

뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형을 적용한 초등학교 학생의 자유 탐구 활동에서 과학 태도와 흥미 주제 영역 분석

임채성 · 김재영 · 백자연[†]
(서울교육대학교) · (서울신계초등학교)[†]

Analyses on Elementary Students' Science Attitude and Topics of Interest in Free Inquiry Activities according to a Brain-based Evolutionary Science Teaching and Learning Model

Lim, Chae-Seong · Kim, Jae-Young · Baek, Ja-Yeon[†]
(Seoul National University of Education) · (Seoul Singye Elementary School)[†]

ABSTRACT

Interest is acknowledged to be a critical motivational variable that influences learning and achievement. The purpose of this study was to investigate the interest of the elementary students when free inquiry activities were performed through a brain-based evolutionary scientific teaching and learning model. For this study, 106 fifth grade students were chosen and performed individually free inquiry activities. The results of this study were as follows: First, after free inquiry activities, as to free inquiry science related attitude, a statistically significant difference was not observed. But they came to have positive feelings about the free inquiry. Especially students marked higher mean score in openness showed consistency in sub-areas of free inquiry science related attitude. Second, students had interests in various fields, especially they had many interests in area of biology. They chose inquiry subjects that seems to be easily accessible from surrounding and as an important criterion of free inquiry they thought the possibility that they could successfully perform it. And students who belong to the high level in the science related attitudes and academic achievement diversified more topics. Third, most of students failed to further their topics. However, the students who specifically and clearly extended their topics suggested appropriate variables in their topics. On the other hand, students who couldn't elaborate their topics were also failed to suggest further topics and their performance of inquiry was more incomplete. In conclusion, the experiences of success in free inquiry make the science attitude of students more positive and help them extend their inquiry. These results have fundamental implications for the authentic science inquiry in the elementary schools and for the further research.

Key words : brain-based evolutionary science teaching and learning; free inquiry activities; science related attitude; interest

I. 서 론

과학과 기술이 급속하게 발달한 현대 사회에서는 지식의 양이 늘어남에 따라 전통적인 과학 교육에서 강조하는 지식의 전달 만으로는 학생들의 과학

능력을 효과적으로 향상시키기 어렵다. 이에 따라 탐구 중심의 과학 학습을 통해 과학 활동에 직접 참여함으로써 과학 지식 형성 과정을 직접 경험해야 한다(김찬중 등, 1999; Martin *et al.*, 2008). 우리나라에서는 그간 여러 차례에 걸쳐 과학 교육과정

이 개정되어 왔지만, 자연 사물과 현상에 호기심을 가지고 과학적으로 탐구하는 능력을 기르며, 이러한 탐구 활동을 기초로 과학의 기본 개념을 이해하는 것을 과학교육의 중요한 목표로 지속적으로 강조해 왔다. 이러한 탐구의 중요성이 강조되면서, 2007년 개정 과학과 교육과정에서는 학생들의 과학에 대한 흥미를 높이고 창의력을 신장시키기 위한 한 방안으로 학생 스스로 관심 있는 주제를 선정하여 탐구 활동을 자기주도적으로 수행하는 ‘자유 탐구’를 신설하였다(교육과학기술부, 2008).

그러나 우리나라 학교 과학교육 현장에서 실제적인 탐구가 적절하게 이루어지지 못하고 있다. 교과서에 제시된 탐구 활동은 대체로 내용이나 개념 이해를 위하여 탐구 과정이 미리 자세히 서술된 요리책식의 구성으로 이루어져 있다(심규철 등, 2006; 장신호, 2006). 교사가 실험이나 탐구 활동 과정을 제시하거나 설명하면, 학생은 자신이 수행할 활동의 목적이나 의미 등 중요한 내용을 이해하지 못한 채 교사 지시에 따라 맹목적으로 활동한다(Germann *et al.*, 1996; Hodson, 1998; Wellington, 1998). 이러한 활동에서는 학생들이 종합적으로 탐구하는 자기주도적 탐구를 수행하기 어렵다. 그 결과, PISA나 TIMSS 등의 교육 성취도에 관한 국제 비교 연구에서 우리나라 학생들은 과학에 대한 자신감, 과학에 대한 가치 인식, 과학에 대한 흥미 등에서 참가국 중 거의 최하위를 나타낸다(김경희 등, 2008).

이러한 문제를 해결하기 위해서는 교과에서 실제적인 과학 탐구(authentic scientific inquiry) 활동을 수행하도록 할 필요가 있다. 학생들이 과학자처럼 관심을 갖고 있는 주제를 직접 탐색하고, 그에 대한 탐구 방법을 계획하여 직접 탐구하고, 문제를 해결해 나아가는 자유 탐구 활동이 적합하다고 할 수 있다.

자유 탐구 활동에서는 기본적으로 자신이 흥미를 갖고 있는 주제를 찾아내고, 탐구 계획을 세우고, 탐구를 함으로써 과학 지식을 습득해 나가는 과정을 거치는데, 정의적, 행동적, 인지적 영역에서, 각각 다원적 진화의 핵심 요소인 변이, 선택, 번식(Plotkin, 1994)에 해당하는 다양화 → 비교·추정·평가 → 확장·적용하는 과정으로 이루어지는 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습 모형(임채성, 2009)은 자유 탐구 자체와 그에 대한 체계적인 연구에 효과적이라고 판단된다.

전통적으로 과학교육 연구는 인지적 영역 내에

서 어떻게 하면 학업 성취도를 향상시킬 수 있는가에 많은 노력이 집중되어 왔다(Randler & Bogner, 2006, 2007). 흥미는 19세기 말부터 인간이 어떤 대상에 관심을 갖고 주의를 기울이고 기억하는 데 크게 기여한다고 인식되어 왔지만, 흥미 요소에 대한 체계적 연구는 미흡하였다(Hidi, 2006). 지난 30여 년 동안의 신경과학적 연구에서 감성이 학습에서 우선적으로 작용하고 결정적인 역할을 한다는 것이 밝혀졌으므로(Ashby *et al.*, 2002; Damasio, 1994, 2003; Panksepp, 1998, 2003), 자연 현상을 탐구하는 과정에서 흥미 변인의 역할을 조사할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습 모형에 따른 자유 탐구 활동을 실시하여 과학 흥미 주제 영역에서 다양화, 비교·선택·평가, 심화·확장 단계별로 어떤 특징이, 어떻게, 왜 나타나는가를 정량적 방법과 정성적 방법을 사용하여 규명하고자 한다.

본 연구의 목적에 따라 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습 모형에 따른 자유 탐구 활동에 따른 과학 태도 변화 양상은 어떠한가?

둘째, 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습 모형에 따른 자유 탐구 활동에서 학생들은 주제를 어떻게 다양화하고 어떤 기준으로 비교·평가하여 선택하는가?

셋째, 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습 모형에 따른 자유 탐구 활동의 주제 선정 단계에서 주제를 어떻게 심화·확장하는가?

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 서울시 소재 S 초등학교 5학년 4개 반(106명)을 대상으로 실시하였다. 이 학교가 속한 학군은 학생의 학업 성취도가 낮고 가정 형편이 여유 있는 편은 아니어서 대부분의 교육을 학교 수업에 의존하는 편이다. 이 연구에서 적용한 뇌 기반 진화적 과학 교수 학습의 요소와 단계들은 학생들에게 상당한 인내 및 평가적 사고와 같은 고차 사고를 요구하는 경우가 많기 때문에, 자유 탐구를 실시하는 초등학교 3~6학년의 학생 중, 이전 학년에서 자유 탐구 경험이 있고, 자신의 아이디어를 평가하여 비교적 정확하게 표현할 수 있는 5학년을 연구 대상으로 선정하였다.

2. 연구 과정 및 내용

1) 연구 과정

본 연구의 과정은 그림 1과 같다.

본 연구는 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형을 적용한 자유 탐구 활동을 분석하기 위해 사전과 사후에 과학 태도 검사를 실시하였으며, 뇌 기반 진화적 요소를 반영한 자유 탐구 일지를 개발하여 자유 탐구 활동의 각 단계에 투입하고, 학생의 태도 변화 양상과 탐구 수행 과정을 알아보았다.

2) 자유 탐구 활동 실시 방법

2007년 개정 과학과 교육과정에 의한 초등학교 5학년 과학 교사용 지도서(교육과학기술부, 2011)와 선행 연구를 바탕으로 총 8차시의 수업을 구안하였으며, 공휴일과 학교 행사 등과 같은 시간 공백으로 인한 자유 탐구 활동의 지속적인 수행의 어려움(신현화와 김효남, 2010)을 고려하여 3~4월에 걸쳐 자유 탐구 활동을 실시하였다. 차시별 내용과 운영 방법은 표 1과 같다.

이렇게 수행한 자유탐구 중 이 논문에서는 첫 번째 요소에 해당하는 흥미 주제와 관련된 내용(A-DEF)을 보고한다.

3) 자료 수집

본 연구는 뇌 기반 진화적 요소를 반영한 자유 탐

구 활동에서 학생의 과학 태도와 자신이 탐구할 흥미 주제를 선정하는 과정을 알아보기 위하여 정량적 검사 도구와 정성적 검사 도구를 함께 사용하였다.

(1) 사전-사후 과학 태도 검사

과학 태도 검사지는 Fraser(1981)가 개발한 TOSRA (Test Of Science-Related Attitudes)와 김효남 등(1998)이 개발한 과학에 관련된 정의적 특성의 평가 검사를 본 연구에 맞게 수정, 보완하여 사용하였다. 일반 과학 태도 검사지는 과학 전반을 다루고 있기 때문에 데이터의 타당성을 높이고, 연구 주제와 관련된 과학 태도 자체와 그 변화 양상을 구체적·심층적으로 알아보기 위하여, ‘자유 탐구에 대한 인식’, ‘자유 탐구에 대한 흥미’, ‘자유 탐구에 대한 과학적 태도’의 영역에서 객관식과 주관식을 혼합하여 자유 탐구 활동과 관련된 내용으로 구성된 ‘자유 탐구 활동 관련 과학 태도 검사지’를 개발하였다(표 2).

과학 태도 검사 도구를 자유 탐구 활동의 사전, 사후에 투입하여 과학 태도 변화를 비교하였으며, 사후에 과학 태도가 변화한 학생들의 자유 탐구 과정 분석에 활용하였다. 본 연구에서 일반 과학 태도 검사의 신뢰도는 Cronbach α .83이며, 자유 탐구 활동 관련 사전 태도 검사의 신뢰도는 Cronbach α .85, 사후 태도 검사의 신뢰도는 Cronbach α .77이다.

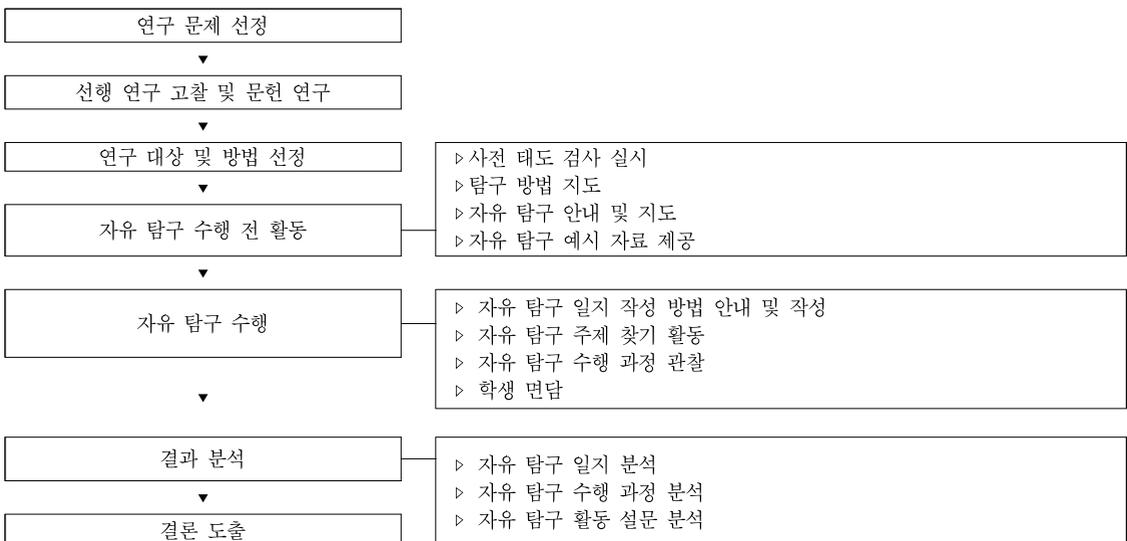


그림 1. 연구 과정

표 1. 자유 탐구 차시별 내용 및 운영 방법

| 차시 | 내용 및 운영 방법 |
|-----|---|
| 1 | 자유 탐구 안내 및 예시 자료 제시 |
| 2-3 | 자유 탐구 주제 선정하기 - 관심 있는 주제 다양화(뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 정의적 요소 중 다양화 단계: A~D 단계) - 다양화한 주제 중 가장 적합한 것 선택하기 (뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 정의적 요소 중 평가·선택 단계: A~E 단계) - 선택한 주제 정교화하고 심화·확장 방안 모색하기(뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 정의적 요소 중 심화·확장 단계: A~F 단계) |
| 4-5 | 주제에 맞는 탐구 방법 구안 및 실행 - 주제 탐구 방법의 다양화(뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 행동적 요소 중 다양화 단계: B~D 단계) - 다양화한 방법 중 가장 적합한 것 선택하여 실행하기 (뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 행동적 요소 중 평가·선택·실행 단계: B~E 단계) - 자료 정리·분석과 사용한 방법의 심화·확장 방안 모색 (뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 행동적 요소 중 심화·확장 단계: B~F 단계) |
| 6 | 탐구 결과 해석 - 알아낸 사실 모두 적기(뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 인지적 요소 중 다양화 단계: C~D 단계) - 알아낸 사실들의 가치 평가하기(뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 인지적 요소 중 평가 단계: C~E 단계) - 알아낸 사실들의 심화·확장 방안 모색하기 (뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 인지적 요소 중 심화·확장 단계: C~F 단계) |
| 7 | 탐구 보고서 작성하기 |
| 8 | 탐구 발표 및 평가 |

표 2. 자유 탐구 활동 관련 과학 태도 검사지의 문항 구성

| 영역 | 하위영역 | 문항번호 | 영역 | 하위영역 | 문항번호 |
|--------------|-------------------------|--------|------------------|------|------|
| 자유 탐구에 대한 인식 | 자유 탐구에 대한 인식 | 1 | 자유 탐구에 대한 과학적 태도 | 호기심 | 4 |
| | 과학/기술/사회의 상호 관련성에 대한 인식 | 11, 12 | | 개방성 | 9 |
| | | | | 비판성 | 3 |
| 자유 탐구에 대한 흥미 | 자유 탐구에 대한 흥미 | 10, 13 | | 협동성 | 5 |
| | 과학 불안 | (8) | | 적극성 | 2 |
| | | | 계속성 | 6 | |
| | | | 창의성 | 7 | |
| 계 | | | | 13문항 | |

* ()안의 숫자는 부정형 문항

(2) 자유 탐구 일지

자유 탐구 각 단계별로 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형을 반영한 자유 탐구 일지를 개발하였다. 이 자유 탐구 일지의 타당도를 높이기 위해 몇 차례 파일럿 테스트를 실시하고, 초등 과학 교육을 전공하는 현장 교사와 과학교육 전문가의 검토와 협의를 거쳐 주제 탐색, 탐구 방법 정하기, 탐구 계획서 작성하기, 탐구 결과 분석하기, 탐구 보고서 작성하기의 총 5단계의 자유 탐구 일지 양식을 개발하였다(〈부록〉). 자유 탐구의 전체 과정에

대한 시나리오를 먼저 개발하여 자유 탐구 일지와 함께 자유 탐구 시나리오도 각 단계마다 함께 투입하였다.

3) 참여 관찰 및 심층 면담

본 논문의 저자 중 한 사람이 4개 학급에서 학생들의 자유 탐구 활동을 관찰함으로써 자유 탐구 수행 중 학생의 태도 변화와 자유 탐구 수행 과정을 직접 관찰하고 기록하였다.

자유 탐구 일지와 탐구 결과 발표만으로는 드러

나지 않는 학생의 상태를 더욱 심층적으로 파악하기 위하여 자세한 응답이 요구되는 경우에 자유 탐구 과정 중 태도가 얼마나, 어떻게, 왜 변했는지 등 연구에 유의적절하다고 생각되는 것들에 대해서는 상황에 따라 추가 질문을 하였다.

4) 자료 분석

사전·사후에 과학 태도 검사 도구를 이용하여 자유 탐구 활동을 수행하는 과정에서 나타난 학생의 태도 변화를 정량적으로 분석하였고, 흥미가 중요한 요소인 태도는 학업 성취도에 영향을 미치는 결정적인 동기 변인 중 하나이기 때문에(Hidi, 2006), 과학 태도와 학업 성취도 점수를 토대로 학생들을 유형화하여 분석하였다. 자유 탐구 수행 과정 관찰, 심층 면담, 자유 탐구 일지 분석 등 다양한 방법으로 수집된 정량적·정성적 자료의 분석에서는 주로 분석적 귀납 방법을 사용하였다(Schwartz와 Jacobs, 1979). 심층 면담을 통해 수집된 정성적 자료의 분석은 전사, 주제별 코딩, 주제 생성의 순으로 진행하였다.

III. 결과 및 논의

실제로 과학을 하는 데 핵심적으로 수반되는 정의적·행동적·인지적 요소와 뇌의 구조적·기능적 관련성, 자연 현상이나 사물에 대한 흥미·방법·설명 각각의 다양화→비교·선택·실행→확장·적용이라는 진화적 요소를 바탕으로 개발된 뇌기반 진화적 과학 교수학습 모형을 토대로 수행된 초등학교 학생의 자유탐구 과정과 결과 중, 태도 및 흥미 영역과 관련된 결과를 제시하고 분석·논의한다.

1. 자유 탐구 활동 사전·사후 과학 태도 변화 양상

자유 탐구 활동 후 태도 변화를 정량적으로 알아보기 위하여 실시한 자유 탐구 관련 사전 과학 태도 점수와 사후 과학 태도 점수 사이의 종속표본 *t*-검증을 실시한 결과, 표 3과 같이 사전·사후 검사 간의 유의미한 차이는 없었다.

사전·사후 검사 간 전체적으로 정량적인 측면에서는 통계적으로 유의미한 차이는 없었으나, 다음 학생의 구체적인 응답 사례를 통해서 자유 탐구 전·후 태도의 질적인 변화를 알 수 있다.

표 3. 사전·사후 자유 탐구 활동 관련 태도 점수에 대한 *t*-검증

| | M | SD | N | <i>t</i> | <i>p</i> |
|----------|-------|------|-----|----------|----------|
| 사전 태도 점수 | 45.36 | 9.59 | 106 | -0.6329 | .528 |
| 사후 태도 점수 | 46.09 | 7.96 | | | |

- 윤민 : 선생님께서 자유 탐구 일지를 빠지지 않고 주시고, 탐구에 대한 내용과 많은 것을 알려주셨다. 선생님 덕분에 생각이 바뀌고 흥미가 많이 생겼다.
- 선영 : 자유 탐구를 하는 동안 힘들기도 했지만 재미 있었다. 6학년에도 자유 탐구를 했으면 좋겠다.
- 형욱 : 자유 탐구가 솔직히 귀찮기는 했지만 내가 좋아하는 것, 궁금한 것을 탐구하니깐 흥미롭고 재미있었다. 가면 갈수록 점점 궁금한 것으로 빠져들 수 있었다.
- 혜진 : 이번 자유 탐구가 아니라면 생각하지도 못하고 넘어갈 수도 있는 것을 탐구해서 좋았다. 이번 실험은 나의 궁금증을 풀어주는 기회였다. 자유 탐구가 아니었다면 나는 별로 궁금증을 해결하지 못했을 것이다. 나도 나중에 시간이 나면 자유 탐구를 한 번 더 해보고 싶다. 자유 탐구를 하면서 흥미가 생겼고, 나중에 적극적으로 자유 탐구에 참여하고 싶다.

위와 같은 응답을 통해서, 통계적으로는 유의하게 향상되지 않았으나 정량적 검사로는 잘 드러나지 않는 정성적인 측면에서 향상되거나 긍정적인 결과가 나타났음을 알 수 있다. 물론, 뒤(표 4)에서 제시하는 바와 같이 소수이기는 하지만, 부정적으로 변화한 학생도 있었다.

과학 태도 하위 요소 영역의 변화를 살펴보기 위해 하위 영역별로 종속 표본 *t*-검증을 실시한 결과, 자유 탐구 활동 후 계속성과 개방성 영역이 통계적으로 유의하게 향상된 것으로 나타났다(표 4).

자유 탐구를 진행하면서 일지를 꾸준히 작성함으로써 생기는 계속성과 탐구 주제와 방법을 계획하고, 탐구를 진행해 나가는 과정에서 교사와 학생 간의 의견 교환을 통한 정교화 과정을 거치면서 탐구 주제와 방법을 바꾸어 나가는 것이 개방성에 영향을 끼쳤을 것으로 판단된다. 계속성과 개방성이 향상된 이유를 알아보기 위해 학생들의 면담 및 소감문을 분석하였다. 다음은 학생의 구체적인 응답 사례이다.

표 4. 사전·사후 자유 탐구 활동 관련 하위 영역별 태도 점수에 대한 *t*-검증

| 집단 | | M | SD | N | <i>t</i> | <i>p</i> |
|-----|----|------|------|-----|-----------|----------|
| 적극성 | 사전 | 3.72 | 0.97 | 106 | -0.408 | .684 |
| | 사후 | 3.76 | 0.99 | | | |
| 비판성 | 사전 | 3.13 | 0.98 | 106 | -1.037 | .302 |
| | 사후 | 3.25 | 1.02 | | | |
| 호기심 | 사전 | 3.79 | 0.89 | 106 | -0.443 | .658 |
| | 사후 | 3.92 | 2.98 | | | |
| 협동성 | 사전 | 3.49 | 0.89 | 106 | -1.785 | .077 |
| | 사후 | 3.68 | 0.88 | | | |
| 계속성 | 사전 | 2.93 | 0.97 | 106 | -3.678*** | .000 |
| | 사후 | 3.35 | 0.94 | | | |
| 창의성 | 사전 | 3.48 | 0.85 | 106 | 0.946 | .346 |
| | 사후 | 3.38 | 0.99 | | | |
| 개방성 | 사전 | 3.45 | 0.97 | 106 | -4.450*** | .000 |
| | 사후 | 3.95 | 0.82 | | | |

<계속성>

- 나은 : 처음엔 어려웠지만 자유 탐구 일지를 써 가며 하나씩 꾸준히 해결해 가니 점점 쉬워졌고, 나중에 재미있었어요. 마지막에는 여러 결과를 통합해 좋은 결과가 나와 기분이 좋았어요.
- 의진 : 처음 자유 탐구를 할 때는 짜증만 났는데 공부하고 기초 지식을 쌓은 후에 본격적으로 탐구를 하니 재미도 생기고 해서 매일 관찰을 하게 되었고, 다음에 탐구를 할 때는 더 재미있는 주제를 선정해서 해보고 싶다.

<개방성>

- 경범 : 처음에는 어려운 주제를 선택했지만 친구들의 의견과 선생님 말씀을 듣고 쉽고 탐구가 가능한 주제로 바꾸게 되었다. 주제를 바꿨더니 일이 순조롭게 진행이 되었다.
- 한결 : 여러 가지 알고 싶은 것 중 내가 한 가지를 골랐는데, 탐구를 하는 도중에 친구들이 내 주제를 보고 탐구가 어려운 것 같다는 의견이 많아 주제를 바꾸었는데 친구들의 의견을 듣기 잘한 것 같다.

자유 탐구 활동이 과학적 태도에 유의미한 영향을 미치지 않는다는 결과는 박종호 등(2001)의 연구

와 이형철과 이정화(2010)의 연구 결과와 같으나, 전자의 연구에서는 과학적 태도의 하위 영역 중 정직성, 비판성이 유의하게 향상되었고, 본 연구에서는 계속성, 개방성이 향상되었다. 이형철과 이정화의 연구에서는 자유 탐구의 후반부인 발표 및 평가 등의 단계를 실시한 이후 사후 검사를 실시하였기 때문에, 탐구 결과에 대한 정직성과 비판성 영역이 유의하게 향상되었다고 하였는데, 본 연구에서도 발표 및 평가 단계 이후 사후 검사를 실시하였으므로 사후 태도 검사지 투입 시기 이외에도 교사마다 구안하여 실시한 자유 탐구 활동의 특성이 다르기 때문에 하위 영역별로 유의한 차이가 다르게 나타났음을 알 수 있다. 교사 차이 이외에 태도 변화에 영향을 미친 다른 요인을 찾아보기 위해 자유 탐구 단계별 특성을 살펴보았다. 이형철과 이정화는 자유 탐구에 대한 안내 및 주제, 모듈 정하기 4차시, 탐구 계획서 작성하기 1차시, 탐구 수행 및 중간 점검 1차시, 탐구 보고서 작성 1차시, 발표 및 평가 1차시, 자유 탐구 설명회 및 소감문 작성 1차시, 총 9차시로 활동하였으며, 모듈별로 자유 탐구를 실시하였다. 본 연구에서는 다른 연구와 달리 단계별 특성 중 과학 흥미 주제 영역, 탐구 방법 계획의 각 영역에서 다양화, 비교·평가·선택, 확장·적용 단계, 자유 탐구 후 탐구 결과를 해석하고 평가하여 적용하는 등 진화의 핵심 요소들을 반영하는 단계를 거쳐 수행하였고, 자유 탐구 각 단계에서 자유 탐구 일지와 같이 활동 내용을 지속적으로 작성하게 하였다. 모듈별 자유 탐구 효과가 개방성을 높일 수 있을 것으로 기대하나, 실제 연구 결과에서는 평소 협동 학습 경험이 부족한 학생들에게 모듈 활동 자체가 자유 탐구에 대한 부담으로 작용하여 긍정적인 반응과 부정적인 반응이 모두 나타났다는 결과를 통해 개방성과는 연관 짓기 어렵다.

학생의 전체적인 과학 태도가 어떻게 변화하였는지 더 구체적인 결과를 얻기 위해, 일반 과학 태도 검사 외에 사전·사후 자유 탐구 관련 태도 검사지를 이용하여 학생들의 구체적인 태도 변화를 분석하였다. 사전·사후 검사에서 평균보다 낮은 학생과 높은 학생을 나누어, 점수가 평균 이상일 경우 High(H), 평균 이하일 경우를 Low(L)로 하여 학생을 크게 4집단으로 분류하였다(표 5). 그 결과 H(사전)→H(사후)에 속하는 학생은 81%, H(사전)→L(사후)에 속하는 학생은 9%, L(사전)→H(사후)에 속하는

표 5. 사전 · 사후 자유 탐구 활동 관련 과학 태도 변화에 대한 응답의 예

| 집단 | 자유 탐구 전 응답의 예 | 자유 탐구 후 응답의 예 |
|-----------------|---|--|
| H→H 76명(81%) | · 주제를 정해 탐구하는 것은 과학 공부에 도움이 될 것 같다.(미은) | · 주변 현상을 보고 궁금증이 생긴 문제를 해결해 보니 재미있는 결과가 나와서 도움이 되었다.(미은) |
| H→L 9명(9%) | · 주제를 정해 탐구한다면 궁금한 것을 알아보고 좋을 것 같다.(지성) | · 주제는 쉽게 정했지만, 탐구 결과 정리가 힘들어서 자유 탐구가 어렵다는 생각이 든다.(지성) |
| L→H 12명(11%) | · 스스로 주제를 정하는 것이 어렵고 힘들 것 같다.(수진) | · 자유 탐구를 해서 알게 된 것이 있어서 뿌듯해요.(수진) |
| L→L 4명(4%) | · 자유 탐구는 어려울 것 같다.(종환) | · 자유 탐구가 어렵고 잘 이루어지지 않았다.(종환) |

학생은 11%, L→L에 속하는 학생은 4%였다.

처음부터 자유 탐구에 대해 부정적인 학생은 15% 정도였고, 대부분 자유 탐구에 대해 긍정적인 생각을 갖고 있었다. H→H 집단은 대체로 긍정적으로 응답하였고, H→L 집단은 주제 선정 단계는 재미있었으나 점점 어려워졌다고 응답하였으며, L→H 집단은 부정적인 이유에서 긍정적인 응답으로 변화하였으며, L→L 집단은 처음부터 부정적인 응답으로 일관하였다. 사전 · 사후 자유 탐구 관련 과학 태도 변화 유형별로 탐구 결과가 어떻게 다른지 전형적인 학생들을 중심으로 자유 탐구 결과를 살펴보았다.

H→H(미은) : ‘식물에게만 물을 주어야 할까?’라는 주제로 탐구를 하여 ‘무순을 주스, 우유, 물에 각각 키웠을 때 물에서 가장 잘 자랐다.’는 결과를 얻게 되었다. 명확한 주제에 따라 계획적으로 탐구를 수행하였으며, 정확한 결과를 얻어 표나 그래프로 이를 제시하고 자료를 바탕으로 결론을 내렸다.

H→L(지성) : ‘붕숭아와 잣초를 키웠을 때 어떤 식물이 더 잘 자랄까?’를 주제로 하여 ‘잣초가 빨리 자랐다’는 실험 결과를 얻었으나, 변인 통제가 제대로 안 되어 있고, 실험을 제대로 하지 않았다. 보고서 평가 결과, 관찰, 측정된 결과를 제시하지 않았으며, 자신의 탐구 결과를 토대로 해석하기보다 인터넷 자료 등에서 내용을 참고하여 보고서를 작성하였다.

L→H(수진) : ‘물, 사이다, 우유 중 어떤 액체에서 얼음이 빨리 녹을까?’라는 주제에 따라 탐구를 하여 네 번의 실험을 거쳐 평균값을 얻고, ‘물, 사이다 우유 순으로 얼음이 빨리 녹

는다’는 결과를 알아냈다. 자유 탐구 초반에 주제를 다양화하는 데 어려움을 겪었으나, 자신이 정한 주제에 따라 실험을 충실하게 하였으며, 결과를 표로 정리하고, 사진도 찍어 탐구 결과를 정리하고 자신이 얻은 결과에 따른 이론적 내용에 대한 자료도 추가하여 보고서를 작성하였다.

L→L(종환) : 주제를 두 번 바꾸었고, ‘100 mL의 물이 증발하는 데 걸리는 시간은 얼마인가?’라는 주제에 따라 탐구를 하였는데, 변인 통제가 안 되어 있으며, ‘100 mL의 물은 실험을 시작하지 몇 시간이 지나도 변화가 거의 없고 조금씩만 증발한다’라는 결과를 제시하였다.

위의 주요 사례들을 살펴보았을 때 태도가 긍정적으로 변화한 학생들은 변인을 제대로 통제하여 실험을 하고 반복적으로 관찰하고 측정하여 정확한 결과를 얻어 탐구 후 만족도가 높은 것으로 나타났지만, 태도가 부정적으로 변화한 학생들은 자유 탐구 전반에 걸쳐 계획적으로 탐구를 수행하지 못했으며, 정확한 자료를 얻지 못해 보고서 작성에 어려움을 겪는 것으로 나타났다.

학생들의 응답을 분석한 결과, 자유 탐구 과정이나 결과 해석이 어렵다고 생각되면 자유 탐구에 대해 부정적인 생각으로 변하는 것을 알 수 있었다. 자유 탐구 과정과 결과가 전체적인 자유 탐구에 대한 학생들의 태도에 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있으며, 교사는 학생들이 자유 탐구를 수행하면서 어려움을 겪지 않도록 자세한 안내를 할 필요가 있으며, 성공적인 자유 탐구 경험을 갖게 할 필요가 있다.

조희형과 박승재(1995)는 과학적 태도는 지적 방

법보다 감정적 방법에 의해 훨씬 더 효과적으로 형성, 수정될 수 있다고 하였으므로 학생들에게 자유 탐구 활동을 완벽하게 수행하도록 강요하는 것보다는 학생들이 문제 해결에 대해 흥미와 호기심을 지속하도록 적절한 격려와 신념을 주어야 한다는 연구 결과(박종호 등, 2001)를 바탕으로 고려할 때, 학생들의 자유 탐구 전 흥미가 지속적으로 유지되고, 긍정적인 방향으로 변화될 수 있도록 자유 탐구 단계에 따른 교사의 자세한 안내가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 각 단계별로 활동의 특성에 맞는 자유 탐구 일지와 각 일지마다 구체적인 자유 탐구 시나리오를 제공하여 자유 탐구를 어려워하는 학생들에게 상세하게 안내를 했으며, 자유 탐구 활동의 단절이 없도록 일주일에 두 번 이상 피드백을 하여 자유 탐구에 대한 흥미가 지속적으로 유지되게 하였다.

2. 학생들이 다양한 주제와 비교·평가하여 선택한 주제

1) 선호하는 주제와 주제 선택의 기준

뇌 기반 진화적 접근의 첫 번째 요소와 단계(A-DEF; Affective component-Diversifying, Estimating/Evaluating, Furthering stages)로서 주제(흥미 영역) 선정 단계에서 학생들이 다양화한 주제와 비교·평가하여 선택한 주제를 과학의 주요 영역별로 분석하였다. 학생들이 선호하는 주제는 표 6과 같다.

학생들은 생명 영역에 대하여 알고 싶은 것이 가장 많은 것(37.5%)으로 나타났으며, 다양화한 주제 중 가장 알아보고 싶은 것을 한 가지 선택하게 하였을 때 또한 많은(45.3%) 학생이 생명 영역을 선택하였다.

학생들이 탐구해 보고 싶다고 제시한 것들을 살펴보면, 집에서 키울 수 있는 식물에 관한 것 23.6%, 음식(과자, 음료수, 빵)과 관련된 것 20.1%, 주변에서 볼 수 있는 물건(분필, 연필, 지우개 등) 17%, 집에서 키우고 있는 동물(강아지, 고양이, 햄스터, 장수풍뎅이) 15% 등 주변에서 쉽게 접할 수 있는 소재를 대상으로 한 것이 75.7%였다. 학생들은 동물과 식물에 관심이 높으며, 비교적 실험이 가능한 주제가 많기 때문에 이러한 결과가 나왔을 것으로 판단된다. 초등학교 학생의 과학교과에 대한 학습 흥미도 조사에서 생물 영역에서 흥미도가 높다는 김미나(1999)의 연구 결과와 일치한다.

표 6. 학생들이 다양화하고 선택한 주제의 영역별 빈도 및 비율(%)

| 영역 | 구분 | 학생들이 다양화한 주제의 영역 | 학생들이 선택한 주제의 영역 |
|---------|----|------------------|-----------------|
| 운동과 에너지 | | 58(12.5) | 10(9.4) |
| 물질 | | 92(19.8) | 22(20.8) |
| 생명 | | 174(37.5) | 48(45.3) |
| 지구와 우주 | | 55(11.9) | 8(7.5) |
| 기타 | | 85(18.3) | 18(17) |
| 계 | | 464(100) | 106(100) |

학생들이 일상 소재를 대상으로 하는 주제를 선호하는 까닭을 알아보기 위해 ‘왜 그 주제를 선택했는가?’에 대한 응답을 살펴보았다. 일상 소재의 주제를 선호하는 학생 75.7% 중 42%의 학생이 다음과 같은 이유를 들었다.

- 상준 : 재료를 구하기 쉬워서
- 창훈 : 관찰하기 쉬운 것 같아서
- 강민 : 우리가 자주 사용하는 것이어서
- 예서 : 주변에서 가장 흔하게 볼 수 있어서
- 미현 : 내가 직접 실험을 해서 알 수 있는 주제여서
- 영서 : 우리 주변에 있는 것인데 아직 모르고 있어서

Victor(1989)는 좋은 실험 자료로 가능한 간단한 자료, 집이나 현장에서 직접 구할 수 있는 자료를 들고 있다. 왜냐하면 이들은 가격이 싸고 쉽게 구할 수 있으며 자료와 실험 기구를 구하기 위해 많은 시간과 노력을 들이지 않을 수 있기 때문이라고 했다. 학생들이 일상 소재의 주제를 선호하는 이유는 Victor와 본 연구 결과에서처럼 쉽게 구하거나 접할 수 있는 것이 좋은 실험 자료라고 생각했기 때문이다. 진성욱과 이제용(1998)이 생활 주변 자료를 활용한 수업이 학생들의 흥미를 자극한다고 하였던 것과 관련지어 생각해 볼 때 학생들은 생활 주변의 소재에 흥미를 갖고 있어 일상 소재를 탐구 주제로 선택함을 알 수 있었다. 자유 탐구의 주제 선정 단계에서 탐구가 어렵다고 생각이 되어, 학생이 스스로 탐구하기 쉬운 주제를 선택했다는 내용의 소감문에서도 그 이유를 찾을 수 있다.

- 하은 : 처음에 알고 싶은 주제를 정해 스스로 탐구하는 것이 어렵다고 생각했다. 그래서 쉽게 구할 수

있는 바나나에 대해 탐구를 하기로 결정했다.

- 현웅 : 선생님께서 평소에 알아보고 싶은 주제를 생각해 보라고 하셔서 궁금한 것들이 아주 많지만, 그 중 내가 많이 쓰는 도구인 연필에 대해서 탐구해 보기로 했다.
- 태훈 : 은광이는 이번 자유 탐구 재료를 사는데 돈이 많이 들었다고 한다. 나는 집에 있는 것들을 이용해서 쉽게 실험할 수 있었는데...

위의 응답을 살펴 볼 때, 대부분의 학생들은 탐구가 쉽고 주변에서 흔히 접할 수 있는 것을 주제로 선택하였음을 알 수 있다. 학생들은 다양한 주제를 탐구해 보고 싶다는 생각을 하지만, 탐구 주제의 과학적 속성, 내용이나 수준을 도전적인 측면에서 고려하기보다 탐구의 소재를 주변에서 스스로 접할 수 있고 구할 수 있어야 하며, 스스로 탐구할 수 있어야 한다는 탐구 가능성을 가장 중요한 기준으로 생각하고 있었음을 알 수 있다.

2) 과학 태도와 성적에 따른 주제의 다양화 정도

자유 탐구 주제에 대한 뇌 기반 진화적 특징들을 상세히 알아보기 위해, 과학 태도와 학업 성취도 수준에 따라 표 7과 같이 9개 집단(A1~A9)으로 나누었다. 다양화한 주제의 개수에 따라 1점씩 부여하였으며, 주제 각각에 대하여 명확성, 독창성, 탐구 가능성을 따져 1점씩 부여하여 탐구 주제를 분석하였다. 초등 과학 교육을 전공한 현장교사 3인이 평가하였으며, 채점자간 상관계수는 .70 이상이다.

전체적으로 과학 태도 점수가 높고, 학업 성취도가 우수한 집단일수록 명확성, 독창성, 탐구 가능성에 따라 탐구 주제를 평가하였을 때 다양한 주제를 제시하였다.

A1과 A9 그룹은 과학 태도와 과학 학업 성취도와의 상관관계를 연구한 관련 논문에서 태도와 성적이 우수할수록 여러 주제에 흥미를 갖고 있으며, 주제를 다양화하는 이유를 찾을 수 있다. 과학 교과 흥미도에 영향을 미치는 요인을 알아본 김경식과 이현철(2009)은 학업 성취도가 과학 교과 흥미도 결정에 중요한 영향을 끼친다고 하였다. 학업 성취가 우수한 학생일수록 과학 영역에 대한 흥미도가 높으며, 흥미도 감소에 있어서도 학업 성취가 낮은 학생들보다 천천히 감소한다는 것이다. 또한 곽영순 등(2006)은 과학 흥미도가 높을수록 과학 성취도 점수가 높아지는 경향이 있다고 하였다. 현재까지 학교

에서 수행된 연구들에서는 과학 태도와 성취도간의 인과 관계에 대해서는 불명확한 측면이 있지만, 감성 및 인지 기능과 관련된 뇌 연구(임채성, 2009, 임채성과 오윤화, 2004)로 볼 때, 과학 태도의 감성적 측면이 학업 성취도에 영향을 미칠 가능성이 높다. 과학 흥미도와 과학 점수 간에는 상관관계가 있음을 의미하는 연구를 통해 과학 태도와 성적 모두 ‘상’에 속하는 A1 그룹은 알아보고 싶은 주제를 다양화하며, 탐구 주제 평가 점수가 높고, A9 그룹은 과학 태도와 성적이 모두 낮아 흥미도가 낮고, 이로 인해 명확하고, 독창적이며 탐구 가능한 주제를 다양화하는 데 어려움을 겪는 것을 알 수 있었다.

아홉 가지 유형 중 A3와 A9 그룹과 같은 특이한 유형을 사례를 통해 분석해 보았다.

(1) A3유형에 속하는 <사례 A3-1> 도경

이 학생은 과학 성적을 비롯한 학업 성적이 전반적으로 낮은 학생으로 4학년 때 본 연구자와 함께 안내된 자유 탐구를 경험한 적이 있다. 이 때 교사의 지속적인 칭찬과 피드백으로 성공적인 자유 탐구 경험을 갖게 되었고, 자유 탐구에 대한 자신감을 가져 과학 태도 점수가 매우 높은 편에 속한다. 이 학생을 통해 자유 탐구에 대한 긍정적인 경험은 여러 주제에 흥미를 갖고, 명확하고 독창적이며, 탐구 가능성이 높은 주제를 설정하는 데 도움을 주는 것을 알 수 있다.

(2) A3 유형에 속하는 <사례 A3-2> 연수

학교 활동에 적극적이며 학습 의욕이 높은 편이지만, 학업 성적은 그에 비해 낮은 편이다. 자유 탐구 초반부터 매우 적극적인 자세로 임했으며, 자유 탐구에 대해 긍정적인 생각을 갖고 있어 여러 주제에 흥미를 갖고 주제를 다양화하였다.

(3) A7 유형에 속하는 <사례 A7> 은지

평소 매우 꼼꼼하고 성실한 학습 태도를 가져 성적은 우수하나, 자유 탐구 전 과학 태도 검사 점수는 매우 낮았고, 자유 탐구에 대한 흥미도가 낮았다. 교사의 지시에 따른 수업과 구조화된 탐구를 좋아한다. 자유 탐구에 대한 흥미와 의욕이 없어 궁금한 주제가 별로 없다고 응답하였다. 이로 인해 주제 다양화 활동을 어려워 하였다.

위 학생의 사례를 분석한 결과, 뇌 기반 진화적

표 7. 과학 태도와 성적에 따른 주제의 다양화 정도

| 태도 | 성적 | 학업 성취도 | | | | | |
|----|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|-----|
| | | 상 | | 중 | | 하 | |
| 구분 | 다양화 (개) | 탐구 주제 평가 점수 (점) | 다양화 (개) | 탐구 주제 평가 점수 (점) | 다양화 (개) | 탐구 주제 평가 점수 (점) | |
| 태도 | 상 | (A1) 4.2 | 8.4 | (A2) 3.5 | 7.0 | (A3) 3.2 | 6.3 |
| | 중 | (A4) 3.8 | 8.0 | (A5) 3.0 | 6.0 | (A6) 2.7 | 4.9 |
| | 하 | (A7) 3.0 | 5.1 | (A8) 2.7 | 4.7 | (A9) 2.5 | 4.5 |

과학 교수학습 모형을 적용한 자유 탐구 활동의 주제 선정에서 다양화 단계는 학생의 과학 태도와 학업 성취도가 복합적으로 영향을 끼침을 알 수 있다.

3. 주제의 심화 · 확장 양상

학생들이 알아보고 싶은 주제를 어떻게 심화 · 확장하는지 알아보기 위해 선택한 주제의 자세한 내용을 자유 탐구 일지에 기록하도록 하였다.

주제에 대해 생각해 볼 기회가 없이 주제를 심화 · 확장하기는 힘들기 때문에, 주제를 선정한 후 자신의 주제와 관련된 이론 조사를 하도록 안내하였다. 인터넷, 백과사전, 각종 탐구 자료를 통해 자신의 주제와 관련 있는 내용 및 참고할 수 있는 내용을 찾아보도록 하였다. 초등 과학 교육을 전공한 현장교사 3인이 구체성, 명확성을 기준으로 평가한 결과, 37.8%의 학생들이 자신의 주제에 대한 내용을 구체적으로 기술하였고, 62.2%의 학생이 자신의 주제를 구체적이고 명확하게 기술하지 못했다. 다음은 주제의 심화 · 확장에 대한 학생들의 응답 사례이다.

<구체적이고 명확한 심화 · 확장 사례>

* 미래

- 주제 : 여러 가지 액체에서 키운 식물의 성장 과정 비교
- 내용 : 집에서 손쉽게 키울 수 있는 식물을 조사하여 강낭콩, 봉숭아, 무순 등의 성장 과정을 알아보고, 집에서 빠른 시간 안에 실험을 할 수 있는 식물을 선택한다. 주스와 우유의 성분을 인터넷 조사를 통해 알아보고 물의 성분과 비교해 본다. 물, 주스, 우유에서 싹을 틔워 성장 과정을 비교한다.

* 민혁

- 주제 : 어떤 딱지가 잘 뒤집혀지는가?

- 내용 : 여러 가지 딱지 접는 방법을 종이접기 백과사전에서 찾아본 후, 어떤 재질의 종이로 접어야 딱지의 힘이 파위가 세어질지, 어디에서 딱지 시합을 해야 딱지가 잘 뒤집혀지는지 알아본다. 딱지를 잘 치는 친구에게도 물어본다.

<구체적이지 못한 심화 · 확장 사례>

* 하경

- 주제 : 흙에서 키운 양파와 물에서 키운 양파의 자라 비교
- 내용 : 양파가 자라는 과정을 인터넷에서 알아보고, 물과 흙에서 자란 양파의 차이점을 실험을 통해 알아본다.

* 소민

- 주제 : 금전수 잎을 물에서 키우면 어떻게 되는가?
- 내용 : 금전수 잎을 물에 넣으면 뿌리가 나는지 알아보고, 금전수 잎은 언제까지 살 수 있는지 알아본다.

구체적이고 명확하게 심화 · 확장한 학생들은 자신의 주제를 각 항목으로 나누고, 이것을 구체화하여 제시하였고, 알아보고 싶은 것이 무엇인지 자세하게 나타냈지만, 그렇지 못한 심화 · 확장 사례의 응답을 보면 주제를 구체화하지 못하고 조작화하지 않은 채 제목과 동일한 내용을 그대로 나열하고 있다. 탐구에서 변인이 탐구 문제에 구체적으로 포함 되어 있으면 그렇지 않은 경우보다 과학적 증거를 더 얻을 수 있는 가능성이 많으므로 탐구 문제를 단순하게 기술하기보다는 변인을 포함한 탐구 문제를 사용할 필요가 있다(김재우 등, 1998; 김재우, 2002). 자유 탐구 주제를 심화 · 확장하는 것은 탐구 문제 설정의 기본이 되고, 탐구 문제는 실험실습이나 조사활동 등의 탐구를 계획하고 수행하는데 바탕이 되므로, 구체화하고 세분화하여 제시하는 것이 바

탐직하다. 이 연구 결과로 보면 미래와 민혁의 흥미 주제 심화·확장 내용에 간단한 변인이 포함되어 있고, 자유 탐구 후 이들과의 면담에서 자신의 탐구 결과가 정확하게 나와 탐구에 매우 만족하는 것으로 나타났다. 흥미 주제의 심화·확장 단계가 도움이 되었는가를 조사하였을 때, 62%의 학생이 주제의 자세한 내용을 적어보는 단계가 도움이 되었다고 응답하였다. 이는 학생들이 자유 탐구를 수행할 때 흥미 주제 선정 단계에서 자신의 주제와 관련된 분야를 더 고찰하고 심화·확장해 봄으로써 탐구 문제를 더 구체적이고 상세하게 기술하게 해야 함을 시사한다.

이 연구에서 나타난 결과들을 곧바로 신경과학에 세부적으로 대응시켜 해석하고 논의하기는 어려운 수준이지만, 관련되는 신경과학적 측면과 진화적 측면을 연계하여 고찰할 필요는 있다.

우선, 학습은 근원적으로 학습자의 흥미·호기심과 관련된 가치 시스템, 즉 가치 배경에서 일어나 그 가치를 충족시키는 행동의 적응적 변화를 야기하는 수단으로 볼 수 있는데(Edelman, 1993; Panksepp, 1998; Schaverien & Cosgrove, 1999, 2000), 학습이 일어나는 가치 배경이 있다는 것은 가치가 개인이 주의 초점으로 선택하는 것에 영향을 미침을 시사한다. 가치를 충족시키는 행동상의 적응적 변화는 가치가 테스트에서 존속할 가능성이 높은 변이체들을 여과하여, 개체가 선택하는 테스트의 종류에 영향을 미칠 수 있다.

가치부여가 학습을 통제하는 메커니즘들에 대한 신경과학적 관점과 관련하여, Edelman(1993)은 범주화를 통해 학습을 야기하는 선택 과정들은 뇌간 깊숙이 자리 잡은 특정 뉴런들(가치 시스템들)에 의해 구동된다고 설명한다. 이러한 가치 시스템들은 개인에게 흥미 있는 것이나 적응적 가치가 있는 것이 있을 때 발화하도록 진화하였다(Edelman, 1992). 개인의 활동 과정에서 발화하는 일단의 뉴런들이 가치 시스템을 발화시키면, 그 뉴런 집단은 강화되거나 선택되어 다시 발화할 가능성을 높게 한다. Edelman(1992)은 가치는 진화 과정을 통해 뇌에 의해 뇌에 부과되고, 범주화는 이처럼 생명을 지원하는 생리적 시스템들의 진화적 선택 요구조건들을 적절히 수행하는 행동으로 나타난다고 주장한다. 그러므로, 뇌는 일종의 다윈 기계, 즉 개인의 행동을 진화된 가치들과 계속 진화하는 가치들을 토대

로 변화하는 환경에 적응적으로 부합시키는 기능을 하는 체성 선택계(somatic selective system)이다(Edelman 1992).

Edelman(1992, 1993)이 사용한 가치라는 용어에는 생존 가치나 1차 가치(primary value)가 명백하게 드러나고, 대뇌피질 시스템과 연결되어 있기는 하지만 뇌의 깊숙한 곳에 위치한 변연계 내에서 진화한 통제 구조들이다. 그의 설명에서, 가치들은 개인과 종의 유전적 역사를 통해 설정되므로, 개인의 현재 활동은 그 개체의 생존 가치에 따라 제한될 수 있다. 가치화에 대한 이러한 관점은 인간에서 생성-테스트-재생성(generation - test - reproduction; g-t-r) 휴리스틱의 분할위계(nested hierarchy)가 진화했다는 Plotkin(1994)의 설명과 일치한다. 그는 변화하는 환경에 대해 매우 느리게 진화하는 종 수준의 유전자 풀(1차 휴리스틱)만을 통해서 얻어지는 지식을 토대로 하는 것보다, 더 최신의 지식을 얻는 것의 적응적·생존적 가치 때문에 뇌와 변연계에서 일어나는 개체수준의 2차 휴리스틱과 문화를 통해서 일어나는 3차 휴리스틱이 진화하였다고 설명한다.

그러므로, 학습 자체가 적응하는 것이라고 보는 Edelman(1992)과 Plotkin(1994)은 생존 가치를 첫 번째 가치로 동정하였다. 가치들은 반복적이고 느리게 발달한다. 과거에 작용했던 것이 이미 진화된 제약 조건과 느리게 진화하고 있는 제약 조건을 미래에 투자한다. 그러므로, 1차 휴리스틱은 2차 휴리스틱을 자극하고 방향을 지시한다(Plotkin, 1994). 학교 과학의 정의적 특성이라는 맥락에서의 생존 가치는 자연 현상이나 사물에 대한 흥미·호기심이 유용한 산물로 이어질 잠재력이라고 할 수 있다.

Edelman(1992)과 Plotkin(1994)은 인간은 자기의 생물학적 가치들을 조금밖에 변형시킬 수 없지만, 인간의 뇌는 생물학적 가치들에 더하여 자신의 일반적인 목적과 가치를 형성하거나, 자기 행동의 원인들, 즉 2차 가치(secondary value)를 생성할 수 있다고 주장한다. 문화는 인간이 목적과 윤리를 사회 시스템들에 삽입한 것이지만(Edelman 1992), 이들은 거의 확실하게 뇌의 선택 시스템들을 안내하는 데 있어서 가치에 대한 원래의 요구에서 기인하는 생물학적 가치 시스템들과는 크게 다를 수 있다.

가끔, 문화의 생존 가능성을 향상시키기 위해 개발된 이러한 문화적 가치 혹은 3차 가치(tertiary value)는 생물학적 가치와 상충되는 것처럼 보인다. Edel-

man(1992)은 이러한 상황을 공공선과 개인선 사이의 긴장관계라고 설명한다. 보통은 문화의 가치 시스템들이 여러 세대에 걸쳐 축적된 문화적 지식에 접근하게 하여 개인의 학습 방식을 증대시킨다. 예를 들면, 과학·기술은 매우 성공적이었던 테스트들에 접근할 수 있게 해준다. 물론, 개인이 이러한 문화적 지식을 자기 가치 시스템이나 지식의 일부로 만들려면 자신의 1차, 2차 선택 시스템들에 이러한 문화적 가치 시스템과 지식을 통합시켜야 한다.

이 연구에서는 초등학생들의 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구에서 나타난 흥미의 다양화, 비교·선택, 확장·적용 양상을 현상적 수준에서 조사하고 분석하였다. 가치 시스템에서 흥미·호기심은 중요한 부분을 차지하기 때문에(Panksepp, 1998), 앞에서 고찰한 인간의 가치 시스템과 학습에 관련된 신경과학적 측면과 진화의 핵심 요소인 변이(variation)-선택(selection)-과지(retention) 휴리스틱을 인간의 학습과 문제해결에 적용하려는 접근법들(Campbell, 1960, 1997; Cziko, 1995, 2000; Plotkin, 1994; Simonton, 1999, 2011)은 더 구체화하여 적용할 수 있는 다양한 잠재력을 가지고 있다.

IV. 결론 및 제언

위의 연구 결과를 통해 다음과 같은 결론과 제언을 할 수 있다.

첫째, 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형에 따른 자유 탐구 활동 사전·사후에 자유 탐구 활동 태도 검사 결과, 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 자유 탐구를 실시한 후에 학생을 면담한 결과 자유 탐구에 대한 흥미가 높아졌으며, 긍정적인 방향으로 태도가 변화한 것으로 나타났다. 과학 태도 하위요소 영역에서는 계속성과 개방성이 유의하게 향상되었다. 자유 탐구에 대한 태도 변화에 따라 학생을 유형화하여 살펴보면 태도가 긍정적으로 변화한 학생은 자유 탐구에 대한 결과가 좋고 만족도가 높았지만, 태도가 부정적으로 변화한 학생은 탐구를 어려워하였으며, 결과에 대한 만족도가 낮은 것으로 보아 자유 탐구 과정과 결과가 학생들의 태도에 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

둘째, 학생들은 다양한 분야에 흥미를 갖고 있었으며, 특히 '생명' 영역에 대한 흥미가 높았다. 다양한 주제 가운데 탐구의 소재를 주변에서 스스로

접할 수 있고 구할 수 있어야 하며, 스스로 탐구할 수 있어야 한다는 탐구 가능성을 탐구 주제 선택의 중요한 기준으로 생각하고 있었다. 과학 태도 점수가 높고, 학업 성취도가 우수한 집단일수록 다양한 주제를 제시하였으며, 학생의 개별 사례 분석을 통해 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형을 적용한 자유 탐구 활동의 주제 선정에서 다양화 단계는 학생의 과학 태도와 학업 성취도가 복합적으로 영향을 끼침을 알 수 있다.

셋째, 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형을 적용한 자유 탐구 활동의 주제 심화·확장 단계에서는 많은 학생들이 심화·확장을 어려워 하였으나, 구체적이고 명확하게 주제를 심화·확장한 학생들의 응답 사례에는 변인의 내용이 포함되어 있고, 자유 탐구 수행이 계획적이었고 보고서 작성도 잘하였지만, 그렇지 않은 경우의 학생은 주제를 구체화하지 못하고 조작화하지 않았으며, 탐구 수행이 미숙하였다. 이는 주제의 심화·확장 단계가 탐구 계획과 탐구 수행에 있어 중요한 영향을 끼침을 시사한다.

본 연구의 결과를 통해 학교 현장과 추후 연구에 대한 시사점에 대해 다음과 같이 제언한다.

첫째, 자유 탐구 활동에 대한 성공적인 결과와 경험이 과학 태도에 영향을 끼치고, 과학 태도는 자유 탐구 전반에 걸쳐 영향을 끼치므로 자유 탐구에 대한 흥미가 지속적으로 유지되고, 긍정적인 방향으로 변화할 수 있도록 자유 탐구 단계에 따른 교사의 자세한 안내와 피드백이 필요하다.

둘째, 자유 탐구의 소재로 일상생활 속에서 접해 본 것과 스스로 탐구가 가능한 것을 선호하므로 다양한 탐구를 할 수 있도록 학교 현장에서 동아리 활동이나 방과후 프로그램 등으로 탐구의 경험을 확장시켜서 탐구에 대한 자신감을 갖고, 탐구에 대한 기본적인 소양을 기를 수 있도록 지원해 주어야 한다.

셋째, 본 연구는 5학년 학생을 대상으로 과학 태도와 학업 성취도의 변인에 따른 주제 영역의 다양화, 비교·선택, 심화·확장의 각 단계별 특성을 알아보았다. 대상 학년 및 기타 변인에 따라 뇌 기반 진화적 요소가 어떻게 발현되는지 연구를 확장시킬 필요가 있다.

넷째, 다양화한 흥미를 선택하고 심화·확장하는데 수반되는 심리적·신경학적 메커니즘에 관한 연구가 필요하다. 이러한 연구는 교육 현장에서의 심층적 조사와 관련된 신경인지과학적 연구 결과를

타당하게 연계시킴으로써 가능하다.

참고문헌

- 곽영순, 김찬중, 이양락, 정득실 (2006). 초·중등 학생들의 과학 흥미도 조사. 한국지구과학회지, 27(3), 206-268.
- 교육과학기술부 (2008). 초등학교 교육과정 해설(IV)-수학, 과학, 실과. 금성출판사.
- 교육과학기술부 (2011). 초등학교 5학년 과학 교사용 지도서. 금성출판사.
- 김경식, 이현철 (2009). 과학교과 흥미도의 종단적 변화와 그 영향 요인. 과학교육연구지, 33(1), 100-110.
- 김경희, 김수진, 김남희, 박선용, 김지영, 박효희, 정승 (2008). 국제 학업 성취도 평가(TIMSS/PISA)에 나타난 우리나라 중·고등학생의 서취 변화의 특성. KICE, 연구보고 RRE 2008-3-1, 222.
- 김미나 (1999). 초등학교 학생의 자연과에 대한 학습 흥미도 조사. 서울교육대학교 교육대학원 석사학위 논문.
- 김재우 (2002). 토론 및 자기 반성 과정을 통한 중학교 1학년 학생들의 탐구 문제 수정 과정에 대한 사례 분석. 한국과학교육학회지, 22(2), 267-275.
- 김재우, 오원근, 박승재 (1998). 중학교 1학년 학생들의 자유 탐구 보고서에 나타난 변인의 유형. 한국과학교육학회지, 18(3), 297-301.
- 김찬중, 채동현, 임채성 (1999). 과학교육개론. 북스힐.
- 김효남, 정완호, 정진우 (1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성에 평가체제 개발. 한국과학교육학회지, 18(3), 357-369.
- 박종호, 김재영, 배진호 (2001). 자유 탐구 활동이 초등학교 학생의 과학탐구능력과 과학적 태도에 미치는 영향. 초등학교교육학회지, 20(2), 271-280.
- 신현화, 김효남 (2010). 초등학교 과학과 자유 탐구 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움 분석. 초등학교교육학회지, 29(3), 262-276.
- 심규철, 박중석, 박상우, 신명경 (2006). 초등 교과서에서 제시된 과학 탐구 활동의 분석. 초등학교교육, 26(1), 24-31.
- 이형철, 이정화 (2010). 자유 탐구 수업이 초등학교 학생의 과학적 태도 및 과학탐구능력에 미치는 영향과 지도교사들의 자유 탐구에 대한 인식 조사. 과학교육연구지(경북대학교), 34(2), 405-420.
- 임채성 (2009). 뇌 기반 진화적 과학 교수학습 모형의 개발. 한국과학교육학회지, 28(8), 990-1010.
- 임채성, 오윤화 (2004). 초등학교 학생이 지각한 감정 상태와 과학 학습 경험에 대한 기억의 관계. 한국생물교육학회지, 32(2), 173-180.
- 장신호 (2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구지향교수활동에 대한 예비 초등교사들의 인식. 초등학교교육, 25(1), 96-108.
- 조희형, 박승재 (1995). 과학 학습지도-계획과 방법. 교육과학사.
- 진성욱, 이계용 (1998). 생활 주변 자료의 활용이 과학 지식, 탐구 능력 및 과학적 태도에 미치는 영향. 한국초등학교교육학회지, 17(2), 113-121.
- Ashby, F. G., Valentin, G. & Turken, U. (2002). The effects of positive affect and arousal on working memory and executive attention. In S. Moore & M. Oaksford (Eds.), *Emotional cognition: From brain to behaviour*. Amsterdam: John Benjamins. pp. 245-287.
- Campbell, D. T. (1960). Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review*, 67(6), 380-400.
- Campbell, D. T. (1997). From evolutionary epistemology via selection theory to a sociology of scientific validity. *Evolution and Cognition*, 3, 5-38.
- Cziko, G. (1995). *Without miracles: Universal selection theory and the second Darwinian revolution*. Cambridge, Massachusetts and London, England: A Bradford Book, The MIT Press.
- Cziko, G. (2000). *The things we do: Using the lessons of Bernard and Darwin to understand the what, how, and why of our behavior*. MIT Press. London.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' error*. New York: Putnam.
- Damasio, A. (2003). *Looking for spinoza, joy, sorrow and the feeling brain*. New York: Harcourt, Inc.
- Edelman, G. M. (1992). *Brilliant air, brilliant fire: On the matter of the mind*. London: Penguin.
- Edelman, G. M. (1993). Neural Darwinism: Selection and reentrant signaling in higher brain function. *Neuron*, 10, 115-125.
- Fraser, B. J. (1981). *TOSRA: Test of science-related attitudes handbook*. Hawthorn: The Australian Council for Educational Research Limited.
- Germann, P. J., Haskins, S. & Auls, S. (1996). Analysis of nine high school biology laboratory manuals: Promoting science inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 475-499.
- Hidi, S. (2006). Interest: A unique motivational variable. *Educational Research Review*, 1(2), 69-82.
- Hodson, D. (1998). 과학자들이 정말 이렇게 할까? - 학교 시험실 안팎의 참된 과학을 찾아서. In J. J. Wellington(Ed). *Practical work in school science: Which way now?* NY : Routledge.[황성원 역, 2001, 과학실험실습 교육, 시그마프레스. pp. 111-129].
- Martin, R., Sexton, C., Franklin, T. & Gerlovich, J. (2008, 5th Ed.). *Teaching science for all children: An inquiry approach*. Boston: Pearson Education Inc.

- Panksepp, J. (1998). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotions*. New York: Oxford University Press.
- Panksepp, J. (2003). At the interface of the affective, behavioural and cognitive neurosciences: Decoding the emotional feelings of the brain. *Brain and Cognition*, 52, 4-14.
- Plotkin, H. (1994). *Darwin machines and the nature of knowledge*. Harvard University Press. Cambridge.
- Randler, C. & Bogner, F. X. (2007). Pupils' interest before, during and after a curriculum dealing with ecological topics and its relationship with achievement. *Educational Research and Evaluation*, 13, 463-478.
- Randler, C. & Bogner, F. X. (2006). Cognitive achievements in identification skills. *Journal of Biological Education*, 40, 161-165.
- Schaverien, L. & Cosgrove, M. (1999). A biological basis for generative learning in technology-and-science Part I: A theory of learning. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1223-1235.
- Schaverien, L. & Cosgrove, M. (2000). A biological basis for generative learning in technology-and-science Part II: Implications for technology-and-science education. *International Journal of Science Education*, 22(1), 13-35.
- Schwartz, H. & Jacobs, J. (1979). *Qualitative sociology: A method to the madness*. New York; The Free Press, pp. 46.
- Simonton, D. K. (1999). Creativity as blind variation and selective retention: Is the creative process Darwinian? *Psychological Inquiry*, 10(4), 309-328.
- Simonton, D. K. (2011). Creativity and discovery as blind variation: Campbell's (1960) BVS model after the half-century mark. *Review of General Psychology*, 15, 158-174.
- Victor, E. (1989). *Science for the elementary school*. Macmillan Publishing Company, Inc.
- Wellington, J. J. (1998). Practical work in school science: Time for re-appraisal. In Wellington, J. J. (ed.), *Practical work in science education: Which way now?* Routledge, London, 3-15.

<부록> 자유 탐구 일지

| | | |
|------|---|---|
| 자유탐구 | <p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">자유 탐구 일지</p> <p>주제 선정</p> | <p><input checked="" type="radio"/> 5학년 ()반 ()번</p> <p><input type="radio"/> 이름 :</p> |
|------|---|---|

I. 알아내고 싶은 주제

1. 자유 탐구를 통해 알아내고 싶은 주제와 그 이유

| | | | | | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 알아내고 싶은 것 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 그 이유 | | | | | |

2. 위의 내용 중 가장 알아내고 싶은 것을 한 가지 선택하기

| 주제 번호 | 선택 여부 (선택한 것에 ○표, 선택하지 않은 것에는 ×표) | 선택하거나 선택하지 않은 이유 |
|-------|---|------------------|
| (1) | | |
| (2) | | |
| (3) | | |
| (4) | | |
| (5) | | |

3. 앞에서 선택한 흥미 주제와 관련된 것이나 적용할 수 있는 것

II. 알아낼 방법과 실제 조사

| | | |
|------|--|---|
| 자유탐구 | <p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">자유 탐구 일지</p> <p>탐구 방법 선정과 실시</p> | <p><input checked="" type="radio"/> 5학년 ()반 ()번</p> <p><input type="radio"/> 이름 :</p> |
|------|--|---|

내가 정한 주제 : < _____ >

1. 앞에서 선택한 흥미 주제 내용을 알아보기 위해 사용할 수 있는 탐구 방법(관찰, 측정, 분류, 실험 등)을 다양한 측면에서 생각하여 모두 쓰시오.

| | | | | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 사용할 수 있는 탐구 방법 | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
| 그 이유 | | | | | |

2-1. 각각의 방법이 유용한가, 현실적인가, 장단점은 무엇인가를 비교하여 가장 가치 있다고 생각되는 것을 한 가지만 선택하고 그 이유를 적은 다음, 탐구 방법을 구체적으로 적으세요.

- 가장 적절하다고 생각하는 탐구 방법 : _____
- 그 이유: _____
- 구체적인 탐구 방법(계획)

| | | | | |
|-----------|-------|----------|--|--|
| 탐구 주제 | | | | |
| 가설 (예상하기) | | | | |
| 탐구 방법 | 준비물 | | | |
| | 탐구 방법 | 자료 수집 방법 | | |
| | | 탐구 일정 | | |
| | | | | |
| | | | | |

2-2. 계획한 탐구 방법에 따라 탐구하여 자료를 수집하여 정리하고 결론을 적으세요.

<결과>

<결론>

3. 이 탐구에서 사용한 방법을 어디에 더 적용할 수 있을지, 이 방법으로 더 알아낼 수 있는 것은 무엇인지 적으세요.

III. 알아낸 것

| | | |
|------|----------------------|---------------------------|
| 자유탐구 | 자유 탐구 일지 탐구 결과 해석 | ● 5학년 ()반 ()번 ● 이름 : |
|------|----------------------|---------------------------|

♣ 자신의 자유 탐구 주제를 통해 알아낸 것을 정리하여 봅시다.

나의 주제 : < _____ >

1. 자유 탐구 결과 내가 알게 된 사실을 모두 쓰시오.

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____
- (4) _____
- (5) _____

2. 위에서 알아낸 사실 중 가장 유용하고 알아낸 보람이 있다고 생각하는 것의 번호를 하나만 선택하여 그 이유를 쓰시오.

▶ 가치가 있다고 생각되는 것 :

▶ 이유 :

3. 이 탐구를 통해 알아낸 것들을 다른 상황이나 대상에 적용할 수 있는 방안들을 쓰시오.

| | | |
|------|-----------------------|---------------------------|
| 자유탐구 | 자유 탐구 일지 자유 탐구 보고서 | ● 5학년 ()반 ()번 ● 이름 : |
|------|-----------------------|---------------------------|

| | |
|-------------------|--|
| 탐구 주제 | |
| 탐구를 통해 알고 싶은 내용 | |
| 탐구 활동 과정 (탐구한 내용) | |
| 탐구 결과 | |
| 알게 된 점 | |
| 더 알고 싶은 점 | |