)	3(23)
A genetic phenomenon was explained as a principle of evolution.	0(0)	6(60)	6(46)
Total	3(100)	10(100)	13(100)

먼저, 옳지 않은 과학 지식을 이용한 학생들 중 4명(31%)은 색 형질이 환경의 영향을 받아 변화될 수 있다고 하였다. 획득형질이 유전될 수 있다는 것은 여러 연구자들에 의해 이미 밝혀진 유전에 대한 학생들의 대표적인 오개념 중 하나이다(Jeong & Cha, 1994; Kargbo, Hobbs, Erickson, 1980). 예를 들면 다음과 같다.

예시 1. 같은 종이라도 색깔이 다를 수 있기 때문에 정호의 가설은 옳지 않다고 생각하며 더 익어서 붉게 변한 것은 환경에 의한 것으로 은희의 가설은 옳다고 생각한다. 나의 생각은 키와 색 등 여러 성질이 유전된다고 해도 쌍둥이가 다른 환경에서 살면 그 형질이 달라지듯이 환경에 의해 성질이 변한다는 은희의 가설이 맞다고 생각한다.

예시 2. 피망은 다 같은 종류인데 색깔의 세포가 결정되어 피망이 되가는 과정에 색깔은 정해지고 초록색은 밭에서 덜 따라서 그런 것이고 빨간색은 밭에서 초록 피망보다 더 자라 빨갈게 피망이 된 것 같기 때문이다.

예시의 첫 번째 학생은 형질이 다음 세대로 전달되는 유전 현상에 대해 형질이 환경의 영향을 받는다고 주장하고 있고, 두 번째 학생은 색 형질을 결정하는 인자가 개체가 이미 발생하는 도중에 정해진다고 주장하고 있다. 다른 학생들도 이들 학생들과 유사하게 유전자가 환경에 의해 변화하여 피망의 색이 달라진다고 하였다.

3명(23%)의 학생들은 우열의 법칙에 따라 색이 결정된다고 하였다. 이 학생들은 피망의 색이 다양한 색소들의 조합에 의해 정해진다는 과학적 사실을 모른다고 하더라도 색이라는 형질이 유전자에 의해 결정된다는 보다 일반적인 유전 개념을 가지고 있다. 하지만 색이 초록색과 빨간색이 두 가지가 각각 우성과 열성의 형질을 대표한다고 생각하고 우열의 법칙에 의해 결정된다고 주장하였다. 이는 교과서에서 멘델의 법칙 중 우열의 법칙을 설명할 때 예시로 등장하는 황색과 녹색 완두콩을 본 검사 문항에 그대로 적용한 것으로 보인다. 예시 답안은 다음과 같다.

예시 1. 빨간색을 띠는 피망을 우성이라고 가정했을 때 초록색은 열성이기 때문에 두 피망이 색이 다른 것은 형질의 차이 때문이다.

예시 2. 멘델의 유전 법칙에 의해 초록색 피망과 빨간색 피망이 우열의 관계에 의해 빨간색 피망이라는 잡종이 생겨났다고 생각하기 때문이다.

6명(46%)의 학생들은 진화의 원리를 적용하여 본 검사 문항의 답안을 작성하였다. 이 학생들은 돌연변이와 종 분화와 같은 진화의 원리를 이용하여 초록색 피망과 빨간색 피망이 서로 다른 종이라는 것을 설명하였다. 돌연변이와 같은 우연한 사건에 의해 유전자풀이 변화하고 새로운 종이 탄생하여 환경에 유리한 종이 살아남는다는 진화의 원리를 잘 이해하고 색이라는 형질이 다르면 다른 종류의 피망이라는 것은 인식하고 있으나, 왜 서로 다른 종류인가를 설명하려는 문항의 출제 의도를 파악하지 못한 것으로 여겨진다.

예시 1. 같은 피망의 종류에서 돌연변이로 빨간색 피망이 나타났고, 빨간색 피망이 살아남기에 더 유리하여 적자 생존해 빨간색이 더 오래 남았다고 생각한다.

예시 2. 은희의 가설과 비슷하지만 조금 다르다. 피망이라는 한 종에서 한 가지 색의 피망이 있다가 돌연변이가 나타나 원래 있던 색과는 다른 색의 피망이 또 생겼다고 생각한다.

학생들은 초록색 피망과 빨간색 피망이 서로 같은 종류인지 다른 종류인지 설명하는 논변적 글쓰기에서 다른 자료출처보다 과학 지식을 가장 선호하는 것으로 나타났지만 문항의 내용과 관련된 정확한 세부 과학 지식을 이용한 학생들은 전체 학생들의 12%(21명)에 불과하였다. 진화와 같이 다른 영역의 지식을 적용한 학생들도 일부 존재하는 것으로 볼 때에, McNeill & Krajcik(2009)이 주장했던 것처럼 현상을 설명하는 논변적 글쓰기를 위해서는 특정 영역에 대한 과학 지식도 중요하지만 특정 지식을 특정 과제에 적절하게 적용할 수 있는 지식도 필요하다.

#### IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 학생들이 유전과 관련된 과학적 현상에 대한 인과적 설명 글쓰기에서 드러나는 개념 성취 수준을 살펴보고, 과학적 현상을 설명하기 위해 어떠한 논변 구조와 정당화 방식을 사용하는지, 과학적 지식을 적절하게 정당화에 이용하고 있는지를 살펴보았다. 이를 위해 학생들에게 크기와 모양이 같은 초록색 피망과 빨간색 피망이 같은 종류인지 다른 종류인지 다른 주장을 하는 경쟁 논변을 제시하고 이를 선택하여 그 이유를 설명하도록 하였다. 이와 같은 과정을 통해 본 연구는 학생들의 유전 관련 현상에 대한 인과적 설명을 분석적 관점에서 논변 구조를 분석하고, 학생들이 선호하는 정당화 방식과 같은 영역 일반적인 지식뿐만 아니라 유전 개념을 새로운 상황에 적절히 적용하고 있는지를 살펴봄으로써 영역 특이적 지식을 이해하고 적절히 적용했는지에 대해 알아보았다는 점에서 의의가 있다.

학생들의 답안을 분석한 결과, 개념 성취 개념 성취 수준에서 전체 응답자(162명) 중 77명(47%)는 정답을, 85명(53%)는 오답을 제시하였다. 32명(20%)의 학생들은 유전 관련 지식으로 정답을 제시하였지만 오답을 제시한 학생들은 주장만 하거나 유전자의 기능에 대해 잘 이해하지 못한 것으로 파악되었다. 논변 수준을 살펴보면, 정답 학생들은 자료를 주장이나 결론에 연결하여 논거를 제시하는 수준인 수준 3(Constructing warrant)이 오답 학생들은 주장과 자료를 논리적으로 연결하지 않고 증거만 제시하는 수준인 수준 2(Providing evidence)가 가장 많았다. 정당화 수준을 살펴보면, 정답 학생들은 정당화 자료 출처로 과학적 아이디어(Scientific idea)를 제시하는 수준 3이 가장 많이 나타났고, 오답 학생들은 정당화 자료 출처로 개인 경험(Personal experience)을 이용하는 수준 1이 가장 많이 나타났다.

옳지 않은 개념으로 답변을 한 학생들의 42%가 자료와 주장을 연결하여 보장을 제시하는 논변 수준 3 이상의 논변적 글쓰기를 하여 옳은 개념으로 설명을 작성한 학생들의 75%가 한 것과 비교되었다. 학생들이 현상을 설명하는 논변적 글쓰기를 성공적으로 참여할 수 있도록 하기 위해서는 현상과 영역 특이적 지식이 중요하다는 것을 보여준다. 반면에 옳은 개념으로 설명을 구성한 학생들의 25%는 주장만 제시하거나 증거만 제시하는 논변 수준을 보여주었다. 유전과 진화 단원을 학교에서 학습했고, 문항의 자료에서 유전과 관련된 정보를 제공했음에도 불구하고 증거로 사용될만한 자료를 적절히 사용하여 주장을 정당화하지 못한 학생들이 상당수 있었다는 것이다. 영역 특이적 지식 자체가 논변적 글쓰기를 하는 데에 충분조건이 되지 못한다는 것을 보여준다.

또한, 학생들이 사용한 9가지 정당화 방식 중 과학 지식(Scientific

idea)을 전체의 32%(59명)가, 비유(Analogy)를 전체의 25%(40명)가 사용하였다. 비유의 추론 방식은 다른 선행 연구에서도 많은 학생들에게 빈번하게 관찰되었던 수사적 방식의 논변 방식이다(e.g., Jimenez-Aleixandre, Rodriguez, & Duschl, 2000). 실제 교실 현장에서 학생들은 자신이 가지고 있었던 일상 개념이나 선개념을 바탕으로 현상에 대한 설명을 연결시키려고 노력한다는 것을 나타낸다. 즉, 학생들은 설득이라는 논변적 글쓰기의 인식적 목표를 이해하고 있으나, 논변의 인식적 구조에 대한 이해가 부족하다는 것이다. 정당화를 하면서 과학 지식(Scientific idea)의 사용을 학생들의 조사한 결과, 인과적 설명의 질을 결정할 수 있는 요소로 과학 지식을 사용한 학생 중 36%가 옳은 과학 지식(Correct scientific knowledge)을 사용하였으나, 나머지 학생들은 옳지 않은 과학 지식이나 세분화하지 않은 과학 지식을 사용하였다. 옳지 않은 과학 지식 적용(Incorrect scientific knowledge) 분석을 통해, 학생들이 진화와 유전 원리를 혼돈하였고, 우열의 법칙에 의해 색이 결정된다고 하였으며, 유전되는 형질이 환경에 의해 변화될 수 있다고 생각하는 등의 배운 지식을 부적절하게 적용하는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같은 연구 결과들은 인식적 실행인 과학적 현상을 설명하는 논변적 글쓰기를 장려하기 위해서는 논변의 구조에 대한 영역 일반적인 지식의 교수 실행을 통해 관련된 특정 과학 지식을 적용하여 자신의 생각을 증거와 주장을 잘 연결할 수 있도록 훈련하는 것이 필요하다는 것을 강조한다. 또한, 제시한 유전 현상과 관련된 다른 과학 개념을 알고 있으나 부적절하게 적용하는 것을 어려워하는 것이 확인되었다. 실제 과학 수업에서 유전과 같이 추상적이고 미시적인 속성이며 복잡한 과정과 기작을 포함하는 과학 개념에 대한 논변 생성을 장려하기 위해, 학생들이 논변을 생성하면서 증거로 제시할 수 있는 보조 자료를 제공하는 것과 같은 개념적 측면의 스캐폴딩을 제공할 필요가 있다.

본 연구에서는 2개 중학교 3학년 학생들을 대상으로 한 가지 유전 관련 현상에 대한 인과적 설명의 수준을 논변 구조와 정당화 수준 분석을 통해 알아보았다. 논변활동은 다양한 지식 주장들 사이에서 서로를 탐색하고 비판하는 상호작용을 통한 변증법적인 과정을 강조하지만 본 연구에서는 두 개의 경쟁 논변을 제시하여 역동적인 논변 활동의 변증법적 속성을 살펴볼 수 없다는 한계를 가진다. 하지만 경쟁 논변을 제시함으로써 논변활동에의 참여가 소극적인 학생들이 본인이 지지하는 경쟁 논변을 지지하거나 지지하지 않는 것을 스스로 판단하여 정당화할 수 있도록 하기 때문에 경쟁 논변을 제시한 논변적 글쓰기 방식이 논변 수업에서 활용하기에 유용한 수업 전략이 될 수 있음을 시사하였다.

후속 연구에서는 교실 수업에서 학생들의 현상을 설명하는 논변적 글쓰기를 지원할 수 있는 학습 프로그램의 개발하고, 참여자들이 인과적 설명 수준이 논변적 글쓰기 훈련을 통해 향상되는 정도를 알아 보거나 다양한 학년의 학생들의 인과적 설명 수준 정도를 알아보는 중단 연구를 하는 것이 필요하겠다.

#### 국문요약

본 연구의 목적은 중학생들이 유전과 관련된 과학적 현상에 대한 설명 글쓰기에서 드러나는 개념 성취 수준을 살펴보고, 과학적 현상을 설명하기 위해 어떠한 논변 구조와 정당화 방식을 사용하는지,



과학적 지식을 적절하게 정당화에 이용하고 있는지를 살펴보는 것이다. 이를 위해 서울시 소재 중학교 3학년 학생들 162명이 ‘유전과 진화’를 학습한 후에 크기와 모양이 같은 초록색 피망과 빨간색 피망이 같은 종류인지 다른 종류인지 다른 주장을 하는 경쟁 논변 중 하나를 선택하여 그 이유를 설명하도록 하였다. 연구 결과, 개념 성취 개념 성취 수준에서 전체 응답자(162명) 중 47%(77명)는 정답을, 53%(85명)는 오답을 제시하였다. 논변 수준을 살펴보면, 정답 학생들은 자료를 주장이나 결론에 연결하여 논거를 제시하는 수준인 수준 3(Constructing warrant)이 오답 학생들은 주장과 자료를 논리적으로 연결하지 않고 증거만 제시하는 수준인 수준 2(Providing evidence)가 가장 많았다. 정당화를 하면서 과학 지식(Scientific idea)의 사용을 학생들의 조사한 결과, 인과적 설명의 질을 결정할 수 있는 요소로 과학 지식을 사용한 학생 중 36%가 옳은 과학 지식(Correct scientific knowledge)을 사용하였으나, 나머지 학생들은 옳지 않은 과학 지식이나 특정되지 않은 과학 지식을 사용하였다. 이와 같은 연구 결과들은 인식적 실행인 과학적 현상을 설명하는 논변적 글쓰기를 장려하기 위해서 논변의 구조에 대한 영역 일반적인 지식의 교수 실행을 통해 관련된 특정 과학 지식을 적용하여 자신의 생각을 증거와 주장을 잘 연결할 수 있도록 훈련하는 것이 필요하다는 것을 강조한다.

**주제어** : 논변적 글쓰기, 인과적 설명, 논변 구성, 정당화 수준, 유전

## References

- Berland, L. K., & McNeill, K. L. (2012). For whom is argument and explanation a necessary distinction? A reponse to osborne and patterson. *Science Education*, 93(1), 26-55
- Berland, L. K., & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- Cavallo, A. M. L. (1996). Meaningful learning, reasoning ability, and students' understanding and problem solving of topics in genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 625-656.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschl, R., & Osborne, J. (2008). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (Eds.). (2008). *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- 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: Lawrence Erlbaum.
- Jeong, W. H. & Cha, H. Y. (1994). High school students' misconceptions on genetics and evolution. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 14(2), 170-183.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., (2014). Determinism and underdetermination in genetics: Implications for students' engagement in argumentation and epistemic practice. *Science & Education*, 23(2), 465-484.
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. (2000). "Doing the lesson" or "Doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Karagöz, M., & Çakır, M. (2011). Problem Solving in Genetics: Conceptual and Procedural Difficulties. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 11(3), 1668-1674.
- Kargbo, D. B., Hobbs, E. D., & Erickson, G. L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14(2), 137-146.
- Kelly, G. J., Regev, J., & Prothero, W. (2008). Analysis of lines of reasoning in written argumentation. In S. Erduran & M. P. Jimenez-Aleixandre (Eds.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*(pp. 137-157). Dordrecht, the Netherlands: Springer.
- Kim, M., Anthony, R., & Blades, D. (2014). Decision making through dialogue: a case study of analyzing preservice teachers' argumentation on socioscientific issues. *Research in Science Education*, 44(6), 903-926.
- Lee, H.-S., Liu, O. L., Pallant, A., Roohr, K. C., Pryputniewicz, S., & Buck, Z. E. (2014). Assessment of uncertainty-infused science argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(5), 581-605.
- Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance—Do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22(2), 177-195.
- Linn, M. C., Songer, N. B., & Eylon, B. S. (1996). Shifts and convergences in science learning and instruction. In R. Calfee and D. Berliner (Eds.), *Handbook of educational psychology*. New York: Macmillan.
- McNeill, K. L. (2008). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93(2), 233-268.
- McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 793-823.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2009). Synergy between teacher practices and curricular scaffolds to support students in using domain-specific and domain-general knowledge in writing arguments to explain phenomena. *The Journal of the Learning Sciences*, 18(3), 416-460.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nielson(2013). Dialectical Features of Students' Argumentation: A critical review of argumentation studies in science education. *Research in Science Education*, 43(1), 371-393.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in science classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Osborne, J. F., Hendetson, J. B., 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*, 53(6), 821-846.
- Piaget, J. (1953). *The origin of intelligence in the child*. London: Routledge & Kegan.
- Sandoval, W. A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 5-51.
- Sandoval, W. A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.
- Sandoval, W. A., & Çam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383-408.
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55.
- Stevens, R., Wineburg, S., Herrenkohl, L. R., & Bell, P. (2005). Comparative understanding of school subjects: Past, present, and future. *Review of Educational Research*, 75(2), 125-157.
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- van Eemeren, F. H., Grootendorst, R., Henkemans, F. S., Blair, J. A., Johnson, R. H., Krabbe, E. C. W., Plantin, C., Walton, D. N., Willard, C. A., Woods, J., & Zarefsky, D. (1996). *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 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.