

뇌기반 진화적 접근법에 따른 과학 자유탐구에 대한 초등학교 학생의 인식

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

Elementary School Students' Perceptions on Free Science Inquiry Activities Applying a Brain-Based Evolutionary Approach

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

ABSTRACT

In National Curriculum of Science revised in 2007, free inquiry was newly introduced to increase student's interest in science and to foster creativity by having students make their own curiosity questions and find answers by themselves. The purpose of this study is to analyze elementary school students' perceptions on free science inquiry activities applying a brain-based evolutionary approach. For this study, 106 the fifth grade students participated, and then completed a questionnaire on free inquiry activities according to a brain-based evolutionary science teaching and learning principles. The students performed a series of steps of the Diversifying, Estimating-Evaluating-Executing, and Furthering activities in each of Affective, Behavioral, and Cognitive domains (ABC-DEF approach) and constructed their own free inquiry diary, then the observations by the researcher and interviews with the students were analyzed both quantitatively and qualitatively. The major results of the study were as follows: First, the majority of the students perceived the each domain and step positively although a few of them perceived negatively. The reasons perceived as negatively were categorized into two; preference dimension of like or dislike and ability dimension of metacognitive or self-reflective capacity. Also, they perceived the free inquiry experience in the form of ABC-DEF as helpful to understand the nature of scientists' scientific activities. Based on these findings, implications for supporting authentic inquiry in school science are discussed.

Key words : brain-based evolutionary approach, free inquiry, affective, behavioral, cognitive domains

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

과학과 기술의 발달로 인해 예측 가능한 비예측성(predictable unpredictability)을 주요 특징으로 하는 현대와 미래 사회에서는 전형적인 과학 교육에서 교육과정 운영의 효율성을 위해 많은 비중을 두는 정해진 주제, 지시나 안내에 따른 관찰·실험, 단편 지식의 수동적 수용 방식으로는 급변하는 상황에 적절히 대처할 수 있는 역량을 개발하기 어렵

다. 다양하게 급변하는 문제 상황에 능동적으로 대처하는 능력을 효과적으로 길러주기 위해서는, 학생들이 실제 과학자가 과학 문제를 해결하는 전체 과정을 직접 경험하게 해야 한다(Kim *et al.*, 1999; Lim, 2009, 2012). 우리나라에서는 교육과정이 여러 차례 개정되어 왔지만, 자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 이러한 탐구 활동을 기초로 과학의 기본 개념을 이해하고 적용하는 것을 과학교육의 중요한 목표로 일관되게 강조해 왔다. 특히, 2007 개정 과학과 교육과정에서는 학생들의 과학에 대한 흥

미를 높이고, 창의력을 신장시키기 위한 한 방안으로 학생 스스로 관심 있는 주제를 선정하여 탐구 활동을 수행하는 ‘자유탐구’를 신설하였다(Ministry of Education and Science Technology, 2007). 자유탐구는 학생 자신이 실제 과학자처럼 해결할 가치가 있다고 생각하거나, 호기심 문제를 찾아 적절한 탐구 방법을 사용하여 문제를 해결하게 하는 것을 목적으로 한다.

자유탐구는 그 취지에 맞게 실제 과학(authentic science)을 반영해야 한다(Martin-Hansen, 2002). 실제 과학은 학생이 비록 수준은 낮더라도 실제 과학자가 하는 것과 같은 방식으로 과학을 하게 하는 것으로, 다음과 같이 요약할 수 있다(Chinn & Malhotra, 2002; Ziman, 2000). 과학자는 자신이 흥미나 관심을 가지고 있는 현상에서 다양한 호기심 질문들을 찾아낸 다음, 사전 지식을 바탕으로 해결할 가치가 있다고 판단되는 질문을 선택하여 가설을 설정하고 통제된 실험을 설계하여 수행함으로써 그 가설을 검증한다. 다음으로 동료 검토와 출판 과정을 통해 그 결과를 다른 과학자들에게 전파한다. 어떤 자연 현상을 정확하고 신뢰롭게 예상하는 것으로 밝혀지고 동료 과학자들에 의해 충분히 검토되고 검증된 가설은 과학적 이론이 된다. 과학자는 이들을 다른 상황에 확장시켜 적용한다. 과학자의 이러한 과학적 활동들에는 과학교육의 핵심적 영역인 동시에 인간의 뇌 기능과 밀접하게 관련되는 정의적·행동적·인지적 요소들이 포함되어 있고, 흥미 문제, 해결 방법, 결과의 의미들을 다양화한 다음 그 중에서 가장 적절한 것을 선택하여 실행하고 계속 확장·적용하는 진화적 속성들이 내재되어 있다(Hull, 1988).

그러나, 우리나라 과학과 교육과정 해설서(Ministry of Education and Science Technology, 2007)에서는 자유탐구 과정을 ‘주제 선정 및 소집단 구성 → 탐구 계획 수립 → 탐구 수행 및 중간 점검 → 최종 보고서 작성 → 최종 보고서 발표’로 크게 단순화시켜 제시하고 있어서, 실제 과학자처럼 과학을 하게 한다는 자유탐구의 본질 측면에서 미흡한 점이 있다. 더욱이, 교과서나 학교 현장에서의 정규 과학 교수학습은 대체로 내용이나 개념 이해의 효율성을 위하여 탐구 과정이 자세히 서술된 요리책 식으로 구성되어 있어서(Hodson, 1998), 실제적 탐구가 적절히 반영되지 못하고 있다(Jang, 2006; Shim et al.,

2007). 교사가 실험이나 탐구 활동 과정을 제시하고 설명하면 학생은 활동의 목적이나 의미 등 중요한 내용을 적절히 이해하지 못한 상태에서 교사 지시에 따라 수동적으로 활동한다(Germann et al., 1996; Peters, 2005). 또한 과학 탐구 요소를 위주로 한 단편적·지시적 확인 실험으로 인해 포괄적이고 종합적인 과학 탐구, 즉 학생이 스스로 문제를 찾아 해결해 볼 수 있는 기회가 적어 과학적 과정의 이해나 이에 필요한 능력을 기르는 데 한계를 보인다(Yoon & Pak, 2000). 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 나타내고 있음을 볼 수 있다(Kim et al., 2008).

이러한 문제를 해결하기 위해서는 실제적인 과학 탐구 활동을 수행하게 할 필요가 있다. 즉, 학생들이 과학자처럼 자신의 흥미 주제를 찾아내고 탐구 방법을 계획하여 직접 탐구하고 문제를 해결하는 자유탐구 활동이 필요하다. 정규 과학 교수학습에서도 이러한 실제적 과학 탐구를 지향해야 바람직하지만 정해진 시간에 많은 양을 다뤄야 하는 현실을 고려하면, 최소한 자유탐구에서만이라도 반영해야 한다. 과학자들이 실제로 과학을 하는 데 관련된 주요 영역과 이에 수반되는 인간의 주요 뇌 영역인 정의적·행동적·인지적(Affective-Behavioral-Cognitive; ABC) 영역과 이들 각 영역에 이루어지는 다양화(Diversifying) → 비교·선택·실행(Estimating, Executing, Evaluating) → 확장·적용(Furthering)이라는 진화적 과정(DEF)을 핵심으로 하는 과학 교수학습과 창의적 과학 문제해결에 대한 뇌기반 진화적 과학 교수학습 접근법(ABC-DEF; Lim, 2009, 2012)은 실제과학적 자유탐구 자체와 그에 대한 체계적인 연구에 효과적이라고 판단된다.

Lim et al.(2012)은 뇌기반 진화적 과학 교수학습 접근법에 따른 초등학생들의 자유탐구 활동 중 정의적 영역에서 학생들이 과학 흥미 주제를 어떻게 다양화하고, 이들 중 어떤 것들을 왜 선택하며, 선택한 흥미 주제들을 어떻게 확장·적용하는가(A-DEF)를 분석하여 보고하였고, Kim et al.(2014)은 그 다음 단계인 행동적 영역에서 학생들이 자신의 호기심 문제를 해결하기 위한 방법들을 얼마나, 어떻게

다양하게 고안해내고 이들 중 어떤 것을 왜 선택하여 실행하며 사용한 방법을 어떻게 확장·적용하는가(B-DEF)를 상세히 보고하였으며, Back et al.(2014)은 학생들이 앞 단계 활동을 통해 얻은 결과의 의미를 다양화하고, 각각의 중요도를 비교하여 평가하며, 알게 된 사실을 확장·적용하는 인지적 영역(C-DEF)에서 나타난 특징들을 정량적·정성적으로 분석하여 보고하였다.

이러한 일련의 연구들이 갖는 중요성 중 하나는 학생들이 실제과학적 속성을 반영한 뇌기반 진화적 접근법을 통해 자유탐구를 수행할 수 있는 잠재력을 가지고 있음을 확인하였다는 점이다. 그러나, 이 연구들에서 보고된 바와 같이, 학생들은 이 접근법의 각 요소와 단계들을 적절하게 수행하는 부분과 미흡하거나 어려움을 겪는 부분이 있다는 점도 밝혀졌다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 결과들과 관련하여 교사가 학생들의 과학 자유탐구를 더 효과적으로 안내하고 지도할 수 있는 실제적 정보를 제공하기 위하여, 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구를 수행한 학생들이 이 방식을 어떻게 인식하고 있는지를 조사하여 분석하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 서울 소재 S 초등학교 5학년 4개 반(106명)을 대상으로 하였다. 이 학교가 속한 학군은 학생의 학업성취도가 비교적 낮고 가정 형편이 여유 있는 편은 아니어서 대부분 학교 수업에 의존하는 편이다. 2007 개정 과학과 교육과정 적용에 따라 이전 학년에서 자유탐구 활동을 해본 경험이 있는 4, 5학년 중에서 발달 단계상 4학년과 비교하여 과학 탐구 능력과 구체적 조작 능력이 높고 연구자가 관찰·면담을 통해 자료를 수집하기 용이한 점등을 고려하여 5학년을 선정하였다.

2. 자유탐구 활동 실시

학생들의 전체적인 자유탐구는 Lim(2009, 2012)이 개발한 뇌기반 진화적 과학 교수학습 모형과 창의적 과학 문제해결 지도 모형을 토대로 정의적·행동적·인지적 영역에 걸쳐 다양화, 비교·선택·실행, 확장·적용이라는 진화적 요소에 따라 개별적으로 수행되었다. 구체적으로, 정의적 영역(A-DEF)

에서는 Lim et al.(2012)이 보고한 바와 같이 학생들은 자신이 탐구하고 싶은 흥미 주제나 호기심 문제들을 모두 적고(A-D), 이들 중에서 현실성이나 유용성에 비추어 자신이 실제로 탐구할 한 가지 주제를 선정하였고(A-E), 결정된 주제로 알아낼 수 있는 것 이외에도 그 주제를 확장·적용하거나 관련시켜 더 알아볼 수 있는 것을 적었다(A-F). 행동적 영역(B-DEF)에서는 Kim et al.(2014)이 보고한 바와 같이 앞 단계에서 학생이 선정한 흥미 주제나 호기심 문제를 해결할 수 있다고 생각하는 방법들을 모두 적은 다음(B-D), 각 방법들의 장단점을 고려하여 현실적으로 가장 적합하거나 유용하다고 생각하는 방법 한 가지를 선정하고 실행하여 데이터를 수집·분석·정리하였고(B-E), 사용한 방법을 적용하거나 확장하여 더 알아낼 수 있는 것들이 무엇인지 적었다(B-F). 마지막으로, 인지적 영역(C-DEF)에서는 Back et al.(2014)이 보고한 바와 같이 학생들이 앞 단계에서 얻은 결과들에 함축되어 있거나 관련된 의미들을 탐색하고(C-D), 그러한 의미들의 중요성, 유용성, 혹은 타당성에 비추어 비교·평가(C-E)한 다음, 지금까지 실행했거나 알아낸 것을 토대로 더 알아내고 싶거나 더 알아낼 필요가 있다고 생각하는 것들을 적게 하였다(C-F). 각 요소와 단계에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 주제 선정, 탐구 방법 선정, 탐구 계획서 작성, 탐구 결과 해석, 탐구 보고서 작성의 각 단계마다 학생들에게 ‘민국의 자유탐구 일지’라는 구체적인 자유탐구 시나리오를 예시로 제시하였다.

3. 자료 수집 및 분석

1) 자유탐구에 대한 인식 조사

학생들이 수행한 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구에 대해 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위하여 각 단계별 활동이 탐구에 도움이 되었는가, 일반 과학 수업 시간에 하는 활동과 자유탐구 활동의 공통점과 차이점, 좋은 점과 안 좋은 점 등을 핵심 내용으로 설문하였다(Appendix). 이 설문지에서 1~3번은 정의적 영역(A-DEF), 4~6번은 행동적 영역(B-DEF), 7~9번은 인지적 영역(C-DEF)과 관련된 문항들이고, 10~15번은 뇌기반 진화적 접근법에 따른 전반적인 과학 자유탐구에 대한 인식과 관련된 문항들이다. 이러한 설문지를 통해 수집된 자료

를 정량적·정성적으로 분석하였다. 정량적 데이터는 각 문항별로 5점 Likert 척도로 응답하게 하여 수집하였고, 2점 이하는 긍정적 응답, 4점 이상은 부정적 응답으로 구분하여 분석하였다.

2) 참여 관찰 및 심층 면담

공동 연구자 중 한 사람이 수업을 직접 진행하면서 학생들의 자유탐구 수행 과정을 관찰하여 태도와 행동 특징들을 기록하였다. 그리고 자유탐구 일지와 탐구 결과 발표만으로는 드러나지 않는 학생의 특성이나 상태를 더 구체적이고 심층적으로 파악할 필요가 있는 경우에 자유탐구 과정 중 어떤 태도가 얼마나, 어떻게, 왜 변했는지 등 연구에 유의적절하다고 생각되는 것들에 대해서는 상황에 따라 추가 질문을 하여 자료를 수집하여 분석하였다.

III. 연구 결과 및 논의

학생들이 뇌기반 진화적 과학 교수학습 접근법을 적용한 자유탐구를 수행한 후, 그에 대해 어떻게 인식하고 있는지 알아보기 위해, ABC-DEF의 각 영역별 단계와 자유탐구 전반에 관련된 문항으로 구성된 설문지를 투입하여 수집한 자료를 분석하였다.

1. 흥미 주제(A-DEF)

탐구할 주제나 대상을 다양한 측면에서 탐색하는 단계(Affective Component - Diversifying Stage; A-D)에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위해 ‘자신이 탐구할 만하고 생각하는 주제들을 다양하게 생각해 보는 활동이 자유탐구에 도움이 되었는가?’라는 설문에 대한 응답들을 분석하였다. 65.3%의 학생이 주제를 다양화하는 단계가 자유탐구 주제를 선정하는 데 도움이 되었다고 긍정적으로 응답하였고, 약 10.2%의 학생이 부정적으로 응답하였는데, 대부분 A-D 단계 활동 자체보다는 다음 단계인 A-E 단계와 연계하여 생각하였다. 도움이 된 이유와 안 된 이유를 알아보기 위해 ‘왜 그렇게 생각합니까?’에 대한 응답을 살펴보았다. 다음은 이 단계의 활동이 도움이 되었다고 긍정적으로 응답한 사례들이다.

· 여러 가지 중에서 고민했는데 장단점을 따지니 고르

기 쉬웠다.

- 내가 처음에 생각한 것으로 했으면 탐구가 힘들었을 것 같다.
- 한꺼번에 생각하면 어려운데 한 단계씩 생각하니깐 쉽고 재미있었다.
- 탐구할 주제에 대해 이리저리 생각해 볼 수 있었다.
- 내가 궁금한 것을 아는 데 도움이 되었다.
- 주제를 쉽게 선정할 수 있었다.
- 생각을 깊게 할 수 있었다.
- 여러 주제 가운데 같고 다른 것을 구분할 수 있었다.

이 단계의 활동이 도움이 되지 않았다는 부정적인 응답에는 대부분 ‘쓸 게 없고, 쓰기 힘들다’나 ‘어렵다’와 같이 A-D와 직접 관련된 이유와 ‘알고 싶은 것은 많은데, 그 중 하나를 뽑기가 힘들어서’와 같이 A-E단계와 연계시켜 어려움을 인식하는 경우도 있었다. 이로써, 많은 학생들은 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구의 A-D단계를 대체로 긍정적으로 인식하는 반면, 쓰는 것에 대한 부담은 자유탐구에 대한 어려움으로 작용함을 알 수 있다. Lim et al.(2012)이 보고한 태도와 성취도 요인 측면에서 볼 때, ‘내가 처음에 생각한 것으로 했으면 탐구가 힘들었을 것 같다’라고 응답한 학생은 과학 태도 점수가 높고 흥미를 가진 학생이고, ‘알고 싶은 것은 많은데 그 중 하나를 뽑기가 힘들어서’라고 응답한 학생은 과학 태도 점수가 높고 과학에 흥미가 많은 학생이지만 다양화 단계의 활동이 오히려 부담으로 작용함을 알 수 있었다. 또한 ‘쓸 게 없고, 쓰기 힘들다’라고 응답한 학생은 학업성취도가 낮은 학생으로 학습 습관이 바르게 정착되어 있지 않고 학습 의욕이 낮은 편이다. 이처럼 학생의 인지적 특징, 학업 성적, 흥미 등 여러 측면에서의 개인차 때문에, 같은 활동을 하더라도 학생에 따라 변인들이 다른 방식으로 작용하여 긍정적·부정적 영향을 끼침을 알 수 있다.

다양하게 탐색한 주제들을 비교해 보고 자신이 실제로 탐구하기에 가장 적합하다고 생각하는 것을 선택하는 단계(Affective Component - Evaluating Stage; A-E)와 선택한 주제를 구체화하거나 그 주제와 관련하여 더 알아볼 수 있는 주제를 탐색하는 확장·적용 단계(Affective Component - Furthering Stage; A-F)에 대한 인식 상태를 알아보기 위해, 각각 ‘주제 선정 단계에서 각 주제의 장·단점과 유용성을 살펴본 것이 도움이 되었는가?’와 ‘선택한 주제에

대해 자세한 내용을 적어보고 그 주제와 관련된 다른 현상들을 생각해본 것이 도움이 되었는가?’라는 설문을 하여 응답들을 분석하였다. 이 활동들에 대해 각각 41.1%와 62.7%의 학생들이 도움이 되었다고 응답하였다. A-F 단계와 관련하여, 학생들은 ‘머릿속으로만 생각하던 것을 써보니 주제를 쉽게 정확히 알 수 있었다, 내가 알고 싶은 주제의 자세한 내용을 적어보니까 실제 탐구가 불가능한 것이 있어서 주제를 바꾸었는데 바꾼 주제는 탐구가 가능해서 좋았다, 쉽다고 생각했던 주제인데 자세한 내용을 써보니 생각보다 할 게 많아서 주제에 대해 더 많이 생각해 보게 되었다’ 등의 응답을 하였다.

한편, A-E와 A-F 단계에 대해 부정적으로 응답한 학생의 비율은 각각 9.4%, 7.5%였다. 주제들을 비교·평가하는 단계가 도움이 되지 못했다고 응답한 학생은 ‘장·단점을 하나하나 생각하기 어려웠다, 쓸 것이 없는데 각 주제별로 이유를 쓰려니 힘들었다’ 등의 이유를 들었고, 주제의 확장·적용 단계가 도움이 되지 못했다고 응답한 학생은 ‘주제를 자세히 적는 것이 어렵다, 주제의 자세한 내용을 적지 않아도 주제를 잘 탐구할 수 있어서’ 등의 이유를 들었다.

A-F 단계에서는 선택한 주제를 구체화하거나 그 주제와 관련하여 더 알아볼 수 있는 주제를 탐색하도록 ‘민국이의 자유탐구 일지’ 시나리오를 통해 안내했음에도 불구하고, 이 단계의 활동에 대해 긍정적으로 응답한 학생들이든 부정적으로 인식한 학생들이든 주로 주제와 관련하여 더 알아볼 수 있는 것을 탐색하는 측면보다는 주제를 구체화하는 측면에 초점을 맞추었다. 이처럼, 이 단계에서는 초등학교 학생들이 실제과학자처럼 하는 데에는 한계가 있으므로, 이 부분을 효과적으로 지도할 방안을 모색할 필요가 있다.

2. 탐구 방법(B-DEF)

선택한 주제나 호기심 문제를 해결하기 위한 방법들을 다양하게 모색하는 단계(Behavioral Component - Diversifying Stage; B-D)에 대해, 57.3%의 학생이 자유탐구 방법을 정하고 탐구를 진행하는 데 도움이 되었다고 긍정적으로 응답하였고, 11.2%의 학생이 부정적으로 응답하였다. ‘왜 그렇게 생각합니까?’에 대한 응답 분석 결과 긍정적인 응답과 부정적인 응답의 대표적인 예들은 다음과 같다.

〈긍정적 응답〉

- 다양한 탐구 방법을 생각한 덕에 주제에 대하여 더 잘 알게 되었다.
- 방법 찾기를 못했는데 찾는 힘이 길러졌다.
- 다양한 방법을 생각하니 두뇌가 발달한 것 같다.
- 어떤 식으로 알아낼지 도움이 되었다.
- 다양하게 생각하여 더 많은 게 떠올랐다.
- 다양한 탐구 방법을 생각하여서 내가 정한 주제에 대하여 더 자세히 알 수 있게 되었다.
- 다양하게 생각해보고 탐구 계획을 세워서 탐구에 도움이 되었다.
- 상상력과 도전하는 마음이 더 늘었다.
- 생각을 하면서 더 아는 것이 많아졌다.

〈부정적 응답〉

- 오히려 더 복잡해졌다.
- 유용하긴 했지만 생각하니 복잡하다.
- 너무 어렵다.
- 잘 생각이 안 나는 상태에서 계속 생각하려니 힘이 들었다.

위의 응답 사례들을 고려해 볼 때, 해결 방법을 다양화하는 활동을 학생에 따라 긍정적으로 인식하기도 하고 부정적으로 인식하기도 함을 알 수 있다. 같은 활동에 대해 이처럼 다른 인식을 야기하는 요인들을 규명하는 후속 연구가 필요하다.

다양한 측면에서 탐색한 해결 방법들을 비교·평가실행하는 단계(Behavioral Component - Evaluating, Executing Stage; B-E)의 활동을 어떻게 인식하는지 알아보기 위한 ‘탐구 방법 선정 단계에서 각 탐구 방법의 장·단점을 생각하여 탐구 방법을 선택한 것이 도움이 되었는가?’라는 질문에 54.3%의 학생이 탐구 방법 비교·평가 단계가 탐구 방법을 정하는 데 도움이 되었다고 응답했으며 9.5%의 학생이 부정적으로 응답하였다. ‘내가 사용한 방법으로 더 알아볼 수 있는 것이 무엇인지, 내가 사용한 방법에서 보완할 점이 무엇인지 생각해본 것이 나의 탐구에 도움이 되었는가?’(Behavioral Component - Furthering Stage; B-F)라는 질문에 62.6%의 학생들이 탐구 방법을 구체화한 것이 탐구 계획을 세우고 탐구하는 데 도움이 되었다고 긍정적으로 응답하였고 5.3%의 학생이 부정적으로 응답하였다.

B-E와 B-F 단계에 대해 긍정적·부정적으로 인식하는 이유를 살펴해보았다. 긍정적인 응답을 한 학생들은 ‘깊이 생각하지 못했던 탐구 방법을 생각해

보아서 도움이 되었다, 여러 가지 탐구 방법 중 나의 탐구에 가장 적절한 탐구 방법을 생각하니 탐구 주제에 맞는 결과가 나오는 데 도움이 되었다, 탐구 방법을 일정과 시기별로 구체화하고 어떻게 탐구할지 차근차근 생각해서 탐구 계획을 세우기 쉬웠다'의 이유를 들었고 부정적인 응답을 한 학생들은 '시간이 오래 걸려서 힘들었다, 복잡하다' 등의 이유를 들었다.

65.1%의 학생들이 자유탐구를 하기 전에는 여러 가지 탐구 방법을 잘 몰랐고 이들 중 95.3%의 학생들이 자유탐구를 하면서 탐구 방법을 알게 되었다고 응답한 것을 통해, 학생들이 막연하게만 알던 탐구 방법을 자유탐구를 통해 알아감으로써 자유탐구 후에는 탐구 방법을 알게 되었다더라도 자유탐구 초기의 탐구 방법 선정 단계에서 다양화하고, 비교·선택, 심화·확장하는 활동이 도움이 되었지만 능력이나 지식의 한계로 부담으로 작용했을 것으로 판단된다. 이는 학생들의 탐구 능력 부족으로 인해 학생들 스스로 하는 탐구 수행을 어려워하고, 교사가 탐구 활동을 지도할 때 이를 제대로 이해하여 탐구에 적용하는 데 어려움을 느끼지만(Shin & Kim, 2010) 개방적 탐구에서 과학적 탐구과정기능에 대한 자기평가를 했을 때 자신의 탐구과정기능을 교사보다 조금 높게 평가한다는 연구 결과(Hwang *et al.*, 2001)에서도 이유를 찾을 수 있다.

3. 탐구 결과 해석(C-DEF)

학생들이 자유탐구를 통해 얻은 결과를 어떻게 해석하는지 알아보기 위하여 '왜 그러한 결과가 나타났다고 생각하는가?'라는 질문에 대한 응답을 조사하였다. 탐구 결과로 나타난 사실·현상이 단순히 조사·실험·관찰 과정을 거쳤기 때문이라고 응답한 학생은 57.3%였고, '꽃에 탄산이나 기타 음료를 주면 흙이 썩어서, 흑연이 거칠한 종이의 표면 속으로 들어가서, 공기와 사과가 닿아서 갈색으로 변했기 때문에, 비커에 금전수 잎을 놓고 물만 주고 햇빛을 가렸기 때문에' 등 비록 단순한 형태이기는 하지만 자신의 탐구 방법과 인과적으로 관련지어 응답한 학생은 15.2%에 불과하였다. 28.0%의 학생은 자유탐구는 수행하였으나 왜 그러한 결과가 나타났는지를 제대로 설명하지 못하였다. 이로부터 학생들은 자유탐구를 스스로 수행했음에도 불구하고 자신의 탐구 결과를 탐구 과정과 관련지

어 설명하는 데 어려움을 겪고 있음을 알 수 있다.

학생들이 자유탐구 결과를 어떻게 인식하는지 알아보기 위하여 '내가 알아낸 사실의 장점과 단점이 무엇이라고 생각하는가?'에 대한 응답을 분석하였다. 72.4%의 학생들이 '궁금증을 풀었다, 알아낸 보람이 있다, 과학이 재미있다' 등 정적 측면의 장점을 들었지만, '실험 결과로 볼 때, 콩나물을 키울 때는 검정 비닐로 감싸야 한다는 것을 알 수 있었다'와 같이 실험 결과와 관련지어 장점을 응답한 학생은 3.1%에 불과했다. 또한 단점으로는 '어렵다, 시간이 많이 걸린다, 하기 어렵다, 복잡하다' 등의 단순 응답이 80% 이상이었다.

학생들의 응답을 살펴볼 때, 자신의 탐구 결과가 갖는 가치를 판단하는 것을 어려워하고 있으며 평가적 수준에서 고찰하지 않는 경향이 강함을 알 수 있다. 학생들은 탐구한 내용을 면밀히 분석하여 이해하고 숙지하지 않고, 조사한 자료를 단순히 자유탐구 일지에 적는 방식이었다. 평소 과학 수업 시간에 이해한 내용을 과학 글쓰기 등의 방법을 통해 자신의 언어로 설명하는 방식으로 탐구 결과를 기록하게 하는 지도가 필요하다. 또한 학생들에게 실험 결과나 조사 과정에 관련된 의미를 다양한 수준과 각도에서 생각해보고, 탐구 목적이나 주제와 연관시켜 해석하도록 안내가 필요하다.

이는 학생들이 자신의 탐구 결과가 그런 식으로 나타나게 된 이유를 깊게 생각하여 분석하고 종합하는 사고력이 부족하고 단순히 탐구 결과만을 실험관찰에 작성하는 방식에 익숙해졌기 때문이라고 해석할 수 있다. 실험 결과의 해석에 실험자의 기대, 선행 경험, 배경 지식이 영향을 미치는데(Champagne *et al.*, 1980; Gunstone, 1991; Gunstone & White, 1981), 이 연구의 대상인 초등학교 5학년 학생들은 자신의 자유탐구 주제에 대한 이론적 배경이나 선행 지식의 부족, 오개념 등도 탐구 결과에 내포된 의미들을 적절히 해석하여 진술하는 데 어려움을 겪는 원인이라 할 수 있다. 이에 대해서는 체계적인 후속 연구가 필요하다.

자유탐구 결과 해석의 다양화(Cognitive Component - Diversifying Stage; C-D), 비교·선택(Cognitive Component - Evaluating Stage; C-E)에 대한 학생들의 생각을 알아보기 위하여 '자유탐구 후 알게 된 사실을 다양하게 적어본 후, 가장 유용하고 가치 있는 것을 한 가지 선택하는 활동이 나의 탐구 결

과를 더 자세히 생각해 보는 데 도움이 되었습니까?’라는 설문에 대한 응답을 분석하였다. 탐구 결과 해석의 다양화, 비교·선택 단계가 도움이 되었다는 긍정적인 응답은 각각 53.4%, 53.0%였고, 부정적인 응답은 각각 16.0%, 19.4%였다. 긍정적인 응답은 앞선 주제 선정과 해결 방법의 다양화, 비교·선택 단계와 응답 비율이 비슷하나 부정적 응답의 비율은 상대적으로 높아졌다. 부정적 응답의 비율이 상대적으로 높은 까닭은 교사가 요구한 목표 수준은 수집한 자료를 가지고 어떻게 결론에 도달하게 되었는가와 이러한 과정을 통해서 무엇을 배웠는가였지만, 학생들은 탐구 과정 동안 무엇을 했고, 어떤 자료를 수집했는가를 단순히 기술하는 정도였기 때문인 것으로 판단된다(Park, 2006). 긍정적으로 응답한 학생들은 ‘결과가 나오는 데서 끝나는 것이 아니라 결과를 더 깊게 생각해보니 좋다, 자유탐구의 처음부터 끝까지 다시 돌아볼 수 있어서 좋았다, 보고서 쓰는 데 도움이 되었다’ 등의 이유를 들었고 부정적으로 응답한 학생들은 ‘모두 유용한 사실이라고 생각하는데 중요한 순서를 선택하기가 힘들었다, 거의 알고 있는 사실이었기 때문에 비교하기가 힘들었다’ 등의 이유를 들었다.

자유탐구를 통해 알아낸 것을 확장하거나 적용하는 단계(Cognitive Component - Furthering Stage; C-F)의 활동에 대한 학생들의 인식을 알아보기 위하여 ‘자유탐구 후 나의 탐구에서 부족했던 점, 나중에 자유탐구를 한다면 더 알아보고 싶은 점, 이번 자유탐구에서 알아낸 것을 확장하거나 적용하여 더 알아낼 수 있는 것을 생각하고 적어보는 활동이 자유탐구 결과와 자유탐구 전체에 대해 생각해 보는 데 도움이 되었습니까?’라는 설문에 대한 응답을 하였다. 43.2%의 학생이 긍정적으로 응답하였고 12.7%의 학생이 부정적으로 응답하였다. 긍정적인 응답의 이유로는 ‘다음에 탐구할 때 더 잘 할 수 있을 것 같아서, 이번에는 계획대로 하지 못했는데 다음에는 탐구 계획 세우기 단계에서 세운 계획에 따라 탐구를 할 것이다’, ‘궁금증이 더 생기고 과학이 재미있어져서’, ‘나의 자유탐구 방법에 대해 더 생각해볼 수 있어서’ 등의 이유를 제시한 반면, 부정적으로 응답한 학생들은 ‘자유탐구가 실패한 것 같다, 다음에 자유탐구를 다시 하고 싶지 않다, 내가 알아낸 것은 별로 도움이 안 된 것 같다’ 등 자유탐구 전반에 대해 부정적으로 인식하고 있었다.

지금까지는 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구 활동 각 단계별로 학생들의 인식을 살펴보았는데, 긍정적 응답과 부정적 응답의 비율을 전체적으로 나타내면 Fig. 1과 같다.

이 그래프에서, 다양한 흥미 주제나 호기심 문제들을 비교·평가·선택하는 단계(A-E)와 전체 탐구를 통해 알아낸 것을 확장·적용하는 단계(C-F)를 제외한 나머지 영역과 단계들에 대해 절반 이상의 학생들이 긍정적으로 인식함을 알 수 있다. 반면, 부정적으로 인식하는 비율은 전체적으로 낮았지만, 정의적 영역이나 행동적 영역에 비해 인지적 영역의 활동들에 대해 부정적으로 인식하는 비율이 더 높았다. 이는 C-DEF의 각 단계에 대한 인식에서 살펴본 바와 같이, 학생들이 글로 적는 활동 자체를 싫어하는 감정적 측면과 탐구 결과의 의미를 해석하는 능력이 부족한 것이 함께 작용했기 때문일 수 있는데, 이에 관해서는 체계적인 연구가 더 필요하다.

대부분의 학생들(93.1%)은 자유 탐구를 통해 알게 된 지식이 유용하다고 생각하여 자신의 탐구 결과에 만족하는 것으로 나타났고, 이들 중 ‘자유탐구를 통해 알아낸 내용은 나의 과학 공부나 과학적 상식을 쌓는 데 도움이 될 것인가?’라는 질문에 절반 이상의 학생이 긍정적으로 응답하였다. 이는 자유탐구를 수행한 중학생이 자유탐구 활동이 과학 학습에 도움이 되었다고 인식하는 연구 결과(Byun & Kim, 2011)와 일치한다. 자신의 탐구를 통해 알게 된 내용에 만족하는 학생들은 주로 ‘내가 관심이 많은 분야에 대해 잘 알게 되어서, 과정은 어려웠지만 결과가 잘 나와서, 결과가 확실하게 나와서,

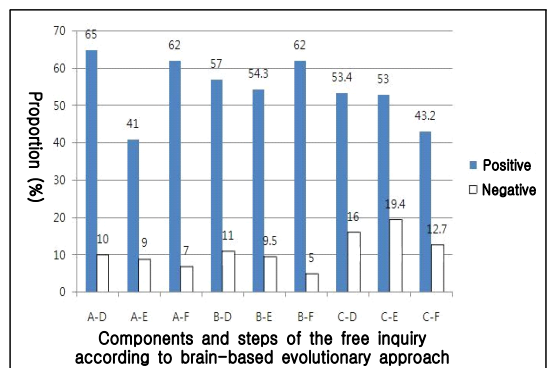


Fig. 1. Proportions of positive and negative responses on each of the steps in the free inquiry

새로운 것을 알게 되어서, 내가 원하던 답이 잘 나와서, 계획에 따라서 차근차근 탐구를 하여 예상하던 답을 얻어서'와 같은 이유를, 불만족하는 학생들은 '정확한 정보가 별로 없어서, 어려운 주제여서, 탐구를 하는 것이 어려워서' 등의 이유를 제시하였다. 그러므로, 자유탐구에 대한 학생들의 만족 여부는 긍정적으로 지각하는 학생의 경우는 결과의 명확성, 참신성, 예견성 등이, 부정적으로 지각하는 학생의 경우는 정보 부족, 결과의 불명확성, 곤란도 등 질적으로 다른 요인이 작용했다고 볼 수 있다.

뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구 결과에 만족하거나 불만족하는 원인을 알아보기 위해 자유탐구 소감문을 분석하고 면담을 실시하였다. 이러한 방식의 자유탐구에 만족하는 학생은 자유탐구 주제 선정에서부터 주제에 부합하는 방법을 선정하고 수행하여 결론을 도출하기까지 전체 과정에 걸쳐 호기심을 갖고 의문을 해결하려는 흥미를 보였고, 각 단계의 특징에 부합되는 활동들을 원활히 수행하였다. 반면에, 탐구 결과에 불만족하는 학생은 자유탐구 관련 사후 태도 검사에서 태도 점수가 사전 검사보다 낮게 나타났고 자유탐구 주제와 방법 선정 등 '스스로 하는 탐구가 어려워 선생님 이랑 같이 했으면 좋았을 것 같다'는 등 자유탐구 전체에 대한 불만족이 결과에 대한 불만족에 영향을 끼쳤음을 알 수 있었다.

4. 자유탐구 전반에 대한 인식

과학자가 자연 현상이나 대상에 대하여 호기심을 갖고 탐구하며 문제를 해결함으로써 과학 지식을 생성하는 뇌기반 진화적 접근법(ABC-DEF) 접근법을 학생들이 자유탐구한 내용과 연계시켜 살펴볼 수 있다. 즉, 학생들은 실제 과학자처럼 다양한 흥미와 관심 중에서 자신이 가장 탐구하고 싶은 것을 선택하여 주제의 구체적인 내용을 탐색하고(A-DEF), 자신이 선택한 탐구 주제나 호기심 문제를 해결할 다양한 방법 중 탐구 가능성, 유용성, 정확성 등에 비추어 가장 적합하다고 판단되는 방법을 선택하여 구체적인 계획을 세우고 실행한다(B-DEF). 그런 다음, 이러한 과정들을 통해 알게 된 다양한 사실 및 그에 관련된 의미들을 탐색해보고 이들이 자신의 탐구 목적에 부합하는 정도나 유용한 정도에 따라 비교·평가하여 더 알고 싶은 부분이나 보완할 부분 등으로 심화·확장(C-DEF)하는 방식으

로 과학자의 탐구 과정을 경험하였다.

위의 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구에 대한 학생들의 인식을 일반 과학수업과 비교하기 위해 학생들에게 일반 과학수업 시간에 하는 활동과 이러한 방식의 자유탐구 활동의 공통점과 차이점에 관하여 설문하였다. 공통점으로는 49.1%의 학생이 실험을 한다고 응답하였고 차이점으로는 32.3%의 학생이 자유탐구는 자유롭게 스스로 하는 것이고 일반 과학 수업 시간에 하는 활동은 선생님의 지시에 따라 하는 것이라고 응답하였다. 학생들의 이러한 응답으로 볼 때, 자유탐구에 대한 학생들의 인식은 궁금한 주제에 대해 스스로 탐구하는 것이라고 교육과정에 명시된 자유탐구의 성격(Ministry of Education and Science Technology, 2007)과 부합됨을 알 수 있다. 공통점으로 제시한 내용은 크게 실험과 궁금증 해결이라는 두 가지로 범주화할 수 있다. 차이점으로 제시한 내용은 매우 다양하여 범주화하기 어렵지만, 주체가 교사인지 학생인지, 활동 장소가 학교인지 학교 밖인지, 탐구의 대상이 교과서의 내용인지 주위의 여러 대상인지에 따라 구분함을 알 수 있었다.

'자유탐구가 일반 과학 수업시간에 선생님의 안내에 따라 하는 실험이나 탐구보다 좋은가?'라는 질문에 55% 학생이 긍정적으로 응답하였고 45%의 학생이 부정적으로 응답하였다. 부정적으로 응답한 학생들의 이유를 살펴보면 선생님과 함께 실험하는 것은 절차가 정해져 있고 답이 확실하며 이해가 잘 되어서 좋다고 하였다. 학생들이 교사의 지시에 따른 수업에 익숙해져 있어서 학생에게 주도권이 있는 자유탐구를 어려워하는 것으로 판단된다. 이와 관련하여, 일반 과학 수업 시간에 하는 활동과 비교하여 이번에 실시한 자유탐구의 좋은 점과 안 좋은 점에 대한 설문을 하였다. 좋은 점은 '스스로 하고 싶은 주제를 선택하는 것, 호기심을 충족하여 재미있는 것, 탐구 방법에 대해 알게 된 것, 새로운 것을 알게 된 것' 등을 들었다. 안 좋은 점은 많은 학생이 시간과 비용의 문제, 혼자해서 힘들고 복잡함을 들었다. 학생은 자신이 흥미가 있는 것을 선택하는 것은 좋아하지만 스스로 탐구를 계획하고 수행하는 것은 어려워하였고 일부(12.2%)는 심지어 자유탐구를 통해 시간이 많이 낭비된다고 생각하였다. 특히, 수업 시간에 진도를 나가지 않고 자유탐구에 할애하는 시간이 아깝다

는 응답이 있어 자유탐구가 과학 교육과정의 일부라는 교사의 설명에도 불구하고 자유탐구를 교육과정 외의 부수적인 활동으로 인식하는 학생들도 있었다. 그러므로, 교사 자신은 물론 평소에도 학생들에게 자유탐구가 필수적인 과정임을 주지시킬 필요가 있다.

과학자가 하는 일에 관하여 평소 과학 수업 시간에 생각한 것과 이번 자유탐구를 통해 생각한 것에 대한 응답을 분석하여, 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구 활동의 실제과학적 특징을 어떻게 인식하고 있는지 알아보았다. 평소 과학 수업을 통해서선 선생님께서 실험 방법과 실험 결과를 알려주기 때문에 과학자가 어떻게 사실을 발견해 내는지 생각해 본 적이 거의 없었다는 의견이 공통적이었다. 하지만, 이번 자유탐구를 통해 과학자들이 한 가지 과학적 사실을 발견해 내기 위해서는 탐구 과정 중에 여러 가지 주제와 방법에 따라 실험을 하면서 결과를 얻어낸다는 사실을 알게 되었다고 응답하였다. 이를 통해 뇌기반 진화적 접근법은 학생들이 평소 과학 수업 시간에는 생각해 보지 못한 과학 지식의 생성 과정을 생각해 보고 과학자가 지식을 생성해 내는 진화적 속성을 직접 체험하는 데 도움이 된다고 할 수 있다.

자유탐구 활동이 끝난 후 가장 좋았던 부분과 어렵거나 힘들었던 부분에 대한 설문을 하여 자유탐구 전반에 대한 인식을 조사한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이, 상당수의 학생이 A-DEF 단계가 도움이 되거나 좋다고 응답하기도 하였지만 이와 동시에 상당한 비율의 학생이 이 단계가 어렵거나 힘들었다고 하였다. 도움이 되었던 부분과 어려웠던 부분에 대해 가장 높은 비율을 차지하는 것은 탐구 방법과 관련된 B-DEF 단계인데, 그 이유는 주제를 정하고 본격적으로 탐구를 시작하면서 탐구를 경험해보지 못해 생소한데다 탐구 일지와 탐구 계획서를 작성해야 하고 탐구 계획서 작성에 부담을 느낀 것으로 판단된다. 탐구 수행이 도움이 되거나 좋다고 응답한 이유는 학생들이 직접 해보는 실험이 좋다는 응답이 많은 것으로 보아, 자유탐구 과정에 관계없이 학생들이 선호하는 실험이 포함된 과정이기 때문이라고 할 수 있다. ‘실험’은 학생에게 움직이는 즐거움과 새로운 호기심 등의 이유로 긍정적인 감성을 보이는 대표적인 교수학습 활동이라는 연구 결과(Lim & Oh, 2004)

Table 1. Response frequency about helpful and difficult parts in the free inquiry process

Component and step	Helpful part	Difficult part
	Number of response (%)	Number of response (%)
A-DEF	46(39.3)	27(26.1)
B-DEF	61(52.2)	58(55.9)
C-DEF	10(8.5)	19(18.0)
Total	117(100.0)	104(100.0)

에서도 그 이유를 찾을 수 있다. 탐구 결과 해석 단계도 자신이 탐구한 모든 결과를 자유탐구 일지와 보고서에 정리하는 것이 어렵거나 힘들다고 응답한 학생이 많았다. 이는 정규 과학 수업에서의 보고서 쓰기에는 이미 무엇을 써야 하는지, 어떻게 써야 하는지가 거의 정해져 있고(Keys, 2000), 실험 결과로부터 어떤 결론에 도달할 수 있는지에 대한 생각을 거의 하지 않기 때문에(White, 1996) 학생들이 데이터를 해석하고 자신의 생각을 정리할 수 있는 기회가 부족하여(Kim, 2009) 자유탐구 결과 해석에 어려움을 느낀다고 볼 수 있다.

각 단계에서 수행하기 어려운 것에 대한 이유들 중에는 글로 적어야 할 내용은 많은데 쓸 게 없다는 내용이 많았다. 각 단계별로 자유탐구 일지를 작성하는 것이 부담으로 작용한다고 할 수 있는데, 이는 비단 이 경우뿐만 아니라, 과학과 관련된 글 쓰기가 고차 사고 과정을 거쳐야 하고 어린 학습자의 경우에는 자신의 생각을 구조화하여 서술하는 것이 쉽지 않기 때문이라고 할 수 있다(Koo & Park, 2010).

초등학교 학생들에게 뇌기반 진화적 접근법에 따른 과학 자유탐구를 개별적으로 실시한 결과와 이에 대한 학생들의 인식을 종합해 볼 때, 가장 중요한 점은 학생들이 이러한 기회를 통해 전통적 과학 수업에서 제공되는 방식이나 내용을 초월하여 실제 과학 자처럼 개방적 탐구를 수행할 수 있는 잠재력이 있음을 확인할 수 있었다는 점이라고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

초등학생들이 과학자의 과학적 활동과 과학 학습의 주요 영역에 관련된 인간의 뇌 영역과 과학 및 과학자 활동의 진화적 속성을 토대로 하는 뇌기반

진화적 접근법(ABC-DEF)에 따라 과학 자유탐구를 수행한 후, 각 요소와 단계의 활동에 대한 인식을 분석한 결과, 다음과 같은 결론과 제언을 할 수 있다.

학생들은 대체적으로 뇌기반 진화적 과학 교수 학습 접근법을 적용한 자유탐구 활동의 정의적·행동적·인지적 영역에서 각각 다양화 → 비교·선택 → 확장·적용하는 단계가 자신의 과학 자유탐구에 도움이 되었다고 인식하였다.

다양화한 흥미 주제나 호기심 문제들을 평가·비교·선택하는 단계(A-E)와 전체 탐구를 통해 알아낸 것을 확장·적용하는 단계(C-F)를 제외한 나머지 영역과 단계들에 대해 절반 이상의 학생들이 긍정적으로 인식하였다. 반면, 부정적으로 인식하는 비율은 전체적으로 낮았지만, 정의적 영역이나 행동적 영역에 비해 인지적 영역의 활동들에 대해 부정적으로 인식하는 비율이 더 높았다. 이는 C-DEF의 각 단계에 대한 인식에서 알 수 있는 바와 같이 학생들이 글로 적는 활동 자체를 싫어하는 감정적 측면과 탐구 결과의 의미를 해석하는 능력이 부족한 것이 함께 작용했기 때문이다. 같은 활동들에 대해 이처럼 다른 인식을 야기하는 요인들을 규명하는 후속 연구가 필요하다.

이 연구에서는 2개월에 걸쳐 학생들이 개별적으로 자유탐구하게 하였지만, 이를 토대로 학생들에게 다년에 걸쳐 한 가지 혹은 그 이상의 프로젝트를 수행하게 하는 프로그램은 학생들이 진정으로 자신의 창의적 아이디어를 충분히 개발하고 탐색하게 할 뿐만 아니라 전문성 수준이 다양한 교실 문화를 지속시켜 나아가게 할 수 있을 것이다. 이때, 교사는 학생들에게 그러한 기회들을 도입해 주고 개별적으로나 다른 학생들과 협력하여 다년 프로젝트(multi-year project)에 참여하게 권장하는 식으로 중요한 역할을 할 수 있다.

이 연구에서는 뇌기반 진화적 접근법을 통해 학생들이 과학자의 활동에 관해 더 많이 알게 되었다고 응답한 경우가 많았는데, 이러한 자유탐구 경험이 과학의 본성, 특히 과학과 과학적 활동의 진화적 속성에 대한 학생들의 인식에 구체적으로 어떤 영향을 끼치는지에 관한 체계적 연구도 필요하다.

참고문헌

Baek, J. Y., Lim, C. S. & Kim, J. Y. (2014). Analyses on

- elementary students' cognitive domain in free science inquiry activities applying a brain-based evolutionary approach. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(3), 579-587.
- Byun, S. M. & Kim, H. J. (2011). Recognition of free inquiry activity and its effects on the science inquiry ability of middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(2), 210-224.
- Champagne, A. B., Klopfer, L. E. & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074-1079.
- Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.
- 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.
- Gunstone, R. F. & White, R. T. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65(3), 291-299.
- Gunstone, R. F. (1991). Reconstructing theory from practical experience. In, B. E. Woolnough(ed.). *Practical science: The role and reality of practical work in school science*. Open University Press. pp. 67-77.
- Hodson, D. (1998). Is this what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington(Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* NY: Routledge. pp. 93-108.
- Hull, D. L. (1988). *Science as a process: An evolutionary account of the social and conceptual development of science*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Hwang, S. W., Kim, H. K., Yoo, J. H. & Pak, S. J. (2001). Ninth graders' self-assessment of scientific process skills in open investigation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 21(3), 506-515.
- Jang, S. (2006). Prospective elementary school teachers' perception of inquiry-oriented teaching practice, with an emphasis on students' scientific explanation. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 25(1), 96-108.
- Keys, C. W. (2000). Investigating the thinking processes of eighth grade writers during the composition of a scientific laboratory report. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 676-690.
- Kim, C. J., Chae, D. H. & Lim, C. S. (1999). *Introduction to science education*. Seoul: BooksHill.

- Kim, J. Y., Lim, C. S. & Baek, J. Y. (2014). Analyses on elementary students' behavioral domain in free science inquiry activities applying a brain-based evolutionary approach. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33(3), 579-587.
- Kim, K., Kim, S., Kim, N., Park, S., Kim, J., Park, H. & Jung, S. (2008). Characteristics of achievement trend in Korea's middle and high school students from international achievement assessment (TIMSS/PISA). KICE, Research Report RRE 2008-3-1.
- Kim, M. K. (2009). The effect of practicing the authentic open inquiry on compositions of laboratory reports. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(8), 848-860.
- Koo, S. K. & Park, I. W. (2010). Development of science writing teaching strategy and its application to elementary science classes. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(4), 427-440.
- Lim, C. S. & Oh, Y. H. (2004). Relationships between the emotional states perceived by elementary school children and their memory on science learning experiences. *The Korean Journal of Biology Education*, 32(2), 173-180.
- Lim, C. S. (2009). Development of a model of brain-based evolutionary scientific teaching for the learning. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 29(8), 990-1010.
- Lim, C. S. (2012). Development of an instructional model for brain-based evolutionary approach to creative problem solving in science. *Biology Education (Korea)*, 40(4), 429-452.
- Lim, C. S., Kim, J. Y. & Baek, J. Y. (2012). 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. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(4), 541-557.
- Martin-Hansen, L. (2002). Defining inquiry. *The Science Teacher*, 69, 34-37.
- Ministry of Education and Science Technology (2007). Science curriculum. Ministry of Education and Science Technology Announcement 2007-79 (Supplement 9).
- Park, Y. S. (2006). Theoretical study on opportunity of scientific argumentation for implementing authentic scientific inquiry. *Journal of Korean Earth Science Society*, 27(4), 401-415.
- Peters, E. (2005). Reforming cookbook labs. *Science Scope*, 29(3), 16-21.
- Shim, K. C., Park, J. S., Park, S. W. & Shin, M. K. (2007). An analysis of science inquiries as presented in elementary science textbooks. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 24-31.
- Shin, H. H. & Kim, H. N. (2010). Analysis of elementary teachers' and students' views about difficulties on open science inquiry activities. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(3), 262-276.
- White, R. T. (1996). The link between the laboratory and learning. *International Journal of Science Education*, 18(7), 761-774.
- Yoon, H. G. & Pak, S. J. (2000). The change of middle school students' motivation for investigation through the extended science investigations. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 20(1), 137-154.
- Ziman, J. (2000). Real science: What it is, and what it means. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

<Appendix> A questionnaire for perception on science free inquiry applying brain-based evolutionary approach

자유탐구수업 설문지

() 초등학교 5학년 ()반 ()번 이름: ()

다음은 선생님과 여러분이 함께 한 자유탐구에 대한 여러분의 생각을 알아보고자 하는 설문지입니다. 솔직하고 정성껏 대답해 주시기 바랍니다.

1. 자유탐구에서 ‘내가 알아내고 싶은 것’을 다양하게 생각하고, 그 이유를 함께 적어 보세요. 이 활동이 여러분의 자유탐구에 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다
그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>			

2. 여러 주제들 각각의 장·단점과 유용성을 살펴본 것이 탐구 주제를 선정하고 탐구 문제를 설정하는 데 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다
그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>			

3. 내가 정한 자유 탐구 주제와 관련하여 더 알아보거나, 확장·적용할 수 있는 것을 생각하여 적어보는 것이 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다
그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>			

4. 내가 정한 자유탐구 주제를 알아 볼 방법들을 다양하게 생각해 본 것이 나의 탐구에 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다
그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>			

<Appendix> Continued

5. 나의 자유탐구 주제를 알아볼 수 있는 다양한 방법들 각각의 장점과 단점을 생각해 보고 가장 적합하다고 생각하는 한 가지를 골라서 자세한 계획을 세운 다음, 계획에 따라 탐구했습니다. 이렇게 한 것이 나의 탐구에 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다

그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>
------------	--

6. 내가 사용한 방법으로 더 알아볼 수 있는 것이 무엇인지, 내가 사용한 방법에서 보완할 점이 무엇인지 생각해본 것이 나의 탐구에 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다

그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>
------------	--

7. 자유 탐구를 통해 얻은 결과와 관련된 의미나 알게 된 내용을 다양하게 적어본 것이 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다

그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>
------------	--

8. 자유 탐구를 통해 얻은 결과와 관련된 의미나 알게 된 내용을 다양하게 적은 것들을 비교해 보고, 가장 유용하거나, 가치 있다고 생각하는 것을 선택하였습니다. 이 활동이 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다

그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>
------------	--

9. 나의 자유탐구에서 부족했던 점을 생각해 보고, 알아낸 것을 어디에 적용할 수 있을지 적어 보았습니다. 이 활동이 도움이 되었나요?

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다

그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>
------------	--

<Appendix> Continued

10. 이번에 한 나의 자유탐구는 전체적으로 어떻다고 생각하나요? 그 이유를 적어보세요.

①	②	③	④	⑤
매우 잘 이루어졌다.	괜찮은 편이다.	보통이다.	잘 이루어지지 않은 편이다.	잘 이루어지지 않았다.
그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>			

11. 자유탐구를 하는 과정에서 가장 좋았던 부분과 어려웠거나 힘들었던 부분은 무엇이 있었는지 <보기>의 번호에 표시하고 그 이유를 적어보세요.

<보기>			
㉠ 흥미 주제 선정	㉡ 탐구 방법 선정	㉢ 탐구 수행	㉣ 탐구 결과 해석
좋았던 부분		그렇게 생각한 까닭	
어렵거나 힘들었던 부분		그렇게 생각한 까닭	

12. 나는 자유 탐구가 평소의 과학 시간처럼 선생님의 안내에 따라 하는 수업보다 더 좋다고 생각한다.

①	②	③	④	⑤
매우 그렇다.	그렇다.	보통이다.	그렇지 않다.	매우 그렇지 않다
그렇게 생각한 까닭	<i>(어떤 부분이 도움이 되었고, 도움이 되지 않았는지 자세하게 쓰기)</i>			

13. 평소 과학 수업 시간에 하는 활동과 자유탐구 활동의 공통점과 차이점은 무엇이라고 생각하나요?

공통점	차이점

14. 평소 과학 수업 시간에 하는 활동과 비교하여 이번에 실시한 자유탐구의 좋은 점과 안 좋은 점은 무엇인가요?

좋은 점	안 좋은 점

15. 자유탐구와 관련하여 선생님께 하고 싶은 말을 적어보세요.

수고 많았습니다.