

초등학생을 위한 자유 탐구 프로그램 개발 및 적용: 학생의 과학 탐구 기능 특성 및 지속적 피드백을 중심으로

장진아 · 전영석[†]

(서울길동초등학교) · (서울교육대학교)[†]

Development and Application of Open Inquiry Program : Focusing on the Students' Traits of Science Inquiring Ability and Repeated Feedback

Chang, Jin-A · Jhun, Youngseok[†]

(Seoul Kildong Elementary School) · (Seoul National University of Education)[†]

ABSTRACT

The revised curriculum in 2007 adds an open inquiry approach to increase students' creativity and interest in science. Because it is the first time for elementary students to perform the open inquiry due to the national curriculum, it is essential that teachers give students' successful experiences in order to build a positive impression about inquiry activity. The purpose of this research is to develop and apply the open inquiry program. The research findings are as follows: First, we analyzed the students' traits of open inquiry ability during the program. The third and fourth grade students showed weakness in operating and inquiring abilities. They also feared failure and were unable to concentrate in classes which were based on explanation or discussion. When students had unexpected results, however, their inquiring abilities and creativeness increased considerably. Additionally there were some students who were stressed during the science-inquiry activity, due to no interest in science and an inability to think scientifically. Second, we developed an open inquiry program for elementary students. The program was modified, reflected upon the students' traits during open inquiry in class. Through repeated feedback like this, we completed the program. Third, for those who studied in the lessons there was a meaningful change in students' science inquiry abilities and abilities to perform 'formulating a hypothesis' and 'the control of variables'. These students' level of self-inquiry performance improved steadily. Moreover, they obtained a strong attachment to their inquiry and understood the method of quantitative experiments.

Key words : open inquiry program, the traits of science inquiry ability, elementary school

I. 서 론

1. 연구의 필요성 및 목적

정보화 사회에 들어서면서 과거에 비해 지식의 양이 늘어나고 이에 대한 접근성도 높아졌다. 정보화 사회에서는 무수한 정보들 중에서 적절한 것을 선택하고 이를 재생산하는 능력이 필요하다. 과학교

육에서도 시대적 변화에 맞추어 능동적으로 지식을 탐구하여 재구성하고, 창조해낼 수 있는 능력을 길러줄 필요가 있다.

학생의 과학적 창의력을 신장하기 위해 2007년 개정 과학과 교육과정에서는 '자유 탐구'를 도입하였다(교육인적자원부, 2007a). '자유 탐구'는 일상생활의 문제를 창의적이고 과학적으로 해결하는 탐구

과정을 통해 과학 탐구 능력과 태도, 과학적 소양을 함양하는 것을 목적으로 한다. 자유 탐구는 2010년부터 3, 4학년 학생들에게 적용되며, 2011년부터는 초등학교 3~6학년 모두에게 시행될 예정이다.

초등학생의 자유 탐구는 정의적 측면에서 특히 중요한 의미를 지닌다. 초등학생은 인생의 첫 자유 탐구를 경험하게 되는데, 이 때 성공을 경험하여 탐구에 재미를 느낀 학생은 과학에 긍정적인 태도를 형성할 것이다. 하지만 초등학생이 자유 탐구에서 실패를 경험한다면, 자유 탐구에 대한 부담으로 탐구 활동에 거부감을 느낄 것이다. 따라서 초등학생을 위한 자유 탐구 지도에서는 성공적인 탐구 경험을 제공하여 긍정적인 태도를 형성하는 것이 중요하다.

초등학생을 위한 자유 탐구 지도에 있어서 학습자의 수준을 파악하는 것 또한 중요하다. 학습자의 수준을 명확히 파악하는 것은 모든 교수 학습의 기본이며, 성공적인 탐구 경험을 제공하기 위해서 꼭 필요하다. 이미옥(2002)은 초등학생들이 새로운 것을 알아보려는 탐구심은 강하지만, 가설 설정, 실험 설계, 변인 통제의 능력은 서투르다고 보고한 바 있다. 임채성(2006)은 초등학생들이 지적 도전을 풀어나가는 것에 익숙하지 않기 때문에 개방성이 높은 탐구 과정에 대해서 불안감과 부담감을 느낀다고 보고하였으며, 김재우(1999)는 중학교 1학년 학생들의 경우, 탐구 활동에서 변인을 언급하지 않거나 독립 변인에 대한 변인 통제를 적절히 하지 못함을 보고하였다. 하지만 대부분의 연구가 중학생이나 초등학교 고학년에 한정되어 있으며, 초등학교 3~4학년 학생의 탐구 능력 수준을 분석한 연구는 부족하다. 따라서 초등학교 3~4학년 학생의 과학 탐구 기능 특성을 파악하고, 이를 고려하여 자유 탐구 프로그램을 개발하여야 한다.

이에 본 연구에서는 성공적인 자유 탐구 경험의 기회를 제공하기 위하여 초등학교 3~4학년 학생을 대상으로 학생의 과학 탐구 기능 특성을 고려한 자유 탐구 프로그램을 개발하고 적용하는 과정에서 시사점을 도출하고자 한다.

2. 연구 문제

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 자유 탐구 수행 과정에서 나타나는 초등학생의 과학 탐구 능력과 관련한 특성은 무엇인가?

둘째, 학생의 과학 탐구 기능의 특성을 고려한 자유 탐구 프로그램은 어떻게 개발될 수 있는가?

셋째, 개발된 프로그램은 학생의 탐구 능력 향상과 과학에 대한 긍정적인 태도 형성에 효과가 있는가?

3. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 연구의 제한점을 갖는다.

첫째, 1년 동안 매주 과학관 탐구 교실 수업을 듣고 있는 8명의 학생을 대상으로 하였다. 이들은 소수 특정 집단이므로 정량적인 결과보다는 정성적인 기술에 비중을 두었으며, 연구 결과의 일반화에 제한이 있다.

둘째, 본 연구에서는 프로그램을 개발한 후 파일럿 테스트를 거치는 대신, 프로그램 투입 과정에서 얻은 자료를 토대로 개선점을 찾아 나갔다. 이에 프로그램 초기에는 투입, 수정 과정이 함께 수반되어 진행되었다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전 국립중앙과학관 내 첨단과학관에서 운영하는 과학 탐구 교실에 참가하는 3, 4학년 학생 8명(3학년 3명, 4학년 5명)을 대상으로 하였다.

연구 대상이 된 학생들은 3, 4학년에서 4, 5학년으로 진급하기 전 겨울방학을 보내고 있었으며, 8명 학생 모두 1년 동안 매주 일요일 아침마다 과학관의 과학 탐구 교실에 참여할 정도로 과학에 대한 열의가 높은 학생들이었다.

2. 연구 절차

초등학생의 탐구 능력 수준과 특성을 고려한 자유 탐구 프로그램을 개발하기 위하여 초등과학 전문가와의 협의를 통해 자유 탐구 프로그램 개발 원칙을 수립하였다. 이를 토대로 자유 탐구 프로그램의 차시별 계획과 활동지를 구성하였다. 개발된 자유 탐구 프로그램을 적용하는 과정에서 관찰된 학생의 탐구 능력 특성을 분석하였다. 이를 바탕으로 수업 내용 및 방법의 측면에서 다음 차시의 프로그램을 수정, 보완하였다. 이렇게 초등학생의 과학 탐구 능력 특성을 분석하고 이를 수업에 지속적으로 피드

백하는 과정을 반복하면서 프로그램을 학생 특성에 맞게 발전시킬 수 있었다. 프로그램을 적용한 뒤, 과학 탐구 능력과 정의적 특성에 대한 검사 결과, 학생의 설문 결과, 연구자의 참관 일지를 토대로 본 프로그램에 대한 효과를 검증하였다. 본 연구의 절차를 요약하여 나타내면 그림 1과 같다.

3. 검사도구

1) 과학 탐구 능력 검사

학생의 과학 탐구 능력 정도를 파악하기 위하여 TSPS(Test of Science Process Skill) 검사지를 활용하였다. 이 검사지는 권재술과 김범기(1994)에 의해 우리나라 초등학교 5학년부터 중학교 3학년을 대상으로 하는 검사지이다. 본 연구의 대상이 되는 학생들은 3, 4학년에서 4, 5학년으로 진급하기 전 겨울 방학을 보내고 있으며, 과학에 대한 열의와 능력이

매우 우수한 학생들이기 때문에 TSPS 검사지를 적용하기에 적합하다고 판단되었다. 이 검사지는 기초 탐구 능력과 통합 능력을 측정하게 구성되었으며 신뢰도는 0.74였다. 본 연구에서의 Cronbach α 에 의한 신뢰도는 0.57이었다. 본 연구는 소수의 학생을 대상으로 정성적인 기술에 중점을 두어 분석하였으므로 정량적인 결과에서 의미를 얻기에는 한계가 있다.

2) 정의적 특성에 대한 검사

김주훈, 이양락(1984)이 초등학생을 대상으로 개발한 것을 하지연(2007)이 초등학교 저학년의 수준에 맞게 수정, 보완한 검사지를 다시 수정하여 사용하였다. 본 검사지의 신뢰도는 김주훈, 이양락(1984)의 연구에서 Cronbach α 0.82, 하지연(2007) 연구에서는 0.71로 보고되었다. 본 연구에서는 이 검사지를 3, 4학년 수준에 맞게 재구성하기 위하여 5단계의 리커트 척도로 수정하고 3, 4학년 수준에 맞는 용어로 보완, 적용하였다. 본 연구에서 재구성한 검사지의 Cronbach α 에 의한 신뢰도는 0.52이었다. 신뢰도가 낮게 나왔으나, 본 연구는 소수의 학생을 대상으로 정성적인 기술에 중점을 두어 분석하였으므로 정량적인 결과에서 의미를 얻기에는 한계가 있다.

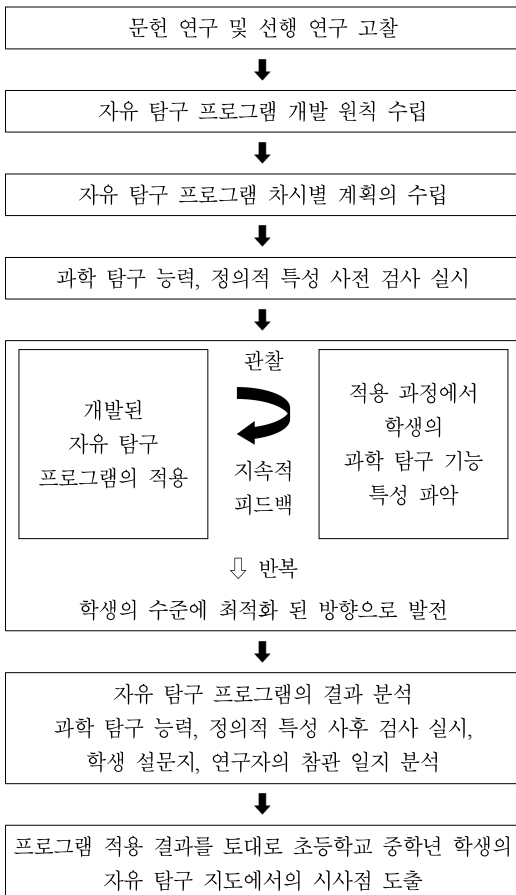


그림 1. 연구 절차

III. 연구 결과

1. 자유 탐구 프로그램의 개발 및 적용

1) 자유 탐구 프로그램 개발을 위한 기본 원칙 수립

자유 탐구 프로그램을 개발하기 위해 초등학교 중학년 학생의 수준을 충분히 고려한 개발 원칙을 수립하고, 이에 따라 프로그램을 개발, 적용하고자 하였다.

(1) 성공적인 탐구의 경험을 제공한다.

초등학생의 자유 탐구는 학생이 인생에서 처음으로 탐구를 경험하게 되므로 이 시기의 경험이 어떻게 형성되느냐에 따라 향후 과학, 탐구에 대한 학생의 태도를 결정짓는 중요한 역할을 한다. 따라서 초등학생에게 자유 탐구를 지도할 때에는 학생이 자유 탐구에서 ‘성공의 경험’을 만끽할 수 있도록 하여, 과학 탐구, 자유 탐구에 자신감을 심어 주어야 한다.

초등학생의 탐구 활동에 있어서 ‘성공의 경험’이란 단지 탐구 과정이나 결과에서 성공하는 것만을 의미하는 것은 아니다. 학생은 탐구 과정에서의 실패와 시행착오를 통해 많은 것을 배울 수 있다. 따라서 탐구를 통해 정확한 결과를 얻는 것도 중요하지만, 탐구 과정에서 시행 착오를 겪고 이를 극복하는 과정에서 과학적인 탐구 방법이나 끈기 있게 임하는 태도를 형성하는 것도 교육적으로 중요하다. 특히 초등학생에게는 자유 탐구에 대한 즐거움과 도전 의식을 주어야 한다. 따라서 본 연구에서 ‘성공적인 탐구 경험’이란, 과학적인 탐구 과정을 경험한 학생이 ‘앞으로도 자유 탐구에 도전해 보고 싶다.’는 의식을 갖게 하는 것을 의미한다.

(2) 자유 탐구에 있어서 성공의 경험을 제공하기 위해 ‘안내된 자유 탐구’를 실시한다.

전민지(2008)는 초등학교 5학년 학생을 대상으로 자유 탐구를 지도하고 효과적인 자유 탐구 지도 방안을 탐색한 결과, 구체적인 지도 방안 없이 학생의 자율에 맡긴다면 학생들은 계속적으로 실패를 하게 된다고 주장하였다. 또한 연속적인 실패 경험은 탐구에 대한 거부감을 형성시키며, 탐구에 대한 호감을 주기 위해서는 교사의 구체적인 도움이 필요하다고 제안하였다.

본 연구에서는 이러한 선행 연구 결과를 반영하여 자유 탐구 활동에서 다양한 안내를 제공해 학생이 성공을 경험할 수 있도록 하였다. 탐구 과정에서 학생들에게 제시한 안내의 범위는 다음과 같다.

첫째, 주제의 범위를 안내하였다. 자유 탐구에서 학생들이 가장 어려워하는 부분이 ‘주제 선정’ 단계였다. 또한 현장 자유 탐구의 경우, 학생들이 부적절하거나 막연한 주제를 선택하여 탐구를 제대로 진행시키지 못하는 경우가 많다. 이러한 경험으로 학생은 탐구에 대한 혼란과 실패를 경험한다. 이를 막기 위하여 본 연구에서는 비행기, 낙하산, 로켓이라는 주제의 범위를 제공하였다. 학생은 각 주제의 범위에 대한 하위 주제를 선택하여 탐구를 진행하였다. 이로써 학생은 교사와 함께 안내된 자유 탐구를 실시하며, 교사는 한정된 범위 내에서 좀 더 전문적으로 가르칠 수 있다.

둘째, 탐구 과정 및 보고서 작성에 대한 안내된 형식을 제공하였다. 과학, 실험, 탐구 이 모든 것에 대하여 전혀 모르는 학생에게 탐구의 전 과정을 자

율로 맡긴다면 큰 혼란을 야기할 것이다. 따라서 본 연구에서는 탐구의 기본적인 과정과 보고서의 형식을 안내하여 학생에게 ‘탐구’를 학습할 기회를 제공하였다.

(3) 프로그램은 기본적인 자유 탐구 진행 단계를 따르되 안내된 주제에 대해 탐색하고 원리를 이해하는 단계를 추가한다.

탐구를 수행하기 위해서는 탐구 주제에 대한 지식과 관심이 필요하다. CSME(2000)에서는 ‘탐구와 국가적인 과학 교육 기준’에서 탐구 기반 교수·학습에 대한 다섯 가지 오해를 역설하였다. 그 중, 다섯 번째 오해로서 많은 사람들은 탐구 학습에서 과학 문제에 대한 관심 없어도, 과학자가 탐구하는 과정만 배우면 된다고 생각한다. 하지만 학생들은 과학문제 없이 탐구하는 과정을 배우거나 발전시킬 수 없으며, 자신이 알고 있는 과학문제로부터 탐구가 출발된다는 것을 강조하였다.

이를 반영하여 본 프로그램을 제작할 때에도 학생들에게 친숙한 과학문제로 탐구를 수행하도록 설계하고자 하였다. 하지만 초등학교 중학년 학생들은 자율적으로 탐구를 수행하기에 과학적 지식이 매우 부족한 상태이다. 이에 초등학생을 위한 탐구 지도에는 탐구 주제에 대해 배경 지식을 쌓고, 원리를 이해하여 친숙해지는 과정이 필요하다고 판단하였다.

따라서 본 연구에서는 일반적으로 진행되는 자유 탐구 단계(주제 선정-탐구 설계-탐구 수행-결과 정리)에서 주제에 대해 탐색하고 원리를 이해하는 단계를 추가하였다. 결과적으로 본 프로그램의 단계를 탐색 단계-원리 이해 단계-자유 탐구 수행 단계(주제 선정-탐구 설계-탐구 수행-결과 정리)로 구성하였다.

(4) 과학 탐구 능력과 자유 탐구 수행 방법을 주제와 연결시켜 지도한다.

초등학생들은 기본적인 탐구 능력이 부족하므로 자유 탐구 지도 과정에서 과학 탐구 능력과 자유 탐구 수행 방법에 대해 가르쳐야 한다. 이에 자유 탐구 프로그램 개발을 위해서 탐구 능력과 탐구 수행 방법을 지도하기 위한 방향 설정이 필요했다.

앞서 언급하였듯이 CSME(2000)의 ‘탐구와 국가적인 과학 교육 기준’에서 탐구는 학생이 알고 있는 과학문제로부터 출발된다고 하였다. 이는 탐구하는

방법과 탐구 주제는 독립적으로 떼어낼 수 없는 관계이며, 학생이 탐구하는 방법을 독립적으로 학습하는 것보다는 탐구 과정 전체를 경험하는 과정에서 배우는 것이 효과적이라는 것을 의미한다.

이를 반영하여, 본 프로그램에서는 자유 탐구에 필요한 탐구 능력과 탐구 수행 방법을 탐구 주제와 연결시켰다. 즉, 탐구 주제를 탐색, 탐구하는 과정에서 유기적으로 탐구 능력과 탐구 방법을 배울 수 있도록 구성하였다.

(5) 학생의 자유 탐구 산출물 발표 기회를 제공한다.

자유 탐구에 대한 긍정적인 태도를 키워주기 위하여 학생들에게 자유 탐구 산출물 발표 기회를 제공하고자 하였다. 산출물 발표 기회를 통해 학생은 자신의 탐구 활동을 정리하고, 이를 발표하는 과정에서 보람을 느낄 것이다. 또한 다른 학생의 자유 탐구를 접하면서 탐구를 바라보는 안목을 형성할 수 있고, 공식적인 자리에서 내 의견을 논리적으로 전달하는 훈련의 기회를 얻게 된다.

2) 자유 탐구 프로그램의 차시별 계획

다섯 가지 기본 원칙을 토대로 과학교육 전문가와 초등과학교육을 전공하는 연구진의 협의를 거쳐 프로그램 개발을 위한 진행 단계를 설정하였다. 본 프로그램은 크게 4단계, 탐색 단계-원리 이해 단계-자유 탐구 수행 단계-발표회 준비 및 발표회 단계로 이루어진다.

설정된 자유 탐구 프로그램 단계에 따라 총 11차시의 수업으로 프로그램을 구성하였다. 11차시 중, 1~3차시는 탐색 단계, 4~6차시는 원리 이해 단계, 7~9차시는 자유 탐구 수행 단계, 10차시는 발표회 준비 단계, 11차시는 자유 탐구 산출물 발표회 단계로 설계했다.

또한 각 차시별 활동을 통해 중점적으로 학습할 과학 탐구 기능과 탐구 방법을 제시하였다. 특히 프로그램 초기에는 기초 탐구 기능을 주로 다루었으며, 점차적으로 통합 탐구 기능까지 확대하여 탐구 능력을 심화시켜 나갈 수 있도록 구성하였다. 또한 자유 탐구 수행 단계인 7~9차시에는 자유 탐구를 수행하는 구체적인 방법을 안내하여 학생의 탐구 활동을 도왔다.

과학교육 전문가와의 협의를 통해 학생들이 탐

구할 주제로서 ‘비행체’를 선정하였다. ‘비행체’를 탐구 주제로 선정한 이유는 첫째, 움직임 욕구가 높은 3, 4학년 학생에게 활동성이 높은 소재인 비행체가 흥미, 탐구력을 자극할 수 있기 때문이다. 둘째, 과학 탐구 교실이라는 시, 공간적 한계를 극복하고 수업 시간 내에 조작하여 간편하게 실험할 수 있는 소재이기 때문이다.

탐구 주제를 적용한 차시별 활동 계획은 표 1과 같다.

3) 자유 탐구 프로그램의 적용 : 학생의 과학 탐구 능력 파악과 이에 대한 지속적인 피드백

개발된 프로그램은 1차시에 90분씩 총 11차시에 걸쳐서 적용되었다. 매 차시마다 다양한 활동을 포함한 탐구 수업을 진행하였으며, 단계가 진행됨에 따라 비슷한 주제나 활동이 반복되면서도 점차 심화되었다. 학생들은 과학 탐구 기능과 조작 기능, 탐구 수행 방법을 구체적으로 익혀 나갔고, 지도교사는 학생의 수준과 능력에 따라 적절한 안내와 조언을 제공하였다.

지도 교사는 초등학교 3학년 학생을 자녀로 둔 고등학교 과학 교사였으며, 연구자는 참관자로서 수업에 참여하였다. 지도교사와 연구자는 매 차시 수업마다 전후로 30분씩 협의를 하였다. 사전, 사후 협의 과정을 통해 수업 시간에 나타난 학생의 반응과 과학 탐구 기능 특성을 정리하였고, 이를 다음 수업에 반영하였다.

이와 같이 본 연구는 실제 지도 과정에서 학생의 과학 탐구 능력 특성에 대해 시사점을 얻고, 그 결과를 지속적으로 피드백하여 자유 탐구 프로그램을 완성해 나갔다. 표 2는 지도 교사와 연구자가 매 수업마다 했던 협의 사항을 차시별로 요약한 내용의 일부이다. 지속적인 피드백을 통해 학생의 탐구 능력 수준과 특성을 고려한 자유 탐구 프로그램을 완성해 나갈 수 있었다.

2. 자유 탐구 프로그램 적용 결과

1) 프로그램 적용 과정에서 관찰된 초등학교 중학년 학생의 과학 탐구 능력 특성

(1) 탐구 능력의 미숙함

측정, 관찰, 조작적 정의, 변인 통제 등에 대한 개

표 1. 차시별 계획

차시	주제	활동 내용	중점적으로 학습할 과학 탐구 기능
1	비행기 탐색	· 여러 종류의 비행기를 직접 제작하고 날려보기 · 어떻게 하면 잘 날 수 있을지에 대해 경험적으로 체득할 수 있는 기회 제공	(기) 관찰, 의사 전달, 추리
2	낙하산 탐색	· 낙하산의 구조와 역할 알아보기 · 여러 종류의 낙하산을 만들어 떨어뜨려보고, 차이점 발견하기 · 단풍나무 씨앗이 떨어지는 모습 관찰하기	(기) 관찰, 의사 전달, 추리, 조작적 정의, 예상, 분류, 측정, (통) 실험, 자료 해석
3	로켓 탐색	· 여러 종류의 로켓 제작하고 날리기	(기) 관찰, 의사 전달, 추리
4	비행기 원리	· 비행기 날개의 모양 관찰하고 베르누이의 원리 이해하기 · 승강대와 방향타 달리 해서 날려보기	(기) 관찰, 의사 전달, 추리, 조작적 정의, 예상 (통) 실험, 자료 해석, 변인 통제
5	낙하산 원리	· 스카이다이빙 장면을 관찰하고 낙하할 때 속도 조절하는 방법 찾기 · 크기가 다른 캐노피, 구멍의 유무에 따른 캐노피의 낙하 속도 비교하기	(기) 관찰, 의사 전달, 추리, 예상, 분류, 측정, 수의 사용 (통) 실험, 자료 해석, 가설 설정, 변인 통제
6	로켓 원리	· 작용 반작용의 원리 이해하기 · 풍선 로켓이 더 빨리, 더 멀리 나갈 수 있는 방법 찾기	(통) 가설 설정, 변인 통제, 예상, 관찰, 측정, 문제 인식
7	비행기 자유 탐구	· 탐구 방법 -주제 선정, 가설 설정, 실험 설계 · 탐구 주제 예시 -어떻게 하면 비행기가 오래/높게/빠르게 날 수 있을까? 날리는 각도/승강타/에일러론에 따른 비행기의 비행 모습 관찰 탐구	(기) 관찰, 의사 전달, 추리, 예상, 조작적 정의 (통) 가설 설정, 변인 통제, 실험 설계, 실험 수행, 자료 변환 및 해석, 결론 도출
8	낙하산 자유 탐구	· 탐구 방법 - 변인 통제 · 탐구 주제 -낙하산의 모양에 따라 낙하속도는 어떻게 달라질까? 낙하산 캐노피의 구멍 위치에 따른 낙하 모습 비교	(기) 관찰, 의사 전달, 추리, 예상, 조작적 정의 (통) 가설 설정, 변인 통제, 실험 설계, 실험 수행, 자료 변환 및 해석, 결론 도출
9	로켓 자유 탐구	· 탐구 방법 -자료 해석, 결과 정리 및 결론 도출 · 탐구 주제 -풍선 로켓의 모양에 따라 풍선 로켓이 발사된 거리 비교 / 풍선 로켓의 분사구 개수에 따른 발사 거리(모습) 비교 / 풍선 로켓의 구멍 크기에 따른 발사 모습 비교	(기) 관찰, 의사 전달, 추리, 예상, 조작적 정의 (통) 가설 설정, 변인 통제, 실험 설계, 실험 수행, 자료 변환 및 해석, 결론 도출
10	발표회 준비	· 보고서 작성 및 발표용 판넬 제작 방법	
11	발표회	· 많은 사람들 앞에서 발표하는 방법, 태도 연습하기 · 다른 친구 작품 감상 평가하기	

념이 학생들에게 아직 확실히 형성되지 않았다는 것을 수업 장면 곳곳에서 알 수 있었다. 예를 들어, 낙하산의 역할에 대해 진술할 때에 ‘멋있다, 재미있다.’라고 진술하였는데, 이는 조작적 정의에 대한 개념이 아직 형성되지 않았다는 것을 보여주는 것이다. 또한 실험에 사용한 실의 길이를 묻는 질문에 정확한 길이를 자료 측정하는 학생도 있는 반면, 몇몇 학생은 ‘길게’, ‘중간 길이’라고 서술하였으며, 이는

정확한 측정 개념이 형성되지 않았음을 의미한다.

(2) 조작 능력의 미숙함

미숙한 조작 능력은 연구자와 지도 교사가 가장 절실하게 느낀 특성이었다. 본 연구에서 선정된 주제의 범위가 비행기, 낙하산, 로켓 등을 제작하는 활동을 기본으로 하는데, 학생들은 비행기를 좌우 대칭 균형에 맞게 접지 못하였고, 가위질도 어려워

표 2. 지도교사와의 차시별 협의 내용

단계	차시 -주제-	협의사항	수정 및 보완 사항 (다음 수업에 반영)
탐색	1 -비행기-	<ul style="list-style-type: none"> · 제시된 3가지 활동이 너무 많았음. · 아이들이 가위질, 스테이플러 찍기를 제대로 하지 못함. · 아이들이 비행기 날려보는 시간이 너무 부족했음. · D학생은 선생님이나 보조 선생님(연구자)에게 의존하려는 성향이 강함. 	<ul style="list-style-type: none"> · 활동의 수와 양을 줄여야 함. · 2차시에서 시간이 많이 걸리는 가위질은 교사가 미리 해둘 것: 조립형 낙하산, 조립형 비행기로 대체 · 제작 과정을 간소화하여 학생들이 제작보다는 실험을 하는 데에 더 많은 에너지를 쏟도록 해야 함.
원리 이해	4 -비행기-	<ul style="list-style-type: none"> · 베르누이의 법칙에 따른 양력 실험이 학생들이 실험 기구를 정밀하게 조작하지 못하여 제대로 되지 않았음. · 비행기를 날리는 것만으로도 학생들이 매우 좋아했으며, 비행기 경주에 열중했음. 	<ul style="list-style-type: none"> · 양력에 대한 실험에서 학생들이 실험기구를 정밀하게 조작하지 못함. 수행이 어려운 탐구 주제가므로 탐구 수행에 적절치 못하다고 판단되어 다음 차시 수업에서 배제함. · 경기를 하거나 미션을 수행하는 방법으로 다음 차시 수업 진행 : 학생의 흥미와 참여율.
자유 탐구 수행	7 -비행기-	<ul style="list-style-type: none"> · 자유 탐구를 수행하는 과정에서 학생 수준별로 힌트가 적힌 TIP 종이를 제공했으나, 제대로 활용되지 못했음. 	<ul style="list-style-type: none"> · TIP 종이보다는 상황에 맞춘 교사의 조언이 효과적일 것이라 판단됨.
	8 -낙하산-	<ul style="list-style-type: none"> · 변인 통제를 중점적으로 학습하였음. · 결과와 결론의 차이를 인지하는 것은 아직 학생들에게는 어려움. 	<ul style="list-style-type: none"> · 학생들이 생각보다 변인 통제를 잘 이해하고, 통제 변인을 정확히 찾았음.
	9 -로켓-	<ul style="list-style-type: none"> · 학생들의 참여 태도도 좋고, 재미있는 탐구였음. · C학생은 오늘 탐구를 발표회 때 발표할 것이라며 즐거워 했음. · Y학생은 여러 번 실험에 실패했는데도 끈기 있게 탐구를 진행하였음 	<ul style="list-style-type: none"> · 발표용 판별을 작성하는 것이 자유 탐구를 처음해보는 학생들에게는 어려울 수 있음. 예시 자료를 제공하는 것이 좋을 듯. · 학생들이 처음 발표 준비를 하기 때문에 도움이 필요함.

했으며, 풍선에 바람을 넣는 것과 풍선 주둥이를 손으로 꼭 잡고 있는 것도 힘들어 했다.

(3) 실패에 대한 두려움

수업 시간에 학생들이 자주, 많이 하는 질문이 ‘이거 어떻게 해요? 이렇게 하는 거 맞아요?’ 이다. 이렇듯 3, 4학년 학생들은 자신의 활동에 대한 확신이 적어서 교사에게 꼭 확인을 받고자 했다. 또한 작은 난관에 직면해도 매우 불안해하고, 포기해 버리는 경향이 강해서 제작 수준이 높았던 1차시 수업의 경우, 비행기를 제작하는 데에 어려움을 겪자 울음을 터뜨리거나 활동을 포기해 버리는 학생들이 있었다. 실패에 대한 두려움이 큰 3, 4학년 학생들은 활동지에 답을 적을 때에도 자신의 생각을 적다가 선생님의 답이나 발표하는 친구들의 답을 다시 베끼는 경우가 많았다. 따라서 3, 4학년 학생들에게 가능한 자유 탐구에서 실패의 경험을 줄이고 성공의 기회를 주어야 한다.

(4) 강한 움직임 욕구

초등학생들은 강한 움직임 욕구를 가지고 있어

서 활발하게 활동하거나 조작할 수 있는 활동에 큰 흥미를 느꼈다. 가령, ‘작용 반작용의 원리’에 대해서 이론적으로 이해하는 것보다는 직접 벽을 밀어 보거나 풍선을 불었다가 놓아보는 움직임 활동을 통해서 이해하는 것이 더 효율적이었다.

(5) 우수한 창의력과 긍정적인 영향

초등학교 학생들은 창의력이 매우 우수하며, 학생들의 독특한 아이디어를 수업 장면의 여러 곳에서 발산하는 모습을 보였다. 연구자의 예상을 넘어서는 학생들의 창의력으로 탐구 활동이 풍부하게 전개될 수 있었다.

가령, 2차시 수업 중 낙하산의 역할에 대해서 묻는 질문에 ‘안전하게 떨어짐, 공중에 오래 머물러 있게 해 줌, 하늘을 나는 느낌을 느끼게 해 줌, 충격을 작게 해 줌, 떨어지는 속도를 줄여줌’ 이라는 다양한 대답을 하였다. 대답의 내용만 두고 보면 사실이나 지식을 서술하였다고 볼 수도 있겠지만 학생이 수업을 계속 관찰하는 과정을 통해 판단하면 각 학생이 깊이 생각하는 과정에서 도출된 창의적인 답안이라고 판단된다. 또한 6차시 풍선 로켓으로 탐

구하는 수업에서는 연구자가 예상했던 것 이상으로 독창적이고 다양한 풍선 로켓 작품을 산출 해내기도 하였다.

이렇게 학생들의 독창적인 생각들을 적절히 활용하여 자유 탐구로 이끈다면 재미있고 흥미로운 자유 탐구를 수행할 수 있을 것이라 판단된다.

(6) 탐구력이 높아지는 경우 : 예상 밖의 실험 결과, 흥미있는 주제

초등학생들은 호기심이 많고 움직임 욕구가 강하여 처음 하는 활동이나 많이 움직이는 실험 활동에 흥분하며, 자발적으로 여러 시도를 해보는 모습을 보였다. 특히 학생들은 비행기에 굉장한 관심을 보이며, 열심히 활동에 참여하고 자연스럽게 탐구로 전개되었다. 승강타, 방향타를 이용하여 비행기 방향을 조절하는 수업에서 학생들끼리 비행기를 멀리 날리기, 방향 조절하여 날리기 주제로 경주를 하게 되었다. 학생들은 비행기 시험에서 땀을 뻘뻘 흘리며, 다양한 방법을 찾아 비행기를 날리는 모습을 보였다.

또한 예상 밖의 결과에 놀라워 하며 탐구력이 높아지는 모습을 보였다. 로켓의 분사구 크기에 따른 비교와 관련한 탐구에서 L학생은 분사구가 클수록 더 멀리 나갈 것이라고 예상했다. 하지만 공기주입량이 같은 채로 분사구의 크기만 다르게 할 경우, 로켓이 나아간 거리는 같고, 속도에만 차이가 있었다. 자신의 예상과 다른 결과를 접하면서 호기심이 급증하고, 탐구에 대한 흥미가 급격히 높아지는 모습을 관찰할 수 있었다.

(7) 과학적 사고를 하기 보다는 꾸미는 것에 관심이 많은 학생들

본 프로그램의 자유 탐구 활동은 제작을 기본으로 하는 주제이기 때문에 탐구 활동 속에 비행기, 낙하산, 로켓 등을 만드는 작업이 포함되었다. 이때, 몇몇 학생들은 과학적으로 탐구하는 것보다는 예쁘게 꾸미는 작업에 더 집중을 하는 모습을 보였고, 때론 장식 때문에 비행체가 제대로 작동하지 못하는 경우도 있었다.

2) 프로그램 적용을 통한 학생의 변화

(1) 과학 탐구 능력에서의 변화

본 연구의 자유 탐구 프로그램을 수행한 학생들

의 과학 탐구 능력에서의 변화를 알아보기 위해 과학 탐구 능력 검사의 하위 영역별로 사전, 사후 검사를 비교한 결과는 표 3과 같다.

표 3에서 알 수 있듯이 과학 탐구 능력 총 점수는 20.29에서 21.57로 자유 탐구 학습을 수행하기 전보다 수행한 후에 더 올랐다. 하위 영역별로 살펴보면, 분류, 측정, 예상, 자료 변환, 자료 해석, 변인 통제 능력의 점수가 올랐다. 3, 4학년 학생들에게 가장 취약한 탐구 능력은 자료 변환 영역으로 사전 점수 1.14, 사후 점수 1.71이다.

사전 검사, 사후 검사의 평균값에 대해 t 검정을 실시한 결과, 변인 통제 영역에서 .05 수준으로 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 이는 본 프로그램에서 학생들이 모든 탐구 주제에 대하여 변인 통제하기를 반복하여 학습하고, 연습했기 때문에 효과적이었던 것으로 해석된다.

하지만 다른 영역에서는 유의미한 차이가 없었으며, 오히려 추리, 가설 설정, 일반화 영역에서는 평균 점수가 하락하였다. 본 연구는 소수 특정 집단을 대상으로 11주간 진행한 연구로서 정량적인 결과를 도출하기에는 제한이 있다. 좀 더 유의미한 결과를 얻기 위해서는 다수의 학생을 대상으로 장기간 적용할 필요가 있으며, 이에 본 연구에서는 연구자의 관찰을 토대로 한 정성적인 분석에 중점을 두었다.

(2) 정의적 특성에 대한 변화

정의적 특성 검사의 하위 영역별로 사전, 사후 검사를 비교한 결과는 표 4와 같다.

그 결과를 살펴보면 평균 점수는 70.13에서 73.75로 올랐지만, 정의적 특성과 관련한 모든 영역에서 유의미한 차이를 보이지 않았다. 그 이유를 두 가지로 추론해 보았다.

첫째, 연구에 참여한 학생들이 본래부터 과학에 흥미와 관심이 많기 때문이다. 본 연구의 대상이 되는 학생들은 1년 동안 주말 아침마다 과학관까지 직접 찾아와 과학 공부를 할 정도로 이미 과학에 대한 높은 열정을 가지고 있었다. 따라서 적극성, 호기심, 준비성 등 정의적 특성 면에서 사전, 사후 간에 유의미한 차이를 얻어내지 못했다고 판단된다.

둘째, 11주라는 짧은 시간에 소수의 학생들을 대상으로 이루어진 검사 결과이기 때문에 정량적인 의미를 갖기에는 한계가 있다. 적어도 6개월 이상의

표 3. 과학 탐구 능력 검사 결과 분석

		평균±표준편차	t 통계량	P(T<=t) 단측 검정			평균±표준편차	t 통계량	P(T<=t) 단측 검정
전체	사전	20.29±6.57	1.06	0.16	자료 변환	사전	1.14±0.90	1.55	0.09
	사후	21.57±9.62				사후	1.71±0.76		
관찰	사전	1.86±0.38	0.00	0.50	자료 해석	사전	1.43±0.79	1.55	0.10
	사후	1.86±0.69				사후	1.86±0.69		
분류	사전	2.57±0.53	1.55	0.09	가설 설정	사전	2.00±0.58	1.44	0.04*
	사후	2.86±0.38				사후	1.57±0.53		
측정	사전	2.29±1.11	0.55	0.30	변인 통제	사전	1.86±0.90	2.12	0.04*
	사후	2.43±0.79				사후	2.29±0.76		
추리	사전	2.29±0.49	0.55	0.30	일반화	사전	2.43±0.53	2.12	0.18
	사후	2.14±0.38				사후	2.29±0.49		
예상	사전	2.43±0.53	0.55	0.09					
	사후	2.71±0.49							

* p<.05.

시간 동안, 다수의 학생을 대상으로 지도를 한다면 통계적으로 유의미한 결과를 얻을 것이라 판단된다.

(3) 참관 일지와 학생활동 결과물을 통해 살펴본 실제 탐구수행 능력 및 태도의 변화

자유 탐구 프로그램을 진행하면서 연구자의 참관 일지, 학생들의 활동지, 최종 발표회 동영상을 관찰, 분석하여 학생들이 변화하는 과정을 정리하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 본인이 선택한 탐구 활동에 대한 강한 애착과 의지의 형성

반복적으로 자유 탐구를 수행하면서, 학생들은 자신의 자유 탐구에 대한 의지와 애착을 점점 강하게 표현하였다. 가령, 한 학생은 풍선 로켓에 대한 탐구를 진행할 때 풍선 제작에서 실수가 생겨 계속 실패했으나, 보통 아이들이면 포기할만한 힘든 상황에서도 끝까지 탐구를 마무리 지었다. 다른 학생의 경우, 예상 밖의 탐구 결과에 매우 좋아하며, 발표회 때 꼭

표 4. 정의적 특성에 대한 결과 분석

		평균±표준편차	t 통계량	P(T<=t) 단측 검정			평균±표준편차	t 통계량	P(T<=t) 단측 검정
전체	사전	70.13±7.74	1.22	0.13	협동성	사전	12.25±2.19	1.00	0.18
	사후	73.75±4.77				사후	13.13±2.10		
호기심	사전	11.13±2.75	0.63	0.27	계속성	사전	12.63±1.60	0.15	0.44
	사후	11.50±2.93				사후	12.50±2.88		
준비성	사전	12.25±2.66	0.27	0.40	비관성	사전	10.63±2.07	1.40	0.10
	사후	12.50±1.85				사후	12.00±2.51		
적극성	사전	11.25±2.05	1.22	0.13					
	사후	12.13±1.25							

* p<.05.

이 탐구로 발표하겠다는 의지를 강하게 표현하기도 했다.

② 정량적인 실험 과정에 대한 인식

자유 탐구 프로그램을 통해 과학적인 탐구 방법을 체계적으로 학습한 학생들은 정량적인 실험 과정에 대해 인식하기 시작했다. 초기에는 초시계, 전자저울 등을 다룰 줄 몰라 정성적인 실험에 그치는 경우가 대부분이었으나, 점차 초시계, 전자저울 사용법을 학습하였으며, 이를 탐구 과정에 응용하게 되었다. 이러한 변화는 학생들이 정량적인 실험을 할 줄 알게 되었고, 시간에 대한 객관적이고 과학적인 측정 개념을 확립했음을 의미한다. 정량적인 실험에 대해 인식한 것을 시작으로 학생들은 좀 더 과학적인 탐구를 전개할 수 있을 것이다.

(4) 설문 응답을 통해 알아본 학생의 의견 조사

프로그램에 대한 학생들의 의견을 알아보기 위하여 연구자가 개발한 설문지에 응답하도록 하였다. 설문 응답자는 연구 대상이자 11차시의 수업에 참여했던 학생 8명이며, 설문 결과는 다음과 같다.

프로그램에 참여한 모든 학생들은 수업이 재미있었다고 응답하였다(그림 2). 그 이유로는 ‘새로운 것을 알아가니 신기해서(2명)’, ‘실험을 하며 결과 정리를 하고 여러 가지를 만들어 보는 것이 재미있었다(1명)’, ‘나 혼자 하지 않고, 재미있는 발표도 해서(1명)’ 등 자유 탐구 과정 자체에 대한 즐거움이 있었다. 학생들이 자유 탐구를 처음 경험했기 때문에 새로운 탐구 경험 자체에서 즐거움을 느낀 것으로 판단된다. 또한 ‘자기 스스로 생각하고 직접 해볼 수 있어서(1명)’, ‘실험 활동이 많아서(2명)’ 등 능동적인 탐구, 실험 활동에 대한 즐거움을 말한 학생도 있었다. 학생들은 수동적인 활동보다는 능동적인 탐구와 실험 활동에 흥미가 높음을 알 수 있다.

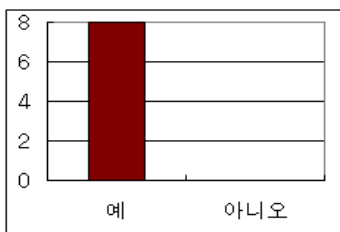


그림 2. 자유 탐구에 대해 공부한 과학 탐구 교실 4기 수업이 재미있었습니까?

반면, 자유 탐구 수업에서 힘든 점을 묻는 질문(그림 3)에 ‘처음 해 보는 활동이어서 힘들었다(1명)’, ‘주제에 따라 실험하고, 생각하고, 결과를 정리하는 것을 처음 해 보아서 어려웠다(1명).’고 응답하였다. 이는 ‘내 생각대로 실험하고 활동해 볼 수 있어서, 새로운 것을 배워서 재미있었다’라는 응답과 대조적이다. 자유 탐구를 처음 해 본 학생들이 새로운 활동 자체에서 호기심, 즐거움을 느낌과 동시에 어려움과 부담도 가지고 있음을 시사한다. 따라서 초등학생의 자유 탐구 지도 시, 처음 자유 탐구를 경험하는 학생들이 느끼는 어려움과 부담을 줄여주면서도 새로운 활동에서 느끼는 호기심과 즐거움을 극대화시키는 것이 중요하다.

혼자 자유 탐구를 수행한다면, 자신 있게 할 수 있겠느냐는 질문(그림 4)에 3명의 학생들이 매우 자신 있다고 응답하였으며, 4명의 학생은 약간의 도움이 있을 때 자신 있다고 응답했다. 이로써 본 연구의 자유 탐구 프로그램을 수행한 학생들이 자유 탐구 활동에서 자신감을 얻게 되었음을 알 수 있다. 또한 기회가 있다면 자유 탐구를 또 해 보고 싶은 마음이 있는지 묻는 질문(그림 5)에 7명의 학생이 자유 탐구를 또 해 보고 싶다고 응답했다.

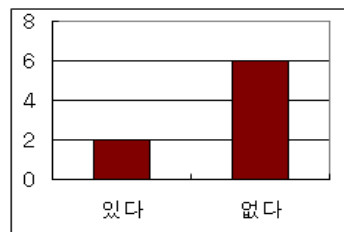


그림 3. 이번 4기 자유 탐구 수업을 하면서 힘든 점이 있었습니까?

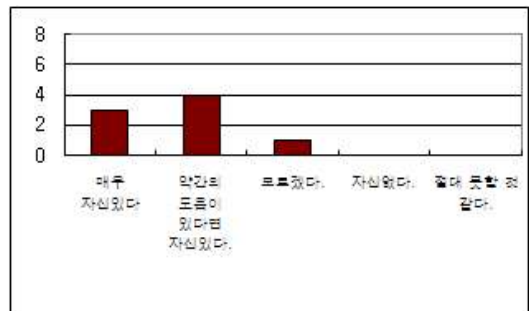


그림 4. 나 혼자 자유 탐구를 할 때, 자신 있게 수행할 수 있겠습니까?

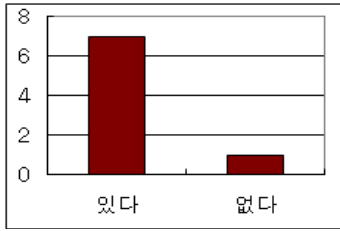


그림 5. 기회가 있다면, 자유 탐구를 또 해보고 싶은 마음이 있나요?

이를 통해 자유 탐구 수업이 학생들의 자유 탐구에 대한 관심과 자신감을 높일 수 있는 기회를 주어 탐구 활동에 대한 긍정적인 태도가 형성된 것으로 판단된다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 초등학생을 위한 자유 탐구 프로그램을 개발하고 이를 적용하였다. 프로그램 적용 과정에서 매 차시마다 초등학생의 과학 탐구 기능의 수준과 특성을 분석하고 정리하였다. 이를 고려하여 다음 차시 프로그램을 수정, 보완하였으며, 이러한 지속적인 피드백 과정을 통해 자유 탐구 프로그램을 완성하였다. 더불어 자유 탐구 프로그램이 끝난 후, 과학 탐구 능력 검사지, 정의적 특성과 관련한 검사지, 설문조사, 연구자 참관 일지 등을 분석하여 학생들의 변화를 정리하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

첫째, 자유 탐구 프로그램을 적용하는 과정에서 3, 4학년 학생의 과학 탐구 기능의 수준과 특성을 분석한 결과, 3, 4학년 학생은 탐구를 수행하기에 조작능력과 탐구 능력이 매우 부족하였다. 또한 실패에 대한 두려움이 컸고 움직임 욕구가 강하였으며, 설명 및 토의 형식의 수업에 대한 집중력이 떨어졌다. 반면, 창의력이 뛰어났으며, 흥미 있는 주제, 예상 밖의 실험 결과를 직면했을 때 탐구력이 급증하는 모습을 보였다. 그 외에도 과학적인 사고에 익숙하지 않아서 탐구 활동을 힘들어 하는 학생도 있었다.

둘째, 초등학생의 과학 탐구 기능을 고려한 자유 탐구 프로그램을 개발하기 위하여 크게 4단계로 프로그램을 진행하였다. 프로그램은 총 11차시의 수업으로서 탐색 단계(1~3차시), 원리 이해 단계(4~6차시), 자유 탐구 수행 단계(7~9차시), 발표회 준

비 및 발표회 진행 단계(10~11차시)로 이루어졌다. 특히 자유 탐구 수행 단계는 주제 선정, 탐구 설계, 탐구 수행, 결과 정리로 구성하였고, 자유 탐구 수행방법에 대해 구체적으로 학습할 수 있도록 하였다. 또한 본 프로그램은 전 과정에서 탐구 주제, 탐구수행방법에 대한 안내를 제공하여 학생이 성공적인 탐구 활동을 경험할 수 있도록 하였다.

셋째, 개발된 자유 탐구 프로그램을 적용한 결과, 학생들은 과학 탐구 능력 중 ‘변인 통제’ 영역에서 유의미한 변화를 보였다. 하지만 본 연구는 소수 특정 집단을 대상으로 한 연구로서 정량적인 결과 도출에는 제한이 있다. 이에 학생들의 행동 변화에 대한 연구자의 관찰을 근거로 결과를 정성적으로 기술하는데 중점을 두었다. 분석 결과, 학생들은 자신의 탐구에 대한 강한 애착과 의지를 갖게 되었으며, 정량적인 실험 방법에 대해 인식하게 되었다.

본 연구의 결과를 토대로 효과적인 자유 탐구 지도를 위하여 다음과 같은 고민이 필요하다. 첫째, 본 연구에서 개발된 자유 탐구 프로그램과 지도 전략을 학교 현장에 적용하기 위한 노력이 필요하다. 본 연구는 과학관에서 소수의 학생들 대상으로 자유 탐구를 지도한 것이므로 다인수 학급에 적용하기에는 현실적인 한계가 있다. 본 연구에서 제안한 바와 같이 학생에게 성공의 탐구 경험을 주면서, 교사와 학생의 부담을 최소화할 수 있는 적용 방안이 마련되어야 한다. 둘째, 학생들에게 자유 탐구 활동에 유인할 수 있는 유인책이 필요하다. 본 연구의 대상이 되었던 학생들은 대부분이 과학을 좋아하는 학생이었으나, 현장에는 과학에 관심이 없거나 과학적 사고에 익숙하지 않는 학생들이 많다. 과학을 싫어하거나 과학적으로 사고하는 것에 익숙하지 않은 학생에게 자유 탐구 과정을 진행하는 것은 그 자체만으로도 부담이 될 것이다. 이러한 학생에게 자유 탐구 활동에 대한 동기를 부여하고, 적극적인 참여를 이끌어낼 수 있는 대안을 마련할 필요가 있다.

참고문헌

- 교육과학기술부(2008). 과학4-1(실험본) 교사용지도서. 서울 : 금성출판사.
- 교육인적자원부(2007a). 교육인적자원부 고시 제 2007-79호 차기 과학과 교육과정.
- 교육인적자원부(2007b). 교육인적자원부 고시 제 2007-79

- 호 차기 과학과 교육과정 해설서.
- 권재술, 김범기(1994). 초중학생들의 과학 탐구 능력 측정 도구의 개발. 한국과학교육학회지, 14(3), 251-264.
- 김재우, 오원근, 박승재(1999). 중학교 1학년 학생들의 탐구문제에 대한 변인 판별 및 통제. 한국과학교육학회지, 19(4), 674-683.
- 김주훈, 이양락(1984). 초등학교 자연과 평가의 원리와 실제. 한국교육개발원 연구 보고. RR84-7.
- 이미옥(2002). 자유 탐구 활동이 초등학생의 과학 탐구 능력과 과학적 태도에 미치는 효과. 한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 임채성, 김분숙, 김은진(2006). 초등과학 실험에서 탐구 요구 수준에 따른 학습의 효과 : 인지적 영역을 중심으로. 초등과학교육학회지, 24(4), 321-328.
- 임채성, 김분숙, 김은진(2006). 초등과학 실험 수업에서 탐구 요구 수준에 따른 초등학교 학생의 정의적 영역 학습의 특성. 초등과학교육학회지, 25(4), 396-406.
- 하지연(2007). 뇌 기반 과학 교수학습 모형을 적용한 2학년 슬기로운 생활 수업의 효과. 서울교육대학교 석사학위논문.
- Center for Science, Mathematics and Engineering Education (CSMEE)(2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C : National Academy Press.