

## 과학사적 진화개념 발달 단계에 기초한 초등학생들의 진화 개념 분석

이미숙 · 오세평<sup>†</sup> · 이길재<sup>†</sup>  
(부평공업고) · (한국교원대)<sup>†</sup>

### Analysis of Elementary School Children's Concepts in Evolution Based on Science History

Lee, Mi-Sook · Oh, Se-Pyoung<sup>†</sup> · Lee, Kil-Jae<sup>†</sup>  
(Bu-Pyung Technical Highschool) · (Korea National University of Education)<sup>†</sup>

#### ABSTRACT

Students' alternative concepts of evolution are similar to misconcepts and disputes which scientists had in science history. The aims of this study are to analyze the elementary children's concept in evolution based on science history. Lee (2004)'s two tests were applied to 6th grade to investigate the children's evolution concepts and genetic concepts related to the historical development of the evolution concepts. The test results were analyzed in accordance with 4 stages of science history based on Lee (2004)'s method. These stages are divided to stage 1 (Before Lamarck), stage 2 (Lamarck), stage 3 (Darwin), stage 4 (After Darwin). The major results are as follows. Most of elementary school children are fixed to the stage 2. They usually do not show the consistency of evolution concepts in the three dimensional aspects such as mechanism, time, and subjects. Many children do not have concrete meaning of gene, inheritance, sexual reproduction, mutation and could not connect these concepts and process of evolution. Also, they believe the inheritance of acquired traits and spontaneous generation. Therefore it is confirmed that they still have similar misconcepts and disputes which scientists had in transition time between stage 2 and 3 and most of children already have strong Lamarckian thought acquired from daily life experience before learning about natural selection and evolution.

**Key words** : history of science, conceptual change, evolution, misconception, adaptation, variation.

#### I. 서 론

진화 개념은 생물학의 이해에 있어서 가장 중심이 되는 개념으로 많은 생물학적 사실들을 융합하고 설명해주는 하나의 통합적 틀로 작용한다(Dobzhansky, 1973). 따라서 진화에 대한 이해가 부족한 상태에서는 현대 생물학에 대한 이해는 불완전할 수밖에 없다(Bishop & Anderson, 1990). 그러나 이러한 진화 개념 이해의 중요성과는 달리 학생들은 생물의 다양한 개념들 가운데 진화를 가장 어려운 개념의 하나로 인식하고 있다. 또한 이 어려움을 극복하기 위한 다양한 수업 방식이 적용되었지만 많은 학생들은 항

상 진화개념에 대한 이해에 큰 어려움을 겪고 있다(김위경 등, 2003; Demastes *et al.*, 1995).

학생들은 왜 진화개념에 대해 이렇게 큰 어려움을 보이는 것인가? 과연 이러한 어려움은 학생들에게만 국한된 것인가? 사실상 진화개념은 과학사적으로도 개념의 정립과정 상 가장 논란이 심하고 역동적으로 변화하였다고 볼 수 있다.

진화 개념 변화 혹은 발달과정은 진화론을 최초로 체계적으로 제시하였다는 공로를 인정받고 있는 라마르크(Magner, 1994; 이원호 등, 1992)와 자연선택을 통한 진화를 통해 생물학 뿐 아니라 인류의 사상에 까지 혁명적 영향을 미쳤던 다윈(이원호 등, 1992)을

이 연구는 2003년도 학술진흥재단 연구조성비의 지원에 의한 것임(KRF-2003-002-C00261).

2005.4.7(접수), 2005.5.17(최종 통과)

E-mail: misook3715(이미숙), kjlee@knu.ac.kr(이길재-교신저자)

기준으로 하여 4단계로 구분할 수 있다(이미숙, 2004). 생물의 변화와 진화를 인정하지 않았던 이전 시대와는 달리 라마르크 시대에 이르러 지구, 환경 변화, 생명의 역사를 인정하고 필요나 사용에 의한 획득형질의 유전으로서 진화되어 왔다는 이론을 제시하게 되었다. 그에 비해 다윈은 개체군 내의 선택에 의해서 진화가 이루어진다는 자연선택설을 제시하였다. 그 이후의 다윈의 진화론이 정립되어가는 과정 역시 매우 복잡한 과정을 거쳤다(Mayr, 1991). 이렇듯 진화개념의 각 단계별 발달은 수많은 논쟁과 모순, 그러한 모순을 극복하기 위한 대안 설명, 그리고 다른 생물학 개념들, 특히 변이, 적응, 유전 등의 개념과 진화현상과의 조화의 과정을 거쳐서 만들어진 총체적이고 시스템적인 과정인 것이다(이미숙, 2004).

이렇게 과학사적으로 진화개념의 발달이 매우 복잡하고 그 과정상 많은 논쟁과 논란이 존재하였듯이 학생들의 사고속의 진화개념 역시 이러한 과정을 겪는다고 볼 수 있다(Fisher, 1985; Wandersee, 1985). 많은 선행 연구를 통해서 밝혀진 학생들의 오개념들은 목적론적인 생각, 라마르크적인 생각, 자연 신학적 생각 등이다(Jensen & Finley, 1997; Settälge, 1994; Tamir & Zohar, 1991). 즉 다윈 이전에 생각했던 진화 개념의 역사적 변천과정과 학생들의 반응 사이에 강한 연관관계가 있음을 알 수 있다(이춘승, 2003; 박남이와 이길재, 2000). 또한 전태식(1987)의 초, 중, 고등학교 학생들의 광합성과 진화에 대한 오개념의 유형분석에 대한 연구에서 많은 학생들이 생물은 자연 발생할 수 없다는 개념을 확립하지 못하고 있었으며, 그들이 지닌 오개념은 진화 이론의 발달 과정에서 과학자들이 지녔던 오개념과 비슷한 점이 많았음을 지적하고 있다.

이렇게 보았을 때 학생들의 진화개념을 바로 이해하기 위해서는 과학사적 관점에서 조사하고 분석해야 함을 알 수 있다. Wandersee(1985)는 학생들이 가지고 있는 오개념이 과거 과학자들이 가졌던 개념과 많은 유사성이 있기 때문에, 과학 개념의 발달사를 통해 오개념 치료를 위한 과학적인 방향을 제시받을 수 있다고 하였다. 그러나 그간의 진화에 관련된 연구에서는 주로 학생들의 오개념 상태를 파악하고 여러 가지 수업기법을 활용하여 바른 과학적 개념으로 유도하는데 주안점을 두고 있다. 또한 그 대상은 주로 중, 고등학생 혹은 대학생이었다. 따라서 이러한

분석은 매우 단편적이고 진화개념의 복잡성을 고려하지 못하였으며 초등학생은 그 대상에서 제외되어 있었다. 그러나 초등학생들은 진화 수업을 받지 않은 상태의 아이들로서 그들의 사고는 주로 사회, 문화적 경험과의 상호 작용을 통해서 얻어진 결과인 것이다. 따라서 체계적인 진화 개념 학습을 받지 않아도 이미 지니고 있는 개념 상태를 보여 줄 수 있는 지표로 작용하여 첫째로는 학생들의 진화개념 발달에 있어서의 출발점, 초기 상태를 보여줄 수 있고, 둘째로는 사회, 문화적으로 진화개념이 어떠한 상태에 있는지 보여주는 역할을 할 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 진화개념 발달의 과학사적 복잡성을 고려하여 학생들의 개념을 과학사적 개념 발달과 연계하여 분석해 보고자 하였다. 특히 진화개념을 정규 학교 수업을 통해 학습하지 않는 연령인 초등학교 6학년 학생들을 대상으로 분석하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상

본 연구의 대상은 경기도 및 광주광역시 소재 초등학교 6학년 학생 94명을 대상으로 하였다. 초등학교 교육과정 상 진화와 직접적으로 관련된 내용은 없으며 다양한 생물의 삶에 대한 내용은 일부 존재한다. 따라서 본 연구의 대상 학생들의 진화에 관련된 사고는 학교의 정규 교육을 통해서가 아닌 일상 생활의 경험을 통해서 얻어진 것으로 볼 수 있다.

### 2. 검사도구

본 연구를 위해서 2가지의 개념 검사지를 사용하였다. 첫째는 진화 개념 상태를 알아볼 수 있는 개념 검사지로서 이미숙(2004)에 의해 개발된 진화, 적응, 변이(퇴행변이)에 대한 3차원 개념 검사지를 사용하였다. 3차원 개념 검사지는 과학사적 진화 개념 변화 과정을 반영하는 3차원 개념 변화 틀을 토대로 하여 구성된 것이다(이미숙, 2004). 이 틀은 3차원적으로 개념 변화를 나타내는 틀로서 시간을 한 축으로 하고 나머지 2축은 방향성(기작), 대상으로 구성되어 있다. 그 예로서 진화에 대한 3차원 개념 변화 틀에 대해서 살펴보면 다음 그림 1과 같다. 3차원의 각 축은 과학사적인 개념 변화를 나타내도록 되어 있다. 각 축에서 보여 지는 단계들은 과학사적인 분석에 근거하여 각각을 단계 1에서부터 단계 4까지로 다시

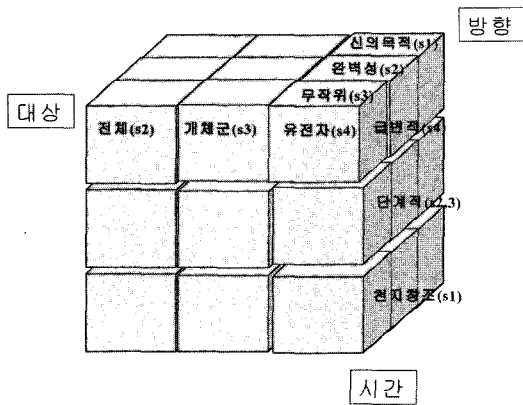


그림 1. 진화 개념 변화의 3차원 틀(이미숙, 2004).

세분화하여 구성되었다. 즉, 기작(방향), 대상, 시간의 각 축이 과학사의 구분단계인 단계에서 단계 4로 구분되어지고 그에 따라 3차원의 특정 지점은 3가지 측면에 대한 단계 값(1-4)을 지니게 되어 있다. 단계 1은 과학사적으로 라마르크 시대 이전의 개념 상태를, 단계 2는 라마르크의 개념 상태, 단계 3은 다윈의, 단계 4는 다윈 이후 시대의 개념 상태를 의미한다.

이러한 3차원 틀에 근거하여 개발된 진화 개념 검사지의 문항은 모두 객관식으로 구성되어 있고 보기 문항은 과학사적 단계별로 등장하였던 개념들을 대표할 수 있도록 구성되어 있다(이미숙, 2004). 이러한 구성을 가진 이미숙(2004)의 검사지는 중, 고등학생을 대상으로 개발된 검사지임을 감안하여 초등학교생용

으로의 적합성을 알아보기 위해 경기도 소재 초등학교생 104명을 대상으로 파일럿 테스트를 실시하였다. 이 결과를 기초로 하여 초등학교생에게 적합하지 않은 문구나 내용은 수정하여 본 연구에서 사용한 검사지를 완성하였다. 진화 개념 검사지의 각 보기의 내용과 그에 따른 과학사 단계의 할당을 간략하게 나타내면 다음 표 1과 같다(3차원 개념 검사지의 자세한 내용은 부록으로 제시하였다).

두 번째로 사용한 검사지는 과학사적으로 진화개념 변화에 촉진적 역할을 하였던 유전 관련 개념들에 대한 개념 검사지로서 이미숙(2004)에 의해서 제작된 것을 사용하였다. 그러나 이 검사지는 9, 12, 13학년용으로 개발되어 그 내용이 6학년에게는 적합하지 않은 문항들이 존재하여 일부 문항을 삭제하여 사용하였고 그 대신 고정호 등(1997)의 연구를 토대로 하여 일부 문항을 첨가하였다. 첨가된 문항은 과학사적으로 고대에 나타났던 유전 개념의 오류와 관련된 것이다. 유전의 의미, 난자설, 전성설, 혈액 유전설, 성 결정, 자연발생설에 관련된 내용을 묻는 5문항이 추가되었다. 이러한 문항들은 초등학교생임을 고려하여 응답하기 쉽도록 고정호 등(1997)의 연구 결과와 초등학교생을 대상으로 실시한 파일럿 테스트의 응답을 기초하여 객관식으로 변형하여 구성하였다. 혼합설, 개체군, 유성생식과 진화, 돌연변이, 획득형질의 유전 가능성, 진화와 유전과의 관계에 대한 5문항은 기존의 검사지 문항을 이해하기 쉬운 형태로 문구를 수

표 1. 진화개념검사지 문항별 보기 문항에 대한 과학사적 단계 할당

진화 개념	단계1 (라마르크이전)	단계2 (라마르크)	단계3 (다윈)	단계4 (다윈 이후)
진화의 방향	정해진 목적	고등, 완벽	무방향	
진화의 대상	전체		전체 중 일부	유전자
진화의 시간	창조	오랜 세월		급변
적응의 기작	창조	목적 내부의지, 사용	자연선택	돌연변이
적응의 대상	전체		전체 중 일부	유전자
적응의 시간	창조	그세대 바로, 다음세대	점차	어느 순간
변이의 기작	창조	내부목적, 필요, 사용	언급 없음	돌연변이
변이의 대상	전체		이미 존재	집단 내 일부
변이의 시간	창조	그세대 바로, 다음세대	이미 존재 점차	어느 순간
퇴행변이 기작	창조, 원래부터	필요성, 사용	언급 없음	돌연변이
퇴행변이 대상	창조, 원래부터	전체	집단 내 일부	
퇴행변이 시간		바로, 다음세대	점차	어느 순간

정하여 사용하였다.

### 3. 검사 결과 분석

3차원 개념 검사의 경우 객관식 문항이므로 각 문항에 대하여 각 응답자가 표시한 응답을 그대로 코딩하였고 그 데이터를 원본 데이터로 하여 SPSSWIN 10을 이용하여 분석하였다. 또한 유전 관련 개념 검사 중 주관식 문항은 학생들이 기술한 내용을 그대로 코딩하고 코딩한 내용을 바탕으로 응답을 비슷한 것끼리 묶은 후 기준을 잡고 각 문항에 대한 응답을 다시 재분류하는 과정을 거쳤다. 이 결과 역시 SPSSWIN 10을 이용하여 분석하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 진화에 대한 3차원적 사고분석

진화의 3차원적 개념인 방향, 대상, 기작에 대한 6학년 학생들의 개념 분포는 다음과 같았다(표 2, 3, 4).

표 2. 진화의 방향성에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		13	13.9
정해진 목적	단계 1 (라마르크이전)	2	2.1
고등, 완벽	단계 2 (라마르크)	38	40.4
무방향	단계 3 (다윈 및 다윈 이후)	41	43.6
계		94	100

표 3. 진화의 대상에 대한 개념 비고

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		5	5.3
전체	단계 2(라마르크)	14	14.9
전체 중 일부	단계 3(다윈)	46	48.9
유전자	단계 4(다윈 이후)	29	30.9
계		94	100

표 4. 진화의 시간에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		1	1.1
창조	단계 1	8	8.5
단계적	단계 2, 3	80	85.1
급변	단계 4	5	5.3
계		94	100

진화의 방향성에 대해서 43.6%의 학생들이 진화가 어떠한 방향으로 일어나는 지 알 수 없다는 다윈과 다윈 이후 세대의 개념을 지니고 있는 것으로 나타났다. 그에 비해서 40.4%의 학생들이 고등하고 완벽을 향해 가는 것을 진화라고 하는 단계 2의 라마르크적인 사고를 하고 있었다. 이러한 결과를 통해서 보았을 때 진화이론을 구체적으로 학습하지 않은 초등학생들도 어느 정도는 진화에 특정한 방향이 존재하지 않음을 이해하고 있음을 알 수 있다. 또한 40% 정도의 학생은 사회, 문화적 경험에 의해서 진화란 고등하고 완벽을 향해서 이루어지는 것이라는 사고를 하고 있어 이 학생들이 추후에 진화 관련 학습을 통해 정확한 개념의 형성에 방해요소로 작용할 것이다.

진화의 대상에 있어서는 전체 중 일부에게 일어나는 일이라고 생각하는 단계 3에 해당하는 비율이 48.9%로 가장 높았고 그 다음으로는 유전자에게 일어난다고 하는 단계 4의 비율이 30.9%를 차지하였다. 초등학교 6학년 학생이고 진화에 대해서 체계적인 학습을 받지 않는 학년임을 고려할 때 주로 전체의 생물에게서 일어나는 현상이라는 단계 2의 응답이 많을 것으로 예상되었으나 실제 결과는 오히려 단계 3, 4의 응답비율이 높게 나타나고 있어 표면적으로는 어느 정도 발달된 진화개념을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 현상은 6학년의 학생이 진화와 유전자와의 관계를 올바르게 이해하고 있다고 판단되기 보다는 유전자에 대해서 추상적으로 주변에서 많이 들어왔고 이러한 경험을 진화와 막연하게 연결시키고 있는 것으로 판단된다.

진화의 시간에 있어서는 대부분의 학생들이 오랜 세월에 걸쳐서 단계적으로 일어난다고 응답하고 있다. 과학사적으로 단계 2로 넘어가면서 생물이 오랜 시간에 걸쳐 변하는 것을 인정하게 되었고 그것을 진화라는 것으로서 받아들이게 되었다. 초등학교 6학년 학생들 역시 사회 문화적 경험을 통해서 이미 지구의 역사와 오랜 시간의 경과, 그에 따른 생물의 변화에 대한 개념을 습득하고 있고 이에 따라서 진화 역시 오랜 세월 동안 단계적으로 차츰 일어난다고 이해하고 있음을 알 수 있다.

### 2. 적응에 대한 3차원적 사고분석

적응에 대한 개념을 알아보기 위해서 딱따구리의 부리를 예를 들어 설명하면서 이러한 부리의 적응현상이 일어나게 된 기작, 대상, 시간에 대해서 질문하

표 5. 적응의 기작에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		2	2.1
창조	단계 1	2	2.1
목적론적	단계 1	17	18.1
내부 의지, 사용	단계 2	70	74.5
자연선택	단계 3	1	1.1
돌연변이	단계 4	2	2.1
계		94	100

였고 그에 대한 학생들의 응답은 다음과 같이 나타났다(표 5, 6, 7).

적응의 기작의 경우는 내부의 의지나 사용에 의한 기관의 발달로 적응(단계 2)이 이루어진다고 응답한 비율이 74.5%로 매우 높게 나타났으며 생물의 모든 기관은 그 쓰임에 알맞도록 만들어져 있다는 목적론적 응답(단계 1)은 18.1%로 나타났다. 이에 비해 선택이나 돌연변이에 대한 개념은 극소수의 학생들만이 지니고 있음을 알 수 있다. 즉, 97% 정도의 학생들이 단계 1, 2에 해당하는 사고를 하고 있으며 단계 3과 단계 4는 거의 나타나지 않았음을 알 수 있다. 학생들이 진화에 관련된 학습을 받지 않은 상태이므로 당연한 것이라고 여겨질 수 있지만 반면에 그렇다면 왜 학생들은 아주 자연스럽게 단계 2의 사고를 지니고 있는 것인가에 대해서 검토해 보아야 할 것이다. 학생들이 이와 관련된 사고를 지니게 된 것은 지금까지의 여러 가지 사회, 문화적 경험들을 통해서 이루어진 것이다. 그러므로 단계 2적인 사고는 극히 당연한 것으로 받아들여져 우리 주변의 사고를 지배하고 있음을 알 수 있다. 이러한 사고는 라마르크가 살았던 1700년대를 지배하였던 사상이었는데 300년이 더 지난 지금도 초등학교 6학년 정도의 학생들은 동일한 생각을 갖고 있음이 흥미롭다.

또한 Deadman과 Kelly(1978)가 말한 대로 적응의

표 6. 적응의 대상에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		5	5.3
집단 전체	단계 2	60	63.8
집단 내 일부	단계 3	15	16.0
유전자	단계 4	14	14.9
계		94	100

표 7. 적응의 시간에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		1	1.1
창조	단계 1	1	1.1
그 세대 바로	단계 2	19	20.2
오랜 세월	단계 3	70	74.5
어느 순간 급변	단계 4	3	3.2
계		94	100

개념이 실제로 모든 학생들이 제시한 진화 설명의 중심이 되어 있다고 한 점을 고려해 볼 때 이러한 잘못된 적응개념은 학생들과 일반 대중이 올바른 진화개념을 가지는 데 가장 큰 걸림돌이 되고 있음을 알 수 있다.

적응의 대상에 있어서 63.8%의 학생들이 집단 전체가 환경에 적응해가는 것이라고 응답하여 단계 2에 해당하는 개념의 비율이 가장 높다. 또한 14.9%의 학생들이 유전자가 적응한 것(단계 4)이라고 응답하고 있다. 이러한 응답분포와 앞의 진화의 대상에 대한 응답 분포를 비교해 보면 학생들이 두 문항에 대해서 다르게 응답하는 것을 볼 수 있다. 이것은 대상 개념이 매우 불분명하여 진화는 누구를 대상으로 일어나는 가라고 묻는 문항에 대해서는 단계 3, 4의 답을 하고 있으나, 구체적으로 환경변화에 처한 딱따구리 집단을 예로 하여 적응현상의 대상을 물었을 때는 전체의 생물에게서 적응이 일어난다고 응답하고 있다. 이러한 현상은 선택에 의한 진화현상을 전혀 모르고 있음으로 해서 상황마다 다른 대상 개념을 보여주고 있다고 볼 수 있다.

적응의 시간에 있어서 74.5%의 학생들이 오랜 세월을 통해서 이루어진다고(단계 3) 응답하고 있고, 20.2%의 학생들이 환경이 변한 후 바로 혹은 그 다음 자손들부터 환경에 적응되어 태어났다는 단계 2에 해당하는 응답을 하고 있다. 단계 2에 해당하는 학생들은 생물이 환경이 변하면 매우 쉽게 그것에 적응하여 변화할 수 있고 그것이 다음 세대의 자손에게 영향을 준다고 생각하고 있다. 학생들은 유전자나 진화, 적응 등의 모든 현상들을 추상적으로 생각하고 있으며 적극적으로 변화할 수 있는 어떠한 현상으로서 받아들이고 있음을 알 수 있다.

### 3. 변이에 대한 3차원적 사고분석

변이에 대한 개념을 알아보기 위해서 살충제에 노

표 8. 변이의 기작에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		5	5.3
창조	단계 1	2	2.1
내부목적	단계 1	9	9.6
필요의 욕구	단계 2	39	41.5
사용	단계 2	38	40.4
돌연변이	단계 4	1	1.1
계		94	100

출된 메뚜기 집단에서 점차 살충제에 의해서 죽지 않게 되는 메뚜기가 늘어나는 현상에 대하여 그러한 현상이 일어나게 된 기작, 대상, 시간에 대하여 질문 하였고 그에 대한 응답 분포는 다음과 같았다<표 8, 9, 10>.

변이의 기작에 대한 응답의 경우 생물이 환경에 적응할 필요의 욕구와 사용에 의해서 생물이 변화한다고 응답한 경우가 81.9% 정도로 나타나 단계 2에 해당하는 사고를 지닌 학생들이 매우 많은 것으로 나타났다. 그에 비해서 돌연변이에 의해서 변이체가 나타나게 되었다고 응답한 경우는 단 한명에 불과하였다. 또한 단계 1에 해당하는 창조나 내부 목적에 의해서 이러한 변이 현상이 나타나게 된다는 응답도 11.7% 존재하였다. Clough와 Wood-Robinson(1985)의 연구나 Albaladejo와 Lucas(1988) 등의 중, 고, 대학생들을 대상으로 한 선행연구에서 역시 변이의 기작에 대해서 학생들이 대부분 잘못된 생각을 하고 있으며 돌연변이와 연결시키지 못하고 논하고 있으며 이러한 현상은 초등학교 학생에서 역시 공통적으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 앞에서 논의한 바와 같이 이 학생들의 경우 유전자라는 개념을 지니고 있다 하더라도 유전자를 추상적인 개념으로서 받아들이고 있는 상태이다. 따라서 이러한 초등학교생들에게 있어서 돌연변이가 유전자의 무작위적인 변화이고 이것이 진화와 연결된다고 생각하는 것은 매우 어려운 일이라고 볼 수 있다.

변이의 대상에 대한 개념에 대하여 47.9%의 학생들이 집단 내의 일부 즉 전체 메뚜기 집단에서 일부의 메뚜기들이 점차 농약에 견딜 수 있게 변해갔다고 응답하고 있다<표 9>. 그에 비해서 37.2%의 학생들은 환경 변화에 처한 전체의 메뚜기 집단이 농약에 견딜 수 있게 변화해 갔다고 응답하고 있다. 진화의 대상, 적응의 대상, 변이의 대상에 대한 응답 분

표 9. 변이의 대상에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		5	5.3
전체 집단	단계 2	35	37.2
집단 내 일부	단계 3	45	47.9
이미 존재	단계 3	9	9.6
계		94	100

표 10. 변이의 시간에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		3	3.2
창조	단계 1	1	1.1
그 세대 바로	단계 2	9	9.6
오랜 세월	단계 3	65	69.1
이미 존재	단계 3	7	7.4
어느 순간 급변	단계 4	9	9.6
계		94	100

포를 서로 비교하여 보면 이 학생들이 논리적인 일관성을 지니지 못하고 상황에 따라서 대상을 바꾸고 있음을 알 수 있다. 또한 전체 중 일부라는 단계 3에 해당하는 대상 개념이 기작 개념에 있어서 돌연변이와 자연선택 등의 올바른 기작 개념과 연결되지 못하고 필요나 사용에 의해서 능동적으로 변해가는 것이라는 잘못된 기작 개념과 연결되어 있는 것이 문제라고 볼 수 있다.

변이의 시간에 대해서 69.1%의 학생들이 오랜 세월에 걸쳐서 천천히 점차 변해가는 것(단계 3)으로 인식하고 있다. 어느 순간 급변한다(단계 4)는 항목에 대해서 9.6%의 학생들이 선택하고 있음을 볼 수 있다<표 10>. 어느 순간 급변한다는 개념의 경우 돌연변이에 의해서 변이가 나타나고 그것이 진화로 이어지는 단계 4에 해당하는 개념이다. 그러나 이 학생들은 기작 개념에 있어서 돌연변이 개념이 별로 나타나지 않았으며 적응의 시간 개념에서 당대에서도 변화가 일어난다는 응답이 많았었다. 따라서 이들은 생물체는 환경이 변화하면 어느 순간 급변할 수 있다고 추상적으로 이해하고 있다고 볼 수 있다.

#### 4. 퇴행변이에 대한 3차원적 개념 분석

동굴 속에 살고 있던 시력을 상실한 도마뱀에 대한 질문을 통해서 퇴행변이의 기작, 대상, 시간에 대한 6학년 학생들의 개념을 조사, 분석한 결과는 표

표 11. 퇴행변이의 기작에 대한 응답분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		3	3.2
창조	단계 1	9	9.6
필요성	단계 2	19	20.2
사용	단계 2	57	60.6
돌연변이	단계 4	6	6.4
계		94	100

11, 12, 13과 같다.

도마뱀이 시력을 상실한 것은 필요가 없어서 퇴화된 것이라고 응답한 경우가 20.2%, 사용하지 않아서 퇴화된다고 한 경우가 60.6%로 약 81% 정도의 학생들이 단계 2에 해당하는 개념을 보유하고 있는 것으로 알 수 있다<표 11>. 적응의 기작, 변이의 기작에서 나타났던 바와 같이 생물이 진화하는 기작에 대해서 대부분의 학생들이 필요성과 사용에 의해서 일어나게 된다는 라마르크적인 개념이 강하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

퇴행변이의 대상에 대한 개념의 경우 집단전체가 시력을 상실해 간다고 응답한 경우가 73.4%로 가장 많이 나타났다. 또한 집단 내 일부가 그 대상이라고 응답한 비율은 16.0%였다<표 11>. 메뚜기가 농약에 대하여 보이는 변이현상에 대한 응답과는 달리 퇴행변이에 대해서는 매우 강하게 집단 전체가 변한다고 응답하고 있음을 알 수 있다. 학생들은 대상의 개념에 대해서 진화, 적응, 변이, 퇴행변이에 대해서 각각 다르게 반응하는 논리적인 불일치성을 보여주고 있다. 그리고 생물의 특정한 특성이 형성되는 변이 현상에 대해서는 집단 내 일부에게서 일어나는 것이라고 응답한 학생이라 할지라도 특성이 사라지는 퇴행변이 현상에 대해서는 전체의 생물이 변해가는 것이라고 강하게 응답하고 있다.

표 12. 퇴행변이의 대상에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		3	3.1
창조	단계 1	6	6.4
원래	단계 1	1	1.1
집단전체	단계 2	69	73.4
집단 내 일부	단계 3, 단계 4	15	16.0
계		94	100

표 13. 퇴행변이의 시간에 대한 응답 분포

응답유형	과학사 단계	빈도	%
무응답(기타)		1	1.1
바로 그 세대	단계 2	6	6.4
오랜 세월 점차	단계 3	74	78.7
어느 순간 갑자기	단계 4	13	13.8
계		94	100

이미숙(2004)에 의하면 퇴행변이는 변이의 기원을 명확하게 알지 못하는 한 일반적인 다른 변이 현상에 비해서 훨씬 더 사용의 효과 등에 의한 단계2의 설명이 훨씬 더 그럴 듯하게 여겨지게 된다고 하였다. 이러한 점은 과학사에서도 나타났던 현상으로서 퇴화현상은 진화로 설명하기에 가장 많은 문제를 일으켰던 부분이었다. 다윈 역시 퇴화에 대한 설명에 있어서 두더지 같이 굴을 파고 살아가는 포유동물의 눈의 크기가 작아진 것은 사용하지 않음에 따른 단계적 퇴화일 것이나 아마도 자연선택의 도움을 받았을 것이라고 말할 정도였다(Mayr, 1982, Darwin, 1859).

퇴행변이의 시간에 대한 응답에서 78.7%의 학생들은 오랜 세월에 걸쳐 일어나는 현상(단계 3)이라고 응답하고 있으며 13.8%의 학생들은 어느 순간 앞을 보지 못하게 되는 도마뱀이 나타나게 되었다는 단계 4에 해당하는 응답을 하고 있었다<표 13>. 이렇게 단계 4의 개념이 많이 나타나는 것은 변이의 시간 부분에서도 동일하게 나타났다. 앞에서도 논의한 바와 같이 학생들은 돌연변이와 진화현상을 연결시켜 사고하고 있는 것이 아니라 추상적인 사고에 의해서 생물이 환경변화에 능동적으로 갑작스럽게 변화할 수 있는 존재로서 인식하고 있다고 볼 수 있다.

## 6. 진화와 관련된 유전의 개념 분석

### 1) 유전에 대한 개념

유전이란 무엇이라고 생각하는가에 대한 질문에 대해서 학생들이 보인 응답 분포는 다음과 같다.

학생들의 35.1%가 정자, 난자의 결합에 의하여 자손에게 비슷한 특징을 물려주는 것이라고 바르게 응답하고 있음을 알 수 있다<표 14>. 그것에 비해서 막연하게 특징을 물려받는 다거나 닳는 것이 지속된다고 응답한 경우는 34%에 해당하였다. 또한 유전현상이 생활습관이나 성격등과도 연계되어 있다고 보는 학생이 17%에 해당하였다. 따라서 6학년 학생들은

표 14. 유전이란 무엇인가에 대한 응답 분포

응답 유형	빈도	%
자식이 부모의 특징을 물려받는 것이다	21	22.3
닮은 모양이 자손에게서 지속되는 것이다.	4	4.3
부모가 자손에게 성격, 생활습관 등을 물려 주는 것이다	16	17.0
자녀가 부모를 닮는 것이다	11	11.7
생식세포(정자, 난자)가 결합하여 자식에게 비슷한 특징을 물려주는 것이다.	33	35.1
생물의 타고난 성질이다.	6	6.4
기타	1	1.1
계	94	100

유전에 대한 본격적인 학습을 하지 않은 상태에서도 정자와 난자가 유전과 관련이 있을 것이라는 정도의 개념을 지니고 있음을 알 수 있다.

자식이 부모를 닮는 이유는 무엇인지 그 구체적인 이유를 묻는 문항에 대하여 학생들의 생각은 <표 15>와 같았다.

부모의 난자와 정자의 혼합에 의해서라고 응답한 비율이 80.9%로 대부분의 학생들이 이러한 생각을 지니고 있었다. 고정호(1997)의 연구에 의하면 30% 정도의 학생들이 막연히 부모의 생식기 분비 물질의 혼합에 의해서 부모와 자식이 닮는다고 하였다. 따라서 본 연구에서 나타난 80.9%의 학생들이 정자, 난자 개념을 사용하고 있으나 그중에서 일부의 학생들은 정자와 난자의 명확한 의미를 알지 못하고 막연하게 응답한 경우도 존재하고 있을 것으로 판단된다. 그에 비해서 고대 아리스토텔레스에 의해 나타났던 전성설적인 개념과 마찬가지로 정자나 난자 속에 이미 부모의 축소형이 들어 있어서라고 응답한 학생들의 비율은 11.4%였다.

많은 학생들이 유전이란 정자, 난자의 결합에 의해서 일어난다고 응답한 반면에 자식이 부모를 닮는 이유는 유전을 일으키는 물질이 혈액 속에 있어서

표 15. 자식이 부모를 닮는 이유

응답 유형	빈도	%
부모의 난자와 정자의 혼합에 의해서	76	80.9
정자나 난자에 부모의 축소형이 들어 있어서	11	11.4
신의 뜻에 의해서	6	6.4
무응답(기타)	1	1.1
계	94	100

표 16. 혈액이 유전물질인가에 대한 응답 분포

	응답 유형	빈도	%
그렇다	피 속에 유전물질 존재	17	18.1
	옛날 왕족끼리만 결혼한 예를 볼 때	1	1.1
	부모에게서 피를 물려 받기 때문	35	37.2
아니다	기타	7	7.4
	정자와 난자 속에 유전물질이 있다	29	30.9
	기타	5	5.3
계	94	100	

자손에게 전달되어지기 때문이라는 질문에 대해서는 50% 이상의 학생들이 그렇다고 응답하고 있다(표 16).

이 응답에 대한 세부적인 이유에서 18.1%의 학생들이 혈액 속에 유전물질이 존재한다고 응답하고 있고 37.2%의 학생들은 부모에게서 피를 물려받기 때문이라고 응답하고 있다. 이러한 학생들은 과학사적으로 고대의 Aristoteles가 지녔던 사고와 유사하다고 볼 수 있다. 고정호 등(1997)의 연구에서는 17% 정도의 학생들이 이러한 사고 유형을 지니고 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 앞의 자식이 부모를 닮는 이유에 대해서 정자, 난자로 응답한 80%의 학생 중 30% 정도의 학생들은 난자, 정자의 개념을 제대로 알고 있으나 50%정도의 학생들은 난자, 정자에 대해서 들어 본 적은 있으나 매우 막연한 상태로 다른 개념과 바른 연계를 맺지 못한 채로 들어 있다고 볼 수 있다. 이 학생들은 현대적인 과학 개념과 고대에 나타났던 과학사적 오류 개념들을 혼합하여 지니고 있음을 알 수 있다.

이러한 현상은 어떤 경우에 남자나 여자가 태어난다고 생각하는가? 라는 질문에 학생들이 보인 응답에서도 볼 수 있다.

표 17. 성분화에 대한 개념 분포

	응답 유형	빈도	%
남자의 힘이 강하면 남자가 여자의 힘이 강하면 여자가 태어난다.	남자의 힘이 강하면 남자가 여자의 힘이 강하면 여자가 태어난다.	11	11.7
	정자 속에는 남자가, 난자 속에는 여자가 들어있다.	51	54.3
먹는 것에 따라서	먹는 것에 따라서	9	9.6
	신의 뜻으로	12	12.8
기타	기타	10	10.6
	계	94	100



성 분화에 대해서 54.3%의 학생들이 정자 속에는 남자가 난자 속에는 여자가 들어 있어서 결정된다고 응답하고 있다<표 17>. 또한 12.8%의 학생들이 먹는 것에 의해서 성이 결정된다고 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과에 의하면 6학년 학생들은 성 결정에 대해서 대부분 잘못된 개념들을 가지고 있으며 이러한 사고는 생식에 대한 명확한 개념이 없었던 고대에 나타났던 사고들과 매우 유사함을 알 수 있다. 사람의 유전형상이 정자나 난자에 의해서 이루어진다는 것을 알고 있다고 하더라도 성 결정에 대해서는 명확하게 알지 못하고 있음을 알 수 있다.

2) 자연발생에 대한 개념

더러운 시궁창에서 구더기가 자연적으로 생길 수 있는가에 대한 질문에 대하여 학생들의 응답은 다음 표 18과 같다.

약 60% 정도의 학생들이 더러운 시궁창에서 구더기가 자연적으로 생길 수 있다고 응답하고 있다<표 18>. 또한 아니라고 응답한 학생들 중에서도 정확하게 알을 낳아야만 생물이 생긴다고 응답한 경우는 15.6%에 불과하였다. 이러한 분포로 보았을 때 6학년 학생들은 매우 강하게 자연발생설적인 개념을 지니고 있음을 알 수 있다. 이러한 사고와 진화적인 사고를 연계하여 분석하여 보면 6학년 학생들은 생물은 환경이 알맞으면 얼마든지 자연적으로 발생할 수 있는 능력을 지니고 있고 환경이 맞지 않으면 그것에 맞추어서 자연스럽게 변화할 수 있다고 생각하고 있는 것이다. 생물의 생식개념과 유전개념이 부족하고 추상적인 상태로 존재함으로써 생물자체를 매우 능동적이고 전지전능한 상태로 여기고 있는 것임을

표 18. 자연발생설에 대한 응답분포

	응답 유형	빈도	%
그렇다	부패한 곳에서 생물이 발생하므로	23	25.6
	환경이 맞으면 생물이 발생한다	25	27.8
	깨끗한 화장실에서도 구더기가 생긴다	1	1.1
	기타	4	4.4
	파리가 알을 낳아야 한다.	14	15.6
아니다	균이 없어서 안 생긴다	4	4.4
	온도, 습도, 양분이 알맞아야 한다.	9	10.0
	시궁창이면 냄새나고 부패되는 곳이다.	4	4.4
	기타	6	6.7
	계	90	100

알 수 있다.

3) 유성생식, 돌연변이에 대한 개념

개체군 내의 차이를 유발하는 원동력인 유성생식, 돌연변이에 대한 개념은 선택에 의한 진화를 이해하는 데 있어서 이해하고 있어야 할 필수요소라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 개체군 내 변이 유발의 원동력으로서의 유성생식과 돌연변이에 대해서 조사한 학생들의 개념 상태는 표 19, 표 20과 같았다.

학생들의 50%는 유성생식이 무성생식에 비해서 진화에 유리하다고 응답하고 있고 13.8%의 학생들이 무성생식이 더 유리하다고 응답하고 있다<표 19>. 본 문항이 초등학교 6학년 학생들에게 난이도가 높은 문항이라서 무응답이나 전혀 다른 방향의 응답을 한 경우가 36% 정도 나타났다. 다수의 학생들이 유성생식이 더 유리하다고 응답하고 있으나 이렇게 응답한 이유를 살펴보면 다수의 학생들이 단순히 무성생식이라는 방법이 나쁘기 때문에 유성생식이 유리하다고 응답했거나 유성생식이 이치상 자연스러운 방법이라고 생각하고 있거나 양쪽 부모의 장점만을 물려받기 때문이라는 식의 사고를 하고 있음을 알 수 있다. 즉, 이 학생들은 유성생식과 무성생식의 정확한 차이와 그에 따른 진화에서의 차이를 인식하고 있기 보다는 단순히 주변에서 흔히 경험하는 것이 유성생식이기 때문에 그것이 더 좋은 것이라는 단순한 사

표 19. 유성생식과 무성생식 중에서 무엇이 진화에 유리한가?

	응답 이유	빈도	%
무성	많은 자손을 만들 수 있어서	10	10.6
	기타	3	3.2
	소계	13	13.8
유성	양쪽의 좋은 점이 합쳐져서	8	8.5
	무성생식이 안 좋아서	11	11.7
	생존율이 높아서	3	3.2
	혼자는 힘들어서	2	2.1
	서로 사랑해서	2	2.1
	정자와 난자가 만나니까	2	2.1
	그게 자연스럽다	5	5.3
	기타(무응답)	14	14.9
	소계	47	50.0
	무응답(기타)	34	36.2
계	94	100.0	

고를 하고 있음을 알 수 있다.

돌연변이에 대해서 45.7%의 학생들은 이상한 것, 잘못된 것, 기형, 장애를 가진 것이라고 생각하고 있었고 약 44.7%의 학생들은 다른 것, 특이한 것 혹은 희귀한 것이라고 생각하고 있었다<표 20>. 이러한 돌연변이가 형성되는 이유에 대해서는 유전자에 이상이 생긴 것이거나 비정상적인 생식세포의 결합에 의한 것이라는 응답이 26.6%로 가장 많이 나타났고 환경이 좋지 않아서 형성된다는 의견이 19.1%, 환경이 바뀌어서 적응하려고 나타난다는 의견이 7.4%였다. 이 문항 역시 초등학생들이 응답하기에는 난이도가 높아서 30% 정도의 학생들이 응답을 하지 않았거나 전혀 다른 응답을 하였다. 또한 돌연변이가 진화에 있어서 좋다고 응답한 경우가 28.7%였다.

과학적으로 보았을 때 돌연변이 개념은 근래에 들어서 명확하게 이해하게 되었고 단계 2, 단계 3에 해당하는 시기에는 개념으로서 형성되지 않고 설명할 수 없었던 이상한 현상으로서 치부되어 왔던 개념이다. 이러한 돌연변이에 대해서 상당수의 초등학생들이 이미 특정한 개념을 보유하고 있는 상태이고 그 중에서 절반 정도의 학생들은 돌연변이를 무조건 잘못된 것으로 치부하는 것이 아니라 조금 다른 것이

표 20. 돌연변이란 무엇인가?에 대한 응답분포

		응답 유형	빈도	%
정의		부모와 다른 것, 특이한 것	42	44.7
		이상한 것, 비정상적인 것, 기형아, 장애	43	45.7
		기타(무응답)	9	9.6
		계	94	100
		유전자이상, 비정상적인 생식세포	25	26.6
발생하는 이유		먹이가 달라서	2	2.1
		부모의 잘못으로	4	4.3
		환경오염, 환경이 안좋아서, 환경호르몬	18	19.1
		환경이 바뀌어서, 환경에 적응하려고	7	7.4
		잘못되서	6	6.4
		진화하려고	3	3.2
		무응답(기타)	29	30.9
		계	94	100.0
진화에 유리한가?		좋다	27	28.7
		나쁘다	52	55.3
		기타(무응답)	15	16.0
	계	94	100	

라거나 약간 이상하게 태어나는 것이라고 긍정적으로 생각하고 있다는 것은 매우 고무적인 현상으로 생각된다. 이것은 사회 문화적으로 돌연변이에 대한 인식이 많이 변하고 있다고 볼 수 있고 이것이 초등학생들의 개념에 영향을 주고 있는 것으로 볼 수 있다.

그러나 이 학생들의 돌연변이 개념은 뭔가 다른 생물이 나타나고 그것이 꼭 나쁜 것만은 아니라는 인식 정도로서 진화의 원동력으로서의 돌연변이 개념에 대해서는 인식하지 못하고 있음을 알 수 있다. 또한 많은 학생들은 돌연변이가 환경오염에 의해서 나타나거나 적응을 위해서 등등의 이유로 나타난다고 생각하고 있고 이것을 통해서 보았을 때 학생들은 환경에 의해서 직접적으로 혹은 적응하기 위해서 유전자에 이상이 변화가 오고 그것이 진화로 연결된다는 강한 연결고리를 지니고 있는 것이다.

4) 진화의 유전적 차이 형성에 대한 개념

진화의 유전적 차이 형성에 대한 학생들의 개념 분석의 결과는 표 21, 표 22와 같다.

오늘날의 치타가 조상과는 달리 시속 110 Km 이상으로 빨리 달리는 것에 대해서 거의 모든 학생들이 진화현상은 환경이 변함에 따라 연습, 훈련이나 적응에 의해서 그것에 반응하여 진화되어 왔다는 라 마르크적인 사고를 하고 있다<표 21>. 돌연변이 때 문이라고 응답한 학생이 단 한명 존재하였다. 또한 자연선택에 의한 것이라는 응답은 전혀 나타나지 않았다. 그리고 이렇게 진화한 현재의 치타는 조상과는 유전적으로 다르다고 응답한 학생이 62.8%에 해당하였다.

표 21. 치타가 빨리 달리게 된 이유에 대한 응답분포

		응답유형	빈도	%
		훈련을 통해서, 자꾸 달려서, 연습을 통해서, 사용해서	17	18.1
		살기 위해서, 잡기 위해서, ~하기 위해서, ~했어야 해서	13	13.8
		먹이의 속도에 맞추어서	32	34.0
		~의 차이를 느껴서, ~라고 생각해서, ~하려고	1	1.1
		빨라질 필요가 있어서	3	3.2
		환경에 적응해서	13	13.8
		돌연변이가 나타나서	1	1.1
		기타	14	14.9
		계	94	100

표 22. 진화의 유전적 차이에 대한 응답분포

응답유형	빈도	%
다르다	59	62.8
같다	26	27.7
무응답(기타)	9	9.6
계	94	100

이렇게 볼 때 현재 진화의 과학적 설명으로 받아들여지고 있는 자연선택에 의한 진화는 학생들의 개념체계 속에 전혀 자리 잡고 있지 않은 반면 목적론적이고 필요 사용에 의한 진화라는 용불용설적인 사고는 매우 강하게 자리 잡고 있는 것을 알 수 있다. 초등학교 6학년의 경우 진화에 관하여 어떠한 정규 학습을 받지 않은 상태라는 것을 감안할 때 자연선택 개념이 자리 잡고 있지 않은 것은 극히 당연하다. 그러나 그에 비하여 목적론적이고 용불용설적인 사고가 특정한 학습이 없는 상태에서도 매우 강하게 나타나고 있다는 것은 매우 심각하게 고려해 봐야할 문제이다. 그것은 학생들이 일상생활을 통해서 얻는 여러 경험을 통해서 지속적으로 목적론적이고 용불용설적인 사고를 키워가고 있음을 알 수 있고 결국 학생들을 둘러싼 사회 전반의 문화가 목적론적이고 용불용설적인 사고에 젖어있음을 알 수 있다.

5) 획득형질의 유전가능성에 대한 응답

앞의 몇 가지의 조사에서 학생들은 유전자가 환경에 반응하여 능동적으로 바뀔 수 있는 존재라고 사고하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 사고는 획득형질의 유전가능성에 대한 조사문항에서도 일관되게 나타났다.

약 70%의 학생들이 태어난 새끼양의 꼬리를 절단하는 실험을 오랜 세월 지속하면 꼬리가 짧거나 꼬리를 가지지 않는 새끼가 태어난다고 응답하고 있다 <표 23>. 그렇게 되는 이유에 대해서 35%의 학생들이 꼬리가 잘리는 것이 유전된다고 응답하고 있고 나머지의 학생들도 필요가 없어져서, 환경에 적응해서 등등의 전형적인 라마르크적인 사고를 하고 있음을 알 수 있다.

학생들은 유전자에 대해서 구체적으로 모르고 있는 상태에서 유전자는 언제든지 변화할 수 있는 어떤 것이라는 사고를 강하게 지니고 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 사고의 연장으로서 획득된 형질이 유전된다는 사고가 매우 강하게 나타나고 있는 것이다.

표 23. 획득형질의 유전가능성

	응답 이유	빈도	%
안된다 (정상꼬리)	유전자는 변함이 없다	10	10.6
	인위적으로 잘라낸 것이어서	5	5.3
	원래 양은 꼬리가 있으므로	7	7.4
	무응답(기타)	7	7.4
소계		29	30.9
된다 (비정상꼬리)	필요가 없어서, 필요가 없다는 것을 인식, 퇴화되어서	4	4.3
	계속 자르니까, 긴 세월이 흘러서	16	17.0
	꼬리가 없는 것에 적응해서, 환경에 적응해서	4	4.3
	잘리는 것이 유전되어서	33	35.1
	스트레스로 유전자가 변해서, 유전자가 없어져서	1	1.1
	돌연변이 되어서	1	1.1
	무응답(기타)	6	6.4
소계		65	69.1
계		94	100

과학사적으로 보았을 때 다윈시대까지 대다수의 사람들은 가변성 유전(soft inheritance)을 믿고 있었으며 이러한 개념은 이후에도 멘델 유전 개념이 정확히 정착되기까지 끊임없이 논란이 있었던 부분이었다 (Darden, 1991; Mayr, 1982, 고정호 등, 1997). 과학사적으로 많은 논쟁을 거듭하였던 개념이 생명공학이 눈부시게 발전하고 있는 현대의 학생들에게도 여전히 큰 걸림돌로 작용하고 있는 것이다.

이렇게 보았을 때 학생들이 진화, 적응, 변이의 기작에 대한 개념에서 라마르크적인 단계 2의 개념을 강하게 고수하고 있는 그 한 원인으로서 환경에 적응하기 위한 필요, 사용 등에 의해서 유전이 얼마든지 변화할 수 있다는 사고가 매우 강하게 존재하고 있기 때문이라고 볼 수 있다. 따라서 획득형질의 유전 가능성에 대한 부정 및 올바른 유전 개념의 정립이 과학사적으로 진화 개념의 발달에 매우 큰 역할을 하였던 바와 같이 학생들에게 있어서도 바른 진화 개념의 습득에 중요한 열쇠라는 것을 알 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 이미숙(2004)의 과학사적 진화개념 발달 단계에 기초하여 초등학교 6학년 학생들의 진화 개념과 그와 관련된 유전 개념을 조사하고 분석하는

것을 목적으로 하였다. 진화 개념은 진화, 적응, 변이 개념에 대하여 각각 기작(방향성), 시간, 대상의 3가지 측면을 고려한 3차원 개념 검사를 실시하였고 진화 관련 유전개념은 진화 개념 발달에 관계를 맺고 있는 유전 개념을 대상으로 하여 개념을 조사하고 분석하였다. 본 연구를 통해서 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 적응의 기작, 변이의 기작, 퇴행변이의 기작에 대해서 90% 이상의 학생들이 단계1의 라마르크 이전 시대 혹은 단계 2의 라마르크적인 사고를 하고 있으며 다윈 시대(단계 3)나 다윈 이후(단계 4)에 해당하는 사고를 하는 학생들은 극소수에 불과 하였다. 이 학생들은 정규 학교 수업을 통해서 진화에 대해서 전혀 학습하지 않았으므로 그들의 사고는 그들이 접한 사회, 문화적인 경험에 의해서 형성되어 온 것이다. 따라서 그들을 둘러싸고 있는 사회 전반적인 사고체계가 라마르크 이후 단계로 넘어가지 못한 채로 1700년대 사회를 지배했던 사고에 의해 지배되어 있고 초등학생들의 사고가 그것을 반영하고 있다고 볼 수 있다.

둘째, 진화, 적응, 변이, 퇴행변이의 시간에 대해서 70% 이상의 학생들이 단계 3에 해당하는 개념을 보임으로서 진화현상은 오랜 세월에 걸쳐서 천천히 단계적으로 일어나고 있음을 알고 있었다. 그러나 일부의 학생들은 환경변화에 따라서 생물이 바로 변화하거나 급작스럽게 변화할 수 있다고 믿고 있었다.

셋째, 진화, 적응, 변이, 퇴행변이의 대상에 대해서는 일관된 논리를 보이지 못하고 상황에 따라서 다른 개념을 적용하고 있음을 알 수 있었다. 진화는 전체 중 일부의 생물에게서 일어나고 있다고 응답한 학생들도 적응, 변이나 퇴행변이는 환경변화에 처한 전체의 생물에게서 일어난다고 생각하고 있었다. 학생들이 선택에 의한 진화 개념을 전혀 가지고 있지 않으므로 상황에 따라 다른 개념을 섞어서 적용하고 있음을 알 수 있었다.

넷째 진화 개념의 발달과 밀접한 관계를 가졌던 유전 관련 개념 조사에서 유전자나 유전, 정자, 난자, 돌연변이 등과 같은 용어 사용에는 매우 익숙함을 보였지만 그 구체적인 의미는 전혀 모르고 있었다. 또한 그 의미를 매우 추상적으로 받아들임으로서 유전자가 환경에 따라서 능동적으로 변화할 수 있고 생물 또한 환경에 따라서 자연적으로 발생할 수 있

다고 믿고 있었다. 70% 이상의 학생들이 획득된 형질은 다음 자손에게 유전된다고 생각하고 있으며 필요의 욕구나 사용에 따라서 유전자가 마음대로 변화된다고 생각하고 있었으며 변이의 근원이 되는 개체군의 다양성과 그에 따른 선택의 효과에 대해서는 전혀 모르고 있는 것으로 나타났다.

초등학생들이 지니고 있는 진화 개념은 학습의 출발점이 어디인지를 알려주며 그들을 둘러싸고 있는 사회, 문화의 전반적인 사고체계가 어떠한지를 알려주는 지표로서 작용할 수 있다. 이러한 초등학생들의 진화 개념이 과학사적으로 단계 2에 강하게 고착되어 있는 상태를 보이고 있다는 것은 2가지 시사점을 던져준다고 할 수 있다.

첫째는 이러한 학생들이 중학교 3학년 때 처음으로 진화라는 개념을 받아들임에 있어서 그 초기 상태가 너무도 견고한 오개념으로 들어차 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 상태의 학생들에게 잠깐의 진화 학습은 올바른 진화 개념으로 변화시켜주는데 역부족일 수 밖에 없다. 개념변화가 이루어지기 위해서는 자신의 개념에 불만족을 느끼고 새로이 받아들여야 하는 개념이 좀 더 그럴 듯 하다고 여겨져야 하며 좀 더 유용하다고 판단되어져야 한다. 현재 중, 고등학교 교육과정을 통해서 제공되고 있는 진화 학습이 이러한 조건을 만족시킬 수 있도록 다양한 자료 개발과 새로운 시도들이 우선되어야 할 것이다.

둘째로는 초등학교 학생들의 진화개념의 형성에 영향을 준 사회, 문화적 경험들이 라마르크적인 단계 2의 사고를 더욱 부추기고 있다는 것을 알 수 있다. 그들이 접하고 있는 여러 가지 매체를 통해서, 주변 성인들과의 대화를 통해서, 잠재적인 사회적인 분위기를 통해서 라마르크적인 사고는 점차로 초등학생들의 사고를 점령하고 있는 것이다. 그리고 이 시대를 살고 있는 일반 대중의 사고 역시 이러한 라마르크적인 사고에 의해서 지배받고 있는 것이다. 이러한 일반 대중은 학교 정규 수업을 통해서 융불용설적인 라마르크 사고가 지니는 오류와 자연선택을 통한 진화이론의 정당성에 대해서 학습을 하였음에도 불구하고 그들은 여전히 1700년대의 사고를 답습하고 있다. 따라서 이러한 대중 문화속의 진화 개념에 대한 세부적인 연구가 이루어져야 하며 대중속의 진화 개념이 올바른 진화 개념으로 변화될 수 있는 다양한 노력이 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- 고정호, 길학균, 이길재(1997). 유전개념의 역사적 변천과 학생들의 유전개념 발달의 비교 연구. 한국생물교육학회지, 25(2), 127-139.
- 김위경, 이미숙, 이길재(2003). 집단유전 개념학습에서 귀납적-연역적인 수업효과. 한국과학교육학회지, 23(2), 190-199.
- 박남이, 이길재(2000). 과학사를 이용한 진화 개념의 교수 학습 효과에 관한 연구. 한국생물교육학회지, 28(2), 85-100.
- 이미숙(2004). 과학사에 근거한 학생들의 진화 개념 변화 분석. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.
- 이원호, 고진복, 이재동, 주우홍, 하만준, 황명실(1992). 진화유전학입문: 생물의 역사와 진화에 대하여. 월드사이언스.
- 이춘승(2003). 진화에 관한 중·고등학생의 오개념 유형과 유형별 원인 분석. 한국교원대학교 석사학위논문.
- 전태식(1987). 광합성과 진화에 대한 학생들의 개념과 오인에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문.
- Albaladejo, C. & Lucas, A. M. (1988). Pupil's meaning for 'mutation'. *Journal of Biological Education*, 22(3), 215-219.
- Bishop, B. & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.
- Clough, E. E. & Wood-Robinson, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19(2), 125-130.
- Darden, L. (1991). *Theory change in science*. Oxford University Press.
- Darwin, C. (1892). *The variation of plants and animals under domestication* (2nd ed.). NY: Appleton and Co.
- Deadman, J. A. & Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7-15.
- Demastes, S., Good, R. & Peebles, P. (1995). Students; conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79(6), 637-666.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Fisher, K. M. (1985). A Misconception in biology : amino acids and translation. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(1), 53-62.
- Jensen, M. S. & Finley, F. N. (1997). Teaching evolution using a historically rich curriculum & paired problem solving instructional strategy. *The American Biology Teacher*, 59(1), 208-212.
- Magner, L. N. (1994). *A history of the life sciences*. Marcel Dekker, Inc.
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought*. NY: The Belknap Press of Harvard University Press
- Mayr, E. (1991). *One long argument : Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought*. NY: Harvard University Press
- Settlege, J. (1994). Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 449-457.
- Tamir, P. & Zohar, A. (1991). Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. *Journal of Biological Education*, 75(1), 57-67.
- Wandersee, J. H. (1985). Can the history of science help science educators anticipate student's misconceptions?. *Journal of College Science Teaching*, 23(7), 581-597.

### <부록> 3차원적 개념 검사지(이미숙, 2004)

1. 진화가 일어난다면 진화의 방향은 어떻게 나타날까요?(진화의 방향성)
  - ① 어떠한 방향으로 일어날지 알 수 없다.
  - ② 더 뛰어나고 완벽하게 변하는 쪽으로 일어난다.
  - ③ 신이 정해 놓은 목표대로 변할 것이다.
  - ④ 다른 의견 :
  
2. 진화가 일어난다면 진화가 일어나는 시간은 어떤 순서로 이루어질까요?(진화의 시간)
  - ① 단계적으로 점차 점차 변화된다.
  - ② 갑자기 어느 순간 일어난다.
  - ③ 창조된 후 변하지 않는다.
  - ④ 창조와 멸망이 반복된다.
  - ⑤ 기타 :
  
3. 한 지역 안에서 살아가는 한 종류의 생물에게 진화가 일어났다면 그 대상은 누구일까요?(진화의 대상)
  - ① 그 곳의 모든 생물이 전체적으로 진화할 것이다.
  - ② 그 곳의 들어있는 생물 중 약간의 차이를 지니는 생물들이 진화할 것이다.
  - ③ 그 생물의 유전자들이 진화를 할 것이다.
  - ④ 기타 :
  
- 4.6번 ((딱따구리는 나무 속에 사는 곤충들을 잡아 먹고 살기 알맞은 모습을 하고 있다. 예를 들어 딱따구리 부리 끝은 끌과 같이 생겨서 나무를 깎아 내는 일에 알맞다.))
  4. 딱따구리의 부리모양의 변화는 어떻게 가능하게 되었을까?(적응의 기작)
    - ① 창조자의 힘에 의해서 가장 알맞은 모양으로 처음부터 만들어졌다.
    - ② 생물의 모든 기관(예: 부리, 눈, 깃털색등)은 그 쓰임에 알맞도록 만들어지게 되어 있다.
    - ③ 환경에 따라 살아남기 위한 딱따구리의 노력이 그러한 기관들을 발달시켰다.
    - ④ 환경에 필요한 기관을 계속 사용하게 되고 그 기관들이 발달하였다.
    - ④ 나무 환경에 알맞은 특성을 지닌 딱따구리들이 우연히 태어났고 그런 딱따구리들이 잘 살아 남았다.
    - ⑤ 돌연변이로 인해 서로 다른 특성을 지닌 딱따구리가 태어났고 그 중 환경에 알맞은 것이 잘 살아남았다.
    - ⑥ 다른 의견 :
  
5. 육지에서 멀리 떨어진 섬에 딱따구리 한 집단(1억 마리 정도)이 살고 있었다. 이 섬이 갑자기 나무가 전혀 없는 갯벌지대의 환경이 되었다. 몇 백년이 흘러서 그 섬에 가보았더니 여전히 딱따구리들이 잘 적응하며 살고 있었다면 이러한 환경의 변화에 대해서 누가 적응을 하였을까?(적응의 대상)
  - ① 딱따구리들의 유전자가 적응을 했다.
  - ② 딱따구리 집단 내의 일부 딱따구리들이 적응을 했다.
  - ③ 갯벌로 변화된 환경에 처한 모든 딱따구리들이 적응해 갔다.
  - ④ 다른 의견:
  
6. 나무가 없는 갯벌에서 살아가는 딱따구리의 적응은 얼마의 시간을 필요로 하였을까?(적응의 시간)
  - ① 창조자에 의해 결정된다.
  - ② 수 많은 세월이 흘러서 거쳐서 점차적으로 적응했다.
  - ③ 환경이 변한 후 바로 혹은 다음 자손들부터 환경에 알맞게 적응되어 태어났다.
  - ④ 수 많은 세월이 흘러서 변화가 없다가 어느 순간 변화되어 적응하게 되었다.
  - ⑤ 다른 의견

7. 오래전에, 메뚜기의 지나치게 많아져 농작물에 피해를 주기 때문에 농약을 뿌려서 메뚜기가 늘어나는 것을 막았다. 그러나 최근, 과학자들은 메뚜기들이 그 약에 의해 그렇게 많이 해를 입지 않는다는 것을 발견하였다. 농약에 죽지 않는 메뚜기들이 어떻게 존재하게 되었을까?(변이의 기작)
- ① 창조자에 의해서 농약에 살아남을 수 있는 메뚜기가 창조되었다.
  - ② 메뚜기 속에 농약에 살아남을 수 있도록 하는 특징이 숨어 있다가 그 특징이 밖으로 나타나게 되어 살아남을 수 있게 되었다.
  - ③ 살아남기 위해 노력한 결과 메뚜기들이 농약에 견딜 수 있는 성질이 발달하였다.
  - ④ 농약에 견디는데 필요한 기관(예:코,눈,껍질등)들을 더 많이 사용하게 되면서 그 기관이 계속해서 발달하였다.
  - ⑤ 우연한 돌연변이 메뚜기가 농약에 견디는 힘을 보였고 그 메뚜기가 자손을 낳았다.
  - ⑥ 다른 의견:
- 8.원래의 메뚜기 집단 중 누가 농약을 견뎌내어 살게 되었을까?(변이의 대상)
- ① 원래의 모든 보통 메뚜기들이 점차 농약을 견딜 수 있게 변화해 갔다.
  - ② 많은 메뚜기들 중에서 일부의 메뚜기들이 점차 농약을 견딜 수 있게 변해갔다.
  - ③ 원래 농약을 견딜 수 있는 메뚜기들이 있었고 그것들이 살아남았다.
  - ④ 다른 의견:
9. 농약에 죽지 않는 메뚜기가 등장할 때까지의 시간은 얼마나 걸렸을까?(변이의 시간)
- ① 농약을 뿌린 후 갑자기 창조 되었다.
  - ② 이미 농약에 죽지 않는 메뚜기가 농약을 뿌리기 전에 메뚜기들 속에서 살고 있었다.
  - ③ 농약을 맞은 후 바로 혹은 다음 자손부터 죽지 않는 메뚜기로 변화 되었다.
  - ④ 오랜 세월 동안 자손들이 수십 번 태어나면서 천천히 농약에 죽지 않는 메뚜기들로 변화하였다.
  - ⑤ 자손이 수십 번 태어나는 동안 농약에 죽지 않는 메뚜기들이 등장하지 않다가 어느 순간 농약에 죽지 않는 메뚜기들이 등장 하였다.
  - ⑥ 다른 의견:
10. 앞을 볼 수 있는 눈을 가진 도마뱀들이 갑자기 동굴 속에 갇혀 살게 되었다. 이 도마뱀들 중에 어느 순간 앞을 보지 못한 도마뱀 자손이 태어났다면, 어떻게 이런 일이 일어날 수 있을까?(퇴행변이의 기작)
- ① 동굴에 가장 적당한 모양으로 창조자가 새로 창조하였다.
  - ② 눈이 필요가 없어져서 눈이 점점 보이지 않게 되고 그 특징이 자손에게 전달되었다.
  - ③ 눈을 사용하지 않아서 눈이 점점 보이지 않게 되어 그 특징이 자손에게 전달되었다.
  - ④ 우연한 돌연변이 때문에 앞을 보지 못한 도마뱀이 태어났다.
  - ⑤ 다른 의견 :
11. 동굴 속에 갇혀 살았던 도마뱀을 오랜 세월이 흐른 뒤에 모두 앞이 보이지 않았다. 원래는 정상 도마뱀이었는데 누가 앞이 보이지 않게 된 걸까?(퇴행변이의 대상)
- ① 원래부터 사실은 모든 도마뱀이 모두 앞이 보이지 않았다.
  - ② 동굴 속에서 앞이 보이지 않는 도마뱀들이 창조자에 의해서 새로이 창조되었다.
  - ③ 정상 도마뱀들이 동굴 속에서 살면서 서서히 모두 앞을 볼 수 없게 되었다.
  - ④ 정상 도마뱀들 사이에서 태어난 자손 중 우연히 앞을 볼 수 없는 도마뱀이 나타나서 번식에 성공했다.
  - ⑤ 다른 의견 :
12. 동굴 속 볼 수 있는 눈을 가진 도마뱀들 중에서 앞을 볼 수 없는 도마뱀이 나타나기까지 시간은 얼마나 걸리는가?(퇴행변이의 시간)
- ① 동굴 속에 들어간 도마뱀들이 바로 혹은 그 다음 자손들 부터 앞을 보지 못하게 되었다.
  - ② 동굴 속에 들어간 후 수 많은 세월이 흐르는 동안 점점 앞을 보지 못하게 되었다.
  - ③ 동굴 속에 들어간 후 수 많은 세월동안 앞을 볼 수 있다가 어느 날 갑자기 앞을 보지 못하게 되는 도마뱀이 나타나게 되었다.
  - ④ 다른 의견 :