

과학 동아리에서 경험한 자기 주도적 실험 학습에 대한 초등학생들의 인식

주은정 · 김흥태[†]
(미르초등학교) · (서원대학교)[†]

Elementary Students' Awareness about Self-directed Learning Experiments at Science Club

Ju, Eun Jeong · Kim, Heung-Tae[†]
(Mireu Elementary School) · (Seowon University)[†]

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate implications of self-directed learning experiments in elementary science education through understanding elementary school students' awareness of their experiences in self-directed learning experiments. Twenty students joined the school science club voluntarily and conducted self-directed learning experiments. We collected data through observation of the experiments, interviews, and questionnaires. The students who participated in the club showed high satisfaction with self-directed learning experiments. The participants were aware that their scientific interest and knowledge, and the confidence in conducting experiments were increased. The students felt positive about the inquiry process of conducting self-directed learning experiments with their own subjects. They also felt a sense of achievement in attempting their experiments in defiance of several failures. The participants realized that the self-directed inquires led to increased declarative and procedural knowledge of science. The students stated that they had some difficulties in coping with the different results contrary to expectations and preparing laboratory materials and instruments. Nonetheless, they showed the promotion of their scientific literacy during overcoming those difficulties. We suggest that self-directed learning experiments can be a more effective way in science learning to make students experience the nature of science than existing school experiments. This can be implemented through a creative experience activities such as science clubs.

Key words : science club, self-directed learning experiments, creative experiential activity, learning through failure

I. 서 론

과학 교육에서 실험은 학생들의 흥미를 자극함으로써 학습 동기를 유발하고, 과학적 개념의 획득과 발달을 도우므로 매우 중요한 것으로 알려져 있다(Hodson, 1996). 뿐만 아니라 실험 학습은 과학적 태도를 고취시키고(Gauld & Hukins, 1980), 의사소통 등의 사회적 기능을 증진시키는 역할을 하기도 한다. 무엇보다도 탐구에 대한 이해, 탐구 기능, 탐구 수행에 대한 전문성을 발달시키므로(Hodson, 1996)

과학교육에서는 매우 중요한 학습활동 중 하나이다. 그러나 현재 학교 과학 수업 시간에 흔히 실행되는 실험 활동은 진정한 의미의 탐구(authentic inquiry)라고 보기가 힘든 경우가 많다(양일호 등, 2006). 현 교육 현실에서 학생들에게 주체적으로 실험을 해볼 기회는 좀처럼 주어지지 않는다. 많은 실험 수업에서 학생들은 교과서에 제시된 실험을 요리책에 제시된 조리법을 그대로 따라하듯이 수행하는 경우가 많으며, 실험 후 얻은 결과가 제공된 결과 값과 같다면 성공, 다르다면 실험을 실패했다고 생

각한다(양일호 등, 2006; 원정애 등, 2010).

이와 같은 현상은 여러 가지 원인으로 인해 나타난다. 우선 학교 현장에서 주어진 교과시간 안에 국가교육과정에 제시된 핵심성취기준을 모두 달성하기에는 학생들이 자유롭게 계획하며, 실험을 수행할 시간이 사실상 부족하다(이윤종 등, 1997; 박현주, 2003). 학생들이 직접 실험을 계획하고 수행하는 기회를 주고 싶다고 하더라도 교육과정 계획에 의해 특정 개념 이해에 도달해야 하는 목표가 있으므로 교사는 학생들의 실험에 대한 자율성을 제한할 수밖에 없다(Olsen *et al.*, 1996). 게다가 다인수 학습이라면 1인의 교사가 안전하게 실험 활동을 지도하기 위해서는 많은 제약이 따를 수 밖에 없다. 뿐만 아니라 과학 실험 활동이 지나치게 교과서 의존적이다(양일호 등, 2006). 이미 교과서에는 매력적인 실험 방법과 가설, 통제해야 할 변인들이 잘 디자인되어 제시되고 있으므로(교육부, 2016) 학생들은 실험을 계획하고, 가설을 세우거나, 변인을 통제할 필요가 없을 수도 있다. 교사들 역시 교과서에 의존하여 지도하는 경향이 있고, 실험 역시 예외가 되지 않는다(Costenson & Lawson, 1986).

그러나 진정한 의미의 탐구, 즉 스스로 실험을 설계하고, 변인을 설정 및 통제하며, 반복 실험을 통하여 실험을 성공적으로 수행해내는 등의 자기 주도적 과학 실험 경험은 다양한 측면에서 학생들을 발달시킬 수 있다. 과학자들에 의해 과학적 지식이 생성되는 과정을 모의 경험함으로써 과학의 본성을 이해할 수 있다(Hodson, 1996). 과학적 지식은 일반적으로 선행연구에 대한 탐색 후 새로운 가설을 설정하고, 관련 변인을 찾아내어 실험을 설계하고 반복적인 실험을 통해 얻은 데이터를 이용하여 가설의 기각 여부를 결정하는 과정을 통해 이루어진다. 자기주도적 과학 실험은 이와 같은 과정을 여과 없이 거치게 되므로 과학의 본성을 직접적으로 이해할 수 있는 기회를 부여하게 된다.

또한 자기 주도적 학습 경험은 학생들의 학습에 대한 흥미를 증진시키고, 교육에 대한 가치를 깨닫게 하며, 학습자들 스스로가 자신의 잠재능력을 깨닫게 하는 효과가 있다(Deci *et al.*, 1991). 자기 주도적 학습은 교사와 교과서 중심의 획일화된 주입식 교수 학습 방법을 탈피하고, 학습자가 주체가 되어 학습을 주도해 나가는 것을 의미한다(윤성호 등, 2005). 따라서 자기 주도적 학습에서 학습자들은 타인의

도움 없이 학습자 스스로 학습 요구를 진단하여 목표를 설정하고, 학습에 필요한 자원을 선택하여 실행하게 된다(Knowles, 1975). 특히 자기 주도적 실험 학습은 학습자가 주체가 되어 스스로 구상한 탐구모형으로 자신의 능력에 적합한 학습환경을 조성하고, 동료들과 협력하면서 과제에 따른 탐구과정 및 해결 방안을 선택하고, 실행해 나가는 과정을 말한다(Orin, 1989). 이와 같은 자기 주도적 실험 학습을 통해 학습자들은 실험에 대한 자신감을 획득하고, 실험 과정을 조절하는 방법을 터득할 수 있다(Deci *et al.*, 1991).

이에 2007 개정 교육과정에서는 학생들에게 자기 주도적 탐구 기회를 제공하기 위해 과학과 교육과정에 자유 탐구를 도입하였으며, 2009 개정 과학과 교육과정에도 연이어 강조하고 있다. 그러나 일선 학교에서는 시간 배분, 교사의 무관심, 정규교육과정으로서 수업에 편성되기 어려움 등으로 인해 학교 현장에서의 실효성에 대한 아쉬움이 있다(전영석과 전민지, 2009; 신현화와 김효남, 2010; 김재윤과 임희준, 2011). 이 연구에서는 초등학교에서 정규 과학 시간이 아닌 과학 동아리 활동 시간에 자기 주도적 실험 학습을 실시하고, 학습에 참여한 학생들의 인식 조사를 통해 과학 동아리 활동을 통한 자기 주도적 실험 학습 경험의 교육적 영향과 한계를 탐색하고자 하였다. 과학 동아리는 자발적이고 흥미로운 과학 활동을 통해 학습자들의 과학에 대한 흥미를 증진시킬 수 있는 유용한 수단 중 하나로 인식되고 있다(Hartley, 2014; Viegas, 2004; Twillman, 2006). 과학 수업시간에 다루지 않는 주제라도 과학 동아리에서는 비교적 자유롭게 경험할 수 있으며, 이와 같은 특별한 경험은 학생들로 하여금 과학에 대한 새로운 호기심과 학습을 불러일으키기도 한다(Tillman, 2006). 학생들은 과학 동아리에서 과학에 본성을 직접적으로 경험하기도 하고(Feldman & Pirog, 2011), 다양한 커뮤니케이션과 상호작용, 리더십을 익히기도 한다(Hartley, 2014). 특히 이 연구에서는 정규 과학 교과 시간 이외에 자기 주도적 실험 학습을 경험할 수 있는 기회로서 과학 동아리를 제안하고자 하였다.

과학 동아리에 관한 연구는 Bennett(1956)이 영국의 다양한 과학 동아리에 대한 연구에서 박물관, 병원, 공장, 야외 실험, 영화, 강연 등의 활동을 통해 학생들의 과학에 대한 태도가 개선되었다는 보고

를 시작으로 다양한 측면에서 연구가 지속되어 왔다. Viegas(2004)는 과학 동아리가 학교에서 과학에 대한 흥미를 발달시키는데 매우 중요한 수단임을 주장하였다. Twillman(2006)의 연구에서는 과학 동아리는 구성원들에게 호기심을 표현할 수 있는 공간과 기회를 제공한다는 것을 밝혔다. Feldman and Pirog(2011)는 미국에서 학교 밖 과학 동아리에서 학습자와 교사가 참과학 연구에 참여한 것에 대한 사례를 보고하면서 과학자와 같은 경험이 학생들에게 매우 유익한 경험이 되었다고 하였다.

이 연구의 목적은 자발적인 과학 동아리에서 자기 주도적 실험 경험을 한 초등학생들의 인식 조사를 통해 자기 주도적 실험 경험이 초등 과학교육에 주는 의미를 탐색하고, 앞으로 과학 실험에서의 자기주도력을 높이는 방안을 모색하는 데 있다.

II. 연구 방법

1. 연구의 맥락 및 참여자

이 연구는 세종특별자치시의 M초등학교 6학년에서 자발적으로 꾸려진 과학 동아리 참여 학생을 대상으로 실시되었다. 2009 개정 교육과정의 편제는 교과과과 창의적 체험활동으로 편성되어 있다. 창의적 체험활동은 자율 활동, 동아리 활동, 봉사 활동, 진로 활동 등을 일컫는다. 그 중 동아리활동을 통해 학생들은 자발적으로 집단 활동에 참여하여 협동하는 태도를 기르고, 각자의 취미와 특기를

신장하도록 한다(교육부, 2009). 따라서 M초등학교 6학년 담임교사들은 학생들 스스로 동아리를 조직하여 운영할 수 있도록 자기주도적 동아리 운영 방안을 마련하였다. 학생들은 6학년 학생들 중 8명 이상의 동의를 얻어 동아리를 개설한 후 자율적으로 구성원을 모집하였다. 과학 동아리 역시 학생들이 자발적으로 구성원을 모집하였으며, 그 결과, 남학생 10명, 여학생 10명, 총 20명의 동아리 참가자가 모집되었다. 이 연구에서 관찰한 과학 동아리는 9월부터 12월까지 한 학기 동안 운영되었다.

2. 자기 주도적 실험 학습을 위한 과학 동아리 운영

동아리에서의 자기 주도적 실험 학습 과정은 윤성호 등(2005)이 Knowles(1993)의 자기주도적 학습 과정 등을 참고하여 구안한 자기 주도적 야외 지질 학습을 위한 탐구모형을 바탕으로 과학 동아리 운영 및 학습자 수준의 특수성을 반영하여 수정한 과학 동아리 운영을 위한 자기 주도적 실험 학습 모형(Table 1)에 따라 이루어졌다. 학생들은 2명(또는 3명)이 한 팀을 이루어 한 학기 동안 한 개의 실험 주제를 스스로 선정하였다(Table 2). 학생들은 해당 주제에 대한 선행학습 자료를 자기 주도적으로 수집하고 정리하였다. 이후 학생들은 실험과 관련된 물리적 자원을 스스로 선정하고, 반복 실험을 한 후 실험 과정을 결정하고 수정하는 과정을 거쳤다. 그 과정에서 지도교사는 학생들의 자기 주도적 실험

Table 1. Model of self-directed learning experiment for science club

단계	학생 활동	교사활동	
준비단계	실험 주제 선정	· 모둠형성 및 역할 분담 · 참고문헌, 인터넷, 사전 경험을 통한 탐구주제 탐색 · 실험 주제 선정	· 실험 주제 탐색 방법 안내 · 탐색한 실험 주제에 대한 피드백
	실험 재료 및 방법 탐색	· 선행학습 자료를 통한 실험 방법 및 재료 탐색 · 과학실 실험 기구 및 시약, 대체 자료 구안	· 과학실 실험기구 안내 및 안전 지도 · 구안한 실험 방법에 대한 피드백
실행 단계	예비 실험	· 선정된 실험 주제에 대해 구안한 실험 재료 및 방법으로 예비실험 · 적합한 실험 방법을 찾을 때까지 반복 실험 · 실험 계획서 작성	· 안전 지도 · 예비실험 과정에 대한 피드백
	전체 실험 및 토의	· 매주 실험 발표를 받은 모둠에서 동아리 전체 학생들이 실험 탐구활동을 할 수 있도록 실험 준비 및 안내 · 실험 및 관찰 결과에 대한 토의	· 준비 상태 확인 및 실험 진행 도움 · 안전지도 · 필요시 전체 토의 진행 · 토의 결과에 대한 피드백
정리 단계	보고서 작성	· 실험 과정 및 관찰 결과에 대한 보고서 작성 · 추가 논의 사항 토의	· 보고서 수합 및 평가 · 추가 논의 사항에 대한 피드백

Table 2. Subjects and contents of self-directed learning experiments in the science club

차시	실험 주제 및 내용	담당 학생
1	· 자기주도적 실험 계획 세우기	전체
2	· 탄산수 만들기 - 탄산수소나트륨과 시트르산의 화학반응을 통해 탄산수에 녹아 있는 기체 알아보기	학생1, 학생2
3	· 위로 올라가는 물 - 밀폐된 공간에서 양초를 연소시켰을 때 물이 위로 올라가는 현상에 대한 관찰과 토의	학생3, 학생4, 학생5
4	· 라바 램프 - 발포비타민과 물의 반응에서 생성되는 공기 방울에 의해 뒤섞이더라도 밀도차로 인해 계속 분리 되려고 하는 물과 기름 관찰	학생6, 학생7
5	· 화산 폭발 실험 - 탄산수소 나트륨과 식초를 이용하여 화산 폭발 모형 생성	학생8, 학생9
6	· 금속염과 물유리를 이용한 화학 정원 - 물유리(액상 규산나트륨)에 금속염을 넣었을 때 생성되는 반투막과 삼투현상으로 인해 나타나는 현상 관찰	학생10, 학생11
7	· 샤프심 전구 - 샤프심에 전류를 흘렸을 때 빛을 내는 현상을 통해 전구의 원리 이해	학생12, 학생13
8	· 크로마토그래피 - 용해된 용질의 이동속도 차이를 이용한 색소 분리 현상 관찰	학생14, 학생15
9	· 비밀 글씨 - 양초로 인한 방수, 페놀프탈레인 지시약 반응, 식초 속 구연산의 탈수 반응 등을 이용한 비밀글씨	학생16, 학생17, 학생18
10	· 야채 손난로 - 야채에 포함된 카탈라아제와 과산화수소의 발열반응 관찰	학생19, 학생20
11	· 자기주도적 실험 활동 평가	전체

준비 상태를 확인하고, 필요한 경우, 조언을 하거나 직접적인 도움을 주기도 하였다. 그러나 주제의 선정, 학습 자료의 수집과 정리, 물리적 자원의 선정 등의 주도권은 학생에게 있었다. 주 1회 운영되는 동아리 활동 시간에 학생들은 자신이 수행한 자기 주도적 실험의 결과를 발표하고, 다른 학생들이 모두 해당 실험 활동을 경험할 수 있도록 안내하는 역할을 하였다. 실험 결과에 대한 발표와 안내를 통해 학생들은 실험의 결과와 의미를 공유하고, 스스로의 발견에 대해 비판적 반성을 함으로써 의사소통을 통한 결정이라는 중요한 과학적 과정을 경험하고, 동아리 구성원들 간의 상호작용의 기회를 가졌다.

3. 자료 수집 및 분석

동아리가 운영되는 동안 참여 학생들의 예비 실험 및 동아리 실험 활동 과정 관찰, 실험 계획서와 보고서의 수집, 학생과 교사의 면담, 오디오 녹음, 동영상 촬영 등 다양한 경로를 통하여 근거 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 전사하거나 원자료의 형태로 연구자들 간에 공유하였으며, 연구자들은

수집된 자료를 반복적으로 검토하면서 의미있는 진술 또는 의미있는 장면을 추출하였다. 추출한 진술 또는 장면은 유사한 내용으로 묶어 주제별로 분류하였으며, 해당 주제에 대해 설명할 수 있는 대표적인 자료를 원자료의 형태로 제시하거나, 에피소드(일화)의 형태로 변환하여 근거로 사용하였다.

한 학기 동안의 자기 주도적 실험 학습을 위한 과학 동아리 활동이 모두 끝난 후에는 학생들이 자기 주도적 실험 학습과 과학 동아리에 대해 만족도 조사를 실시하였다. 만족도 조사를 위한 설문지는 유주선과 권치순(2009)에서 사용된 과학수업 만족도 조사 설문지를 바탕으로 연구자들의 논의를 거쳐 연구의 목적에 맞도록 수정하여 사용하였다. 만족도 설문 내용의 구성은 Table 3과 같으며, Cronbach's α 값이 0.84-0.89로 검사의 신뢰도가 높은 편이다(유주선과 권치순, 2009). 설문조사는 google 워크시트를 통해 온라인 설문 형태로 실시하였으며, 학생들은 스마트 패드를 이용하여 온라인 설문에 참여하였다. 이후, 자기 주도적 실험 학습과 동아리 활동에 대한 학생들의 인식을 심층적으로 알아보기 위해 실험 주제, 다른 실험 활동과 달랐던 점,

Table 3. Questionnaires for survey of satisfaction

항목	내용	문항수
전반적인 만족도	만족감, 보람, 재참여 의사 등	7
성취도 및 달성도	실험도구 사용, 과학에 대한 이해도	2
시설 환경	실험실의 시설 및 정리 상태	3
교사요인	교사의 안내 및 도움	3
교육과정	활동 내용의 다양성, 흥미, 난이도	3
교우관계	친구와의 협동 및 태도	3
총 문항수		21

준비 과정, 좋았거나 흥미로웠던 점, 곤란하거나 어려웠던 점, 실험 과정에서 나의 역할, 동아리 활동을 통한 나의 변화 등을 묻는 개방형 설문지를 배부하였고, 설문지를 작성할 수 있는 충분한 시간을 주어 작성하도록 하였다. 설문지는 마지막 차시인 자기주도적 실험학습 평가 시간을 이용하여 작성하였다. 해당 시간이 학기의 마지막 동아리 활동 시간이고, 방학과 가까운 시기인 관계로 3명의 학생이 개인적인 사정으로 결석하여 평가에 참여하지 못했다. 설문지를 통한 의견 수집 후에 그룹 인터뷰를 통해 해당 내용에 대한 추가적인 정보를 수집하였다. 그룹 인터뷰 내용은 학생들의 동의를 얻어 녹음하였다. 녹음한 인터뷰 내용은 전체 녹음 내용을 전사한 후, 연구자들이 교차 검토하여 공통적으로 반복 제시되는 의견을 추출하여 근거로 사용하였다.

III. 결과 및 논의

1. 자기주도적 과학 동아리에 대한 만족도와 교육적 변화

1) 학생들의 만족도

자기주도적 과학 동아리에 대한 학생들의 만족도는 Table 4와 같다. 5점 만점의 리커트 척도로 과학 동아리에 대한 만족도를 조사했을 때 4.40~4.65 점을 나타내어 매우 높은 만족도를 보였다. 학생들은 자기주도적 과학 동아리 활동에 대해서 전반적으로 만족하는 편이었으며, 성취도 및 달성도, 시설 및 환경, 교사요인, 교육과정, 교우관계 등 동아리 활동의 세부적인 요소들에 대해서도 매우 만족하는 편이었다. 유사한 조사도구를 사용한 유주선과

Table 4. Satisfaction in the science club(5-point Likert scale)

	평균	표준편차
전반적인 만족도	4.40	.90
성취도 및 달성도	4.69	.77
시설 환경	4.63	.56
교사요인	4.63	.48
교육과정	4.65	.76
교우관계	4.54	.68

권치순(2009)의 연구에서 학생들은 학교 과학 수업에 대해 3.43~3.98점의 만족도를 보인 것과 비교해 보면 자기주도적 과학 동아리 활동에 참여한 학생들은 과학 동아리 활동에 대해 매우 높은 수준의 만족도를 가지고 있는 것으로 볼 수 있다.

자기주도적 과학 동아리 참여 학생들의 과학 동아리를 통한 과학 학습에 대한 만족도는 유사한 조사도구를 사용해서 과학 영재와 일반학생들의 과학 학습에 대한 만족도를 비교한 김보을과 권치순(2014)의 연구에서 나타난 과학 영재 학생들의 수업에 대한 만족도와 유사한 수준이었다(4.67~4.70). 일반적으로 과학 영재아들은 높은 지능을 가지고 있을 뿐만 아니라, 강한 학습 의욕과 높은 탐구동기를 가지고 있다(한중하, 1987). 따라서 과학 영재아들은 다른 학생들에 비하여 과학 분야에 높은 흥미를 가지고 있는 편이다(조석희, 1990). 자기 주도적 과학 동아리 활동 참여 학생들은 과학 영재아로 분류되지는 않았지만, 자발적으로 과학 동아리에 가입하여 활동에 참여한 학생들이므로 기본적으로 과학 동아리에 대한 흥미가 높은 아이들일 가능성이 있다.

본 연구에서 구성된 과학 동아리는 과학 과목의 여러 가지 학습 방법 중 실험 활동에 중점을 두고 있다. 대다수의 초등학생들은 과학 실험 활동을 선호한다(정낙주, 1995). 뿐만 아니라 과학 동아리 활동에서 이루어진 실험 활동은 모두 학생들이 자발적인 자료수집을 통해 선정된 것이었으며, 학생들은 자신이 계획한 실험을 수행하기 위해 스스로 방법을 찾아나갔던 점도 높은 만족도를 설명할 수 있는 주요한 요인일 것으로 생각된다. 자기주도성 이론에서는 인간의 본성이 주변 환경에 호기심을 가지고 있으며, 학습을 통해 지식을 발달시키는 데 흥미를 가지고 있다고 가정한다. 이와 관련된 많은 경험적 증거들은 자율적인 학습을 통한 내재적 동기 유발이 최적 학습에 기여한다는 것을 밝히고 있

다(Niemiec & Rian, 2009). 과학 동아리에서 자기주도적으로 이루어진 과학 실험 활동은 학생들의 동아리 활동에 대한 만족도를 높이는 데 가장 큰 영향을 주었을 것으로 판단된다.

2) 학생들이 인식한 교육적 변화

개방형 설문을 통해 학생들에게 동아리를 통한 자신의 변화를 물은 결과는 Table 5와 같다. 학생들은 과학 동아리를 통해 과학에 대한 흥미가 증진되었으며(52.9%), 과학 지식이 증가하였을 뿐만 아니라(29.4%), 과학 실험에 대한 자신감이 상승되었다(17.7%)고 응답하였다.

과학 동아리 참여 학생 중 탄산수 만들기를 실험 주제로 정하여 탄산수소 나트륨과 시트르산의 화학반응을 통해 탄산수에 녹아있는 기체를 알아보는 실험을 진행하였던 학생1과 학생2는 각각 “과학에 대하여 더 흥미를 가진 것 같다(학생1)”, “더 과학에 대해 관심을 갖게 되었다(학생2)”라고 응답하였다. 참여 학생들이 인식한 또 다른 변화 중 하나는 과학실험에 대한 자신감이 상승했다는 것이다. 야채에 포함된 카탈라아제와 과산화수소수의 발열 반응을 통해 야채 손난로 실험을 구안했던 학생19는 “과학 실험에 대한 자신감이 붙고, 실패하더라도 포기하지 않고 ‘왜 그랬을까?’, ‘이유가 뭘까?’라는 생각을 할 수 있게 되었다.”라고 응답하며, 과학 실험에 대한 자신감이 상승하였다고 응답하였다. 식초 속 구연산의 탈수 반응을 응용한 비밀 글씨 실험을 진행한 학생16 역시 자신이 과학 동아리에서 경험한 자기주도적 실험 학습 경험을 통해 “스스로 실험을 할 수 있고, 그것에 대한 보고서를 작성할 수 있게” 되었다고 응답하였다.

과학 동아리가 학교에서 과학에 대한 흥미를 발달시키는 데 유용한 수단이라는 점은 잘 알려져 있다(Viegas, 2004; Hartley, 2016). 동아리를 통해 학생들은 과학에 대한 흥미와 호기심을 표현할 수 있는 공간과 기회를 제공받고, 그들이 가치를 부여하는

Table 5. The changes of participants stated by themselves

내용	n	%
과학에 대한 흥미 증진	9	52.9
과학적 지식 증가	5	29.4
과학 실험에 대한 자신감 상승	3	17.7
합계	17	100.0

커뮤니티에 대해 소속감을 가짐으로써 과학에 대한 흥미와 태도가 증진되는 것이다(Twillman, 2006). 뿐만 아니라 과학 학습에서 자율성을 부여하였을 때 학생들의 과학에 대한 태도와 자기효능감이 높아진다는 결과가 보고된 바 있다(Jalil et al., 2009). 이 연구에서 관찰한 과학 동아리는 커뮤니티 형성에서부터 학생들의 자발성을 바탕으로 이루어졌을 뿐만 아니라, 실험 주제 및 방법의 선택, 실험 탐구 진행 과정에서 학생들의 자율성이 최대한 존중되는 방향으로 이루어졌다. 이와 같은 학습의 방향은 학생들의 과학에 대한 태도와 실험에 대한 자기효능감을 높이는데 핵심적인 역할을 하였을 것으로 생각된다.

2. 동아리 활동을 통한 자기주도적 실험 경험의 긍정적 요소

과학 동아리 참여 학생들이 활동에 대한 높은 만족도와 과학에 대한 흥미, 자신감, 지식 증진 등의 변화를 인지하게 된 이유를 탐색하기 위하여 설문, 면담, 수업관찰 등을 통하여 학생들이 인식한 자기주도적 실험 경험의 긍정적 요소를 추출하였다. Table 6은 동아리 참여 학생들이 개방형 설문에서 과학 동아리 활동의 좋았던 점에 대한 답변에서 공통적으로 등장하는 내용을 분류한 것이다. 참여 학생들은 “자율적인 실험 주제 선택 및 탐구 과정”, “자기주도적 탐구 활동을 통한 과학적 지식의 습득”, “반복 실험을 통한 실패 극복의 경험” 등을 긍정적인 요소로 꼽았다.

1) 자율적인 실험 주제 선택 및 탐구 과정에 대한 만족

설문에 응답한 동아리 참여 학생 17명 중 8명(47.1%)은 자율적으로 실험 주제를 선택하고 탐구한 것이 가장 좋았다고 응답하였다. 이 과학 동아리에서는 실험 주제를 선정할 때부터 실험 재료를

Table 6. Positive elements of self-directed learning experiments in science club recognized by students

내용	n	%
자율적인 실험 주제 선택 및 탐구 과정	8	47.1
자기주도적 탐구 활동을 통한 과학적 지식의 습득	6	35.3
반복 실험을 통한 실패 극복의 경험	3	17.7
합계	17	100.00

선택하고 실험 방법을 선택하여 예비 실험과 전체 실험을 진행하는 과정이 모두 학생 주도로 이루어졌다(Table 6). 교사는 그 과정에서 탐색 방법을 안내하거나, 안전 지도, 학생들이 구안하거나 탐색한 결과에 대한 피드백을 하는 역할만을 하였다. 학생들의 응답을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- 학생5: 평소에 해보지 못했던 실험을 자유롭게 할 수 있다.
- 학생10: 우리들이 스스로 생각해서 실험을 했던 것이 되게 좋았던 것 같다.
- 학생4: 다른 과학 실험보다 더 자유롭게 실험할 수 있어서 재미있었다.
- 학생16: 자율적으로 주제를 정하고, 그것에 대해 탐구했다는 게 좋았다.
- 학생2: 우리가 주제를 골라서 더 재미있었다. 그리고 직접 준비할 수 있어서 뿌듯했다.
- 학생8: 직접 준비하면서 자유롭게 해서 좋았고, 실험을 나 혼자 할 수 있었던 것이 좋았다.

과학 동아리의 참여 학생들은 실험 탐구의 준비와 실행에 있어 그들이 지금까지 잘 경험해 보지 못한 자기주도성을 부여받았다. 학생들이 일상적으로 경험하는 실험은 교과서에 정답이 암시되어 있는 실험을 요리책처럼 따라한 후 교사 또는 교과서가 제시하는 정답과 같은 결과가 나온다면 성공, 그렇지 않다면 실패로 판가름하는 것이 대부분이었을 것이다(원정애 등, 2010). 그러나 과학 동아리에서 이루어지는 실험은 학생들이 직접 선행 학습 자료를 탐색하여 실험의 내용과 방법을 결정하였으며, 이와 같은 과정에 대해 학생들은 매우 긍정적으로 반응하였다.

자기주도적 실험 학습 초반에 학생들은 자신의 흥미와 의지에 따라 실험 주제를 탐색하고 결정해나갔다. 학생들은 모둠원들과 실험 주제와 방법에 대해 토의하고, 아이디어를 변경하기도 하였다. 결정한 실험 주제를 실험할 수 있는 재료와 방법 역시 스스로 탐색하였으며, 필요에 따라 교사와 의논하거나 선행학습자료, 인터넷을 검색하였다. 교사는 안전지도와 같이 꼭 필요한 경우나 학생들이 요구하였을 때만 개입하였고, 대부분의 실험 과정은 학생 주도로 이루어졌다. 학생들은 자발적으로 학습하였고, 이와 같은 자발적인 과학 학습 과정은 학생들에게 과학 학습 및 실험 탐구에 대한 동기를 부여하게 된다(Jalil et al., 2009). 따라서 이와 같은

자기주도적 실험 경험이 과학에 대한 태도 증진에 기여하였을 것으로 판단된다.

2) 자기주도적 탐구 활동을 통한 과학적 지식의 습득

여러 과학 동아리 참여 학생들은 자기주도적 실험 탐구 활동을 통해 과학 지식을 습득할 수 있었다고 대답하였다(35.3%). 다음은 학생들이 개방형 설문지를 통해 응답한 과학 동아리를 통한 자기주도적 탐구활동의 긍정적 요소이다.

- 학생19: 집에서 못했던 실험을 해볼 수 있고, 실험을 준비하는 과정에서 더 많은 과학지식을 쌓을 수 있었다.
- 학생8: 학교에서 배우지 않은 것 미리 해봐서 더 많은 과학지식을 가질 수 있게 되었다.
- 학생10: 준비물을 준비하며 내가 몰랐던 여러 과학 물품도 알 수 있었고, 내가 준비하는 과정을 되게 특별하게 여겼던 것 같다.
- 학생14: 내가 몰랐던 물건 이름이나 쓰임새를 알게 되어 좋았다. 그리고 여러 가지 실험을 통해 많은 것을 알고, 실험 결과가 흥미로웠다.
- 학생16: 아무래도 조원끼리 자유롭게 하다 보니 처음 접하는 용액과 물질에 대해 잘 모르는 것을 스스로 탐구해서 알게 되고, 노는 것처럼 실험을 해서 좋았다.

학생16은 실험 진행 과정이 자유로워서 노는 것 같기도 했지만, 처음 접하는 용액과 물질에 대해 잘 모르는 것을 스스로 탐구해서 알게 된 것을 긍정적인 요소로 꼽았다. 채소 속 카탈라아제와 과산화수소의 반응을 통한 야채 손난로 만들기 실험을 진행한 학생19가 역시 실험을 준비하는 과정에서 더 많은 과학지식을 쌓을 수 있었다고 하였다. 학생10은 특히, 여러 가지 실험 물품의 이름과 용도를 알게 되었다고 하였다.

학생10은 학생11과 함께 물유리(액상 규산나트륨)에 금속염을 넣었을 때 생성되는 반투막과 삼투현상으로 인해 나타나는 현상을 이용하여 화학정원 만들기를 진행하였다(Table 2). 학생10과 학생11은 실험을 위해 액상 규산나트륨이 필요하다는 것을 알아내고는 교사의 도움을 받아 과학 동아리 예산으로 액상 규산나트륨을 구입하였다. 그 과정에서 학생들은 시약의 이름을 여러 번 찾을

수밖에 없었으며, 다른 시약과의 차이점을 알아야만 했다. 이와 같은 상황은 한정된 과학 실험 시간 안에 실험을 모두 수행하기 위하여 교사가 시약을 모두 준비해 놓고, 학생들에게 시약의 이름을 알도록 안내하는 기존의 실험 상황과는 사뭇 다르다. 학생들은 자기주도적으로 실험을 진행하는 과정에서 물유리가 무엇을 의미하는지, 물유리에 포함된 성분이 무엇인지, 또한 그와 같은 시약이 어떤 성질을 가지는지도 스스로 알아낼 수밖에 없었던 것이다.

학생들이 언급하는 과학적 지식은 과정적 지식과 결과적 지식을 모두 포함하고 있었다. 학생들은 스스로 실험 주제를 탐색하고 실험 방법을 구안하며, 과학에서의 과정적 지식과 결과적 지식이 모두 증진된 것으로 보인다. 과학 교육에서 실험은 기존에 알고 있던 개념에 대해 다시 이해하거나 과정 지식을 쌓고, 탐구 전문성을 기르는데 도움을 주는 것으로 알려져 있다. 실험을 통해 학생들은 개념적으로만 이해하고 있던 것을 실제적인 맥락에서 사용해볼 수 있는 기회를 부여받게 되는 것이다(Hodson, 1996). 게다가 학생들이 언급한 것과 같이 과학 동아리 참여 학생들에게 주어진 실험에서의 자율성은 학생들로 하여금 더 많은 과학적 탐색을 할 수 밖에 없도록 하였다. 실제 과학 교육에서 자율성을 부여하면 학생들의 학습 성취도가 높아진다는 보고가 있다(Jalil *et al.*, 2009). 이와 같이 과학 동아리에서 실행한 자기주도적 실험 과정은 학생들의 과정적, 결과적 과학 지식의 증진에 긍정적인 영향을 준 것으로 보인다.

3) 반복 실험을 통한 실패 극복의 경험

몇몇 학생들은 반복 실험을 통해 스스로 실패를 극복해본 경험이 보람 있었다고 응답하였다(17.7%). 학생들은 실험 결과가 예상과 같지 않았을 때, ‘실패’를 선언하고 끝내는 것이 아니라, ‘왜 예상과 달랐는지?’, ‘실험 방법을 개선할 수 있을지?’, ‘다른 재료를 사용해도 같은 결과가 나올지?’ 등을 고민하고 실행에 옮겼다.

다음은 샤프심에 전류를 흘려보냈을 때 밝게 빛나는 실험을 주제로 잡고, 여러 번의 실패를 거쳐 실험을 성공한 학생12와 학생13의 실험 과정을 교사-학생 면담, 실험 장면 관찰, 개방형 설문지 등을 이용하여 재구성한 에피소드이다.

[#에피소드 1] 샤프심 전구 실험 과정

학생12와 학생13은 ‘내일은 실험왕’이라는 과학 학습 만화에서 ‘샤프심 전구’ 실험을 접하게 되었다. 흥미로운 실험주제를 찾던 아이들은 이 실험을 과학 동아리 실험 주제로 선정하였다. 아이들은 실험 이전에 전류와 전압 등의 기본적인 전기에너지 관련 용어와 기본적인 전기 회로도, 전자식 만들기와 같은 실험을 해본 경험이 있다. 아이들은 자발적으로 과학실에 모여 샤프심 전구 실험을 진행하였다. 책에서 6V의 전압을 연결하라고 안내하고 있었으므로 흔히 접할 수 있는 1.5V 전지 4개를 직렬로 연결하고, 저항으로 샤프심을 연결한 전기 회로도를 만든 후 스위치를 눌렀으나 예상한 것과 달리 샤프심이 빛나지 않았다. 아이들은 전선과 스위치에 이상이 있을 수도 있다는 생각에 다른 전선과 스위치로 바꾸어 실험해 보았으나 결과는 마찬가지였다. 그 후, 아이들은 1.5V 전지를 하나씩 추가로 직렬 연결하면서 12V까지 전압을 올려보았지만 역시 샤프심은 빛나지 않았다. 아이들은 사용한 적이 있는 전지를 재사용한 것이 문제라고 생각하고 1.5V 새 전지를 꺼내 6V~12V까지 전압을 올려보았지만 여전히 샤프심은 빛나지 않았다. 이 때, 교사는 아이들이 수업시간에 경험한 적이 없는 새로운 전지 형태인 6V의 4FM 망간 건전지를 아이들에게 소개하였다. 아이들은 6V 건전지를 차례로 1개, 2개 연결해 본 후 실험을 마침내 성공하였다. 아이들은 환호하였다.

학생12는 설문지에서 그와 같은 경험을 ‘진짜 과학자’가 된 것 같다고 표현하였다.

학생12: 실험을 실패하고 다시 도전하는 점이 진짜 과학자가 된 것 같았다.

학생12는 실험을 실패해도 다시 도전하는 것이 ‘진짜 과학자’라고 생각하고 있었다. 학생12와 학생13은 스스로 찾아낸 실험 주제에 대하여 포기하지 않고 반복 실험을 한 결과, 실험을 성공적으로 이 끌어내었다. 그 과정에서 학생12와 학생13은 실험 결과에 영향을 미칠 수 있는 다양한 변인을 찾아내고 수정하며 다시 도전하였다. 이와 같은 경험을 학생12는 과학자들이 하는 일이라고 하였다. 과학사를 살펴보면 실제로 과학자들은 많은 실험을 실패하고 다시 도전하는 과정을 끊임없이 반복한다. 예를 들어 매독치료를 위한 살발산을 개발한 엘리크 박사는 605번의 실험을 실패한 경험을 하였다. 또한 폴라로이드 사진을 가능하게 한 로저스 역시 5,000가지가 넘는 화합물을 사용한 반복적인 실패 끝에 실험에 성공하였다고 한다(김찬중 등, 1999).

김찬중 등(1999)은 과학을 연구하는 과정에서 과학자들은 실패에 이성적으로 접근하고자 노력하여 긍정적으로 수용하고 결국 실패를 성공으로 이끌게 되며, 이와 같은 태도는 과학 학습을 통해 도달해야 할 과학적 태도의 하나라고 보았다. 학생12와 학생13 역시 실패를 긍정적으로 수용하여 성공으로 이끌어내는 일이 과학적인 태도임을 수긍하고 있었다. 이와 같은 경험은 학생들이 과학에 대한 긍정적인 태도를 가지게 하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

학생3과 학생4, 학생5도 이와 유사한 경험을 하였다. 다음은 실험 장면 관찰, 교사-학생 면담, 개방형 설문지 등을 토대로 재구성한 ‘거꾸로 올라가는 물’의 실험 과정 에피소드이다.

[#에피소드 2] 거꾸로 올라가는 물 실험 과정

학생3과 학생4, 학생5는 인터넷을 통해 여러 가지 흥미로운 과학 실험 활동을 검색하였다. 그 중 가장 흥미로우면서도 자신 있게 구안해볼 만한 실험을 골랐다. 그것은 넓은 그릇 한 가운데 양초를 세우고 바닥에 물을 얇게 부은 후, 양초에 불을 붙이고 컵으로 씌었을 때의 현상을 관찰하는 것이었다. 인터넷에서 찾은 실험 장면에서는 양초에 불을 붙인 후, 컵으로 씌우면 곧 양초의 불이 꺼지고 컵 속으로 물이 거꾸로 올라가는 것을 관찰할 수 있었다. ‘여러 가지 기체’ 단원에서 산소, 이산화탄소와 양초의 연소 간의 관계를 학습한 아이들에게는 매우 흥미로운 실험이라고 여겨졌다. 아이들은 과학실에서 양철 쟁반과 비커, 초받침대, 양초, 점화기 등을 준비하였다. 양철 쟁반에 물을 붓고 초받침대에 양초를 세운 후, 불을 붙이고 비커로 덮었지만 인터넷에서 본 것과 같이 초가 꺼지지도 않았고, 물이 거꾸로 올라가지도 않았다. 아이들은 비커의 크기가 문제라고 생각하고 더 작은 비커로 바꾸어 실험을 해보았다. 그러나 마찬가지로 그와 같은 결과는 나오지 않았다. 아이들은 비커를 자세히 관찰하였다. 아이들의 눈에 띈 것은 비커에서 용액을 옮기기 쉽도록 만들어진 주둥이였다. 주둥이를 통해 공기가 주입된다고 판단한 아이들은 비커의 형태가 아닌 집기병을 과학실에서 찾아내었다. 집기병을 덮었을 때, 인터넷에서 본 것과 같이 곧 양초의 불이 꺼지면서 물이 거꾸로 올라갔다. 아이들은 실험도구를 수정하면서 공기가 공급되면 양초가 꺼지지 않는다는 것을 확인하였다. 이어서 아이들은 왜 양초가 연소하면 물이 거꾸로 올라가는 것일까에 대해 토의하였다. 아이들은 학교에서 배운 대로 초가 연소하면서 산소가 줄어들기 때문이라는 결론을 내렸다. 전체 실험 시간에 동아리 아이들 전체와 동일한 실험을 해보았으며, 학생3과 학생4, 학생5가 찾

은 방법으로 전원이 실험에 성공하였다. 교사는 ‘왜 이런 현상이 일어나는 것일까?’라는 질문을 하였고, 실험을 주도하고 사전 토의를 하였던 학생3과 학생4, 학생5는 ‘산소가 줄어들기 때문’이라고 답하였다. 교사는 ‘산소가 줄어들지만 이산화탄소는 늘어나는데?’라고 반문하였고, 과학 동아리 아이들은 이 주제에 대해 전체 토론을 진행하였고, 아이들은 여러 가지 설명들을 내놓았다.

이와 같은 실험 과정을 거치면서 학생3 역시 ‘진짜로 과학자가 된 기분’이라고 하였다. 학생3은 설문지에서 동아리활동의 좋았던 점을 다음과 같이 서술하였다.

학생3: 사전 실험에서 잠깐의 문제점이 있었지만 성공하여 그에 맞게 실험준비를 하였다. 실제로 준비실에서 우리가 직접 가져오고 실험을 준비할 때 우리가 진짜로 과학자가 된 기분이어서 잠깐 우쭐했었다.

학생3과 학생4, 학생5는 실험 과정에서 예상과 다른 결과가 나오자 학생12, 학생13과 마찬가지로 ‘왜 그럴까?’, ‘무엇이 문제일까?’, ‘다른 도구를 사용해 볼까?’ 등을 고민하고 실행에 옮겼다. 아이들은 실험이 성공하지 못해도 그것을 ‘실패’로 단정 짓지 않았고 성공하기 위해 도전했다. 자기주도성이론(self-determination theory)에서는 인간은 본성적으로 호기심이 있어 주변 환경에 흥미를 가지고 지식을 발달시켜 나가는 것으로 가정하고 있다. 많은 학습 상황에서 교사들은 지나치게 학습 환경에 제재를 가한다. 학생들은 실패를 실패로 단정 짓지 않고 도전하고 싶지만, 여러 가지 이유로 제재를 받게 된다. 이와 같은 제재는 학생들이 질 높은 학습을 할 수 있는 자연스럽게 의지적인 과정을 방해하곤 한다(Niemiec & Rian, 2009). 학생들의 실험에 자기주도성을 부여하자 학생들은 실험이 ‘실패’하는 것에 굴하지 않고, 다시 고민하고 도전하였다. 이와 같은 경험을 제공하는 것은 과학의 본성을 가르치고자 하는 과학교육의 본질적인 목적과도 맞닿아 있다.

3. 학생들이 자기주도적 실험에서 겪는 어려움의 교육적 의미

과학 동아리 참여 학생들은 자기주도적 실험을 수행하는 과정에서 어렵거나 곤란했던 점이 있었

Table 7. Difficulties in self-directed learning experiments recognized by students

내용	n	%
선행 조사와 다른 실험 상황에 대한 당혹스러움	5	29.4
실험 재료의 준비와 사용	6	35.3
기타	5	29.4
무응답	1	5.9
합계	17	100.0

음을 언급하였다. 학생들이 응답한 어려움은 예측하지 못한 실험 상황에 대한 당혹스러움, 익숙하지 않은 실험 도구 사용의 어려움 등이었다(Table 7).

학생들이 대부분 마주치는 과학 대한 실험은 실험 재료와 방법이 자세히 안내되어 있는 편이다. 그러나 학생들이 과학 동아리에서 경험한 자기주도적 실험 탐구는 전에 경험했던 실험들과는 다른 면이 있었다. 스스로 주제를 선정할 뿐만 아니라, 스스로 재료와 도구, 방법을 결정해야 했다. 또한 학생들은 문헌, 인터넷, 선행학습자료 등에서 실험 주제를 찾았지만 탐색한 실험의 상황과 스스로 구안해야 하는 실험 상황은 재료, 도구를 비롯한 여러 가지 상황이 달랐으므로 응답자 중 29.4%의 학생들은 당황하거나 걱정스러웠다고 응답하였다.

학생1: 예비 실험과 다르게 실험이 진행될 때

학생10: 물유리와 물을 맞추는 데가 어려웠다.

학생19: 열심히 준비해 가져갔는데 무엇이 문제인지 결과
가 제대로 나오지 않았을 때 매우 당황했었다.

학생4: 처음에 예비실험을 성공하지 못해서 곤란했었다.

화학정원 만들기 실험을 실행했던 학생10은 설문문을 통해 물유리와 물의 비율을 맞추는 것이 어려웠다고 응답하였다. 학생10과 학생11은 인터넷을 통해 찾은 선행 학습 자료들에서 물유리와 물의 비율이 1:1, 1:2, 1:3 등 다양하게 제시되고 있어서 학생들은 물유리와 물의 비율을 결정하기 어려워하였다. 학생10 뿐만이 아니라, 다른 학생들도 자기주도적 실험의 어려움으로 유사한 의견을 내놓았다. ‘거꾸로 올라가는 물’ 실험을 주제로 선정했던 학생4도 선행 조사한 실험 결과와는 달리 자신들의 실험이 잘 되지 않자 곤란했었다고 응답하였다. 그러나 학생4는 실험을 수행한 학생3, 학생5와 함께 실험 기구(비커)를 여러 차례 바꿔보면서 실험을 개선해 나갔고, 결국 실험에 성공하는 경험을 하였

다(에피소드 #2).

실제 과학자들의 실험도 이와 별반 다를 것은 없다. 연구 가설을 검증할 적절한 실험 방법을 찾기 위해 과학자들은 선행된 유사 연구 문헌을 탐색하거나 실험서 등을 검색한다. 그러나 그와 같은 문헌에 제시된 실험 방법들도 실험 경험에 의해 가장 적절한 실험 방법을 찾아낸 것일 뿐, 연구자는 각자의 실험 상황에 맞는 실험 방법은 스스로 찾아낼 수밖에 없다(박희제, 2010). 학생들이 겪었던 어려움은 과학자들도 곧잘 겪는 어려움이었던 것이다. 그러나 앞서 논의한 것과 같이 학생들은 실험과정에서 직면한 문제 상황을 해결하는 과학자와 같이 문제의 원인을 정밀하게 관찰한 후 실험 개선 노력과 실패를 반복하고, 실험을 결국 성공으로 이끌어 나갔다. 학생들이 겪은 어려움은 자기주도적 실험 과정에서 당연히 일어날 수밖에 없으나, 이를 성공의 경험으로 이끌어가는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

1) 실험 재료의 준비와 사용

자기주도적 실험 학습을 경험한 학생들 중 가장 많은 학생들이 어려움으로 꼽은 것은 실험재료를 준비하고 사용하는 데서 발생하는 것이었다(47.1%). 그 중 학생16과 학생5는 잘 모르는 실험 도구를 사용하는 것이 어려웠다고 응답하였다.

학생16: 잘 모르는 실험도구 사용이 힘들었다.

학생5: 실험 도구를 어떻게 쓰는 건지 몰라서 어려웠던 적이 있었다.

학생들이 이용한 과학실은 지은 지 만 2년이 채 되지 않은 곳으로 과학 기자재 역시 최근에 구입된 것이다. 대부분 2007 개정 초등과학교육과정과 2009 개정 초등과학교육과정을 바탕으로 구입된 기자재로 6학년 학생들이 경험해 보지 못한 것은 거의 없는 상황이다. 학생16이 모둠원들과 함께 실험했던 ‘비밀 글씨’ 실험의 실험 재료는 탄산수소나트륨, 페놀프탈레인 용액, 면봉, 거름종이, 비커, 유리막대, 분무기, 식초, 양초, 점화기 등이었다. 학생16의 모둠에서 사용한 실험재료는 모두 초등 과학 교과서에 1회 이상 제시된 것으로 아이들은 1회 이상 경험해 보았을 것으로 생각된다. 그럼에도 불구하고 아이들은 실험 도구가 생소하고, 사용이 어렵다

고 이야기 하였다.

뿐만 아니라 학생들은 실험 재료를 직접 준비해서 자기주도적으로 실험해 보는 경험이 거의 없었으므로 실험 재료를 직접 준비하는 것을 가장 큰 어려움으로 생각하는 학생들이 있었다.

학생7: 실험 준비물 준비하기

학생6: 한 가지 도구가 없으면 대체할 만한 준비물을 찾는 것

학생들이 학교에서 경험하는 대부분의 과학 실험들은 교과서에 실험 방법과 절차가 그림과 함께 상세히 제시되어 있으며, 수업의 편의를 위해 실험 재료는 대부분 교사 또는 보조교사가 준비해 주는 편이다. 과학 동아리에서 경험한 자기주도적 실험 학습에서는 모든 실험 재료를 학생들이 직접 고르고 준비했다. 그것은 어떤 학생들에게 어려움으로 다가가기도 했으나, 대부분의 학생들은 그와 같은 어려움을 극복하였고, 그 과정에서 학생들은 과정적 지식을 더 효과적으로 획득하기도 하였다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 과학 동아리를 통해 자기주도적 실험 학습을 경험한 학생들이 인식 조사를 통해 자기주도적 실험학습이 초등 과학교육에 주는 의의를 탐색하기 위한 것이다. 연구를 위해 세종시의 한 초등학교에서 자발적으로 모집된 과학 동아리 참여 학생 20명을 대상으로 자기주도적 실험학습을 실시하였고, 학생들의 실험활동 관찰, 교사-학생 면담, 만족도 조사, 개방형 설문, 그룹 인터뷰 등을 통해 다양한 자료를 수집하였다. 분석 결과, 동아리에 참여한 학생들은 자기주도적 실험학습에 대해 매우 높은 만족도를 나타내었다. 학생들은 자기주도적 실험학습을 통해 과학에 대한 흥미가 증진되었으며, 과학적 지식이 증가했을 뿐 아니라, 과학 실험에 대한 자신감이 상승하였다고 한 것으로 인식하고 있었다. 학생들은 특히 자율적인 실험 주제를 선택하고 탐구한 과정에 대해 매우 긍정적으로 인식하고 있었다. 또한 학생들은 자기주도성을 부여받자 실패를 긍정적으로 수용하여 실험방법을 수정 고안하고 재도전하여 성공의 경험을 가지게 되었으며, 학생들은 이와 같은 경험을 매우 긍정적으

로 평가하였다. 학생들은 자기주도적 탐구활동이 과정적, 결과적 과학 지식을 증진하는데 도움을 주었다고 인식하고 있었다. 학생들은 선행조사와 다른 실험 상황을 만났을 때 당혹스러웠거나 실험 재료의 준비와 사용에 있어 어려움을 겪었다고 진술하였으나, 이와 같은 어려움을 극복하는 경험을 통해 학생들의 과학적 지식과 태도는 향상되는 것을 관찰할 수 있었다. 자기주도적 실험학습은 실험 주제와 방법, 재료 선정에 있어 자율성이 거의 없는 일반적인 학교 실험에 비해 과학의 본성을 경험할 수 있는 효과적인 학습 방안이며, 이는 과학 동아리와 같은 창의적 체험활동을 통해 구현이 가능하다.

이 연구는 비록 적은 수의 학생에 대한 관찰 결과이지만, 초등 과학교육에서 자기주도적 실험학습 실행이 쉽지 않다는 점과 학생 주도 과학교육의 중요성을 고려할 때 충분한 의미가 있다고 볼 수 있다. 이 연구 결과를 바탕으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

이 연구의 결과를 바탕으로 초등학교에서 실행되는 실험학습에서 학생들에게 자기주도성을 부여할 수 있는 유용한 방법의 하나로 과학 동아리 운영을 제안하고자 한다. 실험학습에서 자기주도성을 부여하게 되면 학생들은 과학자들이 과학을 하는 것과 같이 스스로 주제를 선정하고, 방법을 탐색하며 실패와 극복을 반복하면서 과학의 본성을 직접 경험하게 된다. 이는 학생들의 과학에 대한 흥미를 진작하고, 과정적, 결과적 과학지식을 증진하여 과학적 소양을 함양할 수 있는 효과적인 방법이다. 하지만 진도, 모형성, 시간과 에너지 등을 고려할 때 정규 과학 수업시간을 통해 실험에서의 자기주도성을 부여하는 것은 쉽지 않다. 그럼에도 불구하고 자기주도적 실험이 주는 과학학습에서의 의미를 고려한다면 시도해 볼 만한 일이다. 정규 과학 수업시간을 통해 실험에서의 자기주도성을 부여하는 것이 어렵다면 자발적으로 참여하는 과학동아리의 조직은 좋은 대안이 될 수 있다. 과학동아리는 자발적이고 흥미로운 과학 활동으로 비교적 자유로운 운용이 가능하므로 실험에서의 자기주도성을 부여하기에 매우 적합하다.

특히, 초등학교 고학년 시기는 과학에 대한 태도를 결정짓는 중요한 시기로서, 이 시기에 결정된 과학 및 과학자에 대한 이미지는 인생 전반에 걸쳐 가장 큰 영향을 미친다. 학생들이 과학자와 같은

과학 관련 진로 희망을 갖게 하려면 과학 학습에 대한 선호도를 높이고, 관련된 활동의 기회를 제공하여 직업에 대한 긍정적인 인식을 갖게 하는 것이 중요한다(윤진 등, 2006), 자기주도적 실험 경험은 초등학교 고학년 학생에게 충분히 매력적인 경험을 제공할 수 있다. 따라서 초등과학교육 현장에서는 자기주도적 실험 경험을 제공할 수 있는 방안을 찾아 적용하려는 노력이 지속적으로 필요할 것이다.

참고문헌

교육부(2009) 2009 개정 교육과정.
 교육부(2016) 초등학교 과학교과서. 미래엔.
 김보을, 권치순(2014). 초등 과학영재와 일반학생의 과학적 태도와 과학수업 만족도 비교 연구. *대한지구과학교육학회지*, 7(1), 91-98.
 김재윤, 임희준(2011). 초등학생들이 수행한 자유 탐구의 특징과 문제점 분석. *교과교육학연구*, 15(2), 535-554.
 김찬중, 채동현, 임채성(1999). *과학교육학개론*. 서울: 북스힐.
 박현주(2013). 중학교 과학교사의 실험수업 실태 및 인식 조사. *과학교육연구지*, 37(1), 79-86.
 박희제(2010). 대학원생들의 실험실 경험과 과학자 되기-암묵지와 과학자사회 규범의 전수. *담론* 201, 13(2), 65-91.
 신현화, 김효남(2010). 초등학교 과학과 자유탐구 활동에서 교사와 학생이 겪는 어려움 분석. *초등과학교육*, 29(3), 262-276.
 양일호, 정진우, 김영신, 김민경, 조현준(2006). 중등학교 과학 실험 수업에 대한 실험 목적, 상호 작용, 탐구 과정의 분석. *한국지구과학회지*, 27(5), 509-520.
 원정애, 김영희, 백성혜(2010). 초등 과학 교과 전담 교사 제 운영에 관한 교사들의 인식 조사. *초등과학교육*, 29(1): 56-68.
 유주신, 권치순(2009). 학교 과학 수업에 대한 초등학생의 관심도와 만족도에 관한 연구. *초등과학교육*, 28(4), 361-372.
 윤성호, 장정일, 고정선(2005). 고등학생들의 자기 주도적 야외학습의 효과에 대한 연구. *한국지구과학회지*, 26(7), 611-624.
 윤진, 박승재, 명전옥(2006). 과학 진로와 관련된 초중등 학생들의 인식 조사. *한국과학교육학회지*, 26(6), 675-690.
 이윤종, 기우항, 김영호, 점원우 등(1997). *현행 중등학교 과학 실험·실습 교육실태 조사 및 그 운영 진단 (I)*. *한국과학교육학회지*, 17(4), 435-450.
 전영석, 전민지(2009). 과학 자유탐구를 지도할 때 발생하는 어려움. *한국초등교육*, 20(1), 105-115.
 정낙주(1995). 국민학생들의 과학성취도에 영향을 미치는 주요 변인들과 교수실제의 확인. *전남대학교 교육*

대학원 석사학위논문.
 조석희(1990). 과학영재 관별도구의 개발 및 타당화 연구-과학적 사고기능검사를 중심으로. *초등교육연구*, 4, 55-69.
 한종하(1987). *과학영재교육론*. 서울: 학연사.
 Bennett, M. (1956). Science club activities in the United Kingdom. UNESCO/NS/PSI/27 Rev. Paris, 9 March.
 Costenson, K. & Lawson, A. E. (1986). Why isn't inquiry used in more classrooms?. *The American Biology Teacher*, 48(3). (강호감 등, 2007, 초등과학교육론에서 재인용)
 Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G. & Ryan, R. M. (1991). Motivation and education: The self-determination perspective. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 325-346.
 Feldman, A. & Pirog, K. (2011). Authentic science research in elementary school after-school science clubs. *Journal of Science Education and Technology*, 20(5), 494-507.
 Gauld, C. F. & Hukins, A. A. (1980). Scientific attitudes: A review. *Studies in Science Education*, 7(1), 129-161.
 Hartley, M. S. (2014). Science clubs as a vehicle to enhance science teaching and learning in schools. *International Proceedings of Economics Development and Research*, 81, 167.
 Hodson, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
 Jalil, P. A., Sbeih, M. A., Boujettif, M. & Barakat, R. (2009). Autonomy in science education: A practical approach in attitude shifting towards science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(6), 476-486.
 Knowles, M. S. (1975). *Self-directed learning : A guide for learners and teachers*. New York; Cambridge Book Co.
 Niemiec, C. P. & Ryan, R. M. (2009). Autonomy, competence, and relatedness in the classroom applying self-determination theory to educational practice. *Theory and Research in Education*, 7(2), 133-144.
 Olsen, T. P., Hewson, P. W. & Lyons, L. (1996). Preordained science and student autonomy: The nature of laboratory tasks in physics classrooms. *International Journal of Science Education*, 18(7), 775-790.
 Twillman, J. (2006). Science for fun? Try a high school science club. *The Science Teacher*, 73(1), 49-52.
 Viegas, A. (2004). The importance of science clubs: Methods used in a school case. *Teaching Science*, 50(4), 22-25.