

뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료 개발 및 효과

임라미 · 임채성[†]

Development and Effect of Differentiated Open Inquiry Guide Materials for Elementary Students Applying a Brain-based Evolutionary Approach

Yim, La-Mi · Lim, Chae-Seong[†]

ABSTRACT

Since open inquiry of science was formally introduced at the 2007 Revised Science Curriculum Course, the purpose and effect of it has been positively evaluated, and it is underlined continuously until the revised science education course in 2015. However, through many previous studies, there is still a lack of awareness of open inquiry of both students and teachers in the field, and it was revealed they are continually appealing confusion and difficulties. Therefore, in this research, we analyzed the causes that make it difficult to execute open inquiry, and developed differentiated open inquiry guide materials that can contribute to the realization of teachers and students. They were developed by the brain-based evolutionary approach to provide students with authentic science. The brain-based evolutionary approach is reflecting the evolutionary attributes and the brain functions associated activities of scientists. It was revealed that, in the same way as the pilot test results, the usefulness of the differentiated guide materials were very high, and there was a statistically significant difference in the science attitude. It was found that the application of the brain-based evolutionary approach had positively influenced the stage of determining the inquiry themes, and self-confidence that could be able to do as a scientist. Analysis of top and sub group types on the basis of inquiry ability showed that both groups are improved at science attitude by the differentiated guide materials. There was a positive effect on change in the self-perception of scientific creativity. We were able to see a positive change in the post survey for open inquiry-efficacy. The developed differentiated open inquiry guide materials contributed to the improvement of open inquiry-efficacy for both the teacher and student.

Key words: brain-based evolutionary approach, open inquiry, differentiated guide materials, science attitude, inquiry ability, authentic science

I. 서 론

앞으로의 과학교육에서는 정보화 시대가 요구하는 구성주의적 학습자 중심의 교육환경, 즉 학습자가 자율성과 선택권을 가지고 자신의 흥미와 관심, 수준 등을 고려하여 능동적으로 지식을 스스로 생

성할 수 있는 환경을 마련해 주어야 한다(강인애, 1997). 이를 위해서는 탐구 중심의 과학 학습을 통해 지식이 형성되는 과정을 경험하도록 하는 것이 필요하며(김재우 등, 1998), 학생들이 자유탐구와 같은 실제적인 과학 탐구(authentic scientific inquiry) 활동을 수행하도록 하는 것이 중요하다.

이 논문은 임라미의 2018년도 석사학위 논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

2018.5.31(접수), 2018.6.14.(1심통과), 2018.6.17(최종통과)

E-mail: cslim@snu.ac.kr(임채성)

탐구는 추론 능력을 길러주고, 높은 수준의 사고를 할 수 있게 도와주기 때문에 오랫동안 학교 과학교육에서 중요하게 여겨왔다(German & Odom, 1996). 우리나라 과학과 교육과정에서도 과학교육의 중요한 목표로 과학적으로 탐구하는 능력을 꾸준히 강조해 왔다. 이처럼 탐구의 중요성을 강조하면서 2007년 개정 과학과 교육과정에서는 ‘자유탐구’를 도입하였다(교육과학기술부, 2008). 나아가 2015 개정 과학과 교육과정에서는 과학교과 역량을 도입하면서 ‘과학적 탐구 능력’을 더욱 강조하였고, 탐구 역량 강화를 시도하였다(교육부, 2015). 그러나 오랜 기간 탐구를 강조해왔음에도 교육현장에서 잘 실천되지 않는 현실에 대한 해결방안으로써 가장 우선시 되는 것이 교수학습 자료의 개발과 지원이다(김현경과 나지연, 2017).

PISA나 TIMSS의 교육 성취도에 관한 국제 비교 연구에서 우리나라 학생들이 과학에 대한 자신감, 가치인식, 흥미에서 최 하위권을 차지하고 있다(김경희 등, 2008). 자유탐구는 이를 극복하기 위해 과학에 대한 학생들의 흥미를 높이고, 과학적 창의력을 신장하기 위해 도입된 것으로 학생 스스로 흥미 있는 탐구주제를 선정하고, 탐구 계획을 세워 자기 주도적으로 탐구하는 것을 말하며, 자유탐구 과정을 통해 과학 탐구 능력과 태도, 과학적 소양을 함양하는 것을 목적으로 한다.

초등 과학 자유탐구는 도입된 이래 현재까지도 그 교육적 취지와 효과가 긍정적으로 평가 받고 있지만(권현영, 2016; 박미경, 2016; 이형철과 이정화, 2010), 기존의 여러 연구를 통해 초등 현장에서는 아직도 학생과 교사 모두 자유탐구에 대한 인식이 부족하고, 자유탐구를 실시하거나 지도하는 데 혼란과 어려움을 지속적으로 호소하고 있는 것으로 밝혀졌다(권현영과 김효남, 2016; 신현화와 김효남, 2010; 임성만 등, 2010; 전영석과 전민지, 2009).

이에 본 연구를 위한 사전조사로서 초등 과학 자유탐구 지도경험이 있는 교사들을 대상으로 설문을 통해 그 어려움의 원인을 분석하였다. 그 결과, 자유탐구를 효과적으로 지도하기 위해서는 교사와 학생을 위한 안내자료가 가장 우선적으로 필요한 것으로 나타났다. 신현화(2010) 역시 자유탐구와 관련된 구체적인 자료 개발이 시급함을 언급하면서 교사들과 학생들에게 실질적인 도움이 되는 연구가 필요하다고 하였다.

개방도에 따른 탐구수준에 대해서 탐구문제까지

모두 열려있는 경우 가장 높은 수준으로 보았는데(Buck *et al.*, 2008; Herron, 1971; Schwab, 1962). 높은 수준의 탐구형태가 학생들에게는 더 실제적이며 매력적이기 때문에(Bulunz *et al.*, 2012) 가능한 탐구문제까지 열린 자유탐구 형태로 실시하였다.

그러나 지도 없이 최소로만 유도된 교육 접근법이 오히려 덜 효과적이며, 인지 작용 과정에 도움을 주도록 설계된 학생 학습 과정 안내에 중점을 둔 수업 접근 방식이 더 효율적이므로(Kirschner *et al.*, 2006) 성공적인 탐구가 이뤄지기 위해서는 적절한 안내자료가 필요하다. 초등학생들의 탐구기능 또한 학생들의 수준에 따라 차등적이고 단계적인 지도가 필요하며(신동훈 등, 2006), 학생들이 이해할 수 있는 수준의 자료를 제시하여야 하며(최종현과 송상현, 2005; Spencer, 1864), 학생이 독립적으로 자유탐구 활동을 위한 탐구주제를 발견할 수 있도록 학습자 수준에 맞는 비계(scaffolding)을 놓아주는 전략 수립이 필요하다는 것(변광태 등, 2011)을 참고하여 안내자료는 수준별 안내자료로 구성하였다.

초등 과학 자유탐구 활동이 모든 학생들에게 효과를 얻기 위해서는 학생의 수준에 따라 교사의 지속적이고 적절한 안내가 필요하며(임채성 등, 2012), 한 학급에는 다양한 수준의 학생들이 있고, 교사는 학생들의 수준에 맞게 탐구주제와 활동을 효율적으로 안내하기 위한 방안을 모색해야 한다는 제안도 있었다(장진아 등, 2009). 안내자료는 수업에 바로 활용할 수 있거나 재구성이 용이한 활동지에 대한 교사들의 요구가 높은 것을 감안하여(김효남 등, 2003; 강석진 등, 2011) 활동지 형태로 개발하였다.

뇌기반 진화적 접근법(임채성, 2009)은 정의적(A), 행동적(B), 인지적(C) 영역에서 각각 다양화(D) → 비교·추정·평가(E) → 적용·확장(F)하는 과정으로 이루어지며(ABC-DEF), 과학자들이 탐구과정에서 거치게 되는 보편적 과정대로 학생에게 실제적인 과학을 효과적으로 가르치기 위한 것이므로 초등 과학 자유탐구에 효과적이라고 판단된다 하였다. 이와 관련하여 뇌기반 진화적 접근법이 학생 자신의 과학 자유탐구에 도움에 되었다고 인식하고 있음을 밝혔다(백자연 등, 2015).

뇌기반 진화적 접근법이 과학 창의성 교육 등 다양한 분야에 적용할 수 있을 것이라고도 하였는데(임채성, 2009), 4차 산업 및 인공지능에 대한 사회적 관심이 높아지고 있는 오늘날, 창의력 함양은

모든 수준의 교육과 모든 교과에서 공통적으로 중시되는 교육 목적이다(Newton, 2010; Walker & Gleaves, 2008). 2015 개정 과학과 교육과정에서도 ‘과학’교과를 ‘모든 학생이 과학의 개념을 이해하고 과학적 탐구 능력과 태도를 함양하여 개인과 사회의 문제를 과학적이고 창의적으로 해결할 수 있는 과학적 소양을 기르기 위한 교과’라고 하였다(교육부, 2015). 임채성(2014)이 개발한 과학창의성 평가 공식을 적용하여 과학창의성을 분석하였고, 학생 자신이 생각하는 스스로의 창의성 정도에 관한 부분도 함께 살펴보았다.

본 연구에서는 교사와 학생에게 실질적으로 도움이 될 수 있는 과학자의 활동 영역과 그에 수반되는 뇌 기능 및 과학의 진화적 속성을 반영하여 개발된 ‘뇌기반 진화적 접근법(ABC-DEF)’(임채성, 2009)을 토대로 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료를 개발하고 그 효과를 검증하고자 하였다. 본 연구의 목적에 따라 설정한 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료가 과학태도에 어떤 효과가 있는가?

둘째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료가 과학탐구능력에 어떤 효과가 있는가?

셋째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료가 과학창의성에 어떤 효과가 있는가?

넷째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료가 과학 자유탐구 효능감에 어떤 효과가 있는가?

II. 연구 방법 및 절차

1. 연구절차

본 연구는 기초연구, 문헌 및 조사, 사례연구의 과정을 거쳐 자료를 개발하고, 이를 투입함으로써 결론을 도출하는 단계를 거쳐 수행되었다. 먼저 문헌연구와 더불어 자유탐구 지도경험이 있는 교사 11명을 대상으로 설문지 조사를 통해 자유탐구 지도 실태와 어려움의 원인, 자유탐구를 위한 수준별 안내자료의 필요성 등을 분석하였다. 다음으로 실제 6학년 학생들이 선정한 자유탐구 주제와 제출한

보고서 150여개 및 발표내용을 분석한 것을 바탕으로 일반수준(단순, 추상적, 평범, 교과서 관련, 기초 탐구)과 상위수준(복잡, 구체적, 독창적, 교과서 외 STS, 통합탐구)의 두 수준으로 학생용 자유탐구 안내자료를 개발하였다. 이와 함께 수준별 안내자료를 활용하는 데 도움을 제공하는 교사용 안내자료를 별도로 개발하여 연수 시 제공하였다. 개발한 자료는 5, 6학년 학생 21명과 교사 5명을 대상으로 예비 투입하여 그 결과를 바탕으로 예시내용과 수준 및 사진과 영상 제시 방법 등의 측면들을 보완하였고, 과학교육전문가를 포함한 대학원생들과의 세미나를 통해 수정하였다. 마지막으로, 완성된 자료는 1개월 동안 5~6학년 학생을 대상으로 비교반, 실험반 1, 실험반 2로 나누어 자유탐구 활동에 적용한 뒤 그 결과를 분석하였다. 자유탐구 진행 및 집단 구성 여부와 방식에 대해서는 교사 재량에 따라 자유롭게 실시하도록 하였고, 자유탐구의 지도는 주로 과학시간에 이루어질 수 있도록 하였다.

2. 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 초등학생 수준별 자유탐구 안내자료 및 교사용 지도자료 개발

학생자유탐구 보고서 150여개를 분석한 결과(Table 1)를 바탕으로 뇌기반 진화적 접근법(ABC-DEF)을 적용하여 구성한 Table 2의 틀과 내용에 맞춰 Fig. 1과 같이 수준별 안내자료를 개발하였다. Fig. 1은 자료의 일부이다.

안내자료의 내용이 너무 어렵거나 정확하면 학생들은 오히려 어렵다고 생각하여 거부감을 느끼고 할 수 있다는 자신감을 잃는 경향이 있으므로, 완벽한 예시보다는 실제 학생들의 탐구보고서에서 나타나는 형태를 활용하여 도전하고자 하는 의지를 가질 수 있도록 제시하였다. 대상이 5~6학년이긴 하나 자유탐구를 처음 접하는 학생들을 위한 안내자료로서 최대한 많은 학생들이 자유탐구에 대한 성공경험을 갖도록 하는 데 초점을 두고 안내자료를 구성하였다. 안내자료가 너무 적으면 충분히 이해되지 않을 수 있고, 반대로 너무 많으면 제대로 읽지 않거나 오히려 겁을 먹고 포기해 버리려는 모습을 보이므로 다년간의 학생지도 경험을 바탕으로 안내자료는 4쪽을 넘지 않도록 하였다. 학생들에게 친근한 만화 캐릭터의 이름과 그림들을 활용하여 쉽게 다가갈 수 있도록 하였다.

Table 1. Student's open inquiry reports and activity process analysis results

| | | |
|----------------|---|---|
| 학생 자유탐구 보고서 대상 | 서울시 소재 D초등학교 6학년 7개 학급(2010년, 2011년) 서울시 소재 N초등학교 6학년 7개 학급(2013년, 2014년) | |
| 보고서 선정 | 학생이 최종 선정한 자유탐구 주제와 제출한 보고서(150개) 및 발표내용을 바탕으로 분석 | |
| 학생 수준 구분 | 학생의 과학 학업성취도를 기준으로 수준을 일반(보통, 노력 포함)과 상위(잘함, 매우 잘함)의 두 수준으로 나누어 비교 분석 | |
| 분석결과 | 일반 수준 | 상위 수준 |
| 주제 선정 시 | 6학년 과학교과서에서 배운 내용과 관련된 주제나 인터넷 등에 소개된 주제를 주로 선택하였으며 동일 주제를 중복하여 선택하는 경우도 많았음. * 다만, 주제를 표현하는 방법에는 두 집단 모두 자세한 안내가 필요하였음. | 교과서 외에 훨씬 다양한 실생활에서의 주제나 기존의 학생탐구발표대회에서 수상한 주제들을 변형하여 선택 |
| 탐구 계획 시 | 과학교과서에 제시된 실험이나 인터넷 등에 소개된 계획을 재구성 없이 그대로 따라 함. | 상황과 주제에 맞게 재료나 방법을 달리하여 계획 |
| 탐구 실행 시 | 계획된 대로 수행하는 데에 어려움을 느끼며 예상되는 결과가 잘 나오지 않거나 실행방법에 문제가 있을 때 포기하거나 혹은 수정하지 않은 채 알맞지 않은 탐구를 계속 수행 | 탐구 도중 방법을 수정하거나 다양한 시도를 통하여 원하는 결과를 얻고자 노력하는 모습 |
| 탐구 결과 분석과 정리 시 | 탐구주제와 부합하는 결과를 분석해 내는 데 어려움을 느끼며, 특히 보고서를 쓰는 데 부담감을 갖고 있었으며, 스스로 발표까지 하는 경우는 극히 드물. | 보고서를 작성하는 데에는 다소 어려움을 호소하였으나, 예시자료를 활용하면 간단히 문제를 해결할 수 있었으며 결과 분석도 양호 |

Table 2. Configuration and content of differentiated open inquiry guide materials for elementary students applying a brain-based evolutionary approach

| 영역 | 단계 | 일반수준(뿌로로의 자유탐구) | 상위수준(에디의 자유탐구) |
|------------------|--------------|---|--|
| | | 단순, 추상적, 평범, 교과서 관련, 기초탐구 | 복잡, 구체적, 독창적, 교과서 외 STS, 통합탐구 |
| A 정 의 적 | D 탐구주제 탐색 | <ul style="list-style-type: none"> 과학교과서에서 배운 내용과 관련된 주제 예시 인터넷 등에 일반적으로 소개된 자유탐구 주제 예시 실제로 일반수준 학생들이 주로 선택한 주제 예시 일반 학생들이 쉽게 생각하는 주제표현 형태인 물음표 형식(탄산음료가 정말 이를 썩게 할까?)을 주로 하되 다양한 형태로 제시 주제표현이 덜 완벽한 형태로 제시 탐구동기(이유)에 대해서는 단순한 형태로 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 교과서 외에 훨씬 다양하고 유용한 실생활 주제 예시 STS를 고려할 수 있는 주제 예시 기존 학생탐구발표대회에서 수상한 주제들을 변형하여 제시 좀 더 많은 수의 예시자료 제공 주제표현 형태를 좀 더 완벽한 형태로 제시 물음표 형태보다는 진술형태로 제시 탐구동기(이유)가 보다 구체적이고 독창적으로 진술 |
| | E 탐구주제 선정 | <ul style="list-style-type: none"> 공통적으로 다양한 주제 표현 방법 제시. 학습동기 측면에서 학생들에게 이 과정이 매우 중요하다고 판단(선행 연구 참고 및 현장 경험)하여 안내자료의 많은 부분을 할애함 선택한 이유 간단히 안내 꾸준히 일상생활에서 흔히 접할 수 있으며, 일반적인 관심 분야의 주제 선택 | <ul style="list-style-type: none"> 선택한 이유 자세히 안내 최근 일상생활에서 새롭게 접할 수 있으며, 독창적이고 유용한 주제 선택 |
| | F 탐구주제 확장 | <ul style="list-style-type: none"> 개인의 차원에서 더 생각해볼 수 있는 내용 제공 의문문 형태 | <ul style="list-style-type: none"> STS로 확장된 내용 제공 진술문 형태 |
| B 행 동 적 | D 탐구방법 탐색 | <ul style="list-style-type: none"> 관찰, 측정과 관련된 탐구요소에 변인통제를 약간 포함한 내용 쉽게 구할 수 있거나 생각할 수 있는 재료를 제시 재구성 없이 그대로 따라 할 수 있게끔 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 관찰, 측정, 예상, 주리, 분류 등 다양한 기초탐구요소와 변인통제를 많이 포함한 내용 주변에서 구할 수 있는 새로운 대체재료를 생각해 보게 함 다소 위험한 방법까지도 생각하는 경우가 있으므로 안전요소 포함시킴 |
| | | 책을 찾아보거나 인터넷을 찾는 등 실제 과학적인 실험을 포함하지 않는 탐구방법은 제외하도록 하여 실제 과학적인 탐구가 될 수 있도록 유도. 선생님께 빌리거나 주변에서 재료를 구할 수 있는 방법을 안내함 | |

Table 2. Continued

| 영역 | 단계 | 일반수준(뽀로로의 자유탐구) 단순, 추상적, 평범, 교과서 관련, 기초탐구 | 상위수준(에디의 자유탐구) 복잡, 구체적, 독창적, 교과서 외 STS, 통합탐구 |
|---------------------|----------------------|--|--|
| B 행 동 적 | E 탐구방법 선택 후 실행 | <ul style="list-style-type: none"> 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료와 매우 간단한 방법 선택 변인통계를 어느 정도 포함하지만 수정 보완할 점이 많도록 제시하여 F단계를 제대로 경험할 수 있도록 유도 현실적으로 가장 좋은 방법을 선택하라고 함 실험결과를 사진과 설명만으로 자료를 정리하도록 함 실험 도중 어려움이 있어도 포기하지 않도록 하는 내용 포함 | <ul style="list-style-type: none"> 주변에서 쉽게 구할 수 있으면서도 보다 완벽한 변인통계 방법이 포함된 방법 선택 여러 방법 중 시간, 비용, 현실성 등을 고려하여 가장 적합한 방법을 고르도록 함 실험결과는 준비물, 표, 그래프 등으로 표현할 수 있도록 하여 자료변환까지 유도함 실험도중 방법을 수정할 수 있다는 것을 제시 |
| | F 보완 및 적용 | <ul style="list-style-type: none"> 변인통계 방법에서 보완할 점 제시 실험재료의 확장 적용 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 변인통계 방법 및 보다 현실에 가까운 실험방법 제시 실험재료의 확장 및 실생활에 적용 가능한 확장 사례 제시 |
| C 인 지 적 | D 탐구 통해 알게 된 점 | <ul style="list-style-type: none"> 알게 된 점을 일기 쓰듯이 단순히 짧게 나열하는 수준으로 제시 탐구하면서 알게 되었으면 하는 내용들로 최대한 많이 제시 | <ul style="list-style-type: none"> 자료해석 능력을 키울 수 있도록 제시 좀 더 긴 문장형태로 구체적으로 결과들을 자신의 생각과 함께 정리하도록 함 |
| | E 가장 의미 있는 결론 | <ul style="list-style-type: none"> 개인적으로 의미 있는 결론 찾기 <p>결론을 되도록 간단하게 한 문장으로 정리할 수 있도록 함</p> | <ul style="list-style-type: none"> 개인뿐만 아니라 사회적으로도 의미 있는 결론 찾기 탐구주제와 부합하는 결론 정리 |
| 탐구보고서 작성 및 발표 | F 더 알고 싶은 점 | <ul style="list-style-type: none"> 좀 더 많은 예시를 주어 앞으로도 자유탐구를 하고자 하는 의지를 갖도록 도움 일기 쓰는 것처럼 “~하고 싶다” 형태로 제시 <p>인지적 요소뿐만 아니라 자유탐구 전 과정에 대해 자유롭게 써 보도록 함</p> | <ul style="list-style-type: none"> 간단하면서도 확장된 예시를 주어 도전정신 고취 |
| | E 가장 의미 있는 결론 | <ul style="list-style-type: none"> 탐구보고서에 들어갈 내용을 안내하고 4쪽 정도 분량을 제시함 기초탐구 및 통합탐구 요소가 조금 포함된 실제 슬라이드 8개 정도의 파워포인트 자료 예시를 줌 꼭 발표는 하지 않더라도 발표연습을 해보자고 함 <p>탐구보고서 작성하는 데 공통적으로 부담을 느끼므로 실제 매우 간단한 예시를 주어 어렵지 않다는 인식을 줌. 직접적으로 참고할 수 있는 사이트를 안내함. 반드시 실제 실험한 인증사진이 들어가도록 하여 남의 자료를 가져다 쓸 수 없도록 함</p> | <ul style="list-style-type: none"> 탐구보고서에 들어갈 내용을 안내하고 10쪽 정도 분량을 제시함 기초탐구 및 통합탐구 요소가 많이 포함된 실제 슬라이드 12개 정도의 파워포인트 자료 예시를 줌 발표자료를 만들어 발표하도록 함 |

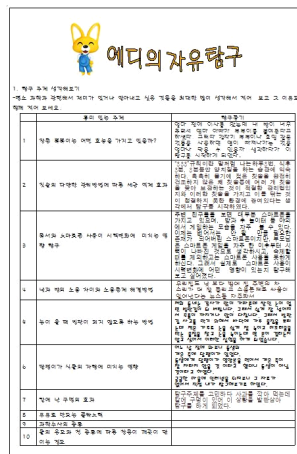
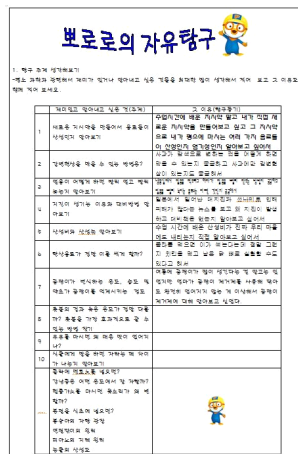


Fig. 1. An example of differentiated open inquiry guide materials.

3. 연구 대상 및 적용

본 연구는 자유탐구를 실시하는 3~6학년 학생 중, 형식적 조작기로 접어드는 비교적 고차 사고가 가능한 5~6학년을 연구 대상으로 선정하였고, 5학년 학생 117명, 6학년 132명을 대상으로 실시하였다. 사후설문에는 학생뿐만 아니라, 지도교사 6명도 대상으로 포함하였다. 안내자료의 특성상 집단 간에 출력물을 통해 내용을 공유할 가능성이 있기 때문에, 집단 간 변인통제가 제대로 이루어질 수 있도록 하기 위해 각각 다른 학교에서 집단을 선정하고자 최대한 노력하였다. 5학년의 경우, 비교반은 서울시 소재 H초등학교 1개 반, 실험반 1은 서울시 소재 N초등학교 2개 반, 실험반 2는 서울시 소재 B초등학교 2개 반에 적용하였다. 6학년의 경우, 비교반은 경기도 소재 O초등학교 2개 반, 실험반 1은 서울시 소재 E초등학교 2개 반, 실험반 2는 비교반과 같은 초등학교이지만 다른 반 2개 반에 적용하였다. 자유탐구의 경우, 교사의 지도의지가 중요하므로 지도교사는 모두 자유탐구 실시에 관심이 높아 스스로 지원하여 실험에 참가한 경우이며, 5학년 비교반을 제외하고는 모두 과학과 교과 전담 교사이다. 2명의 교사가 기준에 한 번의 자유탐구 지도경험이 있다고 답했고 나머지는 처음이었으며, 모두 과학 석사과정 중이거나 석사 이상이며, 대학에서 과학관련 전공이나 심화과정을 이수하였다. 경력은 1~5년, 남자 2명, 여자 4명이다. 안내자료 없이 교과서와 지도서를 기반으로 자유탐구를 실시한 비교반, 일반수준 안내자료를 이용하여 자유탐구를 실시한 실험반 1, 일반수준과 상위수준 안내자료 중 하나를 자율적으로 선택하여 자유탐구를 실시한 실험반 2로 나누어, 2학기 초 1개월 동안 6차시의 자유탐구 활동을 실시하였다. 안내자료가 투입되는 실험반 1과 실험반 2의 경우 안내자료를 학생들에게 배부하고 간단히 설명하는 것 외에 비교반과 다른 점은 없도록 하였다.

4. 검사도구

1) 과학태도 검사

과학태도 검사지는 일반적인 과학태도 검사지로 널리 쓰이고 있는 Fraser (1978)가 개발한 TOSRA (Test Of Science-Related Attitudes)를 바탕으로 김효남 등(1998)이 개발한 과학태도 검사지를 본 연구

에 맞게 수정·보완하여 사용하였다. 과학에 대한 인식(4가지: 과학에 대한 인식, 과학교육에 대한 인식, 과학자와 과학관련 직업에 대한 인식, 과학기술 사회의 상호관련성에 대한 인식), 과학관련 흥미(5가지: 과학에 대한 흥미, 과학학습에 대한 흥미, 과학과 관련된 활동에 대한 흥미, 과학과 관련된 직업에 대한 흥미, 과학 불안), 과학적 태도(7가지: 호기심, 개방성, 비판성, 협동성, 자신성, 끈기성, 창의성) 48문항에서 과학관련 흥미 중 부정형 질문으로만 구성된 ‘불안’요인과 관련된 3개 문항을 제외하고, 15가지 항목에 각각 두 문항씩 30문항으로 수정하였다. 또, 대학생용으로 제작된 Keller (2000)의 교수자료동기검사 IMMS(Instructional Materials Motivation Survey) 중 자신감 총 8문항(자신감, 예상, 노력)을 초등학생대상 과학학습동기로 수정한 것(이수영, 2001)과 초등부진학생을 대상으로 타당화하여 최종 개발한 자신감 5문항(민수진, 2014)을 참고하여 다시 4문항으로 수정·보완하여 추가하였다. 또한, 실제 과학자 경험 및 실제 과학자 같은 자신감과 관련된 2문항을 제작하였다. 요인분석 실시결과, 인식, 흥미, 태도, 자신감, 과학자의 5개 요인으로 나타났으나, 두 요인에 각각 비슷한 수준으로 분류된 7개 문항에 대해서는 과학교육 전공자 및 대학교수에게 의뢰하여 검사지의 타당도를 검증하였고, 최종 수정 후 각각 4점 리커트척도(매우 그렇다, 그렇다, 아니다, 매우 아니다)로 총 36문항으로 최종 투입하였다. 검사 시간은 제한 없이 충분히 주어 36문항을 빠짐없이 답할 수 있도록 하였다. 과학 태도 검사 도구를 자유탐구 활동의 사전, 사후에 동일한 검사지를 투입하여 과학태도 변화를 비교하였으며, 본 검사지의 전체 문항에 대한 Cronbach's α 값은 0.935이다.

2) 과학탐구능력 검사

과학 탐구 능력 검사지는 권재술과 김범기(1994)에 의해 만들어진 우리나라 초등 5학년에서 중학교 3학년을 대상으로 하는 TSPS(Test of Science Process Skill) 검사지를 수정하여 사용하였다. 원래 4지 선다형 30문항 40분으로 구성되어 있는 것을 초등학교 5~6학년 수준에 더 적합하다고 판단되는 20문항을 선별하여, 각각 기초탐구 5문항과 통합탐구 5문항으로 총 10문항씩 A(사전)와 B(사후)의 두 세트로 수정하였다. 15분 동안 문제를 풀었다.

3) 과학창의성 검사

과학창의성 검사지는 창의성의 특성을 고려하여 비슷하지만 다른 주제로 사전과 사후 검사지를 각각 다르게 직접 제작하여 사용하였다(부록 참고). 자연에서 쉽게 접할 수 있는 동식물 중 사전검사는 매미를 주제로, 사후검사는 귀화식물을 주제로 하여 20분간 서술형 3문항을 해결하도록 구성하였다. 또한, 학생 스스로 과학창의성이 어느 정도라고 생각하는지, 왜 그렇게 생각하는 지에 대한 문항을 추가하여 자유탐구 후 과학창의성이 스스로 변화했다고 생각하는 정도(자기지가 과학창의성)를 알아보고자 하였다.

4) 사후 설문지

자유탐구의 유용성, 효용성, 효능감, 이전 경험, 어려움, 실시과정, 즐거움 등을 알아보기 위한 사후 설문지는 선행연구를 참고하여 자체 개발하였으며, 교사용, 학생용 각 1장씩이고, 비교반, 실험반 1, 실험반 2에 따라 공통적인 질문을 포함하되, 안내자료와 수준별 안내자료의 유용성 등 집단의 특성을 고려한 질문을 포함하여 제작하였다. 또한, 4점 리커트 척도를 포함하여 문항과 함께 응답한 이유를 설명하는 개방형 문항(예-그 이유는 무엇인가요?)을 구성하였다.

5. 자료 분석

1) 과학태도 분석

과학태도 사전검사서에서 동질집단으로 나타난 반으로 5학년 3개 반 70명[24명(비교반) + 22명(실험반 1) + 24명(실험반 2)], 6학년 6개 반 132명[45명(비교반) + 40명(실험반 1) + 47명(실험반 2)] 자료를 분석하였다. 수집된 데이터는 i-STATistics 2014를 활용하여 독립표본 t -검증 및 일원변량분석과 공변량분석 등을 통해 정량적 분석을 실시하였다. 직접 제작하여 추가한 과학자 관련 두 문항은 별도로 분석하였고, 두 문항을 제외한 34문항의 점수를 과학태도 점수로 분석하였다. 또한, 정량적 검사지로 드러나지 않는 특성들을 알아내기 위해 교사 면담 및 사후 설문지를 분석하는 등 정성적 연구를 병행하였다.

2) 과학탐구능력 분석

과학탐구능력 사전검사서에서 동질집단으로 나타

난 반으로 5학년 3개 반 71명[24명(비교반) + 23명(실험반 1) + 24명(실험반 2)], 6학년 6개 반 132명[45명(비교반) + 40명(실험반 1) + 47명(실험반 2)] 자료를 분석하였다. 5학년의 경우 실험반 1과 실험반 2의 과학태도 분석반과는 또 다른 반이다(과학태도는 N초 5학년 2반과 B초 5학년 2반, 과학탐구 능력은 N초 5학년 1반과 B초 5학년 3반). 일원변량 분석을 통해 정량적 분석을 실시하였다. 총 203명에서 사후설문지를 성실히 답변한 162명 중 실험반 2의 5, 6학년 51명의 설문지에 대해 상하위집단 정성적 분석도 실시하였다.

3) 과학창의성 분석

과학탐구능력 분석 대상인 5학년 3개 반 71명, 6학년 6개 반 132명 중 일부 답변이 누락된 학생을 제외한 5학년 69명[23명(비교반) + 22명(실험반 1) + 24명(실험반 2)], 6학년 130명[45명(비교반) + 38명(실험반 1) + 47명(실험반 2)]의 자료를 분석하였다. 과학 창의성은 평가하는 방법이 매우 다양하지만, 일반창의성과 마찬가지로 공통적으로 독창성과 유용성을 포함한다(Sternberg, 1998). 이에 따라 과학 창의성을 과학적으로 독창적(다른 사람들은 잘 생각하지 못함)이면서도 유용적(현실적으로 가치가 있음)인 것을 만들어내는 것으로 정의하였다. 과학창의성(SC, Scientific Creativity)을 100점 만점으로 평가하는 다음의 평가 공식(임채성, 2014)을 적용하여 분석하였다. $SC = \{1 - (n - 1) \div (N - 1)\} \times 100 \times U$, 여기서 n 은 집단에서 특정한 아이디어나 산물을 제시한 학생의 수이고, N 은 집단 구성원 수로서, 그 아이디어의 희귀성, 즉 고유한 정도를 나타내는 창의성의 독창성 요소로 0~10 사이의 값으로 계산된다. U 는 아이디어나 산물이 과학적으로 유용하거나 타당한 정도를 나타내는 창의성의 유용성 요소이다. 다만, U 값은 평가자가 1~10점 범위에서 결정하므로 평가자의 전문적 주관에 개입될 수밖에 없다는 한계가 있어, 평가자에게 채점기준과 지침을 미리 제시하고, 연구자를 배제한 2명의 평가자(초등과학교육 및 초등영재교육 석사과정 이상)의 평균값을 입력함으로써 객관화 할 수 있도록 노력하였다.

4) 사후설문 분석

사후설문분석에는 전체 대상 학생 5학년 학생 117명, 6학년 132명 중 답변내용이 충실한 192명[5

학년 83명; 24명(비교반) + 38명(실험반 1) + 21명(실험반 2), 6학년 109명; 44명(비교반) + 26명(실험반 1) + 39명(실험반 2)]과 지도교사 6명[2명(비교반) + 2명(실험반 1) + 3명(실험반 2)]을 대상으로 하였다. 지도교사 6명 중 1명은 6학년 비교반과 실험반 2를 모두 지도했기 때문에 비교반용 설문과 실험반 2용 설문을 둘 다 실시했다. 그래서 교사는 6명이지만 실제로는 7부의 설문지를 분석하였다. 설문 자료의 분석은 리커트 척도를 통한 정량적 비교와 추가 서술형 질문에 대한 정성적 분석을 병행하였다. 또한, 설문 응답으로 드러나지 않은 부분에 대해서 추가로 지도교사 면담을 진행하였다.

III. 연구 결과 및 논의

뇌기반 진화적 과학 교수학습 접근법을 적용하여 개발된 수준별 자유탐구 안내자료를 바탕으로 수행된 초등학생 과학 자유탐구 과정과 결과에서 과학태도 및 과학탐구능력, 과학창의성, 사후 설문과 관련된 결과를 제시하고, 그 효과를 분석, 논의한다.

1. 자유탐구 활동 후 정의적 특성 변화

사전 검사 결과를 일원변량분석을 실시하였고, 과학태도 총점에서는 5, 6학년 집단 모두 동질집단

으로 나타났으나, 하위영역 중 과학에 대한 흥미에서 5학년만 이질집단으로 나타남에 따라 그 영역의 영향을 제거한 후 조정된 점수로 공변량분석을 실시하였다.

그 결과, 과학태도 사후점수는 5학년의 경우 세 집단 사이에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다 [$F(2, 66)=3.737(p<.05)$]. 하위영역 중 과학에 대한 인식, 과학에 대한 흥미, 과학 자신감은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(Table 3). Scheffe 검증에서 단일 안내자료를 활용한 실험반 1이 과학에 대한 흥미, 과학에 대한 인식, 과학 자신감을 포함한 과학태도 평균에서 모두 비교반보다 유의하게 높았고, 과학에 대한 인식과 과학 자신감에서는 수준별 안내자료를 활용한 실험반 2보다도 의미 있게 높았다.

5학년 분석에서 특이한 점은 실험반 1과 실험반 2가 과학태도 사후 점수 평균이 모두 증가한 것과 달리 비교반은 오히려 감소했으며(Fig. 2), 네 가지 하위 영역 모두에서 감소했다는 점이다. Fig. 2에서 처럼 5학년 비교반은 실험반에 비해 과학탐구능력이 크게 증가한 반면, 과학태도는 실험반에 비해 크게 감소하였다. 비교반 지도교사의 설문 및 면담 내용으로 볼 때 탐구기능 사용이나 향상에 지나치게 편중하여 교과서의 내용을 요리책처럼 기계적인 방식으로 지도하다보니, 탐구능력은 향상되었으나, 오히려 그것이 과학태도에는 부정적으로 영향을 끼친 것이 아닐까 판단된다. 또한, 탐구주제를

Table 3. Results of 5th graders' science attitude post-test

| 종속변수 | 집단 | 평균 | 표준편차 | 사례수 | F | p |
|-----------|------|-----|------|-----|-----------|-------|
| 과학에 대한 인식 | 비교 | 2.7 | 0.34 | 24 | 12.438*** | 0.000 |
| | 실험 1 | 3.2 | 0.40 | 22 | | |
| | 실험 2 | 3.0 | 0.37 | 24 | | |
| 과학에 대한 흥미 | 비교 | 2.5 | 0.34 | 24 | 6.250** | 0.003 |
| | 실험 1 | 3.0 | 0.46 | 22 | | |
| | 실험 2 | 2.8 | 0.48 | 24 | | |
| 과학적 태도 | 비교 | 2.7 | 0.33 | 24 | 1.209 | 0.305 |
| | 실험 1 | 2.9 | 0.47 | 22 | | |
| | 실험 2 | 2.8 | 0.58 | 24 | | |
| 과학 자신감 | 비교 | 2.6 | 0.73 | 24 | 7.907*** | 0.001 |
| | 실험 1 | 3.3 | 0.53 | 22 | | |
| | 실험 2 | 2.8 | 0.56 | 24 | | |

** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

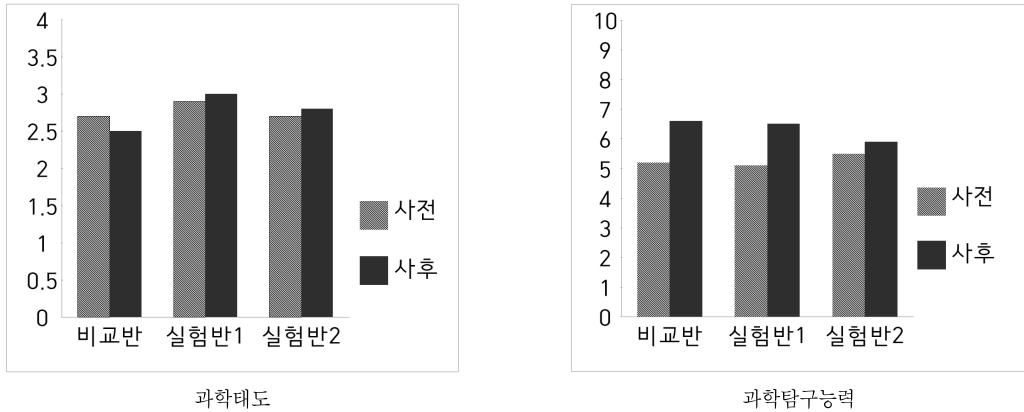


Fig. 2. 5th graders' science attitude and inquiry ability pre-post-average score comparison.

정하는 과정에서도 실험반은 모두 학생주도로 이루어졌다고 한 반면, 비교반은 교사가 제시한 경우도 많았다고 답했다. 이처럼 안내자료 없이 자유탐구를 지도하는 경우, 학생들의 정의적 영역에 부정적 영향을 미쳤다고 볼 때, 학생의 과학태도를 위한 자유탐구 지도에 안내자료의 도움이 필요하다고 할 수 있겠다. 다음은 자유탐구에서 안내자료가 필요함을 보여주는 사례이다.

심*민 (5학년 비교반 지도교사) : 스스로 탐구주제를 정할 수 있는 학생은 스스로, 하루 이상 시간을 주었는데도 탐구주제를 못 정한 학생은 탐구주제 예

시를 제시하여 그 중에서 선택하도록 지도하였다. 1/3이상의 학생이 탐구주제를 정하는 데 어려움을 겪었다. 그리고 자유탐구를 어떤 절차를 거쳐 수행해야 하는지를 알지 못해 어려움을 겪었다. 실험관찰을 바탕으로 지도하였으나, 자세한 설명이 있는 안내자료가 있다면 더 좋을 것 같다.

6학년의 경우, 과학 태도 총점에는 유의한 차이가 없었으나, 하위 영역 중 과학에 대한 인식과 과학 자신감에서 통계적으로 유의한 차이가 있었고 (Table 4), 특히 과학에 대한 인식의 경우 Scheffe 검증에서 실험반 2가 실험반 1보다 유의하게 높았다.

Table 4. Results of 6th graders' science attitude post-test

| 종속변수 | 집단 | 평균 | 표준편차 | 사례수 | F | p |
|-----------|------|-----|------|-----|--------|-------|
| 과학에 대한 인식 | 비교 | 3.1 | 0.41 | 45 | 3.864* | 0.023 |
| | 실험 1 | 2.9 | 0.40 | 40 | | |
| | 실험 2 | 3.2 | 0.45 | 47 | | |
| 과학에 대한 흥미 | 비교 | 2.6 | 0.66 | 45 | 0.468 | 0.627 |
| | 실험 1 | 2.6 | 0.59 | 40 | | |
| | 실험 2 | 2.7 | 0.68 | 47 | | |
| 과학적 태도 | 비교 | 2.9 | 0.52 | 45 | 0.974 | 0.380 |
| | 실험 1 | 2.9 | 0.76 | 40 | | |
| | 실험 2 | 3.0 | 0.55 | 47 | | |
| 과학 자신감 | 비교 | 3.0 | 0.57 | 45 | 3.122* | 0.047 |
| | 실험 1 | 2.7 | 0.53 | 40 | | |
| | 실험 2 | 3.1 | 0.68 | 47 | | |

* p<0.05.

과학에 대한 인식은 과학과 과학학습, 과학진로, STS 등에 대한 인식을 말하는 데 수준별 자유탐구 안내자료를 활용한 실험반 2가 과학에 대한 긍정적 인식을 갖게 하는 데 도움을 준 것이라 하겠다. 하위영역 중 5, 6학년 공통적으로 과학적 태도에서는 유의한 차이가 없었는데, 이는 이전 연구 결과와 일치한다(박중호 등, 2001; 이형철과 이정화 2010).

‘나는 실제 과학자처럼 과학을 할 수 있다’와 ‘나는 실제 과학자처럼 과학을 해 본 경험이 있다’에서 통계적으로 유의한 차이는 없었으나, Fig. 2에서와 같이 비교반의 경우 평균점수가 낮아지는 경향을 보였다. 특히, ‘나는 실제 과학자처럼 할 수 있다’는 검사 문항에서 실험반은 6학년 실험반 2를 제외하고 전반적으로 상승한데 반해, 비교반에서는 5, 6학년 동일하게 감소하여 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 자유탐구 안내자료가 자유탐구를 실제 과학적 탐구 활동으로 효과적으로 수행하게 하는

데 기여할 수 있음을 보여주었다.

또, Table 6과 같이 실험반 2의 경우 탐구능력 하위집단과 상위집단 모두 과학태도에서 전체평균보다 높은 향상을 보여 수준별 안내자료가 효과가 있음을 확인했다. 특히, 실험반 2 하위집단에서 과학이 더 좋아지고 재밌고 어렵지 않고, 자유탐구 또 하고 싶고, 자유탐구 자신감도 늘어나 상위집단에 비해 전체 평균과 더 큰 차이를 보이며 의미 있는 결과를 나타냈다. 하지만 ‘자유탐구를 실제로도 할 수 있을 것 같은가요?’라는 질문에 실험반 2 하위집단은 평균 3점(그렇다)으로 2.51(보통) 전체 평균보다도 높은데 반해, 상위집단은 평균 2.33으로 전체평균(2.97)보다도 낮고 2점(아니다)에 가까워 수준별 안내자료가 전반적으로는 상위 집단 모두에게 효과가 있지만, 자유탐구가 상위집단 학생들이 실제로도 자유탐구를 실행할 수 있도록 돕기 위한 상위수준 안내자료의 보완이 필요하다.

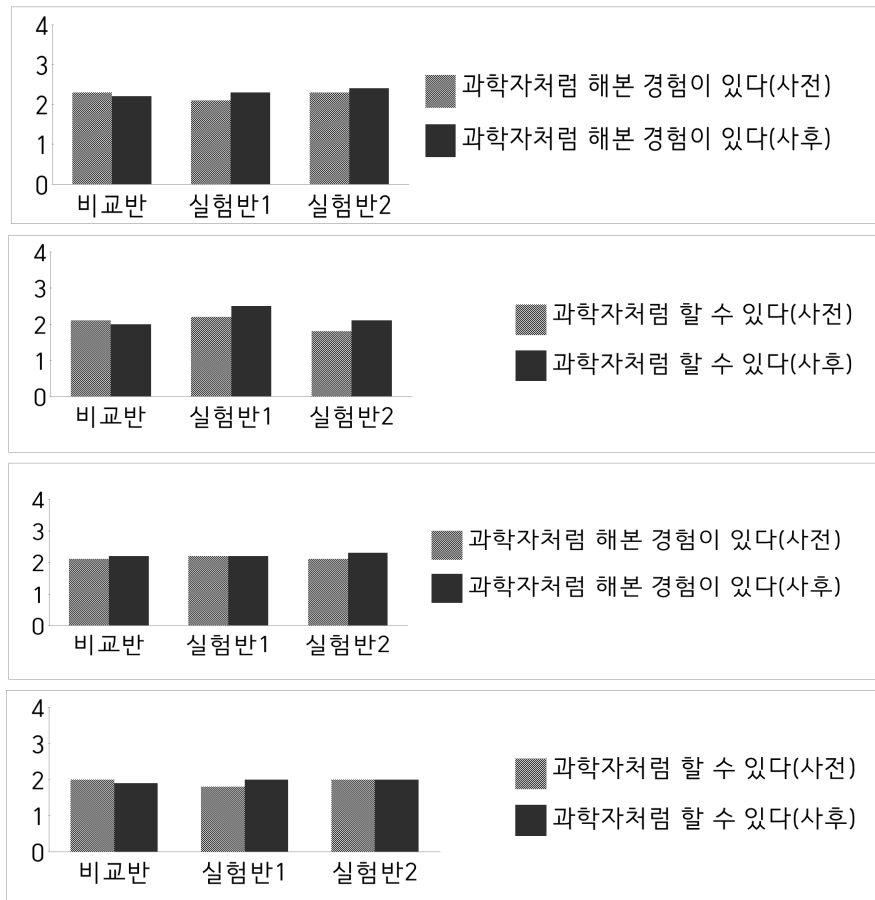


Fig. 3. Average score comparison of 5~6th grade pre-post test about scientist.

마지막으로 자유탐구의 중요한 목적 중에 하나인 과학에 대한 흥미 영역에서는 비교반, 실험반 관계없이 자유탐구 사전/사후에 따라 통계적으로 유의한 증가를 보였는데, 이를 통해 자유탐구 경험 자체가 학생의 흥미 향상에 긍정적인 영향을 주는 것으로 해석할 수 있을 것이다. 과학 수업 방법이 과학에 대한 태도에 영향을 미치므로 학생들이 과학에 대해 긍정적 태도를 가질 수 있도록 교사가 흥미를 유발할 수 있는 생활과 관련된 주제 및 실제 흥미도에 따른 차별화된 수업방법을 적용하여야 한다는 연구(이미경과 정은영, 2004)와 연결 지어 볼 때, 수준별 자유탐구 안내자료를 활용한 자유탐구는 긍정적인 과학태도에 효과적인 과학수업 방법이라 할 것이다.

2. 자유탐구 활동 사전·사후 과학탐구능력 변화 양상

사전 검사에서 5, 6학년 집단 모두 과학탐구능력 수준이 동질적인 것으로 나타나 일원변량분석을 실시하였고, 하위영역 중 5학년은 관찰, 6학년은 분류와 측정에서 이질적인 것으로 나타나, 각 학년의 사전 점수를 공변인으로 하여 공변량분석을 실시하였다. 그 결과, 5, 6학년 모두 사전에 비해 사후 과학탐구능력 평균에서는 비교, 실험 1, 실험 2에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

그러나 집단에 관계없이 과학탐구능력은 사전에 비해 사후가 통계적으로 유의하게 높았다[F(1, 258)=6.0105(p<0.05)]. 이는 자유탐구가 과학탐구능력에서 유의하게 향상되었다는 것(이국환과 김효남, 2014)과는 일치하나, 기초탐구능력 향상에 효과가 있다는 것(이형철과 이정화, 2010)과 달리 본 연구에서는 통합탐구능력이 통계적으로 유의하게 높은 향상을 보였다[F(1, 258)=44.9235(p<0.001)]. 5학년은 가설설정, 일반화, 6학년은 가설설정, 변인통제, 일반화에서 특히 유의하게 높았다. 이를 통해 자유탐구가 학생들의 과학탐구능력, 특히 통합탐구능력에 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있다. 다만, Table 5에서와 같이 통합탐구능력도 달리 기초탐구능력에서는 5학년 실험반 2와 6학년 모든 집단에서 평균이 하락한 것을 볼 수 있었는데, 이에 관해서는 더 심층적이고 체계적인 후속연구가 필요하다.

Table 6과 같이 실험반 2의 51명에 대한 상하위(과학탐구능력 사전점수 평균 6.36 기준) 집단 분석

Table 5. Results of 5 and 6th grade basic inquiry ability pre-post test

| 집단 | 시기 | 5학년 기초탐구능력 평균(10점 만점) | 6학년 기초탐구능력 평균(10점 만점) |
|------|----|--------------------------|--------------------------|
| 비교 | 사전 | 6.3 | 8.0 |
| | 사후 | 6.4 | 6.6 |
| 실험 1 | 사전 | 6.4 | 7.3 |
| | 사후 | 6.4 | 7.3 |
| 실험 2 | 사전 | 5.9 | 7.8 |
| | 사후 | 7.0 | 7.3 |
| 실험 1 | 사전 | 6.5 | 7.5 |
| | 사후 | 6.5 | 7.5 |
| 실험 2 | 사전 | 7.0 | 8.7 |
| | 사후 | 6.3 | 7.2 |
| 실험 1 | 사전 | 6.7 | 7.9 |
| | 사후 | 6.7 | 7.9 |

에서 하위집단에서는 수준별 안내자료를 더 많이 활용하고 더 유용했다고 답했고, 상하위 집단 모두 수준별 안내자료가 보통 이상으로 효과적이며, 안내자료는 유용했다고 하였다. 이를 통해 수준별 안내자료의 효과가 상하위 모든 수준의 학생들에게 도움이 될 수 있으며, 특히 하위집단 학생들에게 더 효과가 있었음을 확인했다.

그리고 실험과 별개로 비교반이나 실험반과 관계없이 이전의 자유탐구 경험에서 과학탐구능력 상집단의 전체 평균이 하집단보다 높은 것이 자유탐구 자신감과 실제 자유탐구 실행가능성에서도 같은 결과가 나오는 것과 관련이 있어 보인다. 즉, 탐구능력이 높은 집단은 자유탐구를 이전에 여러 번 경험하였고, 자유탐구 자신감이 높으며, 실제 자유탐구 실행 가능성도 높아진다는 것이다. 이는 자유탐구 횟수가 많은 학생들이 더 긍정적 인식, 자유탐구 횟수가 많을수록 과학탐구능력과 과학적 태도가 유의하게 높다는 권현영과 김효남(2016)의 연구 결과와 일치한다.

3. 자유탐구 활동 사전·사후 과학창의성 변화 양상

자유탐구 활동 후에 과학창의성에 대한 학생 자기평가, 즉 자기지각 과학창의성을 분석하였다. 분석에 앞서 더 신뢰할 수 있는 검사방법을 찾기 위해, Table 7과 같이 사전과 사후에 자신의 창의성 정도를 표시하게 한 것과 사후에 과학 자유탐구를 통해 자신의 창의성이 변화한 정도를 제시하게 한

Table 6. Comparison of post surveys according to students' inquiry ability level

| | 탐구능력 상(93명) | | 탐구능력 하(69명) | |
|------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| | 실험반 2 상 평균(33명) | 모든집단 상 평균(93명) | 실험반 2 하 평균(18명) | 모든집단 하 평균(69명) |
| 안내자료 유용성(2.5가 보통) | 3.2 | 3.2 | 3.5 | 3.3 |
| 수준별 안내자료 효용성(2.5가 보통) | 2.6 | | 2.7 | |
| 안내자료 많이 활용(나머지는 조금 활용) | 13명 (39.4%) | | 10명 (55.6%) | |
| 과학 더 좋아짐 | 2.8 | 2.6 | 3.2 | 2.8 |
| 자유탐구 재미있다 | 3.1 | 2.9 | 3.5 | 3.1 |
| 자유탐구 또 하고 싶다 | 2.5 | 2.4 | 2.7 | 2.5 |
| 지금도 자유탐구 어려움(부정형) | 2.0 | 2.1 | 2.0 | 2.2 |
| 실제 자유탐구 실행가능성 | 2.3 | 2.7 | 3.0 | 2.5 |
| 자유탐구 자신감 | 3.0 | 2.9 | 3.2 | 2.9 |
| 자유탐구 이전 경험 | 0.7 | 1.0 | 0.6 | 0.6 |

Table 7. Comparison of self-perception on scientific creativity between pre-post-separation and post-integration

(n=84)

| 사후에 한 번에 검사 | 사전/사후 따로 검사 | |
|-------------|----------------------|----------------------|
| | 사전(%) | 사후(%) |
| 매우 높아졌다(6) | | |
| 높아졌다(46) | | |
| 변화 없다(45) | 높다(22.6) 낮다(77.4) | 높다(29.8) 낮다(70.2) |
| 낮아졌다(0) | | |
| 매우 낮아졌다(2) | | |

결과를 비교하였다. 두 검사결과가 일치하는 않는 비율이 5학년 13%, 6학년 8%로 나타났고, 변화를 묻는 경우, 겨우 2%만이 낮아졌다고 답했을 뿐 대부분은 변화가 없거나 높아졌다고 답했다. 변화를 묻는 경우, 쉽게 선택이 가능한 중간 값이나 의도적으로 보다 긍정적인 답변을 하고자 하는 심리적

가능성 때문에 신뢰하기 어렵다고 판단하였다. 그래서 여기에서는 변화를 묻는 질문보다는 따로따로 검사한 결과를 분석하기로 하였다.

Table 8과 같이 5, 6학년 모두 자유탐구 실시 후 전체평균에서 과학창의성이 높다고 인식하는 비율이 높아졌고, 5학년에서 좀 더 큰 폭으로 상승했다. 그러나 학년별 집단 간에는 차이가 있었는데, 5학년은 비교반과 실험반 2가 증가하고 실험반 1은 오히려 감소했으며, 6학년은 비교반과 실험반 1이 증가하고 실험반 2는 감소했다.

집단 간 과학창의성 자기인식에 따른 차이를 보다 깊이 있게 분석하기 위해 Table 9와 같이 유형별로 나누어 보았다. 하상(높아짐), 상하(낮아짐), 하하(하상태 그대로), 상상(상상태 그대로)으로 분석한 결과, 집단 공통으로 적게는 45.8%에서 많게는 66.7%가 하하유형이었으며, 대부분의 학생이 평소 스스로를 과학창의성이 낮다고 생각하며, 자유탐구 후에도 여전히 낮다고 생각하는 것으로 나타났다.

Table 8. Comparison of self-perception on scientific creativity by groups

(n=199)

| 자기지가 과학창의성 | 5학년 | | | | | | | | 6학년 | | | |
|------------|-----|-------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|----------|-------|--|--|
| | | | 비교반 | 실험반 1 | 실험반 2 | 평균(%) | 비교반 | 실험반 1 | 실험반 2 | 평균(%) | | |
| | 상위 | 빈도(%) | | | | | | | | | | |
| 사전 | 상위 | 빈도(%) | 4(17.4) | 8(36.4) | 6(25.0) | 26.1 | 8(17.8) | 5(13.2) | 16(34.0) | 22.3 | | |
| | 하위 | 빈도(%) | 19(82.6) | 14(63.6) | 18(75.0) | 73.9 | 37(82.2) | 33(86.8) | 31(66.0) | 77.7 | | |
| 사후 | 상위 | 빈도(%) | 7(30.4) | 5(22.7) | 10(41.7) | 31.9 | 11(24.4) | 10(26.3) | 12(25.5) | 25.4 | | |
| | 하위 | 빈도(%) | 16(69.6) | 17(77.3) | 14(58.3) | 68.1 | 34(75.6) | 28(73.7) | 35(74.5) | 74.6 | | |

Table 9. Comparison of change types of self-perception on scientific creativity

| | | 자기지각 과학창의성 | | | |
|-------------|------|------------|---------|----------|---------|
| | | 하 → 상 | 상 → 하 | 하 → 하 | 상 → 상 |
| 5학년 명(%) | 비교 | 5(21.7) | 2(8.7) | 14(60.9) | 2(8.7) |
| | 실험 1 | 0(0) | 3(13.6) | 14(63.7) | 5(22.7) |
| | 실험 2 | 7(29.2) | 2(8.3) | 11(45.8) | 4(16.7) |
| 6학년 명(%) | 비교 | 7(15.5) | 4(8.9) | 30(66.7) | 4(8.9) |
| | 실험 1 | 10(26.3) | 3(7.9) | 23(60.5) | 2(5.3) |
| | 실험 2 | 5(10.6) | 9(19.2) | 26(55.3) | 7(14.9) |

그러나 5학년에서는 실험반 2가 6학년에서는 실험반 1이 하상(높아짐) 비율이 가장 크고, 상하(낮아짐)는 가장 적었다. 이를 통해 안내자료를 활용한 실험반이 비교반에 비해 과학창의성 자기지각 변화에서 효과가 있었다는 것을 알 수 있었다. 또한 5, 6학년 모두 자유탐구 전과 후에 자신의 과학창의성이 낮다고 인식하는 비율이 높다고 인식하는 비율보다 두 배 이상 높았는데, 5학년보다 6학년이 더 스스로를 과학창의성이 낮은 것으로 인식하고 있었다. 이로부터 6학년보다는 5학년에서 자유탐구 후 과학창의성 자기지각 변화가 더 뚜렷하고 긍정적으로 변화한 것을 알 수 있다.

그렇다면 이들의 실제 과학창의성 점수는 어떠한가? 앞에서 분석한 과학창의성에 대한 자기지각 결과와 평가공식 $SC=[1-(n-1)/(N-1)] \times 10 \times U$ 을 적용한 창의성 검사지 채점 결과를 비교하였다. 자

유탐구 후에 자기지각 과학창의성이 변화한 사례의 특징을 분석하기 위하여 Table 9의 하 → 상, 상 → 하 유형에 해당하는 5학년 학생 19명, 6학년 38명만을 대상으로 하였다. 독창성을 채점하기 위해 먼저 창의성 검사지에 대한 학생들의 답변을 분류하였는데, 최대한 타당성을 확보하기 위해 2회의 세미나를 거쳐 논의 후 범주화하였다. Table 10에서와 같이 사전검사는 7개의 범주로, 사후검사는 5개의 범주로 하여 독창성 점수를 산출 공식에 따라 10점 만점으로 계산하였다. 유용성 점수는 초등학교 교사 2명이 10점 만점으로 평가한 점수의 평균으로 하였다. 이렇게 산출된 각 학생의 독창성 점수와 유용성 점수를 곱하여 과학창의성 점수를 계산하였다.

참고로 Table 11에서 보듯이, 독창성 점수를 범주화 하지 않고 곧바로 점수를 주는 방식의 교사채점 과학창의성 점수는 독창성 점수를 범주화 하는

Table 10. Categorization of students' responses in pre- and post-test

| | |
|-------|--|
| 사전 검사 | 1. 매미 한 마리의 행동 비교 및 관찰 |
| | 2. 매미 두 마리 이상의 행동 비교 및 관찰(암수비교, 한 마리와 무리 비교 등) |
| | 3. 매미 자체의 성질 이용하여 실험(해부, 통역기 등) |
| | 4. 주변 환경을 달리하여 관찰(온도, 습도 등) |
| | 5. 매미의 주변 변화를 관찰(매미가 아닌) |
| | 6. 구체적 내용 없이 그냥 찾아봄(인터넷 조사, 그냥 관찰 등) |
| | 7. 문제 이해 못하고 그냥 우는 이유를 씀(실험설계 아님) |
| 사후검사 | 1. 물리적 제거(뽑기 태우기 등) |
| | 2. 동물이용(곤충 박테리아 등) |
| | 3. 사회적 대처(뽑기의 날 지정 등) |
| | 4. 약 이용함(제초제 등) |
| | 5. 기술을 이용함(유전자 조작 등) |

방식의 공식적용 과학창의성 점수보다 통계적으로 유의하게 낮았다($t=-3.7924$, $df=113$, $p=0.0001$). 여기서는 보다 객관적인 방식인 공식적용 과학창의성 점수를 분석하였다.

자유탐구 활동 후 학생들의 과학창의성 점수는 사전에 비해 통계적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 12). 또한, 비교반, 실험반 1, 실험반 2의 집단에 따라서도 유의한 차이가 없었다(Table 13). 더 정확한 과학창의성 평가를 위한 방법 모색과 더불어 과학창의성과 자유탐구와의 관계를 알아내기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

마지막으로 Table 14에서 자기지각 과학창의성과 실제 과학창의성 점수를 비교했는데, 평균적으로 50% 정도의 학생들이 생각과 실체가 불일치하는 것으로 나타났다. 평가에 있어서 고등학생의 자기평가보다 교사평가가 낮다는 연구(Chang et al., 2012)와 자유탐구 활동에서 과학창의성 분석 결과, 초등학생과 교사가 일치되는 부분이 적고, 학생들이 교사보다 창의성 점수를 높게 평가하는 경향을 보인다는 연구(김기쁨, 2014)와 일치한다. 특히, 과학창의성이 높아졌다고 생각했으나 실제로는 낮아진 경우(28.1%)가 그 반대의 경우(21.1%)보다 많았다.

Table 11. Comparison of scientific creativity test scores between formula scoring and teacher scoring

| 집단 | 평균 | 표준편차 | 사례수 | <i>t</i> | <i>p</i> |
|---------------|------|-------|-----|-----------|----------|
| 교사채점 과학창의성 점수 | 23.2 | 17.43 | 114 | -3.792*** | 0.0001 |
| 공식적용 과학창의성 점수 | 26.1 | 14.62 | | | |

*** $p<0.001$.

Table 12. Comparison of scientific creativity test scores between pre- and post-test

| | 평균 | 표준편차 | 사례수 | <i>t</i> | <i>p</i> |
|----|------|-------|-----|----------|----------|
| 사전 | 27.4 | 14.97 | 57 | 0.913 | 0.341 |
| 사후 | 24.8 | 14.27 | 57 | | |

Table 13. Comparison of scientific creativity test scores among groups

| | 집단 | 평균 | 표준편차 | 사례수 | <i>F</i> | <i>p</i> |
|----|-------|------|-------|-----|----------|----------|
| 사전 | 비교반 | 26.9 | 14.18 | 18 | 0.795 | 0.457 |
| | 실험반 1 | 24.0 | 13.81 | 16 | | |
| | 실험반 2 | 30.1 | 16.39 | 23 | | |
| 사후 | 비교반 | 25.5 | 14.30 | 18 | 1.141 | 0.327 |
| | 실험반 1 | 20.3 | 13.09 | 16 | | |
| | 실험반 2 | 27.2 | 14.92 | 23 | | |

Table 14. Levels of self-perceived and actual scientific creativity

| | 불일치 | | 일치 |
|---------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | 스스로 높아졌다고 생각하나 실체는 낮아짐 | 스스로 낮아졌다고 생각하나 실체는 높아짐 | 스스로 생각하는 정도와 실체가 일치함 |
| 5학년 (%) | 5(26.3) | 4(21.1) | 10(52.7) |
| 6학년 (%) | 11(28.9) | 8(21.1) | 19(50.0) |
| 합계 | 16(28.1) | 12(21.1) | 29(50.8) |

즉, 자유탐구 후 자기지각 과학창의성은 높아져 긍정적인 효과로 볼 수 있으나, 실제 과학창의성 점수와의 차이가 있을 수 있음을 고려하여야 한다. 학생들이 자기지각 근거로 제시한 내용은 Table 15와 같다. 이 표에서 알 수 있는 바와 같이, 학생의 과학창의성에 대한 이해와 해석에 따라 인식이 달라질 수 있고, 과학에 대한 흥미와 같은 정의적 특성, 주변 사람들의 평가, 자기평가 방식에 대한 심리적 동요 등이 결과에 미치는 영향에 대한 논의가 필요할 것으로 보인다.

4. 학생 및 교사의 사후설문 결과와 자유탐구 효능감

학생들이 본 연구에 참여하기 이전에 과학 자유탐구를 해 본 경험을 조사한 결과, 5학년 83명 중 3학년 시절에 9명(11%)이, 4학년 시절에 17명(20%)이 자유탐구를 경험했고, 6학년 109명 중 3학년 시절에 15명(14%)이, 4학년 시절에 25명(23%)이, 5학년 시절에 69명(63%)이 자유탐구를 경험한 것으로 나타났다. 고학년으로 갈수록 자유탐구 경험 비율이 증가하고는 있지만, 5학년도 40%에 가까운 학생들이 자유탐구를 경험하지 못하고 있는 실정이다. 또한, 영재원이나 학원 등 학교 밖에서 배웠다는 학생은 11명(5%) 뿐이고, 대부분은 자유탐구를 과학시간에 배웠다고 응답한 것으로 미루어 볼 때, 학교에서 과학 자유탐구를 체계적으로 지도할 필

요가 있다.

자유탐구를 하는 과정에서 주변의 도움을 받았는지에 대한 설문에서 나 혼자 다함 39.6%, 조금 도움 받음 52.6%, 많이 도움 받음 7.8%로 나타나 도움을 필요로 한다는 것을 알 수 있었다. 특히 친구의 도움을 받았다는 학생이 65.5%, 부모님의 도움을 받았다는 학생이 27.6%, 선생님의 도움을 받았다는 학생이 2.6%로 적절한 소집단 구성과 교사의 안내가 필요함을 시사한다.

예비 투입 결과, 개발된 자료에 대하여 교사와 학생 모두 매우 긍정적으로 평가하고 있었는데, 평균적으로 안내자료의 유용성은 5점 만점에 학생 4.7, 교사는 5, 수준별 안내자료 유용성은 학생은 4.6, 교사는 5로 수준별 안내자료에 대한 만족도가 높았다. 안내자료 활용 후 자유탐구 자신감 변화는 학생이 4.1, 교사가 4.8로 나타나 안내자료를 통해 교사의 자유탐구 지도의지 및 자신감이 증가하고, 학생 역시 교사의 도움을 덜 받고도 스스로 자유탐구를 실행할 수 있다는 자신감이 증가하였다.

이러한 결과는 본 연구에서도 마찬가지였다. 교사와 학생 모두 자유탐구 및 수준별 안내자료의 유용성과 효과에 대해 매우 긍정적인 의견을 보였고, 자신감도 증가했다고 답하였다. 이는 앞서 분석한 과학태도 검사 결과와 일치하는 것이다. 과학교수 관련 자기효능감에 대한 연구는 종종 있는 편이나 (박성혜, 2006), 본 연구에서처럼 자유탐구 활동에

Table 15. Reasons about self-perceived level of scientific creativity

| 과학창의성이 낮다고 생각하는 이유 | 과학창의성이 높다고 생각하는 이유 | 중간이라고 생각한 이유 |
|---|--|----------------------|
| - 문제(과학창의성 검사지)를 잘 못 풀었다. 많이 못 썼다. | - 창의적인 생각이 많이 든다. | - 높지도 낮지도 않다. |
| - 상상력이 없다. 생각이 잘 안 난다. | - 여러 가지 생각이 많다. | - 잘 모르겠다. |
| - 생각하는 데 시간이 오래 걸린다. | - 문제(과학창의성 검사지)를 잘 풀었다. 빈칸을 많이 채웠다. | - 생각은 많은데 잘 표현을 못한다. |
| - 과학 공부를 못한다. 과학 성적이 낮다. 시험을 못 본다. 과학상식이 없다. | - 평소 호기심이 많다. 궁금한 게 많다. 관심이 많다. 과학이 재밌다. | - 뭔가 중간은 안정적이다. |
| - 과학에 흥미가 없다. 과학에 관심이 없다. | - 독창적인 생각을 한다. 현실적인 생각을 한다. | - 갑자기 하려니까 잘 안 된다. |
| - 누구나 생각할 수 있다. 다른 친구들이 생각한 것과 같다. 평범한 생각이다. 아이디어의 질이 떨어진다. | - 아무도 생각지 못하는 독특한 생각을 한다. | |
| - 원래부터 과학창의성이 없다. | - 다양한 상상을 잘하고 많이 한다. | |
| - 과학창의력은 없다. | - 탐구하는 것을 좋아한다. 실험을 해 본다. | |
| - 겸손해야 한다. | - 높지 않아도 노력하면 되기 때문. | |
| - 생각을 깊게 안했다. 대충했다. | - 과학 지식이 많고 사랑하기 때문. 책을 많이 봐서. | |
| - 주변 사람들이 그렇게 말한다. | - 답이 순식간에 생각난다. | |
| | - 나는 완벽하다. 천재다. 옛날부터 그랬다. | |
| | - 주변사람들이 그렇게 말한다. | |

서 교사와 학생의 자유탐구 효능감 증가와 관련한 연구는 찾아볼 수 없었다.

자유탐구에서 가장 어려웠던 점에 대해 비교반의 경우 학생의 44%가 ‘탐구주제정하기’라고 응답하였고, 교사들도 모두 이 단계를 지도하기가 어렵다고 응답하였다. 이는 교사와 학생 모두 ‘탐구주제정하기’를 가장 힘들어 하였다는 이전 연구 결과와 일치한다(김재윤과 임희준, 2011; 신영민 등, 2010). 이에 비해 실험반 1에서는 학생의 14%, 실험반 2에서는 학생의 10%만이 탐구주제정하기라고 응답한 것으로 보아, 수준별 안내자료가 자유탐구에서 탐구주제정하기 단계(A-DEF)에 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 탐구주제의 출처도 비교반은 교사주도(2명)였고, 실험반(4명)은 모두 학생주도라고 답하여 안내자료의 유무가 자유탐구 실행에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다.

안내자료의 유용성에 대해서 안내자료를 제공하지 않은 비교반은 4점 리커트 척도에서 평균 3.05 정도로 도움이 될 것 같다고 응답하였고, 안내자료를 제공한 실험반 1은 평균 3.29, 실험반 2는 3.36 정도로 도움이 되었다고 하여 안내자료가 유용했고, 실험반 2로 갈수록 더욱 유용성이 높아지는 것을 알 수 있었다. 수준별 안내자료의 효용성에 대해서는 비교반은 3.02, 실험반 1은 2.88 정도의 효과에 대한 기대가 있었고, 실제로 수준별 안내자료가 투입된 실험반 2에서는 기대보다는 낮았지만 보통이 넘는 2.78 정도로 수준별 안내자료가 더 효과적이었다고 답하였다. 그러나 통계적으로 유의하지는 않았다.

과학태도와 관련된 설문 결과(Table 16), 역시 통계적으로 유의하지는 않았으나, 5학년의 경우 실험

반이 비교반에 비해 자유탐구가 더 재밌고, 덜 어렵게 느끼고, 자신감과 의욕이 증가하며 향후 자유탐구 가능성도 증가했다고 하였고, 무엇보다 과학이 더 좋아진 것으로 나타났다. 그러나 자유탐구를 하고는 싶지만 실제로 실행하는 것에는 부정적으로 답한 학생들의 이유에 대해서는 주목할 필요가 있다. 재미없다, 귀찮다, 시간이 없다, 힘들다, 할 필요가 없다, 어렵다, 선생님이 안 시킨다 등의 이유였는데, 아직도 재미나 필요성을 못 느끼고, 힘들고 어렵다고 느끼거나 선생님이 지도를 하지 않을 것 같다는 부분에 대해서는 더 개선할 방안을 모색할 필요가 있다. 이는 교사를 대상으로 한 설문에서도 제기된 내용으로서, 과학 자체에 흥미가 부족한 학생들에게 과학 자유탐구 의지를 갖게 할 필요성이 있음을 시사한다. 6학년은 전반적으로 집단간에 특별한 경향성을 발견할 수는 없었으나, 자유탐구 향후 가능성에 대해서는 5, 6학년 모두 공통적으로 비교반, 실험반 1, 실험반 2의 순서로 향후 실제로 자유탐구를 할 가능성이 높아졌다.

실험반 2에서 자신의 자유탐구를 수행할 때 두 수준의 안내자료를 모두 선택했다고 답한 2명을 제외하고 일반수준 선택은 49명(81.7%), 상위수준은 9명(15%)으로 일반수준을 선택한 비율이 상당히 높았다. 일반수준을 선택한 이유에 대해서는 ‘쉽고 내 수준에 맞아서’가 15명(30.6%)으로 가장 많았고, 다음으로 ‘예시 주제와 실험이 재밌고 흥미로워서’가 9명(18.4%)으로 많았다. 상위수준을 선택한 이유로는 ‘정확하고 이해가 잘 돼서’가 4명(44.4%)으로 가장 많았다. 이것으로 볼 때 수준별 안내자료가 비교적 효과적이라고 할 수 있다. 다만, 단순히 뽀로로가 좋아서(8명)와 에디가 똑똑하고 좋아서(3명)라

Table 16. Post-survey results for identifying affective area changes related to open inquiry

| 리커트 4점 척도 | 비교반 | | 실험반 1 | | 실험반 2 | |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 5학년 (24명) | 6학년 (44명) | 5학년 (38명) | 6학년 (26명) | 5학년 (21명) | 6학년 (39명) |
| 자유탐구 재미도 증가 | 2.83 | 2.86 | 3.32 | 2.73 | 3.38 | 3.10 |
| 자유탐구가 아직도 어려움(부정형) | 2.17 | 2.32 | 2.00 | 2.58 | 2.29 | 2.00 |
| 과학이 더 좋아짐 | 2.50 | 2.5 | 3.2 | 2.38 | 3.19 | 2.82 |
| 자유탐구 자신감 증가 | 3.00 | 2.75 | 3.29 | 2.69 | 3.05 | 3.03 |
| 향후 자유탐구 의욕 증가 | 2.42 | 2.43 | 2.92 | 2.12 | 2.76 | 2.51 |
| 향후 자유탐구 가능성 증가 | 2.29 | 2.18 | 2.71 | 2.23 | 2.86 | 2.41 |

고 답한 경우, 친근감을 주기 위해 도입한 캐릭터가 수준별 안내자료 선택에 영향을 미친 것인지, 아니면 그 캐릭터가 들어간 안내자료가 좋다는 것인지 더 정확히 확인해볼 필요가 있어 보인다.

이외에도 교사를 대상으로 한 설문에서 안내자료에 제시한 예시 주제를 그대로 따라 하려는 경향 등과 같이 주제 선정에 관한 우려가 있었다. 지도 교사 중 유일하게 비교반과 실험반 2를 동시에 지도한 교사(배*선)의 설문에서 비교반과 실험반을 모두 지도한 소감이나 의견 중 주제선정 과정에 대한 내용은 아래와 같다. 그 외 다양한 다음 사례들에서 알 수 있는 바와 같이 주제선정을 포함한 자유탐구에 대한 관심과 연구가 더 필요하다는 것에 공감하였다.

배*선 (비교반과 실험반 2 동시 지도 교사): 주제 정하는 것이 어렵다는 관점에서 두 반에서 주제 선정에 있어 진정한(주제선정) 의미의 자유탐구가 되었는지 알아볼 때, 실험반과 비교반이 영동한 주제를 얼마나 (몇% 비율) 정했는지를 알아보는 것도 안내자료가 주제 선정에 얼마나 영향을 미쳤는지도 알 수 있을 것 같아요.

오*지: 학생들이 탐구하기에 적절한 주제를 선정할 수 있도록 지도하는 것과 학생들이 탐구방법을 스스로 생각 해내게 하는 것이 어려웠어요.

안*정: 이미 방학과제로 자유탐구보고서를 여러 차례 써본 적이 있는 학생의 경우, 소재 고갈로 학생의 참여를 독려하는 점이 어려웠다.

박*민: 학생들에게 과학적으로 사고하는 것을 가르치는 것이 가장 어려웠어요.

IV. 결론 및 제언

본 연구는 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 수준별 자유탐구 안내자료를 개발하고, 수업에 적용하여 초등학생들의 자유탐구 활동 사전·사후에 과학태도, 과학탐구능력, 과학창의성의 변화 및 자유탐구 효능감 등을 분석하였다. 이 연구 결과를 바탕으로 내린 결론은 다음과 같다.

첫째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 수준별 자유탐구 안내자료 적용 후 과학태도 검사 결과, 5학년에서는 유의한 차이가 나타났고, 실험반의 과학태도 점수가 증가한 것에 비해 오히려 비교반은 감소하였다. 6학년에서는 과학태도 총점에는 유의한 차이가 없었으나, 하위 영역 중 과학에 대

한 인식과 과학자신감에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 특히 과학에 대한 인식에서 실험반 2가 실험반 1보다 의미있게 높다는 결과가 나왔다. 실제 과학자처럼 할 수 있다는 검사문항에서 뇌기반 진화적 접근법의 적용이 자유탐구를 실제 과학적 탐구 활동으로 효과적으로 수행하게 하는 데 기여할 수 있음을 알 수 있다. 수준별 안내자료가 상하위집단 전체의 과학태도에 긍정적인 효과가 있으며, 특히 하위집단에서 더 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 과학태도와 관련된 설문결과, 실험반 2, 실험반 1, 비교반의 순서로 자유탐구를 덜 어렵게 느끼고, 과학이 더 좋아진 것으로 나타났으며, 향후 자유탐구를 실제로 할 가능성에 대해서도 같은 결과를 보였다. 이처럼 수준별 안내자료가 학생들의 자유탐구 효능감 및 과학태도에 큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

둘째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 수준별 자유탐구 안내자료 적용 후 과학탐구능력 검사 결과, 5, 6학년 모두 총점에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 다만, 집단과 관계없이 과학탐구능력은 자유탐구 후 유의하게 향상되었고, 특히 통합탐구능력의 향상이 매우 높은 것으로 나타나, 기존 여러 연구에서처럼 자유탐구가 학생들의 통합탐구능력에 긍정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

셋째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 수준별 자유탐구 안내자료 적용 후 과학창의성 검사 결과, 자기지각 과학창의성 분석에서는 자유탐구 실시 후 과학창의성이 높다고 인식하는 비율이 높아졌고, 5학년에서 좀 더 그 변화가 두드러졌다. 자유탐구에 대한 자기지각 과학창의성 변화에 따라 학생을 유형화하여 살펴보면, 모든 집단에서 전후 모두 부정적으로 생각하는 유형이 대부분으로 나타났다. 안내자료를 활용한 실험반이 비교반에 비해 자기지각 과학창의성 변화에서 효과가 있다는 것을 알 수 있다. 실제 과학창의성 분석에서는 사전에 비해 사후 점수뿐만 아니라, 집단에 따라서도 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 자기지각 과학창의성과 실제 과학창의성 점수와는 겨우 절반 정도 일치하였다.

넷째, 개발한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 수준별 자유탐구 안내자료 적용 후 사후설문에서 교사와 학생은 모두 자유탐구 및 수준별 안내자료의 유용성과 효과에 대해 긍정적인 의견을 보였고, 자

신감도 증가했다고 답하였다. 가장 어려웠던 점에 대해 비교반의 경우, 절반에 가까운 수의 학생이 ‘탐구주제 정하기’라고 답했는데, 이는 교사 설문에서도 같은 결과였다. 그러나 실험반 1, 실험반 2로 갈수록 탐구주제정하기를 어려워하지 않는 것으로 나타나, 수준별 안내자료가 자유탐구에서 탐구주제 정하기 단계에 긍정적인 영향을 미쳤다고 볼 수 있다. 탐구주제 선정과정에서 비교반은 교사주도로 이루어지고, 실험반은 학생주도로 이루어진 것을 볼 때 안내자료의 유무가 진정한 자유탐구 실행에 중대한 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

본 연구의 결과를 통해 학교 현장과 추후 연구에 대한 시사점에 대해 다음과 같이 제언한다. 첫째, 탐구능력검사 결과와 실제 수행한 탐구보고서 및 수행과정 관찰 등을 통한 통합적 탐구능력 평가와의 비교 분석이 필요하다. 둘째, 쉽게 활용 가능하고 다양한 수준과 형태의 안내자료의 개발로 3~6학년 학생 모두를 연구 대상으로 확대할 필요가 있다. 또한, 본 연구에서 고려한 탐구능력 수준 측면 뿐 만 아니라 과학태도 측면의 수준에 대해서도 접근해 보려는 시도가 있었으면 한다. 셋째, 학생뿐만 아니라, 교사를 위한 뇌기반 진화적 접근법을 적용한 안내자료의 개발과 효과에 대해서도 알아볼 필요가 있다. 넷째, 탐구주제 정하기 단계에서 뇌기반 진화적 접근법이 효과가 있음을 볼 때, 이와 관련된 보다 깊이 있는 연구가 필요하다. 다섯째, 과학 창의성 평가공식과 평가방법에 대한 검증과 지속적인 관심이 필요하다.

참고문헌

강석진, 임희준, 여상인, 최선영, 신명경, 정용재(2011). 과학 교수-학습 지도 자료에 대한 초등교사들의 요구. *초등과학교육*, 30(3), 296-304.

강인애(1997). 객과주의와 구성주의: 대립에서 대화로. *교육공학연구*, 13(1), 3-19.

권재술, 김범기(1994). 초중학생들의 과학 탐구 능력 측정 도구의 개발. *한국과학교육학회지*, 14(3), 251-264.

권현영, 김효남(2016). 초등학교 과학과 자유탐구에 대한 실태 및 효과 분석. *한국초등교육학회지*, 27(1), 153-172.

교육인적자원부(2007). 교육인적자원부 고시 제 2007-79호에 따른 과학과 교육과정. 교육인적자원부.

교육과학기술부(2008). 초등학교 교육과정 해설(IV)-수학, 과학, 실과. 금성출판사.

교육부(2015). 교육부 고시 제 2015-74호에 따른 과학과 교육과정. 교육부.

김경희, 김수진, 김남희, 박선용, 김지영, 박효희, 정송(2008). 국제 학업성취도 평가(TIMSS/PISA)에 나타난 우리나라 중고등학생의 성취 변화의 특성. *KECE, 연구보고 RRE 2008-3-1*, 222.

김기쁨(2014). 뇌기반 진화적 과학 교수학습 접근법을 적용한 초등학생의 소집단 자유탐구 활동과 과학 창의성 분석. *서울교육대학교 교육전문대학원 석사학위논문*.

김재우, 오원근, 박승재(1998). 중학교 1학년 학생들의 자유 탐구 보고서에 나타난 변인의 유형. *한국과학교육학회지*, 18(3), 297-301.

김재운, 임희준(2011). 초등학생들이 수행한 자유 탐구의 특징과 문제점 분석. *교과교육학연구*, 15(2), 535-554.

김현경, 나지연(2017). 2015 개정 과학과 교육과정의 적용에 대한 초·중학교 교사의 인식과 요구. *한국과학교육학회지*, 37(1), 103-112.

김효남, 정완호, 정진우(1998). 국가수준의 과학에 관련된 정의적 특성의 평가체제 개발. *한국과학교육학회지*, 18(3), 357-369.

김효남, 최돈형, 임채성, 윤선진, 김대현, 정영미(2003). 초등과학 교수·학습 자료 활용실태 및 개선방안연구. *청담과학교육연구논총*, 13(1), 77-93.

민수진(2014). 교수자료 동기척도(IMMS)의 국내 타당화 연구. *특수아동교육연구회지*, 15(3), 419-443.

박미경(2016). 속성배추(Rapid-cycling *Brassica rapa*)를 활용한 초등학생용 자유탐구 프로그램의 개발 및 적용 효과. *한국초등교육학회지*, 27(4), 261-281.

박성혜(2006). 중등과학교사들의 교수법 및 자기효능감과 태도에 따른 교과교육학지식. *한국과학교육학회지*, 26(1), 122-131.

박영신(2006). 교실에서의 실질적 과학탐구로서 과학적 논증 기회에 대한 이론적 고찰. *한국지구과학회지*, 27(4), 401-415.

백자연, 임채성, 김재영(2015). 뇌기반 진화적 접근법에 따른 과학 자유탐구에 대한 초등학교 학생의 인식. *초등과학교육*, 34(1), 109-122.

변광태, 김학성, 윤마병(2011). 초등학교 과학교과의 자유 탐구 활동에서 탐구문제 발견과정의 사례 분석. *현장과학교육*, 5(2), 117-128.

신동훈, 신정주, 권용주(2006). 생명 현상에 관한 초등학교 관찰 수업 과정과 관찰 유형 분석. *초등과학교육*, 25(4), 339-351.

신영민, 김현경, 최병순(2010). 학습자의 인지수준 및 학습동기 유형에 따른 자유주제 과학탐구의 효과 및 탐구 단계별 상호작용 특성. *한국과학교육학회지*, 30(5), 533-543.

- 신원섭, 신동훈(2014). 초등과학부진학생의 기초과학탐구능력 향상을 위한 중재프로그램 개발: 안구운동을 중심으로. *한국과학교육학회지*, 34(8), 795-806.
- 신현화, 김효남(2010). 초등학교 과학과 자유 탐구 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 29(3), 262-276.
- 이국환, 김효남(2014). 초등학교 4학년 자유탐구활동에서 자기 주도적 과학 탐구 노트의 활용 효과 분석. *한국초등교육학회지*, 25(1), 133-149.
- 이미경, 정은영(2004). 한국 과학 교육에서 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 요인 조사. *한국과학교육학회지*, 24(5), 946-958.
- 이수영(2001). ARCS 전략을 적용한 수업이 초등학교 학생들의 과학관련 동기유발에 미치는 효과. *한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 이형철, 이정화(2010). 자유 탐구 수업이 초등학생의 과학적 태도 및 과학탐구능력에 미치는 영향과 지도 교사들의 자유 탐구에 대한 인식 조사. *과학교육연구지(경북대학교)*, 34(2), 405-420.
- 임성만, 양일호, 김순미, 홍은주, 임재근(2010). 초등예비 교사들이 자유탐구 활동 중에 겪는 어려움 조사. *한국과학교육학회지*, 30(2), 291-303.
- 임채성(2009). 뇌기반 진화적 과학 교수학습 모형의 개발. *한국과학교육학회지*, 29(8), 990-1010.
- 임채성(2014). 과학창의성 평가 공식의 개발과 적용. *초등과학교육*, 33(2), 242-257.
- 임채성, 김재영, 백자연(2012). 뇌기반 진화적 과학 교수 학습 모형을 적용한 초등학교 학생의 자유탐구 활동에서 과학 태도와 흥미 주제 영역 분석. *초등과학교육*, 31(4), 541-557.
- 장신호(2006). 학생들의 과학적 설명을 강조하는 탐구 지향 교수 활동에 대한 예비 초등 교사들의 인식, *초등과학교육*, 25(1), 96-108.
- 장진아, 전영석(2009). 초등학교 3, 4학년 학생의 과학탐구능력 수준에 적합한 안내된 자유탐구 교수학습 지도방안 탐색. *서울교육대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 전영석, 전민지(2009). 과학 자유탐구를 지도할 때 발생하는 어려움. *한국초등교육*, 20(1), 105-115.
- 조희형(1992). 과학적 탐구의 본질에 대한 분석 및 탐구력 신장을 위한 학습지도 방법에 관한 연구. *한국과학교육학회지*, 12(1), 61-73.
- 최윤미, 남철우(2002). 수준별 학습지 활용 수업이 과학적 탐구 능력과 태도에 미치는 영향. *초등과학교육*, 21(1), 111-126.
- 최인수(2011). 창의성의 발견. *파주: (주)쌤앤파커스*.
- 최종현, 송상현(2005). 주제 탐구형 수학 영재 교수·학습 자료 개발에 관한 연구. *대한수학교육학회지*, 7(2), 169-192.
- Amabile, T. M., Barsade, S. G., Mueller, J. S. & Staw, B. M. (2005). Affect and creativity at work. *Administrative Science Quarterly*, 50(3), 367-403.
- Buch, L. B., Bretz, S. L. & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.
- Bulunuz, M., Olga, S. & Jarrett, L. M. H. (2012). Level of inquiry as motivator in an inquiry methods course for preservice elementary teachers. *School Science and Mathematics*, 112(6), 330-339.
- Chang, C. C., Tseng, K. H. & Lou, S. J. (2012). A comparative analysis of the consistency and difference among teacher-assessment, student self - Assessment and peer-assessment in a Web-based portfolio assessment environment for high school students. *Computers & Education*, 58, 303-320.
- Colburn, A. (2000). An inquiry primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Costenson, K. & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classroom. *The American Biology Teacher*, 48(3), 150-158.
- Dunbar, K. (1993). Concept discovery in a scientific domain. *Cognitive Science*, 17, 397-434.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. Davidson (Eds.), *Mechanisms of insight*, Cambridge, MA: MIT Press.
- Dunbar, K. (1997). How scientists think: Online creativity and conceptual change in science. In T. B. Ward, S. M. Smith, & S. Vaid (Eds) *Conceptual structures and processes: Emergence, discovery and change*. Washington, DC: APA Press.
- Fraser, B. J. (1981). Test of science-related attitudes (TOSRA). Australian Council for Educational Research.
- German, P. J. & Odom, A. L. (1996). Student performance on asking questions, identifying variable, and formulating hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96(4), 192-201.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *School Review*, 79, 171-212.
- Keller, J. M. (2000). How to integrate learner motivation planning into lesson planning: The ARCS model approach. *Paper presented at VII Semanario*, Santiago, Cuba.
- Keller, J. M. (2010). Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach. New York: Springer.
- Kirschner, P., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An

- analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- Klahr, D. & Dunber, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Moravcsik, M. (1981). Creativity in science education. *Science Education*, 65, 221-227.
- Newton, D. P. (2010). Assessing the creativity of scientific explanation in elementary science: An insider-outsider view of intuitive assessment in the hypothesis space. *Research in Science and Technological Education*, 28(3), 187-201.
- Reiff, R., Harwood, W. S. & Philipson. T. (2002). Scientists's conceptions of scientific inquiry: Voices from the front. *A paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, New Orleans, LA.
- Robbins, B. S. (2015) An investigation into the factors that motivate teachers to implement inquiry in the science classroom. Indiana University of Pennsylvania ProQuest Kisserations Publishing.
- Schwab, J. J. & Brandwein, P. F. (1962). The teaching of science as enquiry. *The teaching of science*. (pp. 3-103). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Spencer, H. (1864). *Education: Intellectual, moral and physical*. NY: DAppleton and Company.
- Stenberg, R. J. (1998). A propulsion model of types of creative contributions. *Review of General Psychology*, 3, 83-100.
- Walker, C. & Gleaves, A. (2008). An exploration of students' perceptions and understandings of creativity as an assessment criterion in undergraduate - Level studies within higher education. *Irish Educational Studies*, 27(1), 41-54.
- Yang, C. M., Hung, J. F. & Huang, T. C. (2014). The effect on enhancing students' inquiry abilities via step-by-step open-ended inquiry teaching design. *US-China Education Review A*, 4(12), 887-894.

임라미, 서울난향초등학교 교사(Yim, La-Mi; Teacher, Seoul Nanhyang Elementary School).

† 임채성, 서울교육대학교 교수(Lim, Chae-Seong; Professor, Seoul National University of Education).

부록 1. 과학창의성 검사지(사전)

창의적으로 과학 해보기(20분)

여러분 안녕하세요?

이 검사지는 여러분의 과학창의성을 알아보기 위한 것입니다. 이 검사지의 각 문항에는 틀린 답이나 맞는 답이 없습니다. 물론 성적에도 반영되지 않으며, 오직 선생님이 여러분들을 더 잘 가르치기 위한 연구 목적에만 사용되고 비밀이 지켜집니다. 성실히 답변 부탁드립니다.

★과학창의성이란? 독창적(다른 사람들은 잘 생각하지 못함)이면서도 유용적(현실적으로 가치가 있음)인 아이디어를 말합니다.

()초등학교 ()학년 ()반 이름()

- 1 한여름 매미 여러 마리가 동시에 떼지어 우는 것을 들은 적이 있을 거예요. 왜 매미가 떼지어 우는지 그 이유를 생각나는 대로 모두 써 보세요.

| | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

- 2 매미가 떼 지어 한꺼번에 우는 이유를 확인할 수 있는 과학적인 실험방법을 간단하게 3가지 써 보세요.

| | |
|---|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |

- 3 3가지 방법 중 가장 과학적으로 창의적이라고 생각하는 방법을 한 가지 골라 자세히 써보세요.

| |
|--|
| |
|--|

- 4 여러분은 스스로 과학창의성이 어느 정도라고 생각하나요? 그 이유는 무엇인가요?

매우 높다() 높다() 낮다() 매우 낮다()

그렇게 생각한 이유:

자유탐구를 배우기 전에 비해 자유탐구를 배운 후 과학창의성이 어떻게 바뀌었나요?

매우 높아졌다() 높아졌다() 변화 없다()

낮아졌다() 매우 낮아졌다()