

Analysis of Reasoning Process for Scientific Explanation on the Evolution of Early Human Beings

Jin-Young Park¹, Yong-Ju Kwon^{2*}

¹Cheonan Cheonnam Middle School·²Korea National University of Education

<ABSTRACT>

The hypothesis about the evolution of early human has been constantly changing with the discovery of fossil evidence and scientific technique. This study was to analysis and categorize the scientists' perspective on the evolution of early human beings into three categories: the current perspective of western-oriented human evolution, the integrated perspective of human evolution including asian region, and the alternative perspective of asian-oriented human evolution. We also analyzed the thinking flow of the three hypotheses using 'Geire's theoretical hypothesis verification program'. The results were shown the specific three types of explanations derived from scientists' perspective on the evolution of early human beings and reasoning processes analyzed from the hypothesis verification program, respectively. Then this study has been proposed a new learning process using the reasoning processes in biology.

Key words : Evolution of early human beings, reasoning process, hypothesis verification program, biology learning process

Introduction

과학 기술의 발달로 우리가 실제로 경험하지 못했던 지난 과거를 추측하고 확인하는 방법이 구체화 되고 점점 더 정확해지고 있다. 이에 따라 많은 학자와 대중들로부터 과학적 사실처럼 여겨지고 있던 과거의 일들이 더 견고하게 다듬어져 인정받거나, 반대로 더 이상 정설로 받아들여지지 않고 다른 설명체계에 자리를 내어주기도 한다. Lakatos(1978)는 이러한 현상에 대하여 여러 가지 패러다임이 공

존하며 보장에 의해 앞으로 전진하기도, 또는 견고한 핵의 공격을 막아내지 못하고 뒤로 후퇴하기도 한다는 연구 프로그램을 제시했다.

이러한 변화를 겪고 있는 것 중 하나가 이 연구에서 다루고자 하는 '인류의 초기 진화'에 대한 여러 가지 가설들이다(Wolpoff et al., 1984: Stringer & Andrews, 1988: Smith et al., 1989: Brauer & Rimbach, 1990) 최초의 인류 집단이 어떻게 생겨나고 현재의 모습으로 진화해 왔는지에 대해 그 누구도 정확한 답을 줄 수 없다. 그렇기에 학자들은 끊임없이 발견되는 화석 등의 흔적들과 과학 기술의

* Corresponding author : Yong-Ju Kwon, kwonyj@knue.ac.kr

Received Mar 05 2018; Reviewed Mar 12 2018 Accepted Mar 14, 2018; Published Mar 30, 2018

© 2018. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

발달로 제시되는 여러 증거들로 비추어 ‘인류의 초기 진화’에 대해 설명하고 여러 가지 학설들을 제시하고 있다. 그 결과, 제시된 학설들 중 일부는 현재 대중적으로 받아들여지고 있으며, 교과서에서조차 사실인 것처럼 학생들에게 전달되고 있다. 하지만 이 또한 추가적인 화석상의 증거들과 분석 결과 정설로서의 위치가 더 공고해질 수도 있으나, 반대로 위태로워져 결국 서서히 다른 모델들에게 자리를 내주어야하는 과정을 반복하게 된다.

초기 인류의 진화를 연구하는 학자들 뿐 아니라 대부분의 과학자들은 입수한 정보들을 바탕으로 과학적 추론을 통해 밝혀지지 않은 사실에 대한 나름의 이론적 가설을 만들어 내는 활동을 할 것이다. 이때의 이론적 가설은 사실로서 확인되어지지 않은 말 그대로 가설일 뿐이기에 일련의 과정을 거치며 사실 여부가 객관적으로 평가되어야 한다. 물론 한 차례의 가설 평가를 통해 곧바로 사실로 인정받을 수는 없지만, 조금 더 사실과 가까운 가설로서 지지될 가능성이 높아질 것이다. 가설의 평가 과정 중 Giere(2004)에 의해 제시된 ‘이론적 가설 평가 프로그램’을 가설을 평가하기 위한 방법으로서 본 연구에서 이용하고자 한다.

Gieryn(2004)의 이론적 가설 평가 프로그램을 통한 분석과정을 들여다봄으로써 우리는 과학자들의 실제 연구 활동이나, 이론의 변화와 정립 과정, 또 그 속에 나타난 과학자들의 사고과정을 살펴볼 수 있으며, 이러한 일련의 과정들은 학생들의 과학 교육을 위한 중요한 자료가 될 수 있다. 물론 현재의 과학자의 사고과정과 학생들의 사고과정을 동일시하기에는 인지적 능력이나 과학에 대한 태도 등 여러 부문에서 차이를 지니지만 과학자들이 실행한 수행 과정에 기초한 학생 대상 과학 교육은 학생들의 과학 탐구 능력을 기를 수 있는 기회를 제공하며, 가설 평가의 성공과 실패 여부를 떠나 연구 과정 자체를 경험할 수 있는 계기를 제공한다는 것에 큰 의의가 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 ‘초기 인류 진화’에 대해 현재 주장되고 있는 이론적 가설들을 총 세 가지로 나누어 모델로 제시하고, Giere(2004)의 이론적 가설 평가 프로그램을 이용하여 제시된 이론적 가설들을 평가하는 과정을 통해 ‘초기 인류 진화’에 대한 해

석의 흐름을 살펴보고자 한다. 또, 흐름에 기초한 과학적 사고과정을 도출하고 이를 이용하여 교육 현장에 적용 가능한 학습 프로그램을 제시하고자 한다.

Materials and Methods

‘초기 인류의 진화’에 대한 학자들의 관점을 총 세 가지로 분류 하였으며, 관점의 흐름을 해석하기 위한 Giere (2004)의 이론적 가설 평가 프로그램을 살펴보았다.

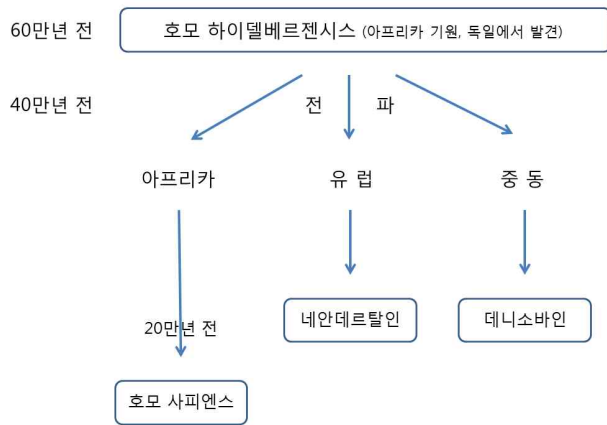
Perspectives on the Evolution of Early Human Beings

기존의 서구 중심의 관점

인류의 진화에 대해 연구한 초기의 학자들은 대부분 유럽 등지의 서양 학자들이었으며, 이들의 발굴 작업과 연구가 이루어진 서구 중심의 화석 증거들 또한 인류의 진화를 설명해줄 대부분의 자료였다. 그렇기 때문에 자연스럽게 인류의 진화는 서구 중심으로 해석될 수밖에 없는 현실이었으며, ‘기존의 서구 중심의 관점’은 유럽을 중심으로 서양을 초기 인류 진화의 중심지로 놓고 아시아는 철저하게 배제하고 있는 모양을 하고 있다. 아시아에 인류의 흔적이 있느냐 여부를 따져볼 필요도 없이 전혀 고려조차 되지 않는 대상이 되어버린 것이다.

‘기존 서구 중심의 관점’의 초기 인류 역사를 살펴보면 다음과 같다. 60만년 전 호모 에렉투스의 일원으로 나타난 호모 하이델베르겐시스(아프리카 기원, 독일에서 발견 및 명명)가 인류 진화의 중심으로 다루어진다(Stringer, 1987; Brauer, 1984a; 1984b; Stringer et al., 1984) 이 인류가 40만년 전 아프리카로부터 전파되어 유럽에서 네안데르탈인, 중동에서 데니소바인으로 각각 진화하였으며(Trinkaus, 1984), 아프리카에 머물렀던 호모 하이델베르겐시스는 20만년 전쯤에 호모 사피엔스로 진화되어 현생인류가 된다(Park, S. 1991). 이처럼 기존의 서구 중심 관점의 초기 인류의 진화 전 과정에서

아시아는 전혀 고려되지 않고 있다. ‘기존 서구 중심의 관점’을 요약하여 도식으로 나타내면 [Figure 1]과 같다.



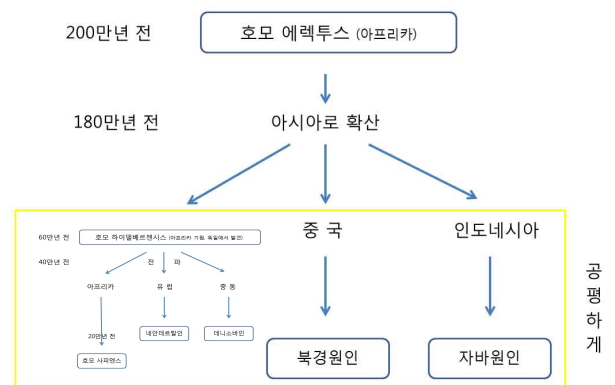
[Figure 1] The current perspective of western-oriented human evolution

새로 등장한 아시아 포함의 관점

서구 중심의 관점이 널리 받아들여지고 있는 중에 아시아권에서도 인류의 진화에 관심을 갖기 시작하였고, 화석의 발굴과 다양한 연구의 결과 기존의 설명 체계로는 해석할 수 없는 자료들이 제시되었다. 70만년 전으로 추정되는 중국의 북경원인 화석(Weidenreich, 1943)과 90만년 전으로 추정되는 인도네시아의 자바원인 화석(Shipman & Storm, 2002) 자료이다. 이 두 호미닌도 호모 에렉투스의 일원으로 밝혀지고 있으며(Mayr, 1950), 심지어 이들의 추정 시기는 서양 학자들이 초기 인류의 진화에서 중심으로 제시한 호모 하이델베르겐시스의 출현(60만년 전)보다도 훨씬 앞선다. 즉, 더 이상 아시아의 호모 에렉투스도 인류의 진화에서 빼놓을 수 없게 된 것이다.

이에 따라 학자들은 ‘새로 등장한 아시아 포함의 관점’을 다음과 같이 이론적 가설로서 제시한다. 200만년 전 아프리카에서 기원한 호모 에렉투스는 우수한 환경 적응력과 건장한 체구를 바탕으로 180만년 전 아프리카에서 나와 아시아 등 전역으로 확산된다(Swisher et al., 1994). 전역으로 확산된 호모 에렉투스가 일부는 서구 학자들의 주장대로 유럽 등지에서 진화하며, 중국에서는 북경원인, 인도네시

아에서는 자바원인으로 진화하게 된다. 새로 등장한 아시아 포함의 관점은 ‘기존의 서구 중심 관점’을 부분으로서 모두 수용하며, 단지 호모 에렉투스를 초기 인류의 중심으로 해석하고 에렉투스의 일원으로 북경원인과 자바원인을 추가한 것이다. ‘새로 등장한 아시아 포함의 관점’을 요약하여 도식으로 나타내면 [Figure 2]과 같다.



[Figure 2] An integrated perspective of human evolution including asian areas

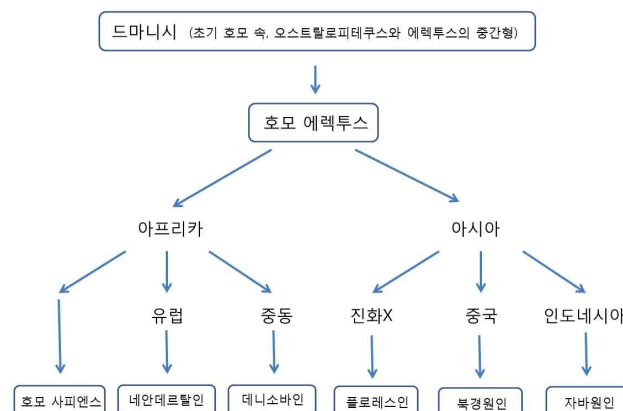
더 나아간 아시아 중심의 관점

기존 서구 중심의 관점에 아시아를 포함시킴으로써 초기 인류 진화에 대한 이론적 가설은 완벽하게 정립된 것처럼 보여졌다. 하지만 초기 인류의 새로운 화석은 그 후로도 끊임없이 발견되었으며, 이들 중 몇몇의 화석상의 증거는 기존에 제시된 가설로는 설명되어 질 수 없었다. 기존의 가설로는 설명할 수 있는 새롭게 발견된 화석 중 한 가지가 조지아 드마니시 화석이다. 중앙 아시아 지역에 위치한 조지아에서 발견된 드마니시 화석은 약 300만년 전의 오스트랄로피테쿠스나 약 200만년 전의 호모 에렉투스보다 이전 또는 극 초기의 인류와 유사한 형태를 보이고 있다(Gabunia & Vekua, 1995). 또 다른 한 가지는 인도네시아 플로레스 섬에서 발견된 호모 플로레스ien시스(플로레스인)의 화석이다(Brown et al., 2004). 이 호미닌은 몸집과 두뇌크기가 작은 초기 인류 형태를 하고 있으며, 약 5만년 전인 비교적 최근까지 생존한 것으로 여겨지고 있다. 이 두 가지 새로운 화석 증거로 학자들은 등장은 덩치 큰

호모 에렉투스가 아니라, 보다 덜 진화된 상태의 초기 인류가 아프리카 밖을 빠져나왔을 것이라는 새로운 주장을 제기하였다.

이 새로운 주장은 아시아를 초기 인류의 진화의 중심으로 둔 새로운 설명체계를 필요로 했으며, 아시아를 새로운 인류 진화의 중심으로 옮겨가려하니 기존에 중심이라 여겨졌던 서구 학자들의 반발을 일으켰다. 이에 대해 서구의 학자들은 발견된 화석은 일부 병에 걸린 흔적일 뿐이라며, 인류로 인정하지 않으며, 아시아 중심주의 초기 인류 진화를 부정하고자 하였다. 하지만, 70만년 전으로 추정되는 플로레스인의 조상 화석 증거가 추가로 발견되면서 서구 학자들의 질병의 흔적이라는 주장은 설득력을 잃게 되었다. 또, 미국 조지아 연구팀은 초기 인류의 특징이 출토된 드마니시 화석에 나타난다는 연구의 결과를 제시하며, 호모 에렉투스 진화가 아시아에서 일어났을 가능성에 대해 지지하는 추가 증거들을 내세웠다(Ferring et al., 2011).

이러한 증거들로 정립된 ‘더 나아간 아시아 중심의 관점’은 다음과 같다. 오스트랄로피테쿠스 보다는 진화된 형태, 그리고 호모 에렉투스 보다는 덜 진화된 형태의 ‘드마니시’라는 초기 호모 속의 인류가 초기 인류 진화의 중심으로 자리잡게 된다. 호모 에렉투스보다 앞선 형태의 인류인 드마니시가 아프리카를 빠져나와 아시아 등지에 퍼져나가고, 이들 중 일부가 아시아에서 호모 에렉투스로 진화하게 된다. 즉, 호모 에렉투스의 진화 장소가 아시아로 설명되어지는 것이다. 아시아에서 호모 에렉투스로의 진화 이후 더 이상의 진화 없이 초기 모습을 유지한 채 약 5만년 전까지 생존한 일부 인류는 플로레스인, 일부는 약 70만년 전에 진화하여 중국의 북경원인, 약 90만년 전에 진화하여 인도네시아의 자바원인이라 불리게 된다. 또 아프리카로 퍼져나간 호모 에렉투스의 일부는 유럽에서 네안데르탈인, 중동에서 데니소바인의 형태로 진화하며, 아프리카에서 진화된 호모 사피엔스는 후에 현생 인류를 구성하게 된다. ‘더 나아간 아시아 중심의 관점’을 요약하여 도식으로 나타내면 [Figure 3]와 같다.

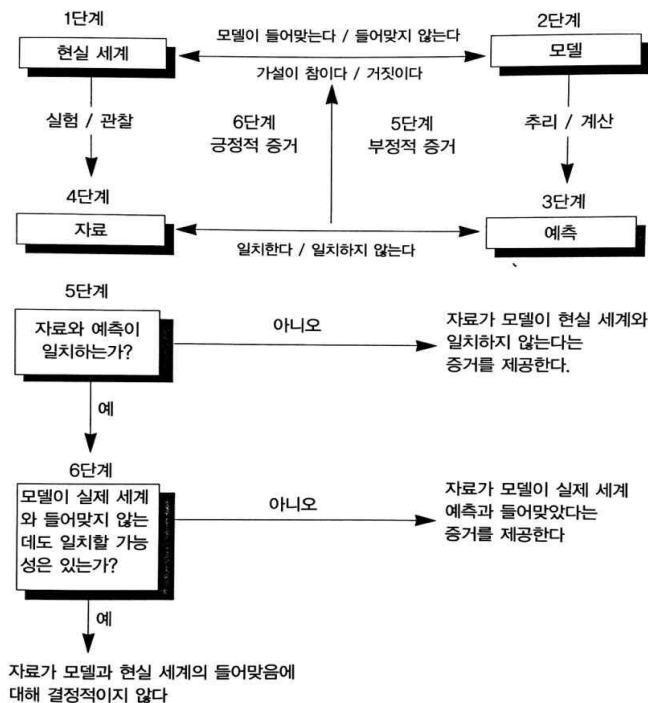


[Figure 3] An alternative perspective of asian-oriented human evolution

Geire' Program of Theoretical Hypothesis Verification

Giere (2004)는 자신의 저서에서 이론적 가설의 이해와 평가를 위해 여러 과학자들의 과학적 활동 사례 분석을 실시하였으며, 그 속에서 공통적으로 보여진 과학자들의 사고과정을 추출하였다. 과학자들은 연구에 대한 이론적 배경 및 관찰 결과들을 토대로 특정한 문제에 초점을 맞추게 되며, 문제를 해결하고자 그럴듯한 모델을 제시하게 된다. 그리고 제시한 모델의 사실 여부를 확인하는 과정으로 이 모델이 실제 현실 세계에 들어맞음의 여부를 예측과 자료를 통해 결정하려 한다. 이 과정에서 모델로부터 과학자들의 사고를 통해 얻어지는 예측과, 현실 세계로부터 실험 또는 관찰에 의해 얻어진 자료가 필요하며 결론적으로는 객관적 자료와 과학자의 예측의 일치 여부를 평가하게 되는 것이다. 이 일련의 과정을 정리하여 Giere는 이론적 가설의 생성 과정을 도식화 하였으며, 더 나아가 생성된 이론적 가설을 평가하기 위한 두 가지 단계를 추가하여 이론적 가설 평가 프로그램 [Figure 4]을 고안하였다.

고안된 Giere(2004)의 이론적 가설 평가 프로그램은 크게 두 부분으로 이루어져 있다. 프로그램을 구성하는 네 가지 기본 요소를 확인하고, 네 가지 기본 요소들이 모두 확인이 되었을 때, 가설을 평가하기 위한 두 가지의 단계로 넘어갈 수 있다.



[Figure 4] Theoretical Hypothesis Verification Program (Giere, 2004)

[Figure 4]의 1단계 ‘현실 세계’는 연구의 초점이 되고 있는 현실의 측면에 대해 기술한다. 현실 세계를 바탕으로 연구자는 2단계에서 ‘모델’을 제시하고, 3단계에서는 모델을 토대로 추리와 계산을 통해 얻어질 것이라 여겨지는 ‘예측’을 하게 된다. 이 3단계의 예측과 현실 세계에서 실험이나 관찰을 통해 얻게 된 4단계의 ‘자료’와의 일치여부를 확인하는 것까지가 가설 평가 프로그램의 첫 부분이다.

5단계와 6단계는 실제적인 가설의 평가가 이루어지는 가설 평가 프로그램의 두 번째 부분이다. 자료(4단계)와 예측(3단계)의 일치 여부를 판단하는 5단계에서 자료와 예측이 일치하지 않는다면, 모델이 현실 세계에 들어맞지 않는다는 해석이 가능하며, 이 경우 자료가 모델이 현실 세계와 일치하지 않는다는 부정적 증거를 제시한다. 만일 5단계의 판단 결과 자료와 예측이 일치한다면, 모델이 현실 세계에 들어맞는다는 해석이 가능하며, 이 경우 6단계 긍정적 증거 제시 단계로 넘어가게 된다. 긍정적 증거는 고려중인 모델이 현실 세계와 적절하게 들어맞지 않더라도 예측이 자료와 일치할 가능성은 없을지 판단하는 단계로 판단 결과에 따라 자료가 모

델이 실제 세계 예측과 들어맞았다는 증거를 제공하거나, 자료가 모델과 현실 세계의 들어맞음에 대해 결정적이지 않았다 결론을 내리게 된다(Giere 2004).

Giere(2004)가 제시한 이론적 가설 평가 프로그램을 이용하여 앞서 설명한 세 가지의 ‘초기 인류의 진화’에 대한 이론의 흐름을 분석하며, 과학적 이론의 발달 과정에서 나타나는 학자들의 사고과정을 도출하여 이를 토대로 학습 프로그램을 제시하고자 한다.

Results and Discussion

초기 인류의 진화에 대한 가설을 총 세 가지로 나누어 제시하였으나, 이 세 가지 모두 가설일 뿐 아직 어느 하나 선택되어 정설로 받아들여지지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 편의상 가설의 제시 순서에 따른 시간의 흐름으로 이론적 가설 모델 검증을 실시하고자 하며, 매 단계에서 추가적 증거의 발견 가능성을 열어두고자 한다.

Testing Theoretical Hypotheses on the Evaluation of Human Beings

인류의 진화에 대한 기존 서양학자의 관점

가장 먼저 제안된 초기 인류 진화에 대한 가설로 현재는 부가적인 증거들에 의해 타당성을 많이 잃게 되었으나, 가설이 제시된 당시에는 마치 정설로 받아들여졌으며, 지난 교육과정 세대는 아직까지도 과학적 사실로 알고 있는 경우가 가장 많다. 정설로 받아들여진 당시의 관점에서 추가적인 가능성을 열어둔 채 Geire의 이론적 가설 평가 프로그램을 적용하였다.

1단계 현실 세계 : 현실 세계의 주제는 초기 인류의 진화에 대한 서양학자들의 관점이다.

2단계 모델 : 서양학자들은 위에서 제시한 ‘기존의 서구 중심의 관점’을 초기 인류의 진화에 대한 모

델로 제시하였다.

3단계 예측 : 서양학자들은 제시된 모델에 따라, 변방인 아시아에서는 호모 하이델베르겐시스 이전의 에렉투스 화석 증거는 나타날 수 없다고 예측하였다.

4단계 자료 : 당시에는 정설처럼 받아들여졌기에 서양학자들의 예측대로 아시아에서 호모 하이델베르겐시스 이전의 화석 증거는 나타나지 않았다.

5단계 부정적 증거? : 없다. 예측과 자료가 분명히 일치한다. 그렇기에 서양학자들이 제시한 ‘기존의 서구 중심의 관점’은 현실 세계를 잘 반영한 모델로 받아들여진다.

6단계 긍정적 증거? : 모델이 실제 세계와 들어맞지 않는데도 일치할 가능성이 있을까? 이에 대한 대답은 ‘예’이다. 서양학자들의 의견이 정설처럼 받아들여진 이 당시만 하더라도 예측에 반하는 증거가 발견되지 않았으나, 화석 증거는 추가적으로 발견될 가능성이 충분하다. (그리고 실제 예측에 맞지 않는 화석 자료가 추후에 발견되었으며, 이 화석 증거가 바로 중국의 북경원인과 인도네시아의 자바원인이다.) 즉, 자료가 모델과 현실 세계의 들어맞음에 대해 결정적이지 않다.

초기 인류의 진화에 대한 아시아 포함의 관점

북경원인과 자바원인 화석 증거의 발견으로 초기 인류 진화에서 아시아를 더 이상 배제할 수 없게 되어 아시아를 포함한 새로운 가설이 등장하게 된다.

1단계 현실 세계 : 북경원인과 자바원인 화석이 발견된 상황에서 새로운 초기 인류 진화에 대한 가설이 필요하다.

2단계 모델 : 아시아를 포함한 ‘새로 등장한 아시아 포함의 관점’을 초기 인류의 진화에 대한 모델로 제시하였다.

3단계 예측 : 새로 등장한 아시아 포함의 관점에 따라 공평한 진화로 아시아에서도 호모 에렉투스 이후의 화석 증거가 발견 될 것이다.

4단계 자료 : 예측대로 아시아에서 호모 에렉투스 이후의 화석 증거들이 다수 발견 되었다.

5단계 부정적 증거? : 없다. 예측과 자료가 분명히 일치한다. 그렇기에 새롭게 제시된 ‘새로 등장한 아시아 포함의 관점’은 현실 세계를 잘 반영한 모델로 받아들여진다.

6단계 긍정적 증거? : 모델이 실제 세계와 들어맞지 않는데도 일치할 가능성이 있을까? 이에 대한 대답은 ‘예’이다. 이 당시만 하더라도 예측에 반하는 증거가 발견되지 않았으나, 화석 증거는 추가적으로 발견될 가능성이 충분하다. (그리고 실제 예측에 맞지 않는 화석 자료가 추후에 발견되었으며, 이 화석 증거가 호모 에렉투스 이전 형태의 조지아 드마니시 화석과 플로레스인 화석이다.) 즉, 자료가 모델과 현실 세계의 들어맞음에 대해 결정적이지 않다.

초기 인류의 진화에 대한 아시아 중심의 관점

드마니시 화석과 플로레스인 화석 증거의 발견으로 호모 에렉투스의 진화의 중심지를 아시아로 둔 새로운 가설이 등장하게 된다.

1단계 현실 세계 : 드마니시 화석과 플로레스인 화석의 발견으로 새로운 초기 인류 진화에 대한 가설이 필요하다.

2단계 모델 : 아시아를 호모 에렉투스 진화의 중심지로 두는 ‘더 나아간 아시아 중심의 관점’을 초기 인류의 진화에 대한 모델로 제시하였다.

3단계 예측 : 아시아 중심의 초기 인류 진화에 따르면 호모 에렉투스의 진화가 아시아에서 일어나야 하며, 드마니시 화석과 플로레스인의 화석의 연구 결과는 이를 뒷받침해야 한다.

4단계 자료 : 70만년 전에 살던 플로레스인 조상이 발견되었으며, 미국 조지아 연구팀은 초기 인류의 특징을 드마니시 화석에서 발견하였다.

5단계 부정적 증거? : 없다. 예측과 자료가 분명히 일치한다. 그렇기에 새롭게 제시된 ‘더 나아간 아시아 중심의 관점’은 현실 세계를 잘 반영한 모델로 받아들여진다.

6단계 긍정적 증거? : 모델이 실제 세계와 들어맞지 않는데도 일치할 가능성이 있을까? 이에 대한 대답은 ‘예’이다. 아직까지 예측에 반하는 증거가

발견되지 않았으나, 앞선 두 경우와 마찬가지로 화석 증거는 추가적으로 발견될 가능성이 충분하다. 즉, 자료가 모델과 현실 세계의 들어맞음에 대해 결정적이지 않을 수 있으므로 가능성을 열어둘 필요가 있다.

Learning Program based on Reasoning Process

기존 과학적 탐구 학습 프로그램의 다수는 가설을 생성하고 연역적 과정을 통해 가설을 검증하는 형태가 주를 이룬다. 물론 과학적 사고과정을 통해 생성한 가설을 적절한 실험 설계와 변인의 조작 및 통제, 관찰 방법 등의 과정을 통해 검증하는 것은 적절하고 타당한 방법이다. 하지만, 본 연구에서 제시하고 있는 ‘초기 인류의 진화’를 포함한 몇몇의 탐구 주제에서는 사용하기 어려운 형태의 학습 프로그램이라 생각된다. 현실 세계를 적절하게 담은 가설을 생성할 수 있으나, 인류의 진화를 실험적 방법으로 알아내기란 불가능하기 때문이다.

이러한 경우에 적용 가능한 학습 프로그램을 ‘초기 인류의 진화’에 대한 Giere(2004)의 이론적 가설 검증 프로그램을 통한 과학적 사고과정 분석으로 새롭게 제안하고자 한다.

‘초기 인류의 진화’는 아직까지 결론을 맺지 못하고 있으며, 이처럼 현재는 사실처럼 여겨지고 있으나 실제로는 끝내 결론을 맺기 어려운 과학적 사례들이 있을 것이다. Giere(2004)의 이론적 가설 검증 프로그램을 통해 분석한 결과 가장 큰 특징은 프로그램의 5단계에서 예측과 자료의 일치로 제안된 모델이 현실 세계를 잘 반영하는 것으로 받아들여지나, 끝내 추가적인 증거의 발견으로 제시된 모델의 결정적이지 못함이 드러나고, 추가적 증거를 설명 가능한 새로운 모델의 등장으로 나아가는 과정을 반복하고 있다. 심지어 가장 최근에 제안된 가설의 평가 과정에서조차 가능성을 열어둔 채 결론을 맺을 수 밖에 없었다. 이렇듯 제안된 가설이 ‘참’임을 확인하는 과정보다 ‘참’이 아닐 수 있음을 드러내는 과정을 통해 새로운 가설 생성의 기회를 갖는 기존에 드러난 탐구 과정과는 반대로 제시된 형태의 학습이 가능하며, 아래와 같이 프로그램화 하여 나타

낼 수 있다.

- 관찰 : 직접적 또는 자료 수집, 문헌 조사와 같은 간접적 방법으로 현실 세계를 파악한다.
- 의문 생성 : 관찰의 결과를 바탕으로 현실 세계에서 알고자 하는 의문을 생성한다.
- 가설 생성 : 생성된 의문에 대한 잠정적 답으로 현실 세계를 설명할 수 있는 가설을 생성한다.
- 예측 : 생성된 가설을 바탕으로 파악하고 있는 현실 세계에서 가능할 것으로 판단되는 예측을 실시한다.
- 예측 뒤엎기 : 예측과 일치하지 않는 자료 및 상황, 증거(새로운 현실 세계)를 수집한다.
- 새로운 의문 생성
- 새로운 가설 생성
- (과정 반복)

Conclusions and Implications

본 연구의 목적은 ‘초기 인류 진화’에 대한 이론적 가설들을 모델로 제시하고, Giere의 이론적 가설 평가 프로그램을 이용하여 제시된 가설들을 평가하는 과정을 통해 ‘초기 인류 진화’에 대한 흐름을 살펴보고, 흐름에 기초한 과학자들의 사고과정을 토대로 교육 현장에 적용 가능한 학습 프로그램을 제안하고자 하는 것이었다.

이에 따라 ‘초기 인류 진화’에 대한 이론적 가설들을 세 가지로 분류하여 모델로 제시하였으며, 첫 번째는 기존의 서구 중심의 관점, 두 번째는 새로 등장한 아시아 포함의 관점, 마지막 세 번째는 더 나아가 아시아 중심의 관점 이었다. 모델이 제안된 시간적 순서로 Giere의 이론적 가설 평가 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 분석결과 공통적으로 나타난 사고과정의 특징으로 먼저 제시된 모델이 예측과 자료의 일치를 보였음에도 불구하고, 추가적 가능성을 열어두어야 했으며, 머지않아 모델에 맞지 않는 증거의 발견으로 새로운 가설에게 자리를 내주는 과정을 반복하였다는 것이다.

이런 사고과정의 특징을 토대로 가설이 참임을 검증하는 것이 아닌 가설의 반복적인 기각을 목적

으로 하는 ‘관찰 - 의문 생성 - 가설 생성 - 예측 - 예측 뒤엎기 - 새로운 의문 생성 - 새로운 가설 생성 - ... (반복) ...’의 순환적 구조를 갖는 새로운 학습 프로그램을 제안하였다.

본 연구의 교육적 함의는 다음과 같이 제시할 수 있을 것이다.

첫째, 학생들에게 제시하는 과학적 내용들이 완벽한 사실이 아니며, 충분히 변경될 수 있는 가능성이 있다는 것을 인지하도록 하여야 한다. 연구자를 포함한 많은 성인들의 경우 현재 과학 교과서에서 제시되고 있는 것과 다르게 배운 내용들이 있을 것이며, 추가적인 기회가 없다면 잘못된 지식을 수정할 기회 없이 평생 안고 살아갈 가능성이 있다. ‘초기 인류 진화’와 마찬가지로 끊임없이 새롭게 변화될 가능성이 있는 부분에 대해서는 정설이 아니라 가설임을 숙지하게고 언제라도 새롭게 변화하는 내용을 받아들일 수 있도록 하여야 할 것이다.

둘째, 과학자를 포함한 한 분야의 전문가가 실시하는 사고과정 분석 결과를 학생들의 학습 과정에 적용하는 것은 교수학습을 위한 지름길이 될 수 있다. 앞서서도 언급했듯이 전문가와 학생들은 인지적 능력을 포함한 많은 부분에서 전문가에 한참 뒤떨어질 수 있다. 하지만 그럼에도 불구하고, 체계적인 학습이 이루어진다면 이들의 사고과정을 학생들이 답습하는 실제적으로 충분히 가능하며, 이 과정을 통해 과학적 탐구 능력의 향상을 꾀할 수 있다.

셋째, 가설의 검증만이 과학적 탐구 방법은 아니다. 학교에서 이루어지는 대부분의 과학적 탐구 방법은 관찰을 통해 가설을 세우고, 변인의 조작 및 통제를 포함하는 실험과정을 통해 가설이 ‘참’임을 검증하는 연역적 과정을 통한다. 하지만, 때로는 가설을 기각시키는 과정을 통해서도 과학은 발전할 수 있다.

References

- Brauer, G. & Rimbach, K.W. (1990). Late archaic and modern HOMO sapiens form Europe, Africa, and Southwest Asia: craniometric comparisons and phylogenetic implications., *Journal of Human Evolution*, 19, 789-807.
- Brauer, G. (1984a). The ‘Afro-European sapiens-hypothesis’, and hominid evolution in East Asia during the late Middle and Upper Pleistocene. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 69, 145-165.
- Brauer, G. (1984b). A craniological approach to the origin of anatomically modern homo sapiens on Africa and complications for the appearance of modern Europeans. In Smith, F.J. and Spencer, F. (eds.), *The Origins of Modern Humans*, 327-410.
- Brown, P., Sutikna, T., Morwood, M.J., Soejono, R.P., Jatmiko, Saptomo, E.W., & Due, R.W. (2004). A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature*, 431, 1055-1061.
- Ferring, R. et al. (2011). Earliest human occupations at Dmanisi(Georgian Caucasus) dated to 1.85-1.78 Ma. *PNAS*, vol. 108, 10432-10436.
- Gabunia, L. & Vekua, A. (1995). A Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi, East Georgia, Caucasus, *Nature* 373, 509-512.
- Geire, R.N. (2004). Understanding Scientific Reasoning : Logic of Study. Belmont, CA: Wadsworth.
- Lakatos, I. (1978). The Methodology of Scientific Research Programmes. *Cambridge University Press*.
- Lee, S. (2013). Patterns of Human Evolution in Northeast Asia. *Journal of the Hoseo Archaeological Society*, 29, 4-49.
- Mayr, E. (1950). Taxonomic categories in fossil hominids. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 15, 109-118.
- Park, S. (1991). A Study about the Origin of the Modern Humanity. *博物館紀要*, Vol. -No.7. 121-146
- Qui, J. (2016). The Forgotten Continent. *Nature*, 535, 218-220.
- Shipman, P. and P. Storm. (2002). Missing links: Eugene Dubois and the origins of paleoanthropology, *Evolutionary Anthropology*, 11, 108-116.

- Smith, F. h., A. B. Falsetti and S. M. Donnelly. (1989).
Modern human origins. *Yearbook of Physical Anthropology*, 32, 217-226.
- Stringer, C.B. & Andrews, P. (1998). Genetic and Fossil
Evidence for the Origin of Modern Humans. *Science*, 239, 1263-1268.
- Swisher, C. C. 3rd, G. H. Curtis, T. Jacob, A. G. Getty,
A. Suprijo and Widiasmoro. (1994). Age of the
earliest known hominids in Java, Indonesia.
Science, 263, 1118-1121.
- Thorne, A.G. & Wolpoff, M.H. (2003). The
Multiregional Evolution of Humans. *Scientific American*, 13(2), 46-53.
- Trinkaus, E. (1984). Western Asia. *In*, F.J. Smith and F.
Spencer(eds.) *The Origins of Modern Humans*(New York: Alan R. Liss, Inc).
- Weidenreich, F. (1943). The skull of *Sinanthropus pekinensis*: A comparative study of a primitive hominid skull, *Palaeontologia Sinic., New Series*, D 10.