

# 과학적 실험과 공학적 실험에서 초등교사의 수업 과정 분석

임재근<sup>†</sup> · 이소리 · 양일호  
(한국교원대학교) · (대전성모초등학교)<sup>†</sup>

## Analysis of Elementary School Teachers' Laboratory Instruction Process through Experiments from Science Laboratory and Engineering Laboratory

Lim, Jae-Keun<sup>†</sup> · Lee, So-Ree · Yang, Il-Ho  
(Korea National University of Education) · (St. Mary's Elementary School)<sup>†</sup>

### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze of how the elementary school teachers lead their classes of a science laboratory instruction and an engineering laboratory instruction in a science subject class. For this study, science laboratory and engineering laboratory lessons were selected and for each science and engineering laboratory lesson, five elementary school teachers were video-recorded of their lessons. The science and engineering laboratory lessons were analyzed by utilizing processes of the science model and the engineering model based on Schauble *et al.* (1991). The results of these studies are as follows: In science laboratory instruction, some participants didn't distinguish the difference between the science laboratory goal and the engineering laboratory goal. All of participants used search and end strategy of engineering laboratory for science laboratory lesson. In engineering laboratory instruction, all of participants guided to students engineering laboratory goal and used inferences and search strategy of engineering laboratory. However they didn't use the trial and error strategy or re-design which can be an essential element in engineering and design process. Educational implications are discussed.

**Key words** : science laboratory, engineering laboratory, analysis of laboratory instruction process, elementary school teacher

### I. 서 론

전통적으로 학교에서 가르치는 교과목으로서 과학과 공학은 엄격히 구분되어져 왔다(Lewis, 2006). 학교 교과로서 과학은 조직화되고 명시적인 형태를 띠면서 높은 위치를 차지해 왔지만, 그에 반해 공학은 그 위치가 불안정하여 학교 교과로서의 타당성을 인정받기 위해 노력해 왔다(조승호, 2002; 전세경, 2010; European Commission, 2004; Lewis, 2006). 과학과 공학은 역사 속에서 형성되고, 사회 문화적 상황에 의해 영향을 받기 때문에 모든 상황에 항상 성립하는 명

확한 정의를 내리는 것은 쉽지 않다(이기준과 이병기, 1996). 대신에 과학과 공학을 구분 지을 수 있는 특징을 중심으로 잠정적인 정의를 내리려는 시도는 있어 왔다(Vincenti, 1990). 과학은 객관적이고 합리적인 방법으로 인간, 자연 또는 사회 현상을 이해하고 통제하여 탐구하는 학문이고, 공학은 자연, 인간, 사회, 인조물과 주변 환경이 복합적으로 작용하여 만들어낸 문제에 대한 합리적인 해결 방법을 찾아내고 이를 활용하려는 학문이다(이기준과 이병기, 1996; Bloch, 1996). 이러한 과학과 공학의 가장 중요한 차이점은 그것이 달성하려는 목표이다. 과학의

목표는 자연 세계를 이해하기 위한 지식의 구성이며, 이를 위해 탐구라는 방법을 사용한다. 그러나 공학의 목표는 문제에 대한 해결책을 개발함으로써 인간의 요구와 필요를 충족시키는데 있으며(NRC, 1996), 이를 위한 가장 일반적인 방법으로 설계(design)를 사용한다(이기준과 이병기, 1996; Bloch, 1996; Constantinou *et al.*, 2010; International Technology Education Association, 2000). 탐구와 설계는 낯설고 불확실한 현상에 부딪혔을 때 사용하는 창의적 추론 과정이라는 공통점이 있지만, 탐구는 과학자가 주로 사용하는 방법이고, 설계는 공학자가 주로 사용하는 방법(Lewis, 2006; Schauble *et al.*, 1991)이라는 차이점이 있다.

그러나 ‘설계를 통한 탐구(inquiry through design)’, ‘설계를 활용한 학습(learning by design)’이 과학적 원리와 개념을 이해하는데 효과적이며(Baumgartner, 1999; Baumgartner & Reiser, 1997; Benenson, 2001; Crismond, 2001; Kolodner, 2002), Bridge project와 같은 공학 과제가 과학 학습에 유용한 맥락을 제공하고(Roth, 2001; Seiler *et al.*, 2001), 깊은 내용의 이해와 참된 과학적 활동을 경험하게 해 주므로(Edelson, 2001) 과학과 공학의 상보적 관계를 과학교수학습에 적용하려는 노력이 있어 왔다(Lewis, 2006). 또한, Krajcik *et al.*(2008)은 의미있고 성공적인 과학 교육을 위해서 공학 문제를 기반으로 한 Project-Based Science 접근법을 제안하였다. 뿐만 아니라 최근에는 미국을 중심으로 과학, 기술, 공학, 수학의 통합 교육 프로그램인 STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)이 교육 개혁의 아젠다 중의 하나로 손꼽히고 있다. 이는 현대의 급속한 기술의 발전이 공학의 연구·개발(R&D) 결과에 의해서 이루어진 것이므로 기존에 이루어져 왔던 MST(Mathematics, Science and Technology) 통합 교육에 공학(Engineering) 내용을 추가하여 초중등교육에 도입하려는 것이다(김진수, 2007).

이와 같이 공학적 요소를 과학교과에 적용하려는 움직임이 있음에도 불구하고, 과학실험 수업에서 필수적인 역할을 담당하는 교사(AAAS, 1993; NRC, 1996)들은 공학이 무엇이고 어떻게 가르쳐야 하는지 알지 못하며(Brochway *et al.*, 2008), 과학과 공학의 구분이나 상호 관련성에 대해서 거의 초보적인 수준의 인식론적 관점을 가지고 있다(Constantinou *et al.*, 2010). 특히 초등 교사들은 설계와 공학에 대해서 매우 좁고 제한된 인식을 가지고 있으며, 이러한 인

식은 설계와 공학을 가르치는 그들의 능력과 자신감에 부정적인 영향을 끼친다(Rohaam, 2010). 그러므로 과학과 공학의 상보적 관계가 과학교수학습에 효과적으로 적용되도록 하기 위해서 실제 과학실험 수업에서 교사들이 과학과 공학의 구분이나 상호 관련성, 탐구와 설계에 대한 실험활동을 어떻게 진행하고 있는지 살펴보고 이를 바탕으로 과학 교사교육의 방향에 대한 시사점을 얻을 필요가 있다.

지금까지 과학교육에서 과학과 공학에 대한 연구는 크게 과학과 기술, 탐구와 설계의 의미 및 상호 관련성(Cajas, 2001; Constantinou *et al.*, 2010; Lewis, 2006), 그리고 공학 과제를 활용한 과학 학습(project-based science)의 유용성(Baumgartner, 1999; Baumgartner & Reiser, 1997; Kanter, 2010; Krajcik *et al.*, 2008; Marx *et al.*, 2004; Rivet & Krajcik, 2004)이라는 두 가지의 흐름으로 이루어져왔다. 하지만 이러한 선행 연구들은 실험 수업을 진행하는 교사가 과학과 공학의 구분이나 상호 관련성에 대해서 어떻게 이해하고 있는지를 설명하는 데에는 부족한 실정이다.

따라서 이 연구에서는 Schauble 등(1991)이 제시한 과학적 실험과 공학적 실험의 특성을 가진 실험 수업에서 초등 교사들이 과학적 실험과 공학적 실험의 실험 목표를 어떻게 이해하며, 각 실험 목표를 달성하기 위해서 사용하는 추론, 절차, 조사, 실험 종료 전략은 어떠한지 실험 수업을 관찰·분석함으로써 과학과 공학의 상보적 관계가 과학교수학습에 효과적으로 적용되는데 필요한 시사점을 얻고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 참여자

연구 참여자는 서울시 소재 초등학교에서 6학년 과학을 가르치고 있는 초등 교사들로서 연구에 자발적 참여 의사를 밝힌 5명이다. 이들의 구체적인 인적 사항은 표 1 과 같다. 표 1에서 보는 바와 같이 연구 참여자는 여교사 4명, 남교사 1명이며, 교육 경력은 0.5~6.5년 사이에 분포하고 있다. 연구 과제의 특성상 6학년 과학을 가르치는 교사 중에서 자발적 참여 의사를 밝히거나 섭외가 가능한 대상을 선정하였으므로(Creswell, 2007) 이러한 점을 고려하여 연구 결과를 제한적으로 해석해야 한다. 이는 엄밀히 연구 방법의 제한점이라기보다 질적 연구 패러다임

이 갖는 특징으로 볼 수 있다(Gall *et al.*, 2003). 초등교사는 담임교사가 전 교과를 가르치므로 대학에서 이수한 심화 과정은 연구 참여자 선정에 고려하지 않았다.

## 2. 과학적 실험과 공학적 실험 선정

이 연구의 분석 대상이 되는 과학적 실험과 공학적 실험은 Schauble *et al.*(1991)이 제시한 과학적 실험과 공학적 실험의 특성에 근거하여 선정하였다. Schauble *et al.*(1991)이 제시한 과학적 실험과 공학적 실험의 특성은 표 2와 같다. 교육과정, 교과서, 지도서에 제시되어 있는 실험 목표, 절차, 추론, 조사, 실험 종료의 과정을 분석하여 Schauble *et al.*(1991)이 제시한 과학적 실험과 공학적 실험의 특성이 잘 드러나는 실험 차시를 선정하였다. 선정한 과학적 실험과 공학적 실험은 과학교육전문가 3인에게 타당도를 점검받았다. 이러한 과정을 통해 선정된 과학적 실험은 제 7차 교육과정 6학년 1학기 7단원 전자석의 6차시 전자석의 세기에 영향을 주는 요인 조사하기이며, 공학적 실험은 제 7차 교육과정 6학년 1학기 7단원 전자석의 7차시 센 전자석 만들기이다.

표 1. 연구 참여자의 인적 사항

연구 참여자	성별	심화 과정 (석사 전공)	경력 (년)	6학년 담당 횟수(회)
가	여	실과(교육공학)	6.5	3
나	여	교육학	2	2
다	여	사회	0.5	1
라	여	교육학(교육방법)	6.5	2
마	남	실과	5	4

표 2. 과학적 실험과 공학적 실험(Schauble *et al.*, 1991)

	과학적 실험	공학적 실험	
목표	원인과 결과 사이의 관계를 이해한다.	원하는 결과나 흥미 있는 결과를 나오게 한다.	
추론	제외 사항, 인과관계가 없는 변인까지 추론하도록 강조한다.	포함 관계, 인과관계에 있는 변인에 대한 추론을 강조한다.	
전략	절차	각 주요 변인이 결과에 미치는 영향을 입증한다.	대조적인 사례를 비교한다.
조사	실행 가능한 모든 변인 조합을 실험한다.	결과에 원인이 된다고 생각되어지는 변인에 초점을 맞추어 실험한다.	
실험 종료	조작할 수 있는 모든 변인에 대한 체계적 검증이 완전히 끝났을 때 실험을 마친다.	원하는 결과를 얻었을 때 실험을 마친다.	

### 1) 과학적 실험

표 3에 제시되어 있는 것과 같이 이 차시는 전자석의 세기에 영향을 주는 변인을 조사하는 것이 실험 목표이며, 이는 원인과 결과 사이의 관계를 이해하는 것이 실험 목표인 과학적 실험의 목표와 부합한다. 또한, 주요 변인인 전지의 수, 에나멜선을 감은 횟수가 전자석의 세기에 미치는 영향을 알아보는 활동이 주요 활동으로 안내되어 있어 과학적 실험에서 사용하는 전략 중 절차 특성이 잘 나타난다.

### 2) 공학적 실험

표 4에 제시되어 있는 것과 같이 이 차시는 센 전자석을 만드는 것이 실험 목표이며, 이는 원하는 결

표 3. 과학적 실험으로 선정된 차시

단원명	6학년 1학기 7. 전자석
주제	전자석의 세기에 영향을 주는 요인 조사하기(6/9)
	▷ 전자석의 세기에 영향을 주는 요인들을 말할 수 있다.
학습 목표	▷ 전지의 수와 에나멜선을 감은 횟수를 변화시켜 전자석의 세기를 변화시킬 수 있다. ▷ 실험에 관련된 변인을 정확히 통제하여 전자석의 세기를 측정할 수 있다.
	1. 탐색 및 문제 파악
	↓
지도서에 제시된 수업의 흐름	2. 가설 설정 및 실험 설계
	↓
	3. 실험 수행 및 가설 검증
	↓
	4. 적용 및 새로운 발견

과나 흥미있는 결과를 얻는 것이 실험 목표인 공학적 실험의 목표와 부합한다. 또한, 결과에 직접적으로 영향을 미치는 원인으로 여겨지는 변인에만 초점을 맞추어 센 전자석을 만들게 되므로 공학적 실험에서 사용하는 전략 중 추론과 조사의 특성이 잘 나타난다.

### 3. 자료수집

연구 참여자에게 6학년 1학기 과학 7단원 6, 7차시의 수업을 관찰할 것임을 미리 안내하고, 학교 교육과정 편성 계획에 따라 각 차시의 수업이 이루어지는 시간에 각 실험 수업을 진행하도록 요청하였

표 4. 공학적 실험으로 선정된 차시

단원명	6학년 1학기 7. 전자석
주제	센 전자석 만들기(심화) (7/9)
학습 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 센 전자석을 만들 수 있는 조건을 말할 수 있다.</li> <li>▷ 센 전자석을 만들어 보고, 여러가지 방법으로 그 세기를 측정할 수 있다.</li> <li>▷ 변인 통제를 정확히 하여 직접 만든 전자석의 세기를 측정할 수 있다.</li> </ul>
지도서에 제시된 수업의 흐름	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">1. 센 전자석을 만들 수 있는 조건 예상하기</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">2. 센 전자석 만들기</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">3. 전자석의 세기 비교하기</div>

표 5. 과학적 실험과 공학적 실험에 대한 수업 과정 분석틀

실험 유형	수업 과정	과정 행동	코딩 기호
과학적 실험 (Science model)	전략	목표(Goal)	원인과 결과 사이의 관계를 이해하는 것을 실험 목표로 제시한다. Sg
	추론(Inferences)	제외 사항, 인과관계가 없는 변인이 결과에 미치는 영향도 알아볼 수 있는 불확실한 추론도 하도록 안내한다. Si	
	절차(Procedure)	각 주요 변인이 결과에 미치는 영향을 알아보도록 한다. Sp	
	조사(Search)	실행 가능한 모든 변인 조합을 실험하도록 안내한다. Ss	
	실험 종료(End)	조작할 수 있는 모든 변인의 체계적 검증이 끝나면 실험을 마친다. Se	
공학적 실험 (Engineering model)	전략	목표(Goal)	원하는 결과나 흥미있는 결과를 얻는 것이 실험의 목표임을 제시한다. Eg
	추론(Inferences)	포함관계, 인과관계에 있는 변인에 초점을 맞추어 추론하도록 한다. Ei	
	절차(Procedure)	대조적인 사례를 비교하도록 안내한다. Ep	
	조사(Search)	결과에 원인이 된다고 생각되어지는 변인에 초점을 맞추어 실험한다. Es	
	실험 종료(End)	원하는 결과를 얻으면 실험을 마친다. Ee	

다. 이 때 연구자는 연구의 목적을 드러내지 않는 범위 내에서 연구 참여자의 과학적 실험 수업과 공학적 실험 수업에 참석하여 실험 수업을 관찰·촬영하였다. 촬영을 위해 캠코더 1대와 소형 마이크가 사용되었다. 촬영한 실험 수업자료는 언어적인 것과 비언어적인 행동까지 전사하여 프로토콜을 생성하였다.

### 4. 자료 분석

자료 분석은 Schauble *et al.*(1991)의 과학적 실험과 공학적 실험에 대한 특성을 근거로 표 5와 같은 분석틀을 만들어 프로토콜을 분석하였다. 분석틀은 과학교육 전문가 3인과 과학교육 박사과정 6인이 참석한 세미나에서 타당도를 점검받았다. 코딩은 현장 교사 경력이 있고 과학교육을 전공하는 박사과정 1명과 연구의 목적을 잘 이해하여 코드에 대한 정의를 정확히 알고 있는 과학교육 전문가 1명에 의해 이루어졌다. 분석자 2인이 분석틀을 이용하여 각 프로토콜을 분석하였고, 한 차시의 프로토콜에 대한 분석이 끝날 때마다 서로의 분석 결과를 상호 비교하는 방식으로 분석이 이루어졌다. 이 때 분석자 2인의 분석 결과를 비교하여 분석자간 일치도를 구한 결과, Kappa 계수는 0.94였다. 분석자 2인의 의견이 다른 부분에 대해서는 과학교육 전문가 3인과 과학교육 박사과정 6인이 참석한 세미나에서 동료 연구자들의 의견을 묻는 동료보고(peer-debriefing)의 과정을 통해 분석 결과를 결정하였다.

### III. 연구 결과 및 논의

#### 1. 과학적 실험 수업에서의 수업 과정 분석

연구 참여자들의 과학적 실험 수업을 목표, 추론, 절차, 조사, 종료의 5가지 기준으로 분석한 결과는 표 6과 같다. 가, 나, 다, 라 교사는 과학적 실험 수업에서 목표, 추론, 절차, 조사, 종료의 과정이 잘 드러났다. 하지만 마 교사는 과학적 실험의 목표만 제시한 후 각 모듈별로 토의를 통해 실험을 설계·수행하도록 실험 수업을 운영하였기 때문에, 과학적 실험에서 마 교사가 의도한 추론, 조사의 과정은 살펴볼 수 없었다.

##### 1) 실험 목표

과학적 실험에서 가, 라, 마 교사는 원인과 결과 사이의 관계를 이해하는 것이 실험 목표임을 학생들에게 제시하였다. 이는 과학적 실험의 목표에 부합하는 것이다.

가 교사: 전자석의 세기는 무엇의 영향을 받을까요? 무엇과 관련이 있을까요?

라 교사: 전자석의 세기에 영향을 주는 것에는 뭐가 있을까요?

마 교사: 전자석의 세기에 영향을 주는 요인이 무엇 무엇인지 조별로 충분히 토의해 보세요.

하지만, 나, 다 교사는 실험 목표를 제시함에 있어 ‘어떻게 하면 전자석을 세게 할 수 있을까?’는 공학적 실험 목표와 ‘전자석의 세기는 무엇에 따라 달라질까?’는 과학적 실험 목표를 함께 제시하였다. 즉, 과학적 실험의 목표와 공학적 실험의 목표를 구별하지 못하고 혼동하고 있음을 알 수 있다.

표 6. 과학적 실험에서 연구 참여자들의 수업 과정 분석 결과

수업 과정	교사					
	가	나	다	라	마	
목표	Sg	Eg, Sg	Sg, Eg	Sg	Sg	
추론	Si	Si	Ei	Si	×	
절차	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	
조사	Es	Es	Es	Es	×	
실험 종료	Ee	Ee	Ee	Ee	Ee	

나 교사: 전자석이 어떻게 하면 세어지는지 알아 볼 거예요. (중략) 이게 다 전자석의 세기에 영향을 미칠까요?

다 교사: 전자석의 세기는 무엇에 따라 달라질까요? (중략) 전자석을 세게 하려면 어떻게 해야 될까요?

나, 다 교사와는 달리 마 교사는 학생들이 과학적 실험 목표를 공학적 실험 목표로 잘못 이해하자 실험 목표가 센 전자석을 만드는 공학적 실험 목표가 아닌 전자석의 세기에 영향을 주는 요인을 찾는 과학적 실험 목표임을 강조하였다.

마 교사: 지금 강한 전자석을 만드는 게 아니라 전자석의 세기에 영향을 주는 요인이 무엇인지 조별 토의를 통해서 찾아보는 거예요. 그리고 그것을 실험을 통해서 증명해 내는 겁니다.

실험 수업에서 무엇을 할 것인가에 대한 목표를 제시하는 것은 중요하며, 학생들이 실험의 목표를 알고 있을 때 실험의 효과는 증가한다(Hart *et al.*, 2000; Hofstein & Lunetta, 2004). 그러므로 과학적 실험 목표를 한 번 더 강조한 마 교사의 행동은 학생들로 하여금 과학적 실험의 목표를 명확하게 인식하도록 함으로써 학생들이 과학적 실험의 의미를 더 잘 이해하도록 도왔다(김희경과 송진웅, 2003; Hart *et al.*, 2000; Wilkenson & Ward, 1997)고 할 수 있다.

##### 2) 추론

과학적 실험에서 추론은 제외사항, 인과관계가 없는 불확실한 추론까지 강조한다. 가, 나, 라 교사는 학생들에게 전자석의 세기에 영향을 줄 수 있는 다양한 변인에 대하여 생각해 보도록 하고, 학생들이 발표하는 다양한 변인들이 전자석의 세기에 영향을 주는 변인이 될 수 있음을 언급한다. 이는 불확실한 변인까지 추론하는 과학적 실험의 추론이라 할 수 있다.

가 교사: 어떤 요인이 전자석의 세기에 영향을 줄까요? 추측해 보세요. (중략) 다 말하려고요? 다 관계가 있을지도 몰라요. (중략) (종이의 두께는 상관없다는 학생의 말에) 추측하는 거니까 상관없어요.

라 교사: 이 두 가지 말고 또 전자석의 세기에 영향을 주는 요인이 또 있을까요? (중략) 짐게 전선

의 길이나 수에 따라서도 전자석의 세기가 달라지지 않을까 생각할 수 있겠네요.

하지만 다 교사의 경우, 특별한 추론의 과정 없이 교과서에 제시되어 있는 변인에만 주목하도록 학생들에게 안내하였다.

다 교사: 에나멜선을 많이 감는다. 전지를 직렬로 많이 연결한다. 모두들 잘 알고 있네요. 교과서 사진에서 잘 나타내 주고 있어요.

또한 교사가 제시한 실험 목표가 과학적인가 공학적인가에 따라 학생들의 추론 결과가 달라졌다. 과학적 실험 목표를 제시한 가 교사의 학생들은 ‘쇠에 닿은 전기의 양’, ‘에나멜선 감는 횟수’, ‘굵기’, ‘쇠못의 녹슨 정도’, ‘쇠못의 길이, 굵기’ 등 전자석의 세기에 영향을 줄 수 있는 다양한 변인들을 추론했고, 공학적 실험 목표를 제시한 나 교사의 학생들은 ‘에나멜선을 많이 감는다’, ‘전지 수를 늘린다’, ‘전선의 수를 늘린다.’ 등 전자석을 세게 할 수 있는 방법을 추론했다. 즉, 과학적 실험에서 공학적인 목표를 제시한 교사의 학생들은 실험의 목표와 다른 추론을 하였음을 알 수 있다.

### 3) 조사

과학적 실험에서 조사는 실행 가능한 모든 변인 조합을 실험하도록 안내하는 것이다. 하지만 마 교사를 제외한 나머지 4명의 교사는 결과에 원인이 된다고 생각되어지는 변인에 초점을 맞추어 실험하는 공학적 실험의 조사를 사용하였다. 그러나 조사의 접근 방식에는 각 교사가 달랐다. 가, 다 교사는 교과서에 제시되어 있는 변인인 전지의 수와 에나멜선의 감은 횟수를 실험하도록 제시하였고, 나, 라 교사는 추론 과정에서 찾아낸 변인들 중 각 모듈에서 가장 관련이 있을 것이라고 생각되어지는 변인을 2~3가지 선택하여 실험하도록 하였다.

다 교사: 우리가 실험하려고 하는 것 첫 번째 실험 전류의 세기와 전자석의 세기를 실험하겠습니다. (중략) 이번에는 전지는 하나만 하고 50번, 100번, 150번으로 에나멜선의 감은 수를 달리 하여 차례대로 연결해서 실험합니다.

나 교사: 각 모듈에서 이 중에 ‘아 저거는 분명히 영향을 미칠 것 같아’ 라고 생각하는 것들을 네 가지 정도를 정해서 실험합니다.

하지만 나, 라 교사의 학생들이 선택한 변인도 대부분 교과서에 제시되어 있는 전지의 수와 에나멜선의 감은 횟수이고, 소수의 모듈에서만 쇠못의 굵기, 전지의 연결 방법 등 교과서에 나와 있지 않은 변인을 실험하였다. 이를 통해 연구 참여자들이 실험 활동을 교과서에 의존하여 전개하고 있음(고한중 등, 2002)을 알 수 있으며, 이러한 교과서에 의존한 실험 활동은 과학적 실험에서 과학적 실험의 조사전략을 사용하지 않는데 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 교과서에 의존한 실험 활동은 과학적 사고 능력을 제한하고, 과학적인 과정에 의해 탐구 능력을 개발할 수 있는 기회가 부족하다는 측면에서 초등 과학 교육의 문제점으로 지적되고 있다(양일호 등, 2004).

한편, 나 교사는 학생들이 추론한 모든 변인들을 실험으로 검증하여 전자석의 세기에 영향을 주는지 알아보아야 한다는 과학적 실험의 조사를 해야 한다는 것을 알고 있지만, 제한된 수업 시간으로 결과에 직접적인 원인으로 여겨지는 변인만 실험하는 공학적 실험의 조사를 하였다.

나 교사: 선생님이 써 놓은 모든 변인이 다 전자석의 세기에 영향을 미칠까요?

학생들: 아니요! 네!

나 교사: 아니요는 왜 아니요야? 전부 다 미칠 수도 있죠. 다 영향을 미치는지 안 미치는지는 너희들이 실험을 해 봐야 되는 부분이에요. 근데 한꺼번에 이걸 다 실험할 수 있을까?

또한, 과학적 실험의 추론에 의해 다양한 변인을 추론하지만 실험 준비물이 부족하여 과학적 실험의 조사를 하지 못하는 경우도 있었다.

나 교사: 근데 지금은 안타깝게도 쇠못의 굵기가 하나밖에 없어요. 그래서 오늘 이 부분은 실험하기가 힘들 것 같아요. 일단 쇠못의 굵기 변인은 빼고 실험할 거구요.

라 교사: 지금 사실 쇠못이 한 가지 밖에 없어요. 그래서 혹시 쇠못의 굵기에 따라서 전자석의 세기가 차이가 있을 수 있겠다 싶기는 하지만 지금 할 수는 없네요. (중략) 지금 에나멜선은 한 가지 종류밖에 없어요. 그래서 에나멜선의 굵기는 지금 하기가 어렵네요.

수업시간 부족이나 실험 준비물 부족은 교사의

교수 행동 요소의 선택 및 교사의 교수 전략에 영향을 주는 요소이다. 이러한 요인들로 인해 교사들이 문제 해결력이나 높은 수준의 과학적 사고력을 향상시키기 위한 실험 수업을 전개하지 못한다는 많은 연구 결과들이 있다(김재우와 오원근, 1998; 양일호 등, 2004; Hodson, 1996; Keys & Kennedy, 1999; Lee *et al.*, 2000). 또한, 이 연구에서는 수업시간 부족과 실험 준비물 부족으로 인하여 과학적 실험을 과학적 실험의 조사 전략으로 전개하지 못하였다. 따라서 효과적으로 실험 목표를 달성하기 위해서 실험 내용에 따른 적절한 시간의 분배와 충분한 실험 준비물의 준비가 중요함을 알 수 있다.

4) 실험 종료

과학적 실험에서 종료는 조작할 수 있는 모든 변인에 대한 체계적 검증이 끝나면 실험을 마치는 것이다. 하지만 연구 참여자들은 달성하고자 하는 실험 결과를 얻었을 때, 실험을 마치는 공학적 실험 종료를 하였다. 대부분의 교사들이 공학적 조사를 통해서 실험을 했기 때문에 공학적 실험 종료를 하는 것은 당연한 실험 수업의 흐름으로 생각되어진다. 이 때 정해진 수업시간 내에 실험을 마쳐야 한다는 시간의 압박으로 하고자 하는 실험을 충분히 하지 못하고(Lee *et al.*, 2000; Martens, 1992; Marx *et al.*, 1997) 실험을 마치는 경우도 있었다.

가 교사: 어느 정도는 실험이 진행된 것 같으니깐 실험을 마무리 하세요. 시간이 얼마 없어서 빨리 진행해야 될 것 같아요.

마 교사: 2분 주겠습니다. 정리하고 발표할 시간을 가져야 하니깐. 빨리 2분내 실험을 마무리하세요.

이와 같이 수업시간의 부족은 조사전략을 선택하는 것뿐만 아니라 실험을 종료하는 형태에도 영향을 주었다. 이를 통해 수업시간의 부족이 과학적 실험을 과학적 실험 접근법으로 전개하지 못하는 데 영향을 주는 요인 중의 하나임을 알 수 있다.

2. 공학적 실험 수업에서의 수업 과정 분석

연구 참여자들의 공학적 실험 수업을 목표, 추론, 절차, 조사, 종료의 5가지 기준으로 분석한 결과는 표 7과 같다. 가, 나, 다, 라, 마 교사는 공학적 실험 수업에서 공학적 실험 목표를 제시한 후, 결과의 원인이 되는 변인들을 실험 준비물로 제시함으로써

표 7. 공학적 실험에서 연구 참여자들의 수업 과정 분석 결과

수업 과정 \ 교사	가	나	다	라	마	
	목표	Eg	Eg	Eg	Eg	Eg
추론	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	
전략	절차	x	x	x	x	x
조사	Es	Es	Es	Es	Es	
실험 종료	x	Ee	Ee	Ee	Ee	

간접적인 방법으로 공학적 실험의 추론, 조사전략을 사용하였다. 하지만 모둠별로 센 전자석을 만들어보고 발표하는 활동으로 실험 수업이 진행되었기 때문에 교사가 의도하는 절차의 과정은 살펴볼 수 없었다. 또한, 가 교사는 수업 시간의 부족으로 실험을 끝내지 않고 수업을 마쳤기 때문에 실험 종료의 과정을 살펴 볼 수 없었다.

1) 실험 목표 제시

공학적 실험에서 연구 참여자들은 ‘모둠별로 센 전자석을 만들어 보자.’는 서로 비슷한 형태의 실험 목표를 제시하였다. 이는 원하는 결과를 얻는 것이 실험 목표인 공학적 실험의 실험 목표와 부합하는 형태이다.

가 교사: 이제 직접 센 전자석을 만들어 볼 거예요.

나 교사: 모둠별로 자기 모둠이 만들 수 있는 가장 센 전자석을 만든 다음에 핀을 가장 많이 들어 올린 모둠한테 자율 급식권을 주려고 해요.

다 교사: 여러분들이 생각했을 때 가장 센 전자석을 만들어 보세요.

과학적 실험에서는 과학적 실험 목표를 공학적 실험의 목표와 혼동하는 교사들이 있었지만, 공학적 실험에서는 공학적 실험 목표를 과학적 실험 목표와 혼동하는 교사가 없었으며, 모든 연구 참여자들이 공학적 실험에 맞는 실험 목표를 제시하였다. ‘센 전자석을 만들어 보자.’와 같은 공학적 실험 목표는 학생들로 하여금 의미있는 도전 의식을 가지게 하여 실험 목표를 달성하기 위해 실험에 적극적으로 참여하도록 하므로(Schank *et al.*, 1994), 공학적 실험의 실험 목표를 제시한 모든 연구 참여자들은 학생들로 하여금 공학적 실험 활동의 의미를 더 잘 이해하도록 도왔다고 할 수 있다.

## 2) 추론 및 조사

공학적 실험에서의 추론은 포함관계, 인과관계에 있는 변인을 강조한다. 연구 참여자들은 직접적으로 추론 및 조사전략을 학생들에게 제시하지는 않았지만, 결과의 원인이 되는 변인들을 실험 준비물로 제시함으로써 간접적인 방법으로 공학적 실험의 추론, 조사전략을 사용하였다.

가 교사: 선생님이 아주 대단한 몫을 준비했어요. (큰 몫을 보여준다.) 이 몫을 줄테니깐 전지는 딱 두 개만 사용해서 에나멜선을 많이 감아야겠지. 시간 제한이 있어요. 지금 시간이 없으니 딱 8분 줄 거예요. 8분 안에 센 전자석을 만들어서 모두들 대항할 겁니다.

마 교사: 오늘 시간에는 각 조마다 똑같은 길이의 에나멜선과 같은 개수의 건전지를 사용을 해서 가장 강한 전자석을 만듭니다. 이 외의 것들은 자기 마음대로 써도 돼요.

가, 나, 라, 마 교사는 전지의 수를 일정하게 제한했고, 가, 다 교사는 굵은 쇠못을 준비해서 그것을 이용하여 전자석을 만들도록 했다. 또한 마 교사는 에나멜선의 길이까지 제한하였다. 이렇게 전지의 수와 에나멜선의 길이를 제한하고 굵은 쇠못을 실험 준비물로 준비하였다는 것은 이러한 변인들이 센 전자석을 만드는데 영향을 주는 것이기 때문이다. 따라서 교사들은 이러한 제한 사항이나 준비물을 통해서 학생들이 인과관계에 있는 변인들을 추론하도록 했으며, 이들 변인에 초점을 맞추어 센 전자석을 만들도록 했다. 하지만 교사가 제한 사항이나 정해진 준비물을 학생들에게 제시한 것은 학생들 스스로 공학적 추론과 조사를 할 기회를 제한했다고 할 수 있다. 학생들의 추론능력의 발달은 과학 교육이 추구하는 주요한 목표 중의 하나이며(NRC, 1996), 효율적인 의사결정과정과 문제 해결 능력에 영향을 주는 능력이다(Williams *et al.*, 2004). 그러므로 교사가 제한 사항이나 준비물을 제시해 주는 것보다 학생들 스스로 센 전자석을 만들기 위한 방법을 추론하고, 추론한 방법을 이용하여 센 전자석을 만들어 보도록 안내하는 조사 전략이 학생들의 공학적 추론 및 조사 능력 향상을 돕는 전략이라고 생각된다.

## 3) 절차 및 실험 종료

공학적 실험에서의 절차는 대조적인 사례를 비

교하여 결과물의 문제점을 발견한 후, 재설계 과정을 통해 더 나은 결과물을 만드는 과정이다(Cobb *et al.*, 2003; Collings *et al.*, 2004). 하지만 모든 연구 참여자들이 센 전자석을 만들어보라는 실험 목표만 제시하고, 만들어진 전자석에 대해서 잘된 점과 잘못된 점을 바탕으로 재설계하는 과정을 학생들에게 안내하지 않았다. 공학적 실험의 절차에서 재설계의 과정을 생략하고 실험 수업을 진행하였기 때문에 초등학교의 단위 수업 시간이 40분임에도 불구하고 라 교사를 제외한 나머지 교사들은 공학적 실험 수업을 20~26분 정도에 마쳤다. 즉, 교사와 학생이 단순히 센 전자석이라는 결과물을 만들어내는데 초점을 두었고(Schauble *et al.*, 1991), 어떻게 해야 좀 더 센 전자석이 될 수 있는지, 왜 우리 조보다 다른 조의 전자석이 더 센지에 대한 분석을 통해 재설계하는 과정이 이루어지지 않았기 때문에(Cajas, 2001) 단위 수업 시간보다 짧은 시간에 실험 수업을 마친 것이다. 결과물에 대한 분석과정이 이루어지지 않으면 깊이있는 과학학습이 이루어지지 않는다(Barron *et al.*, 1998). 설계의 핵심요소인 시도와 실패(trial-and-error) 전략은 실패와 재설계의 반복을 통해 더 나은 결과물을 만드는데 반드시 필요한 과정이다. 따라서 공학적 실험에서 시도와 실패, 재설계의 과정은 필수적으로 지도해야 하는 요소이다(Cajas, 2001; Lewis, 2006).

라 교사: 클립이나 핀이 많이 붙은 개수를 확인했어요. 우리 반에서 가장 센 전자석은 누구네꺼죠? 내 일이에요. 전자석 성질을 이용한 장난감만들기를 해 보도록 하겠습니다.

실험 종료에 있어서 연구 참여자들은 모둠별로 만들어진 전자석에 클립이나 핀을 붙여 전자석의 세기를 비교하고, 가장 센 전자석을 뽑은 후 실험을 마쳤다. 이러한 형태의 실험 종료는 원하는 실험 결과를 얻으면 실험을 종료하는 공학적 실험에서의 종료 형태이다.

## IV. 결론 및 제언

이 연구는 과학적 실험과 공학적 실험에서 초등 교사들의 수업 과정을 분석하였다. 이 연구의 결과에 의하면 과학적 실험에서 연구 참여자 중의 일부



는 과학적 실험의 실험 목표와 공학적 실험의 실험 목표를 구분하지 못하고 혼동하였다. 또한, 연구 참여자가 제시하는 실험 목표의 형태에 따라 학생들의 실험에 대한 추론 형태도 달라졌다. 조사와 실험 종료의 형태는 모든 연구 참여자들이 공학적 실험의 조사를 사용하였고, 공학적 실험의 종료 형태로 실험을 종료하였다. 공학적 실험에서는 모든 연구 참여자들이 공학적 실험의 목표를 제시하였으며, 실험 목표를 달성하기 위해서 공학적 추론, 공학적 조사 전략을 간접적으로 사용하여 실험을 전개하였다. 실험 종료는 원하는 결과를 얻었을 때 실험을 종료하는 공학적 실험의 종료를 하였다. 하지만 공학적 실험의 절차 과정에서 설계의 핵심 과정인 시도와 실패(trial-and-error), 재설계(redesign)의 과정이 나타나지 않고 단순히 결과물을 만드는 것에만 초점을 두고 실험이 이루어져, 의미있는 공학적 실험이 이루어졌다고는 할 수 없다. 이를 통해 초등 교사들이 공학과 설계에 대한 이해가 부족함을 알 수 있다.

위의 연구 결과들은 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 과학적 실험과 공학적 실험이 달성하고자 하는 실험 목표의 차이를 인식할 수 있는 교사 교육이 이루어져야 한다. 이러한 내용의 교사 교육을 통해 초등 교사들이 과학적 실험과 공학적 실험을 바르게 이해하고, 각각의 실험 목표를 달성하기 위해 적절한 추론, 절차, 조사, 종료 전략이 무엇인지 이해할 수 있을 것이다. 둘째, 과학적 실험과 공학적 실험에서의 핵심 과정이 무엇인지에 대한 교사 교육이 이루어져야 한다. 과학적 실험의 핵심 과정은 학생들이 다양한 변인을 스스로 추론하고, 자신이 추론한 변인을 직접 검증해 보는 것이고, 공학적 실험의 핵심 과정은 시도와 실패(trial-and-error), 재설계(redesign)의 반복을 통해 더 나은 결과물을 만드는 것이다. 학생들은 과학적 실험과 공학적 실험의 핵심 과정을 경험함으로써 각 실험의 목표를 달성할 수 있으므로 교사는 과학적 실험과 공학적 실험의 핵심 과정이 과학적 실험 수업과 공학적 실험 수업에 나타나도록 실험 수업을 설계해야 할 것이다. 셋째, 사전 실험, 사고 실험의 중요성에 대한 교사 교육이 이루어져야 한다. 교사는 사전 실험, 사고 실험을 통해 실험을 할 때 소요되는 시간과 필요한 준비물을 예상하고 이를 확보해야 한다. 이러한 과정을 통해 확보된 여유있는 실험 시간과 다양한 실험 준비물은 학생들로 하여금 다양한 변인을 추

론하고, 추론한 변인을 직접 검증해 볼 수 있는 기회를 제공할 것이다.

## 참고문헌

- 고한중, 전경문, 노태희(2002). 제7차 교육과정에 의한 초등학교 과학 교과서의 STS 내용분석. *초등과학교육*, 21(2), 289-296.
- 김재우, 오원근(1998). 중학생의 교과서 실험 수행에서 나타난 문제점: 실험 목표와 관련 변인 인식 및 인식한 목표와 도출된 결론의 관련성. *한국과학교육학회지*, 18(1), 35-42.
- 김진수(2007). 기술교육의 새로운 통합교육 방법인 STEM 교육의 탐색. *한국기술교육학회지*, 7(3), 1-29.
- 김희경, 송진웅(2003). 과학 실험의 목적에 대한 중학생들의 인식 조사. *한국과학교육학회지*, 23(3), 254-264.
- 양일호, 서형두, 정진우, 권용주, 정재구, 서지혜, 이해정(2004). 초등 과학 교사들이 수업에서 나타나는 교수 행동 요소와 수업 유형 분석. *한국과학교육학회지*, 24(3), 565-582.
- 이기준, 이병기(1996). 공학과 과학과 기술의 개념. *공학교육*, 2(4), 5-7.
- 전세경(2010). 2009 개정 교육과정을 통해 본 실과 교과에 대한 도전과 전망. *한국실과교육학회지*, 23(1), 1-28.
- 조승호(2002). 중등교육과 공학기술. *공학교육*, 9(2), 26-28.
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks of scientific literacy*. New York: Oxford University Press.
- Barron, B. J., Schwartz, K. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L. & Bransford, J. D. (1998). Doing with understanding : Lessons from research on problem-and project-based learning. *The Journal of the Learning Sciences*, 7(3&4), 271-311.
- Baumgartner, E. & Reiser, B. J. (1997). Inquiry through design: Situating and supporting inquiry through design projects in high school science classroom. *Paper presented at annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, Oak Brook, Illinois.
- Baumgartner, E. (1999). Designing inquiry: contextualizing teaching strategies in inquiry-based classrooms. *Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association*, Montreal, Canada.
- Benenson, G. (2001). The unrealized potential of everyday technology as a context for learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 730-745.
- Bloch, E. (1996). National Research Council. *The New Engineering Research Centers : Purposes, goals, and expectations*. National Academic Press.

- Brochway, D., Bartus, G. & McGrath, B. (2008). Engineering connections for middle school science teachers. American Society for Engineering Education Mid-Atlantic, Hoboken, NJ, October 2008.
- Cajas, F. (2001). The science/technology interaction: Implications for science literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 715-729.
- Cobb, P., Confrey, J., DiSessa, A., Lehrer, R. & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Collins, A., Joseph, D. & Bielaczyc, K. (2004). Design research: Theoretical and methodological issues. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15-42.
- Constantinou, C., Hadjilouca, R. & Papadouris, N. (2010). Students' epistemological awareness concerning the distinction between science and technology. *International Journal of Science Education*, 32(2), 143-172.
- Crismond, D. (2001). Learning and using science ideas when doing investigate and redesign task: A study of naive, novice, and expert designers doing constrained and scaffolded design work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 791-820.
- Edelson, D. C. (2001). Learning-for-use: A framework for the design of technology-supported inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(3), 355-385.
- European Commission (2004). Europe needs more scientists. Increasing human resources for science and technology in Europe. *Report of the high level group chaired by Josee Mariano Gago*.
- Gall, M. D., Gall, J. P. & Borg, W. R. (2003). *Educational research* (7th ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Hart, C., Mulhall, P., Berry, A., Loughran, J. & Gunstone, R. (2000). What is the purpose of this experiment? Or Can students learn something from doing experiment? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.
- Hodson, D. (1996). Practical work in school science: Exploring some directions for change. *International Journal of Science Education*, 18(7), 755-760.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- International Technology Education Association (2000). Standards for technological literacy: Content for the study of technology. Reston, V.A.: International Technology Education Association. Washington, DC: National Academy Press.
- Kanter, D. E. (2010). Doing the project and learning the content: designing project-based science curricula for meaningful understanding. *Science Education*, 94(3), 525-551.
- Keys, C. W. & Kennedy, V. (1999). Understanding inquiry science teaching in context-A case study of elementary teacher. *Journal of Science Teacher Education*, 10(4), 315-333.
- Kolodner, J. L. (2002). Facilitating the learning of design practices: Lessons from an inquiry into science education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 39(3), 9-49.
- Krajcik, J. S., McNeill, K. L. & Reiser, B. J. (2008). Learning-goals-driven design model: Developing curriculum materials that align with national standards and incorporate project-based pedagogy. *Science Education*, 92(1), 1-32.
- Lee, K. W. L., Tan, L. L., Goh, N. K., Chia, L. S. & Chin, C. (2000). Science teachers and problem solving in elementary schools in Singapore. *Research in Science and Technological Education*, 18(1), 113-26.
- Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technology education in the curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(3), 255-281.
- Martens, M. L. (1992). Inhibitors to implementing a problem-solving approach to teaching elementary science-case study of a teacher in change. *School Science and Mathematics*, 92, 150-156.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S. & Soloway, E. (1997). Enacting project-based science. *The Elementary School Journal*, 97(4), 341-358.
- Marx, R. W., Blumenfeld, P. C., Krajcik, J. S., Fishman, B., Soloway, E. & Geier, R. (2004). Inquiry-based science in the middle grades: Assessment of learning in urban systemic reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1063-1080.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Rivet, A. & Krajcik, J. S. (2004). Achieving standards in urban systemic reform: An example of a sixth grade project-based science curriculum. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 669-692.
- Rohaan, E. J., Taconis, R. & Jochems, W. M. G. (2010). Reviewing the relations between teachers knowledge and pupils attitude in the field of primary technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 20, 15-26.
- Roth, W. M. (2001). Learning science through technological design. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 768-790.
- Schank, R. C., Fano, A., Bell, B. & Jona, M. (1994). The design of goal-based scenarios. *Journal of the Learning Sciences*, 3, 305-346.
- Schauble, L., Klopfer, L. E. & Raghavan, K. (1991). Stu-

- dents' transition from an engineering model to a science model of experimentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 850-882.
- Seiler, G., Tobin, Kenneth. & Sokolic, J. (2001). Design, technology, and science: Sites for learning, resistance and social reproduction in urban schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 746-767.
- Vincenti, W. G. (1990). *What engineers know and how they know it*. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Wilkinson, J. W. & Ward, M. (1997). The purpose and perceived effectiveness of laboratories work in secondary school. *Australian Science Teachers Journal*, 43(2), 49-55.
- Williams, W. M., Papierno, P. B., Makel, M. C. & Ceci, S. J. (2004). Thinking like a scientist about real-world problems: The Cornell Institute for Research on Children Science Education Program. *Applied Developmental Psychology*, 25, 107-126.