

초등학교 과학 실험 수업 분석

양일호 · 정진우 · 허명[†] · 김영신[‡] · 김진수 · 조현준 · 오창호

(한국교원대학교) · (이화여자대학교)[†] · (경북대학교)[‡]

An Analysis of Laboratory Instructions in Elementary School Science

Yang, Il-Ho · Jeong, Jin-Woo · Hur, Myung[†] · Kim, Young-Shin[‡] · Kim, Jin-Soo ·

Cho, Hyun-Jun · Oh, Chang-Ho

(Korea National University of Education) · (Ewha Womans University)[†] · (Kyungpook National University)[‡]

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze laboratory instructions used in elementary school science lessons by utilizing an analysis instrument for science laboratory instruction(AISLI). This analysis instrument was comprised of 3 elements; the aim of the laboratory activity, the interaction generated, and the inquiry process. There were also a total of 20 sub-categories and its validity was identified at 0.89 by four science educators. For the purposes of this study, 90 laboratory instructions were video-recorded, then transcribed. Laboratory instructions were analyzed by three analyst teams, and the inter-rater reliability within teams was checked through Pearson correlation, with a score of 0.91. The results of this study were as follows: the two principle aims of laboratory activity, namely, to acquire declarative knowledge and to increase attitudes toward science, were observed to be in evidence in 98.9% and 92.2% in laboratory instructions, and the levels of categories of the interaction and inquiry processes were situated at level-1. The implications of these results are that laboratory instructions currently in use do not place sufficient demands upon students' scientific thinking and are not at all conducive to student-centered activities. Therefore in order to remedy this situation, the usefulness of current science laboratory instructions need to be re-evaluated.

Key words : science laboratory instructions, aims of laboratory activity, interaction, inquiry

I. 서 론

오늘날 지식·정보화 사회에서 습득해야할 지식이 폭발적으로 증가하는 상황 속에서 학습자에게 개념 위주의 과학 지식(declarative knowledge)을 습득시키는 교육 방식은 이미 한계에 부딪치고 있고, 이러한 변화된 환경에 적응하려는 과학교육계의 움직임이 활발해지고 있다. 즉, 학습자에게 과학 지식 획득과 함께 탐구적 실험 활동을 통한 과학적 사고의 향상을 과학교육의 주요 목표로 삼고(교육부, 1997; National Research Council, 2000), 과학의

과정을 통해 과정 지식(procedural knowledge)을 과학 지식과 함께 가르치고자 하는 것이다. 과학의 과정이 단순 사실이나 지식보다는 분석, 종합, 평가와 같은 고급 사고 기능을 신장시키고, 논리적 분석과 추리를 통한 발견의 기쁨을 누릴 수 있게 하기 때문이며(박수경, 2005), 이러한 교수-학습을 통해 과학적이고 합리적인 사고를 하는 과학적 소양을 갖춘 인재를 육성하려는 것이다.

다양한 과학 교수-학습 활동 중에서 특히 탐구적 실험 활동은 과학을 공부하는 학생들에게 자연 현상에 대한 접근 방법을 제공할 수 있는 과학 교육

이 논문은 2004년 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음.(KRF-2004-074-BS0039)

2006.6.7(접수), 2006.7.13(1심통과), 2006.7.24(최종통과)

E-mail: altal93@hanmail.net(조현준)

의 핵심적 요소로서 매우 중요한 위치를 차지하고 있으며(Swain *et al.*, 1999), 과학적이고 합리적 사고의 향상을 위한 중심적인 교수-학습 활동으로 인식되고 있다(Garnett *et al.*, 1995; Hofstein, 2004). 이러한 실험 활동은 신경학적 측면에서도 이미 효과가 검증되어 과학 교수-학습은 실험 활동을 통해 이뤄져야 한다는 이론적 근거가 형성되어 있으며(권용주와 Lawson, 1999), 이에 따라 NRC(1996)는 과학 교수-학습은 언어적인 설명보다는 실험 활동 중심으로 가르치기를 제안하고 있다.

이러한 실험 활동은 약 200여 년 전 영국의 왕립 학교에 실험실이 설치되면서부터 과학 교수-학습에 본격적으로 자리매김하게 되었으며(Lazarowitz & Tamir, 1994) 지금까지 과학 교육자들에 의해 실험을 통한 학습이 학생들에게 많은 이점을 줄 수 있다고 주장되어 왔다(Hofstein & Lunetta, 2004; Lunetta, 1998; Tobin, 1990).

그러나 이러한 주장에도 불구하고, 최근 실험 수업에 대한 회의적인 견해들이 나타나고 있으며, 실험 수업에 대한 재고가 이뤄져야 한다는 비판의 목소리가 커지고 있다(NRC, 1996; Lunetta, 1998).

즉, 실험에서 학생들의 과학적 사고를 자극하는 활동(mind-on activity)이 강조되어야 하며(Gunstone, 1991), 학생의 생각에 대한 충분한 피드백을 주어야 함에도(Barron *et al.*, 1998) 불구하고, 대다수의 학교에서 이러한 기회가 주어진다든 증거를 보여주지 못하고 있다는 것이다(Tobin, 1990). 게다가 학생들은 과학 실험 방법을 마치 일련의 절차로 이루어진 보편적 절차에 따라 수행만 하면 되는 이른바 요리책식 실험을 하고 있다(Germann *et al.*, 1996; Germann & Odom, 1996; Roth, 1994; Wellington, 1998). 심지어 실험 학습을 위한 적절한 설계가 이루어지지 않아 인지 능력 개발과 향상의 기회가 제공되지 않는다는 지적도 있다(Baird, 1998; Keys *et al.*, 1999).

이러한 실험 활동에 대한 비판적 견해도 불구하고, 실험은 과학 교수-학습에서 독특한 교수-학습 활동으로서 여전히 중요한 역할을 하고 있으며, 더 이상 실험이 단순히 요리책을 따르는 형태가 되어서는 안된다는 데에 많은 과학 교육자들이 동의하고 있다(Solomon, 1999).

그러나 이러한 견해만으로는 일선 현장의 과학 실험 수업 개선을 위한 노력에 도움이 되지 못한다. 다만 실험 수업의 결과가 부정적인 것이 되지 말아

야 한다는 구호에 그칠 뿐이다. 따라서 학교 과학 실험 수업이 어떻게 이루어지고 있는지 체계적이고 비판적인 분석을 통해 진단을 해 보고 그 원인과 대책에 대한 깊은 논의가 필요하다.

그럼에도 불구하고, 실험 수업 분석에 대한 선행 연구는 그리 많지 않으며, 그 대부분은 실험 수업의 한 가지 상황에 초점을 두고 이뤄진 것이다. 외국의 경우, 실험 수업에서 소집단 내의 상호 작용과 협동 학습의 효과에 대한 연구(Chang & Lederman, 1994), 실험 수업에서 학생 활동들의 약점(weakness)과 이에 대한 보완을 제시한 연구(Chin, 2003), 탐구 수준을 분석한 연구(Dana, 2001; Luft, 1999)가 있다. 국내에는 실험 수업에 초점을 두고 이뤄지기보다는 전반적인 과학 수업에 대한 분석이 주를 이루고 있었다. 초등학교 과학과 실험 및 관찰 수업의 사례를 분석하여 과학 수업의 문제점을 제시한 연구(정은영과 홍미영, 2004), 전반적인 과학 수업에 대한 분석(곽영순, 2003; 곽영순과 김주훈, 2002)으로 탐구 과정 측면(김영신, 2003)이나, 탐구 수준을 평가한 연구(이근준과 정진우, 2004), 상호 작용 측면에 관한 연구(성숙경, 2005; 이현영 등, 2002; 최경희 등, 2004), 실험 수행에 초점을 둔 연구(김재우와 오원근, 1998) 등이 그것이다.

그러나 이 연구들이 실험 수업의 문제점에 대한 체계적인 이해를 주기에는 부족한 면이 있다. 지금까지 실험 수업 분석에 대한 연구는 실험 수업 설계에 있어서 핵심적 요인으로 고려되고 있는 실험 목적(Gupta, 2001)에 대한 분석은 이뤄지지 않았으며, 다양한 요소들이 복합적으로 영향을 미치는 실험 수업을 한 가지 변인으로만 접근하였기 때문에, 실제 실험 수업에서 나타나는 다양한 요인을 이해하기에 충분한 정보를 제공하지 못하였다(McComas, 1999).

따라서 실험 수업에 대한 체계적인 관찰을 위해서는 한 변인이 아닌 다양한 변인을 통해 다각적인 검토가 이뤄질 필요가 있다.

이를 위하여, 이 연구를 통해 양일호 등(2005a)이 개발한 실험 수업 도구를 이용하여 초등학교의 실험 수업을 분석하고 그에 따른 교육적 시사점을 얻고자 하였다.

II. 연구 방법 및 절차

1. 자료 수집 및 연구 대상

이 연구는 초등학교 실험 수업을 분석 대상으로 하였으며, 자료 수집 기간은 2005년 3월부터 7월까지이다. 연구자는 실험 수업을 관찰할 수 있도록 연구 목적이 드러나지 않는 범위 내에서 실험 수업 관찰을 요청하였으며, 자신의 수업 관찰을 허용한 초등 교사들의 수업을 관찰·촬영하였다. 이와 함께 모든 수업에서 연구자는 녹화하기 어려운 학급의 분위기나 교사의 태도 등 수업에 영향을 줄 사항들은 Field note를 작성하였다.

이 기간 동안 모두 100차시 분의 실험 수업을 녹화하였으나, 촬영상의 오류로 인한 10차시 분의 수업을 제외한 90차시의 수업을 분석 대상으로 하였으며, 분석 대상 수업을 제공한 교사들의 경력별, 전공별 자료는 표 1과 같다.

2. 자료 처리 및 분석

녹화된 수업은 교사 행동과 학생 활동을 중심으로 언어적인 것과 비언어적인 행동까지 전사하여 프로토콜을 생성하였다. 이 프로토콜과 녹화된 자료를 바탕으로 기 개발된 실험 수업 분석 도구(양일호 등, 2005a)로 자료를 분석하였다.

자료 분석은 현장 교사 경력이 있고 과학교육을 전공하는 석·박사과정 6명이 분석팀을 이뤄 진행하였다. 신뢰성 있는 분석을 위해 여러 차례의 워크숍을 통하여 일관된 분석 관점을 갖도록 하였다. 워크숍은 개개인의 분석자가 분석틀을 이용하여 한 차시 씩 분석한 후 이를 상호 비교하는 방식으로 이뤄졌으며, 이 때의 분석자간 신뢰도는 평균 0.79였다. 분석자 상호간 이견이 있는 항목은 분석틀에 의한 기준을 바탕으로 합의를 거쳐 객관적인 기준을 마련하였다.

이 워크숍을 통해 분석에 필요한 공동의 기준을 마련한 후, 2인 1조로 팀을 나누어, 각각 30차시씩 나눠 분석하였으며, 분석이 끝난 후 분석팀 간의 분석에 관한 신뢰성을 확인하기 위해 분석팀간 일치도(inter-rater reliability) 분석을 하였다. 일치도 분석은 전체 90차시의 수업 내용 중에서 10% 분량인 9차시의 수업을 무작위로 샘플링하여 분석팀 간 교차하여 분석하였으며, 팀 간의 분석 일치도는 0.91이다.

3. 수업 분석 도구 및 결과 처리

과학 실험 수업을 분석하기 위한 분석 도구는 양일호 등(2005a)에 의해 개발된 것으로 실험의 목적, 상호 작용, 탐구 과정 측면으로 크게 3개의 대범주로 구성되어 있으며, 10가지 차원과 20가지 하위 항목으로 구성되어있으며, 이 도구의 타당도는 0.89이다¹⁾.

표 2와 같이, 실험 수업 분석 도구는 분석자가 수업과 전사본을 보면서 실험 수업을 바로 분석할 수 있도록 체크리스트 형식으로 구성되어 있고, 체크된 결과는 각 범주별로 나누어 결과를 분석할 수 있도록 되어 있다. 실험의 목적 범주는 각 항목의 빈도를 체크하여 실험 수업이 추구하는 목적이 무엇인지를 확인하는 데 목적이 있으며, 두 번째 범주와 세 번째 범주는 0부터 3의 네 단계를 구분하여 체크한 후 점수를 합산하도록 되어 있다. 이를 통해 상호 작용과 탐구 과정의 수준은 각각 I수준, II수준, III수준으로 구분된다(표 3).

표 3에서, 상호 작용 I수준(0~5점)으로 분석된 수업은, 교사의 발문이 학생들에게 낮은 사고 수준을 요구하고 있으며, 실험 활동을 교사의 직접적인 지시나 지도에 의해 진행되는 수업을 의미한다. 또 학생들은 교사의 지시에만 따르고 질문을 거의 하

표 1. 수업 제공자의 경력과 전공

성별		경력별(년)					전공별*		계(명)
남	여	1~5	6~10	11~15	16~20	20이상	과학	기타	
20	70	29	39	8	11	3	20 (중등 화학교육 1명 포함)	70	90

학부 심화별 구분: 교육학 1명, 초등교육 7명, 국어 6명, 도덕 2명, 사회 7명, 수학 9명(중등 수학 전공 1명 포함), 실과 5명, 체육 4명, 음악 16명, 미술 4명, 영어 5명(영문학 전공 1명 포함), 컴퓨터(전산) 2명, 유아교육 2명.

1) 분석 및 평가 기준, 상호 작용 수준, 탐구 과정 수준 분류 등 자세한 사항은 초등과학교육, 24(5), 504-517의 본문과 부록1과 2를 참고하기 바람.

표 2. 실험 수업 분석 도구(양일호 등, 2005a)

대범주	차원	하위 항목	체크			
			0	x		
실험의 목적	과학 지식	1. 선연적 지식을 습득하도록 하는가? 2. 절차적 지식을 습득하도록 하는가?				
	과학 태도	3. 과학에 대한 흥미 있는 태도를 습득하도록 하는가? 4. 과정에 대한 합리적인 태도를 습득하도록 하는가?				
	탐구 능력	5. 탐구 기능이 향상되도록 유도하는가? 6. 과학적 사고력을 향상시킬 수 있는가?				
	과학의 본성	7. 과학 지식의 불확정성을 확인할 수 있도록 하는가? 8. 과학자의 연구 과정과 역할을 인식할 수 있도록 하는가?				
대범주	차원	하위 항목	점수			
			0	1	2	3
상호 작용	교사와 학생의 상호 작용	1. 교사의 발문은 발산적 사고를 유도하는가? 2. 학생의 활동에 촉진적 역할을 하는가? 3. 교사는 학생의 질문을 잘 경청하고 충분한 답변을 해 주는가?				
	학생과 학생의 상호 작용	4. 학생들의 토의과정이 있는가? 5. 실험 활동 중에 협력이 잘 이루어지는가?				
총 점		점	상호 작용 수준			
대범주	차원	하위 항목	점수			
			0	1	2	3
탐구 과정	문제 제기 및 예상	1. 실험과 관련된 적절한 현상 제시 및 문제 제기가 있는가? 2. 학생에 의한 가설 형성이나 예상의 과정이 있는가?				
	실험 설계와 수행	3. 학생에 의한 실험 설계 및 수행이 이루어지게 하는가?				
	자료의 기록 및 해석	4. 실험 결과를 효과적으로 기록 및 표현하는가? 5. 실험 결과에 근거하여 결론이 적절하게 도출되도록 유도하는가?				
	반성적 사고 및 평가	6. 실험 후 과정에 대한 평가 및 개선안을 제시하는가? 7. 실험 수업과 관련된 평가가 효과적으로 이루어지는가?				
총 점		점	탐구 과정 수준			

표 3. 상호 작용과 탐구 수준 분류(양일호 등, 2005a)

상호작용 수준	총 점	탐구과정 수준	총 점
상호작용 I	0~5	탐구과정 I	0~7
상호작용 II	6~10	탐구과정 II	8~14
상호작용 III	11~15	탐구과정 III	15~21

지 않으며, 학생 간 토의 과정이나 협력 정도가 약한 수업으로 분류된 것이다. 상호 작용 II수준(6~10점)으로 분류된 수업은 교사가 가끔씩 발산적 발문을 사용하고 학생들의 실험 활동에 대해 스스로 수정-보완이 일어날 수 있도록 유도하며, 학생-교사 사이에 간단한 질의 응답 과정이 나타난다. 학생들은 1~2차례의 토의 과정을 진행하며, 실험 활동 중 자신에게 주어진 역할을 책임 있게 수행하고 있는

수업이다. 상호 작용 III수준(11~15점)의 수업은 교사가 수업시간을 통해 학생들이 다양한 사고를 할 수 있도록 발산적 발문을 많이 하며 학생들은 교사의 유도에 의해 학생 스스로 의사교환을 통해 실험 수행을 할 수 있도록 진행된다. 또한 교사와 학생과 질의 응답이 많이 있고 학생들은 서로 협조적인 자세로 실험에 적극적으로 참여하는 실험수업이다.

탐구 과정 I 수준(0~7점)으로 분류된 실험 수업은 문제 제기를 교사가 하며 학생들의 가설 생성이나 예상 활동이 없고, 실험 설계는 주로 교사나 학습자료 등에 의해 주어진다. 실험 결과의 기록 및 표현이 일률적이며 결론은 교사에 의해 정리된다. 실험 수업 후 학생들의 실험 과정에 대한 반성이나 평가 과정이 이루어지지 않는 수업이다. 탐구 과정 II수

준(8~14점)은 문제 제기와 예상(가설 설정 활동)이 교사에 의해 이뤄지거나 실험 설계는 학생이 진행하는 수업이다. 실험 결과의 기록 및 해석 과정에서 교사가 학생들의 표현 및 해석을 유도한다. 실험 수업 후 과정에 대한 반성과정은 학생대신 주로 교사가 언급하고 평가는 단순 지식 위주의 평가를 진행하는 수업이다. 탐구 과정 III수준(15~21점)으로 분류된 수업은 학생들이 문제를 제기하고, 가설이나 예상활동 및 실험 설계를 진행한다. 실험 결과의 해석 및 표현도 학생들이 토의를 통해 이뤄지며, 실험 수업 과정에서 교사의 다양한 방식의 평가가 이뤄지는 수업이다.

4. 연구의 한계 및 의의

여기서 각 범주별 점수에 의해 높은 수준의 실험 수업으로 분석되었다 할지라도 이것이 곧 더 좋은 수업이라는 의미는 아니며 따라서 낮은 수준의 실험 수업이라 할지라도 그 수업이 나쁜 수업을 의미하는 것은 아니다. 왜냐하면, 이 연구에서 사용하는 분석 도구를 통해서만 과학 수업 전·후 흐름 상 갖는 교사의 의도를 알 수가 없기 때문이다. 또한, 교사와 상호 작용하는 학생의 지적 수준 등의 인지적 특성, 학생의 학습 동기와 의욕 등의 정의적 특성, 학습당 인원 수, 적절한 실험 장비 및 도구 등의 물리적 환경, 차시 내용에 따른 교사의 지도 의도 등 수업에 영향을 줄 수 있는 다양한 변인이 작용될 수 있기 때문이며, 이 변인들이 수업 분석 도구를 통해 감지될 수 없기 때문이다.

따라서 이 연구는 과학 수업에 대한 전반적인 평가가 아니며, 실험 수업 분석들에 포함되어 있는 실험 목적 측면, 상호 작용 측면, 탐구 과정 측면에서 실험 수업이 어떻게 진행되고 있는지 체계적인 분석을 통해 세 가지 측면에 대한 진단을 하는데 그 의의가 있다.

III. 결과 및 논의

1. 실험 목적 측면

표 4. 실험의 목적 항목별 분석 결과

	항목 1	항목 2	항목 3	항목 4	항목 5	항목 6	항목 7	항목 8
차시	89	25	83	19	46	16	4	3
비율(%)	98.9%	27.8%	92.2%	21.1%	51.1%	17.8%	4.4%	3.3%

실험의 목적 범주에서는 4개의 하위 차원과 8개의 하위 항목으로 분석하였다(표 2). 전체 90차시의 실험 수업을 하위 항목별로 교사가 실험 수업을 통해 어떠한 항목이 달성되도록 의도하고 지도하였는지를 분석하였다.

표 4를 보면, 전체 실험 수업 중 98.9%의 수업에서 1번 항목인 ‘선언적 지식의 습득’이 나타나고 있어 현재의 실험 수업은 과학적 사실이나 개념 등의 과학 지식의 습득 위주로 진행되고 있음을 암시하는 것이다.

그리고 92.2%의 수업에서 ‘과학에 대한 태도 향상’이 관찰되었다. 이는 ‘선언적 지식의 습득’과 함께 ‘과학에 대한 긍정적인 태도의 향상’에 초점을 두고 진행되고 있음을 나타내는 것인데, 이것은 초등학교의 과학에 대한 긍정적 태도를 갖도록 하기 위해서는 실험이 많이 이뤄져야 한다는 연구(김영신과 양일호, 2005)를 통해 보았을 때, 긍정적인 현상으로 볼 수 있다.

그러나 과학 탐구 기능(목적 5)은 51.1%로 절반 정도의 수업에서 관찰되었다. 과학 탐구 기능은 7차 교육 과정에서 강조되고 있고 초등교사들 또한 과학 탐구 능력을 가장 중요한 실험 목적으로 지적하고 있으나(조현준, 2006), 이와 직접적으로 관련된 항목인 절차적 지식(항목 2)이 27.8%, 과학 탐구 기능(항목 5)의 관찰 빈도는 선언적 지식(98.9%)과 과학에 대한 태도(92.2%)에 비해 매우 적게 나타났다. 이 결과는 과학 교육 전문가 집단과 초등 교사들이 초등 수준에서 과학 탐구 능력이 가장 중요한 실험 목적으로 제시하였고, 선언적 지식은 초등 수준의 실험 목적들 중 상대적으로 낮게 인식한 것(양일호 등, 2006a, 2006b)과 대치된다²⁾. 즉, 초등 교사들이 교육 과정에 제시되어 있는 과학 탐구 능력의 중요성을 인식하고 있으나 실제 수업에서는 크게 반영하지 않음을 알 수 있다.

목적 7(과학 지식의 불확정성을 확인할 수 있도록 하였는가?)과 목적 8(과학자의 연구 과정과 역할을 인식할 수 있도록 하였는가?)은 실험 수업에서 과학 본성에 대한 내용이 다루지고 있는지에 대

한 항목들이다. 학생들의 과학 본성에 대한 이해는 학생들이 사회 생활 속에서 겪게 될 다양한 문제들에 대해 합리적인 의사 결정을 내리는 데 필수적이며(Meichtry, 1992), 과학 본성에 대한 교육은 저학년에서부터 연계적으로 학습되어야 할 필요가 있는 내용이다(Lederman & O'malley, 1990).

이 항목에 대한 분석 결과는 각각 4.4%와 3.3%로 다른 항목에 비해 적게 관찰되었다. 이는 중등학교 과학 실험수업 분석 결과(김민경, 2006)와도 비슷하다. 김민경(2006)은 이 연구에서 사용한 분석 도구를 가지고 중등학교 실험 수업을 같은 방법으로 분석한 결과, 선언적 지식에 관한 목적 1의 빈도가 90.5%, 과학 지식의 불확정성에 관한 목적 7에 대한 빈도가 4.8%, 과학자의 역할에 관한 목적 8에 대한 빈도가 14.3%임을 제시하고 있다. 목적 8의 빈도가 김민경(2006)의 결과에 비해 대체로 적은 비율을 보이지만 전체 8개의 항목 중 과학 본성 측면은 낮은 빈도를 보이고 있는 것이다. 이것은 여전히 선언적 지식이 현재 실험 수업에서 핵심적인 비중을 차지하고 있고, 그 결과 학생들이 과학 본성에 대한 이해의 기회가 거의 주어지지 않고 있음을 시사하는 것이다. 양일호 등(2005b)의 연구에서와 같이, 과학 실험 수업에 교사 자신의 과학 본성에 대한 인식과 신념이 발현되기보다는 교육 과정에서 제시하는 개념과 지식의 지도에 충실했기 때문인 것으로 보인다.

우리나라 교육 과정에서 과학 본성에 대한 측면은 가르쳐야 할 내용으로 소개되어 있지 않지만, 미국을 비롯한 호주, 캐나다, 뉴질랜드, 그리고 영국 등의 모두 8개 개혁 문서와 과학 교육 과정 관련문서에서 초등 수준에서부터 과학의 본성을 소개하고 교육 과정의 한 분야로서 기술하고 있는 만큼(McComas & Olson, 1998) 초등과 중등 과학 교육에서 과학 본성에 대한 연계성 있는 지도가 필요하다고 본다.

그러나 표 4에 제시되어 있는 8개의 항목이 모든 수업에서 모두 높은 빈도를 보이는 것은 매우 어렵다. 왜냐하면, 실험 수업이 적용될 그 학급의 인지적 특성과 환경적 특성에 따라 많은 제한을 받으며,

또한 실험 목적이 다양한 만큼 다양한 유형의 실험 활동이 설계되어야 하므로 그 특성에 맞는 실험 목적이 추구되기 때문이다(Garnett et al., 1995; Johnstone & Al-Shuaili, 2001). 즉, 그 실험 수업이 추구하는 목적이 실험 수업마다 다를 수 있기 때문이다.

다만, 이 연구 결과를 통해, 현재의 실험 수업이 특정 실험 목적에 집중되어 있어 보다 다양한 실험 목적이 발현되지 못하고 있음을 확인하고, '선언적 지식의 습득', '과학에 대한 긍정적 태도의 향상'과 함께 다양한 실험 목적이 추구되어야 할 필요가 있음을 시사한다.

2. 상호 작용 측면

상호 작용은 표 2와 같이, 교사와 학생간의 상호 작용과 학생과 학생간의 상호 작용의 두 가지 차원으로 구성되어 있으며 5가지 항목으로 분석되었다.

그 결과 표 5와 같이, 전체의 66.7%의 수업이 상호 작용 I 수준에 속하였고, 33.3%의 실험 수업이 상호 작용 II 수준(6~10점)에 속하는 것으로 나타났다. 그리고 상호 작용 III 수준(11~15점)의 실험 수업은 전체 90차시의 수업에서 한 차시도 나타나지 않았다.

각 항목 별 결과를 세부적으로 알아보기 위해 표 6과 같이 상호 작용의 5가지 항목의 점수 분포를 비교해 보았다. 표 6과 같이, 대부분 3점에 해당하는 점수 분포가 낮게 나타난 것이 특징이고, 주로 1점과 2점의 분포를 보이고 있다.

교사와 학생의 상호 작용 차원에서, 교사의 발문은 발산적 사고를 유도하는가에 관한 항목은 낮은 사고 수준을 요구하는, 단답형의 폐쇄적인 발문의 사용(1점)이 전체 65.6%의 수업에서 관찰되어 가장 많은 비율을 차지하였다. 단순한 상호 응답식의 대

표 5. 상호 작용 수준 분석 결과

수준	상호 작용 I	상호 작용 II	상호 작용 III
점수	0~5	6~10	11~15
차시(비율)	60(66.7%)	30(33.3%)	-

- 2) 과학교육 전문가 집단은 실험 활동의 목적을 과학탐구능력 향상 → 과학적 창의성 신장 → 과학적 현상 및 조작적 체험 → 과학적 태도 향상 → 능동적인 학습 분위기 조성 → 과학에 대한 태도 향상 → 과학 지식 습득 순으로 인식하고 있었으며(양일호 등, 2006a), 초등 교사들은 과학탐구능력 향상 → 과학적 창의성 신장 → 과학적 현상 및 조작적 체험 → 과학 지식 습득 → 과학적 태도 향상 → 과학에 대한 태도 향상 → 능동적인 학습 분위기 조성 순으로 인식하고 있었다(양일호 등, 2006b).

표 6. 상호 작용 범주의 항목별 차시 분포

대범주	차원	하위 항목	점수 차시 분포(%)			
			0	1	2	3
상호 작용	교사와 학생의 상호 작용	1. 교사의 발문은 발산적 사고를 유도하는가?	5(5.6)	59(65.6)	19(21.1)	7(7.8)
		2. 학생의 활동에 촉진적 역할을 하는가?	6(6.7)	42(46.7)	39(43.3)	3(3.3)
		3. 교사는 학생의 질문을 잘 경청하고 충분한 답변을 해 주는가?	61(67.8)	23(25.6)	5(5.6)	1(1.1)
	학생과 학생의 상호 작용	4. 학생들의 토의 과정이 있는가?	58(64.4)	28(31.1)	4(4.4)	-
		5. 실험 활동 중에 협력이 잘 이루어지는가?	14(15.6)	44(48.9)	14(15.6)	18(20.0)

화인 “예, 아니오”의 형태로만 수업을 진행하는 수업도 5.6%가 있었다.

다음은 단답형 폐쇄형 발문을 사용한 프로토크올의 한 예이다.

교사: 기준이 움직여요?

학생: 아니요.

교사: 기준은 안 움직이고 누가 움직여요?

학생: 주위에 있는 사람.

교사: 그래요. 다른 사람. 그래서 그 기준에 따라서 움직이는 것은 뭐고 움직이지 않는 것은 뭘까? 이거 한 번 공부해 보고, 그 다음에 두 번째, 물체가 빠르다는 것은 대관절 무엇을 보고 빠르다고 말할 할까?

학생: 속력.

〈14번 박○○, 1점 항목〉

이는 대체로 현재의 실험 수업이 교사와 학생 간 언어적 상호 작용을 통한 학습 효과가 부정적일 수 있음을 시사하고 있는 것이다. 교사의 발문이 과학적 탐구를 이끌어 내는 원동력이고(Harwood *et al.*, 2002), 수업 상황 속에서 언어적 상호 작용의 핵심적 교수 과정으로서 교사 발문의 고유 기능이 학생들의 학업 성취 및 비판적 사고 기능의 계발에 있기 때문에(Gall, 1984) 이러한 결과는 교사 발문이 실험 수업에서 학생들의 발산적 사고를 자극시키는 방향으로 개선될 필요가 있음을 제시하고 있다.

또한, 교사-학생 간 언어적 상호 작용의 부정적인 현상은 항목 3(교사는 학생의 질문을 잘 경청하고 충분한 답변을 해 주는가)에 대한 결과에서도 동일하게 나타난다. 즉, 교사와 학생간의 질문과 응답이 거의 이뤄지지 않고 교사의 지시에 따르기만 하는 형태가 대부분이며(67.8%), 학생과 교사 간 질의응답이 이뤄진다 하더라도 단순한 질문과 간단

한 질문을 주고받는 형태가 25.6%이며, 사고가 촉진되는 질의응답은 거의 이뤄지지 않고 있었다(1.1%).

다음은 학생들의 질문과 교사 응답의 한 예이다. 이 항목에서 대부분의 실험 수업에서 학생들이 질문을 거의 하지 않았기 때문에(67.8%), 1점으로 분류된 수업의 한 예시를 나타내었다.

교사: 자, 여기에다가 여러분이 가지고 온 수성 사인펜 있지? 그 걸로 칠해 보고 그 다음에 유성 매직 있지? 그걸로 칠해 보세요. 그 다음에 붓으로 이렇게 번지는지 물을 칠해 보고, 그 다음에 아세톤 있지? 아세톤을 가지고도 해 보시고 번지는지 해보세요.

학생: 선생님, 점은요?

교사: 점은 찍어도 괜찮고, 선을 그려도 괜찮습니다.

학생: 선생님 둘이 같이 해요?

교사: 같이 하세요.

〈24번 문○○, 1점 항목〉

항목 1과 3의 결과는 교사-학생 간의 언어적 상호작용에서 교사의 대화가 거의 독점적임을 보여 준다. Carlsen (1991)에 따르면, 학생의 수업 참여에 영향을 미치는 교사의 요인 중, 교사가 학생 통제를 줄이고, 학생 개인에게 질문과 발문을 통한 관심을 보이면 학생의 참여가 증가하지만, 교사가 낮은 수준의 정보를 자주 요구하고 대화를 독점하고 학생의 의견을 존중하지 않으면 학생은 더 이상 질문을 하지 않게 된다고 한다. 이를 통해, 다양한 요인의 수업 통제 분위기 때문에 학생들의 질문이 거의 생성되지 않는 것으로 판단된다. 더구나 교사의 이러한 방식은 소집단내에서 상호 작용하는 학생들의 상호 작용 방식에 큰 영향을 주게 되므로(Shepardson, 1996) 교사-학생의 상호 작용에 있어서 보

다 허용적이며 자유로운 실험 수업 분위기 형성이 필요하다 하겠다.

한편, 교사는 학생들의 활동에 촉진적 역할을 하는가에 대한 항목에서는 다른 항목에 비해 비교적 1점(46.7%)과 2점(43.3%)의 분포가 많은 것을 알 수 있다. 즉, 교사들은 실험 수업에서 학생들의 실험 수행을 직접적으로 지도하거나 시연하는 경우가 46.7%로 가장 많았고, 소집단을 순회하면서, 실험 과정에서 발생한 문제를 교사와 상호 의견 교환하면서 보완하도록 유도하는 경우 43.3%였다. 실제로 수업 관찰 결과 교사들은 실험 수행 시 모둠을 순회하면서 소집단 내의 수행 과정을 관찰하는 등의 행동이 나타나, 비교적 적절한 역할 수행이 이뤄지고 있는 것으로 보이는데, 교사들이 소집단을 분주하게 순회하며 지도하는 것은 교사들이 소집단 내 구성원들에 의한 학습이 부실할 것이라 믿기 때문에 나타나는 현상이라 판단된다(Tien *et al.*, 2002).

그러나 이러한 교사의 촉진적 역할은 소집단 내에서 실험 수행 과정에 나타난 문제 해결과 관련된 것이 대부분이었다. 이러한 결과는 성숙경(2005)의 연구 결과와도 유사한 부분이다. 성숙경(2005)은 실험 수업에서 교사와 학생의 언어적 상호 작용 형태를 분석한 결과, 학생의 문제 해결과 관련된 교사의 활동이 90%를 차지한다고 밝히고 있으며, 주로 학생이 문제 해결에 어려움이 있어 도움을 청하는 경우와 관련된다 하였다. 따라서 교사는 학생들의 사고를 자극하는 적절한 수준에서 도움을 제공하는 전략이 필요하다 하겠다.

실험 단계 중 학생들의 토의 과정이 있는지를 분석한 결과, 64.4%의 수업에서 학생들이 소집단 내에서 토의 과정 없이 진행되었으며, 31.1%의 수업에서는 한 차례의 토의 과정이 나타나고 있음이 관찰되었다. 두 단계에서 토의 과정이 나타난 수업은 4.4%에 그치고 있었다. 실제 수업 관찰 결과, 1점으로 분류된 31.1%의 수업 내의 토의 과정은 실험 설계 단계에 치우쳐 있어, 실험 후 나온 결과에 대한 학생 간 논의의 시간이 충분히 제공될 필요가 있음을 시사하고 있다(정은영과 홍미영, 2004).

이렇게 학생과 학생의 논의가 부족한 것은, 실험 수업의 운영에 있어서 교사들은 학생들의 토의 과정이 포함된 다양한 활동을 전개하기에 '시간이 부족하기 때문'이라는 인식이 작용했기 때문일 것으로 보인다(Lawson, 1995). 실제로 교사들의 이러한

이유는 Lawson (1995)이 제시한 10가지 이유 중 가장 높은 순위를 차지하고 있다. 이러한 맥락에서, 과학 지식은 관찰에서 직접 유도된다고 관점에서 '생각하기'보다는 '해보기'를 강조하여 과정과 결과의 의미를 토론하고 논쟁하고 합의하는 데에 시간을 거의 할애하지 않기 때문으로 판단된다(Hodson, 1998).

실험 활동 중 학생 간 협력이 잘 이루어지는지에 대한 항목은, 소집단 구성원 모두가 실험에 참여하거나 각자가 개별적으로 활동하는 경우가 48.9%로 나타났다으며, 토의를 통해 자신들의 역할을 결정하며 서로 협조적인 것으로 나타난 수업이 20.0%였다. 교사나 조장이 정해주는 역할을 수행하면서 서로 협조적인 경우는 15.6%였으며, 소수의 학생만 실험에 참여하고 나머지 학생은 방관하거나 다른 일을 하고 있는 학생들은 15.6%였다.

수업 관찰 결과, 학생들은 교사가 역할을 지정해 주지 않거나 서로 토의를 하지 않아도 은연중에 모둠 내에서 자신의 위치가 있어 각자의 역할이 자연스럽게 이루어지고 있었다.

이 항목에서는 다른 항목에 비해 비교적 2점(교사나 조장이 정해주는 역할을 수행하면서 서로 협조적인 경우, 15.6%)과 3점(소집단 내 상호작용을 통해 자신들의 역할을 결정하며 서로 협조적인 경우, 20.0%)의 비율이 높는데, 이것은 학기 초 교사에 의한 훈련의 결과로 실험 수업 수행에 있어 긍정적인 면으로 보인다. 그러나 전체적으로 소집단 구성원이 참여는 하지만 개별적으로 수행되는 부분이 많이 관찰되는 것으로 보아 이러한 측면에 보강이 필요하다 하겠다.

3. 탐구 과정 측면

탐구 과정은 표 8에서와 같이, 문제 제기 및 예상, 실험 설계와 수행, 자료의 기록 및 해석, 반성적 사고 및 평가의 4가지 차원으로 구분되며 모두 7개의 하위 항목으로 나누어 분석하였다.

그 결과, 표 7과 같이, 탐구 과정 I 수준(0~7점)은 전체 수업의 78.9%, 탐구 과정 II 수준(8~14점)은 21.1%로 나타났으며, 탐구 과정 III 수준(15~21)

표 7. 탐구 과정 수준 분석 결과

수준	탐구 과정 I	탐구 과정 II	탐구 과정 III
점수	0~7	8~14	15~21
차시(비율)	71(78.9%)	19(21.1%)	0(0%)

은 나타나지 않았다.

표 8은 탐구 과정의 하위 항목별로 분석된 결과를 제시한 것이다.

그 결과, 상호 작용 범주에서와 마찬가지로 3점의 분포는 거의 없거나 상당히 낮은 비율을 보였다. 특히 1번 항목인 ‘현상제시 및 문제제기’와 4번 항목의 ‘결과의 효과적인 기록 및 표현’에 해당하는 항목 등은 3점의 분포가 한 차시도 나타나지 않았다.

탐구의 시작 단계에서 문제의 제기가 학습의 핵심적 단계이나(허명, 1984; Harwood *et al.*, 2002; Hofstein *et al.*, 2004; Germann *et al.*, 1996), 표 8에서 교사가 현상을 제시한 후 학생들에게 문제제시를 유도한 경우(2점)는 10.0%로 매우 낮게 관찰되었으며, 교사가 현상과 문제를 모두 제시한 경우(1점)가 24.4%였고, 현상의 제시 없이 바로 문제를 제시하는 경우(0점)가 대부분을 차지하고 있었다. 즉 지난 시간에 학습한 것을 잠깐 상기시키고 이번 시간에 배울 학습 문제를 제기하면서 수업을 진행하는 형태가 가장 많은 비율을 차지했다. 다음으로 24.4%의 수업에서 교사가 현상을 제시는 하였으나 학생들이 문제를 제시하는 학습 형태가 아닌 교사가 바로 학습 문제를 제시해 주거나 학생들로 하여금 교과서에 나와 있는 문제를 읽어보게 하는 형태로 진행이 되었다.

다음은 현상 제시 없이 문제 제기만 하는 과정을 나타낸 프로토콜이다.

교사: 자, 먼저 지난 시간에 했던 것 한 번 떠올려 봅시다. 다 같이 한 번 대답해 보세요. 온도란?
 학생: 차가운, 뜨거운 정도
 교사: 네. 온도란?
 학생들: 차가운 정도와 뜨거운 정도

교사: 네, 온도란 차고 따뜻한 정도라는 것 같이 배웠어요. 그리고 여러분들이 차가운 것을 표현할 수 있는 방법에는 어떤 것들이 있고 따뜻한 것은 어떻게 표현할 수 있는지. 뭐, 태양처럼 뜨거운 아스팔트. 이런 표현이 기억날 거예요. 자, 이번 시간에는 자, 선생님과 함께 간단한 온도계를 만들고 어떻게 온도를 나타낼 수 있는지 알아보도록 하겠습니다. 간단한 온도계를 우리 만들어 볼 거야. 이미 들어져 있는 온도계도 물론 살펴볼 건데요. 여러분들이 직접 간단한 온도계를 만들어 볼 겁니다. 자, 그래서 만드는 방법을 선생님이 설명을 해줄 테니까 잘 들어야 실험을 할 수 있겠죠?

<22번 민○○, 0점 항목>

이것은 탐구에 필요한 ‘왜 그럴까?’ 와 같은 현상 관찰과 의문생성에 필요한 사고를 자극하고 학습에 능동적으로 참여시키기 위한 과정이 이뤄지기보다는 교사가 일방적으로 문제를 제시하여, 학생들이 탐구에 능동적으로 참여할 기회가 제공되지 않고 있음을 시사한다.

이 결과는 현상에 대한 관찰과 의문 생성이 과학적 탐구 활동의 출발점임(박종원과 김익균, 1999)을 고려하면, 학생들의 과학적 탐구의 시작단계 부분에 관찰할 수 있는 현상의 제시와 현상의 관찰을 통한 의문을 생성하는 활동을 수행하도록 수업 설계 단계에서 고려되어야 될 필요가 있음을 암시한다.

표 8의 두 번째 항목에서, 가설 생성이나 예상을 위한 단계 없이 바로 실험이 진행되고 있음(63.3%) 이 대부분의 실험 수업에서 관찰되고 있다. 이것은 이해원 등(2005)의 연구에 따르면, 학생들의 가설에

표 8. 탐구 과정 범주의 항목별 차시 분포

차원	하위 항목	점수 차시 분포(%)			
		0	1	2	3
현상제시 및 문제 제기	1. 실험과 관련된 현상 제시를 통해 문제 제기가 되는가?	59(65.6)	22(24.4)	9(10.0)	-
	2. 학생에 의한 가설 형성 과정이나 예상의 과정이 있는가?	57(63.3)	6(6.7)	25(27.8)	2(2.2)
실험 설계와 수행	3. 학생에 의한 실험 설계 및 수행이 이루어지는가?	13(14.4)	61(67.8)	11(12.2)	5(5.6)
자료의 해석 및 분석	4. 실험의 결과를 효과적으로 기록 및 표현하는가?	18(20.0)	11(12.2)	61(67.8)	-
	5. 실험 결과에 근거하여 결론이 적절하게 도출되는가?	18(20.0)	35(38.9)	36(40.0)	1(1.1)
결과의 종합 및 반성적 사고	6. 실험 후 과정에 대한 반성 및 개선안을 제시하는가?	61(67.8)	15(16.7)	12(13.3)	2(2.2)
	7. 수업과 관련된 수행 평가가 효과적으로 이루어지는가?	75(83.3)	12(13.3)	2(2.2)	1(1.1)

대한 이해가 매우 부족하기 때문에, 이를 위해 시간을 투자하기 보다는, 표 8의 4번 항목에 비추어 볼 때, 실험 수행에 따른 결과 정리에 시간을 투자하고 있기 때문이라고 판단된다.

그러나 과학적 탐구과정으로서의 예상은 체계적인 관찰과 측정에 바탕을 둘수록 정확해지며, 정확한 예상을 통해 특정 양상이나 규칙성에 따른 가설을 생성하는 데 의미 있는 기여를 할 수 있다(조희형과 최경희, 2001). 이와 함께 과학적 가설 생성 과정은 과학적 탐구과정에서 가장 핵심적인 과정이며(Klahr & Dunbar, 1988), 실험 설계로 나아가게 하는 중요한 단계이다(Germann *et al.*, 1996). 또한 가설 생성 기능의 발달은 학생들의 과학적 성취도의 향상과 논리적 사고의 발달, 창의적 사고 발달에 매우 밀접한 관련되어 있으므로(Adsit & London, 1997) 실험 수업에서 학생들에게 가설 생성 및 예상 활동의 기회를 보다 적극적으로 제공할 필요가 있겠다.

또한, 학생에 의한 실험 설계 및 수행이 이루어지는가에 대한 항목(3번)에서 실험 설계는 대부분 교사에 의해 제시되는 부분(1점)이 67.8%로 관찰되었고, 실험 설계 없이 교사에 의해 마련된 실험 도구를 가지고 바로 실험에 착수하는 수업(0점)도 14.4%가 관찰되었다. 이렇게 학생의 실험 설계(4.8%)가 비교적 낮게 관찰된 것은, 초등학생들이 실험 수행의 각 단계에서 실험 설계에 대한 수준이 가장 낮은 것으로 조사된 바 있고(우종욱 등, 1999), 또 교사들이 변인통제 등이 포함된 실험 설계 부분을 학생들이 어려워한다고 인식하고 있기 때문에(최옥자 등, 2000) 수업 설계 단계에서 이 부분에 대한 고려가 이뤄지지 않고 있음이 판단된다.

네 번째 항목은 실험 결과를 효과적으로 기록 및 표현하는가에 대한 것이다. 학생들은 주로 교사들이 제공하는 일정한 형식에 결과를 기록하는 수업이 전체에서 약 67.8%로 나타났다. 그리고 12.2%의 수업은 교사가 결과를 확인해 본 후, 교사가 답을 알려주거나 불러주면서 교과서나 실험 보고서에 답을 기록하게 하는 경우이다. 그리고 20.0%의 수업에서는 결과를 기록하지도 않고 수업이 종료되는 경우도 있었다. 이러한 경우는 학생들이 실험을 너무 오랫동안 하게 된 경우가 대부분이었다.

이 항목은 다른 항목에 비해 비교적 2점의 빈도가 높게 나타나 긍정적인 경우로 보인다. 그러나

탐구 과정에서 학생들의 실험 과정상의 실제 활동에 관한 다른 항목(예를 들면, 탐구 과정의 2번, 3번, 5번 항목과 상호 작용 범주의 4번 항목)은 비교적 낮게 분포되어 있어, 선행 연구의 결과(최옥자 등, 2000)와 같이, 실험 수업이 학생들의 상호 작용이나 실험 수행 상의 활동보다는 결과 중심의 실험 활동 중심으로 나타나고 있음을 암시하는 것이다. 따라서 결과의 기록보다는 학생들의 사고의 촉진과 탐구 기능의 향상을 꾀할 수 있는 실험 활동이 더욱 더 강조될 필요가 있다고 본다.

다섯 번째 항목으로, 실험 결과에 근거하여 결론이 적절하게 도출되는지에 대한 항목에서는 2점과 1점의 비율이 많이 나타나고 있다. 학생들이 실험의 결과를 발표하고 난 후 교사와 학생들이 상호 작용을 통해서 결론을 유도하는 경우(2점)가 40.0%의 수업에서 관찰되었으며, 학생들이 발표한 실험 결과를 바탕으로 교사가 결론을 제시하는 경우는 38.9%의 수업에서 관찰되어 비교적 긍정적인 결과로 보인다. 하지만, 초등학생들은 증거 평가를 통한 가설 검증을 할 때, 자신의 실험 결과의 평가보다는 사전 개념에 의해 더 많은 영향을 받기 때문에(Cauzinille-Marmeche *et al.*, 1985) 이 과정에 대한 확고한 지도가 필요하다 하겠다.

여섯 번째로 실험 후 과정에 대한 반성 및 개선안을 제시하는가에 대한 내용이다. 표 8을 보면, 67.8%의 수업이 실험 결과나 과정에 대해서 반성의 과정이 없이 종료되고 있었으며, 16.7%의 수업에서 실험활동 과정이나 결과에 대해 교사가 잘못된 점을 지적하는 것으로 관찰되었다. 그리고 교사가 개선안까지 제시해 주는 수업은 전체 13.3%의 수업에서 나타났다. 실험 수업 관찰 결과, 대체로 교사들은 실험 수행 중에 소집단별로 순회도중 학생들의 잘못된 점을 바로바로 지적해 줌으로서 반성의 과정을 대신하는 것으로 판단된다.

다음은 소집단 별 실험 활동에 대해 교사가 개선안을 제시하는 경우에 대한 프로토콜이다.

교사: 너희들이 실험했을 때 가장 문제점이 뭐였냐면.. 잘 보여요? 이 실험까지 하고 끝냈시다. 실험의 착오가 있었어. 뭐였냐면..(다시 시범을 보이며) 보여요? 공기를 어떻게 모으고 있었냐면, ... 자, 보세요! 자 지금 비커 안으로 공기가 모아져요? 모여져요, 안 모여

저요? 왜 안 모여질까? ... 선생님 생각에는 ... 자, ○○이!

학생: 제가 발표하겠습니다. 이것을 안 빠져나가게 하려면요. 집어넣어서 해요.

교사: 집어넣으면 안 빠져 나갈까요? ○○이 맞고, 선생님이 직접 집어넣어 볼게요. 집어넣어, 자자, 끝까지 안 들어갔어. 다른 친구가 이야기해 볼까?

학생: 삼각 플라스크를 똑바로 넣고요. 비커에 담아요.

교사: 그래도 안 모아지잖아. 그럼 다른 친구!

학생: 공기는 위로 올라가니까 이것을 살짝 기울인 다음에 공기를 모아줍니다.

교사: 지금 ◎◎이가 뭐라고 했냐면 지금 공기는 위로 올라가는 성질을 가지고 있는데요. 그래서 비커를 (시범을 보이며) 지금 계속 공기가 위로 올라가지? 올라갈 때 비커를 살짝만 기울여서 보세요. 이렇게 하면 공기가 지금 비커 안에 모아지는 거 보여요?

〈23번 이○○, 2점 항목〉

위의 프로토콜을 보면, 교사는 학생과 상호 작용을 통해 실험 과정상의 오류를 지적하고 개선하도록 지도하고 있다. 이러한 실험 과정상의 오류에 대한 개선도 필요하지만, 학생들은 실험 수행 단계에서 부정확한 측정 결과를 초래하는 기구의 부적절한 조작을 하며, 변인들을 적절히 통제하지 못하고, 신뢰로운 값을 찾기 위한 반복 측정을 하지 않는 등의 실수를 범하고 있다고 한다(Chin, 2003). 또한 결과 해석 및 제시 과정에서는 자료를 기록하거나 기술하기 위해 오직 교과서만을 사용하고 있으며, 막대 차트와 선 그래프를 혼용하여 사용하고 있으며, 단위를 생략하거나, 실험을 통해 수집된 사실에 따르지 않고 가지고 있는 개념을 바탕으로 결론을 내리는 등의 실수를 한다(Chin, 2003). Chin(2003)의 연구와 위의 이 교사의 경우에서 비추어 볼 때, 실험 과정에 대한 적절한 반성과 결과를 통한 결론 도출을 위한 교사의 지도가 절실히 요구됨을 시사한다.

마지막으로, 실험 수업과 관련된 수행 평가가 효과적으로 이루어지고 있는가에 대한 항목이다. 표 8의 결과를 보면, 전체 90차시의 수업 중에서 평가 과정이 없이 수업을 정리하는 형태의 수업이 83.3%로 가장 높게 나타났다. 다음으로는 13.3%의 수업

에서 수업을 정리하는 형태로 평가를 실시하기는 하나 단순한 지식 위주의 평가만을 하고 있는 것으로 분석되었다. 또한 실험 수행 과정과 개념에 관한 지식을 묻는 형태의 평가는 전체 2.2%로 나타났다.

이것은 실험 수업에서 수행 평가가 제대로 이뤄지고 있지 않고 있음을 시사하는 것이며, 평가가 이뤄지더라도, 개념 위주의 평가로 이뤄지고 있음을 나타내는 것이다. 이것은 학생들에게 과학적 개념과 함께 실험 수행 상의 평가 또한 제공되어야 함을 나타내는 것이다. 즉 김호진 등(2000)의 설문 연구에 따르면, 교사들은 학생들의 탐구 능력을 실험 보고서 중심의 수행 평가(61%)를 사용해서 평가하고 있다고 하였으나, 표 8의 7번 항목의 결과에서와 같이, 이런 유형의 평가는 결국 결과 중심으로 진행되기 때문에 학생들의 탐구 능력 향상에 상당한 제한을 주고 있다(이지현 등, 2003).

전체적으로, 현재 실험 활동이 대부분 교사의 지시에 의해 진행되며, 많은 선행 연구의 지적과 같이, 학생들의 과학적 사고를 자극시키지 못하는 요리책식 형태로 진행되고 있는 것으로 나타났다.

학생 중심의 탐구 활동이 보다 적극적으로 교실 수업에 실제에 적용될 수 있게 하기 위해, 과학적 탐구 학습에 대한 많은 노력들이 있었다. AAAS의 지원에 의해 개발된 ‘과학에서 탐구를 통한 탐구 중심 교수 학습’과 NRC의 ‘탐구와 국가 과학 교육 표준(NRC, 2000)’, 영국의 국가교육과정위원회의 문서는 모두가 하나같이 과학적 사실보다는 하나의 독립된 요소로서의 과학적 탐구 활동을 강조하고 있지만, 이들 연구 결과가 교실 교육에 준 영향은 실제로 거의 미비하였다(Osborne *et al.*, 2004). 많은 과학 교육자들이 ‘과학자들과 같은 탐구’를 강조하지만 실제로는 ‘과학적 개념’ 등의 학습 결과물에 더 중심을 두고 있었기 때문이다(Gable & Bunce, 1984; Cros *et al.*, 1984).

또 과학 수업에서 교사들은 과학적 개념 이해에 중점을 두고, 학생들이 가지고 있는 선지식과 가르치려는 과학적 개념 사이에서 학생들이 과학 개념을 명확히 이해하도록 노력하였지만, 결국 교실 수업은, 교사들은 지식을 전수하고 학생들은 시험을 치른 후 잊어버리는 상황이 된다(O'Neill & Polman, 2004).

그러나 불행히도 이러한 현상은 지금의 우리 교실 수업에서도 관찰되고 있었다. 이것은 과학 교수

학습 활동에서 실험 활동의 본성과 역할에 관하여 상당한 양(e.g. Gott & Duggan, 1995; Hodson, 1990, 1996; Hofstein & Lunetta, 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994; Wellington, 1998)의 연구가 이뤄졌지만 탐구 중심 실험 활동의 본성과 목적에 대한 교사들의 이해를 높이기 위한 연구와 구체적인 평가 방법에 관한 체계적 연구들이 상대적으로 빈약했기 때문이다(Pekmez *et al.*, 2005).

Harwood 등(2002)은 과학적 탐구의 성격을 규정하기 위해, 자연 세계를 대상으로 연구하고 있는 과학자들이 생각하는 과학적 탐구의 개념과 성격을 조사하였다. 그 결과, 과학자들은 과학적 탐구를 결과가 아닌 '과정'에 초점을 맞추어 인식하고 있었으며, 학생들에게 과학적 사실이나 지식을 말하게 하는 수업 그 자체는 의미가 없다고 인식하고 있었다. 우리가 어떻게 알게 되는지와 왜 그것을 믿는지, 즉 학습의 과정으로서의 실험에 대한 교육의 필요성 또한 과학적 개념이나 이론과 같이 동등하게 중요하다(Driver *et al.*, 1996; Duschl, 1990).

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 초등학교 과학 실험 수업 90차시에 대하여, 실험의 목적 측면과 상호작용 측면, 그리고 탐구과정 측면에서 어떻게 이루어지는지를 비판적 시각으로 분석하고자 하였다. 이상의 결과를 바탕으로 결론을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 초등학교에서 이루어지고 있는 실험 수업은 실험 목적 측면에서는 주로 선언적 지식 습득(98.9%)과 학생들의 과학에 대한 태도 향상(92.2%), 그리고 탐구 기능의 향상(51.1%)에 중점을 두고 있었다.

둘째, 상호 작용 측면에서 상호 작용 I 수준에 속하는 수업이 대부분(66.7%)을 차지하고 있었다. 교사와 학생 간의 상호 작용에서 교사는 학생들에게 단답형의 답변을 요구하는 폐쇄적인 발문을 많이 사용하였고, 실험 활동을 촉진하는 것보다는 교사가 직접적으로 지도하거나 시연해 주고 있으며, 학생들의 질문이 거의 없었다. 또한 학생들 간의 상호 작용에서는 토의 과정이 거의 나타나고 있지 않으며, 실험 수행 중의 학생 활동은 개별적으로 이뤄지는 수업이 많았다.

셋째, 탐구 과정 측면에서는 탐구 과정 I 수준의 수업이 대부분(78.9%)이었다. 현상 제시 및 문제 제

기 부분에서는 실험과 관련된 현상을 제시하지 않고 바로 교사가 문제를 제기하는 형태가 많았으며, 가설 및 예상 과정이 거의 이루어지지 않았다. 또한 실험 설계는 대부분 외부로부터 주어지는 경우가 많았다. 결과 정리는 일정한 형식에 기록되며, 결론은 교사에 의해 제시되었다. 실험 후 결과나 과정에 대한 반성 과정과 수행 평가가 이루어지지 않는 것이 대부분이었다.

이 연구 결과를 통해 얻은 교육적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 교사들이 실험 수업을 통해 어떠한 실험의 목적을 달성시킬 것인지 구체적으로 설계하고 지도할 수 있는 계획을 세워 교수-학습에 임해야 할 필요가 있다.

둘째, 교사와 학생간의 활발한 상호 작용을 위해 교사는 학생들에게 좀 더 허용적이고 우호적인 자세로 수업에 임해야 할 필요가 있다.

셋째, 탐구 과정 측면에서 교사는 발산적 발문을 많이 계획하고 학생들이 생각할 수 있는 시간(wait time)을 충분히 주면서 수업을 이끌어 가야 할 것이다.

넷째, 과학 본성의 중요성과 지도 방안에 대한 교사 교육 연구가 필요하다.

그러나 초등 교사가 한 차시 실험 수업에서 일련의 탐구 과정 모두 과학적 사고를 자극하면서 진행하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 매 차시의 과학 수업을 진행하면서, 각각의 차시 수업에서 탐구의 각 단계에 해당하는, 즉 가설 설정이나 예상되는 결과 생각하기, 세워진 가설에 따라 실험 설계하기 등의 특정 활동에 중점을 두어 학생들의 사고를 훈련시키는 것도 한 가지 방법으로 제안될 수 있겠다. 하지만 무엇보다 중요한 것은 실험 수업이 더욱 탐구적인 형태로 운영되기 위해서는 교사 스스로의 노력도 있어야 한다.

더불어 탐구적 실험 활동의 본성과 기능에 대한 연구, 또 이러한 실험 활동에 대한 타당한 평가 방안을 위한 연구가 선행되어야 하며, 이 연구와 함께 교실 수업 현장에 적용될 방안도 제시되어야 할 필요가 있다고 본다.

참고문헌

- 곽영순(2003). 과학과 수업 분석에 대한 사례 연구. 한국 과학교육학회지, 23(5), 484-493.

- 곽영순, 김주훈(2002). 좋은 수업방법에 대한 질적 분석: 과학과를 중심으로. 교육과정평가연구, 5(1), 207-220.
- 교육부(1997). 초·중등학교 교육과정-국민공통 기본교육과정. 교육부 고시 제 1997-15호[별책 1], 서울: 대한교과서 주식회사.
- 권용주, Lawson, A. E. (1999). 과학 교수-학습 과정에서 실험활동 중심 수업의 효율성에 대한 신경학적 설명. 한국과학교육학회지, 19(1), 29-40.
- 김민경(2006). 중등학교 실험수업 분석. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 김영신(2003). 예비 과학 교사가 탐구 점수표에 따라 분석한 현장 과학 수업. 한국과학교육학회지, 23(5), 561-573.
- 김영신, 양일호 (2005). 초등학교 학생들의 과학 태도 변화에 영향을 미치는 요인 분석. 초등과학교육, 24(3), 292-300.
- 김재우, 오원근(1998). 중학생의 교과서 실험 수행에서 나타난 문제점. 한국과학교육학회지, 18(1), 35-42.
- 김호진, 박대오, 성민용(2000). 중등학교 과학교사들의 학습 평가에 관한 실태조사. 한국과학교육학회지, 20(1), 101-111.
- 박종원, 김익균(1999). 과학적 관찰의 의미와 탐구과정에서 학생들의 관찰 행동 분석. 한국과학교육학회지, 19(3), 487-500.
- 성숙경(2005). 사회적 상호작용을 강조한 과학탐구실험에서 언어적 상호작용의 변화와 특성. 한국교원대학교 박사학위 논문.
- 양일호, 정진우, 허명, 김영신, 김진수, 김민경, 최현동, 오창호(2005a). 과학 실험 수업 분석 도구 개발. 초등과학교육, 24(5), 504-517.
- 양일호, 조현준, 정진우, 허명, 김영신(2006a). 학교과학 교육에서 실험 활동의 목적: 전문가 커뮤니티를 통한 텔파이 연구. 한국과학교육학회지, 26(2), 177-190.
- 양일호, 조현준, 한인경(2006b). 초등과학교육에서 실험 활동의 목적에 대한 교사와 학생의 인식. 학습자중심교과교육연구, 26(1), 235-252.
- 양일호, 한기갑, 최현동, 오창호, 조현준(2005b). 초등 초임교사의 과학의 본성에 대한 신념과 과학 교수-학습 활동과의 관련성. 초등과학교육, 24(4), 399-416.
- 우종욱, 김범기, 허명, 김찬중, 양일호, 최관순, 김태신, (1999). 초·중·고 학생들의 과학탐구능력 추이 분석을 위한 종단적 연구. 한국과학교육학회지, 19(2), 173- 184.
- 이근준, 정진우(2004). 중등학교 과학실험수업의 탐구수준을 평가하기 위한 도구개발 및 적용. 한국지구과학회지, 25(7), 507-518.
- 이지현, 남정희, 문성배(2003). 실험실습법에 의한 수행 평가가 중학생의 과학성취도 및 정의적 영역에 미치는 영향. 한국과학교육학회지, 23(1), 66-74.
- 이현영, 장상실, 성숙경, 이상권, 강성주, 최병순(2002). 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생-학생 상호작용 양상 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 660-670.
- 이혜원, 양일호, 조현준(2005). 초·중학생의 관찰, 예상, 가설의 이해. 초등과학교육, 24(3), 236-241.
- 임청환, 김현정, 이성호(2004). 과학의 본성에 대한 예비 교사와 현직 교사의 인식. 초등과학교육, 23(4), 297-304.
- 장병기(1995). 과학 수업 및 과학의 본성에 대한 초등교사의 인식. 한국초등과학교육학회지, 14(1), 1-15.
- 정은영, 홍미영(2004). 초등학교 과학과 실험 및 관찰 수업 사례에서 나타난 수업의 문제점: 도시 지역의 수업 사례를 중심으로. 초등과학교육, 23(4), 287-296.
- 조현준(2006). 텔파이 기법을 통한 실험목적 설정과 교사와 학생들의 인식 비교. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 조희형, 최경희(2001). 과학교육총론. 서울: 교육과학사.
- 최경희, 박종윤, 최병순, 남정희, 최경순, 이기순 (2004). 중학교 과학 수업에서 교사와 학생의 언어적 상호작용 분석. 한국과학교육학회지, 24(6), 1039-1048.
- 최옥자, 김효남, 백성혜(2000). 초등학교 5학년 자연과 실험 수업에 대한 문화기술적 연구. 한국초등과학교육학회지, 18(2), 35-46.
- 허명(1984). 과학 탐구 평가표의 개발. 한국과학교육학회지, 4(2), 57-6.
- Adsit, D. J. & London, M. (1997). Effects of hypothesis generation on hypothesis testing in rule discovery tasks. Journal of General Psychology, 124(1), 19-35.
- Baird, J. R. (1998). A view of quality teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education. (pp. 153-168), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Barron, B. J. S., Schwartz, D. L., Vye, N. J., Moore, A., Petrosino, A., Zech, L. & Bransford, D. J. (1998). Doing with understanding: Lessons from research on problem and project-based learning. The Journal of the Learning Science, 7, 271-311.
- Carlsen, W. S. (1991). Questioning in classrooms: A sociolinguistic perspective. Review of Educational Research, 61, 158-178.
- Cauzinille-Marmeche, E., Meheut, M., Sere, M.-G. & Weil-Barais, A. (1985). The influence of a priori ideas on the experimental approach. Science Education, 69, 201-211.
- Chang, H. P. & Lederman, N. G. (1994). The effect of levels of cooperation with physical into inquiry learning and teaching. Washington, DC: AAAS.
- Chin, C. (2003). Success with investigations success with investigations. The Science Teacher. 70(2).
- Cros, D., Chastrette, M. & Fayol, M. (1987). Conceptions

- of second year university students of some fundamental notions of chemistry. *International Journal of Science Education*, 10, 331-336.
- Dana, L. (2001). The effects of the level of inquiry of situated secondary science laboratory activities on students' understanding of concepts and the nature of science, ability to use process skills and attitudes toward problem solving. Doctoral dissertation, University of Massachusetts Lowell.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R. A. (1990). *Restructuring science education: The importance of theories and their development*. New York: Teachers College Press.
- Gable, D. & Bunce, D. (1984). Research on problem solving in chemistry. In D. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. (pp. 301-326), New York: Macmillan.
- Gall, M. D. (1984). Syntheses of research on teacher's questioning. *Educational Leadership*, 42(3), 40-47.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling, M. W. (1995). Refocusing the chemistry lab: A case for laboratory-based investigations. *Australian Science Teachers Journal*, 41(2), 26-32.
- 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 experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.
- Germann, P. J. & Odom, A. L. (1996). Student performance on asking questions, identifying variables and formulating hypotheses. *School Science and Mathematics*, 96(4), 192-201.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- Gunstone, R. F. (1991). Reconstructing theory from Practical experience. In B. E. Woolnough (Ed.), *Practical science*. (pp. 67-77), Milton Keynes: Open University Press.
- Gupta, V. (2001). Aims of laboratory teaching. *Centre for Development of Teaching and Learning*, 4(1), 1-3.
- Harwood, W. S., Reiff, R. & Phillipson, T. (2002). Scientist' conceptions of scientific inquiry: voices from the grant. *Proceedings of the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*.
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70(256), 33-40.
- Hodson, D. (1996). Laboratory work as scientific method: three decades of confusion and distortion. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), 115-135.
- Hodson, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. In J. J. Wellington (Eds.), *Practical Work in School Science*. (pp. 93-108), NY: Routledge.
- Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation, and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5(3), 247-264.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hofstein, A., Shore, R. & Kipnis, M. (2004). Providing high school chemistry students with opportunities to develop learning skills in an inquiry-type laboratory: A case study. *International Journal of Science Education*, 26(1), 47-62.
- Johnstone, A. H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5(2), 42-51.
- Keys, W. C., Hand, B., Vaughn, P. & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1065-1084.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12, 1-48.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont: Wadsworth Publishing Company, p. 212.
- Lazarowitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science, In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. (pp. 94-130). New York: Macmillan.
- Lederman, N. G. & O'malley, M. (1990). Students' perceptions of tentativeness in science: Development, use, and sources of change. *Science Education*, 74(2), 225-239.
- Luft, J. A. (1999). Assessing science teachers as they implement inquiry lessons: The expended inquiry observational rubric. *Science Educator*, 8(1), 9-18.
- Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and centers for contemporary teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Ed.), *International handbook of science education*. (pp. 249-262), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McComas, W. F. (1999). Research on curriculum, teaching, and learning- The laboratory environment: An ecologi-

- cal perspective. *Science Education International*, 8(2), 12-16.
- McComas, W. F. & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standard documents. In W. F. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. (pp. 41-52), Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Meichtry, J. J. (1992). Influencing student understanding of the nature of science: Data from a case of curriculum development. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 389-407.
- National Research Council (1996). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- O'Neill, D. K. & Polman, J. L. (2004). Why educate "little scientists?" Examining the potential of practice-based scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(3), 234-266.
- Osborne, J. F., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argument in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Pekmez, E. S., Johnson, P. & Gott, R. (2005). Teachers' understanding of the nature and purpose of practical work. *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 3-23.
- Roth, W. M. (1994). Experimenting in a constructivist high school physics laboratory. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 197-223.
- Shepardson, D. P. (1996). Social interactions and the mediation of science learning in two small groups of first-graders. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(2), 159-178.
- Solomon, J. (1999). Envisionment in practical work: Helping pupils to imagine concepts while carrying out experiments. In J. Leach & A. Paulsen (Eds.), *Practical work in school science*. (pp. 60-74), Roskilde University Press.
- Swain, J., Monk, M. & Johnson, S. (1999). A comparative study of attitudes to the aims of practical work in science education in Egypt, Korea and the UK. *International Journal of Science Education*, 21(12), 1311-1324.
- Tien, L. T., Roth, V. & Kampmeier, J. A. (2002). Implementation of a peer-led team learning instructional approach in an undergraduate organic chemistry course. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 606-632.
- Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.
- Wellington, J. J. (1998). *Practical work in school science: Which way now?* London: Routledge.