

핵물리 연구 참여 경험이 예비 과학교사의 과학 탐구과정의 본성에 대한 인식과 진로탐색에 미치는 영향

이인선 · 최경희 · 한인식 · 김선화¹ · 이현주*

이화여자대학교 · ¹순천향대학교

The effect of pre-service science teachers' experiences in nuclear physics research on their understanding of scientific inquiry process and career planning

Lee, Insun · Choi, Kyunghee · Hahn, Insik · Kim, Seonhwa¹ · Lee, Hyunju

Ewha Womans University · ¹Soonchunhyang University

Abstract: This study aimed to investigate the effect of pre-service science teachers' experiences in nuclear physics research on their understanding of scientific inquiry process and career planning. The thirty-week URP (Undergraduate Research Participation) program was designed with the participation of six pre-service science teachers. Data sources included in-depth interviews with the individual teachers, group discussions, participant observations with field notes over the weeks, journals and lab logs, etc. Results indicated that the teachers perceived the complex and repetitive nature of the science research process, the importance of scientists' creativity and collaboration, etc. Their typical impressions of scientists has also more or less changed. In addition, the teachers had opportunities to confirm their aptitude in physics and to explore their career options in physics-related fields.

Key words: URP program, Nuclear physics, Pre-service science teacher, Nature of Science, Scientific inquiry, Career planning, Case study

I. 서 론

과학적 탐구는 자연 세계에 대해 질문을 던지고 그 현상에 관하여 탐색하는 일련의 과정으로 그동안 과학교육의 주요 목표로서 강조되어왔다. 우리나라 2007 개정 교육과정 과학과 목표에도 자연을 과학적으로 탐구하는 능력을 길러야 한다는 내용이 포함되어 있으며(교육인적자원부, 2007), 미국 국가과학교육기준(National Science Curriculum Standard)에서도 탐구로서의 과학을 중요 요소 중 하나로 제시하고 있다(NRC, 1996). 이러한 강조에도 불구하고, 실제 교육 현장에서는 과학적 탐구를 중시하는 수업이 그다지 많이 이루어지지 않고 있다. 여러 가지 요인 중 하나는 탐구중심의 과학수업을 계획하고 안내하며 학습을 촉진해야 할 과학교사들의 대부분이 과학자들이 수행하는 연구 과정에 대한 경험이 거의 없

어 탐구의 본질을 잘 이해하지 못하는데 있다(Gott & Duggan, 1995; Hodson, 1990).

교사가 지닌 지식과 신념은 그들이 지도하는 학생들에게 무엇을 어떻게 가르칠 것이냐 하는 교수 활동 전반에 큰 영향을 미친다. 즉, 교사의 탐구에 대한 이해와 경험은 그들의 과학 수업에서 탐구 수업을 진행하는 교수 방식에 영향을 줄 수 있으며, 그들의 실제 과학 연구 활동의 본성에 대한 이해 또한 그들이 과학 지식을 선택하고 전달하는 방식에 영향을 미칠 수 있다(Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Akerson, Abd-El-Khalick & Lederman, 2000). 따라서 과학 교사가 과학적 탐구 과정 및 과학의 본성에 대해 올바르게 이해하도록 돕는 교사교육의 필요성이 지속적으로 강조되고 있다(Schwartz, Lederman & Crawford, 2004).

이에 반해, 현재 운영되고 있는 과학교사 양성교육

*교신저자: 이현주(hlee25@ewha.ac.kr)

**2009.05.07(접수) 2009.08.13(심통과) 2009.08.14(최종통과)

***이 논문은 2008년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R0120070002107402008).

은 그들이 실제 과학적 탐구 경험을 할 수 있는 기회를 많이 제공하지 않는 편이다(양일호, 조현준, 한인경, 2006; German, Aram, & Burke, 1996). 예를 들어, 예비 과학교사를 위해서 학부과정에 일반 물리학 실험, 현대 물리 실험, 전자기학 실험 등의 교과목을 개설하고 있다. 또한 현직 교사를 위해서는 정기적인 실험 연수를 실시하고 있으나, 이러한 실험 연수에서 행해지는 실험들은 과학자들이 실제 수행하는 실험들과 많은 차이가 있다. 대부분의 실험이 주어진 교재에 맞추어 순서대로 따라하는 방식으로, 이미 밝혀진 과학이론에 대해 확인하기 위한 것들이다. 또한 대부분의 현직 교사 연수는 중고등학생의 교수학습에 필요한 내용을 다루고 있어 빠르게 발전하는 현대 과학을 충분히 반영하지 못하고 있다. 다시 말해서, 현재 수행되고 있는 과학교사 교육으로는 현 사회에서 진행되고 있는 과학적 탐구과정의 특성 및 본질, 과학 지식의 산출 과정 등에 대해 충분히 이해시키는데 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 교사교육의 한 방안으로 학부생(예비 과학교사)의 연구 참여(Undergraduate Research Participation) 프로그램 방법을 도입하여, 그들의 과학 및 과학적 탐구과정, 그리고 현대 과학이 지닌 특성에 대한 이해를 높이고자 하였다. 또한 예비 과학교사로서 URP 참여를 통해 자신의 미래 진로에 대해 탐색해 볼 수 있는 기회를 제공하고자 하였다. URP 프로그램은 인지적 도제(cognitive apprenticeship)를 바탕으로 한 것으로, 눈에 보이는 외형적 지식이나 기능의 전수를 도모했던 전통적 도제 방법과 달리, 과제 관련 지식 습득과 함께 창의적이고 반성적인 사고와 문제해결 등과 같은 고차원적인 인지 능력의 신장을 도모 할 수 있는 교수 방법이다(조미현과 이용학, 1994; 조영남, 1998; Clancy, 1992; Collins, Brown & Newman, 1989). 인지적 도제 이론은 인지가 사회적 및 맥락 의존적(situated)임을 전제로 하는 상황인지이론(situated cognition)에 기반을 둔다. 즉, 학습자가 어떤 상황에 참여하면서 자연스럽게 그 안에서 사용되는 용어를 배우며, 행동을 따라하며, 그 상황의 규범을 습득해 나가는 문화화(enculturation)의 과정을 거치게 되는데, 이것을 학습이라고 생각한다(Clancey, 1997; Kirshner & Whiteson, 1997; Lave & Wenger, 1991). 즉, 이에 기반이 되는 상황인지이론의 초점은 독립된 개인이

아니라 개인이 사회문화적 맥락 안에서 어떻게 행동을 해나가는가에 있다.

미국의 경우 학부생들을 위한 URP 프로그램이 다양한 방법으로 운영되고 있으며, 그 효과도 긍정적으로 보고되고 있다(Chopin, 2002; Crawford *et al.*, 1996; Lopatto, 2004; Kardash, 2000; Ryder & Leach, 1999). Chopin(2002)은 학생들이 URP 프로그램에 참여하면서 전문 지식 뿐만 아니라 학습에 대한 동기, 의사소통 기술, 문제 해결 능력 등에 있어 향상을 보인다고 하였으며, 과학자의 길로 진로를 결정하는 비율도 높아졌다고 보고하고 있다. 이와 유사하게 Crawford *et al.*(1996)은 학생들이 과학 연구를 직업으로 고려하고 있을 때 URP 프로그램이 그들의 진로 결정에 더 효과적이라고 주장하였다. 우리나라의 경우, 현재 일부 대학에서 자연대학이나 공과대학의 학생들을 대상으로 제한적으로 운영되고 있으나 그 효과에 대한 연구는 거의 없다. 더욱이 예비 과학교사를 위한 URP 프로그램 운영 사례나 예비 과학교사의 연구 참여 경험에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 이는 예비 교사의 경우 그들의 진로가 거의 과학교사이기 때문에 이들에게 과학 연구의 실재를 경험하게 해야 한다는 인식이 부족해서 일 수 있다. 그러나 과학자들이 의미하는 탐구에 대해 가르치기 위해서는 과학교사들도 과학적 연구 경험의 기간이 필요하다(Roth & McGinn, 1997; Melear *et al.*, 2000).

이에, 본 연구에서는 학부생이 핵물리 담당 교수의 연구에 참여하여 연구 경험을 하면서 핵물리 연구의 내용 및 탐구과정에 대해 학습하도록 프로그램을 구성하였다. 그리고 6명의 예비 과학교사가 핵물리를 주제로 한 URP 프로그램에 참여하여 어떠한 경험을 하였으며, 그 연구 참여 경험이 그들이 과학 탐구의 과정 및 과학지식의 산출과정, 과학자의 역할 등에 대한 인식에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 또한 이러한 경험이 이들의 진로 탐색과정에 미치는 영향에 대해서도 함께 탐색해 보았다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 핵물리를 주제로 한 URP 프로그램은 예비 과학교사들의 과학 및 과학 탐구과정, 과학자에 대한 인식에 어떠한 변화를 가져오는가?

둘째, URP 프로그램은 예비 과학교사들이 자신의 진로를 계획하는데 어떠한 영향을 미치는가?

II. 연구방법 및 절차

1. 연구 대상

본 연구는 서울 소재 대학의 과학교육과(물리전공)에 재학 중인 예비 교사 6명을 대상으로 실시하였다. 참여 학생들은 다음과 같은 과정을 통해 선정되었다. 우선, 3학년 전공 교과목에서 URP 프로그램에 대한 간단한 소개를 한 후, 이메일을 통하여 자발적으로 참여 신청을 하도록 하였다. 2주 후 신청학생들을 대상으로 URP 프로그램에 대한 소개, 연구 내용, 연구 기간 등에 대한 자세한 내용에 대한 오리엔테이션을 실시하였고, 이후 신청 학생들에게 다시 한 번 연구 참여 의사를 밝힐 수 있는 기회를 제공하였다. 이러한 과정을 거쳐 최종 3학년 학생 5명과 4학년 학생 1명이 본 연구에 참여하게 되었다.

본 URP 프로그램은 크게 각기 다른 주제를 가진 두 팀으로 운영되었고, 참여 학생들은 자신의 관심사에 따라 팀을 선정하였다(본 연구에서는 편의상 '원자력 병원팀'과 '양양팀'으로 칭함). 원자력 병원팀의 연구 주제는 양성자빔을 이용한 CsI와 Si 검출기 특성 연구를 통한 입자들의 파형 분석이며, 양양팀의 연구 주제는 HPGe(고순도 게르마늄) 검출기를 이용한 환경 방사성 동위원소의 측정이다. 각 팀에는 연구 참여 학생 이외에도 연구팀을 지도하는 교수 1명, 연구 참여 학생들과 함께 연구를 진행해 나가는 연구원 2명이 포함되었다. 연구원의 경우 대학원에서 핵물리 분야 연구로 석사학위를 받은 학생들이다. 연구팀 교수는 전체 연구를 이끌어가고 조율하며 학생들을 지도하는 역할로, 연구원들은 연구 주제에 따라 연구 참여 학생들과 학생들은 지도하며 함께 연구를 수행하는 역할로 연구에 참여하였다. 연구 결과에 제시된 참여 학생들의 이름은 실제 이름과 관련이 없으며 참여 팀을 명시하기 위해 마지막에 알파벳(W: 원자력 병원팀, Y: 양양팀)을 포함시켰다.

2. URP 프로그램 운영

URP 프로그램은 2008년 3월 중순부터 10월 말까지 총 30주 동안 진행되었다. URP 프로그램은 인지적 도제 모델에 기반을 두고 있기 때문에 그 특성을 반영하여 전문가의 시범 과정, 피드백과 도움 과정,

명료화와 반성의 과정의 요소를 포함한 프로그램을 구성 운영하였다. 전문가 시범은 교수나 연구원들이 새로운 실험 장비의 사용법에서 프로그램 사용법, 그리고 연구 과정에 필요한 연구 방법과 기술에 이르기까지 시범을 보이고, 참여 학생들은 전문가의 시범을 관찰하며 수행을 따라하는 과정(모델링)을 의미한다. 피드백과 도움은 참여 학생들의 실험 수행 과정을 지도교수나 연구원이 옆에서 관찰하면서 과정이 어렵거나 복잡한 경우 다시 시범을 보이거나 피드백을 주는 등의 구체적인 도움을 제공하는 과정을 의미한다. 그리고 명료화와 반성은 여러 차례의 랩미팅과 세미나, 학회 발표 등을 통해 자신이 학습한 지식과 수행한 연구 과제에 대해 명료하게 설명하는 과정을 거치게 됨을 의미한다.

즉, 30주 동안 참여 학생들은 연구원으로부터 실험 장비에 대한 기본적인 교육을 받음으로써 장비의 명칭이나 간단한 사용법, 주의해야 할 사항들을 익혔다. 매주 토요일 팀별로 모여 연구팀 교수의 지도하에 연구를 진행하였고, 대학원생들과 연구 과정에서 발생하는 여러 문제들에 대해 함께 해결해나갔다. 2~3주에 한 번씩은 전체 랩미팅을 통해 각 팀의 연구 진행 과정을 발표하고, 과정 및 결과를 점검하였다. 양양팀의 경우 시료의 방사성 동위원소의 양을 측정하는 HPGe 검출기가 양양에 위치하고 있어, 시료의 데이터를 측정하는 시기에는 금요일 저녁에 출발하여 토요일 저녁에 돌아오는 일정으로 참여하였다. 원자력 병원팀은 필요할 때마다 원자력연구원을 방문하였다. 최종적으로 연구 참여 학생들은 한국물리학회 학술대회에서 연구결과를 구두 발표로 발표하였다.

3. 자료 수집 및 분석

Yin(1994)은 사례에 대한 심층적인 이해를 위해서는 문서, 기록물, 면접, 참여관찰, 물리적 인공물 등 다양한 형태의 광범위한 자료를 수집해야 함을 강조하였다. 따라서 본 연구에서는 참여 학생들에 대한 심층적 이해를 위해 실험과정 및 토의과정의 참여 관찰 및 필드노트, 개별 심층 면담 및 그룹면담, 연구일지 등을 통해 자료를 수집하였다.

1) 참여관찰

참여관찰은 URP 프로그램이 진행되는 총 30주에

걸쳐 진행되었다. 본 연구자들은 가급적 두 팀의 연구 과정에 모두 참여하여 현장의 상황, 학생들의 활동, 사람들 사이의 관계, 분위기 등을 파악하고자 하였다. 참여관찰의 방법은 개방적인 관찰방법으로 특별한 연구 주제에 치우치지 않고 전체적인 연구의 분위기, 맥락을 파악하고자 하였다. 오랜 기간 연구가 진행되었기 때문에 그룹토의 및 주요 실험 활동 부분만 비디오 촬영이 이루어졌으며, 나머지 부분에 대해서는 필드 노트를 작성하였다.

2) 심층면담

연구를 진행하는 동안 참여 학생 개별 면담 각 4~6회, 팀별 그룹면담 2~4회, 전체 그룹 면담 2회를 진행하였다. 심층 개별 면담의 경우 반구조화 된 면담질문을 사용하였으며, 먼저 진행된 면담의 내용을 철저히 분석한 후 차후 면담을 진행하여 평균 4~5주에 한 번 정도씩 진행되었다. 면담 시간은 30분~90분 사이로 면담을 할 때는 연구 참여 학생들이 가급적 편안한 시간에 면담을 할 수 있도록 약속을 정하였으며, 면담 장소는 사람이 없는 연구실이나 강의실을 주로 이용하였다. 또한 가벼운 다과를 준비하여 부드럽고 편안한 가운데 면담이 진행될 수 있도록 하였다. 주요 면담질문은 1) URP 프로그램에 참여하게 된 동기, 2) 과학 및 과학자, 실험, 탐구 등에 대한 관점 및 관점의 변화, 3) 실험을 진행하면서 얻은 경험, 4) 프로그램 참여를 통한 진로에 대한 인식 변화 등을 포함하였다. 일부 문항은 Lederman *et al.*(2002)의 연구를 참고하여 추출되었다. 팀별 그룹 면담은 30~90분 정도로 진행되었으며 주로 실험과정 및 결과를 되짚어보면서 배운 점, 느낀 점, 개선할 점 등에 대해 이야기 하였다. 전체면담은 70분~80분 정도로 진행되었으며, 두 팀이 함께 모여 자신의 경험을 바탕으로 과학의 본성에 대한 논의를 진행하였다. 개별면담의 경우 모두 녹음되었으나, 팀별 및 전체 면담은 상황에 따라 일부 녹음되었으며, 나머지 부분의 내용은 자세히 기록하였다.

3) 연구일지

연구 참여 학생들은 URP 프로그램에 참여하는 동안 개별 연구일지를 작성하도록 하였다. 연구일지는 그날 연구 참여 과정 속에서 얻은 지식, 느낌이나 생각들을 위주로 일기를 쓰듯이 자유롭게 적도록 한 것

이다. 본 연구자들은 연구 참여 학생들이 항상 가지고 다닐 수 있도록 하기 위해 가볍고 크기가 작은 노트를 연구 참여자들에게 제공하였다.

4) 자료 분석

자료 수집과 분석은 질적 연구에서 계속적인 과정이며 동시에 일어나는 활동이다(Merriam, 1988). 이 과정에는 연구자들이 공동으로 참여하였다. 수집된 녹음 파일, 연구일지, 참여관찰 노트 등의 자료들은 모두 전사되었다. 연구자들은 녹음 파일을 여러 번 반복해서 들음으로써 최대한 인터뷰 내용을 정확히 파악하려고 노력하였다. 또한 메모 작업을 통해 전사과정에서 발견한 주제나 갑자기 떠오른 생각, 연구와 관련된 세부적인 내용들을 기록하였다. 이러한 자료들은 Charmaz(2000)가 제안한 1차 코딩과 2차 코딩을 거쳐 축소되었으며, 주제별로 묶어 범주화하고 정교화 하는 과정을 진행하여 과학의 정의, 과학 탐구 과정에 대한 인식, 과학자에 대한 인식 등의 주제를 확인하고 각각에 대한 세부 주제를 도출하였다.

5) 연구의 신뢰도

본 연구에서는 연구의 신뢰도를 확보하기 위해 참여 관찰 필드노트, 면담 녹음 자료, 연구일지 등 다양한 자료를 수집하였으며, 자료의 분석과 해석 과정을 질적 연구 경험이 많은 과학교육 전문가와 지속적으로 논의하며 진행하였다. 또한 자료 분석 과정에서 분석 내용의 검토 작업을 위해 참여 학생들과의 면담을 별도로 진행하였으며 그에 대한 피드백을 받아 다시 반영하였다(Lincoln & Guba, 1985).

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 과학지식 및 과학 탐구 과정에 대한 인식 변화

URP 프로그램에 참여하기 전, 참여 학생들은 과학을 “인간에게 어떻게 편리하게 쓰일 수 있을까를 연구하는 학문”, “자연 그 자체에 대해 공부를 하고 그것이 인간에게 어떻게 편리하게 쓰일 수 있을까를 연구하는 학문”등 인간 생활과 연관 지어 포괄적으로 이해하는 경향을 보였다. 참여 학생들의 이러한 응답은 과학에 대한 일반인들의 관점과 매우 유사하다. 일반인들은 과학을 과학만이 지니고 있는 탐구과정으로서

인식하기보다 ‘어디에나 있는 것’, ‘생활에 적용되는 것’ 등 그 결과물에 초점을 두며, 생활 속에 편재되어 있는 하나의 이미지로서 막연하게 인식하는 경향이 있다(Driver *et al.*, 1996).

그러나 URP 프로그램이 진행되면서 참여 학생들은 과학 및 과학지식, 과학적 탐구과정의 본성에 있어 크게 세 가지 측면을 점점 구체적으로 고려하기 시작하는 경향을 보였다. 첫째, 참여 학생들은 과학이론이 생성되기까지의 과정에서 드러나는 특성들에 대해 인식하기 시작하였다. 우선, 하나의 이론이 제시되기 위해서는 수많은 세부 연구들이 진행되어야 하며, 그 세부 연구 하나하나도 지속적인 반복의 과정을 거치기 때문에 많은 시간과 인내를 요구함을 이해하게 되었다.

[과학지식은] 제가 생각하는 것처럼 그렇게 똑똑똑 나오는 게 아니라 정말 몇 대에 걸쳐서 하나가 완성되고, 그 중간 중간에 했던 실험들이 무의미한 건 아니고 뒤에 사람들이 그 앞에 것을 공부를 함으로서 시간을 많이 단축을 할 수 있는 거잖아요. 그런 식으로 이렇게 과학자들도 (...) 다른 것을 발견하는데 도움을 주고 그렇게 하는 게 과학자의 일인 것 같아요. 다들 길게 보고, 당장에 눈앞에 보이는 그런 결과물은 없지만 그거를 가기 위해서 뭔가 열심히 하고 있고 시행착오도 많이 겪고. <김수W>

제가 생각하는 과학자들은 계속해서 뭔가를 적고 뭔가를 하고 그런(빠르게 진행되는) 건데 실제로 참여하는 연구를 보면 (아닌 것 같아요). 저는 단기간의 연구를 상상했던 것 같아요. <최지Y>

우리가 하는 실험이 2002년도에 했던 실험을 반복하는 거라 하시더라고요. 어떻게 변화를 했는가? 얼마나 검출될 것인가? 그런 것을 검사한다는데, 솔직히 (...) 제가 생각했던 거랑 달라요. 반복을 왜하지? 왜 했던 걸 또 왜해? 우선은 새로운 것을 할 줄 알았는데 (...) 새로운 이론이 나올 것 같았는데 (실제는 그렇지 않았어요). <함소Y>

참여 학생들은 주로 전공 서적을 중심으로 물리학 이론을 접해왔기 때문에 과학지식이 생성되는 과정에 대한 이해가 부족한 것이 사실이다. 특히, 전공 서적

에 포함되어져 있는 과학지식들은 현대 사회의 과학자들 간에 합의된 주요 이론들로 그 결과만 제시하기 때문에, 그 이론이 등장하기까지의 진행되어온 수많은 연구 및 실험 수행 과정에 대해서는 기술하고 있지 않다. 참여 학생들은 실제로 연구를 수행해보면서, 자신들이 수행하는 연구 과정이 전공서적에 나오는 하나의 과학이론에 비하면 매우 작은 일부라는 것, 그리고 연구 성과가 그리 크지 않은 연구라 할지라도 그러한 연구들이 다음 연구들에 밑거름이 되며 그러한 과정을 거쳐 발전하여 과학지식이 생성될 수 있다는 것을 인식하게 되었다. 또한 날마다 새로운 과학기술이 빠르게 창출되는 현대 사회의 속도감에 비해, 실제로 수행하는 과학 연구는 시간과 인내를 요구하는 다소 기계적이며 반복적인 요소를 포함하고 있음을 알게 되었다.

둘째, 과학에서 창의성은 연구를 계획하거나 결론을 이끌어낼 때만 필요한 것이라고 생각했던 참여 학생들은 URP 프로그램을 진행하면서 아주 간단한 연구의 과정부터 복잡한 과정에 이르기까지 연구의 전 과정에 걸쳐 창의성이 필요한 요소임을 이해하였다.

[연구원]언니들이 시키는 것을 따라하는 거니까 창의적인 부분이 별로 필요 없다고 생각했어요. 그런데 와서 해보니까 우리끼리 토론해서 생각해야 될 것도 많고, 또 그렇게 하다 보니 ‘어쩌면 우리처럼 실험을 배워가면서 하는 사람 말고 실험을 설계하는 사람들은 더 많이 창의적인 능력이 필요 하겠다’ 그런 생각이 들었어요. (...) 교수님이 말씀하셨던 dark matter 그런 것만 해도 전혀 알려지지 않은 거잖아요. (...) 그런 걸 알아내기 위해서 사람들이 아 이걸 알아내려면 무슨 기계를 써야 되고 그런 걸 생각하잖아요. 그런 면에서 되게 많이 필요할 것 같아요. 처음에는 별로 필요 없다고 생각했어요. 그냥 막연하게 사람들이 필요하다고 하니까 필요하겠거니 했는데 해보니까 되게 많이 필요한 것 같아요. <성지W>

오늘 같은 경우에는 저희가 소스를 붙이는 프레임도 만들었어요. 진공 챔버 네모난 판에 고정을 시켜서 하는 건데, 너트가 있어야 되는 거예요. 근데 너트가 없고 볼트만 있어서 애네를 끼면 자꾸 빠지는 거예요. (...) ‘아, 어떻게 하지? 어떻게 하지?’ 했는데,

제가 정말 아무 생각 없이 구멍이 두 개 뚫려 있어서 하나는 이쪽으로 하고 하나는 이쪽으로 하고 반대로 했더니만 그게 고정이가 딱 되는 거예요. 그런 것 같은 경우에는 별 생각 없이 '이쪽으로 끼면 어떨까요?' 이야기했는데 딱 고정이 된 거잖아요. 그런 거는 진짜 너트가 없이도 고정이 되는 방법 같은 거는 약간의 창의성이 발휘가 되지 않았나 생각돼요. 뭘 할 때도 매 순간 이렇게 하면 더 낫지 않을까 그런 걸 찾아 가는 과정이라는 생각이 들어요. <김수W>

참여 교사를 비롯한 일반인들은 과학에서 창의성이 매우 중요한 요소라고 막연히 인식하지만, 그들의 생각하는 창의성은 새로운 이론 창출, 독특한 아이디어의 산출 등과 같이 일반인들의 능력으로는 할 수 없고 뛰어난 과학자들만이 갖고 있는 능력이라고 생각하는 경향이 있다. 그러나 위의 성지W, 김수W 학생의 응답이 보여주는 바와 같이 참여 학생들은 실제 체험에 의해 창의성이 과학적 탐구과정의 작은 단계마다에도 포함될 수 있으며, 과학연구를 수행하는데 매우 중요한 요소임을 인식하게 되었다. 또한 과학자뿐만 아니라 자신들의 작은 창의성도 연구에 소중한 역할을 할 수 있음을 깨닫게 되었다.

셋째, 대부분의 과학 연구는 혼자서 수행하는 독립된 활동으로 여겼던 참여 학생들의 초기 인식은 랩미팅, 팀별 회의 등에 참여하면서 각 팀원들이 갖는 책임감과 공동의 과정이 매우 중요함을 인식하게 되었다.

혼자 하는 실험이 아니라는 생각을 했어요. 논문 쓰면 원래 혼자 하잖아요. 혼자 논문 쓰잖아요. (하지만) 그걸 쓰기 위해서 되게 많은 사람들이 도와줘야 되고 많은 사람들 머리가 필요하구나, 그런 생각을 했어요. <성지W>

[연구는] 혼자 하는 거라고 생각을 했었거든요. 근데 일부는 그럴 수도 있을 것 같기는 한데 그래도 여럿이 머리를 써야 좋은 연구가 될 수 있을 것 같아요. 그래야 큰 연구를 하잖아요. 그러면 각자 자기가 맡은 분야가 필요할 것 같구... 거기에 좀 책임감을 가지고 하는 게 좋을 것 같아요. 책임감이 무엇보다도 중요한 것 같아요. <이영Y>

여러 사람이 모여 의견을 교환하니 점점 더 좋은 결과물이 나왔다. 학기 중에는 혼자 공부하는 과목이 많고, 교육학이나 실험에서 팀플이 있긴 하지만 모두가 다 적극적으로 참여하는 게 아니어서 더 힘들었는데 여기서는 모든 사람들이 관심을 가지고 더 나은 디자인을 생각해내려고 노력해서 서로 의견을 나누는 과정이 즐거웠다. <박희W, 연구일지, 2008. 7. 16.>

위의 응답들이 보여주는 바와 같이, 참여 학생들은 과학 연구를 직접 수행해 보는 과정 속에서 공동 연구의 필요성과 연구자간의 의사소통의 중요성을 인식하게 되었다. 좀 더 구체적으로, 학생들은 과학이 그 본성 상 매우 복잡하고 여러 변인들이 얽혀져 있으며, 특히 현대 과학의 경우 그 규모도 매우 크기 때문에 과학자 혼자 독립적으로 연구를 수행할 수 없다고 생각한다. 또한 아이디어를 산출하거나 결론을 도출하는 과정에서도 과학자간의 의사소통이 더 좋은 아이디어를 산출하는데 기여할 수 있음을 인식하게 되었다.

2. 과학자에 대한 인식 변화

URP 프로그램에 참여한 학생들은 일반인과 마찬가지로 과학자에 대한 정형화된 이미지를 갖고 있었다. 다음의 응답들은 이를 보여준다.

아무래도 과학자하면 어두운 실험실에 있는 그런 사람이 떠오르죠. 혼자 공부하고, 보통 다들 물어보면 그렇게 얘기해요. 과학자하면 혼자 책 읽고 있고 혼자 계속 생각하고 있고 그런 느낌이 강하고요. 두 가지 느낌이 있는데요. 진짜 공부가 너무 좋아서 계속 하시는 분들 있잖아요. 그런 느낌도 과학자의 느낌 이구요. 또 가끔 과학자 중에서는 그런 분들도 있잖아요. 과학자인지 기술자인지, 과학을 위한 과학이 아니라 기술을 위해 과학을 하시는 분들 있잖아요. 뭘 개발하려고 하시는 분들 두 가지 이미지예요. (...) (제 생각에는)이론으로 하시는 분들이 좀 더 과학자에 가까운 것 같아요. 뭔가 고독하게 공부하고 생각하고 사람들과 만나서 막 얘기하고. <최지Y>

과학자는 뭔가 새로운 것을 만드는 사람이겠죠? 그

것을 응용하는 사람들도 있겠지만 우선 과학자들은 처음에 새로운 이론이나 혹은 여기 같으면 [이 실험 실이라면] 입자(물리학) 같은 거, 일단은 그것을 순수하게 공부하는 그런 사람들이라고 생각하죠. (...) 실험하는 사람이랑 이론하는 사람이 따로 있잖아요. 이론하는 사람은 웬지 책에 파묻혀 가지고 뭔가를 쓰고 있을 것 같고 실험하는 사람들은 그냥 흰색 가운 입고. <박희W>

최지Y, 박희W의 응답이 보여주는 바와 같이, 참여 학생들이 갖고 있는 과학자들의 정형화된 이미지는 어두운 실험실, 플라스크나 비커 등의 실험 기구, 실험복을 입은, 둥그란 안경을 끼고 무언가 골똘히 혼자만 생각하는, 헝클어진 머리 등으로 형상화될 수 있다. 또한 참여 학생들은 이론을 연구하는 과학자와 실험을 하는 과학자를 분리시켜 설명하는 경향을 보였으며, 이들의 이미지는 현대 사회의 과학자의 이미지와는 매우 다르다. 이것은 참여 학생들이 과학자들을 책이나 만화 등을 통해 접해왔으며, 실제로 만나 상호 교류 할 기회는 거의 없었기 때문일 수 있다.

URP 프로그램 참여를 통하여 학생들이 여러 과학자들을 실제로 만나고 같이 연구를 수행하는 경험을 갖게 되면서 참여 학생들이 갖고 있던 인식에 다소 변화를 보였으나 그들의 정형화된 과학자의 이미지는 쉽게 변화되지 않았다.

그건(과학자 이미지는) 안변한 것 같아요. 그냥 ○○ 교수님처럼 말끔하고 그런 과학자도 많이 봤잖아요. 그런 과학자도 있구나, 그렇게 깔끔한 과학자도 있구나, 그런 생각이 들기는 하는데요. 막상 과학자의 모습을 상상해보라고 하면, 또 예전에 생각했던 그런 게 생각나요. <성지W>

솔직히 말해서 ○○○교수님이 과학자 같지는 않아요. 그런 느낌이 안 들어요. 과학자시잖아요. 그런데 아직까지 과학자는 진짜 막 가운입고 그렇게 어렸을 때부터 막 책에서 봐오던 아인슈타인같이 그런 사람이 과학자로 느껴지고, 지금 이렇게 제가 만나고 있는 사람들은 과학자 안 같아요. <함소Y>

전통적으로 과학자는 일반인들과는 달리 전문적 지식과 탁월한 연구 능력이 있고, 끊임없이 과학지식을

갈망하며 자연과 생명을 탐구하는 논리적인 사람으로 그려진다(Barben, 1994). 그러나 현대 사회에서 과학자는 전형적인 과학자의 상과 함께 사회의 구성원으로(Resnik, 1998), 또는 일반인과 다름없는 직업인으로서 받아들여지기도 한다. 즉, 과학자는 연구소나 학회와 같은 과학사회의 일원으로서 사회적 역할을 수행하기도 하고, 교수로서 학생들을 지도하고, 연구자로서 연구비를 수주하고, 과학과 관련된 문제들에 관하여 자문하기도 한다. 참여 학생들은 본 URP 프로그램을 통해 이와 같은 과학자의 역할에 대해 인식하는 기회를 가졌으나, 그것이 그들의 정형화된 이미지의 변화를 주지는 못한 것으로 보인다.

3. URP 프로그램 참여 경험과 진로에 대한 인식

참여 학생들은 URP 프로그램을 통해 실제 과학 연구 활동에 대해 좀 더 이해하게 되었을 뿐만 아니라 물리학에 대한 자신의 적성을 확인하고 진로를 탐색하는 기회를 갖게 되었다. 연구 참여 전, 학생들은 자신의 진로에 대해 확정적으로 계획하고 있지 않은 상태였다. 이들은 물리 교사가 되기 위한 임용고사 준비, 물리학과 또는 과학교육과 대학원 진학, 부전공 등 선택할 수 있는 여러 가능성들에 대해 막연히 고민하고 있었다. 이러한 상태에 놓여 있는 학생들에게 URP 프로그램은 다소 두렵게 느껴지기도 했으나 그들이 갖고 있는 물리학 실험 연구에 대한 호기심을 해결하고 물리학 관련 진로(물리학과 대학원 진학 등)에 대해 탐색해 볼 수 있는 기회로서 다가왔다. 또한 그들은 자신들이 과학교사가 되더라도 이 연구 참여 경험이 도움이 될 것이라는 기대감을 갖고 시작했다.

교수님께서 딱 그 얘기[URP 프로그램에 대해 말씀] 하시니까 '어, 한번 해 보고 싶다' 뭐 내가 대학원을 가든 아니면 교사를 하든, 한번 해보고 싶은 그런 거. (...) 요즘 임용이 되기 힘들잖아요. 이럴 경우에 이런 길도 있고, 이런 길도 있다는 거를 조금 봐두는 걸로 생각을 했어요. <김수W>

저걸 내가 할 수 있나? 약간 무서운 느낌? 나는 저런 거 못할 것 같은데. (...) 진짜 실험실 연구 같은 거는요, 저희가 평소에 배우는 거랑은 너무 다르기 때문에 내가 이거를 예를 들어 광전효과를 알고 있

다고 해도 그걸 내가 실험으로 할 수 있을까? 이런 생각 밖에 안 드는 거예요. <최지Y>

위의 응답과 같이, 김수W는 교사가 되기 위해 과학 교육과에 입학했고 물리학에 많은 관심이 있었다. 따라서 그는 URP 프로그램을 물리학 관련 진로에 대해 탐색할 수 있는 좋은 기회로 여겼다. 최지Y는 주변의 공대에 다니는 친구들을 통해 실험실이나 연구실에 대한 이야기를 들으면서 물리학에 대한 호기심을 가져왔다. 그러나 최지Y는 실제로 물리 연구를 수행한다는 데 두려움이 많았고, 이에 대한 자신감을 얻고자 URP 프로그램에 참여하였다.

URP 프로그램 참여 후, 참여 학생들은 어렵게만 여겨졌던 물리학에 대해 흥미를 느끼고 자신감을 갖게 되었다고 응답하였다. 이는 간단한 핵물리 실험을 수행하면서 이론으로만 배우던 내용과 연결 지어 보고, 세미나 및 학회 발표 등을 통해 성취감과 지적 만족감을 얻었기 때문으로 추측된다.

(프로그램에 참여하면서) 물리에 흥미를 가지게 되었어요. 저는 과를 바꿀까도 생각을 해보고 그랬었는데, (지금은) 노력하면 된다[물리학도 할 수 있겠다]는 생각이 들었거든요. (처음에는) ‘아, 이거(물리학) 어려워서 어떻게 해?’ 그랬었는데, 정말 하나도 모르던 반도체 같은 거요. 그런 거 혼자 공부하면서 조금씩 알게 되고, 물리도 좀 하면 될 것 같은 거예요. 물리는 되게 막연히 어렵기만 한 거라고 생각했는데 ‘내가 노력해서 공부하면 할 수도 있겠구나’ 그 생각이 들면서 저번 학기에 전공도 열심히 해봤더니 되는 것[잘 할 수 있을 것] 같아요. 나름 이게 계기가 된 것 같아요. <성지W>

연구 초기, 성지W는 물리를 계속 공부해야 하는지, 다른 복수 전공을 선택해야 하는지 등에 대해 고민하고 있었기 때문에 자신의 적성을 확인하는 것이 가장 시급한 일이었다. 그러나 이 프로그램을 통해 성지W는 “아직 (앞으로 물리를 계속해야할지) 확실히 보이지는 않는데, 근데 좀 재미가 생겨서 좀 더 열심히 해보고 그러면 결정할 수도 있을 것 같아요”와 같은 입장으로 바뀌었다. 즉, 연구 참여 경험은 물리학에 대한 자신의 적성을 어느 정도 확인할 수 있는 기회를 제공하였고, 이로 인해 물리학 분야로의 진로 선택 가

능성도 열어주었다.

그러나 일부 참여 학생들은 연구 참여 경험이 물리에 대한 관심을 높여주고 궁금증과 두려움을 없앨 수 있는 기회가 되었으나, 연구를 수행하면서 인식하게 된 과학적 탐구과정의 본성 및 과학자의 역할 등이 자신의 적성과 잘 맞지 않는다는 것을 확인하기도 하였다.

연구도 재미있는 부분이 있기는 한데 저하고는 안 맞는 것 같아요. 저는 기약 없이 기다려야 하고 반복하는 것이 잘 맞지 않는 것 같아요. [참여]하면서는 되게 좋은 경험이었고 좋았는데 제가 ‘평생 이런 일을 하면서 살 수 있을까?’ 싫어요. 환상이나 미련이 없을 것 같아요. 결과가 이렇게 나올 꺼라는 예상이 있는데도 힘든데 그런 것도 없이 평생을 하나에만 매달려야 하는 상황을 하기에는 제가 끈기가 부족한 것 같아요. 그래서 저랑 잘 안 맞는 것 같아요. <김수W>

전체 실험으로 보면 (우리가 참여한 시간이) 짧은 기간이지만 그거(연구 참여)를 해보고, 대학원 언니들이 겪는 애환 있잖아요. 이것저것 논문도 써야 되는데 오늘 같은 경우에 이번 주에 이런 것도 해야 되고, 언니들 지금 되게 피곤해하고 계시거든요. 대학원 생활을 조금이라도 알 것 같아요. <박희W>

위의 응답과 같이, 학생들이 연구 참여경험을 통해 물리학에 대해 긍정적 경험을 하였음에도 불구하고 물리학 분야로의 진출이 자신의 적성에 맞지 않는다는 것을 확인하게 된 것은 그들의 입장에서 매우 의미 있는 일이라고 볼 수 있다. 그들은 실험실에서 연구를 수행하는 과정에서 연구원 또는 대학원생들의 생활 모습을 직접 관찰함으로써 과학 연구 과정이 자신들이 막연히 생각하던 것과 차이가 있음을 인식하였다. 이러한 인식은 그들로 하여금 이공계 대학원 진학보다 오히려 교사로서의 진로를 선택하는 방향으로 결론을 내리게 도와주었다. 그러나 그들 모두 연구 참여 경험은 교사가 되더라도 자신의 전문성을 함양하는 기반으로서 많은 도움이 될 것이라는 응답을 하였다.

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 6명의 예비 과학교사들이 핵물리 관련 URP 프로그램에 참여하면서 어떠한 경험을 하며 이러한 경험이 그들의 과학 지식 및 과학 탐구 과정, 과학자에 대한 인식, 그리고 그들이 자신의 진로를 탐색하는 데 미치는 영향에 대해 알아보았다. 연구 결과, 참여 학생들은 과학이론이 생성되기까지의 과정에서 드러나는 특성들, 즉 계속적인 반복의 과정으로 시간과 인내를 요구하며, 창의성과 공동 연구의 중요성 등을 인식하게 되었다. 또한 전형적인 과학자의 이미지에 대해 다소 변화된 부분이 있었다. 뿐만 아니라, 참여 학생들은 URP 프로그램 경험을 통해 물리학에 대해 더욱 관심을 갖게 됨과 동시에 물리학에 대한 자신의 적성을 확인하는 기회를 가졌다. 연구 결과가 보여주는 바와 같이, 참여자가 물리학 분야로 계속적으로 수학하지 않더라도 이러한 프로그램 참여 경험은 매우 의미 있다. 참여 학생의 물리학에 대한 이해를 도우며, 그들이 물리학에 대한 막연한 두려움과 호기심을 해결하는 데 도움이 되었다. 또한 연구 참여 과정을 통해 관련 지식과 실험기술을 습득하였고, 이러한 경험은 미래 물리 교사로서 자신감을 형성하는데 도움이 되었다. 이는 앞으로 이들이 물리 교사로서 자신의 전문성을 계속적으로 함양하고자 하는 태도를 마련하는 기반이 될 것으로 기대된다.

많은 선행연구에서 보여주는 바와 같이, 과학교사들의 과학의 지식 산출과정 및 탐구과정의 본성에 대한 이해를 가르치는 것이 쉽지 않다. 본 연구의 결과는 이에 대한 하나의 교육 방안이 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 과학 교사들의 과학의 본성에 대한 이해는 산출된 과학지식 결과만을 전달하고 이미 밝혀진 결과를 확인하는 실험을 중심으로 하는 현 과학 교수 학습에도 긍정적인 변화를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 보다 큰 효과를 얻기 위해서는 URP 프로그램의 구성에 있어 많은 연구가 필요하다. URP 프로그램의 구성 요소나 내용에 따라 학생들이 경험할 수 있는 깊이가 달라지기 때문이다. 또한 잘 만들어진 프로그램이라 할지라도 지도교수, 연구원, 대학원생이 URP 프로그램을 어떻게 운영하느냐가 URP 프로그램의 성공과 실패를 좌우할 수 있다. 연구 초보자인 학생들은 전문가인 지도교수나 연구원, 대학원생의

연구 수행 과정을 모델링하게 되므로, 지도교수나 연구원, 대학원생의 역할과 인식은 매우 중요하다. 따라서 학생의 학습 상황과 여건을 고려한 다양한 URP 프로그램 모형 개발과 적용에 관한 연구 및 URP 프로그램에서 지도교수나 연구원, 대학원생의 역할과 운영에 관한 대략적인 가이드라인에 대한 연구가 계속적으로 진행될 필요가 있겠다.

국문 요약

본 연구에서는 6명의 예비 과학교사들이 30주간 핵물리 관련 URP 프로그램에 참여하면서 어떠한 경험을 하며 이러한 경험이 그들의 과학 지식 및 과학 탐구 과정, 과학자에 대한 인식, 그리고 그들이 자신의 진로를 탐색하는 데 어떠한 영향을 주는지에 대해 알아보았다. 참여 학생들에 대한 심층적 이해를 위해, 실험과정 및 토의과정에서의 참여 관찰 및 필드노트, 개별 심층 면담 및 그룹면담, 연구일지 등이 주요 자료로 수집되었다. 연구 결과, 참여 학생들은 과학이론이 생성되기까지의 과정에서 드러나는 특성들, 즉 계속적인 반복의 과정으로 시간과 인내를 요구하며, 창의성과 공동 연구의 중요성 등을 인식하게 되었다. 또한 전형적인 과학자의 이미지에 대해 다소 변화된 부분이 있었다. 뿐만 아니라 그들은 URP 프로그램 참여를 통해 물리학에 대해 더욱 관심을 갖게 됨과 동시에 물리학에 대한 자신의 적성을 확인하는 기회를 갖게 되었다.

Keywords: 연구참여, 핵물리, 예비 과학교사, 과학의 본성, 과학적 탐구, 진로탐색, 사례연구

참고 문헌

교육인적자원부 (2007). 과학과 교육과정. 서울: 교육인적자원부.

양일호, 조현준, 한인경 (2006). 초등과학교육에서 실험활동의 목적에 대한 교사와 학생의 인식. 학습자중심교과교육연구, 6(1), 235-252.

조미현, 이용학 (1994). 인지적 도제 방법을 반영한 교수설계의 기본 방향. 교육공학연구, 9(1), 147-161.

조영남 (1998). 구성주의 교수-학습. 대구교육대학교 초등교육연구, 12, 93-122.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665-701.

Akerson, V. L., Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Influence of a reflective explicit activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 295-317.

Braben, D. (1994). *To be a scientist*. Oxford: Oxford University Press.

Charmaz, K. (2000). Grounded theory: Objectivist and constructivist methods. In *Handbook of qualitative research* (2nd Ed)(pp. 509-535). Thousand Oaks, CA : Sage Publications.

Chopin, S. F. (2002). Undergraduate research experiences: The translation of science education from reading to doing. *Education Note, The Anatomical record(New Anat.)*, 269, 3-10.

Clancey, W. J. (1992). Representations of knowing: In defense of cognitive apprenticeship. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 3, 139-168.

Clancey, W. J. (1997) *Situation cognition: On human knowledge and computer representations*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. (1989). *Cognitive apprenticeship: Teaching the craft of reading, writing, and mathematics*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Crawford, I., Suarez-Balcazar, Y., Figert, A., Nyden, P., & Reich, J. (1996). The use of research participation for mentoring prospective minority graduate students. *Teaching sociology*, 24(3), 256-263.

Driver, R., Leach, J., Millar, J. R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.

Germann, P. J., Aram, R. A., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skills of designing experiment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.

Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigation work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science, *School Science Review*, 70(256), 33-40.

Kardash, C. (2000). Evaluation of an undergraduate research experience: Perceptions of undergraduate interns and their faculty mentors. *Evaluation*, 92(1), 191-201.

Kirshner, D., & Whitson, J. A. (1997). Editors' introduction to situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives. In D. Kirshner & J.A. Whitson (Eds.), *Situated cognition: Social, semiotic, and psychological perspectives* (pp.1-16). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), 497-521.

Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage Publications.

Lopatto, D. (2004). Survey of undergraduate research experiences (SURE): First findings. *Life Sciences Education*, 3(4), 270-277.

Melear, C. T., Goodlaxson, J. D., Warne, T. R., & Hickok, L. G. (2000). Teaching preservice science teachers how to do science: Responses to the research experience. *Journal of Science Teacher Education*, 11(1), 77-90.

Merriam, S. B. (1988). Case study research in education. A qualitative approach. San Francisco: Jossey-Bass Inc.

National Research Council. (1996). National science education standards. Washington, DC: National Academic Press.

Resnik, D. B. (1998). The ethics of science: An introduction. London: Routledge.

Roth, W., & McGinn, M. (1997). Deinstitutionalising school science: Implications of a strong view of situated cognition. *Research in Science Education*, 27(4), 497-513.

Ryder, J. & Leach, J. (1999). University

science students' experience of investigative project work and their images of science. *International Journal of Science Education*, 21(9), 945-956.

Schwartz, R., Lederman, N., & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610-645.

Yin, R. K. (1994). Case study research: Design and methods. London: Sage Publications.