

과학 실험 수업 분석 도구 개발

양일호 · 정진우 · 허명[†] · 김영신[‡] · 김진수 · 김민경 · 최현동 · 오창호
(한국교원대학교) · (이화여자대학교)[†] · (경북대학교)[‡]

The Development of Analysis Instrument on Science Laboratory Instruction

Yang, Il-Ho · Jeong, Jin-Woo · Hur, Myung[†] · Kim, Young-Shin[‡] · Kim, Jin-Soo
· Kim, Min-Kyung · Choi, Hyun-Dong · Oh, Chang-Ho
(Korea National University of Education) · (Ewha Womans University)[†] · (Kyungpook National University)[‡]

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop an instrument for analysing elementary · secondary school, and university science laboratory instructions. The categories of this analysis instrument were instituted through literature overviews and interactions with three researchers in a science classroom analyst team, a doctoral student, and eight master level students, who participated in the process of modification of the analysis instruments on the science laboratory instructions. The contents areas were divided into three categories: aims of laboratory activities, interactions, and scientific inquiry processes. Each category contains 2~3 items. So the instrument consisted of 20 subcategories. The validity of the this instrument was achieved through checking with 4 science education specialists.

Key words : science classrooms, science laboratory instructions, analysis instrument, analysis category

I. 서 론

과학 교수학습은 언어적인 설명위주로 진행하기보다는 실험활동 중심으로 가르치는 것이 효과적이라고 제안된다(NRC, 1996). 과학 교과에서 실험 중심 학습은 학생들의 인지적인 능력뿐 아니라, 과학과 관련한 태도, 과학적 탐구 기능, 과학의 본성 이해, 과학적 개념의 습득을 위해서 유용한 전략으로 활용되고 있다(Hofstein & Lunetta, 1982). 각급 학교의 과학 교육 현장에서 실험이 필요한 이유는 다양하지만 Wellington(1998)은 그 이유들을 과학에 대한 이해를 증진시키고 개념 발달에 유용하다는 인지적인 이유와 과학이 흥미롭고 재미있는 과목임을 보여줄 수 있다는 정의적 이유, 그리고 여러 가지 탐구 기능을 신장시킬 수 있다는 기능적인 이유 등 실험이 필요한 이유를 세 가지로 구분하여 설명하고 있다.

그러나, 최근 과학 실험 교육에 대한 전반적인 비

판의 목소리가 높다. 각급학교의 과학 교과서에는 과학 실험의 방법을 마치 일련의 절차로 이루어진 보편적 과정에 따라 수행할 수 있는 것처럼 보여주고 있는데, 실험 지침서만 따라하면 어떠한 학생이라도 정답을 얻을 수 있는 실험을 하고 있다(Germann *et al.*, 1996)는 문제점을 말하고 있으며, 또한 Hodson(1991)은 실험활동이 종종 부진하고 학습의 다른 면에 대해 경험을 관련시키는데 많이 실패하는 면이 있다면서 실험활동에 대한 비판을 하고, National Science Education Standards(NRC, 1996)와 다른 과학교육연구물들(Lunetta, 1998)은 과학 교수에서 실험활동의 역할과 실습에 대한 재고(rethinking)의 중요성을 강조하였다.

교육의 질은 교사의 질을 넘지 못한다는 말이 있다. 이는 교사가 교육에 지대한 영향을 미치고 있다는 것을 대변하는 말로써, 중부대륙 교육연구소(McREL)의 정책 보고서에서 Goodwin(1999)이 말한

교사 변인이 미국의 학급의 규모나 부모 교육, 소득 수준, 언어 배경을 포함한 다른 어떤 단일 요소보다도 교사변인이 학생의 학업성취에 큰 영향을 미치는 요인이라고 설명한 내용과 일맥상통하는 말이다. 그리고 Feldman(1998)과 Wenglinsky(2000) 역시 교수의 질이 학생의 성취도에 미치는 영향이 어떠한 요인보다 직접적이고 강력하다고 말하고 있는데 이러한 맥락에서 볼 때, 과학 교수 학습의 질을 높이기 위해서는 과학 학습에서 중요한 활동으로 인정받고 있는 실험활동이 교사에 의해 어떠한 방식으로 이루어지고 있는지 관찰 분석해 볼 필요가 있다.

그러나 현재까지의 과학 실험 수업에 대한 연구는 상호작용에 대한 연구(Chang & Lederman, 1994)나 탐구수준을 분석하는 연구(Dana, 2001; Luft, 1999), 그리고 중등 수준에서 초임교사들에 대한 과학적 탐구에 관한 지식과 실재를 검사한 연구(Park et al., 2004)와 과학과 수학 교수학습이 개선된 정도를 검사할 수 있는 도구에 관한 연구(Piburn et al., 2000), 탐구 기술 발전을 평가한 연구(Suits, 2004) 등 상호작용이나 탐구과정 측면의 한쪽 방향으로만 치우쳐 있어 실험 수업의 전체적인 교수학습을 분석하기에는 부족하였다.

또한, 국내에서 이루어진 연구로는 실험 및 관찰 활동 위주의 수업을 사례중심으로 분석하거나(정은영과 홍미영, 2004), 과학 탐구수준을 평가하기 위한 도구를 개발하고 적용시킨 연구(이근준과 정진우, 2004), 또, 과학 탐구실험 과정에서 나타나는 학생간의 상호작용의 양상을 분석한 연구(성숙경, 2005; 이현영 등, 2002) 등 과학 실험 수업 전반에 걸친 교수 학습을 분석한 연구는 부족한 실정이다.

따라서, 이 연구에서는 현재 초·중등·대학교의 실험수업의 실태를 파악하기 위해서 기존에 이루어졌던 실험 수업에 관한 연구와 일반교과의 수업 분석에 관한 선행연구를 등을 바탕으로 실험수업의 전반의 교수학습을 분석하기 위한 새로운 과학 실험 수업 분석 도구(AISLI; Analysis Instruments on Science Laboratory Instruction)를 개발하고자 한다.

II. 연구 방법 및 절차

과학 실험 수업 분석 도구 개발에 관한 연구는 2004년 8월-2005년 5월에 걸쳐 실시되었다. 본 준거의 초안은 과학 실험 수업 분석팀 3인에 의해 실험

수업 분석에 관한 문헌 검토와 일반교과의 수업 분석에 대한 연구물을 중심으로 한 문헌 연구 및 연구자간 논의를 거쳐 고안되었다. 그리고 여러 차례의 세미나 과정을 거쳐 실험 수업 분석도구가 완성되었으며, 완성된 분석도구는 과학교육전문가의 내용타당도작업을 거쳐 최종 완성되었다. 구체적인 절차는 다음의 5단계로 나누어 볼 수 있다.

1. 선행연구 고찰

본 연구팀은 과학 실험수업에 대한 이론적인 문헌 연구를 통해 과학과 실험수업에서 나타나는 문제점을 파악하고 국내·외에서 개발된 과학 교과뿐만 아니라 타 교과에서 다루는 수업 분석에 관한 내용을 수집하여 비교 분석하였다.

2. 수업 분석을 위한 대범주 개발

실험수업을 분석하기 위한 분석 도구를 개발하기 위해서 먼저, 과학과 실험 수업에서 많이 나타나는 문제점과 실험 수업에서 중요하게 다루어져야 하는 부분, 효과적인 실험수업의 방법 등 문헌연구를 통해 공통점을 추출하였다. 그리고 본 연구팀이 중점적으로 다룰 내용에 대한 항목으로 대범주를 집약하여 개발하였다.

3. 대 범주에 따른 하위 항목의 추출 및 척도에 대한 논의

개발된 대 범주에 대한 각 하위 항목은 대 범주에 따른 보다 구체적이고 실제적인 항목으로 구분하여 3가지의 대 범주로 구성하였고, 이것을 다시 10개의 차원으로 나누고 각 차원에 대해서 2-3개의 하위항목으로 나누어, 총 20개의 하위 항목을 구성하여 실험 수업 분석 도구를 완성하였다. 그리고 이러한 항목이 무엇을 측정하려고 하는지에 대한 구체적이고 자세한 척도를 각각 세부항목마다 기술하였고, 세부 항목에 대한 점수표는 부록 2에 제시하였다.

4. 분석도구를 점검표 형식으로 구성 및 활용

개발된 수업 분석도구로 실험 수업을 분석하기 용이하도록 대 범주에 따른 각 하위항목을 실질적인 점검표 형식으로 실험수업 분석표를 개발·작성하였다.

분석표는 세 가지의 대범주에 대하여 각각의 차원을 구분하고 각 차원에 대해서 하위 항목을 작성하

여 각 하위 항목에 대해 체크할 수 있는 공간을 두었다. 첫 번째 범주는 하위 항목을 8개의 항목으로 구성하였고 각 항목에 대하여 그 해당 시간의 실험 수업을 통해서 습득할 수 있도록 교사가 지도하려는 의도가 나타나는지의 여부에 따라 ○, ×로 구분하여 체크할 수 있도록 하여 실험의 목적에 관한 경향성을 파악할 수 있도록 하였고, 두 번째와 세 번째 대 범주는 각각 5개와 7개의 하위 항목으로 구성하였다. 이 항목들은 각각을 0~3점까지의 리커트 척도로 점수를 체크할 수 있도록 하였다. 체크된 점수에 따라 상호작용과 탐구과정은 범주별로 점수 합계를 구하여 수준을 나눌 수 있도록 하였다.

5. 과학교육 전문가에 의한 타당도 검증

개발된 수업 분석도구는 과학 교육 전문가 4인에 의하여 내용타당도를 검증을 받았다.

III. 결과 및 논의

1. 선행연구 고찰

1) 수업 분석 도구에 대한 고찰

새로운 실험 수업 분석 도구를 개발하기 위하여 선행연구물을 고찰한 결과, Brown(1995)은 실험활동에 포함되어야 할 것들로,

첫째, 특정 기능을 발달시키기 위한 경험

둘째, 가설 검증 혹은 문제 해결을 포함하는 연구 활동

셋째, 학생들에게 특별한 현상을 소개하기 위한 실험

넷째, 과학적 논의를 발달시키기 위해 혹은 극적 인상을 주기 위한 교사 시범

다섯째, 야외 학습을 제시하였다.

그러나 이번 실험 수업 분석에서는 야외학습은 제외하고 실험실이나 교실 등 실험실과 유사한 환경이 조성된 실내로 장소를 제한을 두었다.

Chin(2003)은 실험 수업에서 강조해야 할 부분들로 실험의 단계별로 제시를 하였는데, 실험 전, 실험의 계획과 수행단계 그리고 실험 결과로 나온 데이터를 분석하고 해석하는 단계, 그리고 실험 후 단계로 나누어서 제시하였으며, 실험 활동에 관한 평가를 위한 표준 체크리스트를 표 1에 제시하였다.

이 체크리스트는 실험의 전, 중, 후를 학생들이 활동하는 과정에 중점을 두기 보다는 활동한 결과를

중심으로 체크하는 형식이다. 실험중의 변인통제 부분과 실험 후의 자료변환 등의 결과처리 부분에 중점을 두면서 모둠이나 개인의 활동상황을 세부적으로 체크하는 형식이어서 수업시간에 이루어지는 교사와 학생간의 상호작용측면을 분석하기에 적절하지 않으며, 또한 교사가 학생들에게 얼마만큼의 개방성을 주고 실험에 참여하게 하였는지도 확인할 수 없다.

Fisher(1999)는 실험실의 구조와 과제분석 목록표를 이용하여 각 과학의 과목(생물·화학·물리)의 과제를 분석하였는데, 주로 과학 실험의 탐구중심의 과정별로 각 항목에 번호를 붙이고 각 활동에서 ‘만족한 목록(v)’과 ‘만족하지 못하는 목록(-)’, ‘만족할 목록으로까지는 분류되지 못하지만 어떠한 목록에서 가끔 존재하는 목록(occ)’으로 구분하였고, 마지막으로 ‘결정을 내리기 위한 활동에 있어 불충분한 정보(?)’로 나누어 4가지 분류체크를 하게 하였다. 이 목록표는 실험수업을 분석하기 보다는 주로 과제에서 볼 수 있는 활동요소만을 평가 할 수 있게 되어있다.

아리조나 협력기구(ACCEPT)의 평가 촉진 그룹(EFG)은 2가지의 도구로부터 개선된 교수 관찰 프로토콜(RTOP, Reformed Teaching Observation Protocol)을 개발하였는데, 수학 혹은 과학에서 K-20 교실 수업이 개선된 정도를 알아보기 위한 표준화된 수단을 제공하기 위한 관찰도구이다(Piburn et al., 2000).

RTOP의 대 범주는 크게 5가지로 조직되었는데,

첫째, 수업설계와 수행

둘째, 내용: 명제적 지식

셋째, 내용: 절차적 지식

넷째, 교실문화: 의사소통과 상호작용

다섯째, 교실 문화: 학생과 교사의 관계

이렇게 5개의 범주에서 모두 25개의 아이টে으로 조직되었으며 모두 0점에서 4점까지의 리커트 척도를 사용하여 녹화된 수업을 관찰하는데 사용되었다. 그러나 이 도구는 실험수업에서 강조되는 실험의 과정측면을 확인 할 수 있는 항목이 없어서 실험수업에서 강조되는 학생 활동의 개방성을 분석할 수가 없다.

또, 교실 수업을 관찰하기 위해 만들어진 O-TOP(OCEPT-Teacher Observation Protocol)은 총 10가지 항목으로 구성되어 있으며 4단계 리커트 척도로 나누어 체크하도록 되어있다(Park et al., 2004). 각 항목이 초점을 두고 있는 부분은 마음의 상태(habit of mind), 학생의 초인지 과정, 학생들간의 의사소통과

표 1. 실험활동 표준 체크리스트(Chin, 2003)

실험 전
<input type="checkbox"/> 문제는 분명하게 정의되고, 질문은 검증 가능하며 연구될 수 있다
<input type="checkbox"/> 가설이 세워졌다
<input type="checkbox"/> 예상이 있었다
실험 설계 및 계획
<input type="checkbox"/> 독립변인과 종속변인으로써 중요한 변인들을 정확하게 확인했다
<input type="checkbox"/> 변인들이 범주적인지 계속적인지 적절하게 확인했다
<input type="checkbox"/> 공정한 검사를 위한 적절한 변인통제를 확인했다
<input type="checkbox"/> 적당한 재료들과 사용되어진 장비를 확인했다
<input type="checkbox"/> 독립변인을 어떻게 다루고 측정할 것인지 계획했다
<input type="checkbox"/> 수집된 데이터를 어떻게 기록하고 구성할 것인지 계획했다(예. 표)
<input type="checkbox"/> 값들의 규모, 범위, 간격, 숫자의 선택이 적합하고 합리적이다
<input type="checkbox"/> 관련된 샘플 크기가 적당하다
<input type="checkbox"/> 방법의 선택이 적합하다(예. 공정한 검사, 조사)
실험 수행
<input type="checkbox"/> 상당한 정확성을 주기 위해 적절하게 실험기구와 장비를 다루었다
<input type="checkbox"/> 반복된 실험을 했다(필요하다면)
<input type="checkbox"/> 일정하게 변인통제를 실시했다
<input type="checkbox"/> 독립변인들을 적절하게 조절했다
결과 분석 및 해석, 결과 제시
<input type="checkbox"/> 충분히 상세하게 방법을 묘사했다
<input type="checkbox"/> 도형/표/그래프 등이 충분히 묘사적인 타이틀이 주어졌다
<input type="checkbox"/> 도형이 이름이 붙여지고 적절한 비율로 그려졌다
<input type="checkbox"/> 데이터 구성을 위해 구체적인 제목과 단위가 제시된 표를 사용했다
<input type="checkbox"/> 적절한 소수자리로 숫자 데이터를 기록했다
<input type="checkbox"/> 반복된 측정으로 평균값을 결정했다
<input type="checkbox"/> 적합한 그래프가 그려졌다(또는 생략했다)
<input type="checkbox"/> 그래프의 축에 단위가 제시되었고 척도가 적당하게 선택되었다
<input type="checkbox"/> 가장 알맞은 선이 적절하게 그려졌다
<input type="checkbox"/> 데이터를 가지고 패턴과 관계에 기초해서 정확하게 해석되었다
<input type="checkbox"/> 결론이 데이터와 일치하고 목적과 관련되게, 그리고 제시된 연구문제에 직접적인 답이 되도록 명확하고 간결하게 만들어졌다
실험 후
<input type="checkbox"/> 측정을 하면서 실수 할 수 있는 가능한 근원을 확인했다.
<input type="checkbox"/> 실험 설계나 방법 면에서 향상을 위한 변화를 제안했다.
<input type="checkbox"/> 실험 설계나 요약, 혹은 발견물의 중요성과 관련하여 사려 깊은 질문을 했다.

협력 관계, 사고의 촉진성, 학생의 사전지식과 오개념에 대한 조사, 학습목표와 관련하여 일관된 개념 이해, 발산적인 사고, 다른 과목과의 통합관계, 교육학적 내용 지식, 그리고 개념에 대한 교사의 다양한 설명 등으로 10가지 항목을 나누어 제시하였다.

또 SLAI(The Situated Laboratory Activity Instru-

ment)에서는 총 10가지 범주를 나누고 0점부터 3점까지 4단계로 나누어 실험 수업의 유형을 나누었는데, 범주 10가지는 개념 발달에 선행하는 재료의 조작, 문제 규정하기, 계획 개발하기, 교사의 발문, 학생의 상호작용, 과학 공동체 개설하기, 학생들간의 협력, 결과에 대한 의견교환, 형성평가, 총괄평가 등

으로 나누어서 제시하였다(Dana, 2001).

2) 실험 수업에서 나타나는 문제점

과학 교육에서 연구 활동(Investigation)은 학생들의 직접적인(firsthand) 참여가 요구된다. 또 연구 활동은 해결책에 이르는 특별히 정해진 방법이 없는 문제해결을 포함한다(Chin, 2003). 그러나 현실적으로 학생들이 접하는 과학 실험에서는 많은 약점(weakness)을 갖고 있다. Chin(2003)은 학생들이 실험을 수행하면서 일반적으로 범하기 쉬운 실험 과정상의 약점을 아래와 같이 실험 단계별로 제시하였다.

(1) 실험의 계획과 설계

- ① 공정한 검사를 위한 적절한 통제와 독립변인, 종속변인을 확인하지 못함
- ② 변인들을 어떻게 다루고 측정할지 계획을 세우지 못함
- ③ 값(values)에 대한 부적절한 규모, 범위, 간격의 선택
- ④ 수집된 자료를 어떻게 계획하고 구성할지 계획을 세우지 못함
- ⑤ 과정들의 상세함을 통한 사고과정의 없음

(2) 실험의 수행단계

- ① 부정확한 측정결과를 초래하는 실험기구의 부적절한 조작
- ② 관련된 변인들을 통제하지 못하는 것
- ③ 값들에 대한 한정된 범위의 사용
- ④ 반복된 측정을 하지 않는 것

(3) 결과 분석 및 해석, 결과 제시

- ① 정보를 기록하거나 기술하기 위해서 오직 교과서만 사용하는 것 - 너무 부족하거나 너무 장황한 것
- ② 막대 차트와 선 그래프의 혼용된 사용
- ③ 측정과 라벨의 단위를 생략하는 것
- ④ 숫자상의 데이터 제시에 관한 리스트를 표시하지 않은 것
- ⑤ 실험으로부터 발견된 사실에 따르지 않고 결론을 만들거나 연구과제에 따른 것을 말하지 않는 것

(4) 실험 수행 후

① 방법상, 발견된 사실, 그리고 결론에 대한 반성을 하지 않는 것

많은 학생들은 실험실에서 실시하는 것을 과학과 그것의 방법에 대한 학습에 대해 전혀 기억을 하지 않고, 또 그러한 행동은 어떠한 의미있는 생각을 가지고 과학에 참여하도록 유도하지도 못하는데, 문제의 근원은 바로 실험실 활동의 생각하지 않는(unthinking) 활동에 있다(Hodson, 1991).

국내에서는 최근에 실험교육에 대한 문제점 등을 비판하기 시작하면서 과학 실험수업 중 관찰수업에서 관찰을 하기 전에 선행지식이 부족한 학생들은 무엇을 어떻게 보아야 하는지 알지 못하는 경우가 많다고 하였다(정은영과 홍미영, 2004; 홍미영, 2002). 또 홍미영(2002)은 초등학교 과학 수업을 통해서 탐구력과 창의력을 길러주는 것이 중요하다면 작은 것에서부터 교사는 학생들에게 ‘왜’ 이렇게 하는지에 대해 생각하는 기회를 갖도록 자극해야 한다고 하였고, 토의 아닌 토의, 관찰 결과를 표현하는 데 있어서의 어려움 등을 제시하며 실질적으로 실험교육에서 나타나 는 문제점을 지적하였다.

2. 수업 분석을 위한 대범주 개발

본 연구팀은 지금까지 해왔던 과학 수업 분석에서 주로 탐구과정 중심으로만 이루어져왔던 분석을 좀 더 포괄적으로 넓혀서 실험 수업이 이루어지는 상황을 전체적으로 관찰 분석하기로 하였다.

교사들이 실험활동에 맞게 실험형태를 조직하지 못하고 있으며, 교사와 학생 모두 자신들이 달성해야 할 목표를 인식하지 못하고 있다(Hart et al., 2000). 따라서 학교에서 이루어지는 실험이 실험의 목적을 어떠한 형태로 반영하고 있는지를 분석할 필요가 있다. 또, 실험 수업은 특히 학생들의 활동이 많고 학생들이 서로 토의 및 협력하여 실험을 진행하는 수업이고, 교사의 활동이 학생들에게 촉진적 역할을 어떻게 해주느냐에 따라 학생들의 성과가 달라지는 면을 고려해 볼 때, 학생과 학생 그리고 교사와 학생간의 상호작용 측면을 분석하고, 또 실험의 탐구과정 측면에서의 각 단계별 중요 요소를 추출하여 실험수업 분석 도구의 대 범주를 개발 완성하였다. 실험수업 분석을 위한 대 범주와 각 범주에 대한 차원을 표 2에 제시하였다.

1) 실험의 목적

교사들에게 과학교육에서 실험실습을 하는 이유를 물으면, 많은 교사들이 당황스러워 하고 심지어 충격을 받기도 한다. Donnelly(1995)의 연구에서도 교사들에게 실험을 목적을 묻자, 교사들은 ‘생각해 본 적이 없다’거나 대충 얼버무리는 식으로 대답하는 등 실험의 목적에 대해서 정확한 설정을 하지 않고 실험을 하는 경우가 많다. 실험을 통하여 수업의 목표를 달성하기 원한다면 각 실험활동 과제 목적(aim)에 대하여 명백히 할 필요가 있고 체계적인 방법으로 그것의 필수적인 특징들을 묘사할 필요가 있다(Millar et al., 2002). 따라서 학교에서는 교사들이 실험을 진행하면서 실험의 목적이 중요한 부분을 차지하고 있는데(Anderson, 1976; Foster & Lock, 1987) 교사들은 그 중에서 어느 것을 습득할 수 있도록 수업을 진행을 하는지, 또 실험의 목적 중 어떤 면에 치우쳐 있는지 현 실태 및 경향성을 파악하기 위하여 실험의 목적을 실험 수업 분석 도구에 포함시켰다.

표 2. 실험수업 분석의 대범주 및 차원

대범주	차원
1. 실험의 목적	과학 지식
	과학 태도
	탐구 능력
	과학의 본성
2. 상호작용	교사와 학생의 상호작용
	학생과 학생의 상호작용
3. 탐구과정	문제 제기 및 예상
	실험 설계와 수행
	자료의 기록 및 해석
	반성적사고 및 평가

2) 상호작용

이 범주는 실험 수업 시간에 학생들이 교사와 또는 학생 서로 간에 상호작용면에서 어떻게 수업에 참여하는가를 분석하는 범주이다. 실험활동은 과학과 인지 성장에 대하여 긍정적인 태도뿐만 아니라 협력적인 사회관계를 가능하게 하는 가능성이 있다(Hofstein & Lunetta, 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994). 또 이현영 등(2002)은 사회적 구성주의 입장에서는 다른 사람과의 사회적 상호작용 활동을 통하여 얻은 지식과 기술을 개인이 내적으로 구성함으로써 학습이 일어난다고 하여 학생과 학생, 학생과 교사간의 언어적인 상호작용을 강조하였다. 그러나 Wellington(1998)은 학교에서 실험 활동을 할 때 소집단 활동이 이루어지고 있으나 의사소통이나 상호작용, 협동과 같은

기능이 향상된다는 이러한 주장에 이견을 제시하고 있다. 실제 학교 과학 수업에서는 학생들의 적극적인 수업 참여와 활발한 상호작용은 거의 이루어지지 않고 있으며, 소집단으로 구성되어 있는 실험수업의 경우에도 한 두 명의 학생들이 학습활동을 주도하고 다른 학습자는 방관자적 입장에 서게 되는 등 형식적으로 이루어져 있다(Chang & Lederman, 1994). 따라서 국내 과학실험 수업 현장에서 이루어지는 실험 수업은 상호작용의 실태가 어떠한지를 좀 더 구체적으로 파악하기 위하여 이 범주를 설정하였다.

3) 탐구과정

과학교육에서는 모든 학생들이 과학적 소양을 성취하는 것을 중요한 목표로 삼고 있으며, 이러한 목표에 도달하는 방법으로 과학적 탐구를 중요하게 여기고 있으며 또한 ‘탐구’는 학생들이 관찰, 추론, 실험과 같은 기능을 배우는 “과정으로서의 과학”이상의 것 즉, “과학의 과정들”을 포괄하는 것으로 학생들이 과정과 지식을 결합하여 과학적으로 추론하고 비판적인 사고를 함으로써 과학에 대한 이해를 함양하도록 한다(NRC, 1996; 2000). 과학적 탐구에서는 학생들이 정확하고 옳은 답을 얻는 것보다는 연구과정에 초점을 맞추는 것이 중요하다고 강조한 사실 등은 과학교육에서 과정을 중시하는 면을 엿볼 수 있다. 이러한 맥락에서 볼 때, 과학교육에 있어 과학 탐구 능력의 신장은 과학교육에서 상당히 중요시 여기는 부분이라고 볼 수 있다. 따라서 학교 현장에서 이루어지는 과학 실험 수업이 이러한 탐구과정 면에서 어떠한 수업을 하고 있는지 분석하기 위하여 이 범주를 포함시켰다.

3. 새로운 실험 수업 분석 도구

실험 수업 분석 도구는 크게 3가지 범주로 구성하였는데, 그 범주는 실험의 목적측면과 상호작용, 그리고 실험의 탐구과정 측면이다. 먼저, 실험의 목적 측면은 양일호와 조현준(2005)이 실험의 목적들에 대한 문헌 고찰을 통해 4개의 상위 항목으로 범주화한 실험의 목적을 재구성하여 8가지의 하위 항목으로 조직하였다. 그리고 상호작용은 총 5개의 하위 항목을 교사와 학생간의 상호작용, 학생과 학생간의 상호작용 등 2가지 차원으로 구분하였다. 또한, 실험의 탐구과정 측면은 실험의 단계에 맞춰 4개의 차원으로 분류하고 7개의 하위항목을 구성하였다.

구체적인 실험수업의 분석 도구는 표 3으로 제시하였다.

4. 대 범주에 따른 하위 항목의 추출

위에 제시된 3가지의 대 범주에 따른 구체적인 하위항목은 다음과 같다.

1) 실험의 목적

① 선언적 지식(declarative knowledge)을 습득하도록 하는가?

선언적 지식은 어떤 이가 인생을 통하여 개인적으로 배우는 것의 중요한 부분이다. 다른 지식의 유형이나 규칙을 배우기 위해서, 학습자는 먼저 선언적 지식을 갖추어야 하며, 또한 효과적이고 높은 수준의 학습을 위해서는 필수적인 전제가 되는 것이다(Yildirim et al., 2001). 여기에서 말하는 선언적 지식은 실험수업을 통하여 다른 수업시간에 도움이 되는 과학에 관한 기본적인 개념 지식이나 원리, 이론 등을 말하는 것으로, 이러한 항목을 단위 실험 수업을 통해 학생들이 습득할 수 있도록 교사가 지도하는가에 중점을 두고 확인하는 항목이다.

② 절차적 지식(procedural knowledge)을 습득하도록 하는가?

절차적 지식을 Schunk(1996)은 문제 해결 활동에서 기원하는 것으로, 개념과 규칙들, 그리고 알고리즘으로 구성된다고 하였으며, 인지적인 활동을 어떻게 수행하는지에 관한 지식이라고 하였다(Yildirim et al., 2001).

이 항목에서는 절차적 지식을 탐구의 절차와 문제 해결 과정에 관련되는 ‘knowing how’로 정의하고, 실험의 단계 중 다음 단계로 넘어갈 때 ‘How’에 관한 부분에 대해 교사가 언급하여 학생들이 실험 과정을 어떻게 진행시켜야 하는지 사고하고 알게 하는지에 중점을 두고 관찰한다.

③ 과학에 대한 흥미 있는 태도를 습득하도록 하는가?

이 항목은 학생들이 활동을 하면서 과학에 대한 흥미나 호기심, 자신감, 만족감 등을 느끼며 실험에 대한 방관자 없이 수업에 적극적으로 참여하고 있는가를 확인하는 항목이다.

④ 과정에 대한 합리적인 태도를 습득하도록 하는가?

이 항목은 과학적 태도의 여러 가지 부분 중에서 특히, 실험의 과정 측면에 대한 합리적인 태도를 중심으로 보는 항목으로, 실험 과정을 설계하면서 실험

표 3. 과학 실험 수업 분석 도구

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

기구의 설치를 왜 그렇게 하는지에 대한 이유(Why)를 알고 실험을 설계, 수행하고 있는가를 확인하는 항목이다.

⑤ 탐구 기능이 향상되도록 유도하는가?

이 항목은 실험을 수행하는 과정에서 기초 탐구기능과 통합 탐구 기능의 향상을 위해서 교사가 뚜렷한 의도를 가지고 학생들에게 특정 기능의 향상을 위한 관점이나 탐구의 방법을 제공하거나 기능 향상을 유도하려는 의도가 있었는가를 관찰하는 항목이다.

⑥ 과학적 사고력을 향상시킬 수 있는가?

이 항목은 실험 수행 중에 교사가 학생들에게 문제 해결을 위해 사고할 수 있는 시간적인 여유를 주거나, 모듈별 토의시간을 주어서 학생들이 문제를 창의적인 방법으로 해결할 수 있는 기회를 제공하였는가를 확인하는 항목이다.

⑦ 과학 지식의 불확정성을 확인할 수 있도록 하는가?

이 항목은 과학적인 사실들이 불변하는 진리가 아니고 객관적이고 합리적인 증거에 의해 언제든지 변화 할 수 있다는 사실을 학생들이 느끼게끔 교사가 유도하는지를 알아보는 항목이다.

⑧ 과학자의 연구과정과 역할을 인식할 수 있도록 하는가?

이 항목은 과학자들의 의문생성이나 가설 형성, 반복된 실험 과정 등 순환적인 실험을 통해 증거 기반의 객관적 사실을 생성해내는 과학자의 역할을 학생들이 인식할 수 있도록 교사가 유도하는지를 확인하는 항목이다.

2) 상호작용

① 교사의 발문은 발산적 사고를 유도하는가?

이 항목은 교사가 학생들에게 얼마나 열린 사고를 할 수 있도록 유도하는가를 알아보는 항목이다. 정해져 있는 1~2가지의 정답보다는 다양한 답변을 이끌어내는 발문을 교사가 학생들에게 제시하고 학생들이 다양한 사고를 할 수 있는 충분한 시간적 여유를 주고 있는가에 관한 관점에 중점을 둔다.

② 학생의 활동에 촉진적 역할을 하는가?

이 항목은 교사가 학생들에게 수업 활동 과정 중에 적당한 자극을 주어 실험활동에 좀 더 활발하게 참여하도록 유도하는가에 관한 관점을 보는 것으로 실험활동 중 실험 방법에 대해 적절한 방법 제시나 학생과의 의사소통을 통해 학생들이 더 활발하게 실험에 참여하도록 유도하는가 하는 관점에 관한 것이다.

③ 교사는 학생의 질문을 잘 경청하고 충분한 답변을 해주는가?

이 항목은 교사가 학생의 질문을 잘 경청하고 질문의 요지에 맞게 답변을 잘 해주는 가에 관한 항목으로 실험 수업 도중 전체 학습에서 학생들이 질문하는 것을 포함하여 모듈별 학습에서 교사가 모듈을 순회할 때 학생들이 물어보는 질문도 포함시켰다.

④ 학생들에게 토의시간을 주는가?

이 항목은 학생들이 실험을 계획하기 전에 가설형성이나 예상하기 또는 실험 방법을 계획하는 단계, 그리고 결론을 도출하거나 결정하는 단계에서 학생들이 활발한 의사소통을 하여 충분한 의견교환을 하는가에 관한 사항을 중점으로 확인하는 항목으로 실험 수행 중에 일어나는 간단한 일상적 대화는 제외시킨다.

⑤ 실험활동 중에 협력이 잘 이루어지는가?

이 항목은 실험 활동 중에 모듈 내에서 한·두 명의 주력자에 의해서 실험이 진행되는 것이 아니라 모듈원 모두가 실험에 잘 참여하고 서로 협력하는지를 알아보는 항목으로, 4~6명의 모듈별 실험뿐만 아니라 짝 활동, 그리고 개인 실험에서도 활동에서 제외되거나 방관하지 않고 실험활동에 잘 참여하고 있는지를 보는 항목이다.

3) 탐구과정

① 실험과 관련된 현상제시를 통해 문제제기가 되는가?

이 항목은 교사가 학생들에게 실험을 유도할 수 있는 적절한 상황이나 현상 등을 제시하거나 연상하게 하고 학생들이 실험할 연구 문제에 대한 문제 제기를 할 수 있도록 유도하고 있는가에 관한 관점이다.

② 학생에 의한 가설 형성 과정이나 예상의 과정

을 유도하는가?

이 항목은 모둠별로 의사소통 과정을 거치거나 혹은 개인적으로 실험에 대해 가설이나 예상활동을 하고 실험에 임하는지를 확인하는 항목이다.

③ 학생에 의한 실험 설계 및 수행이 이루어지게 하는가?

이 항목은 실험 설계 및 수행면에서 학생에게 주어진 개방성에 관한 항목으로 학생들이 토의과정을 거쳐 실험과정이 설계되는 정도에 관한 관점을 분석하는 것이다.

④ 실험 결과를 효과적으로 기록 및 표현하는가?

이 항목은 실험 과정 중이나 실험을 마친 후 실험 결과를 교과서나 학습지, 실험 보고서 등 어떠한 형식으로 학생들이 실험 결과를 기록하느냐와, 실험 결과로 나온 데이터를 바탕으로 자료변환을 하는가에 관한 관점을 보는 것이다.

⑤ 실험 결과에 근거하여 결론이 적절하게 도출되도록 유도하는가?

이 항목은 학생들이 실험을 종료한 후, 실험의 결과로 나온 데이터를 근거로 하여 학생들이 실험 결과와 결론을 구분하여 발표하는가에 대한 관점을 보는 항목으로 실험결과가 다른 모둠이나 개인과 다르게 나오더라도 자신의 선행지식을 이용한 결과발표가 아닌 결과 자체를 발표하는가를 보는 것이다.

⑥ 실험 후 과정에 대한 평가 및 개선안을 제시하는가?

이 항목은 실험이 종료된 뒤에 교사가 학생들 중 결과가 다르게 나왔거나 또는 실험 도중 잘못된 과정을 거친 모둠이나 개인에 대한 사례를 들어 실험 과정에 대한 반성과 함께 다른 개선안을 제시 또는 토의하는가에 대한 관점을 보는 항목이다.

⑦ 수업과 관련된 수행평가가 효과적으로 이루어지는가?

이 항목은 실험 수업과 관련된 평가를 교사가 어떠한 방식으로 실시하는가와 학생들의 실험활동에 대해 교사가 어떠한 면을 평가하는가를 확인하는 항목이다.

5. 분석도구를 점검표 형식으로 구성 및 활용

수업을 보면서 연구자가 바로 실험수업을 분석할 수 있도록 체크리스트 형식으로 실험 수업 분석표를 구성하였다(부록 1). 그리고 각 항목에 대해 분석할 수 있도록 척도 및 점수표는 부록 2에 제시하였다. 실험 수업 분석표에 의해 체크된 결과는 각 범주별로 나누어 결과를 분석할 수 있다. 먼저 실험의 목적은 총 8가지 항목 중에서 어느 항목에 집중되게 수업이 진행되는지와 체크된 개수의 합계를 내어서 8가지 중 몇 가지의 실험 목적을 달성할 수 있게 하고 있고, 어떠한 실험 목적에 치중하는지를 분석 가능하겠다. 두 번째와 세 번째 범주인 상호작용과 탐구과정은 Dana(2001)가 탐구수준을 결정하기 위하여 8가지 항목의 점수를 합계로 나타내어 탐구수준을 결정한 방법과 유사하게 수준을 나누었다. 실험 수업 분석표에서 체크된 점수를 합산하여 각각 세 가지의 수준으로 나누어 볼 수 있다. 구체적인 수준 구분은 표 4에 제시하였다.

상호작용은 0-5점, 6-10점, 11-15점 등으로 나누어 상호작용 I부터 상호작용 III까지로 나누었고, 탐구과정은 0-7점, 8-14점, 15-21점으로 나누어서 3가지 수준으로 구분하였다. 여기서 각 범주별로 점수의 합계가 높다고 해서 실험수업이 더 좋은 수업이라는 의미는 아니다. 단지 상호작용의 합계가 높으면 실험수업시간에 교사는 학생들에게 발산적 발문을 많이 사용하고 학생들이 실험활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 유도한다고 볼 수 있는 것이고 학생들은 활발한 토의과정과 모둠원간 협조적으로 실험을 잘 수행하고 있다고 판단할 수 있는 것이다. 또한 탐구과정도 합계가 높을수록 실험의 실제적인 과정과 문제 해결을 학생에게 초점을 맞추어 수업이 진행되고 있다고 판단할 수 있는 것이다.

표 4. 상호작용과 탐구과정의 총점에 따른 수준

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

1) 상호작용 I 수준(0-5)

교사의 발문이 낮은 사고 수준을 요구하는 발문을 사용하며 실험활동을 교사가 직접적으로 지도하거나 시연한다. 학생들은 교사의 지시에만 따르고 질문이 거의 없으며 학생들 간의 토의과정이나 협력정도가

약하다.

2) 상호작용 II 수준(6-10)

교사는 가끔씩 발산적 발문을 사용하며 실험활동에 대해서 학생들이 수정·보완할 수 있도록 유도한다. 학생과 교사는 간단한 질의응답 과정이 있으며 학생들끼리 1-2번의 토의과정을 거치고 실험활동 중에 자신에게 주어진 역할을 열심히 수행한다.

3) 상호작용 III 수준(11-15)

가장 활발한 상호작용이 일어나는 수준으로 교사가 수업시간을 통해 학생들이 다양한 사고를 할 수 있도록 발산적 발문을 많이 하고 학생들 스스로 의사교환을 통해 실험수행을 할 수 있도록 유도한다. 그리고 학생과의 질의응답이 많이 있고 학생들은 서로 협조적인 자세로 실험에 적극적으로 참여한다고 볼 수 있다.

4) 탐구과정 I (0-7)

실험의 주도권이 주로 교사에게 주어져 있는 수준으로, 문제 제기를 교사가 하며 가설이나 예상과정이 없으며, 실험의 설계는 주로 외부로부터 주어진 자료로부터 이루어진다. 그리고 결과의 기록 및 표현이 일률적이고 결론은 교사에 의해서 제시가 된다. 실험 후 과정에 대한 반성과정 및 평가과정이 거의 없다.

5) 탐구과정 II (8-14)

문제 제기 및 예상이 교사가 직접 제시하고 실험 설계 및 수행이 학생들에게 주도권이 주어져 있으며 실험 결과의 기록 및 해석 과정에서 학생들에게 교사가 유도해 내는 활동이 있다. 또한 실험 후에는 과정에 대한 반성과정에 대해 교사가 언급하고 평가는 단순한 지식위주의 평가를 한다.

6) 탐구과정 III (15-21)

학생들이 문제와 실험 설계 및 수행하며 결과를 효과적으로 기록한다. 실험결과의 규칙성과 공통점을 발견하여 학생들이 결론을 도출하고 실험과정에 대한 반성을 서로 토의하며 다양한 방식을 통해 수행평가가 이루어진다.

6. 과학교육 전문가에 의한 타당도 검증

개발된 실험수업 분석도구에 대한 내용 타당도를

과학교육 전문가 4인에 의해 검증받았다. 내용 타당도는 과학 실험에서 분석할 대범주의 선정이 적절한지에 대한 타당도와 각 범주별로 추출된 하위항목 20개와 각 항목에 대한 평가 척도, 그리고 각 항목을 내용의 유사성에 따라 차원으로 묶은 것이 타당한지에 관한 내용이다. 과학교육 전문가 4인의 내용타당도는 평균 0.89로 신뢰할만한 수치이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 과학과의 초등·중등·대학교의 실험수업의 질을 분석하기 위한 목적으로 수업 분석팀 3인이 실험 수업에 대한 문헌 고찰과 논의를 통하여 과학 실험수업 분석 도구를 고안하였다. 이 분석 도구는 실험의 목적과 상호작용, 실험의 탐구과정 측면으로 크게 3개의 대범주로 나누었고, 각 범주는 세부적으로 분석할 하위항목으로 구성하였으며, 각각의 하위항목은 내용의 유사성에 따라 같은 차원으로 묶었다. 따라서 분석도구는 3가지의 대 범주와 10개 차원, 그리고 20개 하위항목으로 구성하였다.

이 실험 수업 분석도구는 과학 교육에 있어서 다음과 같은 의의가 있다고 할 수 있겠다.

첫째, 수업 분석도구에 대한 항목을 바탕으로 과학 실험 수업에 대한 이해를 도울 수 있다.

둘째, 각 급 학교에서 실행되고 있는 과학 실험수업을 관찰, 분석해 봄으로써 현장 교사들이 갖고 있는 실험수업에서의 어려움과 문제점을 파악할 수 있다. 그렇게 함으로써 교사 연수기관 등에서 현 실태를 바탕으로 과학 연수를 계획하고 연수를 준비함으로써 교사들의 욕구를 충족시켜주는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

셋째, 초·중등·대학교의 실험수업의 실태를 비교해 볼 수 있다.

넷째, 각 급 학교의 과학교사들이 실험수업을 계획하는데 수업의 내용과 전개 방법에 대해 좀 더 숙고하고 고민하는 기회를 제공할 수 있다. 교사들은 과학과의 실험 수업을 준비하면서, 실험 수업에서 중요한 부분이 어떤 것인지를 파악하고, 수업 준비를 하면서부터 이 분석 도구를 참고자료로 활용할 수 있을 것이다.

따라서 이러한 수업 분석 도구를 이용한 초·중등·대학교의 실험수업이 어떠한 형태로 진행되고 있는지 실제 현장에서의 과학 실험 수업을 녹화하여 수업을

분석해 봄으로써 더 나은 실험수업을 계획하는 자료가 되도록 실험 수업 분석에 관한 후속연구가 필요하다 하겠다.

참고문헌

성숙경(2005). 사회적 상호작용을 강조한 과학탐구실험에서 언어적 상호작용의 변화와 특징. 한국교원대학교 대학원 박사학위 논문.

양일호, 조현준(2005). 학교 과학수업에서 실험의 목적에 대한 고찰. 초등과학교육, 24(3), 268-280.

윤혜경(2004). 초등 예비교사들이 과학 수업에서 겪는 어려움. 초등과학교육, 23(1), 74-84.

이근준, 정진우(2004). 중등학교 과학실험수업의 탐구수준을 평가하기 위한 도구개발 및 적용. 한국지구과학회지, 25(7), 507-518.

이현영, 장상실, 성숙경, 이상권, 강성주, 최병순(2002). 사회적 상호작용을 강조한 과학 탐구실험 과정에서 학생-학생 상호작용 양상 분석. 한국과학교육학회지, 22(3), 660-670.

정은영, 홍미영(2004). 초등학교 과학과 실험 및 관찰 수업 사례에서 나타난 수업의 문제점: 도시 지역의 수업 사례를 중심으로. 초등과학교육, 23(4), 287-296.

허명(1984). 과학 탐구 평가표의 개발. 한국과학교육학회지, 4(2), 57-6.

홍미영(2002). 우리나라 중학생들의 과학의 탐구 및 본성 영역에서의 국제 성취도 분석. 한국과학교육학회지, 22(2), 336-344.

Ashford, R. O. (1976). *The experience of science: A new perspective for laboratory teaching*. New York: Columbia University, Teachers College Press.

Brown, C. R. (1995). *The effective teacher series. The effective teaching of biology* London: Longman.

Chang, H. P. and 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),

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.

Donnelly, J. (1995). Curriculum development in science: the lessons of Sc1. *School Science Review*, 76(277), 95-103.

Feldman, S. (1998). Teacher quality and professional unionism. In *Shaping the Profession that Shapes the Future, Speeches from the AFT/NEA (the National Education Association) Conference on Teacher Quality*. Available at www.aft.org/edissues/downloads/tqspeech.pdf.

Fisher, D., Harrison, A., & Henderson, D. (1999). Laboratory learning environments and practical tasks in senior secondary science classes. *Research in Science Education*, 28(3), 353-363.

Foster, D., & Lock, R. (1987). *Teaching science 11-13*. London: Croom Helm.

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.

Goodwin, B. (1999). Improving teaching quality: Issues & policies. Mid-Continent Regional Educational Laboratory[McREL] Policy Brief.

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 experiments?. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 655-675.

Hodson, D. (1991). Practical work in science : time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-54.

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*. New York: Macmillan, 94-130.

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 (Eds.), *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer.

Millar, R., Tiberghien, A., & Le Maréchal, J-F. (2002). Varieties of labwork: A way of profiling labwork tasks. In Psillos, D. and Niedderer, H. (Eds.), *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Dordrecht: Kluwer. 9-20.

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.

Park, Y. S., Flick, L., Morrell, P. D., & Wainwright, C. (2004). Student teachers and beginning teachers' understandings of scientific inquiry. *Journal of Korean Earth Science Society*, 25(3), 160-175.

Piburn, M., Sawada, D., Turley, J., Falconer, K., Benford, R., Bloom, I., & Judson, E. (2000). Reformed Teaching

Observation Protocol (RTOP) reference manual. *ACEPT Technical Report No. IN00-3*. Tempe, AZ: Arizona Board of Regents[On-line]. Available: ACEPT website(<http://www.cept.asu.edu>).

Suits, J. P. (2004). Assessing investigative skill development in inquiry-based and traditional college science laboratory courses. *School Science and Mathematics, 104*(6), 248-257.

Wellington, J. J. (1998). *Practical work in school science: Which way now?*. London: Routledge. [황성원 역, (2001). *과학실험실습 주장과 비판*, 서울: 시그마프레스.]

Wenglinsky, H. (2000). How teaching matters: Bringing the Classroom back into discussions of teacher quality. *Educational Testing Service*, Princeton, NJ.

Yildirim, Z., Ozden, M. Y., & Aksu, M. (2001). Comparison of hypermedia learning and traditional instruction on knowledge acquisition and retention. *The Journal of Educational Research, 94*(4), 207-214.

부록 1. AISLI(Analysis Instruments on Science Laboratory Instruction)

실험 수업 분석표

학교급	CD 번호	수업자	분석자
I. 실험의 목적			
차원	하위 항목	체크 ○ ×	
과학 지식	1. 선언적 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?		
과학적 탐구능력	5. 탐구 기능이 향상되도록 유도하는가?		
	6. 과학적 사고력을 향상시킬 수 있는가?		
과학의 본성	7. 과학 지식의 불확정성을 확인할 수 있도록 하는가?		
	8. 과학자의 연구과정과 역할을 인식할 수 있도록 하는가?		
소 계			

II. 상호작용

차원	하위 항목	점 수			
		0	1	2	3
상호작용	1. 교사의 발문은 발산적 사고를 유도하는가?				
	2. 학생의 활동에 촉진적 역할을 하는가?				
	3. 교사는 학생의 질문을 잘 경청하고 충분한 답변을 해 주는가?				
상호작용	4. 학생들의 토의과정이 있는가?				
	5. 실험활동 중에 협력이 잘 이루어지는가?				
총 점	수 준				

III. 탐구과정

차원	하위 항목	점 수			
		0	1	2	3
문제 제기 및 예상	1. 실험과 관련된 적절한 현상제시 및 문제 제기가 있는가?				
	2. 학생에 의한 가설 형성이나 예상의 과정이 있는가?				
실험 설계와 수행	3. 학생에 의한 실험 설계 및 수행이 이루어지게 하는가?				
	4. 실험 결과를 효과적으로 기록 및 표현하도록 하는가?				
자료의 기록 및 해석	5. 실험 결과에 근거하여 결론이 적절하게 도출되도록 유도하는가?				
	6. 실험 후 과정에 대한 평가 및 개선안을 제시하는가?				
반성적 사고 및 평가	7. 실험수업과 관련된 평가가 효과적으로 이루어지는가?				
	총 점	수 준			

부록 2. 실험 수업 분석 점수표

○ 실험의 목적 측면

하위 항목	척도
1. 선연적 지식을 습득하도록 하는가?	· 실험활동을 통해 과학적 개념, 법칙, 이론 등의 이론적 지식을 습득하도록 지도하고 있다.
2. 절차적 지식을 습득하도록 하는가?	· 탐구의 절차와 문제해결 과정에 관련되는 과정적인 지식을 습득할 수 있다. 각 절차에서 다음 단계로 넘어갈 때 how에 관한 부분을 언급하면서 학생들이 실험과정을 어떻게 진행시켜야 하는지 스스로 알도록 지도하고 있다.
3. 과학에 대한 흥미있는 태도를 습득하도록 하는가?	· 과학에 대한 흥미나 호기심, 자신감, 만족감 등을 느끼며 실험에 대한 방관자 없이 수업에 적극 참여하는 가를 본다.
4. 과정에 대한 합리적인 태도를 습득하도록 하는가?	· 실험을 설계하는 과정에서 교사가 학생들의 의견을 수렴 할 때 실험의 절차에서 그렇게 행해지는 이유(why)를 알고 학생들이 실험을 설계하도록 유도하고 있는가에 중점을 둔다.
5. 탐구 기능이 향상되도록 하는가?	· 기초탐구기능과 통합 탐구 기능을 향상시키기 위해서 교사가 관점을 제시하거나 방법 등을 제시하여 탐구기능을 향상시키고자 하는 의도가 있는지에 중점을 둔다.
6. 과학적 사고력을 향상시킬 수 있는가?	· 교사가 실험 수업을 하면서 학생들이 사고할 수 있는 시간적 여유나 기회를 제공함으로써 학생들이 새로운 문제를 창의적인 방법으로 해결할 수 있도록 하는지에 중점을 둔다.
7. 과학적 지식의 불확정성을 확인할 수 있도록 하는가?	· 과학적 사실들이 불변하는 진리가 아니라, 객관적이고 합리적인 증거에 의해서 언제든지 변화할 수 있다는 사실을 학생들이 인지할 수 있게 하는지에 중점을 둔다.
8. 과학자의 연구과정과 역할을 인식할 수 있도록 하는가?	· 과학자의 실험태도나 자세 등을 언급하면서 과학자들의 의문생성이나 가설 형성, 반복된 실험 과정 등 순환적인 실험을 통해 증거기반의 객관적 사실을 생성해내는 과학자의 역할을 인식할 수 있도록 하는지에 중점을 둔다.

○ 상호작용 측면

하위 항목	0점	1점	2점	3점
1. 교사의 발문은 발산적 사고를 유도 하는가?	교사의 발문은 “예, 아니오” 등의 상호 응답식의 대화이다.	교사의 발문은 낮은 사고 수준을 요구하며, 단답형의 폐쇄적 질문이 대부분이다.(1-2개의 확산적 발문 포함)	교사의 발문은 학생들의 사고를 유도하며, 학생들이 2-3개의 답변이 나올 수 있는 발문이다.(확산적 발문 3-4개 포함)	교사는 학생들의 다양한 사고를 유발하여, 많은 답이 나올 수 있는 발문을 사용한다.(확산적 발문 5개 이상 포함)
2. 교사는 학생의 활동에 촉진적 역할을 하는가?	교사는 학생들의 활동에 방관하거나 억제하는 활동이 자주 나타난다.	교사는 학생들의 실험 수행을 직접적으로 지도 및 시연한다.	교사는 순회하면서, 과정에 대해서 상호의견교환을 통해 수정 보완하도록 유도한다.	교사는 실험활동에 대해 의견교환을 통해서 학생 스스로 해결할 수 있도록 한다.
3. 교사는 학생의 질문을 잘 경청하고 충분한 답변을 해 주는가?	학생들이 교사의 지시에만 따르고 질문이 없다.	교사는 학생의 질문에 간단하게 답을 해준다.	교사는 학생의 질문에 잘 이해할 수 있도록 이유와 과정에 대해서 자세하고 반복된 설명을 한다.	교사는 학생의 질문에 즉각 응하며, 학생들이 생각할 수 있는 기회를 제공하며 학생들이 해결하도록 유도한다.
4. 학생들의 토의과정이 있는가?	학생들이 모둠별로 토의하는 과정이 없다.	예상단계, 실험설계, 결과 토의 등의 과정에서 한번만 토의한다(실험수행도 중 토의는 제외함).	실험의 단계에서 두 번 정도의 토의 과정을 거쳐 실험을 진행한다.	실험의 각 단계는 모둠원간의 활발한 토의 과정을 통해 진행된다.
5. 실험활동 중에 협력이 잘 이루어지는가?	소수의 학생만 실험에 참여하고 나머지는 방관한다.	모두가 실험에 참여하나 학생들 각자가 개별적이다.	학생들이 교사나 조장에 의해 주어진 역할을 수행하면서 서로 협조적이다.	학생들이 토의를 통해 자신들의 역할을 결정하며 서로 협조적이다.

○ 탐구과정 측면

하위 항목	0점	1점	2점	3점
1. 실험과 관련된 적절한 현상제시 및 문제제기가 있는가?	교사의 현상 제시 문제 제기만 있다.	교사에 의한 현상제시와 문제제기가 모두 있다.	교사가 현상을 제시하면서 학생들에게 문제 제기를 유도한다.	학생들이 서로 의사소통하여 제시된 현상을 보고 다양한 문제를 제기한다.
2. 학생에 의한 가설 형성이나 예상의 과정이 있는가?	가설이나 예상 없이 바로 실험을 수행한다.	가설이나 예상을 교사가 직접 제시한다.	가설이나 예상을 교사가 학생과의 의사소통을 통해 유도한다.	가설이나 예상을 모둠별 토의를 통해 학생들이 스스로 만든다.
3. 학생에 의한 실험 설계 및 수행이 이루어지게 하는가?	실험설계 없이 바로 실험을 수행한다.	실험설계가 외부(교사·교과서·유인물등)로부터 주어진다.	상호작용을 통해 교사·학생이 함께 실험을 설계하고 학생이 실험을 수행한다.	학생들이 각 모둠별로 토의하여 실험 절차를 설계한다.
4. 실험 결과를 효과적으로 기록 및 표현하는가?	실험 결과를 전혀 기록하지 않는다.	교사가 알려주거나 답을 불러주는 것에 대해서만 기록한다.	교사가 제시해 준 학습지나 일정한 형식(교과서)에 학생들이 실험결과를 기록 및 표현한다.	학생들이 토의를 통해 만들어진 일정한 형식에 실험 결과를 기록 및 표현한다.
5. 실험 결과에 근거하여 결론이 적절하게 도출 되도록 하는가?	학생들의 결과 발표만으로 수업이 종료된다.	학생들이 발표한 실험결과를 바탕으로 교사가 결론을 제시한다.	학생들이 실험 결과를 발표하고 교사가 학생들에게 결론을 유도해 낸다.	실험결과와 규칙성과 공통점을 발견하여 학생들이 결론을 도출한다.
6. 실험 후 과정에 대한 평가 및 개선안을 제시 하는가?	실험 결과나 과정에 대해 전혀 이야기 하지 않는다.	실험활동의 과정이나 결과에 대해 교사가 잘못된 점만을 지적한다.	모둠별 실험활동에 대해 교사가 평가하고 개선안 등을 제시한다.	발표 결과를 모둠별로 비교하여 실험 중 잘못된 점이나, 개선할 점 등을 토의한다.
7. 실험 수업과 관련된 평가가 효과적으로 이루어 지는가?	실험 수행을 마치고 평가 과정 없이 수업을 정리한다.	평가가 이루어지나, 단순한 지식만을 평가한다.	실험수행과정과 개념 지식에 대해 평가한다.	다양한 방식의 평가를 통해 학생들에게 학습향상을 위한 피드백을 제공한다.