

## 뇌 기반 진화적 접근법을 적용한 초등학교 학생의 과학 자유탐구에서 행동 영역 분석

김재영 · 임채성 · 백자연<sup>†</sup>  
(서울교육대학교) · (서울신계초등학교)<sup>†</sup>

### Analyses on Elementary Students' Behavioral Domain in Free Science Inquiry Activities Applying a Brain-Based Evolutionary Approach

Kim, Jae-Young · Lim, Chae-Seong · Baek, Ja-Yeon<sup>†</sup>  
(Seoul National University of Education) · (Seoul Singye Elementary School)<sup>†</sup>

#### 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 questions and find answers by themselves. The purpose of the study was to analyze characteristics deployed in the processes of elementary school students' free inquiry activities applying a brain-based evolutionary science teaching and learning principles. For this study, 106 the fifth grade students participated, and they performed individually free inquiry activities according to a brain-based evolutionary approach. In order to characterize the diversifying, estimating-evaluating-executing, and extending-applying activities in behavioral domain, the free inquiry diary constructed by the students, observations by the researcher, and interviews with the students were analyzed both quantitatively and qualitatively. The major results of this study were as follows: First, the students preferred basic inquiry process skills and the majority of the students selected observation as a major approach of their inquiry. The reason was found to be that they were accustomed to only typical basic inquiry skills which is frequently presented at textbooks and regular instruction and didn't have appropriate experience for using relevant integrative inquiry skills. Second, most of the methods diversified and selected by the students were confined to descriptive explanation rather than causal one. Third, both of the science attitude and academic achievement were associated with the number of diversified methods and the selection of appropriate method. Based on these findings, implications for supporting domain novices in inquiry learning environments are advanced.

**Key words** : brain-based evolutionary approach, free inquiry, behavioral domain, inquiry methods, science attitude, achievement

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

과학과 기술의 발달로 인해 예상하기 어려운 다양한 문제 상황에 접하게 되는 현대와 미래 사회에서는, 전통적인 과학 교육에서 많은 비중을 두는 정해진 주제, 지시에 따른 실험·관찰, 단순 지식의

습득 방식으로는 급변하는 상황에 적절히 대처할 수 있는 사람을 길러내기 어렵다. 다양하게 급변하는 문제 상황에 능동적으로 대처하는 능력을 효과적으로 길러주기 위해서는, 학생들이 실제적 과학 탐구 활동을 통해 과학 문제를 해결하는 전체 과정을 직접 경험하게 해야 한다(Kim *et al.*, 1999). 우리나라 과학 교육과정은 여러 차례 개정되어 왔지만,

자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 기르고, 이러한 탐구 활동을 통해 과학의 기본 개념을 이해하고 적용하는 것을 중요한 목표로 일관되게 강조해 왔다. 특히, 2007 개정 과학과 교육과정에서는 학생들의 과학에 대한 흥미를 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 해결할 가치가 있다고 생각하거나, 흥미를 가지고 있는 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 질문(curiosity question)을 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 결과가 다른 과학자들에게 전파된다. 어떤 자연 현상을 정확하고 신뢰롭게 예상하는 것으로 밝혀지고, 동료 과학자들에 의해 충분히 검토되고 검증된 가설은 과학적 이론이 된다. 과학자는 이러한 과학적 이론들을 다른 상황에 확장시켜 적용한다. 과학자의 이러한 과학적 활동들에는 과학교육의 핵심 영역인 동시에 인간의 뇌 기능과 밀접하게 관련되는 정의적·행동적·인지적 요소들이 포함되어 있을 뿐만 아니라, 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, 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 본질을 반영하는 측면에서 미흡한 점이 있다. 더욱이, 교과서나 학교 현장에서의 정규 과학 교수

학습에서는 대부분 주제가 제시되어 있고, 내용이나 개념 이해를 위하여 탐구 과정이 자세히 서술된 요리책 식으로 구성되어 있어서(Hodson, 1998), 실제적 탐구가 적절히 반영되지 못하고 있다(Jang, 2006; Shim *et al.*, 2007). 이러한 상황에서는 교사가 실험이나 탐구 과정을 설명하면 학생은 활동의 목적이나 의미 등 중요한 내용을 적절히 이해하지 못한 상태에서 교사의 지시에 따라 수동적으로 활동할 수밖에 없다(Germann *et al.*, 1996; Peters, 2005). 또한 과학 탐구 요소를 위주로 한 단편적·지시적 확인 실험으로 인해, 종합적인 과학 탐구, 즉 학생이 스스로 문제를 찾아 해결해 볼 수 있는 기회가 적어 과학적 탐구 과정을 이해하거나, 이를 수행하는데 필요한 능력을 기르는 데 한계가 있다(Yoon & Pak, 2000). 이러한 방식의 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).

이를 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 효율성 추구라는 현실을 고려하면, 최소한 자유탐구 영역에서만이라도 반영해야 한다. 과학 교수학습과 창의적 과학 문제해결에 대한 뇌기반 진화적 접근법(Lim, 2009; 2012)은 과학자들이 실제로 과학을 하는 데 관련된 핵심 영역과 이에 수반되는 인간의 주요 뇌 영역에 상응하는 정의적·행동적·인지적(Affective-Behavioral-Cognitive; ABC) 영역과 이들 각 영역에 일어나는 다양화 → 비교·선택·실행 → 확장·적용(Diversifying → Estimating, Executing, Evaluating → Furthering; DEF)이라는 진화적 과정으로 이루어지므로, 실제과학적 자유탐구 자체와 그에 대한 체계적인 연구에 효과적이라고 판단된다. Lim *et al.* (2012)은 뇌기반 진화적 접근법에 따른 초등학생들의 과학 자유탐구 활동 중 정의적 영역에서, 학생들이 탐구할 과학 흥미 주제를 어떻게 다양화하고

(A-D), 이들 중 어떤 것들을 왜 선택하며(A-E), 선택된 흥미 주제들을 어떻게 확장·적용하는가(A-F)를 체계적으로 분석하여 보고하였다.

문제해결에 대한 다양한 연구들에서 일반적으로 문제해결자는 문제를 해결할 때, 몇 가지 방략들을 생성하고 실행하여 효과적이지 않은 것들은 버리고, 문제해결에 기여하는 것들은 유지시켜 미래에 활용하는 것으로 밝혀졌고(Morgan et al., 1992), 과학자들은 다른 모든 생물과 마찬가지로 시행착오 방법을 사용한다(Popper, 1968; 1994). 이를 뇌기반 진화적 접근법의 행동 영역에 비추어 보면, 어떤 자연 현상, 사물 혹은 문제 상황에 대해 다양한 가설을 설정하고, 그 가설들을 검증할 실험들을 설계하는 것은 B-D 단계, 각 가설과 관련된 실험들을 차례로 수행하거나 비교·평가하여 적절한 실험을 선택하고 실행한 다음, 데이터를 수집·분석하여 결론을 도출함으로써 가설을 수용하거나 기각하는 것은 B-E 단계, 사용한 방법을 유사한 다른 상황에 확장하여 적용하는 것은 B-F 단계라고 할 수 있다. 이 논문에서는 초등학교 학생들이 자유탐구에서 자신이 선택한 흥미 주제나 호기심 문제를 해결하기 위한 방법들을 얼마나, 어떻게 다양하게 고안해내고(B-D), 이들 중 어떤 것들을 왜 선택하여 실행하며(B-E), 사용한 방법을 어떻게 확장·적용하는가(B-F)를 정량적·정성적으로 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 학교군은 학생의 학업성취도가 비교적 낮고, 가정 형편이 여유 있는 편은 아니어서 대부분 학교 수업에 의존하는 편이다. 2007 개정 과학과 교육과정의 시행에 따라 이전 학년에서 자유탐구 활동을 해본 경험이 있는 4, 5학년 중에서 발달 단계상 4학년과 비교하여 과학 탐구 능력과 구체적 조작 능력이 높고, 연구자가 관찰과 면담을 위한 접근의 용이성과 자료 수집의 가능성 등을 고려하여 5학년을 선정하였다.

### 2. 자유탐구 활동 실시

2007년 개정 과학과 교육과정에 의한 초등학교 5학년 과학 교사용지도서(Ministry of Education and Science Technology, 2011)와 선행연구를 바탕으로 총 8차시의 수업을 구안하였으며, 공휴일과 학교 행사 등으로 인해 자유탐구 활동을 지속적으로 수행하기 어려운 점(Shin & Kim, 2010)을 고려하여 3-4월에 걸쳐 개인별로 자유탐구 활동을 실시하였다. 학생들의 자유탐구는 전체적으로 Lim(2009, 2012)이 제시한 뇌기반 진화적 접근법에 따른 과학 교수학습 모형과 창의적 과학 문제해결 지도 모형을 토대로 수행되었고, 핵심적인 요소와 단계들은 Table 1과 같다. 뇌기반 진화적 접근법에 따른 과학 자유탐구에 대한 학생들의 이해를 돕기 위해 주제 선정, 탐구 방법 선정, 탐구 계획서 작성, 탐구 결과 해석, 탐구 보고서 작성의 각 단계마다 학생들에게 ‘민국이의 자유탐구 일지’라는 구체적인 자유탐구 시나리오를 예시로 제시하였다. 앞에서 간략히 언급한 바와 같이, 자유탐구 내용과 진행 방식에서 교사용지도서에 제시된 기존의 자유탐구 절차와

**Table 1.** Procedures of free inquiry according to the teachers' guidebook and the brain-based evolutionary approach

Teachers' guidebook	Brain-based evolutionary approach (ABC-DEF)
Finding question for inquiry	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversifying inquiry topics or curiosity questions (A-D).</li> <li>• Estimating and evaluating the inquiry topics or curiosity questions (A-E).</li> <li>• Extending or applying the selected question to related areas (A-F).</li> </ul>
Planing and executing inquiry	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversifying possible methods to solve the selected curiosity question (B-D).</li> <li>• Estimating and evaluating among the methods and executing the selected method (B-E).</li> <li>• Extending or applying the selected and executed method to related areas (B-F).</li> </ul>
Constructing report	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diversifying meanings inherent in the results (C-D).</li> <li>• Estimating and evaluating the meanings inherent in the results (C-E).</li> <li>• Extending or applying the meanings inherent in the results to related areas (C-F).</li> <li>• Constructing report.</li> </ul>
Presenting result of inquiry	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenting result of inquiry</li> </ul>

뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구 절차는 과학과 과학자 활동의 본성을 반영하는 측면에서 차이가 있는데, 이를 비교하여 나타내면 Table 1과 같다. 이 논문에서는 뇌기반 진화적 접근법에 따른 초등학교 학생들의 과학 자유탐구 중에서 정의적 영역의 활동(A-DEF)을 분석한 Lim *et al.*(2012)의 연구와 연계하여, 행동적 영역인 B-DEF에 초점을 맞추어 분석하였다.

탐구 방법의 다양화와 선택·실행 단계에 앞서 학생들은 학기 초부터 탐구 방법에 대한 사전 학습을 하면서 자신의 주제 영역에 대한 사전 조사를 실시하였다. 정의적 영역의 A-E 단계에서 선택한 흥미 주제나 호기심 문제를 해결할 탐구 계획을 세울 때 알아내고 싶은 방법들을 모두 적어 보고(B-D), 각 방법의 장·단점, 현실성, 유용성 등을 고려하여 비교한 후, 자신의 탐구 주제에 적절한 탐구 방법을 한 가지 선택하여 실행하게 하였다(B-E). 그런 다음, 자기 탐구에서 사용한 방법을 수정·보완하거나, 확장·적용하여 더 알아낼 수 것을 적게 하였다(B-F).

### 3. 자료 수집

본 연구는 뇌기반 진화적 요소를 반영한 자유탐구 활동을 통해 Lim *et al.*(2012)에서와 마찬가지로 학생의 태도와 탐구 수행 과정을 알아보기 위하여 정량적 검사 도구와 정성적 검사 도구를 함께 사용하였다. 사전·사후 태도 검사 도구를 이용하여 자유탐구 활동 후 학생의 태도 변화를 정량적으로 분석하였으며, 자유탐구 수행 과정 관찰, 심층 면담, 자유탐구 일지 분석 등 타당도와 신뢰도를 높일 수 있는 다양한 방법으로 자료를 수집·분석하였다.

자유탐구를 실시하기 전에 뇌기반 진화적 요소를 반영한 전체적인 자유탐구 과정에 대한 시나리오와 각 단계별로 상응하는 양식으로 일지를 개발하였다. 자유탐구 시나리오와 자유탐구 일지를 각 단계마다 투입하여 학생들에게 이 자유탐구의 각 단계와 내용을 자세하게 안내하였다.

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 경우에는, 자유탐구 과정 중 어

느 것이 얼마나, 어떻게, 왜 변했는지 등 연구에 유의적절하다고 판단되는 것들에 대해서는 상황에 따라 추가 질문을 하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

과학자들의 실제과학적 측면을 반영한 뇌기반 진화적 접근법에 따라 학생 자신이 선택한 호기심 문제를 해결하기 위한 방법들을 다양하게 고찰하여 나열(B-D)한 후, 이들을 비교·평가하고, 현실적으로 가장 적합하다고 판단하는 것을 선택하여 실행(B-E)하게 한 다음, 사용한 방법을 확장·적용(B-E)하게 하는 과정에서 나타난 특징들을 분석한 결과는 다음과 같다.

### 1. 탐구 방법의 다양화(B-D) 및 비교·선택·실행(B-E)

과학자들은 자신이 연구할 주제를 결정하거나 해결할 문제를 구체화한 다음에는 그 주제를 연구하거나 문제를 해결할 방법들을 다양한 방식으로 모색하고, 그 중에서 가장 적절한 것을 선택하여 실행하며, 사용한 방법을 확장·적용하여 관련된 내용을 더 알아내거나 심화시킨다(Campbell, 1960; Hull, 1988; Simonton, 2011). 과학적 활동에 내재된 이러한 진화적 속성을 토대로 하는 뇌기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구의 두 번째 요소와 단계(B-DEF)로서, 학생들이 자신의 자유탐구 문제를 해결할 방법으로 다양화한 것들에 핵심적으로 수반되는 탐구기능을 Table 2와 같이 기초 탐구기능과 통합 탐구기능으로 범주화하였다.

학생들이 안출해낸 방법들에 사용할 기능으로 기초 탐구 기능을 선택한 경우가 많았고(70.1%), 그 중에서도 관찰 기능을 가장 많이 선택하였다. 과학자들이 귀납적 과정을 통해 새로운 과학 지식을 생성할 때 관찰로 시작하여 의문을 갖고 가설을 검증해 나가는 점에서 학생들이 관찰을 선택하는 것과 과학자의 활동 사이에 유사점을 찾을 수 있다.

탐구 방법에 핵심적으로 수반되는 탐구기능으로 학생들이 가장 많이 선택한 관찰의 구체적인 방법에 대한 응답을 통해 관찰의 질적 차이를 알아보았다. Martin-Hansen(2002)은 관찰자는 관찰 대상의 모양, 느낌, 냄새, 온도, 색 등을 볼 뿐 아니라, 무엇인가를 하기 전과 후에 나타나는 변화도 보기 때문에,

**Table 2.** Analysis of diversified methods according to science process skills

Process skills	Ob <sup>a)</sup>	Cl	Me	Pr	In	Re	Hy	Va	Da	Dr	Ge	etc <sup>b)</sup>	Total
Frequency	52	25	35	15	0	10	1	10	15	4	1	13	181
(%)	(28.7)	(13.8)	(19.3)	(8.3)	(0)	(5.5)	(0.6)	(5.5)	(8.3)	(2.2)	(0.6)	(7.2)	(100)

<sup>a)</sup> Ob: Observation, Cl: Classification, Me: Measurement, Pr: Prediction, In: Inferring, Re: Recognizing problem, Hy: Hypothesis formulation, Va: Variable control, Da: Data transformation, Dr: Drawing conclusion, Ge: Generalization

<sup>b)</sup> Science process skills not suggested in SAPA, such as breeding, cultivating, field-trip, and literature survey

관찰에는 시각적인 것뿐 아니라, 촉각과 후각 등 인간의 오감이 모두 사용되는 것으로 정의하고, 관찰 대상의 상태뿐 아니라 변화도 관찰의 대상이 되는 것으로 보았다. 위의 연구 결과와 어떤 사물이나 자연 현상의 특징을 감각 기관과 관찰 도구를 사용하여 찾아내는 것(Ministry of Education and Science Technology, 2011)이라고 제시한 관찰의 정의를 바탕으로 하여 학생들의 관찰 범위를 살펴보면, 관찰을 탐구 방법으로 제시한 학생들은 대부분(98%) 시각을 이용한다고 하였고, 일부 학생이 놀러보기, 만져보기 등 촉각을 이용한다고 하였다. 또한 대부분의 관찰이 ‘우유를 준 강낭콩과 물을 준 강낭콩의 변화 관찰하기’, ‘냉장고에 둔 사과와 상온에 둔 사과의 색깔 변화 관찰하기’ 등 변화하는 현상에 관한 것이었다. 이러한 방법을 선택한 이유로 70%의 학생이 관찰이 과학을 하는 데 가장 중요하고, 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문이라고 응답하였다. 교사는 이러한 맥락에서 학생들이 관찰의 확실성이나 객관성에 편향되지 않도록 관찰의 이론의존성에 관련하여 관찰이 주관적일 수 있음을 인식하게 할 필요가 있다.

이러한 관찰 편중 경향은 초등학교 학생들의 관찰이 관찰 내용을 단순히 진술하는 수준이고, 육안으로 관찰할 수 있는 것에 국한되는 경향이 있다는 Lim(1999)의 연구 결과와 일치한다. 또한 학생들이 교과서에 전형적으로 제시되는 안내된 탐구 활동에 익숙해져 있기 때문에, 새로운 탐구 방법보다는 주제에 대한 기본적인 탐구 활동에 익숙하다는 연구 결과(Hong *et al.*, 2007)에서도 그 이유를 찾을 수 있다. 과학 수업에서 수행평가할 때에도 많은 교사가 주로 기초탐구 과정기능 중 관찰이나 측정 기능을 토대로 탐구 능력을 평가하는 것(Chae *et al.*, 2007)을 고려할 때, 이러한 평가에 익숙해진 학생들은 ‘금붕어를 따뜻한 물에 넣으면 아가미가 어떻게 움직일까?’, ‘식물에게 포도 주스를 주면 어떻게 될까?’와 같이 자신이 선택한 주제를 알아내는 데 가

설 설정, 실험 설계, 결론 도출 등 통합탐구 기능이 요구되는데 불구하고, 이러한 기능들을 충분히 경험하지 못해 관찰과 측정에 치중함을 알 수 있다.

한편, 뇌기반 진화적 접근법에 따른 과학 자유탐구의 정의적 영역에서 학생들이 호기 주제나 호기심 질문을 다양화한 후 자신이 실제로 탐구할 주제로 선택한 것이 주로 인과적 설명(causal explanation)보다는 서술적 설명(descriptive explanation)을 추구하는 성격의 주제였던 점(Lim *et al.*, 2012)을 고려하면, 학생들이 행동 영역에서 자신이 선택한 호기심 질문을 해결하기 위한 방법으로, 주로 기초탐구 기능인 관찰을 제시한 것은 자연스럽고 당연하다고 볼 수 있다. 그러므로, 정의적 영역의 A-D 단계 활동에서 호기심 질문들을 탐색할 때, 학생들이 인과적 설명을 추구하는 주제를 고려하도록 안내할 필요가 있다. 그러나 비록 A-E 단계에서 서술적 설명을 추구하는 호기심 질문을 선택했다라도, B-DEF 단계들에서 인과적 설명을 찾아낼 수 있는 방법들을 추구하게 유도할 필요도 있다.

B-E 단계에서는 B-D 단계에서 다양하게 안내해낸 방법들 중에서 가장 유용하거나, 현재 자신의 상황에서 가장 적합한 방법을 선택하여 실행하고, 데이터를 수집·분석한다. 이 단계는 자신이 다양하게 고안해낸 방법론적 아이디어들을 유용성이나 현실적 여건 등을 고려하여 비교·평가하여 실행하는 단계로서, 각 방법의 직접 실행이나 평가는 크게 ‘비교·평가 → 선택 → 실행’ 방식과 ‘실행 → 비교·평가 → 선택’이라는 두 가지 방식으로 이루어질 수 있는데, 시간·비용 많이 소요되거나 위험성이 있는 경우 Campbell(1974)과 Popper(1963)가 제안하는 대리 시행이나 대리 테스트를 실시할 수 있으므로, 이 연구에서는 전자의 방식을 적용하였다.

학생들이 다양화하고 선택한 탐구 방법의 특징을 알아보기 위해 다양화한 탐구 방법의 주제 부합성과 합리성을 토대로 탐구 방법의 개수에 따라 1

점씩 부여하였다. 초등 과학 교육을 전공한 현장 교사 3인이 채점하였고, 채점자간 상관계수는 .75 이상이었다. 탐구 방법의 다양화와 선택 과정에서 나타나는 특성들을 과학 태도와 학업성취도 수준에 따라 상세히 알아보기 위해 Table 3과 같이 9개 집단(B1~B9)으로 범주화하였다. 여기에서 다양화 정도(degrees of diversification; DD)는 학생들이 선택한 호기심 질문에 대해 B-D 단계에서 제시한 해결 방법의 평균적인 수이고, 적합한 방법(appropriate choice; AC)은 다양화한 방법들 중에서 실제로 사용할 방법을 선택한 것들이 학생 수준에서 과학적으로 유용하고 타당한 정도에 따라 적합하다고 평정된 것들의 비율이다.

전체적으로, 과학 태도 점수와 학업 성취도가 높을수록 주제에 적절한 탐구 방법을 다양하게 제시하였고, 학업성취도가 ‘하’인 집단은 주제에 적절한 탐구 방법을 선택하는 데 어려움을 겪었다.

태도와 학업성취도 모두 ‘상’에 속하는 B1 유형에 속하는 정우\*은 ‘물, 사이다, 우유 중 어느 액체에서 얼음이 빨리 녹는가?’라는 주제에 대해 ‘각각의 액체에 얼음을 넣고 초시계로 시간을 측정한다.’, ‘물, 사이다, 우유를 같은 크기의 컵에 같은 양을 넣고, 같은 크기의 얼음을 넣는다.’, ‘온도가 같은 장소에서 실험한다.’, ‘각 액체에서 얼음이 녹는 모양을 관찰한다.’ 등과 같이 탐구 주제에 적절한 탐구 방법(관찰, 측정, 변인 통제 등)을 다양화하고, 비교·평가 과정을 통해 적합한 탐구 방법을 선택하였다. 태도는 ‘상’, 학업성취도는 ‘하’에 속하는 B3 유형 학생들이 탐구 방법과 그 탐구 방법을 선택한 이유를 살펴보면 대체로 자신이 왜 그러한 탐구 방법을 활용해야 하는지 적절한 이유를 찾지 못하였으며, 학생들 간 다양화의 편차가 컸다. 태도는 ‘하’, 학업성취도는 ‘상’에 속하는 B7 유형의 학생은 연구 대상 106명 중 4명으로 소수에 불과하지만,

학생별로 차이가 커서 탐구 방법을 다양화한 학생이 있었으나, 일부 학생은 자유탐구 일지를 불성실하게 작성하여 태도 점수는 비슷하지만, 학업성취도가 더 낮은 집단보다 다양화 점수가 낮았다. 이 학생들은 자유탐구에 대한 의욕이 매우 낮았고 탐구 방법을 다양화하지 못했다. 탐구 의욕과 다양화 정도가 구체적으로 어떤 관계가 있는가에 대해서는 체계적인 후속 연구가 필요하다.

B-E 단계에서 주제에 적합한 탐구 방법을 비교·선택하는 기준으로 대다수의 학생(62%)이 편리성이나 정확성을 고려하였다. 다음은 학생들이 탐구 방법을 선택한 대표적인 이유들이다.

- 이세\*: 변화를 눈으로 쉽게 확인할 수 있기 때문에(측정)  
 김민\*: 관찰이 다른 탐구의 기본이 되고, 빨리 할 것 같고 쉽고 편리해서(관찰)  
 김미\*: 관찰을 하면 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에(관찰)

대다수(72%)의 학생은 종합적이고 분석적인 사고를 필요로 하는 탐구 기능보다는 단순하고 현상을 기술하는 수준의 탐구 방법을 선호하였다. 학생들은 탐구 과정 중 정확한 결과를 얻길 원하고, 이전에 자유탐구 경험이 많지 않으며, 자유탐구를 하기 전에 여러 가지 탐구 방법(기초 탐구 과정, 통합 탐구 과정 등)에 대해 알고 있었는가라는 질문에 대해 65.1%의 학생이 모르고 있었다고 응답한 결과를 통해, 학생들은 스스로 탐구하는 방법을 잘 모르고 있어 기초 탐구 방법을 편향적으로 선호하는 것을 알 수 있다. 학생들은 어떻게 탐구 실험을 설계하고 수행할지 논의할 기회가 없으며(Park, 2006), 탐구 방법을 제대로 학습한 경험이 없고, 교과서에 제시된 실험을 교사의 지시나 안내에 따라 수행하는 경우가 많은 것도 학생들이 스스로 탐구하는 방법을 모르게 된 이유라고 할 수 있다. 그러므로, 정

**Table 3.** Degrees of diversification (DD) and proportions of appropriate choice (AC) of methods by the science attitude and achievement

		Achievement levels					
		High		Average		Low	
		DD(Number)	AC(%)	DD(Number)	AC(%)	DD(Number)	AC(%)
Attitude levels	High	(B1) 3.0	67.4	(B2) 2.5	54.6	(B3) 1.8	42.3
	Average	(B4) 2.3	54.1	(B5) 1.5	48.5	(B6) 0.9	28.7
	Low	(B7) 0.5	50.0	(B8) 1.3	32.2	(B9) 0.1	16.7

규 과학 수업 시 다뤄야 할 내용이 많더라도 학생이 자율적으로 해결 방법을 찾아 시도하는 기회를 최대한 마련해야 할 뿐만 아니라, 자유탐구에서 이러한 기회와 함께 통합 탐구 기능까지 활용하게 하는 안내가 필요하다.

## 2. 탐구 방법의 확장·적용(B-F)

B-F 단계에서는 문제해결에 사용한 방법을 장단점을 토대로 다른 영역에 확장하거나 적용할 수 있는 방안을 모색한다. 즉, 학생들은 문제해결에 사용했던 방법을 관련된 새로운 상황들에 적용하려고 시도한다. 본 연구에서는 학생들에게 탐구 계획서에 구체적인 일정과 탐구 내용 및 방법을 구체화하고, 확장·적용 방안을 적게 하였다. 탐구 계획서를 탐구 방법, 탐구 내용, 탐구 일정, 확장·적용 방식 등이 적절하고 구체적인가에 따라 상(3점), 중(2점), 하(1점)로 구분하여 분석하였다. 초등과학교육을 전공한 현장교사 3인이 채점하였고, 채점자간 상관계수는 .69 이상이였다. Table 4는 과학 태도와 학업성취도에 따른 탐구 방법의 구체화 및 확장·적용 정도를 분석한 결과이다.

전체적으로 과학 태도 점수와 학업성취도가 높은 집단일수록 자신의 탐구 방법을 체계화하여 탐구 계획서를 구체적으로 제시하였다. 태도와 학업성취도 변인 모두 탐구 방법의 구체화와 확장·적용에 중요하게 작용함을 알 수 있다.

이러한 차이의 원인이 흥미와 지식 중 무엇을 기반으로 한 것인지 알아보기 위해 학생 개별 사례를 분석하였다. 태도와 학업성취도 모두 ‘상’에 속하는 B1-1 유형의 학생은 다양화한 탐구 방법 중 탐구 주제에 부합하는 방법을 선택하여 적절한 탐구 일정에 따라 탐구 계획을 구체적으로 작성하였다. 태도는 ‘상’, 학업성취도는 ‘하’인 B3-1 유형의 학생은 태도 ‘중’, 학업성취도 ‘중’ 유형의 학생과 비슷한

평가 점수를 받았다. 또한 태도 ‘하’, 학업성취도 ‘상’에 속하는 B7-1 유형은 연구 대상 전체 중 약 4%로 매우 적고, 자유탐구에 대한 개인차가 커서 일부 학생은 탐구 보고서를 불성실하게 작성하여 태도는 같은 하위 집단이지만, 학업성취도가 ‘중’인 집단보다 구체화 및 확장·적용 점수가 더 낮았다. 이것으로 보아 탐구 방법을 구체화하고 확장·적용하는 데는 흥미와 지식이 따로 영향을 미치는 것이 아니라, 흥미와 지식이 모두 복합적으로 영향을 미친다고 할 수 있다.

## IV. 결론 및 제언

과학적 활동 및 과학 학습의 주요 영역과 관련된 인간의 뇌 영역과 과학의 진화적 속성을 토대로 하는 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 과학 자유탐구에서 행동 영역의 활동을 분석한 결과, 다음과 같은 결론과 제언을 할 수 있다.

첫째, 학생들은 교과서에 제시된 전형적인 탐구 활동에 익숙해져 있고, 자율적 탐구에 대한 경험이 적어서 기초 탐구 기능을 선호하였으며, 그 중 관찰을 자신의 주제에 적절한 탐구 방법으로 선택한 학생이 가장 많았다. 이는 관찰이나 측정의 탐구 방법이 쉽고, 결과가 정확하기 때문이며, 학생들은 주로 편리성과 정확성을 기준으로 자신의 탐구 방법을 선택하였다.

둘째, 초등학교 학생들이 다양화하고 선택한 호기심 문제에 대한 해결 방법은 주로 인과적 설명보다 서술적 설명을 추구하는 것들이었다.

셋째, 호기심 문제를 해결할 방법을 제시한 수와 적절한 탐구방법을 선택하는 것에는 과학 태도와 학업성취도 요인이 모두 관련되는데, 두 요인이 모두 높은 학생일수록 호기심 주제에 적절한 탐구 방법을 다양하게 제시·적용하였고, 학업성취도가 ‘하’인 집단은 주제에 적절한 탐구 방법을 선택하고, 확장·적용하는 데 어려움을 겪었다. 그러므로 이러한 어려움을 극복하거나, 실제과학과 관련된 뇌의 구조·기능과 진화적 속성을 반영한 뇌기반 진화적 접근법을 제대로 이해하는 데 도움을 줄 수 있는 안내 자료나 방략의 개발이 필요하다. 과학 자유탐구를 더 효과적으로 지도할 수 있는 방안을 모색하기 위해서는, 행동 영역의 각 단계 활동의 의미와 가치에 대한 학생들의 인식도 구체적이고,

**Table 4.** Degrees of concretization and the extension and application of inquiry methods by the science attitude and achievement

		Achievement levels		
		High	Average	Low
Attitude levels	High	(B1-1) 2.2	(B2-1) 2.2	(B3-1) 1.4
	Average	(B4-1) 2.0	(B5-1) 1.5	(B6-1) 1.2
	Low	(B7-1) 0.5	(B8-1) 1.2	(B9-1) 1.0

체계적으로 조사할 필요가 있다. 본 연구는 과학 태도 및 학업성취도를 주요 변인으로 하여 학생들의 자유탐구 행동영역을 분석하였다. 그러나 과학 태도 및 학업성취도 외에 호기심 문제 해결 방법의 다양화, 비교·선택·실행, 확장·적용 단계에 영향을 미치는 요인들을 조사·분석하는 후속 연구가 필요하다.

또한, 과학자들의 과학적 활동은 과학자 개인 수준에서 수행되기도 하지만, 비슷한 전공 분야나 인접한 학문 분야에 종사하는 여러 과학자들이 공동으로 수행하는 경우도 많기 때문에, 너기반 진화적 접근법에 따른 자유탐구를 개인과 소집단 형태로 수행하게 하여 그 특성과 효과들을 밝히고, 이러한 자유탐구 경험이 과학의 본성, 특히 과학과 과학적 활동의 진화적 속성에 대한 학생들의 인식에 미치는 영향에 관한 체계적 연구도 필요하다.

## 참고문헌

- 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. (1974). Evolutionary epistemology. In P. A. Schilpp (Ed.). *The philosophy of Karl Popper*. (413-463). LaSalle, IL: Open Court.
- Chae, D., Son, Y. A. & Maeng, H. J. (2007). Developing performance assessment materials on scientific inquiry skills for elementary school students. *Journal of the Korean Elementary Science Education*, 26(3), 341-358.
- 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.
- 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.
- Hong, J. E., Lee, I. & Jhun, Y. (2007). An analysis of the ability of inquiry performance for students gifted in science in elementary school. *Journal of the Korean Elementary Science Education*, 26(3), 267-275.
- Hull, D. L. (1988). *Science as a process: An evolutionary account of the social and conceptual development of science*. The University of Chicago Press, Chicago.
- 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.
- Kim, C. J., Chae, D. H. and Lim, C. S. (1999). *Introduction to science education*. Seoul: BooksHill.
- 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.
- Lim, C. S. (1999). The effects of cognitive style and gender of elementary school children on the observation of living things. *The Korean Journal of Biology Education*, 27(2), 143-150.
- 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).
- Ministry of Education and Science Technology (2011). *Science curriculum*. Ministry of Education and Science Technology Announcement 2011-361 (Supplement 9).
- Morgan, D. L., Morgan, R. K. & Toth, J. M. (1992). Variation and selection: The evolutionary analogy and the convergence of cognitive and behavioral psychology. *The Behavior Analyst*, 15(2), 129-138.
- 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.
- Popper, K. R. (1963). *Conjectures and refutations: The growth of scientific knowledge*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Popper, K. R. (1968). *The logic of scientific discovery*. New York: Harper and Row.
- Popper, K. R. (1994). *In search of a better world lecture and essays from thirty year*. London: Routledge.
- 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.
- Simonton, D. K. (2011). Creativity and discovery as blind variation: Campbell's (1960) BVS model after the half-century mark. *Review of General Psychology*. Advance online publication. doi: 10.1037/a0022912.
- 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.