

RESEARCH ARTICLE

Science Teacher's Perception of Self-directed Inquiry Activities and Teaching-learning Strategies

Yunhee Choi¹ · Minsu Ha^{2*}¹Ewha Womans University²Kangwon National University

자기주도적 탐구 활동에 대한 과학 교사의 인식과 교수 학습 전략

최윤희¹ · 하민수^{2*}¹이화여자대학교 · ²강원대학교

*Corresponding Author: msha@kangwon.ac.kr

ABSTRACT

This study tried to examine the perception of students' free inquiry between science teachers' open inquiry and guided inquiry, and to suggest effective teaching and learning strategies for effective free inquiry guidance. In this study, a qualitative analysis was conducted based on the teaching experiences of science teachers with free inquiry, open inquiry, and R&E teaching experience. To this end, a total of 5 teachers participated in the study, focusing on the perception of inquiry, experiences of free inquiry, difficulties experienced while conducting free inquiry, and teaching-learning strategies to improve them. Interviews were conducted once or twice for a minute, and the results of the interviews were all recorded and transcribed to be used as analysis data for the study. As a result of the study, the teachers participating in this study received a guided experience in which students become accustomed to research rather than open inquiry when conducting free inquiry activities, and then expanded step by step according to the progress or speed of the research. It was recognized that appropriate intervention by teachers to develop skills and solve problems creatively was necessary. In addition, in order to grow as a scientific expert, it is necessary to establish a specific infrastructure for research where students can actually conduct the desired inquiry and try various methods, and experts who can provide professional scientific knowledge and skills in such a research environment emphasized the importance of collaboration in free exploration. In addition, as an effective instructional strategy for free inquiry, students are given autonomy when choosing a research topic that awakens the meaning and value of research, guiding them to systematically learn the research process through variable control and repeated experiments, and forming a team. and introduced a peer evaluation system, and suggested the need to provide an exchange where research results are shared and feedback is possible. To this end, it is necessary to introduce a systematic system for free inquiry guidance and develop and provide specific implementation manuals through consultation with each school, domestic and foreign professional institutions, teachers, and science education and science experts.



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 3, 483-504.<https://doi.org/10.31216/BDL.20210031>**Received:** July 07, 2021**Revised:** August 27, 2021**Accepted:** September 01, 2021© 2021. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Key words: Open inquiry, free inquiry, guided inquiry, scientific inquiry, science teacher

Introduction

과학교육의 중요한 목적은 학생들이 과학 지식을 구성하고 형성할 수 있는 과학적 사고력과 탐구력을 함양하는데 있다(Chinn & Malhotra, 2002; NRC, 2000). 과학적 탐구의 과정은 과학자들이 자연 현상을 이해하기 위해 증거를 수집하고(Roth, 1995), 이를 다양한 과정과 방법을 통해서 얻은 결과를 과학적으로 설명함으로써 이론을 구성해 나가는 과정이라고 볼 수 있다. 진정한 탐구의 경험이 중요한 이유는 학생들이 과학적 개념을 이해하고 지식을 확장 시켜 나가는 활동일 뿐만 아니라, 과학적 지식의 구성 과정에 탐구의 주체로서 참여하고 실행함으로써 미래의 과학자로서 성장하는 과정에서 학생 스스로 탐구 행위를 통제, 조절하면서 개인의 능력이나 의지를 의미하는 행위 주체성(agency)(Arnold & Clark, 2014; Lee & Kim, 2019; Reed, 2001; Schwartz & Okita, 2004)의 토대를 마련해 줄 수 있기 때문이다.

학생들의 자기 주도적인 탐구 활동은 학생들이 스스로 탐구를 설계하고 수행하고 발표하는 과정을 통해서 스스로에 대한 자부심과 과학에 대한 성취감과 즐거움을 느끼게 함으로써 학생들은 과학 학습을 하고자 하는 학습 동기가 내재화되고 과학에 대한 긍정적인 태도를 향상시킬 수 있다. 과학에 대한 학습 동기는 학생들의 과학에 대한 태도, 과학에 대한 선호도, 자아 효능감으로 연결이 되는 중요한 심리적 요인이며(Ryan & Deci, 2000), 과학에 대한 긍정적인 태도는 과학에 대한 학업 성취도뿐만 아니라 학생들 스스로 과학을 잘 할 수 있다는 자신감을 갖도록 할 수 있다(Park et al., 2011). 그러므로, 학생들이 자유 탐구 활동을 지속적으로 활성화 나가면서 적극적으로 참여할 수 있도록 행동의 방향을 정해주는 심리적 요인으로서 과학에 대한 학습 동기와 과학에 대한 긍정적인 태도는 학생들이 자유 탐구에 대해 자기 주도적인 행동을 활성화하고 과학의 본성과 필요성에 대해서 인식하게 하는 중요한 요소라고 볼 수 있다. 이렇듯, 자기 주도적으로 실행하는 과학적 탐구 활동은 학생들은 인식적 행위의 주체(epistemic agent)로서 과학 교실에서 단순히 지식을 수용하는 역할이 아닌 지식의 구성과 발전에 책임을 질 수 있는 생산적 참여의 역할을 할 수 있다(Barton & Tan, 2010; Damsa et al., 2010; Goulart & Roth, 2010; Lee & Kim, 2019; Stroupe, 2014).

지금까지 국내에서 진행된 탐구와 연구 프로그램들은 대부분 과학자와 함께하는 사사 교육을 기반으로 과학적 지식과 실행을 배울 수 있는 R & E(Research and Education) 활동으로 진행되고 있으며, 과학영재학교, 과학고등학교를 비롯하여 일반계 고등학교 1, 2학년 학생들을 대상으로 운영되어 왔다. 과학영재학교와 과학고등학교의 R & E 활동에 참여한 학생들을 대상으로 R & E 활동의 교육적 효과에 대한 인식을 살펴본 결과, 과학 영재 학생들은 과학자로서의 자질 함양이나 전문적인 기술의 습득보다는 동료와의 협력이나 타율적 참여에 좀 더 비중을 두고 있었다(Kang et al., 2009). 그리고, 과학자 양성에 초점을 맞춘 연구 프로그램의 교육적 효과에 대해서는 과학자와 함께 하는 도제적 실습과 과학 인턴십 경험은 참여한 학생들은 과학자처럼 일하고 생각하기, 과학 및 과학 연구에 대한 자신감 향상, 과학 분야로의 진로의 선택 면에서는 긍정적인 효과를 나타냈으며, 과학 공동체 내에서의 협력과 소통과 진정한 과학문화로 입문하기 측면 보다는 개인적 실행과 성취 등 개인적 차원에서의 성장으로만 인식하고 있었다(Gazley et al., 2014; Hunter et al., 2007; Seymour et al., 2004). 한편, 과학 영재학생과 과학 중점학교의 학생들은 학생 중심의 자기 주도적 탐구를 수행하는 과정에서 주제 선정, 과제 수행에서의 절차의 미숙함, 능력의 부족 등으로 겪을 수 있는 실패(Zion & Mendelovici, 2012)를 방지하면서 성공 경험을 통해 학생들이 자아 효능감, 자신감, 진로에 대한 인식에 있어서 긍정적인 변화를 모색하는 것이 매우 중요함을 강조하였다(Schunk, 1985). 이를 위해서는 교사는

자기 주도적 탐구 활동의 한계와 학생들의 실패와 어려움을 사전에 진단하면서 반성적인 사고 과정을 통해서 과업 수행의 정도를 탐색하고 자기 주도적 탐구를 실행하는 기회를 제공할 필요가 있다(Edmondson, 2011; Kirschner et al., 2006). 이러한 탐구 과정에서 발생하는 실패와 어려움, 인지 편향을 이해하고 사전에 방지할 수 있는 개입을 통한 넓지 전략을 활용하고 반성적, 합리적, 창의적으로 문제를 해결할 수 있는 교수학습 전략의 개발과 적용이 필요하다(Kim & Ha, 2019).

자기 주도적 탐구에 대한 교사의 인식은 학생들의 자기 주도적 탐구 활동 실행의 성공과 실패의 여부에 많은 영향을 미치므로(Dawson & Carson, 2013), 학생들의 자기 주도적 탐구와 연구의 수행과정에 대한 적절한 교육과 피드백을 제공하는 역할이 매우 중요함을 강조하였다(Brown, et al., 2003; Watters & Diezmann, 2003). 이러한 연구 활동의 지도 경험은 교사로 하여금 학생들이 과학 지식을 획득하고 과학적 연구 과정을 이해하고 과학에 대한 흥미와 태도를 긍정적으로 향상시킬 수 있는 탐구에 기반한 교수학습 방법에 대한 전문성을 쌓을 수 있고 자기 주도적 탐구 활동을 확대 적용할 수 있다는 점에서 교육적으로 의미가 있다(Houseal et al., 2014; Sadler et al., 2010; Wormstead et al., 2002). 그러나, 여전히 예비 교사와 초, 중등 교사들은 자기 주도적인 탐구를 지도하는 경우, 탐구의 주제 선정과 탐구 수행 분석 및 결과 단계에서 교사의 지도 개입에서 많은 고민과 어려움에 봉착하는 것으로 나타났다(Kang et al., 2009; Sim et al., 2010). 또한, 과학 영재들의 R & E 활동의 교육적 효과를 살펴보면, 학생들은 교과 내용의 관련성, 연구 설계 및 수행과정에 있어서 부족하다고 인식하는 반면, 지도 교수 및 지도 교사는 충분히 지도했다고 인식하면서 차이가 있음을 드러내기도 하였다(Jung et al., 2012a; 2012b). 이러한 자기 주도적 탐구와 R & E 활동에서의 학생과 교사의 인식의 차이는 탐구 활동에 대한 교사의 위치 짓기(positioning, positional identity)에서 비롯되었다고 볼 수 있다. 이러한 위치 짓기는 학생들이 과학 수업에서 어떻게 상호작용하며 주어진 과제에 대해서 어떻게 질문하고 의견을 제시하며, 언제 어떤 방법으로 참여하게 될 것인가를 알게 되므로(Tan & Barton, 2007), 교사가 자기 주도적 탐구와 안내된 탐구의 개입 정도를 결정하고, 탐구 수업을 설계하고 실행하는 과정에서 인식론적 이해를 정교화할 수 있는 교수학습 전략을 제공하는데 영향을 줄 수 있다(Chen & Mensah, 2018).

교사의 자기 주도적 탐구와 안내된 탐구의 실행 정도는 탐구 활동 과정에서 학생들의 역량, 의사결정, 잠재적 능력, 자신감과 자존감의 형성에 영향을 줄 수 있다. 특히, 안내된 탐구는 적절한 교사의 안내가 강조된다는 점에서 단순 개념과 탐구 기술의 학습에만 효과적일 뿐, 과학적 역량을 형성할 수는 없다. 또한, 안내된 탐구에 참여한 학생들이 능동적인 탐구자로서 탐구 활동에 참여함으로써 합리적 의사결정과 핵심 역량, 탐구에 대한 성취감과 자신감의 형성에 있어서 부정적인 영향을 줄 수 있다(Kirschner et al., 2006; Schöffstall & Gaddis, 2007). 이에 반해 자기 주도적 탐구 및 연구 활동은 기초 및 통합 탐구 능력 및 문제 해결 능력의 함양, 이공계 학문 분야의 다양한 전공의 경험, 진로 선택에 긍정적인 영향을 줄 수 있다(Lee & Shin, 2010). 따라서, 본 연구의 목적은 학생들의 자기 주도적 탐구 활동을 지도하고 교육한 경험을 통해서 학생들이 반복적으로 겪는 어려움을 이해하고 교육적으로 도움을 줄 수 있는 교수 전략과 방안을 제안하는 것이다. 이를 위해서, 자기 주도적 탐구를 지도한 경험이 있는 과학 교사들의 자기 주도적 탐구에 대한 인식과 자기 주도적 탐구 과정에서 학생들에게 나타나는 어려움을 해결하기 위해 도울 수 있는 교수 전략을 탐색하였다. 본 연구의 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 자기 주도적 탐구 활동에 대한 과학 교사들의 인식은 어떻게 나타나는가?
 둘째, 자기 주도적 탐구 활동을 지도하면서 겪는 어려움은 무엇이며, 이를 해결하기 위해 어떠한 교수-학습 전략을 사용하는가?

Methods

Participants

본 연구에는 서울시, 경기도, 강원도 소재 고등학교에서 과학을 가르치는 5명의 교사가 참여하였다(Table 1). 이들은 과학 중점학교, 과학 영재고등학교, 과학고등학교에서 근무하고 있으며, 이들은 9년 이상의 26년 이하의 현장 교사 경력을 갖고 있었다. 또한, 과학 영재 교육 경험, 과학 동아리 활동에서의 주제 중심 활동, 과학전람회, 화학 프론티어 대회, 과학 토론회, STEAM R & E, 과제 연구 등의 경험을 통해서 학생들과의 탐구와 연구 활동을 지속적으로 진행해 온 경험이 있다. 전공별로 살펴보면, 2명의 교사는 생물 교육 전공, 3명의 교사는 화학 교육 전공이었다. 이들 중 4명은 석사 학위, 1명은 박사 학위 소지자로서 교사 스스로 교과 교육 분야에 전문성을 쌓기 위한 노력을 하고 있다. 현재 3명의 교사는 과학 중점 학교, 1명은 과학고, 1명은 영재 학교에서 학생들을 지도하면서 다양한 자유 탐구, 과제 연구, STEAM R & E 등의 지도 활동을 계속하고 있다. 연구 참여 교사들의 익명을 보장하기 위해 교사A, 교사B 등으로 알파벳 순서로 표기하였다.

Table 1. The Participants

Participants	Teacher career	Major	Degree	Experiences related to self-directed inquiry
A Teacher	26 years	Biology education	Master's	<ul style="list-style-type: none"> · Since 2009, she has been actively participating in free inquiry (R&E) while preparing for a scientific inquiry debate contest. · Conducting project research at science-focused high schools, science exhibitions, youth science inquiry class called YSC, writing research papers while self-inquiring · Science-focused school inquiry contests, science exhibitions, and project research (R&E) guidance · Operate gifted education center as a teacher dispatched to the exhibition hall for gifted students · As a teacher in charge of the gifted education center of the Western Education Support Office, she taught a number of outputs.
B Teacher	9 years	Chemistry education	Master's	<ul style="list-style-type: none"> · Teaching R&E activities and assignments research activities and dream plus R&E activities at science-focused high schools · In a general high school, students begin their research activities while taking part in the advanced science class. · Started research on the subject related to star observation for astronomy class students.
C Teacher	13 years	Chemistry education	Master's	<ul style="list-style-type: none"> · STEAM Leading School, STEAM R & E Research, Science Activation Specialization Program, Gifted and Talented Class, R & E Guidance, Chemistry Experiment in Chemistry Class · In 2018, a special prize at the National Science Exhibition, Student Guidance at the Chemistry Exploration Frontier Festival · Maker project in progress
D Teacher	11 years	Chemistry education	Master's	<ul style="list-style-type: none"> · STEAM Leading Schools, STEAM R&E Research, Science Exhibitions, Assignment Research in Science Focused School Teachers
E Teacher	23 years	Biology education	Doctor	<ul style="list-style-type: none"> · Operation and guidance related to free inquiry and task research in gifted schools

Data Collection

본 연구는 연구에 참여한 교사들을 대상으로 하여 반구조화(semi-structure)된 개별 면담으로 진행되었다. 면담은 연구에 참여한 교사들의 경험을 회고하는 심층 면담 형식으로 진행되었으며, 면담은 각 교사별로 1-2회에 걸쳐 시행되었다. 면담은 매회 45-60분 정도로 진행되었으며, 연구 참여자가 근무하는 학교의 교사 연구실이나 교과 교실에서 진행되었다. 1차 면담 질문은 자유 탐구나 과제 연구(R & E)와 관련된 다양한 교육 경험과 의미, 자기 주도적 탐구나 과제 연구(R & E) 지도 시 교사 개입에 대한 인식, 자유 탐구나 과제 연구(R & E) 지도 실패 경험과 의미, 안내된 탐구와 개방된 탐구에 대한 인식, 자유 탐구나 과제 연구(R & E) 지도 시 넛지 전략에 대한 인식, 자기 주도적 탐구나 과제 연구(R & E) 지도 시 교사 자신만의 넛지 전략 경험, 자기 주도적 탐구나 과제 연구(R & E) 활동 시 학생들의 자존감을 형성하기 위한 지도 전략 등에 대한 내용을 포함하였다. 2차 면담은 1차 면담을 시행한 지 1-2주 후에 진행되었으며, 1차 면담 내용에 대해서 연구자가 이해한 바를 충분히 전달함으로써 연구 참여자로 하여금 연구의 목적과 방향을 이해하고 이와 관련된 경험을 다시금 상기할 수 있도록 하였다. 2차 면담의 내용은 1차 면담 내용을 토대로 연구 참여자인 교사들의 자유 탐구에 대한 개별적인 경험을 바탕으로 연구 내용과 관련된 추가 경험과 질문들을 대화 형식으로 진행하였으므로 교사별로 약간의 차이가 있었다. 1-2회로 진행된 면담 내용은 모두 녹음하였으며, 연구 참여자들의 주관적 경험을 토대로 느껴지는 연구 참여자들의 감정 변화, 목소리 톤, 몸짓 등의 비언어적인 특징들은 자세히 기록하였다(Witz, 2006).

Data Analysis

자료의 분석은 연구 참여자의 면담 내용을 모두 전사한 후에 분석을 진행하였다. 본 연구자는 과학 교사들의 자기 주도적 탐구에 대한 경험과 안내된 탐구와 개방적인 탐구에서의 교사의 개입, 넛지 전략과 같은 자기 주도적 탐구에서의 효과적인 교수 학습 전략을 탐색하기 위해 귀납적인 분석 방법을 활용하여 전사 자료를 분석하였다(Miles & Huberman, 1994). 1차 분석을 위해서 연구자는 자기 주도적 탐구에 대한 교사의 인식, 자기 주도적 탐구 경험을 통한 교육적 효과, 자기주도적 탐구 지도 시 어려운 점 등에 대한 학술지 게재된 선행 연구 등을 토대로 하여 연구 참여자들이 자기 주도적 탐구 지도시에 중요시하는 부분, 안내된 탐구와 자기 주도적 탐구에 대한 인식, 자기 주도적 탐구 시 교사의 개입 정도, 자기 주도적 탐구 지도 시 어려운 점, 자기 주도적 탐구 지도를 위한 자신만의 넛지 전략 등을 보여주는 단어나 어구를 중심으로 Table 2와 같이 1차 코딩을 실시하였다. 2차 분석은 연구 참여 교사들인 인식하는 자기 주도적 탐구에 대한 인식, 지도 교사의 개입 정도에 대한 인식, 자기 주도적 탐구 지도 시에 적용하는 효과적인 교수 전략 등을 중심으로 1차 코딩 내용 영역 간의 관계성을 분석하였다. 또한, 1차 코딩 내용을 토대로 각 교사들의 사례들간의 지속적인 비교(constant comparative methods)를 실시하였다(Boeije, 2002). 자료 분석한 결과가 담긴 내용을 연구 참여자들에게 읽게 한 후, 연구 참여자들의 검토(member checking)를 받아 수정 내용을 반영하여 보완하였다. 특히, 연구 결과를 제시할 때는 본 연구의 참여자들의 인용구를 통해서 실제적인 경험이 생생하게 전달될 수 있도록 제시하였다.

Table 2. The examples of first coding

Category	Topic bundle	Topic (similar frequency code)
Awareness of self-directed inquiry guidance	Scientific inquiry competency Positive achievement and joy of students Student autonomy and independence	<ul style="list-style-type: none"> Variable control, replicate testing, application of new techniques, and exploration involving failure and adversity Support and encouragement for the inquiry process, sufficient time for inquiry, patience and encouragement of teachers Boldness beyond creativity, new attempts, autonomy in team formation
Teacher intervention in self-directed inquiry activities	Setting the research topic and direction Offer advice and feedback on research Provide a research environment Presenting research results	<ul style="list-style-type: none"> Improving trial and error, searching for related academic papers, writing and revising research proposals, pursuing the meaning and value of research, asking questions that stimulate thinking, and bridging the gap with previous studies Connecting experts, presenting ideas for problem solving, guidance on how to explore, analyzing data, continuing guidance on research manuals and methods, setting up appropriate scaffolding Establishment of facilities and environment necessary for project research, laboratory for project research, and connection with experts Writing research results plans and reports, presenting research results, sharing and feedback experiences
Difficulty in guiding self-directed inquiry activities	The gap between the reality of the entrance exam and education Group composition and conflict	<ul style="list-style-type: none"> Education system centered on entrance exam, sense of distance from reality, multiple teams assigned to teachers Division of roles by team, dissonance among members, lack of cohesion, dissonance between groups, differences in competency and level among group members
Teaching strategies such as nudge strategies when teaching self-directed inquiry activities	Degree of intervention in open inquiry Continuous feedback on topic selection A Guide to Variable Controls and Replicates in Exploratory Design Sharing and feedback on research results	<ul style="list-style-type: none"> The degree of guidance on topic selection, inquiry activities, and the level and degree of feedback during the research phase Select topics of interest to students, explore various topics in science, and guide teachers to topics of interest to students according to their level Setting the experimental group and control group, finding the meaning of research through success and failure experiences, forming self-esteem through repeated experiments, solving trial and error, finding errors and improvements in the experiment Presentation of results at each stage of the study, introduction of peer evaluation system, sharing of presentations through colloquium, and reflective thinking of students themselves

Results

본 연구에 참여한 과학 교사들은 초임 교사 시절부터 ‘탐구’의 중요성을 인식하였고, 교과 수업에 적용하는 것 뿐만 아니라, 교육부 또는 교육청 주최 탐구 대회와 전람회, 과제 연구와 STEAM R & E 등을 통해서 ‘자유 탐구’와 ‘과제 연구(R & E)’ 등의 지도 경험이 있었다. 또한, 연구에 참여한 교사들은 대학원 수업, 교사 연구 회, 영재 교육원 운영, 연구 학교, 스팀 선도 학교, 메이커 중심 학교 등의 운영에 참여하면서 과학 교사로서의 전문성 신장에 있어서도 많은 노력을 기울여 왔다. 연구에 참여한 교사들은 공통적으로 과학적 사고력과 탐구력을 중요시하였고, 학생들이 스스로 탐구에 참여함으로써 과학적 역량의 신장과 자신감과 성취감을 향상시킬 수 있다고 인식하였다. 예를 들어, 교사 B는 ‘교사가 관찰한 입장에서 학생들이 성장하는 모습이나 과학적인 탐구 능력, 역량 같은 것을 직접 관찰하기에 굉장히 좋은 활동이 되더라고요.’라면서 학생들이 과학적으로 역량을 갖기 위한 활동을 하는 것에 대해서 긍정적인 입장을 갖고 있었다. 반면, 개방된 탐구 상황에서 학생들이 사전 경험, 연구 역량, 지원받은 환경의 차이 등으로 인해 학생들에게 어느 정도 수준으로 안내를 해야 하는가에 대해서 고민을 하기도 하였다.

지금 환경에서, 지금 학생들이 고등학생이지만 실제로 다룰 수 있는 기구나 도구는 많지 않거든요. 실험 도구는 요즘에 할 수 있는 것도 중학교나 초등학교 때 다뤄보지 않은 학생들이 많다 보니 아무리 학생들에게 다루는 기회를 주더라도 활용할 줄 모르는 경우가 많습니다. 저희는 안내와 방향을 제공할 만한 단계가 있어야 제공해야 할 것 같아요. (교사 C).

교사들은 자기 주도적 탐구 활동의 중요성을 인정하면서도 개방된 탐구와 안내된 탐구 사이에서 교사의 개입에 대해서는 각자의 지도 경험에 따라 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 이들의 개방형 탐구와 안내된 탐구에 대한 교사의 인식으로는 ‘연구에 익숙해지는 안내된 경험을 통해서 단계적으로 확장해 나가는 자율적 탐구’, ‘탐구 기능의 성장을 돋고 낯선 상황을 해결할 수 있도록 적절한 비계(scaffolding) 제시가 필요한 탐구’, ‘연구에 필요한 인프라가 갖추어져 연구 역량을 신장시킬 수 있는 탐구’, ‘전문가의 협업을 통해 연구에 대한 전문성을 신장시킬 수 있는 탐구’가 필요함을 강조하였다.

Teachers' Perceptions of Self-Directed Inquiry

Autonomous Inquiry that Expands Step by Step through a Guided Experience to Become Familiar with Research

연구에 참여한 교사들은 자기 주도적인 탐구에 대해서 단계적인 지도와 시스템의 구성이 필요함을 제안하였다. 실제로 자유 탐구에 참여하는 학생과 교사는 여전히 교사의 주도로 진행되는 수업과 탐구에 익숙해 있는 경우가 대부분이었다. 학생들은 탐구와 연구를 수행하는 과정이나 방법에 온전히 참여하여 탐구 전체를 주도적으로 이끌어 나가는 과정에 익숙하지 않으므로 기존의 실험을 그대로 재현하는 선에서 탐구를 수행하는 경우들이 많았다. 그러므로, 진정한 개방적 탐구의 본질을 학생들이 경험할 수 있도록 하기 위해서는 초반에는 학생들에게 익숙한 탐구 활동을 통해서 탐구의 과정을 경험하고 느끼고 학생들에게 체화하는 과정을 통해서 탐구의 본질을 받아들이도록 하는 것이 우선이 되도록 한다. 그런 다음 탐구의 주체를 교사에서 학생으로 변화시키면서 학생들이 탐구의 주체로서 자신의 관심 분야를 찾고 전문적으로 탐구와 연구의 경험을 가질 수 있도록 기회를 제공해 주는 것이 중요함을 강조하였다.

학생들은 교사가 알려주는 수업에 너무 익숙해져 있잖아요. 그래서 교수님과 하는 R & E 같은 경우에도 학생들은 교수님의 뜻에 의해서 할 수 있고, 선생님의 말을 항상 들으면서 수행하는 것에 익숙하기 때문에 학생 스스로 먼저 정해서 하는 것에 약간 익숙하지 않은 것 같아요. 그래서 안내된 탐구법을 먼저 해서 학생들이 익숙해지는 과정이 필요 한 것 같아요. 안내. 처음에는 안내에 대해서 학생들이 직접 한 다음 기존에 있던 연구를 재현하는 실험을 통해서 분석하는 방법도 익힌 다음에 2학기 때는 개방된 연구를 한번 활동으로 하거나 관심 분야에 대해서 해 볼 수 있도록 열어주고 그런 다음에는 학생들이 대학교랑 직접 연결해서 하는 이런 단계적인 시스템이 있다고 하면 학생들은 잘할 거예요. 저는 학생들이 생각지도 않게 잘하는 모습에 놀라는 점이 많거든요. (교사 B)

저는 연구할 때 애들한테 제일 먼저 무엇을 하냐면 사실은 우리가 논문이라고 하면 서론과 본론에는 무엇을 작성해야 하는지 연구 과정을 설계할 때는 무엇을 어떻게 해야 하는지 대회 양식을 보면 구체적으로 무엇을 작성해야 하는지를 모르고, 맞는 활동이 무엇인지를 잘 모르는 경우가 많아요. 그래서 어떤 연구 보고서를 쓰는 방법과 그 각 항에 어떤 내용을 포함해야 하는지에 대해 제가 설명을 제가 하기도 하고 예전에 저희 00고에서는 년초에 과학 프로그램을 하는 애들을 모아놓은 다음 수업을 했죠. (중략) 연구라는 것은 어떻게 하는 것인지를 학생들이 상대적으로 이렇게 뭐랄까 계획서를 써오고 보고서를 작성할 때는 우리가 일반적으로 얘기하는 틀에 잘 맞게 원하는 활동들을 직접 해 본 후에 가지고 오더라구요. 그래서 어떤 보고서 작성할 때는 처음 접하는 부분들은 예시를 활용하여 설명해주고 학생들을 지도할 때는 제가 예전에 지도하면서 잘 정리된 보고서를 예시로 보여줍니다. (교사 D)

특히, 교사 D는 학생들이 개방적 연구를 진행하기 위해서는 단계적인 전략의 도입이 필요함을 제시하였다. 실제로 연구에 익숙하고 많은 연구 경험을 제공하고 있는 학교의 학생들조차도 실제로 처음 개방적 탐구나 과제 연구 활동을 시작할 때 연구의 전반적인 과정이나 단계마다 해야 하는 활동에 익숙하지 않거나 잘 모르는 부분들이 많다는 사실을 발견하게 되었다. 이러한 점들을 개선하고 보완하기 위해서는 개방적 탐구를 지도하는 교사들이 개방적 탐구나 과제 연구를 처음에 시작할 때 연구의 구체적인 단계와 연구의 각 단계에서 학생들이 연구를 수행하기 위해서 무엇을 해야 하는지, 연구를 수행하는 과정에서 해야 할 역할에 대해서 안내하는 것이 필요하므로 학생들이 스스로 주도하는 탐구에 참여할 수 있도록 지도하는 것이 중요함을 의미한다. 이를 위해서는 개방적 탐구의 과정과 역할을 체계화하여 단계적으로 교육할 수 있는 시스템의 도입이 필요하다.

Exploration that Requires Proper Scaffolding to Help the Growth of Inquiry Functions and Solve Unfamiliar Situations

연구에 참여한 교사들은 자기 주도적 탐구나 과제 연구를 수행하는 과정에서 학생들이 과학적 탐구를 수행하는데 필요한 기능을 습득하게 하는 경험의 필요성을 제시하였다. 예를 들면, 연구를 수행하는 과정에서 첨단 기자재를 활용하거나 관련된 논문을 검색하고 조사해서 읽는 능력, 결과를 분석하고 해석하는 능력, 발표하는 방법과 태도 면에서 R & E 활동을 수행하는 과정에서 학생들에게 필요한 능력이라고 인식하였다. 교사 A와 교사 C는 개방적 탐구와 R & E 연구 과정에서 연구 수행을 위해 필요한 기능들이 학생들에게 매우 낯선 상황이기 때문에 연구를 수행하는 단계마다 교사의 적절한 개입과 안내의 중요성을 강조하였다. 이를 통해서 학생들이 연구 수행에 필요한 기능과 탐구 능력을 길러주기 위한 구체적인 방법의 제시가 필요함을 의미한다.

얻어가는 것은 스킬적인 면이 있구요. (중략) 스킬이기 때문에 한 두번 사용해 본 것을 토대로 나중에 잘 할 수는 없지만 학생들이 그것에 대해서는 내가 어느 정도 알고 있다라는 성장이 있다는 거죠. 기자재나 논문을 찾아 읽어본 경험들이 학생들의 성장의 예라고 볼 수 있어요. 다음에는 연구 내용을 분석하고 해석해서 결과를 내는 과정이죠. 학생들 스스로 생각할 때 탐구 주제가 될까? 하고 생각하거나 이러한 결과가 나올까? 라고 생각했는데 결과가 나왔을 경우를 통한 성취도가 이렇게 될 것이다라고 생각했는데 실패하는 경우도 굉장히 많거든요. 학생들이 과학과 마찬가지로 R & E 활동에서 교수님과 함께 하는 경우가 있는데 교수님과 하는 경우에는 스킬적인 것만 배워오는 경우가 많고 과학과는 학생 스스로 보완하는 경우도 많은데 일반고 학생들은 스스로 보완하는 부분까지는 도달하지 못하는 부분들이 있어요.(교사 A)

논문을 학생들에게 읽어보라고 했을 때 논문을 해석하는 능력 등이 그리 높지 않아요. 그러니까 학생들이 읽어 보았다고 끝나는 경우도 너무 많아서. 그런데 당연히 논문을 읽어보게 하고 검산 방법을 그대로 따라가 보게 한 다음에는 보통 논문이라고 하는 수준을 전람회 보고서를 작성하는 과정에서 학생들이 굉장히 많이 찾게 하거든요. 그러면 학생들은 자신들이 제시한 주제와 비슷한 주제를 찾아서 그 방법대로 작성해 보도록 하는 거예요. 그런데 이러한 방법이 학생들에게는 매우 낯선 방법이니까 교사의 안내가 들어가야 하거든요. 그래서 학생들이 낯선 것을 접했을 때 물어봤을 때 질문에 대한 답을 얘기해 줄 수 있다거나 아니면 학생들이 A라는 것을 하고 싶은데 이 방법이 무엇인지 봐도 모르는 경우가 많아요. 그런 부분에 대한 안내가 필요한 거예요.(교사 C)

이러한 견해는 실제로 자기 주도적 탐구나 과제 연구를 수행하는 학생들에게 탐구 수행에 대한 막연한 지시나 안내를 제공하는 것이 학생들의 탐구 역량을 신장시키거나 탐구의 본질을 추구하는데 있어서 어려움이 있음을 의미한다. 따라서, 자유 탐구나 과제 연구를 지도하는 교사들은 학생들이 개방적 탐구라는 낯선 상황에서도 어떠한 방법으로 탐구를 수행해야 하는지를 스스로 체득할 수 있는 탐구 단계별 전략의 제시가 필요하다.

Exploration that can Enhance Research Capabilities by Providing the Necessary Infrastructure for Research

본 연구에 참여한 교사들은 대부분 과학영재학교, 과학고등학교, 과학 중점학교에서 근무하였거나 현재 근무 중인 경우가 대부분이었다. 이들 중에는 일반고에서 자유 탐구나 과제 연구를 수행한 경험과 현재 근무하고 있는 과학영재학교, 과학고등학교, 과학 중점학교의 자기 주도적 탐구와 과제 연구 활동의 큰 차이점으로 연구를 할 수 있는 제반 환경과 실험기구 등을 포함한 연구할 수 있는 시스템의 구축이라고 인식하였다. 교사 B는 과제 연구를 통해서 과학적인 탐구 능력과 역량을 신장시킬 수 있고, 학생들이 과제 연구를 통해 자부심을 기를 수 있다는 점에서 의미가 있다고 인식하고 있었다. 이러한 긍정적인 변화를 가져오게 된 것은 학생들이 연구할 수 있는 과학 시설과 예산이 뒷받침되고 있기 때문이며, 이와 같은 인프라가 구축되는 것이 탐구 능력의 신장에 중요함을 강조하였다.

교사가 된 이후에 주로 했던 것은 문제 풀이 위주였는데 00 고등학교에서 개방형 탐구 활동 위주의 프로젝트 수업을 하면서 긍정적으로 생각하게 되었어요. 대학과 함께하는 같은 경우에는 학생들은 교수님과 개방형 프로젝트 활동에 참가한다는 것만으로도 굉장한 자부심을 갖고 있었고 과학 분야의 진로에 대한 뚜렷한 의지 같은 게 나타나더라고요. 그리고 과제 연구의 경우에도 제가 봤을 때는 지금은 운영 과정에서 여러 가지 시행착오가 있겠지만 학생들은 교사가 관찰한 입장에서 보면 학생들이 성장하는 모습이나 과학적인 탐구 능력, 역량 같은 것을 직접 관찰하기 굉장히 좋은 활동이 되더라고요. 그래서 학생이 과학적으로 어떤 역량을 갖고 있는지 이런 활동을 관찰하면서 굉장히 긍정적으로 받아들였어요. 주변에 이런 활동을 함께 하시는 전문가는 과학시설 그리고 인근에 대학교도 있고 과학 중점학교도 함께 있다 보니까 이 학교를 떠나면 굉장히 아쉬울 것 같아요. 이런 부분은 저번 학장. 환경적인 저번 학장이 있었으면 좋겠다는 생각을 하고 있습니다.(교사B)

교사 B의 입장에 대해서 교사 E도 동의하였는데, 교사 E는 일반고에서 자기 주도적 탐구나 과제 연구를 수행할 때의 심적 부담에 대해서 언급하였다. 교사 E가 갖게 된 심적 부담은 일반고와 영재 학교 및 과학고에서 자기 주도적 탐구와 과제 연구를 수행할 때 구비되어 인프라로부터 비롯되었다. 이를테면, 일반고의 경우에는 연구 활동을 지도할 때 ‘실험은 어디서 해야 할까?’, ‘실험은 어디에서 의뢰할 수 있는가?’, ‘어느 장소를 선택해야 하는가?’ 등에 대해서 고민을 해야 했고 학생들에게 연구의 경험을 갖게 하는 것에 심적인 부담을 가질 수밖에 없었다. 이와는 달리 영재 학교와 과학고등학교에서는 연구를 실행하기 위해 필요한 실험기구와 전문적인 기자재, 탐구할 수 있는 제반 시설, 탐구를 할 수 있는 공간이 잘 구축되어 있기 때문에 자기 주도적 탐구와 과제 연구를 지도하는 교사들이 조금은 안내된 탐구를 진행하면서도 학생들이 원하는 연구를 수행할 수 있도록 도울 수 있었다. 예를 들어, 초유 속에 포함되어 있는 단백질의 구성요소와 특징을 분석하는 과제를 수행할 때에도 전기영동 실험 장치를 통해서 단백질의 구조를 분석하는 방법을 교사가 안내하고 학생이 수행해 보았을 때 학생들에게서 이와 관련된 확장된 연구주제들을 제시하였고, 학교에 있는 기구를 활용하여 확장된 연구 결과를 산출해 내는 것을 볼 수 있었다.

우리 학교는 시스템적으로 되어 있어서 교사들의 연구지도가 그렇게 어렵진 않아요. (중략) 분야별로 실험기구를 구비 해야 하고 없는 기계들은 연구소, 의뢰 분석을 하면 되는데 시스템적으로 다 되어 있으니까 ‘아, 이것 의뢰 분석 좀 해달라고’ 하면 되는데 일반 학교에서는 그런 기회가 없으니까 ‘이거 어디서 의뢰를 해야 하는지’ 이것을 ‘이 실험을 어디에서 해야 하는지, 의뢰할 수 있는지, 내가 직접 해야 하는지.’ 이런 것들을 직접 알아보고 연락해야 하니까. 그런 부분들이 너무 힘들었죠. 근데 여기서는 시스템적으로 다 운영되고 있으니까. (중략) 단백질 전기영동을 애들한테 시키고 그럼 애들한테 이걸로 무슨 연구를 할 수 있는지 물어봐요. 시중에 나와 있는 우유나 아니면 초유, 분유도 뭐

이런 거에서 단백질 분석을 해서 과연 초유에 초유가 들었는지 이런 거 있잖아요. 다른 단백질이 들어있는지 분석하게 할 수 있잖아요. 이런 게 무슨 뭐 먹인 달걀은 뭐가 더 많더라 이런 거 있잖아요. 근데 이런 생각을 이 실험을 해봤다고 해서 다 생각되는 건 아닌데 학생들한테 이런 걸 할 수 있다고 예시를 주면 학생들이 연구할 수 있는 주제들을 무궁무진하게 쏟아내고 그래요. 그런 것들을 학생 스스로 하게 된다면 굉장히 좋지 않을까. 굉장히 안내되었지만 수행할 수 있고, 학교에 있는 기구를 사용해서 결과물을 만들어내는 과정은 조금 적은 부분은 있지만 개방된 탐구에 비해서 부족할 건 없다고 생각해요. (교사 E)

교사 C는 일반고에서도 학생들이 원하는 연구주제로 자기 주도적 탐구와 과제 연구를 수행하기 위해서는 실질적으로 연구를 수행할 수 있는 인프라 구축을 강조하였다. 이러한 인프라 구축이 잘 이루어진 상황에서 학교에서 보유하고 있는 전문적인 실험기구를 활용한 실험을 수행하고 전문적으로 연구를 수행할 수 있는 다양한 실험기구를 다룰 수 있는 사전 경험을 길러주는 것이 학생들의 탐구 역량을 신장시킬 수 있는 중요한 요인이라고 인식하였다.

일반계, 과학 중점학교도 아니고 일반계 고등학교인데 자율연구인 R & E가 잘 됐던 이유는 사실은 애들이 처음에 말 씀드렸다시피 연초부터 시작해서 어느 정도 되는 시점까지 하루에 4시간씩 학교에 보유하고 있는 전문적인 실험기구를 이용한 실험. 그것을 가지고 할 수 있는 실험들을 먼저 해봤어요. 그러니까 기기를 다룰 수 있고 도구를 다룰 수 있고 그걸 가지고 분석할 수가 있는 거예요. (교사 C)

이렇듯, 과제 연구와 자기 주도적 탐구에 있어서 제반 환경과 인프라 구축은 교사들의 안내된 탐구를 넘어서 학생들이 개방적 탐구 과정에 필요한 전문가적인 탐구를 수행하고 이를 통해 자신의 연구를 확장할 수 있는 중요한 경험이 될 수 있다.

Exploration that can Increase the Professionalism of Research through the Collaboration of Experts

본 연구의 참여 교사들은 학생들이 자유 탐구와 과제 연구를 수행할 때, 연구의 단계마다 해결되지 않는 문제가 발생하거나 학교 교육 내용의 수준에서 연구 결과를 해석하는 과정에서 어려움이 있는 경우, 지도 교사의 도움으로도 연구의 결과를 해석하거나 산출하는 과정에서 어려움이 있는 경우에 학생들이 스스로 해결하려는 노력이 필요할 뿐만 아니라 과제 연구를 수행하고 해결할 수 있는 자기 주도적 탐구의 단계마다 지도 교사나 전문가의 적절한 도움의 중요성을 강조하였다.

자율 탐구가 운영되면 언제든지 참여하려는 애들은 들어가서 수행할 수 있다든지 아니면 교사도 학생들이 ‘연구를 진행할 때의 어려움이나 문제를 해결할 수 있는 방법이 있나요?’라는 질문을 할 때 제가 전문가를 찾아야 하는 상황에 봉착하는 것이 힘든 건데. 예를 들어서 그런 학생이 있어서 누군가가 답을 올려줄 수 있으면 000 지식인처럼 하는 것과 마찬가지긴 한데 그러한 방법도 꽤 도움이 되거든요. (중략) 교사가 아니더라도 그런 창구가 있지 않으면 그 창구를 저 혼자 하니까 학교에서 만약 하라 하면 그게 힘든 부분이죠. 그나마 중간 평가할 때는 연구의 취지를 말해서 같이 도움을 주시니까 도움이 됩니다. (교사 A)

전문가들이 있기 때문에 이렇게 연구를 수행하는 방법이나 이런 기술적인 부분에 있어서 교사가 절대 수행할 수 없는 그런 것들을 이제 수행해주기도 하죠. 대학과 함께했던 연구의 경우는 제가 주도한 건 아니지만 제가 인솔만 했는데. 3년 동안을 운영했는데 첫해는 드론을 활용한 소양댐 면적 분석을 했고요. 수면 해수면 분포 면적 변화를 했고, 두 번째 해는 드론을 사용한 재선충 확인하는 것을 했구요. 작년에는 인공위성과 드론을 이용한 산사태 위험지역 조사하기를 주제로 진행했어요. (교사 B)

실제로 학생들이 자율 탐구를 수행함으로써 독립성, 창의성, 자율성을 기르기 위한 전략으로 인지적 도제 프로그램을 제안할 수 있다(Watters & Diezman, 2003). 이러한 프로그램을 진행하는 과정에서 교사가 제공하는 지속적인 안내와 지도(Coaching), 모델링 그리고 비계(Scaffolding) 설정은 학생들 스스로 자신의 영역에서 알게 된 지식과 스스로 반성적으로 사고하는 과정을 터득할 수 있게 도와줌으로써 독립적으로 탐구를 수행 할 수 있는 능력을 기를 수 있게 하는 좋은 전략이 될 수 있다.

Teachers' Teaching-learning Strategies to Support Students who can Solve Difficulties in Self-directed Inquiry Activities

본 연구에 참여한 교사들은 자기 주도적 탐구와 과제 연구를 수행하는 학생들을 지도하는 과정에서 몇 가지 어려움을 겪었다. 연구 참여자들이 겪은 어려움으로는 연구주제 선정, 팀 동료와의 갈등, 실험 설계에서 변인 통제와 반복 실험, 연구 결과 보고서 작성과 발표, 자기 주도적 탐구의 단계마다 제공해 주어야 하는 피드백 제시 등으로 인식하였다. 연구 참여 교사들은 자기 주도적 탐구 과정에서 발생하는 어려움을 바탕으로 그동안의 자유 탐구와 과제 연구의 경험을 토대로 생성한 자신만의 방법을 토대로 해결하고자 하였다. 이러한 경험을 토대로 자기 주도적 탐구를 지도 시에 학생들의 과학적 탐구 능력과 과학적 역량을 신장시킬 수 있는 교수 전략을 실행하고 있었다. 자기 주도적 탐구를 성공적으로 진행하기 위한 교수 전략으로는 ‘연구의 의미와 가치를 일깨워 주는 연구주제 선정’, ‘변인 통제와 반복 실험을 통해 연구(또는 탐구)의 과정을 체계적으로 학습’, ‘팀 구성에 있어서 학생들의 자율권을 보장과 동료 평가 시스템의 도입’, ‘연구 결과를 공유하고 피드백할 수 있는 교류의 장을 마련’ 측면의 교수 전략을 강조하였다.

Select a Research Topic that can Realize the Meaning and Value of Research and Sustain Interest and Interest

연구에 참여한 교사들은 학생들에게 자기 주도적 탐구 관련 활동 등을 할 때, 학생들이 주제를 정하고 탐구 과정에 대한 다양한 관심과 의견을 가질 수 있도록 지도하는 것이 중요하다고 생각하였다. 예를 들면, A 교사는 생물 교육 전공이므로 대부분의 과제 연구의 주제들이 대부분 생물 분야로 정해지는 경우가 많았다. 그래서 A 교사는 학생들이 생물 분야 이외에 물리, 화학, 지구과학 분야에서도 학생들이 관심 있고 연구하고 싶은 주제들을 찾을 수 있는 다양한 예시를 제공해 주고 이와 관련된 다양한 주제를 찾도록 적절한 방안을 안내하고 구체적으로 지도하는 것이 필요함을 강조하였다. 이를 위해서 A 교사는 학생들 스스로 자신의 관심과 흥미가 있는 주제를 찾도록 지속적인 질문을 하고 예시를 들어주면서 관심 분야에 대한 활동 보고서를 작성하도록 지도하였다.

학생들에게 저희가 과제 연구가 수업 시간에 있어서 진행할 때 학생들한테 주제를 전람회에서 했던 것들을 토대로 다른 주제를 선정해서 연구할 수 있는 예시를 자꾸 보여줘요.(중략) 예를 들어서 거미에 대해서 했을 때 거미 생태를 했다면, 여기서 너무 애가 뭐 A 거미에 대해서 했다. 그러면 제언에 분명히 그런 얘기가 쓰여 있거든요. ‘A 거미에 대해서 했지만 다른 거미의 이런 거에 대해서도 더 알아봤으면 좋겠다.’라는 제언도 있는 경우라면 그것을 끄집어내는 거죠.(중략) 만약에 연구주제가 바뀌게 되면 대상만 바뀌어도 논문이 됩니다. 내가 관심이 있다면 학생들은 A에 대해서 작성하지만 나는 B라는 환경이나 A 거미의 B라는 환경? 이런 식으로 약간 예시를 많이 들어주긴 하는데 무작정 들어 줘봤자 관심이 없을 수 있잖아요. 나는 물리에 관심이 있는데 생물 예시만 들어주고 있고 그래서 그 전에 애들하고 관심 분야나 연구주제에 대해서 의논을 하게 한 후에 관심 있는 분야를 활동 보고서를 받는다고 했잖아요. 학생들의 활동 보고서를 보면 학생들이 무엇에 관심이 있는지 분류가 되고 학생들이 관심을 갖는 주제를 하나씩 던져주는 거예요. ‘나 저기에 관심이 있었는데 선생님이 저 얘기하니까 우리 저거 해볼까?’ 그런 식으로 진행되는 거죠(교사A)

C 교사도 A 교사와 마찬가지로 자유 탐구와 과제 연구를 수행할 때 학생들의 관심 분야를 연구주제로 선정될 수 있도록 이끌어 주는 것이 매우 중요하다고 인식하였다. 이를 위해서 교사 C는 학생들의 관심 분야를 찾도록 지속적인 면담을 진행한 후, 관심 주제에 대한 연구계획서를 작성하게 함으로써 자신의 연구를 구체화 할 수 있는 계기를 마련하도록 하였다.

우선은 연구 주제가 필요하다고 하기보다는 관심이 있어요라고 얘기를 해요. 그러면 이것에 관심이 있고 그러면 무엇이 하고 싶은지를 물어보고 연구 계획이나 생각해 본 것들을 짧게라도 좀 갖고 오라고 해요. 보통 애들이 그런 것에 관심이 있어요라고 오는 때는 외부대회든 R & E 든 간에 공지를 띄운 경우에요. (중략) 주제는 그래도 어떻게 하면 또 잡아요. 이렇게 몇 번 아이디어 회의하고 애들이 생각하는 것들을 토대로 학생들이 실제로 원하는 것이 무엇이고 무엇을 어떻게 해 볼 것인지는 선행연구를 봐야 하니까, 왜냐하면 이미 우리가 막 생각하고 있는 게 되어 있으면 굳이 할 필요 없는 것이니까요. 그러면 이제 선행연구를 찾아오라고 하고 선행연구 분석에 대해서 학생들이 이렇게 되어 있다라고 얘기하면 그러면 거기에 우리가 생각하는 바를 어떻게 하면 좀 더 발전시킬 수 있을까? 아니면 이건 우리가 더 이상 손댈 수 없으니 아예 새로운 주제로 해보자라고 말해 줍니다.(교사 C)

자유 탐구에서의 가치 있는 문제의 발견은 학생들이 과학 연구의 본질을 이해하고 과학 전문가로서의 경험을 하는 데에 있어 매우 중요한 단계라고 볼 수 있다. 이를 위해서는 지도 교사는 학생들이 탐구 문제를 선정하는 단계에서 학생들의 문제 발견에 대한 체계적인 안내가 필요하다(Hermann & Miranda, 2010). 연구 결과에서도 볼 수 있듯이 학생들은 관심이 있는 주제가 있더라도 스스로 자료를 찾고 구성할 수 있는 능력이 부족한 실정이다. 따라서, 학생들의 막연한 아이디어를 구체화 시키고 이에 맞는 가설을 설정하여 체계적인 탐구로 거듭나기 위해서는 지도 교사의 적절한 도움이 필요함을 의미한다.

Instructing Students to Systematically Learn the Process of Research (or Inquiry) through Variable Control and Repeated Experiments

본 연구의 참여 교사들은 연구주제를 선정하는 단계가 중요한 만큼 자유 탐구와 과제 연구 활동에서 중요한 것은 연구 계획을 세우는 것이라고 강조하였다. 참여 교사들은 학생들과 실제 연구를 진행하는 과정에서 연구의 계획을 세울 때 변인을 통제하지 못한다는 점에 주목하였다. 실제로 학생들은 선정한 연구 문제에 대해 원하는 결과를 얻기 위해서는 변인 통제의 중요성을 파악하고 실행하는 것보다는 정확하지 않은 실험을 진행하거나 의미 없는 데이터를 분석하는 오류를 범하는 것이 자유 탐구를 수행하는 과정에서 간과 시되고 있음을 우려하고 있었다.

그런 다음에 실제로 이제 연구 계획. 학생들이 이렇게 연구 계획을 세워 오면 연구 방법을 그러면 이렇게 세워 오면 이것을 가지고 네가 원하는 결과를 무엇을 얻고자 하는데 이 실험을 이렇게 하느냐, 실험 그러니까 애들이 제일 잘못 하는 부분들이 변인에 대한 통제죠. 사실 그 부분은 이야기를 해줘야죠. 왜냐면 애들이 정확하지도 않은 실험을 자기네들이 생각하기에는 굉장히 잘하고 있다고 생각하면서 대충 작성하거나 실행하는 경우가 많아요. 그러면 아무 의도 없는 데이터를 무작위로 가지고 와요. 그런데 그럴 순 없잖아요. 그런 것들을 잘 맞춰야죠.(교사 C)

변인 통제를 하더라도 애들이 대조군 설정을 잘 못해요. (중략) 대조군이 없으면 우리는 실험 결과를 유의미하게 받아들이지 않잖아요? 대조군은 있으면 좋고 없으면 조금 부족하고 이런 정도로 학생들이 생각하는데 대조군이 없으면 연구가 가치 없다는 걸 학생들이 잘 인식 못하더라고요. 학생들이 과학책에 나오는 과학, 일반 생물 교과서나 과학 실험책에 나오는 실험 방법들이 문제화되면서 나오는 경우가 있잖아요? 그런 문제 상황들을 제시하고 대조군을 뺀

다음에 학생들에게 이 실험에서 잘못된 게 무엇인지 찾아보라고 하는 거죠. 혹은 이 실험의 결과를 내보게 만드는 거죠. 과학실험에서 학생들이 결론을 냈어요. 그럼 교사는 재질문을 하는 거죠. ‘아니 어떻게 이 실험 집단으로만 이런 결론을 내릴 수 있어? 뭔가 좀 비교 대상이 있어야 하지 않을까? 다시 한번 생각해 봐.’라고 말했을 때 좀 똑똑한 학생들은 ‘아 이런 집단이 필요하지 않을까요?’, ‘그래 그게 대조군이야.’ 이런 식의 방법을 생각해본 적이 있어요.(교사D)

교사 D의 경우에는 학생들이 변인 통제와 대조군 설정에 오류는 범하기 때문에 학생들은 원하는 연구 결과를 얻게 되고 이로 인해 연구의 결과를 유의미하게 받아들이지 못하게 됨을 우려하였다. 이러한 우려를 해결하기 위해서 교사 D는 학생들이 연구 계획을 세울 때 연구 방법에서 잘못된 점을 스스로 찾게 하는 질문을 여러 번 반복하면서 학생 스스로 연구계획서에서 변인 통제의 오류를 수정할 수 있도록 하는 전략을 활용한다. 그리고, 학생들이 잘못된 연구 결과를 분석하고 결론을 도출하는 경우에는 학생 스스로 잘못된 부분을 찾을 수 있도록 비판적인 사고 활동을 촉진함으로써 변인 통제 과정에서 대조군과 실험군 설정의 중요성을 인식하도록 하였다. 또한, 학생들이 직접 대조군과 실험군을 설정할 수 있도록 탐구 결과에 대해 재질문하는 전략을 반복적으로 실행하고 있었다.

실험 설계할 때 변인 통제를 잘못하거나 변인 통제 같은 활동과 변인 설정에 있어서 약간 서툰 부분들이 있구요. 그래서 저희가 피드백하고 주제 선정하는 활동까지 저희가 해요. 그런 다음 실험 설계할 변인들 같은 이런 유무에 영향을 주지 않을까? 이런 것들은 신경을 쓰지 않을까? 이러한 방법으로 지도를 많이 하고 있고요. 그런 다음에는 학생들은 한 번 결과가 나오는 경험을 하면 완성이이라고 생각하기 때문에 한 번 반복 실험하도록 하고, 다시 한번 오차 분석해서 유도하고 있습니다.(교사B)

교사 B와 교사 E는 학생들의 과제 연구 과정에서 변인 통제 과정을 진행해야 하고 학생들의 변인 통제 설계 과정에서 발생하는 오류를 해결하기 위해서는 반복 실험을 통해 탐구의 오차를 분석하도록 유도하는 것이 필요함을 강조하였다. 그리고, 탐구 결과에 있어서 원하는 결과가 나오지 않거나 의도하지 않은 결과가 나오는 원인을 학생 스스로 찾고 분석해보면서 해결방안을 찾도록 기회를 제공함으로써 학생들이 탐구 수행의 본질을 깨닫도록 탐구의 방향을 안내할 것을 제안하였다.

Ensuring Students' Autonomy and Introducing a Peer Evaluation System in Team Composition

연구에 참여한 교사들은 연구 과정을 학생들과 함께 진행하면서 가장 어려운 점은 연구를 수행하는 과정에서 같은 팀의 구성원들 사이에 갈등이 유발되는 경우로 인식하였다. 교사 A의 경우 과제 연구 시에 항상 그랬던 것은 아니지만 연구를 수행하는 과정에서 학생들 사이에 연락의 문제, 연구 수행할 때 참여의 문제, 연구를 위해 함께 의견을 나누는 날짜를 정하는 문제, 갈등으로 인해 팀이 해체되는 문제 등이 자유 탐구와 과제 연구를 수행할 때 쉽게 해결하기 어려운 문제라고 응답하였다.

문제는 애들이 만나는 데서 생겨요. (중략) 꼭 누구는 안 나온다는 거죠. 거의 안 나간 애는 연락을 제대로 못 받았는데요. 그러니까 자기는 그때 연락을 못 받았고, 애네들은 ‘아니다. 연락을 정확히 했는데 애만 빠졌다.’ 그런데 한 번 빠진 건 이해할 수 있는데 계속 빠지더라. (중략) 이런 식으로 하는데 ‘만나서 무엇을 해야 된다.’라는 생각을 하니까 부담이 크다는 생각에 구글 문서를 한 번 해보긴 했었거든요. 그래서 잘 쓰는 애들은 잘 쓰고, 그것도 일이라고 생각하는 애들도 있긴 해요. 구글 문서가 이러한 문제점은 해결할 수 있었는데 갈등은 잘 해결되지 않는 경우가 있습니다.(교사A)

교사 A는 팀 간에 발생한 갈등을 해결하기 위한 전략으로 오프라인의 모임을 강조하였던 것에서 벗어나 온라인 플랫폼을 활용하여 과제 연구 회의를 진행하고 이를 통해 학생들의 참여를 유도하면서 과제 연구에 참여하고 수행하고자 하는 동기를 유발하도록 하였다. 그리고, 학생들 사이의 활발한 상호작용을 위한 방안으로 온라인 단톡방과 공동으로 보고서 작업을 할 수 있는 문서를 활용하였다. 교사 A는 온라인 단톡방과 공동으로 작업하는 보고서 작업 활동에서 적절한 질문과 댓글을 작성하면서 피드백을 제시해 주는 과정을 반복하면서 학생들이 같은 팀원들 간의 함께 하는 작업의 중요성을 깨닫도록 하였다. 이를 통해 과학적인 연구의 산물이 개인의 작업으로 국한되는 것이 아니라 공통된 관심 주제로 연구하는 구성원의 노력과 협업을 통해 생성되는 새로운 산물임을 학생들이 인식하기를 기대하였다.

굉장히 애매한 게 전략이라고 해서 애들이 자주 만나는 것도 있으니까 만날 수 있도록 했을 때, 누구는 틀고 제일 큰 거는 여자애들은 그거거든요. 남자애들도 좀 그런 것 같긴 한데. 왜냐하면 ‘자기네들 시간 맞춰서 했는데 누구는 매번 빠져.’(중략) 과학과 같으면 기숙사 생활을 하니까 좀 더 뭉칠 수 있는 시간이 많거나 아니면 수업 시간 자체가 과제 연구할 수 있는 시간이 많은데 그런 시간이 적을 때는 온라인에서 만나는 방법을 활용하는데 단톡방을 열면 그때 들어 와야 하거든요. 그래서 구글 문서 같은 것을 쓰게 되는데 구글 문서는 각자 들어가서 ‘내 의견은 아래.’라고 작성 을 하면 다른 학생들이 몇 시에 들어와서 언제든지 그 밑에 댓글을 달 수 있어요.(교사A)

또한, 교사 D는 자유 팀구와 과제 연구 시 발생하는 같은 모둠 구성원들 사이의 갈등을 해소하기 방안으로 학생들이 자율적으로 자신이 원하는 구성원을 선택하도록 하였다. 예를 들면, 한 반에 전체 구성원을 해당 모둠으로 분류한 후, 각 모둠의 리더를 학생 스스로 선택하도록 하고, 각 모둠의 리더들이 자신의 모둠에서 연구를 함께 수행할 모둠원을 선택하거나 모둠원의 리더와 학생들 사이의 의사소통을 통해서 팀 전체를 구성하도록 하였다.

저도 그 부분에 대해 고민을 하고 있다가 작년에 우리 학교에서 진행했던 노하우를 갖고 있는 선생님의 방법을 지금 말씀드리는 건데 우선 모둠원이 한 반에 24명이고 만약에 3인 1조로 짠다고 그랬을 때 팀장하고 싶은 8명을 먼저 앞으로 나오라고 하는 거죠. 그리고 8명은 모둠원 1명을 데려갈 수 있는 권한을 주고 나머지는 권한을 받아서 그 팀에 들어가는 거예요. 저희는 사실 4인 1팀이었을 거예요. 예를 들어 조장이 6명 뽑히고 나머지 학생 중에서 1명씩 데려 가면 남는 친구들이 본인이 들어가고 싶은 모둠에 지원을 하면서 적절하게 안배가 되는 거죠. 그러니까 학생들이 일단 모둠을 짜는 것에 대해서 크게 불만은 없어지더라고요.(교사D)

교사 D는 팀을 결정하는 과정에서 학생들에게 온전히 자율권을 보장해 주었다. 반면, 학생들의 팀 결정의 자율권을 부여하는 대신 동료 평가 시스템을 도입하여 적용하고 있다. 이러한 시스템을 적용한 이유로는 학생들에게 팀 결정의 자율권을 부여한 결과, 대체적으로는 팀원들 간의 배려와 존중을 기반으로 하여 협업이 잘 이루어지는 경우가 많았다. 그러나, 성취도가 낮거나 과학에 흥미와 관심이 없는 리더가 팀을 이끌었을 때 과제 연구에 관심이 많거나 과학에 관심이 많으며 성취도가 높은 학생들 사이에 갈등 상황이 발생하여 연구의 성과에도 부정적인 영향을 주는 상황들이 발생하였기 때문이다.

모둠을 편성할 때 ‘평가는 공정하게 이루어져야 하며, 학생이 개입하면 안 된다’라고 생각하기 때문에 저는 연구과제는 아니었고 모둠별 3시간짜리 프로젝트였습니다. 포스터를 제작하거나 과학 수업을 제작하는 프로젝트를 할 때 모둠 편성을 했거든요. 여섯 모둠을 만드는 경우 학생들을 1등부터 24등까지 나열해놓고, 1등부터 6등까지는 1, 2, 3, 4, 5, 6조, 다음은 7등부터는 6, 5, 4, 3, 2, 1. 이런 식으로 해서 학생들의 개입 여지를 모두 차단하는 경우만 공평한 팀을

만들 수 있다고 생각했는데 문제가 있더라고요. 1번부터 6번까지는 조장 역할을 부여했는데 조장이 굉장히 리더십이 없는 학생이 있고 리더십을 가지고 있는 학생은 성적이 낮다는 이유로 리더를 하지 못하고 리더십이 없는 학생들은 성적이 높다는 이유로 리더를 하면서 어쩔 수 없이 리더를 맡게 되는 형국인데 리더와 갈등이 생겨서 리더가 교체되는 경우가 있는데 이러한 경우를 피하고자 하는 의도가 담고 있는 거죠. 평가는 학생들이 받아들이는 것이 중요한데 저의 경우는 골고루 분산 잘하는 애들이 분산되는 것과 그 안에서 내부적인 잡음이 없는 것이 보이지는 않지만 중요한 과정이라고 생각하기 때문에 모둠별로 활동하는 과정에서 갈등을 최소화하는 것은 연구를 좋은 방향으로 흘리가도록 하는 방법 같아요. 우선적으로 해결해야 하는 과제라고 생각해요.(교사D)

이러한 전략은 학생들의 모둠 선정에 대한 자율권을 부여함과 동시에 동료 평가라는 시스템을 도입함으로써 학생 스스로 연구 결과에 대해 평가할 수 있는 역할을 부여할 수 있다. 따라서, 학생들은 개인이 연구에 대한 책임감을 느끼며 주체적이고 적극적으로 연구에 참여할 수 있게 되고 학생들의 개별적인 연구 성과와 모둠별 연구 성과 모두 긍정적인 효과를 얻을 수 있다.

Provide a Forum for Sharing Research Results and Giving Feedback

연구 참여 교사들은 학생들이 자신의 연구 결과를 동료와 다른 사람들 앞에서 발표하고 공유할 때 이루어지는 피드백 과정의 중요성을 강조하였다. 학생들은 자신이 직접 계획하고 수행한 내용을 특정 대회에서 발표하고 그 내용을 다른 사람과 공유하는 경험을 통해 자신이 수행한 연구에 대한 책임감과 자신감을 얻을 수 있다고 인식하였다. 교사 B는 자유 팀구와 과제 연구의 매 단계 즉, 주제 선정, 연구 계획, 연구 결과 및 결론 단계마다 중간발표의 시간을 갖도록 하였고, 학생들이 중간발표에서 받은 피드백을 기반으로 수정하고 연구를 긍정적인 방향으로 변화시켜 나가기 위한 지속적인 노력이 필요함을 강조하였다. 특히, 과학교의 경우에는 중간 평가를 진행하게 되는데 피드백을 통한 연구의 발전보다는 연구 결과를 가시적으로 보이는 것에 중점을 두게 되면서 실제 팀구의 본질을 잊어버리는 경우들이 종종 발생하고 있음을 언급하였다. 이러한 우려를 보완하기 위해 실행하는 방안으로는 발표하는 팀의 연구 내용에 대해서 연구주제 선정, 연구 계획, 연구 수행 및 연구 발표의 과정에 대해서 학생들이 직접 평가하고 의견을 제시하도록 하였다. 그리고, 같은 팀별로 연구 회의를 주기적으로 진행하고 연구실행 단계마다 피드백을 제공하도록 하였다.

발표를 계속하게 해요. 1학년 프로젝트 마지막 자유주제 설계에서 발표하는 것을 보면 친구들이 계속 의견을 제시할 때는 상호작용이 되더라고요. 그러니까 효과를 보려고 저희도 평가하다 보니까 5분 정도 저희가 주제 선정 평가 그리고 중간발표를 넣거든요. 주제 발표 내용에 대해 학생들끼리 피드백을 토대로 수정을 한 후에 중간발표를 할 때는 실험 설계를 하거든요. 예비 실험 정도 했을 때 중간발표를 하는 과정에서 이것을 설정했는지, 이것을 맞추면 똑같이 했는지 그렇게 하면 이러한 결과가 나오는지, 측정을 이렇게 하면 이러한 결과가 나오는지 등의 질문을 하더라고요. 이를 통해서 최종 보고서 평가 단계에서 저희가 원한 효과는 학생들이 발표하고 피드백을 하면서 스스로 수정할 수 있는 것이죠.(교사B)

과학교 같은 경우는 제가 심사를 하기 위해 중간 평가를 한다고 해서 가보면 중간 평가 1주일 전부터 서둘러서 한 팀이 한 두달 동안 진행한 팀과 비슷한 결과를 가시적으로 내는 경우들이 있거든요. (중략) 연구에 대한 잘못된 생각을 심어주는 것을 방지하기 위해서는 중간중간에 어떤 끊임없는 점검이 저는 굉장히 중요하다고 생각을 합니다. 발표할 때 팀별로 각자 팀에 대해서 의견을 모두 적고 발표 끝난 다음에는 검토된 의견을 발표한 조가 의견을 모두 받아서 주제를 개선할 수 있도록 도움을 줍니다.(교사D)

교사 E는 정기적으로 콜로키움을 개최하여 자기 주도적 탐구에서 주제 선정, 연구 계획, 연구 방법 등의 단계를 거치면서 같은 팀과 다른 팀 구성원들과 각자의 연구에 대해 활발하게 의사소통과 피드백하는 과정의 중요성을 강조하였다. 이러한 과정을 토대로 학생들이 연구하는 과정과 연구 방법의 본질을 추구해가면서 연구의 질을 더욱더 풍성하게 만드는 것에 중점을 둘 수 있도록 방향을 제시하였다.

교사도 학생도 서로 서로. 그래서 이것을 왜 하는지 이 방법이 맞는지에 대한 심도 깊은 코멘트를 중심으로 진행합니다. 제가 아까 실험 수업에서 하는 주제가 굉장히 많이 있지만 분광 광도계를 사용하여 할 수 있는 실험들이 몇 가지 있잖아요. 이러한 활동의 경우는 학생들이 기본적으로 무엇을 하는지 알거든요. 학생들이 조금 주제만 바뀐 것이지 무엇을 하는지 아니면 코멘트를 굉장히 신랄하게 잘해요. 콜로퀴움에서 연구 계획에서는 무엇을 학생들에게 시키냐면 무엇을 연구하고 싶은지 다음에는 연구 방법이 어떻게 되는지 그리고 이 연구는 ‘누가 선행으로 어디까지 연구가 됐는데 나는 이런 걸 할 것이다.’ 이러한 가능성을 찾기 위해서 콜로퀴움이라고 저희는 부르는데 모든 것을 주제 별로 모아놓고 학생들끼리 모둠별로 교사가 모아놓고 진행하고 있어요.(교사 E)

즉, 학생들이 자유 탐구와 과제 연구의 수행 결과를 발표하고 공유하는 것은 학생들 스스로 연구 결과를 직접 발표해야 하는 부담감을 극복하고 탐구의 전 과정을 직접 체험해봄으로써 연구 수행에 대한 성취감을 느끼고 새로운 도전을 위한 동기를 함양하는 데 있어서 중요하다(Choi & Choi, 2012). 그러므로, 학생들은 자신의 성과를 발표하고 공유하고 피드백하는 활동을 통해서 스스로 생각하고 연구하려는 태도를 함양할 뿐만 아니라, 과학에 대한 애착과 과학을 좀 더 의미 있는 활동으로 접근하고 해석할 수 있다(Glawer-Zikude et al., 2003).

Discussion

본 연구는 학생들의 자기 주도적 탐구 과정에서 지도 교사가 갖는 자기 주도적 탐구에 대한 인식과 자기 주도적 탐구 활동을 지도하는 과정에서 부딪치는 어려움을 파악하고 이를 해결할 수 있는 교수 전략을 제시함으로써 중·고등학교에서 자기 주도적 탐구 지도를 위한 교사의 역할과 전문성 신장 방안을 제안하고자 한다.

자기 주도적 탐구는 학생들이 스스로 주제를 선정하고 계획을 수립하여 탐구를 수행하고 결과를 발표하는 일련의 과정들을 학생들이 주도하여 창의적으로 문제를 수행한다는 점에서 2007 개정 교육과정 이후 중요성이 강조되었으며 자유 탐구, 개방적 탐구, R & E 등을 통해 과학 교육 현장에 안착시키기 위한 지속적인 노력을 해 왔다. 그러나, 여전히 자기 주도적 탐구에 대한 이해가 명확하지 않으며, 기존의 교수학습 방법으로 접근하는 데에 있어서 어려움과 부담을 느끼고 있으므로 자기 주도적 탐구에 대한 교사의 전문성이 요구되고 있다(Kim et al., 2010). 이러한 맥락에서 볼 때 탐구 활동에 대한 교사들의 위치 짓기(positioning, positional identity)는 과학 교사들의 자기 주도적 탐구 지도과정에서 학생들이 탐구 수업을 설계하고 실행하는 과정에서 학생들이 지식을 어떻게 구성하고 어떠한 의미를 구성해 나가는가에 대한 학생들의 생각을 교사가 인식적으로 이해(epistemic understanding)하고 교사가 과학 탐구를 무엇이라고 생각하는지에 따라 학생들의 과학 탐구 기회를 제공할 수 있는 결정적인 역할을 하므로 이에 맞는 지도 전략을 제시하는 것이 필요하다. 이를 토대로 본 연구에 참여한 과학 교사들의 자기 주도적 탐구 활동에 대한 인식을 분석한 결과는 다음과 같다.

본 연구에 참여한 교사들은 현재 실행되고 있는 자기 주도적 탐구에 대해서 ‘연구에 익숙해지는 안내된 경험을 통해서 단계적으로 확장해 나가는 자율적 탐구’ ‘탐구기능의 성장을 돋고 낯선 상황을 해결할 수 있도록

적절한 개입이 필요한 탐구', '연구에 필요한 인프라가 갖추어져 연구 역량을 신장시킬 수 있는 탐구', '전문가의 협업을 통해 연구에 대한 전문성을 신장시킬 수 있는 탐구'로 인식하고 하였다. 우선, 본 연구에 참여한 교사들은 개방적이고 자율적인 탐구에 대한 이해가 부족한 학생들이 많으므로 개방적이고 자율적인 탐구를 잘 실행하기 위해서는 학생들이 연구에 익숙해지는 안내된 경험을 통해서 개방적이고 자율적인 탐구에 근접한 탐구를 단계별로 경험할 수 있도록 하는 탐구가 실행될 필요성에 대해서 인식하고 있었다. 이를 위해서는 연구에 참여한 교사들은 학생들이 개방적 탐구를 위한 전문적 역량을 기를 수 있도록 하기 위해서는 학생 스스로 과학적 탐구의 본질적 의미, 탐구 요소와 기능에 대해 충분한 이해를 하는 것이 중요함을 강조하였다. 이는 학생들이 개방적 탐구를 제대로 실행하기 위해서는 탐구의 단계별 논리적인 관계와 탐구 방법의 객관성과 논리성을 갖추어야 함을 의미하는 것이다. 따라서, 이를 위해서는 자기 주도적 탐구를 진행하기 전에 교사의 안내된 탐구와 개방된 탐구가 적절하게 연결된 탐구를 사전에 수행하고 탐구의 가설과 설계의 과정을 직접 경험하도록 함으로써 학생들이 주도적으로 주제 선정, 연구 방법, 결과 해석 등 탐구의 모든 단계를 스스로 실행해 나갈 수 있도록 하는 탐구를 수행해야 할 것이다.

둘째, 과학 교사들은 탐구기능의 성장을 돋고 새로운 문제나 그동안 접하지 못했던 상황이나 문제를 창의적으로 해결할 수 있도록 탐구의 단계마다 적절한 교사의 개입이 필요하다고 인식하고 있었다. 특히, 탐구 설계의 과정은 학생들이 매우 어려워하는 부분(Chinn & Brewer, 1993; Germann et al., 1996)이고, 타당한 탐구 설계가 이루어지기 위해서는 창의적인 탐구 설계 방법에 대해서 교사가 적절한 방법으로 세심하게 지도할 필요가 있다(Millar et al., 1998). 이와 더불어 학생들이 어떠한 탐구를 진행하든지, 어떠한 탐구의 구성 요소를 지도하든지 탐구의 매 단계에서 적절한 비계(scaffolding)를 제공해야 해야 할 필요가 있다(NRC, 2000). 그러므로, 자율적 학습자 모델(The autonomous learner model)과 같이 자기 주도적 탐구 수행을 통해 학생들이 탐구의 개념과 의미, 주도적으로 탐구를 진행할 수 있는 능력을 성장시킬 수 있는 교육 전략과 프로그램의 개발이 필요하다(Betts, 1985; Betts & Kercher, 1999).

셋째, 과학 교사들은 학생들이 자기 주도적이면서 개방적인 탐구가 잘 진행되기 위해서는 학생들이 연구를 수행할 수 있는 충분한 인프라를 갖추어야 하고 이러한 인프라를 활용하여 탐구를 진행해야 연구 역량을 신장시킬 수 있다고 인식하였다. 이러한 결과는 과학 영재 학생들이 자신의 관심 분야에 초점을 맞추어 자기 주도적 탐구 활동을 수행할 수 있는 환경 조성의 필요성에 대해서 언급한 점과 일치하였다. 이는 교사가 학생들에게 개방적 탐구가 가능한 교수학습 환경을 제공한다면, 개방적 탐구에 참여한 학생들은 자연 현상에 대해서 주장하고, 서로의 의견을 발전시키면서 탐구 실행에 있어서 행위 주체성을 발전시켜 나가게 될 것이다 (Stroupe, 2014). 그러므로, 자기 주도적이면서 개방적 탐구가 제대로 이루어지기 위해서는 탐구주제와 관련된 지식을 근거하여 필요한 실험기구를 활용하는 방법을 지도하고 학생들이 연구를 수행하는 과정에서 다양한 시행착오를 통해서 연구의 역량을 신장시킬 수 있는 연구 환경의 모색이 필요하다(Choe & Park, 2015).

넷째, 과학 교사들은 학생들이 과학 분야의 전문가와의 협업을 통해 전문성을 신장시킬 수 있는 탐구를 진행하는 것이 필요하다고 인식하고 있었다. 이는 학습에 대한 '참여(participation)'라는 측면에서 개방적 탐구를 진행할 때 전문가와 학생들의 협업은 동일한 관심사나 특정 문제에 대한 열정을 공유하고 지속적으로 상호작용하는 과정을 통해서 해당 분야에 대한 지식과 전문성을 키워나갈 수 있다(Wenger et al., 2002)는 것을 의미한다. 그러므로, 자기 주도적이면서 개방적인 탐구에 참여한 학생들은 전문가와 함께 하는 도제적 과학 연구 프로그램에 참여하여 탐구 과정을 경험하게 될 것이다. 이를 통해서 학생들은 구성원들과의 자발적 역할 분담, 논문 읽기,

연구의 실행, 엄격한 정량 측정, 다른 구성원들에 대한 배려 등 과학자 공동체 내에서의 규범을 형성하고 준수해 가면서 점차적으로 개방적 탐구 과정에서 주도적인 실행을 할 수 있게 될 것이다(Hunter et al., 2007).

이러한 실제 과학 교사들의 자기 주도적 탐구에 대한 인식은 자기 주도적 탐구를 실행하는 과정에서 겪게 되는 어려움과 연결되고, 이를 토대로 자기 주도적 탐구 지도를 위해 필요한 전략에 대하여 제안할 수 있었다. 본 연구에 참여한 과학 교사들이 자기 주도적 탐구를 위한 교수학습 전략을 실행할 때 중요하게 고려하는 점들을 분석한 결과, ‘연구의 의미와 가치를 일깨워 주는 연구주제를 선정’, ‘변인 통제와 반복 실험을 통해 연구(또는 탐구)의 과정을 체계적으로 학습하도록 지도’, ‘팀 구성에 있어서 학생들의 자율권을 보장과 동료 평가 시스템의 도입’, ‘결과를 공유하고 피드백을 할 수 있는 교류의 장을 마련’이 필요하다고 인식하였다. 우선, 본 연구에 참여한 교사들은 자기 주도적 탐구를 지도하는 과정에서 학생들이 가장 어려워하는 단계이면서 동시에 교사들이 지도하기에 어려움이 있는 단계로 연구 문제 선정에 대하여 언급하였다. 이러한 결과는 학생이 직접 탐구 문제를 발견하고 이를 해결하기 위한 연구를 설계하는 학습은 거의 이루어지고 있지 않다는 점(Park, 2005)과 개방적 탐구 활동에서 50% 이상의 학생이 스스로 탐구 문제를 도출하는 것을 어렵다고 인식하고 있다는 선행연구와도 일치한다(Yang, 2005). 이와 더불어, 탐구를 인간이 호기심을 갖게 된 현상에 대해 논리적인 설명을 찾기 위한 활동이라고 보았을 때(Novak, 1964), 탐구 활동에 있어서 이론적 설명과 관찰 및 실험 사이의 모순을 해결하고 진정한 탐구가 실행되기 위해서는 반드시 연구 문제(research question)가 필요하다(Hakkarainen & Sintonen, 2002). 따라서, 연구 문제나 탐구 문제 선정은 과학의 기본 요소임과 동시에 학생들의 탐구를 촉진하는 중요한 역할을 하므로(Chin & Brown, 2002), 개방적 탐구에 참여한 학생들이 자연현상의 의문을 갖고 적합하고 타당한 과정을 거쳐 탐구 및 연구 질문을 생성하는 방법이 강조될 필요가 있으며, 예측형 질문이나 이상 탐지형 질문을 생성함으로써 고차원적 사고 능력을 형성할 수 있도록 해야 할 것이다.

둘째, 본 연구에 참여한 교사들은 자기 주도적 탐구에 참여하는 학생들에게 변인 통제와 반복 실험을 통해 연구(또는 탐구)의 과정을 체계적으로 학습하도록 지도하는 것의 중요성을 강조하였다. 변인 통제는 가설을 검증하기 위해 통제된 실험 수행을 위한 독립 변인과 종속 변인의 관계를 파악할 수 있도록 지도해야 하며, 실험 설계 및 반복 실험은 계획된 실험 설계를 토대로 탐구를 수행하거나 관련 자료를 수집하는 단계로서 기초 탐구기능과 통합 탐구기능을 신장시킬 수 있도록 지도하는 것이 필요하다. 특히, 과학 전문가로서의 교사는 학생들이 과학 교사의 과학적 탐구에 대한 기초 기능 및 전문적 기능을 신장시킬 수 있도록 지속적인 지도(coaching)와 비계(scaffolding)를 설정할 수 있는 인지적 도제 프로그램(Watter & Diezman, 2003)을 활용한 구체적인 전략을 체계적으로 적용하는 것이 중요하다.

셋째, 본 연구에 참여한 교사들은 자기 주도적 탐구를 실행할 때에는 모둠 구성에 있어서 학생들의 자율성을 보장함과 동시에 자유 탐구가 실행되는 단계마다 동료 평가 시스템의 도입이 필요함을 강조하였다. 이러한 결과는 모둠 구성에 이어서 학생 주도적으로 팀을 구성했을 때 발생하는 부작용이 발생하기도 하고(Choe & Park, 2015) 지식을 구성하는 과정에서 행위 주체로서의 실행이 다른 공동체 구성원들에게 잘 받아들여지지 않거나 그렇지 못한 모습을 보이기도 하는(Varelas et al., 2015) 연구 결과들과 연계하여 생각해 볼 필요가 있다. 그러므로, 본 연구의 참여한 교사들은 개방적 탐구 과정에서 새로운 지식 구성 과정에 참여하는 행위의 주체로서 학생들 사이의 충돌을 조율하고 자연스럽게 합의를 도출할 수 있는 대안으로서 자기 주도적이면서 개방적 탐구에 참여하는 교사와 학생 사이의 규칙과 규범을 형성한 상태에서의 모둠 편성에 있어서 자율성을 보장하는 방안의 모색이 필요하다. 그리고, 탐구의 단계에서 동료 평가를 진행함으로써 학생들은 과

학적 지식 주장이 과학적 체계로서 인정받기까지의 과학적 의사소통 과정을 경험할 수 있도록 지원하는 것이 중요하다. 이를 통해 자기 주도적이고 개방적 탐구에 참여한 학생들이 자신의 새로운 공간을 창조하고 활동의 구조를 변화시켜가면서 새로운 자원을 활용하는 방법을 찾음으로써 공동체의 구성원으로서 지속적인 상호작용을 확인하고 피드백을 할 수 있는 동료 평가 시스템의 도입이 필요하다.

넷째, 본 연구에 참여한 교사들은 개방적 탐구가 잘 이루어지기 위해서는 연구 결과를 공유하고 서로의 결과에 대해서 피드백을 지속할 수 있는 교류의 장을 제공하는 것이 필요하다고 인식하였다. 실제로 학생들은 자신의 연구 결과를 다른 사람들에게 소개하고 발표하는 경험을 통해서 자신들의 수행 결과에 대한 타인의 의견을 들을 수 있을 뿐만 아니라, 자신의 연구 결과 발표를 토대로 자신이 습득한 지식과 기능을 명료화할 수 있으며, 성취감을 느낄 수 있게 된다(Choi & Mun, 2018). 이러한 연구 결과를 공유하고 피드백하는 과정은 학생들의 연구 결과를 수정하고 보완하는 기회를 제공할 뿐만 아니라 성공적인 연구의 결과를 얻을 수 있도록 이끌 수 있다. 따라서, 최근 진행되고 있는 STEAM R & E 와 같은 학생들의 연구 결과를 공유하는 노력을 지속적으로 유지하고 학생들의 지원 기회를 확대하는 것이 필요하다. 그리고, 과학 교육이나 과학 분야의 국내·외 학회에서 중등 학생들이 자신의 연구 결과를 발표하고 공유할 수 있는 세션을 마련하여 과학에 관심이 있고 우수한 학생들이 개방적 탐구와 과학 연구를 실행하는 과정에서 전문가의 피드백을 받으면서 자신의 연구를 발전시키는 기회를 제공할 필요가 있다.

마지막으로 자유 탐구 및 과학 연구를 지도하는 과학 교사들의 전문성 신장의 방안을 마련하고 이를 구체적으로 제공할 필요가 있다. 자기 주도적 탐구와 과학 연구 과정을 지도하는 과학 교사는 탐구의 본질과 의미, 자유 탐구와 과학 연구의 필요성, 과학 탐구를 설계하고 실행하는 전문적인 능력, 전문가와 협업을 통한 학생들의 성장을 매개하고 촉진하는 역할, 학생들의 연구 결과를 이해하고 충분한 피드백을 제공할 수 있는 능력 부분에서 전문성을 갖고 있어야 함을 알 수 있었다. 따라서, 자기 주도적 탐구와 개방적 탐구를 지도할 수 있는 과학 교사의 전문성 향상에 도움을 줄 수 있는 교사 연수를 제공하고 실제 과학 교사들이 과학자와 협력하여 과학 연구의 과정을 경험해 볼 수 있도록 하는 지원하는 방안을 모색할 필요가 있다. 그리고, 사범대학에서 자기 주도적 탐구와 관련된 교육과정을 운영함으로써 예비 교사들이 자기 주도적 탐구의 과정을 실제로 지도해 보는 경험을 제공하고 예비 교사들의 전문성을 신장시키는 방안을 제시할 필요가 있다.

Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2018S1A5A8027205)

References

- Arnold, J., & Clarke, D. J. (2014). What is 'agency'? Perspectives in science education research. International Journal of Science Education, 36, 735-754.
- Barton, A. C., & Tan, E. (2010). We be burnin'! Agency, identity, and science learning. The Journal of the Learning Sciences, 19, 187-229.
- Betts, G.T. (1985). The Autonomous Learner Model: For the Gifted and Talented. ALPS Publishing.
- Betts, G.T., & Kercher, J.K. (1999). The Autonomous Learner Model: Optimizing Ability. ALPS Publishing.

- Boeije, H. (2002). A purposeful approach to the constant comparative method in the analysis of qualitative interviews. *Quality and Quantity*, 36, 391-409.
- Brown, P. L., Abell, S. K., Demir, A., & Schmidt, F. J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science Education*, 90, 784-802.
- Chen, J. L., & Mensah, F. M. (2018). Teaching contexts that influence elementary preservice teachers' teacher and science teacher identity development. *Journal of Science Teacher Education*, 29, 420-439.
- Choe, H., & Park, K. (2015). The students' perceptions of "Research & Education" programs administered in the science specialized gifted high schools in Korea. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15, 409-431.
- Chinn, C. A., & Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-51.
- Chin, C., & Brown, D. E. (2002). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24, 521-549.
- Chin, C. A., & Malhotra, B. A. (2000). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86, 175-218.
- Choi, Y., & Choi, K. (2012). Science experience's type and meaning of korean middle school-science gifted students in parent, school, out-of-school institution. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32, 1580-1598.
- Choi, Y., & Mun, K. (2018). A phenomenological study on the experiences of international academic conference presentations of STEAM project results. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 18, 1053-1093.
- Damşa, C. I., Kirschner, P. A., Andriessen, J. E., Erkens, G., & Sins, P. H. (2010). Shared epistemic agency: An empirical study of an emergent construct. *The Journal of the Learning Sciences*, 19, 143-186.
- Dawson, V., & Carson, K. (2013). Science teachers' and senior secondary schools students' perceptions of earth and environmental science topics. *Australian Journal of Environmental Education*, 29, 202-220.
- Edmondson, A. C. (2011). Strategies for learning from failure. *Harvard business review*, 89, 48-55.
- Gazley, J. L., Remich, R., Naffiziger-Hirsch, M. E., Keller, J., Campbell, P. B., & McGee, R. (2014). Beyond preparation: Identity, cultural capital, and readiness for graduate school in the biomedical sciences. *Journal of Research in Science Teaching*, 51, 1021-1048.
- Germann, P. J., Aram, R., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 79-99.
- Glawer-Zikude, M., Marying, P., & Von Rhoeneck, C. (2003). An investigation of the influence of emotional factors on learning physics interaction. *International Journal of Science Education*, 25, 489-507.
- Goulart, M. I., & Roth, W. M. (2010). Engaging young children in collective curriculum design. *Cultural Studies of Science Education*, 5, 553-562.
- Hakkarainen, K., & Sintonen, M. (2002). The interrogative model of inquiry and computer-supported collaborative learning. *Science & Education*, 11, 25-43.
- Hermann, R. S., & Miranda, R. J. (2010). A template for open inquiry. *The Science Teacher*, 77, 26.
- Houseal, A. K., Abd-El-Khalick, F., & Destefano, L. (2014). Impact of a student-teacher-scientist partnership on students' and teachers' content knowledge, attitudes toward science, and pedagogical practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 51, 84-115.
- Hunter, A., Laursen, S. L., & Seymour, E. (2007). Becoming a scientist: The role of undergraduate research in students' cognitive, personal, and professional development. *Science Education*, 91, 36-74.

- Kang, S. J., Kim, H. J., Lee, G. J., Kwon, Y. S., Kim, M. H., Kim, Y. S., ... Ha, J. H. (2009). A study of scientifically gifted high school students' perceptions on the research and education program. *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 29, 626-638.
- Kang, E. J., Kim, S. J., & Park, J. W. (2009). Analysis of features related to authentic science inquiry appear in open-ended activities of the elementary science-gifted students. *Journal of Gifted/Talented Education*, 19, 647-667.
- Kim, G., & Ha, M. (2019). Exploring the difficulties of high school students in self-directed scientific inquiry. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39, 707-715.
- Kim, H., Yoon, H., Lee, K., & Cho, H. (2010). Secondary science teachers' perception of 'Free inquiry' of the 2007 revised science curriculum. *Secondary Educational Research*, 58, 213-235.
- Kirschner, P. A., 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 inquirybased teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75-86.
- Lee, H. W., & Shin, E. H. (2010). An analysis of the impact of independent research program on the educational experience of undergraduate students in science and engineering colleges. *Journal of Engineering Education Research*, 13, 87-98.
- Lee, M., & Kim, H. B. (2019). Key stages of a research and students' epistemic agency in a student-driven R&E. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39, 511-523.
- Millar, R., Le Maréchal, J-F., & Tiberghien, A., (1998). A Map of the Variety of Labwork. Working Paper 1 from the European Project Labwork in Science Education(Targeted SocioEconomic Research Programme, Project PL 95-2005).
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook. Sage.
- Ministry of Education. (1997). Elementary, Middle, High School Curriculm (The 7th Science Curriculm). Seoul, Ministry of Education.
- Ministry of Education. (2011). The 2009 Revised Curriculum (Notifcation No. 201-361 of the Ministry of Education). Seoul, Ministry of Education.
- Ministry of Education. (2015). Science Curriculum (Notification No. 2015-74 Supplement 9). Seoul, Ministry of Education.
- National Research Council. (2000). National Science Education Standards. Washington, DC; National Academy Press.
- Novak, A. (1964). Scientific inquiry. *Bio Science*, 14, 25-28.
- Park, J. S., Song, Y. W., & Kim, B. K. (2011). An analysis of open inquiry activities elementary school students want to conduct. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 31, 143-152.
- Park, J. (2005). Analysis of the characteristics and processes of the generation of scientific inquiry problems. *New Physics: Sae Mulli*, 50, 203-211.
- Reed, B. (2001). Epistemic agency and the intellectual virtues. *Southern Journal of Philosophy*, 39, 507-526.
- Roth, W. M. (1995). Authentic School Science. London: Kluwer Academic Publishers.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55, 68.
- Ryu, S. C., Yoon, J., & Lee, Y. O. (2014). A case study on curriculum management of science core high schools. *The Journal of LearnerCentered Curriculum and Instruction*, 14, 305-328.
- Sadler, T. D., Burgin, S., McKinney, L., & Ponjuan, L. (2010). Learning science through research apprenticeships: A critical review of the literature. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 235-256.

- Schoffstall, A. M., & Gaddis, B. A. (2007). Incorporating guided-inquiry learning into the organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84, 848.
- Schwartz, D., & Okita, S. (2004, March 18). The productive agency in learning by teaching. Retrieved from http://aaalab.stanford.edu/papers/Productive_Agency_in_Learning_by_Teaching.pdf
- Seymour, E., Hunter, A. B., Laursen, S. L., & Deantoni, T. (2004). Establishing the benefits of research experiences for undergraduates in the science: First findings from a three year study. *Science Education*, 88, 493-534.
- Sim, J. H., Shin, M. K., & Lee, S. K. (2010). Science teachers' perception on major features of the 2007 revised science curriculum for class implementation. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 30, 140-156.
- Stroupe, D. (2014). Examining classroom science practice communities: How teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Science Education*, 98, 487-516.
- Tan, E., & Barton, A. (2007). From peripheral to central, the story of Melanie's metamorphosis in an urban middle school science class. *Science Education*, 92, 567-590.
- Varelas, M., Tucker - Raymond, E., & Richards, K. (2015). A structure - agency perspective on young children's engagement in school science: Carlos's performance and narrative. *Journal of Research in Science Teaching*, 52, 516-529.
- Watters, J. J., & Diezmann, C. M. (2003). The gifted student in science: Fulfilling potential. *Australian Science Teachers Journal*, 49, 46-53.
- Wenger, E., McDermott, R. A., & Snyder, W. (2002). *Cultivating Communities of Practice: A Guide to Managing Knowledge*. Harvard Business Press.
- Witz, K. G. (2006). The participant as ally and essentialist portraiture. *Qualitative Inquiry*, 12, 246-268.
- Wormstead, S. J., Becker, M. L., & Congalton, R. G. (2002). Tools for successful student-teacher-scientist partnership. *Journal of Science Education and Technology*, 11, 277-284.
- Yang, H. (2005). A Case Analysis on Middle School Students' Process Skill and Conceptual Framework during 'Open Inquiry Planning' Activity(Unpublished Master's thesis). Seoul National University, Seoul, Republic of Korea.
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23, 383-399.

Authors Information

Choi, Yunhee: Ewha Womans University, Adjunct Professor, First Author

Ha, Minsu: Kangwon National University, Professor, Corresponding Author